

## Sessão Prêmio

### Sessão Prêmio

[02/11/05 - 20:00h - Sala 1]

**Novos computadores com velhos materiais,** BELITA KOILER, *Instituto de Física/UFRJ* • Arquiteturas de computadores quânticos baseadas em silício vêm atraindo atenção devido às suas perspectivas de escalabilidade e utilização dos recursos já instalados associados à tecnologia do Si. Spins eletrônicos e nucleares de doadores rasos (por exemplo fósforo) em Si são candidatos ideais para bits quânticos (qubits) nestas propostas, devido aos tempos de coerência relativamente longos dos spins em matrizes de Si. Para estes qubits de spin, a manipulação da carga do elétron do doador por eletrodos externos é um ingrediente importante para controle e leitura das operações de um-qubit, enquanto que as portas de troca são frequentemente invocadas para as operações de dois-qubits. Mais recentemente, qubits de carga baseados no tunelamento do elétron no íon molecular de fósforo em Si foram também propostos. Discutimos as operações elementares envolvidas na computação quântica baseada em doadores rasos em Si, levando em consideração as peculiaridades da estrutura eletrônica do Si, em particular a degenerescência sextupla do mínimo da banda de condução. Mostramos que a interferência quântica entre estes seis estados não afeta significativamente as operações envolvendo um único doador, mas leva a oscilações no acoplamento de troca e no acoplamento via tunelamento quando a posição relativa do par é modificada na escala de distâncias do parâmetro de rede. Nossos estudos ilustram as potencialidades bem como os enormes desafios envolvidos na implementação de qubits de spin e carga em Si.

[02/11/05 - 20:30h - Sala 1]

**Optical nonlinearities in nanostructured materials,** CID B. DE ARAUJO, *DF/UFPE* • Currently there is an increasing interest in nanostructured materials for photonics. Various techniques and methods to obtain matter confinement to nanoscopic dimensions have been developed and it is now possible to produce well controlled nanocomposites, nanocolloids, nanopowders, and a large number of artificial structures. One reason for the scientific interest in nanomaterials is because they present properties generally different from the corresponding bulk materials; this occurs because fluctuations of the local fields may be enhanced due to spatial confinement effects. The nanosize control of materials allow, for example, the manipulation of the electron dynamics through the control of the phonon density of states or the control of energy transfer among ions or molecules in a host. The new materials can be used to develop devices such as efficient nanosensors, random lasers, and optical switches among other possible uses.

Our approach to this area utilizes nonlinear (NL) optical techniques to investigate nanoscale matter-radiation interactions. Systems such as (a) composites with ferroelectric nanocrystals, (b) colloids and glass-ceramics with metallic nanoparticles, and (c) dielectric nanopowders, have

been studied. Particular interest is dedicated to processes related to NL refraction, NL absorption, NL dichroism and NL light scattering. Experiments to characterize the nonlinearity of silicate glasses containing sodium niobate nanocrystals; high-order nonlinearities and light induced dichroism of colloids with silver nanoparticles; frequency upconversion processes in nanocrystals doped with rare-earth ions; and laser emission by polymers containing laser dyes and dielectric nanoparticles will be presented as examples of our recent contributions in this area.

## Sessões Orais

### AFC - Partículas e Campos

[03/11/05 - 08:30h - Sala 5]

**Violação do número leptônico a baixa energia,**  
CARLOS PIRES, *Universidade Federal da Paraíba(UFPB)*

• Experiências com oscilações de neutrinos mostraram que os neutrinos possuem massas. Como os neutrinos são partículas eletricamente neutras, resulta daí que os neutrinos podem ser partículas de Majorana ou de Dirac. Existe uma grande expectativa que os neutrinos sejam partículas de Majorana. T tamanha expectativa se deve ao fato de partículas de Majorana exigirem que o número leptônico seja violado, gerando, assim, uma rica e exótica fenomenologia, como por exemplo o decaimento beta duplo sem neutrino. Do lado teórico, espera-se que a violação do número leptônico seja uma evidência de teorias de grande unificação, isto é, o número leptônico seria violado a altas energias na escala dos  $10^{14}$  GeV.

Nesse trabalho exploraremos a possibilidade da violação do número leptônico ocorrer a baixíssimas energias, na escala das massas dos neutrinos, isto é, na escala dos eV's. Mostraremos que, diferentemente do caso de violação a altas energias, a violação a baixas energias é viável e pode ser verificada experimentalmente nos próximos aceleradores.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 5]

**Tachyon condensation on brane sphalerons,**  
FRANCISCO A. BRITO, *UFMG* • We consider a sphaleron solution in field theory that provides a toy model for unstable D-branes of string theory. We investigate the tachyon condensation on a  $Dp$ -brane. The localized modes, including a tachyon, arise in the spectrum of a sphaleron solution of a  $\phi^4$  field theory on  $M^{p+1} \times S^1$ . We use these modes to find a multiscalar tachyon potential living on the sphaleron world-volume. A complete cancelation between brane tension and the minimum of the tachyon potential is found as the size of the circle becomes small.

[03/11/05 - 09:15h - Sala 5]

**Novos resultados em defeitos deformados,**  
D. BAZEIA, L. LOSANO, *Departamento de Física, Universidade Federal da Paraíba* • Este trabalho trata de defeitos deformados. Inicialmente, faremos uma breve revisão do assunto, onde mostraremos como obter soluções tipo defeitos topológicos e/ou não-topológicos, e como deformar esses modelos, para obter os chamados defeitos deformados. Em seguida, mostraremos como obter novos resultados no assunto, considerando para isso a possibilidade de utilização de funções de deformação mais gerais, incluindo o caso de funções imaginárias específicas.

[03/11/05 - 09:30h - Sala 5]

**Electron-electron attractive interaction in a Maxwell-Chern-Simons Model endowed with a spacelike Lorentz-violating background,**  
MANOEL M. FERREIRA JR, *UFMA* • In the beginning of 90's, the planar Maxwell-Chern-Simons theory was adopted as a suitable tool to analyze the

electron-electron interaction (in the non-relativistic limit). The attractiveness of the electron-electron Maxwell-Chern-Simons potential was certainly assured only for the case in which the topological mass is as large as the electron mass, a condition not usual in Condensed Matter systems. In this work, one shows that the electron-electron interaction potential, carried out in the context of a Maxwell-Chern-Simons model incorporating a Lorentz-violating term stemming from the Carroll-Field-Jackiw term, does exhibit an attractive region. Theoretical planar models able to provide attractive e-e interaction potentials are relevant in the sense they may constitute a suitable framework to address the condensation of Cooper pairs, a fundamental characteristic of superconducting systems. The e-e interaction potential derived in the context of a Maxwell-Chern-Simons-Lorentz-violating electrodynamics endowed with a purely spacelike background is presented [Phys. Rev. D 71, 005043 (2005)] and plotted for some parameter values. It is shown that the gauge potential may be attractive even when considered in the presence of the centrifugal barrier and the low-energy A.A- Pauli term. Such potential is also manifestly anisotropic, due the existence of a privileged direction set up by the fixed background.

[03/11/05 - 09:45h - Sala 5]

**Fermionic Casimir effect at finite temperature,**  
JORGE M. C. MALBOUSSON, HEBE QUEIROZ, JUAREZ C. DA SILVA, *Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia*, FAQIR C. KHANNA, *Theoretical Physics Institute, University of Alberta*, M. REVZEN, *Department of Physics, Technion*, ADEMIR E. DE SANTANA, *Instituto de Física, Universidade de Brasília* • We introduce a generalization of the Bogoliubov transformation of the thermofield dynamic approach for fermions, which permits to deal simultaneously with space and time compactifications. The method is applied to discuss the Casimir effect in cartesian geometries at finite temperature. In particular, we consider the Casimir energy and pressure for a massless fermionic field confined in a three-dimensional cubic box at finite temperature. We determine the temperature at which the value of the Casimir pressure changes from negative to positive. We estimate the value of this temperature when the edge of the cube is of the order of confining lengths for baryons.

### ATO - Física Atômica e Molecular

[03/11/05 - 08:30h - Sala 6]

**Estudos *ab initio* da Transferência de Carga em Betaína,**  
JOSÉ MAXIMIANO PINHEIRO-JR, CELSON P. DE MELO, *Departamento de Física - UFPE - Brasil* • A transferência fotoinduzida de elétrons em moléculas orgânicas é um fenômeno de grande interesse para o desenvolvimento de sistemas de chaveamento molecular e de dispositivos optoeletrônicos. Recentemente, com base em cálculos semiempíricos nós mostramos que uma transferência anômala de carga ocorre para complexos doador-aceitador (D-A) em betaínas piridínicas ligadas por pontes conjugadas de grande tamanho. Nesses sistemas,

existe uma característica localização espacial dos orbitais moleculares de fronteira. Para moléculas de menor tamanho, a absorção de um fóton induz a transferência de carga no sentido normal (ou seja, do doador para o aceitador). Após um certo tamanho mínimo da ponte conjugada, porém, ocorre uma inversão na localização dos orbitais moleculares de fronteira, com a distribuição espacial do orbital molecular ocupado de mais alta energia se concentrando na região do aceitador, enquanto o orbital molecular desocupado de mais baixa energia se localiza na região do doador. Com isso, a absorção de um fóton leva à transferência inversa de carga, resultando em que um comportamento totalmente inesperado passa a ser previsto para as propriedades óticas e espectroscópicas da molécula. Neste trabalho, mostramos que em sua essência os resultados anteriores são confirmados por cálculos *ab initio*, comprovando a realidade física de tais predições. As implicações desses resultados para a exploração de novos efeitos em óptica não-linear, bem como sobre as propriedades fotoquímicas e solvatocrômicas dessa família de compostos, serão discutidas.

[Apoio CNPq]

[03/11/05 - 08:45h - Sala 6]

**Modelos moleculares para fotofragmentação de polímeros: Estudo do tiofeno e bitiofeno excitados na borda do C1s com radiação síncrotron.**, ELIO THIZAY MAGNAVITA OLIVEIRA, NESTOR SANTOS CORREIA, MÁRCIA ATTIE, DALILA SOUZA DOS SANTOS, *Universidade Estadual de Santa Cruz*, MARIA SUELÍ PEDROSA MUNDIM, NILO MAKIUCHI, ALEXANDRA MOCELLIN, ARNALDO NAVES DE BRITO, *Universidade de Brasília* • Neste projeto foram realizados estudos comparativos da fotofragmentação de tiofeno e bitiofeno excitados na borda do C1s. Estudos desse tipo têm sido realizado por outros grupos também. Por exemplo, o grupo de Eberhardt, o de Hitchcock, entre outros. Estas pesquisas vêm tendo resultados com implicações tecnológicas. Por exemplo, o espectro XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) de polimetilmetaacrilato, que é utilizado industrialmente para caracterizar a pureza química de lentes de substituição de cristalino no olho humano.

As medidas de fotofragmentação de tiofeno e bitiofeno em fase gasosa foram realizadas na linha de luz Spherical Grating Monochromator (SGM) do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em Campinas. Para detectar os elétrons e íons usamos a técnica de multico incidência, que permite determinar a dinâmica em diferentes moléculas. O padrão de fragmentação das moléculas foi estudado utilizando-se a técnica chamada "PhotonElectron PhotonIon Coincidence" (PEPICO) para descobrir e identificar os fragmentos produzidos com a quebra do monômero ou dímero. Para estas medidas foi utilizado um espectrômetro de massa por tempo de voo (TOF-MS) do tipo Wiley-McLaren. A análise dos dados foi realizada com o mesmo software utilizado na aquisição e no armazenamento dos dados, o pacote comercial IGOR PRO (<http://www.wavemetrics.com/Products/IGORPro/IgorPro.html>). A identificação dos vários íons formados com a fragmentação das moléculas de tiofeno, com a energia do fóton

a 275 eV e a 308 eV, respectivamente abaixo e acima da energia de ressonância  $C1s \rightarrow \pi^*$ , a 285.40 eV foi realizada. Também para o caso de bitiofeno fizemos essa identificação usando espectros obtidos com energias do fóton da radiação síncrotron incidente sintonizadas em 260 eV e 312 eV. Observou-se que para o caso de bitiofeno há uma mudança no padrão de fragmentação, e a produção relativa dos fragmentos moleculares  $C_4H_4S^+$  e  $C_8H_8S_2^{++}$  muda significativamente.

A comparação entre os espectros de massa de tiofeno e bitiofeno indica haver uma fragmentação entre os anéis ao passar pela energia de ressonância  $C1s \rightarrow \pi^*$ . Isso pode ser explicado pelo fato do orbital molecular  $\pi^*$  ter um nodo na ligação C - C entre os anéis, o que acarreta uma diminuição da densidade eletrônica nessa região.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 6]

**Estudo Teórico da Incorporação do Átomo de He em um Fulereo ( $C_{60}$ )**, FREDERICO V. PRUDENTE, ANGELO M. MANIERO, *Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia*, LUIS S. COSTA, *Instituto de Física, Universidade de Brasília* • Os compostos de fulerenos endoedrais com gases nobres, isto é, átomos de gás nobre (X) confinados em gaiolas de carbono ( $X@C_n$ ), têm recebido uma considerável atenção desde que foram detectados em experimentos de espectroscopia de massa. Esses novos complexos quase esféricos têm grande interesse devido a suas aplicações tecnológicas e a possibilidade de novos materiais. O primeiro obstáculo para aplicações futuras desses compostos endoedrais é o baixo rendimento na síntese em alta pressão, em torno de 0,1 [Saunders *et al.*, *Science* **271** (1996) 1693]. Desta forma, o estudo termodinâmico do processo de incorporação de um átomo de gás nobre em um fulereo é importante na tentativa de melhorar a sua síntese experimental. A base desse estudo consiste na determinação da constante de equilíbrio para a reação  $X + C_{60} \leftrightarrow X@C_{60}$ . Esse cálculo é feito em dois passos: (i) a determinação da energia potencial do átomo de gás nobre confinado na gaiola de carbono; e (ii) a determinação da função de partição do sistema  $X@C_{60}$  usando a mecânica estatística. Os resultados teóricos publicados até o momento [Jimenez-Vasquez e Cross, *J. Chem. Phys.* **104** (1996) 5589; Patchkovskii e Thiel, *J. Chem. Phys.* **106** (1997) 1796; Patchkovskii e Yurchenko, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **6** (2004) 4162] são obtidos empregando um potencial de interação esfericamente simétrico para a realização do cálculo da constante de equilíbrio. No presente trabalho, o objetivo central é obter um potencial mais realístico da interação do átomo de He com a gaiola de carbono ( $C_{60}$ ), inclusive levando em consideração a anisotropia do potencial, de forma a realizar um estudo termodinâmico mais preciso da incorporação do He no fulereo ( $C_{60}$ ). Na primeira etapa utilizamos os métodos Hartree-Fock e a teoria do funcional da densidade (funcional híbrido B3LYP) com a base 6-31G\* para o cálculo do potencial de interação. E na segunda etapa calculamos a função de partição e a constante de equilíbrio empregando dois procedimentos. No primeiro, baseado na mecânica estatística clássica com a inclusão de correções quânticas [Prudente *et al.*, *J. Phys. Chem. A* **105** (2001) 5272], a função de partição rovi-

bracional ( $q_{vr}$ ) é determinada a partir de uma integral no espaço de fase usando a técnica de Monte Carlo. No segundo, baseado na mecânica estatística quântica, a  $q_{vr}$  é obtida a partir da soma dos fatores de Boltzmann associados a cada nível quântico de energia. Nesse caso, essas energias são obtidas usando o método da representação da variável discreta. Os resultados obtidos para a constante de equilíbrio da reação  $X + C_{60} \leftrightarrow X@C_{60}$  são então comparados com os previamente publicados na literatura.

[03/11/05 - 09:15h - Sala 6]

**Sobre a Inclusão de Estados Metaestáveis na Determinação da Constante de Equilíbrio de Sistemas Moleculares Fracamente Ligados,** ANTÔNIO F. C. ARAPIRACA, FREDERICO V. PRUDENTE, *Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia* • Agregados fracamente ligados de átomos e moléculas representam um interessante campo de pesquisa tanto na física como na química. Entre os sistemas estudados, os dímeros envolvendo moléculas do ar são relevantes na física e na química da atmosfera. Estes sistemas são complexos com ligações relativamente fracas, assim suas propriedades termodinâmicas são complicadas de determinar experimentalmente. A função partição é um conceito fundamental na mecânica estatística sendo ponto de partida para derivar as funções termodinâmicas de sistemas moleculares, tais como a constante de equilíbrio e a entropia. Em princípio, a função partição é obtida teoricamente calculando-se os níveis de energia rovibracional dos sistemas em questão. Entretanto, tal cálculo é proibitivo para moléculas com mais de quatro átomos. Por outro lado, como a energia de dissociação desses sistemas fracamente ligados é relativamente pequena, é necessário considerar os seus estados metaestáveis ou quase-ligados, pois eles podem ser também populados. Assim, várias estratégias alternativas que evitam o cálculo dos níveis de energia rovibracional tem sido desenvolvidas, inclusive de métodos clássicos com correções. Recentemente propusemos um procedimento clássico com correção quântica que mostrou-se bastante eficiente para o cálculo da função partição e de propriedades termodinâmicas de sistemas moleculares [Prudente et al. *J. Phys. Chem. A* 105 (2001) 5272; Prudente and Varandas, *J. Phys. Chem. A* 106 (2001) 6193]. Entretanto, como vimos anteriormente, a inclusão de estados metaestáveis ou quase-ligados pode ser importante na determinação das quantidades termodinâmicas. No presente trabalho propomos uma boa estratégia de contar esses estados dentro de um formalismo clássico com correções quânticas. Em particular, empregamos esta estratégia em conjunto com o procedimento híbrido LCP/QFH para determinar a função partição e a constante de equilíbrio do dímero de Ar-Ar [Vigasin, *J. Mol. Spectrosc.* 205 (2001) 9, Dardi and Dahler, *J. Chem. Phys.* 93 (1990) 562]. Comparamos os resultados obtidos com o procedimento híbrido LCP/QFH e com a inclusão dos estados metaestáveis com os procedimentos puramente clássico ou quântico e com resultados publicados na literatura. Finalmente, realiza-se uma discussão sobre a importância dos estados metaestáveis na determinação da constante de equilíbrio de sistemas fracamente ligados ou

de "Van der Waals".

[03/11/05 - 09:30h - Sala 6]

**POSSIBILIDADE DE ELETRÔNICA MOLECULAR BASEADA EM MOLÉCULAS SiC QUASI-PERIÓDICAS,** M. Z. S. FLORES, E. W. S. CAETANO, V. N. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará - UFC*, E. L. ALBUQUERQUE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN* • Nas últimas décadas, a miniaturização dos dispositivos eletrônicos contribuiu para a criação de nanodispositivos. Entretanto, a miniaturização não será indefinida, uma vez que incertezas inerentes ao experimento começam a ser dominantes nessa escala nanoscópica e futuros avanços em eletrônica devem estar baseado em outros alicerces, como as moléculas, o que pode estar inserido no chamado desenvolvimento "down-up". No presente trabalho, construímos teoricamente moléculas de carbeto de silício (SiC) com sua estrutura determinada pelas gerações da seqüência de Fibonacci e da seqüência de átomos alternados do tipo Kronig-Penney. Consideramos ligações entre átomos com hibridização  $sp^3$ , e completamos valências livres com átomos de hidrogênio. Obtivemos por cálculos *ab initio* as energias de formação, a topologia e as diferenças de energia entre os orbitais moleculares HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) e LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital). A partir da identificação desses orbitais pudemos estimar a energia de Fermi do sistema formado pela molécula ligada a uma fonte de elétrons para condução de corrente. Mostramos que essa diferença de energia é menor para as moléculas construídas com base na seqüência de Fibonacci, indicando estes sistemas podem transmitir corrente de forma mais eficiente do que os baseados na simplesmente alternância Si-C do modelo de Kronig-Penney, sem perda de energia por emissão de fótons de alta energia.

[03/11/05 - 09:45h - Sala 6]

**HÁ TAMBÉM CLORO NO SÍTIO DE LIGAÇÃO A CÁLCIO DA LECTINA DE SEMENTES DE *Canavalia gladiata*!**, M. Z. S. FLORES, E. W. S. CAETANO, V. N. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, P. DELATORRE, G. A. BEZERRA, T. M. DE OLIVEIRA, B. S. CAVADA, *BioMol-Lab, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará* • Lectinas são proteínas que apresentam pelo menos um sítio que se liga de forma específica e reversível a carboidratos. É esta característica que faz com que estudos sobre essa classe de proteínas se tornem relevantes. Já foi mostrado que algumas lectinas se agregam em paredes de diferentes tipos celulares, inclusive células neoplásicas, tendo ainda potencial para tratamento de processos inflamatórios. Do ponto de vista funcional, já está bem estabelecido que a função biológica das proteínas está intimamente relacionada com sua estrutura tri-dimensional. A técnica mais empregada para a determinação da estrutura de proteínas cristalizadas é a difração por raios-X, aliada ao método teórico de comparação por homologia de estruturas preexistentes em bancos de dados de domínio público (Protein Data Bank - PDB, por exemplo). A determinação da função a par-

tir da estrutura passa pela identificação e compreensão dos domínios protéicos (sítios que são responsáveis pela função biológica). A lectina de sementes de *Canavalia gladiata* (CGL) é uma metaloproteína que apresenta cálcio em seu sítio de ligação a metal. Devido a incertezas relativas ao experimento, densidades eletrônicas próximas ao metal não podem ser explicadas pelo modelo de homologia utilizado. No presente trabalho, estudamos as propriedades eletrônicas do domínio de ligação ao cálcio nas lectinas de sementes de CGL por métodos *ab initio*. Nos cálculos *ab initio* foi utilizado o programa Gaussian 03, com a teoria do funcional de densidade usando a aproximação da densidade local de spin (DFT/LSDA, em inglês). Para isto, isolamos os nove aminoácidos mais interagentes com o cálcio e analisamos as interações destes com átomos de cloro (presentes devido ao sal  $\text{CaCl}_2$  usado durante a cristalização) e moléculas de água (que sempre são utilizadas para completar as densidades não explicadas), nas posições das densidades eletrônicas duvidosas. Comparando as densidades eletrônicas geradas nas configurações testadas concluímos que a lectina da CGL apresenta átomos de cloro nas proximidades do cálcio em vez de moléculas de água.

## ENS - Formação de Professores

[03/11/05 - 08:30h - Sala 2]

**A Formação de Professores de Física na UFAL: Considerações Históricas.**, JOSÉ ISNALDO DE L BARBOSA, , *Escola Agrotécnica Federal de Satuba-AL*, KLEBER CAVALCANTE SERRA, *Departamento de Física da Universidade Federal de Alagoas*, ELTON CASADO FIREMAN, *Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas* • Neste trabalho relatamos o surgimento do curso de Física na Universidade Federal de Alagoas, desde sua primeira proposta de licenciatura em Ciências com habilitação em Física até as mudanças que estão em curso no momento atual. São analisados os resultados obtidos de forma quantitativa. Apresentamos as primeiras mudanças ocorridas no ano de 1981, seguidas com uma análise da formação em Física em 1987, financiada por um convênio MEC-BID. Em seguida, as reformas do ano de 1990 criam o bacharelado em Física, que delimita uma separação entre licenciandos e bacharelados. Por último, apresentamos algumas discussões que estão em curso em mais uma reforma dos cursos de Física (Licenciatura e Bacharelado), que caminham para uma separação completa entre a formação do bacharel e do licenciado em Física, e que representa uma tentativa de reação ao pequeno número de egressos do curso de Física em toda a sua história.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 2]

**Um Estudo sobre as Dificuldades Encontradas em Professores não Licenciados em Física**, PAULO DOS SANTOS CORREIA, *Universidade Estadual de Feira de Santana*, ELDER SALES TEIXEIRA, *Departamento de Física-UEFS/Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências-UFBA/UEFS* • O objetivo desta pesquisa foi fazer um levantamento investigativo sobre as dificuldades que o pro-

fessor não licenciado em Física, encontra para lecionar esta disciplina no município de Feira de Santana - Ba. Foi de interesse desta pesquisa trabalhar apenas com professores pertencentes a rede pública de ensino. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi iniciada em agosto de 2003, sendo realizada com a aplicação de um questionário, que levanta o perfil do profissional, procura verificar dificuldades na compreensão de conteúdos, identifica como ele minimiza essas dificuldades e faz um levantamento da estrutura física do colégio em que leciona. Verificou-se que o ensino médio de Feira de Santana não cumpre com seus objetivos, no que se refere ao Ensino de Física. A pesquisa revelou que a Física propiciada pelos professores sem formação na área, conduz os alunos à concepção da Física como tendo o caráter de conhecimento provisório. Observou-se que a falta de profissionais específicos, estimula a utilização e contratação de professores interinos de qualquer formação acadêmica ou até mesmo sem formação nenhuma, o que deixa os estudantes sem a devida oportunidade de terem encontros com professores formados em Licenciatura em Física. Verificou-se também que o Ensino de Física a nível médio em Feira de Santana é essencialmente teórico, não só por falta de laboratórios mas, pela própria formação dos professores. Temos que ressaltar também a falta de condições de trabalho como: salários, materiais didáticos e abordagens de ensino atualizadas, bem como equipamentos computacionais adequados para o Ensino de Física. Por fim, conclui-se que a formação do professor em Licenciatura em Física, para lecionar Física em qualquer nível, é imprescindível para o desenvolvimento da profissão de educador. E que, pesquisas empíricas, com o intuito de detectar o maior número possível das dificuldades do profissional licenciado são necessárias.

[03/11/05 - 09:15h - Sala 2]

**DESAFIOS NA REFORMULAÇÃO CURRICULAR: PROBLEMAS E SOLUÇÕES**, CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO, *Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana* • Recentemente o Ministério da Educação alterou de forma incisiva os currículos de formação de professores, as licenciaturas plenas. Através das Resoluções CNE/CP01/2002 e 02/2002, e da Resolução CNE/CP09, que versa exclusivamente sobre o curso de Física, buscou-se dar uma maior flexibilidade ao currículo formador do professor de Física, e, além disso, estabeleceu para o Bacharelado através do Parecer CNE/CES 108/2003 a sua duração mínima. Infelizmente a Sociedade Brasileira de Física não atendeu prontamente, realizando apenas esse ano, ações que trouxeram à tona essas reflexões. Identificar os problemas foi o primeiro passo na busca das soluções. Diante de tais desafios que deveriam ser tratados urgentemente, buscamos elencar todos os possíveis problemas do curso em vigor. Para tal, contamos com relatos dos discentes, que são os mais indicados, por venciarem de forma mais incisiva o currículo, além de consulta ao quadro docente. A criação de duas comissões que deveriam, a priori, trabalhar a par e passo foi outra ação implementada na busca da solução e otimização dos esforços. Infelizmente a prática mostrou-nos uma realidade

completamente diferente.

A democratização das atividades mostrou-se pouco eficiente diante de interesses pessoais díspares. O populismo exacerbado de alguns, buscando colocar o corpo docente em uma posição de eterna fragilidade, não contribuiu de forma a construirmos uma proposta eficiente e renovadora. Os progressos obtidos foram frutos da diversidade das formações do corpo docente de nosso Departamento. Os problemas não são fáceis de serem contornados, mas é possível fazê-lo desde que exista uma meta bem definida, com cronogramas rígidos a serem atingidos e acima de tudo serenidade na gestão. Desejamos contribuir com nossa experiência para porventura minimizar, ou até indicar caminhos que levem à criação de um currículo eficiente, moderno, flexível e que traga motivação para os nossos estudantes e comprometimento do corpo docente com as mudanças pretendidas.

Apoio: UEFS; FAPESB; CNPq

[03/11/05 - 09:30h - Sala 2]

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COM ONDAS E ÓPTICA GEOMÉTRICA NO CEFET-RN,** ANTÔNIO ARAÚJO SOBRINHO, MANOEL LEONEL DE OLIVEIRA NETO, *CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO RN* • As atividades experimentais propostas foram realizadas com estudantes do segundo ano do ensino médio do CEFET-RN, durante o primeiro semestre de 2005. Trabalhamos de forma integrada a teoria com sua aplicação com o seguinte conteúdo: Movimento Harmônico Simples; Propagação de ondas; propagação da luz, fenômenos da óptica geométrica como refração e reflexão abordando a formação das imagens, os tipos de lentes e de espelhos. Usamos materiais de fácil manuseio e aquisição tais como: mola, pesos, vela, régua, lentes convergentes e divergentes, espelhos planos e esféricos, esferas de metal, funil, areia, Usamos o isopor "para fazer o papel de espelhos". O isopor tanto pode ser usado para representar o espelho plano, como o côncavo e o convexo. Para "representar os raios luminosos" usamos biolinhas de vidro, de metal ou ainda, esferas de mouses. Com os espelhos e o raio LASER, conseguimos identificar os tipos de espelhos. Com espelhos e velas obtivemos a formação das imagens. Com as lentes e o LASER, identificamos os tipos de lentes e, com as lentes e as velas obtivemos a formação das imagens. Durante o desenvolvimento das atividades fugimos ao tradicionalismo de apresentar toda uma sequência de conteúdo teórico para depois fazer ou propor alguma atividade prática para simplesmente comprovar a teoria. A própria análise dos dados obtidos permitiu a busca de explicações teóricas para os fenômenos observados. Acreditamos ser possível a aplicação dessa proposta dentro da realidade educacional de nosso país ganhando em qualidade o ensino. Neste tipo de abordagem o estudante não disocia o conhecimento de sua aplicação

[03/11/05 - 09:45h - Sala 2]

**Aprendendo vetores numa cidade cenográfica: prática experimental.,** DAYVD ALLISSON, ROBERTO MARQUES, *CEFET - RN - Brasil* • Considerando a importância do estudo de vetores para a compreensão do conceito de campo elétrico e da grande dificuldade dos

alunos do pré-vestibular da Escola Estadual Professor Ulisses de Góis de Natal-RN em aprender esses conceitos, sentimos a necessidade de desenvolver uma estratégia de ensino que minimizasse essas dificuldades. Elaboramos, portanto, uma atividade experimental que tem por objetivo estimular os alunos de física a construir um conhecimento sólido sobre o assunto. Em nossa proposta, os conhecimentos serão adquiridos pela atividade, que possibilita aos alunos uma análise comparativa entre os conteúdos ministrados em sala de aula e o seu cotidiano, apresentando noções básicas de: direção e sentido, posição e trajetória, soma vetorial, capacidade de diferenciar facilmente uma grandeza escalar de uma vetorial, deslocamento escalar de um deslocamento vetorial e velocidade escalar média de velocidade vetorial média. O experimento consiste em uma maquete (manta) que simula uma cidade cenográfica, de escala (1:100), que está dividida em nove quarteirões retangulares. Uma das extremidades da maquete é fixada como a origem dos eixos cartesianos, onde é acoplado um carretel de linha. A linha é amarrada a carrinhos de brinquedo, servindo como marcadora da trajetória. Parafusos foram dispostos na maquete (nos cruzamentos) distantes um do outro 33 cm, possibilitando que a linha os contornasse, gerando assim uma melhor visualização da trajetória. Para a representação dos vetores, foram feitas setas de material ferromagnético de comprimento 33 cm, sendo 18 azuis e 18 vermelhas. A diferença de cores é um recurso didático com objetivo de facilitar a indicação de vetores sobrepostos. Para medições precisas de distância e tempo, disponibilizamos respectivamente de uma trena e um cronômetro, utilizado para marcar o tempo de percurso do carrinho de uma posição inicial (pré-definida) até uma posição final. Sendo assim, é possível determinar as velocidades médias (escalares e vetoriais) dos carrinhos. Acreditamos, pois, que uma proposta de ensino que busca relacionar os conhecimentos teóricos com a prática cotidiana possibilitará aos alunos uma construção mais sólida e prazerosa dos conceitos da física.

## EST - Sistemas Complexos

[03/11/05 - 08:30h - Sala 1]

**Complex networks: applications to packings, elections and chemical plants,** JOSÉ S. ANDRADE JR., *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará* • In the first part of this talk, a new family of networks is introduced, the Apollonian networks, that are simultaneously scale-free, small world, Euclidean, space-filling and matching graphs. These networks have a wide range of applications ranging from the description of force chains in polydisperse granular packings and geometry of fully fragmented porous media, to hierarchical road systems and area-covering electrical supply networks. Some of the properties of these networks, namely, the connectivity exponent, the clustering coefficient, and the shortest path are calculated and found to be particularly rich. The percolation, the electrical conduction and the Ising models on such networks are also studied and found to be quite peculiar. In the second part, the Apollonian networks will be used as a substrate

for a competitive cluster growth process that is reminiscent of a mechanism for opinion spreading. The results are then compared with real data of proportional elections in Brazil. Finally, we show that flowsheets of oil refineries can be associated to complex network topologies that are scale-free, display small-world effect and possess hierarchical organization. The emergence of these properties from such man-made networks is explained as a consequence of the currently used principles for process design, which include heuristics as well as algorithmic techniques. We expect these results to be valid for chemical plants of different types and capacities.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 1]

**Preferential attachment scale-free growth model with random fitness**, S. D. CUNHA, M. DURVAL S. DE MENESES, L. R. DA SILVA, UFRN - Brasil, D. J. B. SOARES, UFRN - UFC - Brasil, CONSTANTINO TSALLIS, CBPF - Brasil - Santa Fé Institute - USA • We introduce a model which consists in the planar network which grows by adding nodes at a distance  $r$  from the pre-existing barycenter. Each new node position is randomly located through the distribution law  $P(r) \propto 1/r^\gamma$ , where  $\gamma = \frac{\alpha_G+3}{\alpha_G+2}$  ( $\alpha_G \geq 0$ ). The new node  $j$  is linked to only one pre-existing node according to the probability law  $P(i \leftrightarrow j) \propto \eta_i k_i / r_{ij}^{\alpha_A}$  ( $1 \leq i < j$ ;  $\alpha_A \geq 0$ );  $k_i$  is the number of links of the  $i^{th}$  node,  $\eta_i \in [0, 1]$  is its fitness (or quality factor), and  $r_{ij}$  is the distance;  $\eta_i$  is chosen to be uniformly distributed within the interval  $[0, 1]$ . We have determined numerically the degree distribution  $P(k)$ . This distribution appears to be very well fitted with  $P(k) = P(1) e_q^{-(k-1)/\kappa}$ , where  $e_q^x = [1 + (1-q)x]^{1/(1-q)}$  is the q-exponential function naturally emerging within nonextensive statistical mechanics. We determine the entropic index  $q$  as a function of  $\alpha_A$  (it depends on  $\alpha_G$ ). Additionally, we determine the average topological (or chemical) distance within the network, and the time evolution of the average number of links  $\langle k_i \rangle$ . We obtain that, asymptotically,  $\langle k_i \rangle \propto (t/i)^\beta$ , ( $i$  coincides with the input-time of the  $i$  node). We determine  $\beta(\alpha_A)$  as well. Finally, our results are compared to those corresponding to the model with single fitness model (SFM) (i.e.,  $\eta_i = 1$ ) [1].

[1] D. J. soares *et al*, Europhys. Lett., 70, 2005, 70-76.

[03/11/05 - 09:15h - Sala 1]

**Porque as bolsas de valores quebram?**, G. M. VISWANATHAN, M. L. LYRA, Departamento de Física, UFAL, U. L. FULCO, Departamento de Física, UFPI, M. SERVA, Dipartimento di Matematica, Università dell'Aquila, Italia • We study the origin of fat tailed distributions in financial time series. We study the distributions of stock returns measured over different time lags  $\tau$ . We find that destroying all correlations without changing the  $\tau = 1$  d distribution, by shuffling the order of the daily returns, causes the fat tails almost to vanish for  $\tau > 1$  d. We argue that the fat tails are caused by known long-range volatility correlations. Indeed, destroying only sign correlations, by shuffling the order of only the signs (but not the absolute values) of the daily returns, allows the fat tails to persist for  $\tau > 1$

d. Hence, the non-Gaussian behavior is due almost completely to non-Markovian correlations, rather than to Lévy statistics.

[03/11/05 - 09:30h - Sala 1]

**Estudos da dinâmica da diversidade lingüística em relevos adaptativos com saturação**, VIVIANE M. DE OLIVEIRA, MARCELO A. F. GOMES, ING REN TSANG, Departamento de Física, UFPE, PAULO R. A. CAMPOS, Departamento de Física e Matemática, UFRPE • Recentemente investigamos um modelo espacial para a dinâmica da diversidade lingüística que considera processos de colonização geográfica seletiva, difusão lingüística anômala, mutação e interação entre populações que ocupam regiões diferentes [1]. Neste modelo, associa-se a cada língua um valor adaptativo  $f$  que é proporcional ao número de pessoas que falam aquela língua. As mutações, que são variações das línguas com relação à língua ancestral, dão origem à diversidade lingüística e ocorrem com probabilidade inversamente proporcional ao valor adaptativo da língua, ou seja,  $p = \alpha/f$ , onde  $\alpha$  é uma constante. Este modelo é capaz de gerar leis de escala importantes em boa concordância com àquelas obtidas para a distribuição atual de línguas na Terra [2]. Em particular, observamos que a dependência da diversidade lingüística com a área após a colonização apresenta dois regimes de lei de potência, ambos descritos por expoentes que são dependentes da probabilidade de mutação.

No presente trabalho, estudamos a dinâmica da diversidade lingüística assumindo que o valor adaptativo de cada língua possui um valor máximo, que é escolhido aleatoriamente através de uma distribuição uniforme no momento em que a língua é gerada. Temos dessa forma um relevo adaptativo mais realístico, pois fatores como a dificuldade/facilidade de aprendizado e economia permitem que algumas línguas se difundam mais facilmente que outras. Nossos resultados mostram que essa aproximação descreve melhor o comportamento observado para a distribuição atual de línguas da Terra. Observamos, agora, que a dependência da diversidade lingüística com a área apresenta apenas uma região de lei de potência:  $D \sim A^z$ , com expoente  $z = 0.41 \pm 0.03$ . Também observamos uma melhor concordância para a distribuição de línguas faladas por uma população de tamanho  $N$ .

[1] V. M. de Oliveira, M. A. F. Gomes, I. R. Tsang, *aceito para publicação no Physica A*.

[2] M. A. F. Gomes, G. L. Vasconcelos, I. J. Tsang, I. R. Tsang, *Physica A* **271** (1999).

[03/11/05 - 09:45h - Sala 1]

**Modelagem do fenômeno de especiação sobre relevos desordenados**, VIVIANE M. DE OLIVEIRA, MARCELO A.F. GOMES, ING REN TSANG, Departamento de Física - UFPE, PAULO R. A. CAMPOS, Departamento de Física e Matemática - UFRPE • Especiação é a produção de novas espécies de estruturas complexas a partir de uma única espécie ancestral. O termo espécie se aplica aqui, entre outros, tanto para as espécies biológicas, quanto para as diferentes línguas faladas na Terra. Duas espécies são ditas diferentes se forem incompatíveis entre si: ou seja, incapazes de gerar prole, no caso biológico; ou in-

capazes de gerar entendimento entre falantes de línguas diferentes. A compreensão dos processos físicos subjacentes ao fenômeno da especiação é um dos maiores desafios encontrados na física de sistemas complexos, bem como na biologia e na ecologia. A fenomenologia dos processos de especiação indica muito frequentemente que a diversidade ou a quantidade de espécies ( $D$ ) cresce com a área ( $A$ ) do “ecossistema” como uma lei de potência não-trivial do tipo  $D \sim A^z$ , onde  $z$  é um expoente crítico tipicamente definido no intervalo 0,1 a 0,4 para as espécies biológicas e vale aproximadamente  $0,41 \pm 0,03$  para o caso das línguas. Neste trabalho, estudamos uma dinâmica de especiação simples capaz de simular, de forma unificada, todos os processos de produção de diversidade que envolvem a lei de escala acima. No intuito de simular as condições terrestres, atenção especial é dada à evolução dessa dinâmica sobre um relevo desordenado dado por ilhas de percolação. O presente modelo inclui processos de colonização geográfica seletiva, mutação, difusão anômala de populações e interação entre grupos de indivíduos que ocupam regiões diferentes. Além de descrever perfeitamente bem as relações diversidade - área em diversos domínios, o modelo proposto explica ainda a ocorrência de outras leis estatísticas observadas, envolvendo os tamanhos relativos de populações de espécies diferentes.

## MAT - Física dos Materiais

[03/11/05 - 08:30h - Sala 3]

**Finger competition dynamics in rotating Hele-Shaw cells**, HERMES GADELHA, JOSÉ AMÉRICO MIRANDA NETO, *Universidade Federal de Pernambuco* • We report analytical results for the development of interfacial instabilities in rotating Hele-Shaw cells. We execute a mode-coupling approach to the problem and examine the morphological features of the fluid-fluid interface at the onset of nonlinear effects. The impact of normal stresses is accounted for through a modified pressure jump boundary condition. A differential equation describing the early nonlinear evolution of the interface is derived, being conveniently written in terms of three relevant dimensionless parameters: viscosity contrast  $A$ , surface tension  $B$ , and gap spacing  $b$ . We focus our study on the influence of these parameters on finger competition dynamics. It is deduced that the link between finger competition and  $A$ ,  $B$ , and  $b$  can be revealed by a mechanism based on the enhanced growth of subharmonic perturbations. Our results show good agreement with existing experimental and numerical investigations of the problem both in low and high  $A < 0$  limits. In particular, it is found that the condition of vanishing  $A$  suppresses the dynamic competition between fingers, regardless of the value of  $B$  and  $b$ . Moreover, our study enables one to extract analytical information about the problem by exploring the whole range of allowed values for  $A$ ,  $B$ , and  $b$ . Specifically, it is verified that pattern morphology is significantly modified when the viscosity contrast  $-1 < A < 1$  varies: increasingly larger values of  $A > 0$  ( $A < 0$ ) lead to enhanced competition of outward (inward) fingers. Within this context the role of  $B$  and  $b$  in determining different finger

competition behaviors is also discussed.

[03/11/05 - 08:45h - Sala 3]

**Estabilidade e estrutura eletrônica de monocamadas  $B_xC_yN_z$** , SÉRGIO AZEVEDO, ROSÂNGELA DE PAIVA, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • A semelhança estrutural entre grafite e BN hexagonal motivou a síntese de ligas de compostos  $B_xC_yN_z$ . É esperado que as propriedades de tais compostos híbridos deva ser intermediária entre a do grafite semi-metálico e isolante BN. Além disso, as propriedades mecânicas deste material podem ser similares àquelas de diamante e BN cúbico, o que permite a perspectiva de novos materiais super-duros. Consequentemente, tais estruturas são de potencial interesse tecnológico. Neste trabalho, a estabilidade e estrutura eletrônica de monocamadas  $B_xC_yN_z$  são estudadas. Os compostos investigados tem a topologia de camada de grafite com átomos de carbono, boro, ou nitrogênio em cada sítio. Os cálculos mostram que as mais estáveis estruturas são obtidas, aumentando o número de ligações C-C e B-N. Por outro lado, as mais instáveis resulta de um aumento de ligações N-N e B-B. As energias dessas estruturas apresentam uma extensa variação para os valores dos seus respectivos gaps, que depende, segundo nossos cálculos, sobre a distribuição de átomos de carbono, boro, ou nitrogênio na célula unitária. Além disso, verificamos que as propriedades eletrônicas de materiais com estruturas  $B_xC_yN_z$  dependem fortemente sobre seu arranjo atômico.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 3]

**Propriedades Estruturais e Eletrônicas de Ligas  $(BN)_xC_{2(1-x)}$** , R. DE PAIVA, S. AZEVEDO, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • Nos últimos anos, as ligas  $(BN)_xC_{2(1-x)}$  têm atraído grande interesse devido ao seu potencial de aplicações em optoeletrônica na região do ultravioleta e na eletrônica de alta temperatura. Este interesse provém do fato de apresentarem as propriedades extremas de seus constituintes binários (BN e C), tais como: gap de energia grande, altas resistência mecânica e corrosiva, alta dureza, alta temperatura de fusão e alta condutividade térmica. Neste trabalho usamos um método de primeiros princípios baseado na Teoria do Funcional da Densidade, o método de potencial completo e ondas planas aumentadas linearizado, para determinar as propriedades estruturais e eletrônicas de ligas  $(BN)_xC_{2(1-x)}$ . Adotamos um modelo de cálculo que permite simular as concentrações  $x = 0,00; 0,25; 0,50; 0,75$  e  $1,00$ . Com base nos cálculos de energia total e estrutura eletrônica obtemos os parâmetros de rede das geometrias de equilíbrio, os *bulk moduli*, as constantes elásticas, o comportamento dos gaps fundamentais de energia e as massas efetivas das bandas de condução e valência. Os resultados são originais e podem ser utilizados na parametrização de teorias de ligas baseadas em hamiltoniano efetivos.

[03/11/05 - 09:15h - Sala 3]

**How the semiconductor properties of Cu-based delafossites can be revealed by an electric field gradient study**, MILAN LALIC, *Departamento de Física, UFS*, JOSE MESTNIK FILHO, *IPEN, São Paulo* • Ternary compounds  $ABO_2$  ( $A=Cu, Ag$  and  $B$  is a triva-



lent metal ion) with delafossite structure attracted much attention recently owing to discovery that might be utilized as transparent semiconductors [1]. A knowledge of how the electronic spectrum of these materials change under the doping is therefore of great importance, being a subject of many experiments so far [2]. In one of them [3], a group of  $\text{CuBO}_2$  ( $B=\text{Al, Cr, Fe, Nd}$ ) delafossites was studied by perturbed angular correlation (PAC) technique, with the objective to measure the electric field gradient (EFG) at Cd impurities substituting either Cu or B atoms. The PAC results showed that when Cd enters into the B site its EFG exhibits almost the same value (6-7) in all compounds. When Cd substitutes the Cu, its EFG exhibits two values: 27-28 in  $\text{CuAlO}_2$  and  $\text{CuFeO}_2$ , and 21 in  $\text{CuCrO}_2$  and  $\text{CuNdO}_2$  (in units  $10^{21}$  V/cm<sup>2</sup>). With a motivation to explain this trend we: (a) discussed the results of our previous theoretical studies of doped  $\text{CuAlO}_2$  compound [4,5], (b) performed the first-principles, density-functional based calculations for molecular clusters constructed in a way that simulate Cd nearest-neighbor surroundings in delafossites, and (c) performed the same type of calculation for Cd-containing  $\text{CuCrO}_2$  compound.

By careful analysis of calculated electronic structure and EFGs in all 3 systems considered, we succeeded to interpret the experimental EFG trend and to connect it with the most subtle details in electronic spectrum of doped delafossites, such as the presence of dopant states inside the gap. When Cd substitutes the Cu, it exhibits higher EFG in  $\text{CuAlO}_2$  and  $\text{CuFeO}_2$  because its states form a shallow band near the conduction band bottom. This band contributes to the resulting EFG, elevating its value. In  $\text{CuCrO}_2$  and  $\text{CuNdO}_2$  the Cd does not create the shallow band, but merge its states into the conduction band without any influence on the resulting EFG. When Cd substitutes the B atom, its states are not formed within the gap in none of the compounds. We discuss the physics behind this correlation. The results can be generalized for all Cu-based delafossites, doped either with Cd or with Zn.

[1] H. Kawazoe et al, *Nature* **389**, 939 (1997) [2] H. Yanagi et al, *Appl. Phys. Lett.* **78**, 1583 (2001) [3] R. N. Attili et al, *Phys. Rev. B* **58**, 2563 (1998) [4] M. V. Lalić et al, *J. Phys.:Condens. Matter* **14**, 5517 (2002) [5] M. V. Lalić et al, *Solid State Commun.* **125**, 175 (2003)

[03/11/05 - 09:30h - Sala 3]

**Thermodynamic Properties of the DNA Molecule,** DARLAN A. MOREIRA, E.L. ALBUQUERQUE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte* • We report in this work the thermodynamic properties of a double-strained DNA molecule by using a tight-binding Hamiltonian, together with a transfer function employed to simplify the algebra, which can be otherwise quite involved. We consider a model in which the DNA molecule is grown in a substrate following a quasi-periodical fashion of Fibonacci (FB) and Rudin-Shapiro (RS) types [1-2]. To setup a quasiperiodic chain of Fibonacci type, we consider that the interaction energies  $V_{ij}$  take two different values  $V_G$  and  $V_C$ . Starting from a  $G$  (guanine) nucleotide as seed,

the quasiperiodic FB sequence can be built through the inflation rules  $G \rightarrow GC$  and  $C \rightarrow G$ . On the other hand, the Rudin-Shapiro sequence (another substitutional sequence), which displays an absolutely continuous Fourier measure, can be built through the inflation rules  $G \rightarrow GC$ ,  $C \rightarrow GA$ ,  $A \rightarrow TC$ , and  $T \rightarrow TA$ . The interaction energies  $V_{ij}$ , in this case, take four different values  $V_G$ ,  $V_A$ ,  $V_C$  and  $V_T$ . The sequences are described in terms of a series of generations that obey peculiar recursion relations. We present both analytical and numerical studies on the temperature dependence of the electronic specific heat associated with the generation number  $n = 1, 2, 3, \dots$  for their multiscale fractal energy spectra. We show that when  $T \rightarrow 0$ , the specific heat displays oscillations, and when  $T \rightarrow \infty$ , the specific heat goes to zero with  $T^{-2}$  (because the energy spectrum considered is bounded). Throughout this work we use the classical Maxwell-Boltzmann statistics.

#### References

- [1] E.L. Albuquerque, M.S. Vasconcelos, M.L. Lyra and F.A.B.F. de Moura, *Phys. Rev. E* (2005).  
[2] E.L. Albuquerque and M.G. Cottam, *Polaritons in Periodic and Quasiperiodic Structures*, Elsevier, Amsterdam, 2005.

[03/11/05 - 09:45h - Sala 3]

**Thermal emission in one-dimensional quasiperiodic photonic band-gap structures,** M.S. VASCONCELOS, *Departamento de Ciências Exatas, Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão, São Luís-MA*, E.L. ALBUQUERQUE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal-RN* • One of the most interesting subfields of quantum optics is cavity QED-where microcavities impose nontrivial boundary conditions on the quantized electromagnetic field and alter the matter-light interactions of quantum electrodynamics. One of the first predictions of this theory was the modification of atomic spontaneous-emission rates, through the use of microcavities to alter the optical density of modes from its free-space value. This phenomenon is often known as the Purcell effect Since this prediction, many theoretical analysis as well as experimental confirmations of this effect have been performed. Initially, most of these developments were discussed in the context of simple geometric structures, such as parallel/plane conducting cavities or one-dimensional Fabry- Pérot resonators composed from two distributed Bragg reflecting mirrors. The primary interest in these materials was to alter atomic spontaneous-emission rates-for instance, to suppress them in order to produce a thresholdless microlaser. Several theoretical and experimental studies of the emission process in Periodic Band Gap Structures have appeared, but usually the emitters are considered to be pumped electrically or optically not thermally. In this work we consider light incident from the left in air onto a one dimensional, quasi-periodic, quarter-wave stack, composed of quarter-wave layers of (possibly) complex indices  $n_1$  and  $n_2$ , and of thicknesses  $a$  and  $b$ , respectively, arranged in Fibonacci sequence. This quasiperiodic photonic band-gap stack is then assumed to be

mounted flush on a dielectric substrate of complex index  $n_3$  of thickness  $d$ , which is many wavelengths thick at the quarter-wave reference frequency,  $\omega_0 = k_0 c = 2\pi c/\lambda_0$ , where  $\lambda_0$  is the quarter-wave reference (midgap) wavelength and  $c$  is the vacuum speed of light. The Fibonacci arrangement could be performed following the substitution rule:  $A \rightarrow AB$  and  $B \rightarrow A$ , starting with  $A$ , where  $A$  and  $B$  are the building block representing the layers. Finally, the substrate terminates at the right in air, with index  $n_0 = 1$ . Here we will consider only the on-axis thermal emission process. The emittance (spontaneous emission of thermal radiation that is thermally pumped and that has a blackbody spectrum, which is in thermal equilibrium with its surroundings) spectrum is calculated using the Kirchoff's law and the transfer matrix approach. Numerical results are presented.

## OTI - Nanopartículas e ONL

[03/11/05 - 08:30h - Sala 4]

**Automodulação de fase espacial gigante em óleo de mamona com nanopartículas de ouro,** CÉSAR M. NASCIMENTO, MÁRCIO A. R. C. ALENCAR, JANDIR M. HICKMANN, *Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas Maceió, Alagoas, Brasil.*, S. CHAVEZ-CERDA, *Instituto Nacional Astrofísica, Óptica Y Electronica. Apdo Postal 51/216 Puebla, PUE, México.*, MONIQUE G. A. DA SILVA, MÁRIO R. MENEGHETTI, *Departamento de Química, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, Alagoas, Brasil.* • O efeito de automodulação de fase espacial (AMFE) foi observado após a propagação de um feixe de laser CW ao longo de uma célula contendo óleo de mamona. Um grande número de anéis foi observado com uma dependência linear do número de anéis com a potência do laser. Este fenômeno pode ser explicado supondo uma não linearidade tipo Kerr, a qual prediz uma emissão cônica quando feixes de luz de grande intensidade interagem com um meio não linear. Usando este modelo, o índice de refração não linear do óleo de mamona foi estimado em  $2,63 \times 10^{-12} m^2/W$  para  $\lambda = 514nm$ . O efeito de AMFE foi também observado quando um feixe laser interagiu com uma solução coloidal de nanopartículas de ouro em óleo de mamona. O colóide foi preparado esquentando uma solução aquosa de  $HAuCl_4$  na presença do óleo de mamona. Inicialmente, as nanopartículas são formadas na solução aquosa e transferidas para o óleo sem a adição de qualquer outro agente. A fase aquosa é removida e o colóide foi submetido a alto vácuo. O tamanho das nanopartículas foi estimado em  $\sim 10nm$ , usando microscopia eletrônica de transmissão. Para esta solução o índice não linear aumentou para  $1,06 \times 10^{-10} m^2/W$  usando o mesmo comprimento de onda. Foi feito um estudo variando o comprimento de onda do laser de excitação (400, 467, 488 e 800 nm). Notamos que a não linearidade aumenta para comprimentos de onda mais próximos da ressonância de plasma associada as nanopartículas. Embora o valor desta não linearidade seja grande, sua resposta temporal é lenta. Isso sugere que esse fenômeno tem origens

eletrônica e térmica. A contribuição de ambas as partes está sob investigação.

[03/11/05 - 08:45h - Sala 4]

**Geração de segundo harmônico incoerente em compósitos contendo nanocristais de Niobato de Sódio.** ERNESTO ARSENIO VALDÉS RODRIGUEZ, CID BARTOLOMEU DE ARAUJO, *Laboratório de Ótica não Linear. Departamento de Física. UFPE.* • Neste trabalho reportamos emissão de segundo harmônico incoerente a partir de vitrocerâmicas contendo nanocristais de  $NaNbO_3$  usando um procedimento experimental semelhante ao utilizado na técnica de espalhamento Hiper-Rayleigh (HRS) para líquidos. Esta técnica é utilizada para determinar a primeira hiperpolarizabilidade de materiais em solução. O espalhamento incoerente acontece geralmente em meios isotrópicos, onde não é possível o casamento de fase necessário para emissão coerente. Nosso material é composto por um arranjo de nanocristais com planos cristalográficos orientados aleatoriamente dentro de uma matriz vítrea considerada macroscopicamente isotrópica. A técnica HRS consiste em irradiar amostras transparentes com um laser de alta potência e coletar o segundo harmônico emitido na direção perpendicular ao feixe incidente. Foi utilizado um laser de 1064 nm com pulsos de 10 nanosegundos, energia por pulso inferior a 1,5 mJ e frequência de 5 Hz. A concentração de nanocristais das amostras varia entre 0% e 40% do volume total. A intensidade de luz emitida está relacionada linearmente com a concentração de nanocristais e quadraticamente com a intensidade de luz incidente. A luz gerada tem comprimento de onda de 532 nm. O valor da primeira hiperpolarizabilidade para o  $NaNbO_3$  calculado foi de  $1,9 \times 10^{-30}$  esu. Foi utilizada uma solução de referência (paranitroanilina em metanol) com valores da hiperpolarizabilidade conhecidos para calibração dos resultados.

[03/11/05 - 09:00h - Sala 4]

**Optical limiting in glass-ceramic containing sodium niobate nanocrystals in the ns-pulsed excitation regime,** TÂMARA R. DE OLIVEIRA, LEONARDO DE S. MENEZES, CID B. DE ARAÚJO, *Departamento de Física - UFPE*, ANDREI A. LIPOVSKII, *St. Petersburg State Technical University*, DMITRII K. TAGANTSEV, *S. I. Vavilov State Optical Institute* • The evaluation of a given material for being used in photonic devices requires necessarily the characterization of their nonlinear optical properties, such as the nonlinear refractive index  $n_2$  and the nonlinear absorption coefficient  $\alpha_2$ . One interesting application is in optical limiting, where the material possesses a large  $\alpha_2$ , absorbing more and more light, the more intense the incident light fields become. The underlying physical phenomena are, for instance, simultaneous multiphoton absorption and sequential multiphoton absorption. The simultaneous multiphoton absorption is the most interesting situation, where the material responds very quickly (almost instantaneously) to the incident light fields and exhibits a large transparency when the fields' intensities are low enough. Among the suitable materials for such applications, special glasses, ceramics and glass-ceramics have been studied as optical switches and power

limiters [1].

In this work, we have used home-made pulsed dye lasers emitting at 580 nm, 610 nm and 650 nm (using different laser dyes in the oscillator cuvette), pumped by a Q-switched Nd: YAG laser (emitting at 532 nm, pulse duration 8 ns and a repetition rate of 5 Hz) to perform nonlinear absorption measurements in a glass-ceramic containing sodium niobate nanocrystals. A glass composed by 35SiO<sub>2</sub>-31Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-19Na<sub>2</sub>O-11K<sub>2</sub>O-2CdO-2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mol%) was treated at 610°C for different time periods (0 to 142 h), resulting in glass-ceramics containing different filling fractions (up to 0.4) of sodium niobate (NaNbO<sub>3</sub>) nanocrystals. The filling fraction is the volume occupied by the NaNbO<sub>3</sub> crystallites in the glass-ceramic. Optical limiting behavior due to two-photon absorption was measured for the studied samples, and their respective  $\alpha_2$  was obtained and compared with the values reported in the literature [2,3].

#### REFERENCES

- [1]. Yamane, Asahara, "Glasses for Photonics". Cambridge University Press, Cambridge (2000).
- [2]. Maciel *et al.*, Appl. Phys. Lett. **79**, 584 (2001).
- [3]. Poirier *et al.*, J. Appl. Phys. **91**, 10221 (2002).

[03/11/05 - 09:15h - Sala 4]

**Síntese de nanopartículas de prata em matriz polimérica para estudos de óptica não linear**, ANTONIO MARCOS DE BRITO SILVA, Pós-Graduação de Ciências de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco, 50670 Recife, PE, Brasil, ANDRÉ GALEMBECK, Departamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brasil., CID BARTOLOMEU DE ARAUJO, Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brasil. • Algumas propriedades físicas intrínsecas de nanopartículas (NP) inorgânicas estão associadas ao seu diâmetro médio e à sua forma [1]. Por exemplo, a frequência dos plasmons superficiais é uma propriedade das NP metálicas que depende do meio hospedeiro, das dimensões e da forma dessas NP. Nós sintetizamos NP de prata com uma dispersividade razoavelmente uniforme por dois processos físico-químicos. O diâmetro médio das NP é aproximadamente 15 nm. Inicialmente adicionou-se prata iônica a um poliéster de densidade relativamente baixa e em seguida o mesmo foi catalisado para formar um polímero rígido de alta densidade e de aparência vítrea. Amostras com concentrações distintas de prata iônica foram submetidas a uma temperatura fixa e duplicatas dessas amostras foram submetidas à irradiação por luz ultravioleta de uma lâmpada, com linhas espectrais em 352.8 nm, 399.3 nm, 433.3 nm e uma banda mais larga entre 362-395.3 nm, para promover o crescimento das NP de prata na matriz sólida. A evolução do crescimento das NP foi acompanhada observando-se a absorção óptica das NP no polímero, tanto nas amostras submetidas ao tratamento térmico, quanto nas amostras tratadas por irradiação ultravioleta. Para a identificação estrutural das NP usamos microscopia eletrônica de transmissão na região de campo claro.

Referência

- [1] R. Jin, Y. C. Cao, E. Hao, G. S. Métraux, G. C. Schatz,

C. A. Mirkin. Letters Nature 425, 487-490 (2003)

[03/11/05 - 09:30h - Sala 4]

**Nonlinear optical properties of a colloid containing silver sub-nanoparticles**, CID B. DE ARAÚJO, E. L. FALCÃO-FILHO, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901, Recife-PE, Brazil. Telephone: +55 81 2126-7630, fax: +55 81 3271-0359, e-mail: cid@df.ufpe.br • Nowadays, nanometrical materials attract large scientific interest due to their unique properties which differ from those of the corresponding bulk system and isolated atomic species. A peculiarity of such systems is their optical response that is influenced by quantum mechanical and dielectric confinement effects. One class of materials currently studied is the colloids containing metallic nanoparticles (NP). Indeed, many authors investigated the size dependence of the dielectric constant of metallic NP in different confinement regimes. Presently the work in this area is focused, for example, in the study of nonlinear (NL) optical properties of metallic NP and the possibility of photonic applications. The interest in the NL properties of colloids with silver and gold NP increased after demonstration of a large enhancement of the effective third-order NL susceptibility,  $\chi_{eff}^{(3)}$ , due to local field effects. Studies on colloids and various composites have been reported and there is a deep knowledge of their NL properties [1]. However, up to the present, there is no experimental study on the NL properties of sub-nanometric particles. In this work, we studied the NL properties of an aqueous colloid containing sub-nanometric silver particles (average diameter  $\sim$  7Å), using the Z-scan technique. The second harmonic of a Nd:YAG laser (pulses of 80ps, 10 Hz) at 532 nm was used. The results show a giant optical nonlinearity indicating that quantum mechanical confinement effects play an important role in this system. Values for  $n_2 \propto \text{Re} [\chi_{eff}^{(3)}]$

and  $\alpha_2 \propto \text{Im} [\chi_{eff}^{(3)}]$  were determined. The effective nonlinearity of the colloid, exhibits a linear dependence with the NP volume fraction,  $f$ , and the results were analyzed using an effective-medium theory (Maxwell-Garnett model) considering spherical particles embedded in a homogeneous host.

- [1]. V. M. Shalaev, Nonlinear Optics of Random Media: Fractal composites and metal-dielectric films (Springer, Berlin, 2000).

[03/11/05 - 09:45h - Sala 4]

**INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA NAS PROPRIEDADES ESPECTROSCÓPICAS DOS VIDROS TELURETOS DOPADOS COM Yb<sup>3+</sup>**, M. A. R. C. ALENCAR, UFAL, ROGÉRIO F. SOUZA, CEFET - AL, M. V. D. VERMELHO, M. T. DE ARAÚJO, J. M. HICKMANN, UFAL, RENATA KOBAYASHI, L. R. P. KASSAB, Laboratório de Vidros e Datação, FATEC - SP / CEETEPS - UNESP • Os vidros a base de TeO<sub>2</sub> são materiais promissores para desenvolvimento de dispositivos fotônicos. Estes vidros são transparentes nas regiões espectrais do visível, infravermelho próximo e médio. Em comparação com os vidros de sílica, eles apresentam maior índice de re-

fração ( $\sim 2, 0$ ) e possuem energias de fônons menores. Em relação aos vidros fluoretos, os quais também têm várias aplicações em fotônica, eles oferecem a vantagem de melhor estabilidade química. Os íons  $Yb^{3+}$  são importantes no desenvolvimento de lasers de pulsos ultra-curtos e como um sensibilizador na transferência de energia no processo de conversão ascendente do infravermelho para o visível. Neste trabalho, investigamos a variação das propriedades espectroscópicas com a composição química dos vidros teluretos dopados com  $Yb^{3+}$  com o propósito de verificar sua aplicação na fabricação de fibras ópticas, filmes finos e nucleação de nanopartículas. Matrizes vítreas de diferentes composições foram preparadas usando temperaturas adequadas. A posição do comprimento de onda de corte no visível e infravermelho varia com a composição. Na região do visível o comprimento de onda de corte mais curto está em torno de 300 nm; na região do infravermelho médio está situado em torno de 7000 nm. Investigamos também a influência da composição nas seções de choque de emissão e absorção e na largura de linha efetiva. Medimos tempos de vida para fluorescência entre 0,7 ms e 1,0 ms. A intensidade mínima de bombeamento foi determinada para cada amostra com o objetivo de investigar uma possível ação laser destes materiais e os valores obtidos são bons ( $\sim 2kW/cm^2$ ), quando comparados com os dos vidros fluorofosfatos e cristais Yb:YAG e Yb:YAP.

## Palestras Convidadas

### Palestra Convidada

[03/11/05 - 10:30h - Sala 1]

**Simulação Computacional de Líquidos. Um Protocolo Estatístico-Quântico,** SYLVIO CANUTO, *IF/USP* • O estado líquido tem sido o menos estudado entre os estados da matéria. Entretanto, o estado líquido é essencial em diversos processos moleculares. Destaque-se que a água é o solvente biológico e participa em todos os processos moleculares relacionados à vida. A interação de uma molécula, com outras moléculas de um meio líquido, modifica suas propriedades comparadas com a molécula isolada. A compreensão dessas mudanças é fundamental para racionalizar experimentos tanto em Física quanto em Química e Biologia. Devido à complexidade de um sistema líquido, cujas propriedades são estatísticas, e da necessidade de incorporar efeitos quânticos para entender a estrutura eletrônica, o estudo de sistemas líquidos é complexo, mas grandes progressos têm sido obtidos nos últimos anos. Isto se deve em grande parte à capacidade de simulação computacional. A combinação de mecânica quântica e mecânica estatística representa uma aliança necessária e poderosa para se estudar sistemas moleculares em meio líquido. Nesta apresentação discutiremos coloquialmente esses problemas. Mostraremos a implementação de um protocolo quântico-estatístico e apresentaremos alguns resultados para processos moleculares em solução e mudanças espectroscópicas devido à interação com um meio líquido a uma dada temperatura.

### Palestra Convidada

[03/11/05 - 10:30h - Sala 2]

**Em busca de um modelo simples para Semicondutores Magnéticos Diluídos,** RAIMUNDO ROCHA DOS SANTOS, *Instituto de Física - UFRJ* • Semicondutores Magnéticos Diluídos (DMS) formam uma classe de materiais de grande interesse atual. Por um lado, a possibilidade de manipulação dos graus de liberdade de carga e spin representa um enorme potencial de aplicação em spintrônica. Por outro lado, sob o ponto de vista de Física básica, o domínio desta manipulação requer o conhecimento profundo de um problema multifacetado envolvendo aspectos diversos como magnetismo de spins localizados e itinerantes, desordem posicional, teoria de bandas, preparação de amostras, etc. Nesta apresentação, faremos uma revisão dos dados experimentais de GaAs dopado com Mn, e discutiremos a origem do ferromagnetismo nestes materiais. Em seguida, apresentaremos algumas propostas de modelos para estes sistemas, colocando-os no contexto mais amplo da Física de férmions fortemente correlacionados. Discutiremos também o ferromagnetismo em outros DMS, como (Ga,Mn)N, realçando as principais semelhanças e diferenças.

### Sessões Orais

#### ATO - Física Atômica e Molecular

[03/11/05 - 11:30h - Sala 6]

**CARACTERIZAÇÃO DE PEDRAS PRECIOSAS DA REGIÃO NORDESTE USANDO ESPECTROSCOPIAS FOTOACÚSTICA, UV-VISÍVEL E RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA,** JOSÉ SUASSUNA FILHO, RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, REINHARD RICHARD WEGNER, *Universidade Federal de Campina Grande* • Algumas técnicas espectroscópicas têm desempenhado papel relevante em estudos de sistemas minerais, com destaque para a espectroscopia ótica convencional por transmissão. Em pedras preciosas, minerais de alto valor econômico e abundante no Brasil, notadamente na Região Nordeste, a origem e diversidade de cores são cátions de metais de transição tais como  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $V^{3+}$  e  $Cu^{2+}$ , encontrados isolados ou em combinação em sítios diversos da rede cristalina dessas espécies. Isto sugere o uso de técnicas modernas de investigação experimental tais como Espectroscopia Fotoacústica (PAS), UV-Visível (UV-Vis) e Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) na caracterização de espécies minerais, via identificação de íons de metais de transição que funcionam como centros de cor. Neste trabalho apresentaremos nossos resultados experimentais de PAS, UV-Vis e RPE, obtidos recentemente numa ampla variedade de pedras preciosas, encontradas em diversos pegmatitos da região nordeste, tais como TURMALINAS (verde, azul, escura e rosa); BERILOS (dourado, aguamarinha, esmeralda);

ALEXANDRITA ( $BeAl_2O_4:Cr^{3+}$ ) e APATITAS (verde, azul, dourada). É interessante destacar o seguinte: na maioria das espécies, a concentração de íons é relativamente grande de modo a permitir sua identificação simultaneamente pelas três. Já noutros casos, como em alguns Berilos, a concentração de íons de transição é tão baixa (algumas ppm) que não permite sua identificação por técnicas como Espectroscopia UV-Vis. Aí, então, EPR joga papel preponderante na identificação dos íons, quando se tratar obviamente de íons paramagnéticos tais como  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  e  $Cu^{2+}$ . As espectroscopias UV-Vis e Fotoacústica em nosso Laboratório operam entre o ultravioleta/vis, fornecendo informações relevantes a respeito da identidade do íon e da simetria do Campo Cristalino que o cerca, principalmente quando essa simetria é do tipo tetraedral (cúbica) ou octaedral regulares (não distorcidas). Por outro lado, nossos resultados mostram claramente que, no caso dos centros de cor serem íons paramagnéticos, a Ressonância Paramagnética Eletrônica se mostra extremamente eficiente na identificação do íon bem como na determinação da simetria do Campo Cristalino local, seja ele regular ou distorcido, seja a distorção axial, trigonal ou rômica. Em resumo, nossa pesquisa demonstra que as técnicas PAS, UV-Vis e RPE se complementam, possibilitando a identificação completa da vasta quantidade de centros de cor que respondem pela beleza da diversidade de cores e pela qualidade das pedras preciosas. Especificamente a caracterização completa de pedras preciosas possibilita estabelecer classificação qualitativa e agregar enorme valor econômico a essas espécies.

[03/11/05 - 12:00h - Sala 6]

**Electron Paramagnetic Resonance of the organic free radical in petroleum,** EDUARDO DI MAURO, FERNANDO ALVES DE MELO, MARILENE TURINI PICCINATO, *Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina*, CARMEN LUÍSA BARBOSA GUEDES, *Departamento de Química, Universidade Estadual de Londrina*, OTACIRO RANGEL NASCIMENTO, *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo* • The electron paramagnetic resonance (EPR) spectrum of petroleum consists of a very intense central line associated with organic free radicals while groups of less intense lines are associated with vanadyl ( $VO^{2+}$ ). The line corresponding to free radicals is interpreted to result from the superposition of the signals of different species of radicals with very close values of g (spectroscopic factor) in petroleum asphaltene. The present study investigated the resolution possibility of the EPR line corresponding to free radical in the asphaltene fraction of crude oil of Arabian and Colombian origin. It intended to show what information could be obtained from multi-frequency (X-band, Q-band and W-band) CW EPR study of these samples. The experiments were performed at room temperature (about 300 K) and at 77 K (only W-band). The asymmetry in the lines corresponding to free radicals was observed in a more intense way in the W-band spectra. The values of the linewidth ( $\Delta H$ ) in the spectra increased linearly with the microwave frequency utilized in the EPR experiments. It was tried the mathematical simulation of the free ra-

dical signal for the EPR spectra in three bands using a set of parameters corresponding to a single species, but this was not coincident exactly with the experimental signals, signaling that the hyperfine interaction of the unpaired electron with the neighborhood corresponds to more than one species of radical in the molecular structure of the petroleum asphaltene.

E. Di Mauro, C. L. B. Guedes, O. R. Nascimento: Applied Magnetic Resonance 29, 2005 (in press).

[03/11/05 - 12:15h - Sala 6]

**Estudo do Desdobramento do Multiplo  ${}^7F_1$  do Ion  $Eu^{3+}$  em Vidros Óxidos,** MARCOS F. O. BEZERRA, MARCOS ANTONIO C. DOS SANTOS, *UFS -SE- Brasil* • O íon lantanídeo livre ao ser inserido num ambiente químico, como um meio cristalino ou vítreo, passará a possuir não mais a simetria esférica, mas sim a simetria imposta pelo meio. Entre os modelos desenvolvidos que descrevem a interação do íon central com seus ligantes, o Modelo de Recobrimento Simples(SOM) descreve o campo ligante de maneira bastante simples no que se refere as interações de covalência presentes nas ligações químicas. Na literatura consultada, foi observado que o desdobramento máximo( $\Delta E$ ) do nível  ${}^7F_1$  do íon  $Eu^{3+}$  é diretamente proporcional ao parâmetro de força de campo ligante ( $N_v$ ). Para valores pequenos de J, digamos igual a 1 ou 3/2, é necessário rever a relação entre o desdobramento máximo de um nível J e o parâmetro de força do campo ligante, pois algumas discrepâncias ocorrem quando utilizamos a relação geral entre  $\Delta E$  e  $N_v$ . A partir de aspectos teóricos desenvolvidos inicialmente para cristais, fizemos uma aplicação do SOM em vidros óxidos dopados com o íon  $Eu^{3+}$ , calculamos, observamos e comparamos os resultados teóricos obtidos com os resultados experimentais e simulados existentes na literatura, cujas indicações mostraram ótima concordância aos fatos experimentais.

## ENS - Ensino de Física

[03/11/05 - 11:30h - Sala 2]

**O PROBLEMA EPISTEMOLÓGICO DO REDUACIONISMO,** JENNER BARRETTO BASTOS FILHO, *UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS* • O tema do Reduacionismo é muito importante a despeito de ser insuficientemente estudado tanto no seio das comunidades praticantes das ciências naturais quanto no seio das comunidades praticantes das ciências sociais. Muitos mitos e mal-entendidos acerca do tema constituem uma verdadeira Torre de Babel. Interlocutores não se entendem sobre significados que deveriam ser acordados de antemão. Deste modo, diferentes concepções de Reduacionismo se confundem em uma discussão que também é um monumental Diálogo de Surdos. No intuito de contribuir para esclarecer alguns aspectos desta discussão, uma vez acordadas de antemão algumas acepções e significados para o termo Reduacionismo, temos a intenção de defender algumas teses entre as quais as seguintes: (i) os procedimentos metodológicos reducionistas são recomendados pela História da Ciência,

em especial pela História da Física, pois são provedores de aumento do conhecimento; (ii) em virtude disso, o reducionismo metodológico tem valor epistemológico; (iii) não é o reducionismo metodológico que é um mal em si, e sim a generalização indiscriminada e não-crítica de procedimentos metodológicos reducionistas para domínios e contextos nos quais os procedimentos utilizados são injustificáveis; (iv) ser metodologicamente reducionista não implica necessariamente em ser epistemologicamente reducionista, pois reducionismos bem sucedidos constituem processos complexos que ensejam recorrentes críticas e revisões; (v) a tensão essencial entre o Programa Reducionista/Unificador e o Programa da Essencial Irredutibilidade de um nível de descrição da Realidade para outro constitui em expediente altamente recomendável para tornar a discussão mais profunda e abrangente. Faz-se mister dizer que este segundo Programa afirma a essencial descontinuidade de descrição entre diferentes níveis de Realidade. Exemplos ilustrarão os nossos argumentos.

[1 BASTOS FILHO, J. B., 2005, Reducionismo (Uma Abordagem Epistemológica), EDUFAL] (Editora da Universidade Federal de Alagoas), Maceió. [Aceito para Publicação; deverá ser lançado provavelmente nos dias finais de outubro de 2005].

[03/11/05 - 12:00h - Sala 2]

**O NÚCLEO REALISTA E RACIONALISTA DO PENSAMENTO EINSTEINIANO, JENNER BARRETTO BASTOS FILHO,** *UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS* • Em livro recente [1] publicamos um capítulo em que defendemos a tese segundo a qual a Física pode ser concebida como uma confluência complexa de Programas Científicos de Pesquisa (PCP). Nessa confluência de Programas entrelaçados, em competição e colaboração, aparecem os PCP, respectivamente, aritmético-pitagórico, geométrico, heraclítico, parmenidiano, atomista, galileano, cartesiano, leibniziano, newtoniano, maxwelliano, einsteiniano, bohriano, entre vários outros. Argumentamos também que, no que concerne a Einstein, podemos asseverar que se encontra subjacente ao seu pensamento um Programa Núcleo Duro que é fundamentalmente caracterizado pelas suas adoções filosóficas de teor, respectivamente, Realista e Racionalista. Isto aparece como particularmente evidente quando confrontamos o Programa de Einstein com um de seus Programas Rivals como é o caso do Programa de Bohr. Dois momentos bastante destacados do PCP de Einstein constituem as lutas contra os mitos da "Dissolução da Realidade" e da "Inerente Incompreensibilidade da Realidade Quântica", mitos esses que foram estimulados e propagados por muitos dos membros da Escola de Copenhague. Ademais, o Einstein maduro criticou enfaticamente traços instrumentalistas do jovem Einstein quando este último ainda se encontrava seriamente influenciado pelas idéias de Mach, por ocasião do primeiro artigo de 1905 sobre relatividade. Argumentamos, outrossim, de que maneira os seminais trabalhos, respectivamente, sobre o movimento browniano e sobre o efeito fotoelétrico, se inserem no seu Programa Realista e Racionalista. O trabalho sobre o movimento browniano

constitui afirmação definitiva do Programa Atomista na Física e o trabalho do Efeito Fotoelétrico afirma, a despeito de impiedosa crítica, a realidade dos quanta de luz.

[1] BASTOS FILHO, J. B., 2005, 'The Quantum Debate: From Einstein to Bell and Beyond', In: 'Physics Before and After Einstein', MAMONE CAPRIA, M. (Ed.), IOS Press, Amsterdam, p. 205-232.

[03/11/05 - 12:15h - Sala 2]

**O efeito fotoelétrico: A física moderna no ensino médio,** BRUNO DE SOUSA MONTEIRO, HENRY PÔNCIO CRUZ, MARIEL JOSÉ PIMENTEL DE ANDRADE, THIAGO GOUVEIA DA SILVA, ROMERO TAVARES, *Departamento de Física - UFPB* •

A introdução de conceitos da física moderna no ensino médio tem um destaque no cenário atual do ensino de física, principalmente por sua importância no entendimento fenômenos e equipamentos presentes no cotidiano contemporâneo. A inserção desses conceitos no currículo pode ser feita com mais eficácia quando associado ao uso de novas tecnologias para o ensino, seja na modalidade de educação à distância ou como apoio ao ensino presencial. Neste trabalho queremos destacar o uso de objetos de aprendizagem para possibilitar aos alunos do ensino médio um contato com uma animação interativa que descreve o efeito fotoelétrico, analisado por Albert Einstein em 1905. Os objetos digitais de aprendizagem podem ser configurados como uma ferramenta instrucional que potencializa a apreensão dos novos conceitos, inclusive aqueles conceitos da física moderna, relacionados ao efeito fotoelétrico. Um objeto de aprendizagem é uma ferramenta instrucional que pode ser estruturado de modo a conter hipertextos, animações interativas e mapas conceituais na apresentação do conteúdo teórico dando ênfase à análise qualitativa do fenômeno. Sem pretender prescindir da importância de laboratórios didáticos, uma animação interativa pode ser configurada como um primeiro contato do estudante com o universo que envolve o teste de um modelo científico. Ela vai possibilitar ao aluno visualizar o arranjo experimental e chegar às conclusões que levaram a busca de novas explicações para os fenômenos que não poderiam ser explicados à luz da teoria clássica. Também se pode mostrar que as aplicações da física moderna não estão distantes da realidade cotidiana tendo inúmeras aplicações como: uso de células fotovoltaicas, o liga-desliga automático da iluminação de ruas, os faróis, etc. Os objetos de aprendizagem podem ser vistos como auxiliares no processo de aprendizagem significativa tendo em vista que este desperta a curiosidade, intuição e entendimento tanto qualitativo e quantitativo.

## EST - Física Estatística

[03/11/05 - 11:30h - Sala 1]

**Correlated fitness landscapes on complex networks,** PAULO ROBERTO DE ARAUJO CAMPOS, *Universidade Federal Rural de Pernambuco*, FRANCISCO GEORGE BRADY MOREIRA, *Universidade Federal de Pernambuco* • We consider the statistical properties of adaptive walks on correlated fitness landscapes which

are established in sequence spaces of complex structure. We investigate the problem by means of a simple model of fitness landscapes in which the degree of correlation between closely related sequences can change by varying a correlation parameter. Regarding the topology of sequence spaces, we simulate adaptive walks taking place on random graphs and scale-free networks. For both topologies, two different procedures of adaptive walks are performed: the standard adaptation walk (SAW) and the gradient adaptation walk (GAW) algorithms. We have observed that the former algorithm is insensitive to the topology as well as to the degree of correlation of the fitness landscape, and the statistical properties of walks depend only on the mean coordination number of the network. Moreover, the distribution of length walks, performed by the SAW algorithm, are well described by a Poisson distribution in a wide range of connectivities. On the contrary, the GAW is influenced by both the topology of the network and the degree of correlation of the fitness landscape.

[03/11/05 - 11:45h - Sala 1]

**Decomposição de redes complexas em vizinhanças sucessivas e representação via matrizes de adjacência,**

ROBERTO FERNANDES SILVA ANDRADE, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia*, THIERRY PETIT LOBÃO, *Instituto de Matemática - Universidade Federal da Bahia*

• Uma rede complexa (RC) é definida de maneira unívoca por sua matriz de adjacência (MA), que aponta quais pares de vértices estão ligados entre si. A partir de MA obtem-se todas as informações sobre a rede considerada. A maior parte das investigações sobre propriedades de RC's tem utilizado uma série de parâmetros tais como a função de distribuição dos graus dos vértices, o coeficiente de aglomeração, a distância mínima média, entre outros. Estes indicadores traduzem o comportamento dos nós em sua vizinhança imediata. Neste trabalho damos continuidade a investigações sobre redes baseadas nas propriedades de vizinhanças mais amplas do que as descritas pelas ligações em MA, o que chamamos de vizinhanças de ordem  $n$ , sendo de ordem 1 aquela descrita por MA. Por meio de operações Booleanas, identificamos na rede investigada as distintas vizinhanças  $v_n$  de cada nó, construindo as correspondentes matrizes de adjacência  $M_n$ . Em seguida, traçamos matrizes quadradas onde as diversas  $v_n$  são facilmente identificadas com o uso de códigos de cores. Padrões típicos para as redes tridiagonal, de Erdős-Renyi (aleatórias), pequeno mundo, livres de escala, e as apolonianas são contruídos explicitamente.

[03/11/05 - 12:00h - Sala 1]

**Caminhantes Angulares Gaussianos e Empacotamento de Proteínas,**

P.H.DE FIGUEIRÊDO, S.COUTINHO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE*, M.A.MORET, *Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana - CEPPEV - Fundação Visconde de Cairu, Salvador, BA*, E.NOQUEIRA JR., *Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, BA* • O processo de enovelamento protéico é atualmente um dos mais importantes problemas na interface entre a Física e a Biologia. Diver-

sos modelos têm sido propostos com o objetivo de explicar algumas características básicas que emergem do complexo espaço conformacional das proteínas. Além da sua fundamental importância para a Biologia, um melhor entendimento dos mecanismos que governam o empacotamento deverá ajudar na busca pela cura de diversas doenças tais como o mal de Parkinson e de Alzheimer, cujas origens são creditadas a uma errônea conformação das proteínas. A partir da análise de diversos sistemas protéicos globulares, contidos no PDB (do inglês *Protein Data Bank*), é possível observar que em torno de 60% a 80% delas consistem em estruturas do tipo  $\alpha$ -hélice e/ou folha- $\beta$ , ou seja, as estruturas secundárias regulares representam no mínimo 60% de uma proteína. Neste trabalho investigamos por meio de um simples modelo de caminhante aleatório dois importantes aspectos geométricos que caracterizam as proteínas globulares: o comportamento tipo de lei de potência para o raio de giração e do número de contatos com respeito ao tamanho da cadeia. O modelo consiste de um caminhante aleatório tridimensional, cujos ângulos de deflexão entre cada passo são escolhidos aleatoriamente através de duas distribuições Gaussianas que privilegiam os ângulos  $\Phi$  e  $\Psi$  presentes nas estruturas tipo  $\alpha$ -hélice ou folha- $\beta$ , mais encontradas na natureza. Controlando alguns parâmetros, este modelo nos permite construir uma grande variedade de cadeias, desde aquelas com configurações totalmente aleatórias até as observadas nas proteínas, inclusive reproduzindo, qualitativamente, alguns fatos experimentais.

[03/11/05 - 12:15h - Sala 1]

**Estudo dos aspectos farctais das estruturas protéicas,**

MARCELO DE CARVALHO SANTANA, MARCELO A MORET, GILNEY F ZEBENDE, *CEPPEV (Fundação Visconde de Cairu) - UEFS Universidade Estadual de Feira de Santana* • Modelos com estruturas fractal apresentam uma vasta aplicabilidade na descrição de muitos processos naturais em vários ramos da ciência. Especificamente para as proteínas, observou-se recentemente que estas macromoléculas obedecem a uma invariância por escala característica em sua geometria. O enovelamento das proteínas é um dos problemas mais interessantes da natureza. Vários modelos tanto teóricos quanto baseados em experimentos ou simulações foram propostos nos últimos anos sem, contudo, explica-lo completamente. A partir desses modelos vimos que é consenso à existência de caminhos de enovelamento. Estes caminhos interferem na acessibilidade da hiper-superfície de energia das proteínas. Recentemente foi mostrado que essas hiper-superfície de energia apresentam um comportamento multifractal. Este comportamento está associado às interações entre os átomos que compõem estas moléculas. Nesse sentido, estudamos a geometria de mais de 5500 cadeias de proteínas depositadas no "protein data bank". Para esta análise recorremos ao expoente de escala massa-tamanho e observamos um comportamento fractal, com dimensão  $\delta = 2,47$ , que é bem próximo ao valor do limiar de percolação de esferas. Este resultado leva a uma explicação da multifractalidade na hiper-superfície e mostra o quão compactas são estas moléculas. Sabemos que o efeito hidrofóbico é o principal efeito que dirige a

proteína para que ela venha a se enovelar. A muito é sabido que o empacotamento das proteínas é o mais eficiente possível chegando a ser comparado ao das estruturas cristalinas. No intuito de medirmos esse empacotamento propomos a densidade de compactação média  $\rho$  (dada pela relação  $\rho = \Delta M/\Delta V$  onde M é a massa da cadeia e o V o volume definido pelo raio médio da cadeia de proteína analisada). Observamos que existe uma tendência para o valor constante  $\rho = 0,86u.m.a./\text{Å}^3$ , e que esta grandeza obedece a uma distribuição normal com um desvio padrão  $\rho = 0,25u.m.a./\text{Å}^3$ . Este estudo fornece uma explicação alternativa para o paradoxo de Levinthal, pois mostra que apesar do número astronômico de estados na hiper-superfície de energia a proteína consegue chegar àquele fisiológico, sem passar por todos. Assim, observamos que apesar de existir várias formas para uma estrutura se empacotar, o modelo fisiológico é aquele em que os aminoácidos se compactam como no limiar de percolação de esferas.

## MAT - Novos Materiais

[03/11/05 - 11:30h - Sala 5]

**Uso de Nanocompósitos Montmorilonita/Polipirrol como Sensores de Voláteis**, LILIANA F. B. DE LIRA, Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, UFPE, Brasil, ANDRÉ GALEMBECK, Departamento de Química Fundamental, UFPE, Brasil, CELSO P. DE MELO, Departamento de Física, UFPE, Brasil • Neste trabalho apresentamos resultados iniciais do uso de nanocompósitos montmorilonita/polipirrol como sensores da presença de compostos voláteis em dispositivos tipo "nariz eletrônico", que encontram ampla aplicação no controle da qualidade ambiental e na indústria de alimentos e bebidas. Por ser uma argila, a montmorilonita (MMT) é bastante porosa e pode incorporar as cadeias do polipirrol (PPI), um polímero condutor. O compósito resultante apresenta, portanto, grande capacidade de absorção de moléculas de substâncias odorantes, levando a mudanças das propriedades elétricas do polipirrol que podem ser facilmente medidas.

O compósito MMT/PPI foi preparado pela técnica de polimerização *insitu* pela mistura em um mesmo recipiente de montmorilonita organofílica dispersa em água, ácido dodecilbenzenosulfônico (DBSA), usado como dopante, persulfato de amônio (PSA), o agente iniciador da polimerização, e pirrol recentemente destilado. A mistura foi então submetida a intensa agitação por várias horas a 0°C.

Microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-X e espectroscopia na região do infravermelho foram usadas para a caracterização do material obtido. Deslocamentos característicos nos difratogramas de raios-X (na região 19Å-35Å) comprovam a intercalação do polímero. Bandas características do polipirrol (em 1560 e 1492  $cm^{-1}$ ) estão presentes no espectro de infravermelho, enquanto mudanças morfológicas podem ser vistas nas micrografias. Os sensores foram obtidos pela dispersão do compósito (sob forma de pó) em clorofórmio sobre um substrato de

vidro condutor. A sensibilidade dos sensores foi testada frente a vapores de diferentes solventes orgânicos, e se mostrou marcante para todos, até mesmo para aqueles de natureza apolar.

[Apoio CNPq, CT-Petro]

[03/11/05 - 11:45h - Sala 5]

**Análise Rietveld no cálculo de tamanho de nanopartículas de óxido de níquel**, CRISTIANO TELES MENESES, WLADIMIR HERNANDEZ FLORES, JOSÉ MARCOS SASAKI, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CP 6030, 60455-760, Fortaleza Ceará, Brazil • Nos últimos anos materiais com tamanhos da ordem de nanômetros tem ganhado a atenção de diversos grupos de pesquisa devido a mudanças em suas propriedades comparada com o material em forma de bulk, principalmente quando usados como materiais catalíticos, pois sua área de adsorção aumenta. Nos últimos anos o grupo de difração de raios-X da UFC desenvolveu uma nova forma de obter nanopartículas com tamanhos até 15 nm, comprovados por difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura. Foram preparadas soluções usando cloreto de níquel hexahidratado e gelatina comercial para formação do gel, que em seguida foram secas a 80°C durante 36 horas para formar resinas para então serem sinterizadas em diferentes tempos e temperaturas obtendo assim nanopartículas de NiO com tamanho médio de até 4nm. Neste trabalho serão mostrados resultados de tamanhos de partículas calculados a partir dos resultados de refinamento Rietveld dos perfis dos picos de difração utilizando a equação de Scherer e a relação de Williamson-Hall, corrigidos pela divergência do feixe. Nos resultados serão mostrados também a influencia da temperatura e o tempo de sinterização assim como as relações para o cálculo no tamanho da partícula. Serão mostrados também resultados de microscopia eletrônica de varredura confirmando assim a formação de nanopartícula de NiO com formatos de pirâmides dispersas numa matriz orgânica.(CNPq)

[03/11/05 - 12:00h - Sala 5]

**Análise quantitativa através do Refinamento Rietveld dos Pós de SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Obtidos Via Processo Sol-Gel Protéico**, PAULA C. A. BRITO, RODRIGO F. GOMES, MARCELO A. MACÊDO, Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil • Atualmente os materiais magnéticos desempenham um papel muito importante nas aplicações tecnológicas do magnetismo. Sua evolução veio devido a um melhor entendimento dos fenômenos magnéticos e também devido à descoberta e desenvolvimento de novos materiais. Materiais magnéticos duros, como a hexaferrita de estrôncio, são tradicionalmente aplicados na fabricação de ímãs permanentes, além de serem aplicados no desenvolvimento de dispositivos para gravação magnética, de microondas e de gravação magneto-ópticos. Neste trabalho estudou-se a obtenção da SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> preparada através do método sol-gel protéico. Esse método tem apresentado ótimos resultados na produção de pós e também de filmes finos. A preparação do sol via processo sol-gel protéico, consiste da mistura dos materiais precursores, o nitrato de ferro



nonahidratado ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) e o cloreto de estrôncio hexahidratado ( $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), dissolvidos na água de coco verde filtrada. O sol foi seco por 24 horas em estufa a temperatura de  $100^\circ\text{C}$ , dando origem a formação do xerogel, que após ser moído, foi tratado termicamente variando a temperatura entre  $900^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$  e  $1100^\circ\text{C}$  e sendo resfriado a temperatura ambiente. O pó resultante foi submetido à análise de difração de raios-X, para identificação e análise quantitativa da fase através de refinamento pelo Método de Rietveld. Observou-se que além da presença da hexaferrita de estrôncio, houve também a fase da hematita em menor quantidade. Entre os resultados, o melhor foi encontrado na temperatura de  $1100^\circ\text{C}$  com tempo de calcinação igual a 2 horas, mostrando uma fração em peso de 97,01% de  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  e de 2,99% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Os valores finais para  $R_p$ ,  $R_{wp}$  e  $\chi^2$  foram de 4,69%, 6,22% e 1,592, respectivamente. O modelo refinado descreve uma estrutura hexagonal com grupo espacial de P63/mmc com  $Z = 2$ ,  $a = b = 5,876\text{Å}$  e  $c = 23,017\text{Å}$ . Estes resultados preliminares demonstram que o método sol-gel protéico é viável para preparação da  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ .

## OTI - Lasers e Ressonadores

[03/11/05 - 11:30h - Sala 4]

**Optimização do acoplamento de luz via prisma a modos de galeria de sussurros de alto fator de qualidade usando uma sonda de campo próximo,** LEONARDO DE S. MENEZES, *Departamento de Física - UFPE*, ANDREA MAZZEI, OLIVER BENSON, *Nano Optik, Institut für Physik - Humboldt Universität zu Berlin*, STEPHAN GÖTZINGER, *Edward L. Ginzton Laboratory - Stanford University*, VAHID SANDOGHDAR, *Laboratory of Physical Chemistry, Swiss Federal Institute of Technology - ETH* • Neste trabalho, demonstramos um novo método para otimizar o acoplamento/desacoplamento de luz confinada no modo de galeria de sussurros fundamental (número modal radial  $n = 1$ , número modal de projeção do momento angular no eixo  $z =$  número modal de momento angular total,  $m = l$ ) de um ressoador micros esférico, quando usando o fenômeno da reflexão interna total frustrada numa das faces de um prisma de alto índice de refração para acoplar a radiação de um laser de diodo sintonizável aos modos ópticos da microesfera. A motivação principal é o fato de que o modo fundamental destes microssoadores apresenta o maior fator de qualidade possível e o menor volume modal dentre todos os automodos da cavidade. Estes são ingredientes fundamentais para a observação de fenômenos de eletrodinâmica quântica de cavidades. A técnica baseia-se no uso de uma sonda de campo próximo para mapear os modos do ressoador, ao mesmo tempo que obtém informação topográfica da microesfera. Demonstramos a eficiência e a praticidade desta técnica aplicando-a a uma microesfera de  $59\ \mu\text{m}$  de diâmetro.

### Referência:

A. Mazzei, S. Götzinger, L. de S. Menezes, V. Sandoghdar e O. Benson, *Opt. Commun.* **250**, 428 (2005).

[03/11/05 - 11:45h - Sala 4]

**Lasers de Diodo Caóticos: Excitabilidade e De-**

**terminismo.,** JHON FREDY MARTINEZ AVILA, HUGO L. D. DE S. CAVALCANTE, JOSÉ ROBERTO RIOS LEITE, *Universidade Federal de Pernambuco* • Estudamos experimentalmente as Flutuações de Baixa Frequência (LFF), presentes em um laser de diodo com realimentação ótica. Na região das LFF a potência do laser cai quase até zero e se recupera, com muitas flutuações rápidas, até um valor médio constante. Tais quedas se repetem a intervalos de tempo não regulares e dependem de alguns parâmetros de controle como a corrente do laser, o tempo de ida e volta do feixe na cavidade externa e a taxa de realimentação ótica.

No experimento foi usado um laser de diodo SDL-5401 operando no comprimento de onda de 850nm e corrente limiar de 17mA. Medidas foram feitas com cavidades externas entre 0.9 e 9m e variando a corrente de bombeio. Um sistema de aquisição de dados, usando a resolução de 1ns, permitiu a obtenção de séries com LFF, cuja frequência variou entre 0.1 e 100 MHz. Mostramos como resultado novo que após de uma queda da potência do laser a recuperação da LFF segue uma curva exponencial. A constante de tempo de tal recuperação foi medida em função da corrente de bombeio, apresentando um comportamento diferente quando comparado com o tempo médio entre as quedas. A queda de potência tem um comportamento aproximadamente exponencial, acontecendo numa escala de tempo muito rápida (1-3ns). Esta constante de tempo não foi medida porque a queda está no limite da resolução do sistema de aquisição.

Cálculos, usando o modelo mono-modo de Lang-Kobayashi, também mostram que as quedas e recuperações das LFF têm dependências exponenciais. As constantes de tempo das exponenciais das quedas e recuperações são associadas ao expoentes de Lyapunov das variedades instável e estável de pontos fixos num espaço de fase que representa variáveis dinâmicas médias do laser, na escala de nanosegundos. A pulsação ultra-rápida do laser se comporta como um ruído de excitação desta dinâmica lenta [1], cujo espaço de fase tem as características de um sistema excitável [2].

[1] J. F. Martinez Avila and H. L. D. de S. Cavalcante and J. R. Rios Leite, *Experimental Deterministic Coherence Resonance*, *Physical Review Letters* 93, 144101 (2004).

[2] A. M. Yacomotti and M. C. Enguia and J. Aliaga and O. E. Martinez and G. B. Mindlin, *Interspike Time Distribution in Noise Driven Excitable Systems*, *Physical Review Letters* 83, 292 (1999)

[03/11/05 - 12:00h - Sala 4]

**Influência da área de excitação na emissão bicromática de um meio espalhador com ganho,** C. TOLENTINO, M. C. DA SILVA, E. LIMA, M. A. F. DE SOUZA, P. C. DE OLIVEIRA, *UFPA* • Neste trabalho apresentamos estudos da influência da área de excitação de bombeio sobre a emissão bicromática de um meio espalhador com ganho (*Random Laser*). A emissão *Random Laser* se origina quando uma radiação de bombeio incide sobre um material amplificador contendo partículas espalhadoras. Em nossos experimentos, o meio amplificador é o corante *Rhodamine 640* diluído em metanol e o meio espalhador é constituído por nano-partículas de  $\text{TiO}_2$ . Uma

das características do *Random Laser* obtido a partir da *Rhodamine 640* é a emissão bicromática a concentrações relativamente altas. Essa emissão bicromática é produzida por duas espécies moleculares: Monômeros (M) e Dímeros (D), coexistindo na solução do corante. O primeiro pico da emissão (de curto comprimento de onda) deve-se à emissão dos monômeros, enquanto que o segundo (de maior comprimento de onda) é a emissão dos dímeros. A dinâmica do sistema pode ser modelada por um sistema de equações de taxa considerando que as populações dos dois agregados dependem da constante de equilíbrio de agregação e que a intensidade da emissão laser depende das taxas de transferência de energia radiativa e não-radiativa. Nossos resultados experimentais mostram que a área transversal do feixe de bombeio muda drasticamente a dinâmica de emissão dos picos, e nos leva a concluir que o processo de transferência de energia de monômeros para dímeros é essencialmente radiativo.

[03/11/05 - 12:15h - Sala 4]

**Scatterers density dependence of lasing threshold in amplifying random media,** E. LIMA, M. A. F. DE SOUZA, M. C. DA SILVA, C. TOLENTINO, P. C. DE OLIVEIRA, UFPB, F. A. PINHEIRO, UERJ • We present an experimental and theoretical investigation of the influence of the density of scatterers on the lasing threshold in a scattering random media with gain. In such systems, multiple light scattering provides the feedback mechanism necessary to laser action. We perform measurements of the lasing emission spectra as a function of the pumping energy in suspensions of nanosized  $TiO_2$  scatterers in Rhodamine 6G dye with concentrations ranging from  $2 \times 10^{10}$  particles/cm<sup>3</sup> to  $10^{12}$  particles/cm<sup>3</sup>. Beyond the lasing threshold, emission becomes remarkably narrow and pulse duration shortens. We perform a systematic study of the emission linewidth as a function of the scatterers density. From the emission spectra, we determine the lasing threshold which was shown to decrease with the density of scatterers. This fact reflects the increase of the amount of scattering inside the medium, leading to a higher lasing efficiency. We also present a theoretical analysis based on the statistics of decay rates of electromagnetic modes in open random media. According to this analysis, the lasing threshold is determined uniquely by the mode with smallest decay rate or, equivalently, with the longest lifetime. The lasing threshold  $I_T$  is theoretically shown to follow the power-law  $I_T \propto n^{-2/3}$  dependence on the volume density of scatterers  $n$ , in good agreement with the experimental results.

## SEM/MAT - Propriedades Eletrônicas e de Transporte

[03/11/05 - 11:30h - Sala 3]

**Propriedades de transmissão e confinamento de portadores em um fio quântico heteroestruturado GaN/InGaN/GaN,** EWERTON WAGNER SANTOS CAETANO, FRANCISCO FRANCINÉ MAIA JR., VALDER NOGUEIRA FREIRE, UFC - CE - Brasil • A literatura recente registra o crescimento de nanofios semicondutores com composição controlada. Yang *et al.* [1]

cresceram nanofios heteroestruturados de Si-SiGe com um perfil composicional variável ao longo do eixo do fio, obtendo uma espécie de super-rede com interfaces graduais de aproximadamente 50 nm. Também foi obtido com sucesso o crescimento de nanofios de InAs/InP, GaAs/GaP e GaAs/InAs. Considerando que os circuitos integrados dependem da capacidade de se construir heteroestruturas através de dopagem e fabricação de interfaces, a mesma capacidade para nanoestruturas unidimensionais deve ser igualmente relevante. Por exemplo, junções *p-n*, pontos quânticos acoplados, transistores bipolares heteroestruturados e super-redes poderiam ser fabricados em nanofios individuais, os quais poderiam ser usados como blocos de construção para circuitos eletrônicos nanométricos, dispositivos emissores de luz e para melhorar a eficiência de dispositivos termoelétricos. Considerando tais possibilidades, é interessante investigar nanofios heteroestruturados feitos a partir de nitretos, especialmente no que diz respeito a propriedades optoeletrônicas e de transporte. Reportamos aqui os resultados de cálculos de confinamento e transmissão de elétrons e buracos em um fio quântico heteroestruturado GaN/InGaN/GaN. A variação composicional do InN e do GaN obedece a um modelo do tipo poço quântico com interfaces graduais tipo função erro, com a fração molar de InN variando de 0 (barreira) a 20% (poço). O *band gap* da liga é obtido via interpolação linear dos parâmetros correspondentes para o GaN e o InN na fase zincoblenda (escolhida de modo a evitar considerações sobre efeitos de polarização). As massas efetivas são estimadas da mesma forma e uma massa efetiva isotrópica é obtida para cada portador. A função de onda ao longo do eixo do fio para cada portador é obtida numericamente a partir do método da matriz de transferência. As energias de confinamento são determinadas e é efetuado também o cálculo do coeficiente de transmissão da heteroestrutura para portadores que se propagam ao longo do fio. A presença de interfaces graduais provoca um desvio na energia de confinamento, o qual é bem pronunciado para larguras de 3 a 5 nm para o poço formado pela liga InGaN no fio, chegando a mais de 100 meV. [1] Y. Wu, R. Fan, and P. Yang, *Nano Lett.* **2**, 83 (2002).

[03/11/05 - 12:00h - Sala 3]

**Estudo das propriedades eletrônicas das ligas  $Si_{1-x}Ge_x$  através de cálculos ab-initio,** E. L. DE OLIVEIRA, F. F. MAIA JR., J. S. DE SOUSA, V. N. FREIRE, UFC • O silício é atualmente o principal material para desenvolvimento de dispositivos eletrônicos baseados na tecnologia CMOS. Contudo, devido ao agressivo processo de miniaturização esta tecnologia brevemente irá atingir os limites teóricos de funcionamento, cujos fundamentos têm se apoiado quase exclusivamente na diminuição das dimensões características dos dispositivos. Novas tendências apontam na direção de desenvolvimento de dispositivos mais rápidos evitando a miniaturização. Dentro deste contexto, a liga  $Si_{1-x}Ge_x$  mostrou ser possível aumentar a mobilidade de portadores de carga em mais de 50% quando combinadas com camadas de silício tradicional. Além destas aplicações, lasers infravermelho baseados em  $Si_{1-x}Ge_x$  já foram fabricados experimentalmente. Neste trabalho iremos abordar o as proprie-

dades eletrônicas das ligas  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  através de cálculos ab-initio. Nosso objetivo é determinar parâmetros como os gaps de energia proibida, as massas efetivas dos portadores e as características das estruturas de banda em função da fração molar de Ge ( $x$ ). O conhecimento destes parâmetros é fundamental para a simulação e desenvolvimento de novos dispositivos.

[03/11/05 - 12:15h - Sala 3]

**Confinamento dos Polaritons de Excitons na Estrutura Quasiperiódica GaN/Safira,** FÁBIO F. DE MEDEIROS, EUDENILSON L. DE ALBUQUERQUE, UFRN • Neste trabalho investigamos a propagação dos polaritons de excitons (modos de volume e de superfície) em uma super-rede quasiperiódica do tipo Fibonacci, truncada em  $z = 0$ , onde  $z$  é definido como o eixo de crescimento. A estrutura de Fibonacci pode ser obtida experimentalmente pela justaposição de dois blocos de construção **A** e **B**, seguindo a regra de recorrência da seqüência de Fibonacci. Aqui **A** é o meio espacialmente dispersivo modelado por um semicondutor da família dos nitretos (neste caso, o GaN), que se alterna com um meio **B** preenchido por um dielétrico (safira -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Nosso objetivo principal é a investigação das propriedades ópticas dos modos de polaritons de excitons para uma compreensão melhor da excitação em sistemas confinados. A relação de dispersão tem a “assinatura” característica na forma de “cálice”, cujo comportamento é semelhante àquele observado no cristal infinito. O espectro de energia de Cantor é também investigado, e as propriedades de escala são mostradas para a estrutura quasiperiódica de Fibonacci.

## Painéis

### AFC - Astrofísica, Cosmologia, Física Nuclear e de Partículas 01

[03/11/05 - P001]

**Localização de partículas em junções de defeitos,** RODRIGO CESAR FONSECA DA SILVA, FRANCISCO A. BRITO, UFCG •

Neste trabalho vamos considerar estruturas de defeitos que podem aparecer em configurações tipo junções. Como é bem conhecido da literatura, é possível localizar partículas em defeitos tipo paredes de domínios, cordas cósmicas, etc. Nosso interesse principal neste estudo visa a localização em intersecções desses objetos. O fato de junções terem dimensões menores que os defeitos envolvidos, nos dá uma idéia razoável de como fazer redução dimensional de estruturas tipo paredes de domínios que pode representar o nosso universo como é o caso de uma 3-brana. Como um exemplo simples, podemos pensar o nosso universo 3-dimensional como uma intersecção de universos com 4 dimensões espaciais. O nosso ponto de partida é o estudo da equação de Schroedinger obtida através das flutuações em torno de defeitos que se intersectam. Mostramos que a localização em uma dada junção se dá com a presença de várias funções delta.

[03/11/05 - P002]

**Sistema de coordenadas associado a observadores brevemente acelerados no espaço-tempo de Minkowski,** PATRICIO FELIX, F. DAHIA, UFCG • Analisando um observador que descreve um movimento acelerado no espaço-tempo plano, nos deparamos com problemas que impedem a construção de um sistema de coordenadas global associado a este observador. Deste modo, como é bem conhecido na literatura, devemos restringir estas coordenadas a determinadas regiões do espaço-tempo, criando assim, sistemas de coordenadas locais. Neste trabalho, pretendemos determinar explicitamente o domínio de validade das coordenadas locais associadas a um observador que executa um movimento brevemente acelerado. Com esta finalidade, estudaremos a linha de Universo descrita por um observador que estando inicialmente em repouso na origem de um referencial inercial sofre uma aceleração uniforme durante um certo intervalo de tempo e em seguida mantém-se em movimento uniforme com uma velocidade final não nula em relação àquele sistema de coordenadas inercial. Considerando o comportamento das linhas de simultaneidade associadas ao observador, antes e após a aceleração, verificamos a impossibilidade de atribuir sem ambigüidades coordenadas a eventos que se encontram afastados por uma distancia superior a  $1/g$  da origem do referencial inercial, onde  $g$  representa a aceleração própria do observador. Como veremos, a um mesmo evento que se encontra nesta região corresponderiam duas coordenadas temporais distintas. Entretanto, para regiões próximas da origem, não existe nenhuma incompatibilidade, o que permite a utilização deste sistema de coordenadas como um referencial local. Este resultado se mostra em acordo com as conhecidas estimativas encontradas na literatura.

[03/11/05 - P003]

**Um novo sistema de coordenadas para observadores acelerados,** PATRICIO FELIX, F. DAHIA, UFCG

• Como é conhecido na literatura, sistemas de coordenadas associados a observadores acelerados, em geral, não podem ser definidos globalmente, isto é, em todo espaço-tempo, mesmo no contexto da Relatividade Restrita. A validade de definição das coordenadas se restringe a um domínio local em torno da linha de Universo do observador acelerado. Além disso, ao contrário do que ocorre para uma família de observadores inerciais, os chamados observadores de Minkowski, não há uma maneira de construir um sistema de coordenadas que, por sua simplicidade, se mostre uma escolha natural, quando pretendemos associá-las a observadores acelerados. Um conhecido sistema de coordenadas locais de um observador acelerado é construído por meio da família de observadores de Rindler. Os observadores desta família estão distribuídos no espaço e se caracterizam por estarem submetidos a acelerações próprias uniformes. Entretanto, a aceleração de cada observador é diferente e varia com o inverso da distância em relação a um certo ponto de referencia. As linhas de Universo destes observadores são tomadas como sendo as linhas coordenadas temporais. Enquanto que as linhas coordenadas espaciais, que correspondem às linhas de simultaneidade do sistema, são definidas da seguinte

forma: considerando um observado padrão da família, em cada instante, ele estará em repouso com relação a algum referencial inercial, neste exato momento, admitimos que as linhas simultaneidade dos observadores acelerado e inercial coincidem. Em conseqüência dessa construção, as linhas de simultaneidade do sistema são retas que convergem para um determinado ponto. Neste trabalho estudamos uma outra maneira de definir coordenadas associadas a observadores acelerados. Nosso procedimento também se fundamenta na família de observadores de Rindler. No entanto, distingue-se do método anterior no que se refere à determinação das linhas de simultaneidade. Dado um evento do espaço-tempo, se o mesmo se encontra numa região acessível, então, por ele passa uma linha de universo de algum observador de Rindler. A exemplo dos observadores de Minkowski, a coordenada temporal que atribuiremos a este evento será igual ao tempo próprio medido por aquele observador. Aplicando este procedimento, mostraremos que a linha de simultaneidade, definida como o conjunto dos pontos do espaço-tempo rotulados com a mesma coordenada temporal, constitui uma curva. Discutiremos também a generalização desse resultado considerando duas dimensões espaciais. Em vez de linhas de simultaneidade, agora teremos superfícies de simultaneidades com curvatura. Estudaremos também a curvatura destas superfícies.

[03/11/05 - P004]

**Análise Multidimensional no Estudo das Reações Nucleares,** REGINALDO ISABEL DA SILVA, JOÃO BATISTA DA SILVA, ELÁDIO DE GÓES BRENNAND, UEPB • Na análise experimental dos processos nucleares, estudamos a cerca de um multidetector DEMON, tendo a função de identificar isolar e medir as propriedades das fontes emissoras das reações nucleares em baixas e médias energias, que proporciona a investigação da fissão nuclear, e a multiplicidade de nêutrons que são emitidos durante esse processo físico, para isso foi desenvolvido no seio da colaboração demon um método de análise multidimensional chamado de Backtracing, tendo o objetivo de aperfeiçoar o método de análise multidimensional com a finalidade de reconstituir as distribuições de multiplicidade das partículas emitidas ao longo do processo de desexcitação do núcleo quente e fazer modificações nas flutuações estatísticas dos sistemas compostos  $^{126}\text{Ba}$  e  $^{180}\text{Pt}$ , utilizar a linguagem Fortran e o método monte Carlo para tentar simular e comparar com os dados experimentais na tentativa de melhorar esse modelo teórico de detecção e dinâmica da pré e pós-cisão dos sistemas compostos.

[03/11/05 - P005]

**Geração de buracos negros em laboratório: Uma abordagem em matéria condensada.,** JOSÉ CARLOS JUSTINO DA SILVA, JOSÉ ARIMATEIA DOS SANTOS ARAÚJO, Universidade Estadual da Paraíba, ADRIANO ANANIAS FERREIRA, GEUSA DE ARAÚJO MARQUES, Universidade Federal de Campina Grande • Como um exemplo das previsões da relatividade geral, podemos mencionar os buracos negros, cuja existência foi prevista pela primeira vez por Oppenheimer e Snyder, em 1939. Segundo a teoria da relatividade geral, quando

a densidade de um objeto (uma estrela por exemplo) é muito grande, a atração gravitacional se torna tão intensa que nada, nem mesmo a luz ou outro tipo de radiação eletromagnética, consegue escapar de uma região em torno do objeto, definida por um raio crítico. Uma propriedade notável de um objeto desse tipo é que nada que acontece nas proximidades pode ser transmitido a um observador externo. Efeito semelhante ocorre em matéria condensada. Como o som se propagaria num meio que apresente uma estrutura tipo Schwarzschild com propriedades tais que o raio de Schwarzschild seja maior que o raio da distribuição de matéria que contém a átomo de hidrogênio? Será que teremos uma espécie de buraco negro sonoro (não apresentando colapso da luz no raio de Schwarzschild, e sim colapso do som) ? Vários fenômenos são gerados com este procedimento, como por exemplo, regiões no meio, em que o som não se propaga e outros.

[03/11/05 - P006]

**Propagação de Detritos Espaciais a Partir de Uma Fragmentação Inicial,** SILVANO B. DE OLIVEIRA, MARCELO L. O. SOUZA, UESB - BA - Brasil, INPE - SP - Brasil • O objetivo deste trabalho é mostrar a evolução dos fragmentos espaciais numa órbita circular a partir de uma fragmentação inicial, governada por uma dinâmica tipo kepleriana. Para isso, realizaremos uma extensão dos estudos desenvolvidos por Souza e Nunes [1] para o caso tridimensional ou espaço de fase em 6 dimensões. Usaremos um modelo simples composto de partículas/objetos com massa unitária geradas a partir de uma explosão de um corpo sólido, sujeito à ação da força central onde efeitos atmosféricos e forças externas serão desprezados. Em instantes distintos, obteremos distribuições de pontos gerados a partir de simulação numérica de modo que mostraremos como os momentos de primeira e segunda ordem da distribuição se propagam no tempo, caracterizando uma forma inadequada para prever qualquer distribuição de detritos espaciais em órbita a partir de uma condição inicial conhecida. Para descrever a evolução da distribuição dos detritos numa órbita, mostraremos e discutiremos as equações diferenciais parciais apresentadas por Contopoulos [2].

[03/11/05 - P007]

**Remarks on Lorentz Violation in Finite Temperature,** T. MARIZ, J. R. NASCIMENTO, E. PASSOS, R. F. RIBEIRO, UFPB - Pb - Brasil, F. A. BRITO, UFCG - Pb - Brasil • We investigate the radiatively induced Chern-Simons-like term in a four-dimensional field theory in finite temperature, as a consequence of a CPT and Lorentz invariance breaking in the fermionic sector. The whole theory is a modified electrodynamics theory that does not preserve Lorentz or CPT invariance. We find ambiguities in high temperature regime.

[03/11/05 - P008]

**Colisões elásticas e inelásticas entre partículas e paredes de domínios,** HERMES DE SOUSA JESUINO, FRANCISCO A. BRITO, UFCG • Neste trabalho vamos abordar no contexto de Teoria de Campos Escalares Acoplados, o efeito de colisões elásticas e inelásticas de partículas elementares com paredes de domínios que apresentam estruturas internas. Para isso, fazemos teo-

ria de perturbação em torno de soluções solitônicas obtidas em um sistema com dois campos escalares acoplados. Este sistema faz parte do setor bosônico de uma teoria supersimétrica. O potencial escalar é proveniente de um superpotencial escolhido adequadamente. O estudo das flutuações em torno das soluções obtidas geram uma equação tipo Schroedinger. O potencial de Schroedinger encontrado é tipo poço e admite um espectro peculiar de energia. Partículas com energias dentro do espectro contínuo são simplesmente refletidas ou transmitidas. Por outro lado, partículas com energias dentro do espectro discreto são absorvidas. Uma abordagem completa do problema pode nos levar a aplicações desde da Física da Matéria Condensada à Cosmologia.

[03/11/05 - P009]

**Cosmologia de branas com emissão e absorção de energia,** JALDAIR ARAÚJO E NÓBREGA, FRANCISCO A. BRITO, *UFMG* • Neste trabalho nos concentramos no estudo da cosmologia de branas. Utilizamos uma abordagem clássica que faz uso da lei da gravitação universal de Newton, bem como da energia total do sistema. Desta forma obtemos a equação de Friedmann e equação de fluido. Consideramos a possibilidade de o universo ser modelado por uma membrana p-dimensional, ou simplesmente p-brana. Para isso, generalizamos a equação de Friedmann e consequentemente a equação de fluido para p-dimensões. O universo descrito por essa p-brana tem uma evolução que pode ser afetada pela troca de fluido de energia e/ou matéria com o espaço exterior p+1-dimensional. O objetivo principal deste estudo é compreender por que o nosso universo aparenta ter apenas 3-dimensões espaciais. Vamos investigar mecanismos que permitam o colapso de p-dimensões extras de universos que possuem p+3-dimensões espaciais.

[03/11/05 - P010]

**High-energy neutrino flux from galactic binaries,** HUGO R. CHRISTIANSEN, *Departamento de Física, Universidade Estadual do Ceará - UECE Fortaleza - CE*, GUSTAVO E. ROMERO, MARIANA ORELLANA, *Instituto Argentino de Radioastronomia (IAR) V. Elisa La Plata, Argentina* • We analyze the possible origin of high-energy neutrinos coming from a galactic source. Our specific subject for the present work is the LSI microquasar since it is a well-studied object of unique characteristics. LSI is an appropriate candidate to make a reliable prediction of the neutrino flux from a galactic point source. We perform our calculations within a purely hadronic framework in order to show that neutrino observatories like IceCube can establish whether TeV-gamma rays emitted by microquasars are the decay products of neutral pions. Such pions are produced in hadronic-jet vs. wind particle interactions. We improve previous predictions by considering realistic values for the parameters of the system and, most important, energy dependent pion multiplicities particularly significant at high energies. Above 1 TeV, we obtain a mean-orbital  $\nu$ -luminosity of  $4 \cdot 10^{34}$  erg/s which can be related to an event rate of 3–5 muon-type neutrinos per kilometer-squared per year if we take into account neutrino oscillations. The upper limit of integration depends on the orbital position and is a function of the

largest magnetic gyro-radius compatible with the jet dimensions. As a consequence, the maximal neutrino energies here considered range between 8 and 25 TeV along the orbit. Opacity effects on the associated gamma radiation are due to the infrared photon field at the source and result in a significant attenuation of the original  $\gamma$ -ray signal. The gamma-ray luminosity from galactic binaries is further analyzed in another work of the present meeting.

[03/11/05 - P011]

**RELAÇÕES DISTÂNCIA-REDSHIFT EM MODELOS COSMOLÓGICOS COM DENSIDADE DO VÁCUO VARIÁVEL,** SAULO CARNEIRO, , CÁSSIO PIGOZZO, *UFBA - BA - Brasil* • Observações de supernovas tipo Ia e da radiação cósmica de fundo sugerem a existência de uma constante cosmológica, ou energia escura, o que reforça um antigo problema: a densidade de energia escura observada é 122 ordens de grandeza menor que o previsto para a densidade de energia do vácuo (VED) obtida por teorias quânticas de campo. Entre as possíveis soluções para esse problema encontramos a idéia de uma VED variável, que decai com a expansão do universo, com conseqüente produção de matéria. Tais modelos dependem da lei de variação da VED com o parâmetro de Hubble H. Consideramos uma lei de variação proposta recentemente por Schutzhold, obtida com base em teorias de campo em espaços-tempos curvos, no contexto de uma métrica de Friedmann espacialmente plana. Investigamos a concordância desse modelo com os parâmetros cosmológicos observados, ou seja, a idade do universo, as densidades relativas de matéria e da energia do vácuo e o parâmetro de desaceleração. Em particular, verificamos o ajuste dos modelos com as recentes observações da relação distância-redshift para supernovas Ia.

[03/11/05 - P012]

**EFEITOS DA ROTAÇÃO DE FONTES GRAVITACIONAIS SOBRE SISTEMAS ATÔMICOS,** JOSÉ CARLOS JUSTINO DA SILVA, JOSÉ ARIMATEIA DOS SANTOS ARAÚJO, *Universidade Estadual do Paraíba*, ADRIANO ANANIAS FERREIRA, GEUSA DE ARAÚJO MARQUES, *Universidade Federal de Campina Grande* • Acredita-se que o Universo primitivo tenha sofrido uma série de mudanças (também chamadas transições de fase) onde podem ter surgido defeitos topológicos como cordas cósmicas, que são de considerável importância na formação de estruturas tipo galáxias, aglomerados estelares, dentre outros. O estudo de sistemas quânticos sob a influência de campos gravitacionais tem sido uma área de pesquisa bastante ativa. É conhecido que os estados de energia de partículas interagindo com estes campos são afetados pela curvatura local do espaço-tempo. Detectar estas mudanças nos níveis de energia é de interesse tanto do ponto de vista teórico quanto observacional. No caso da corda cósmica, sua geometria produz fenômenos interessantes como o efeito Aharonov-Bohm gravitacional dentre outros. Neste trabalho, investigamos o comportamento de uma partícula não-relativística na ausência de potenciais no espaço-tempo de uma corda cósmica com rotação e verificamos a influência de tal topologia sobre o espectro de energia e

consequentemente sobre as propriedades físicas que descrevem esse sistema. Verificamos também qual o efeito da rotação sobre os níveis de energia, e mostraremos que a deformação do espaço-tempo se dá não só pela presença do campo gravitacional gerado pela corda, mas também pela rotação desta fonte gravitacional, é o conhecido efeito Lense-Thirring.

[03/11/05 - P013]

**Dinâmica de Galáxias: configurações de equilíbrio.,** GUILHERME GONÇALVES FERRARI, RAINER KARL MADEJSKY, *UEFS - BA - Brasil* • O propósito deste trabalho é estudar as configurações de equilíbrio de sistemas esféricos isolados em colapso gravitacional, estando interessado em verificar como varia no tempo as energias cinética, potencial gravitacional e total, além do raio médio dos sistemas. Fizemos isto através de simulações numéricas, utilizando o modelo N-Body com 1000 partículas, sendo o tempo de simulação correspondente a idade do universo, 15 bilhões de anos. Verificamos os efeitos sobre a energia total e sobre a condição de equilíbrio (Teorema do Virial), causados pela introdução do "smoothing parameter" no código N-Body: o valor do "smoothing parameter" que melhor conservou a energia total e permitiu a verificação do equilíbrio foi aproximadamente 0,5.

Simulamos o colapso de um aglomerado de estrelas (AE), de uma protogaláxia (PG) e de um aglomerado de galáxias (AG). Nossos resultados mostraram que, na seta do tempo, o "AE" é o primeiro sistema a se formar, evoluindo rapidamente à uma configuração final dinamicamente relaxada. A "PG" se caracterizou por ter um processo de relaxação dinâmica eficiente, revelando uma configuração final com poucos sinais de uma possível anisotropia na distribuição inicial. O "AG" foi o último objeto a entrar em colapso; sua configuração final mostrou que ele ainda está colapsando e, por isso, não teve tempo de se tornar dinamicamente relaxado.

[03/11/05 - P014]

**A New Treatment in Modern Cosmology,** DIONÍSIO BAZEIA, CLÉLIO BRASIL CARDOSO GOMES, LAERCIO LOZANO, ROBERTO MENEZES, *Universidade Federal da Paraíba* • We investigate in this work cosmological models of the Friedmann-Robertson-Walker type, driven by a single real scalar field. These models are standard models, and we construct an alternative way to find the equations for the potential of scalar field from the equation of motion and Friedmann's equations in the case of standard or tachyonic dynamics. We use the fact that if we know the scale factor and Hubble's Parameter, we can find the potential which controls the scalar field model. On the other hand, we know that Friedmann's equations and the equation of motion for the scalar field are second order equations. We then find a way to reduce these second order equations to first order. And we use this result to construct expressions for the potential in terms of these first order equations simplifying the problem in question. These results are also used to show in this work that if we know the potential, we can find Hubble's parameter and the scale factor, which drives the cosmic evolution. We show that the two ways are compatible for the exponential

and polynomial evolution, and we consider several other examples, which describes models of current interest in cosmology modern.

[03/11/05 - P015]

**Efeito de Propulsão não ideal na Constelação Formation Flying,** MATHEUS JOSUÉ DE SOUZA MATOS, ANTÔNIO DELSON CONCEIÇÃO DE JESUS, *Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)* • A constelação "Formation Flying" é uma disposição especial de satélites para atender a objetivos científicos e tecnológicos. Trata-se da formação de satélites que mantêm distância fixa entre pares do grupo. Esta estratégia permite coleta de dados sucessivos em tempo real e em pontos diferentes do espaço. O espectro de dados obtidos fornecem informações precisas (da ordem de cm), necessárias em medidas físicas do campo magnético terrestre, da massa de ejeção da coroa solar de diferentes pontos, ondas de gravitação sob as condições de zero arrasto atmosférico. Neste trabalho, estudamos o efeito dos desvios do vetor empuxo, causados pelo sistema propulsor de um satélite nas etapas desta formação. Encontramos uma relação de causa/efeito entre estes desvios e a condição de distância fixa entre pares dos objetos espaciais.

[03/11/05 - P016]

**Radiação Hawking: Qualidades e defeitos das tentativas de sua interpretação por meio de modelos simplificados.,** LUÍS CARLOS BASSALO CRISPINO, EDNILTON SANTOS DE OLIVEIRA, *UFPA-PA-Brasil* • Até o início dos anos 1970, acreditava-se que pelo menos as propriedades macroscópicas dos buracos negros não seriam influenciadas de maneira relevante por efeitos quânticos. Por exemplo, não havia por que acreditar que efeitos quânticos pudessem desafiar o resultado seminal, descoberto pelo físico britânico Stephen W. Hawking, em 1971, que estabelecia que a área do horizonte de eventos de um buraco negro nunca poderia decrescer por meio de nenhum processo físico. No entanto, incluindo ingredientes da teoria quântica de campos na vizinhança de buracos negros, o próprio Hawking obteve como conclusão que estes objetos podem irradiar partículas elementares em um espectro térmico, o que ficou conhecido na literatura como Radiação Hawking. Alguns modelos bastante simplificados para interpretar a evaporação de buracos negros foram propostos por G. Kessler, P. C. Peters, L. M. Celnikier e C. Massa, que tratam tal fenômeno com argumentos de natureza simples, como a relação de incerteza de Heisenberg, efeito túnel, radiação de corpo negro, princípio da equivalência, etc. Mesmo apresentando resultados para a massa crítica e tempo de vida de um buraco negro próximos aos obtidos por Hawking, esses modelos simplificados não são eficazes quando submetidos a uma análise mais aprofundada. Além disso, trabalhos recentes apresentados na literatura têm confirmado a idéia de que os estágios finais de evaporação de buracos negros só poderão ser completamente compreendidos após a formulação de uma Teoria Quântica para a Gravitação. Neste trabalho apresentamos uma revisão destes modelos simplificados para interpretar a evaporação de buracos negros, apontando suas qualidades e defeitos.

[03/11/05 - P017]

**Manobras de Rendezvous Contínuas com Empuxo Ideal e Massa Variáveis no Tempo,** TARCÍSIO NUNES TELES, ANTÔNIO DELSON CONCEIÇÃO DE JESUS, *Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)* • Efetuar manobras de "Rendezvous" com um satélite ou outro veículo espacial significa alterar a sua órbita de maneira a colocá-lo em uma posição específica de determinada órbita, onde ele encontrará o segundo veículo espacial. Para que ocorra o "Rendezvous" é necessário que o instante do encontro em um ponto do espaço seja o mesmo para ambos os veículos e que também as suas velocidades sejam as mesmas neste instante. Neste trabalho, estudamos uma manobra de "Rendezvous" numa constelação de satélites chamada "Formation Flying", na qual as distâncias entre pares destes objetos é mantida constante numa órbita elíptica. Um dos objetivos desta formação é medir o campo magnético terrestre. A manobra de "Rendezvous" é realizada com queima contínua a empuxo ideal e massa variáveis no tempo. Estabelecemos a dinâmica dos satélites "filhos" e "mãe" (satélite de controle), com a condição de tempo mínimo. O tempo mínimo encontrado depende das condições iniciais, mas não de uma energia alta. Além disso, um tempo médio foi encontrado para atender às duas condições de "Rendezvous" simultaneamente.

[03/11/05 - P018]

**Mecânica Quântica Não-comutativa e Dinâmica de Dipolos,** E. PASSOS, L. R. RIBEIRO, J. R. S. NASCIMENTO, CLAUDIO FURTADO, *UFPA - PB - Brasil* • Recentemente o estudo de teorias não-comutativas em teoria de campos e em mecânica quântica têm recebido bastante atenção. Vários problemas em mecânica quântica usual foram investigados sob ponto de vista da não-comutatividade para se obter limites experimentais onde estas teorias podem investigadas. Por outro lado, o estudo de fases geométricas em mecânica quântica é tema já bastante investigado tanto do ponto de vista teórico como experimental. Uma fase Geométricas bem conhecida é fase de Aharonov-Casher, que é fase adquirida por um dipolo magnético a circular em torno de densidade linear de cargas elétricas. Recentemente o efeito Aharonov-Casher foi investigado sob a luz da mecânica quântica não-comutativa. Neste trabalho estudamos a dinâmica quântica não-comutativa de dipolos elétricos e magnéticos na presença de campos eletromagnéticos externos. Fazemos um investigação deste sistema relativístico e mostramos que no caso da ausência de dipolos elétricos encontramos os resultados conhecidos na literatura para a fase de Aharonov-Casher não-comutativa. No limite de dipolo magnético nulo encontramos o resultado para fase de He-Mckellar-Wilkins não-comutativa, para configurações de campos elétricos externos bem específicas. Utilizamos as transformações de Foldy-Wouthuysen para obter o limite não-relativístico deste problema e fazemos um estudo deste sistema empregando mecânica quântica não-comutativa. Por fim fazemos uma análise das correções devido a não-comutatividade das coordenadas em utilizando interferometria.

[03/11/05 - P019]

**Dedução das Equações de Friedmann a Partir da Mecânica Newtoniana,** ALEX DE ALBUQUERQUE SILVA, MARCIO FABRÍCIO DA SILVA, RENAN O. ALVES, *Universidade Estadual da Paraíba* • A cosmologia moderna esta fundamentada na Teoria da Relatividade Geral (T.R.G) proposta por Einstein em 1917. A idéia de que a matéria curva o espaço revolucionou a cosmologia e mostrou que a Teoria da Gravitação de Newton possuía limitações e que deveria ser substituída por essa nova teoria que se mostrava mais abrangente. Muitos dos modelos cosmológicos que surgiram nesta época tomaram como base a Relatividade Geral, um desses modelos, proposto pelo russo Alexander Friedmann, descreve como o universo evolui levando em consideração a velocidade de recessão do mesmo e conseqüentemente à aceleração. Estas por sua vez estão relacionadas como a densidade de materia do universo a qual pode produzir um universo como uma expansão acelerada, constante ou desacelerada dependendo do valor da densidade ser menor, igual ou maior que um certo valor crítico. Contudo, como este modelo esta baseado na T.R.G a dedução da suas equações se mostram, de um certo modo, complicadas pois, se faz necessário possuir o dominio da Algebra Tensorial. Porém, podemos deduzir estas equações fazendo uso da mecânica Newtoniana e da lei da conservação da Energia. consideramos, também, o modelo de Friedmann que adota o termo cosmológico proposto por Einstein com o objetivo de contrabalançar a força gravitacional e assim manter o universo estático. Esta última equação também é obtida por meio da mecânica Newtoniana uma vez que tanto Newton como Einstein acreditavam em um universo infinito e estático.

[03/11/05 - P020]

**Auto Interação Eletrostática ou Gravitacional de uma Partícula Carregada ou Massiva na Presença de um Monopolo Global,** ALEX DE ALBUQUERQUE SILVA, ANA ALICE R. SOBREIRA, *Universidade Estadual da Paraíba* • Se as concepções sobre a Teoria da Grande Unificação das interações e o big bang estiverem corretas, o universo primitivo deve ter sofrido um série de transformações que levaram à uma formação de defeitos topológicos, tais como monopolos globais e cordas cósmicas. Geometricamente, um defeito topológico pode ser caracterizado por um espaço-tempo que apresenta um déficit de um ângulo sólido, o qual, embora apresente características locais análogas ao espaço-tempo plano, produz sensíveis modificações nas trajetórias clássicas (geodésicas) associada à partícula. Vamos considerar uma partícula teste (carregada e/ou massiva) quando se encontra no espaço-tempo de um monopolo global, mostraremos que neste caso esta partícula fica submetida à ação de auto-interação induzida dada por:

$$V = \frac{K}{r} \quad (1)$$

onde  $r$  é a distância da partícula para o monopolo sendo

$$K = \frac{q^2 S(\alpha)}{2} > 0 \quad (2)$$

para o efeito eletrostático e

$$K = \frac{GM^2 S(\alpha)}{2} < 0 \quad (3)$$

para o efeito gravitacional. Aqui  $q$  e  $M$  são a carga e massa da partícula respectivamente e  $G$  a constante gravitacional de Newton. O fator numérico  $S(\alpha)$  é um número negativo para  $\alpha < 0$  e positivo para  $\alpha > 0$ . Estes termos de interação são uma consequência da distorção do campo elétrico e/ou gravitacional da partícula causada por um déficit do ângulo sólido nesta geometria. Sabemos que, ao colocarmos uma carga na presença de um monopolo global esta produz uma auto-interação eletrostática esférica que depende da separação entre a carga e o monopolo. Nosso interesse é, portanto, descrever o movimento clássico de uma partícula puntiforme carregada na presença de um monopolo global e as particularidades envolvidas nas interações que governam este movimento.

[03/11/05 - P021]

**Confinamento em Teoria de Campos Escalares com potenciais taquiônicos,** WELLINGTON ROMERO SERAFIM FREIRE, FRANCISCO A. BRITO, *UFMG* •

Neste trabalho estudamos o confinamento de campos eletromagnéticos em uma teoria de campos escalares acoplados com o campo de gauge abeliano. A lagrangeana usada neste estudo é a mesma que descreve táquions, campos de gauge e outros modos localizados numa 3-brana. Nós focalizamos no efeito da condensação de táquions sobre o confinamento do campo eletromagnético. Os potenciais escalares podem ser puramente taquiônico ou taquiônico-multiescalar. Este é um cenário semelhante ao de cargas elétricas que estão mergulhadas em um meio dielétrico que afeta o seu campo elétrico. Contudo, o efeito confinante é oposto ao efeito de blindagem eletrostática que ocorre em materiais dielétricos usuais. Este efeito confinante comum na matéria hadrônica, aqui é modelado por cargas mergulhadas numa matéria taquiônica, usualmente considerada no contexto de teoria de supercordas.

[03/11/05 - P022]

**Quantização do Kink Super-simétrico,** DIONISIO BAZEIA FILHO, JOSÉ JAMILTON RODRIGUES DOS SANTOS, *Universidade Federal da Paraíba* •

Os sólitons são soluções clássicas, não singulares, estáveis e de energia finita que apresentam grande interesse em teoria quântica de campos (TQC) e em especial na TQC supersimétrica. Neste trabalho estudamos a quantização de sólitons, particularmente as soluções tipo-kink em  $(1, 1)$  dimensões com  $N = 1$ . No contexto da teoria clássica de campos (TCC), esses sólitons podem ser estudados com campos sem férmions e sem supersimetria (SUSI). A partir de correções quânticas no problema da carga central  $Z$  em uma álgebra de super-espço, o processo de saturação BPS permite determinar as flutuações quânticas na massa  $M$  do sóliton da ordem de  $\hbar$ , sendo a correção quântica na carga central  $Z$  uma consequência deste fato. Nosso objetivo é mostrar que o resultado clássico,  $(M = Z)$ , permanece válido quando as correções quânticas são implementadas.

[03/11/05 - P023]

**ANÁLISE GRÁFICO-NUMÉRICA DE DADOS ASTROFÍSICOS E SEUS DESDOBRAMENTOS SOBRE A COMPREENSÃO TEÓRICA DA NUCLEOSSÍNTESE ESTELAR,** RENATA LIBONATI DE AZEVEDO, ANTONIO CARLOS DA SILVA MIRANDA, *PIBIC-UNICAP, Departamento de Física, Universidade Católica de Pernambuco.* •

Existem muitas questões a serem resolvidas no que diz respeito à nucleossíntese estelar. Este projeto visou estudar estas questões através de uma análise gráfico-numérica com o programa ORIGIN 7.0 das abundâncias de elementos químicos resultantes do chamado processo “S”: cobalto - Co I (6595.9A); európio - Eu II (6645.1A); níquel - Ni I (6586.3A); scândio-Sc II (6604.6A); silício - Si I (6555.5 A); vanádio - V I (6605.9A); yttrio - Y II (6795.4A) em função de alguns parâmetros estelares, tais como : Temperatura , Metalicidade, Velocidade de Rotação e Período Orbital . Após um denso levantamento bibliográfico e seminários, foi iniciado o trabalho com o programa ORIGIN 7.0 com as 304 estrelas gigantes obtidas de catálogos disponibilizados na literatura específica com valores de seus parâmetros estelares: Abundância Química, Temperatura Superficial, Velocidade de Rotação, Metalicidade e Período Orbital. Os dados foram obtidos em missões observacionais realizadas nos observatórios Haute-Provence Observatory (Saint-Michel, França); ESO-European Southern Observatory (La Sila, Chile); McDonald Observatory (Texas, USA). Duas tabelas foram construídas, uma relacionando-se em colunas com os parâmetros a serem analisados para Estrelas Simples, e outra para Estrelas Binárias contendo Abundâncias e Períodos Orbitais. Estas tabelas serviram de base de dados para confecção dos Gráficos e seus respectivos Ajustes Lineares. Primeiramente, foi analisada a dependência das abundâncias Co I, Eu II, Ni I, Sc II, Si I, V I, Y II (Em seus respectivos comprimentos de onda) como função da Temperatura Superficial, da Metalicidade e da Velocidade de Rotação das 254 estrelas chamadas simples (estrelas únicas, sem companheira binária). Por fim, foi realizada a análise da correlação entre as mesmas Abundâncias e os Períodos Orbitais para as 50 Estrelas Binárias da mesma amostra. Foram obtidos, gráficos dos quais, foram feitas análises dos resultados e discussões. Os resultados obtidos sugerem uma tendência para a absorção de planetas pelas 304 estrelas estudadas, devido à presença de elementos do processo “S” e um leve indicativo de que existe uma região de inibição de produção destes elementos para o caso dos sistemas binários com períodos orbitais em torno de 250 dias.

[03/11/05 - P024]

**Potenciais tipo De Sitter em Teoria de Campos Escalares,** AGAMENON VIANA LIMA, FRANCISCO A. BRITO, *UFMG* • Neste trabalho estudamos flutuações de soluções solitônicas em teorias de dois campos escalares acoplados. Mostramos que existem soluções relacionadas a órbitas não-elípticas. Nessas soluções um dos campos se comporta como um campo externo que age sobre o outro de forma peculiar. Especialmente, o estudo de teoria



de perturbação em torno dessas soluções gera potenciais de Schroedinger, cuja forma é semelhante aos potenciais obtidos via flutuações em torno de uma 3-brana com constante cosmológica positiva. Essas branas são comumente denominadas branas de De Sitter. Nosso interesse é entender no contexto de Teoria de Campos os efeitos de localização de partículas na presença do “gap” usualmente presente nesses potenciais. Especialmente tentamos fazer um paralelo entre o cenário de branas de De Sitter com o cenário de paredes de domínios com estruturas internas. Como se sabe da literatura recente, ambos cenários são adequados para descrever universos acelerados.

[03/11/05 - P025]

**Alguns Aspectos da Teoria Quântica de Campos em (2+1) Dimensões,** VAN SÉRGIO ALVES, , LUIZ ALMIR C. DOS SANTOS JR., *Universidade Federal do Pará (UFPA)* • Os modelos de campos definidos em (2+1) dimensões espaço-temporais vêm obtendo uma atenção considerável nas últimas décadas. Parte desse interesse deve-se ao fato de que modelos de teoria de campos neste espaço-tempo tem se mostrado bastante relevantes na conexão com problemas no âmbito da Física da Matéria Condensada. Um aspecto interessante da física planar é a existência de campos vetoriais massivos sem a quebra de invariância de gauge. Uma outra característica relevante é que em (2+1)D o grupo de rotações  $SO(2)$  é abeliano, logo não há restrições, a priori, aos valores que o spin pode assumir. Este aspecto possibilitou o desenvolvimento de estudos sobre o spin fracionário (denominados de anyons) e das correspondentes estatísticas ditas exóticas. Tais conceitos tem sido útil no estudo da física da matéria condensada, particularmente na tentativa de se obter boas explicações teóricas para o efeito Hall quântico, que ocorrem em sistemas que exibem uma geometria planar e podem ser descritos por modelos de teoria quântica de campos. Paralelamente, a teoria de Chern-Simons (CS) tem sido aplicada com grande sucesso no entendimento da teoria da supercondutividade com alto valor da temperatura crítica. Neste trabalho apresentamos um breve resumo de alguns aspectos da teoria quântica de campos em (2+1)D, encontrada na literatura. Particularmente, analisaremos a origem da estatística fracionária, característica deste espaço-tempo, obteremos os propagadores e o tensor de polarização do vácuo para a teoria de Chern-Simons acoplada com férmions e bósons. Os efeitos térmicos sobre esta teoria serão também discutidos neste trabalho.

[03/11/05 - P026]

**Estudo de velocidade de partículas associadas com flares solares,** LEONARDO ANDRADE DE ALMEIDA, MARILDO GERADETE PEREIRA, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • Neste trabalho, apresentamos um estudo referente aos fenômenos associados com as manchas e as erupções solares (flares) que ocorrem na atmosfera do Sol. Resultados experimentais são obtidos com os instrumentos a bordo do satélite SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Com os dados do Monitor de Prótons do instrumento CELIAS é feita uma análise das partículas carregadas emitidas pelo Sol, os quais permitem a obtenção das velocidades de propagação das partículas aceleradas nos flares. A utilização de medi-

das cinemáticas das velocidades oriundas das imagens das erupções observadas pelo instrumento LASCO, permitem a comparação destas com as do Monitor de Prótons. Em seis eventos observados pelo LASCO, as velocidades mostram grande dispersão em contraste com o observado pelo Monitor de Prótons. Tal fato, indica que os flares ocorrem de forma isolada, não contribuindo de uma forma efetiva para a produção global das partículas detectada pelo Monitor de Prótons.

[03/11/05 - P027]

**Raios Cósmicos de Ultra-Alta Energia,** MILTON SEBASTIÃO AZEVEDO BARBOSA LEÃO, MARCELO AUGUSTO LEIGUI DE OLIVEIRA, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia* • O Observatório Pierre Auger é uma colaboração internacional envolvendo 15 países com a finalidade de prover medidas de cascatas de partículas iniciadas na atmosfera pelos Raios Cósmicos de Ultra-Alta Energia ( $E > 10^{18} eV$ ). Várias questões, como sua origem, natureza, processos de aceleração e de propagação, permanecem em aberto e constituem áreas de intensas pesquisas da Astrofísica. O observatório, quando completo, consistirá de dois sítios (um na Argentina e outro nos E.U.A.), cada um com um arranjo de 1600 tanques Cherenkov e 24 telescópios de fluorescência atmosférica, espalhados por uma área total de 3.000  $km^2$ . O sítio sul está sendo instrumentalizado, com previsão de ser concluído em meados de 2006, sendo que, atualmente, cerca de metade do aparato foi instalado e já encontra-se disponível uma grande quantidade de dados para serem analisados. Com um computador de alta velocidade de processamento e grande capacidade de armazenamento de dados, rodando sob plataforma linux e ligado à internet, o aluno instalou o sistema de reconstrução dos eventos offline do Auger e realizou trabalhos de análise dos dados de Setembro a Dezembro de 2004, trabalhando com os dados do detetor de superfície (tanques Cherenkov). O aluno vai apresentar os gráficos obtidos da distribuição de energia, do ângulo zenital e azimutal.

[03/11/05 - P028]

**Eletromagnetismo e a Contração de Lorentz,** DENIS BARROS BARBOSA, JEAN PAULO SPINELLY, *UEPB - PB - Brasil* • Quando Maxwell desenvolveu as equações do campo eletromagnético, estas equações eram, aparentemente, incompatíveis com o princípio da relatividade. De acordo com a teoria de Maxwell, ondas eletromagnéticas, no vácuo, se propagam com uma velocidade constante,  $c$ , aproximadamente igual a  $3 \times 10^8$  m/s, e isto aparentemente, não poderia ser verdade para dois referenciais inerciais que se movem, um em relação ao outro. No intuito de evitar esta incompatibilidade aparente, alguns experimentos e, até mesmo, teorias foram propostos. Por meio de uma análise dos conceitos físicos de tempo e espaço, a teoria da relatividade restrita demonstrou que não existe incompatibilidade entre o princípio da relatividade e a propagação de ondas eletromagnéticas. Vimos que a teoria da relatividade restrita provoca mudanças nas equações de transformações. O fato de considerarmos que a luz se propaga com a mesma velocidade em todas as direções no vácuo, pressuposto

desta teoria, fez com que as antigas equações de transformações da mecânica clássica, cedessem espaço para um novo conjunto de transformações, as então chamadas transformações de Lorentz. Estas mudanças nos levam a algumas conseqüências, como por exemplo, o caráter relativo de simultaneidade. Apresentamos e discutimos o movimento de uma carga elétrica positiva do ponto de vista de dois referenciais inerciais, estando esta carga em repouso em relação a um observador e em movimento em relação ao outro. Vimos que se considerarmos a lei de transformação de Galileu, os resultados vistos nos dois referenciais são incompatíveis. Para torná-los compatíveis foi necessário admitirmos que o observador que se encontra em movimento, em relação a carga, mede uma carga líquida no fio. Esta hipótese nos levou à chamada contração de Lorentz, que é um resultado imediato da teoria da relatividade de Einstein. Por outro lado, ao admitirmos que as leis de transformações de Lorentz são as leis de transformação adequadas, mostramos que não existe nenhuma incompatibilidade entre os resultados medidos nos dois referenciais inércias.

[03/11/05 - P029]

**Solução do buraco negro estático em um contexto da teoria gravitação escalar em (2+1)-dimensões.**, MÁRCIO FABLÍCIO DA SILVA, ANA ALICE R. SOBREIRA, *Universidade Estadual da Paraíba-UEPB* • A idéia de buracos negros como conhecemos hoje, surgiu em 1939, baseando-se nas equações da Teoria Relatividade Geral de Einstein. Estas equações mostram que se a matéria ficar suficientemente concentrada, sua atração gravitacional pode subjugar todos os outros efeitos físicos, enquanto cria regiões das quais matéria e luz não podem escapar, estas conclusões foram estabelecidas, em um contexto da gravitação em (3+1)-dimensões. Os efeitos gravitacionais na teoria de Einstein em (2+1)-dimensões não se propagam fora das fontes e partículas testes não experimentam nenhuma aceleração, o que nos leva a concluir que o espaço fora da fonte geradora do campo gravitacional é plano. Por outro lado, a teoria da gravitação de Newton nessa dimensão prevê a existência de um potencial logarítmico fora da fonte de matéria. Logo, uma partícula teste na presença de uma fonte, neste caso, experimenta aceleração. Deste modo iremos apresentar neste trabalho um estudo introdutório da teoria da gravitação em (2+1)-dimensões, apegando-se ao comportamento da solução do buraco negro estático em (2+1)-dimensões e estabelecendo a diferença entre a solução correspondente em (3+1)-dimensões, a qual apresenta um resultado que demonstra que a teoria escalar da gravitação em (2+1)-dimensões, com a constante cosmológica, admite uma solução correspondente a um buraco negro, que não é prevista pela gravitação de Einstein em três dimensões, exceto para o caso em que a constante cosmológica não se anula.

[03/11/05 - P030]

**Astronomia no Infravermelho de Estrelas Variáveis**, MARILDO PEREIRA, , CARLOS LOPES, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • As estrelas variáveis são objetos interessantes de serem estudados tendo em vista que geralmente se encontram

em uma fase instável da vida de uma estrela, associada com eventos pouco estudados. Tanto em seu estágio final quanto inicial de suas vidas, as estrelas acabam sendo envolvidas por grande quantidade de material estelar, seja dela própria ou de matéria interestelar. Para estudar estas regiões obscurecidas por este material, a região do infravermelho do espectro eletromagnético se mostra mais adequada para penetrar essa barreira de matéria. Com este objetivo, apresentamos resultados provenientes de um estudo fotométrico de estrelas variáveis utilizando dados fotométricos do projeto *2 Micron All Sky Survey*. Foram analisados dados de fotometria infravermelho nas bandas JHKs de sete tipos de estrelas variáveis; *Wolf Rayet*, *RS Canum Venaticorum*, *Sistemas Binários de Raios-X*, *Fontes Super Soft*, *Cefeidas*, *Quasares* e *Estrelas Simbióticas*, com magnitudes variando de 4 a 16 nas bandas J e H, e 2 a 15 na banda Ks, com incertezas máximas de 0,26 - 0,28 mag no limite de detecção dos detectores.

A sistemática adotada para análise consiste na construção de diagramas de brilho usando as diferenças de magnitudes nas bandas infravermelho JHKs. As materializações de diagramas Cor-Cor (J-H vs. H-K) permitiram um estudo das propriedades fotométricas infravermelho intrínsecas destas fontes, e assim obteve-se uma ferramenta para identificação de alvos para estudos mais detalhados a serem realizados posteriormente com telescópios de maior porte. De uma forma geral, a metodologia para a identificação e classificação de classes de estrelas variáveis se apresenta muito promissora, em particular, os casos das estrelas *RS CVn*, *Simbióticas* e *Wolf-Rayet*. Os detalhes de diferenças intrínsecas dentro de classes que apresentam aparente subdivisões (*Fontes Super Soft* e *SBRX*) trazem motivação para exames mais detalhados nas subclasses já existentes, além de indicar a necessidade de observações espectroscópicas para identificar a natureza intrínseca das fontes que contribuem para as cores observadas.

[03/11/05 - P031]

**Curvas e superfícies no espaço-tempo de Minkowski**, JANSEN BRASILEIRO FORMIGA, CARLOS ROMERO, *Universidade Federal da Paraíba* • Investigamos curvas e superfícies no espaço-tempo de Minkowski. Formulamos alguns conceitos fundamentais da teoria de curvas e superfícies levando em conta a peculiaridade de um espaço dotado de métrica indefinida (Lorentziana). Analisamos alguns casos particulares e discutimos aplicações do formalismo desenvolvido. Os conceitos geométricos são formulados de modo que a invariância de Lorentz seja preservada, uma vez que o espaço-tempo de Minkowski serve de cenário para a teoria da relatividade especial.

[03/11/05 - P032]

**Kinks and lumps in models with Lorentz and CPT violation**, MARLON NUNES BARRETO, DIONÍSIO BAZEIA, *Universidade Federal da Paraíba* • The possibility of Lorentz and CPT violation has been considered by many authors in the last years in several contexts. Through theoretical investigations some authors have assumed that Lorentz and CPT symmetries are approximations. The first model which contains spontaneous breakdown of Lorentz symmetry was studied in the context

of string theory. In this work we investigate consequences of Lorentz and CPT violation in models described by scalar fields, which support defect-like solutions. In particular, we are interested in kinks and lumps, which are topological and non-topological defects, respectively. These defects appear in (1,1) space-time dimensions, and are static solutions of  $\phi^4$ -like models. They, in general, connect distinct isolated minima of potentials which develop spontaneous breaking of some discrete symmetry. In four dimensional space-time, they generate two-dimensional structures called domain walls. These structures are for instance used in condensed matter physics to shape regions with different magnetization. In cosmology, they can be used as embryos to the formation of structures in the earlier universe.

We investigate models described by one and two real scalar fields, and a complex field. And we show how the defect structures which appear in these models are modified when one breaks Lorentz and CPT symmetries.

[03/11/05 - P033]

**Mecanismo de Quebra Espontânea de Simetria e Excitação Bosônica e Fermiônica num contexto Clássico.,**

**EDUARDO RAFAEL FIGUEIREDO MEDEIROS,** *Universidade Federal da Paraíba* • Conjectura-se que as leis da Natureza possuem simetrias escondidas ou “quebradas”. Restringindo-nos à teoria clássica de campos, mas com auxílio da “linguagem” quântica, partimos de uma teoria descrita pelo potencial  $U = \frac{\lambda}{4!}\phi^4 + \frac{\mu^2}{2}\phi^2$ , que possui simetria  $\phi \rightarrow -\phi$ . Desenvolvemos então os algebrismos para calcular a massa do méson escalar onde um auto-acoplamento cúbico deste méson surge como resultado de um shift no campo escalar.

Em seguida consideramos semetrias contínuas e um potencial para dois campos escalares  $U = \frac{\lambda}{4!}(A^2 + B^2 - a^2)^2$ . Através de simetrias isomórficas às rotações  $SO(2)$  e de um shift nos campos, mostramos que o campo A tem a mesma massa encontrada para o méson do campo com simetrias de reflexão (discretas), mas B não possui massa e é chamado bóson de Goldstone, que surge como consequência não da forma do potencial, mas unicamente da quebra espontânea da simetria contínua. Isso também é mostrado geometricamente. Consideramos também o caso geral utilizando o teorema de Goldstone, introduzindo teorias de gauge. Em seguida estudamos o fenômeno de Higgs no caso abeliano, mostrando que o méson de gauge e o bóson de Goldstone diferem por um fóton longitudinal.

No caso geral, usamos campos de Yang-Mills e vimos, novamente, que se pode escolher um gauge de forma que os graus de liberdade que se tornariam bósons de Goldstone desapareçam: um é a “cura” do outro. Fizemos também rápidas associações entre a teoria e partículas observadas. Para concluir, ilustramos o mecanismo com modelos clássicos de quebra de simetria.

## ATG - Física da Atmosfera e Geofísica

[03/11/05 - P034]

**Uso de dois métodos computacionais para calcular velocidades zonais de bolhas de plasma ionosféricas através da correlação cruzada entre imagens digitais do airglow na emissão do OI 630,0 nm: Uma análise comparativa,**

**KIOSTHENES MOREIRA PINHEIRO,** AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, IGO PAULINO, RICARDO ARLEN BURITI, *Aerolume - DF - UFCG - Brasil,* HISAO TAKAHASHI, *INPE - SP - Brasil* • Na ionosfera terrestre noturna,

em baixas latitudes, se desenvolve um fenômeno de irregularidades no plasma ionosférico denominado de bolhas de plasma que consiste numa diminuição considerável da densidade do plasma ionosférico na parte inferior da região F, fazendo com que este plasma menos denso comece a subir não-linearmente até centenas de quilômetros. Além do movimento ascendente, as bolhas se deslocam “horizontalmente” devido aos efeitos dinâmicos de forças eletromagnéticas e colisionais. Apresentamos uma comparação entre dois métodos computacionais usando correlação cruzada (CC) entre imagens da emissão OI 630,0 nm para determinar a velocidade zonal das bolhas. As imagens do airglow podem ser entendidas como sendo uma matriz  $512 \times 512$  onde cada elemento é chamado de pixel. No primeiro método nós precisamos escolher duas imagens que estejam próximas (temporalmente) e apresentem bolhas definidas, de posse dessas imagens utilizamos uma linguagem de programação para determinar o melhor coeficiente de CC entre as imagens através de uma comparação entre as linhas das imagens selecionadas, quando encontramos as duas linhas mais parecidas usamos as variações espaciais, representadas pelos pixels, e as variações temporais registradas nas imagens para determinar a velocidade zonal. No outro método selecionamos na primeira imagem uma caixa de tamanho arbitrário denominada de sub-imagem, a partir da seleção feita na primeira imagem é delimitada, na segunda imagem, uma área de busca maior que a primeira sub-imagem. Através de uma varredura dentro da área de busca e cálculos de CC entre as imagens, procuramos por uma segunda sub-imagem que mais se assemelha a primeira. A velocidade zonal calculada de forma análoga ao primeiro método. No primeiro método descrito, é possível plotar a variação da velocidade zonal da bolha ao longo das latitudes cobertas pela imagem e reproduzir a velocidade média, a desvantagem desse método é que o evento de bolhas de plasma precisa está bem definido nas imagens para que possa ser efetuado o cálculo. O segundo método fornece uma maior liberdade nas escolhas das imagens porque fazemos a seleção dentro da imagem da forma como convém, mas em contra partida, não podemos observar simultaneamente como a velocidade variou ao longo da bolha. O uso desses dois métodos nos auxilia a determinarmos um comportamento em médio e longo prazo da variação das velocidades das bolhas de plasma e a perceber a variação da bolha durante períodos de irregularidades ionosféricas.

**Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fi-**

nanciamento deste trabalho.

[03/11/05 - P035]

**Análise comparatória do perfil vertical da temperatura da atmosfera usando o modelo semiempírico MSISE-90 e uma sondagem meteorológica em Petrolina (9°23'S; 40°30'W),** IGO PAULINO DA SILVA, UFPA - PA - Brasil, ROMILSON FERREIRA DA SILVA, *Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco - Brasil*, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, UFPA - PA - Brasil, HISAO TAKAHASHI, INPE - SP - Brasil • Podemos usar comportamento vertical da temperatura da atmosfera para dividi-la em camadas (esferas) que apresentam características bem peculiares dependendo do gradiente de temperatura na camada. Nos primeiros 10 km a temperatura da atmosfera decresce a uma razão de aproximadamente 6,5 °C/km, esta camada recebe o nome de troposfera (região de mutação), ela é aquecida nas proximidades do solo pelos fluxos turbulentos, mais acima da superfície pela absorção de radiação de ondas longas emitidas pela Terra e pelo calor latente liberado na condensação, é na troposfera onde clima meteorológico acontece. Mais acima temos a estratosfera (região estratificada, ar quente em cima de ar frio), na qual a temperatura se eleva com a altura devido à absorção do ultravioleta pelo Ozônio. Entre 50 e 100 km a temperatura começa a diminuir semelhante à troposfera e esta camada chama-se mesosfera (esfera média). A partir de então encontramos a termosfera, onde a temperatura tem uma interpretação puramente molecular e cresce indefinidamente. Entre cada camada existe uma região de “pausa” que apresenta o gradiente de temperatura constante. Com dados do modelo MSISE-90 (<http://modelweb.gsfc.nasa.gov/models/msis.html>) é possível perceber este comportamento da temperatura na atmosfera. Comparamos os dados de temperatura da atmosfera coletada por uma sondagem meteorológica feita em Petrolina no dia 27 de Março de 1985 com dados do modelo MSISE-90 usando as mesmas coordenadas espaciais (longitude e latitude) e temporais (data e hora). A sondagem meteorológica consiste em fazer medidas com o auxílio de um balão meteorológico que transporta uma radiossonda (equipamento com sensores meteorológicos), esta sondagem fornece dados de umidade, pressão e temperatura do ar, velocidade e direção do vento. Por outro lado, este modelo semiempírico fornece a temperatura da atmosfera neutra e a densidade dos constituintes da atmosfera abaixo da termosfera. Esses dados encontrados no modelo são implementados através de médias do National Meteorological Center (NMC), reforçados por medidas de foguetes e por, informações de outros modelos semiempíricos. Em nossas comparações, percebemos uma grande eficiência do modelo na região da troposfera que para fins didático pode ser usado com segurança. Uma vantagem do modelo em relação à sondagem é que ele fornece informações até aproximadamente 300 km de altitude, enquanto que a sondagem nos dá informações para altitudes inferior a aproximadamente 23 km. Outro passo importante seria comparar os dados do modelo com dados obtidos em sondagem de foguetes. **Agradecemos ao**

**Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento deste trabalho.**

[03/11/05 - P036]

**Primeiras investigações de ondas de gravidade como prováveis excitadores de bolhas de plasma na região de São João do Cariri (7°23'27"S; 36°31'58"W),** IGO PAULINO, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, *Aerolume - DF - UFPA - Brasil*, HISAO TAKAHASHI, INPE - Brasil • As bolhas de plasma ionosféricas desenvolvem-se na parte inferior da região F da ionosfera noturna terrestre, elas ascendem não-linearmente e apresentam um movimento horizontal, em geral, no sentido oeste-leste que é controlado pelos ventos termosféricos. Basicamente são dois processos que governam a geração e a dinâmica das bolhas, a deriva eletromagnética  $\mathbf{ExB}$  e a instabilidade Rayleigh-Taylor (RT). Após o pôr-do-sol inicia-se um processo de recombinação tentando neutralizar as correntes elétricas na região E e F da ionosfera, com essa recombinação e com os efeitos eletrodinâmicos o gradiente de ionização começa a aumentar. Quando a camada está alta ou o gradiente de ionização elevado para supera os efeitos de recombinação origina flutuações na densidade devido a instabilidade RT. A partir dessa situação, uma divergência na base dessa camada distribui as cargas perturbadas e faz surgir um campo elétrico de polarização E que, por sua vez, provoca uma deriva eletromagnética  $\mathbf{ExB}$  e desloca uma porção do plasma desestabilizando o sistema e dando origens as bolhas de plasma. Estes processos de dinâmica e geração já são aceitos pela comunidade científica, mas o processo excitador que provoca a divergência na base da camada para dar origem as bolhas ainda não está estabelecido. Estamos fazendo uma investigação de prováveis excitadores de bolhas de plasma com dados de um imageador “all sky” instalado em São João do Cariri. Nosso trabalho consiste em procurar ondas de gravidades (ondas que surgem na atmosfera devido ao balaço entre o gradiente de pressão e a força de empuxo) na emissão do airglow do OH em tempos anteriores (entre 45 e 60 min antes) ao observarmos as bolhas de plasma nas imagens do OI 630,0 nm, pois, como sabemos, estas ondas transportam energia e momento e depositá-os na atmosfera ao quebrar e isto seria suficiente para excitar a formação das bolhas de plasma. Estamos fazendo esse trabalho em parceria com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e até, então, observamos 49 eventos com essas características. Esperamos que ao final dessa campanha, após avaliar outros tipos de dados observados, possamos ter estabelecido, com mais confiabilidade, essa relação. **Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento deste trabalho.**

[03/11/05 - P037]

**Primeiras observações dos ventos da alta atmosfera na região do cariri paraibano,** ANA ROBERTA PAULINO, LOURIVALDO MOTA LIMA, *DF/UEPB - PB - Brasil*, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, *DF/UFPA - PB - Brasil*, PAULO P. BATISTA, BARCLAY R. CLEMESHA,

HISAO TAKAHASHI, *INPE - SP - Brasil* • Ao ingresarem na atmosfera terrestre, os meteoróides vaporizam devido a sua interação com a atmosfera neutra, formando trilhas de elétrons livres concentrados numa coluna cilíndrica. Estas trilhas têm sido utilizadas como traçadores no estudo da dinâmica da atmosfera terrestre no intervalo de 80 a 100 km de altura, as quais podem ser detectadas como ecos meteoricos através de radares. O fato das partículas ionizadas na trilha meteórica serem transportadas pelo movimento do vento atmosférico neutro, dá origem a um descolamento Doppler da frequência no eco recebido, possibilitando a estimativa das componentes do vento. Com o objetivo de contribuir para o melhor entendimento da dinâmica da região da alta mesosfera e baixa termosfera equatorial, observações dos ventos obtidas a partir de medidas realizadas com radar meteorico, entre junho de 2004 e maio de 2005, em São João do Cariri-PB (7,5° S, 35° O), são utilizadas neste trabalho. Para tanto, as informações fornecidas pelo radar foram utilizadas na estimativa das componentes dos ventos na direção leste-oeste (zonal) e norte-sul (meridional), para intervalos sucessivos de tempo para 7 camadas atmosféricas com 4 km de espessura, tendo sido assumido um vento uniforme e constante em cada altura e intervalo de tempo. Os ventos horizontais obtidos foram analisados graficamente e mostraram variabilidade com a altura e com o tempo para ambas as componentes. O escoamento médio mensal na direção zonal esteve apontando para oeste na maior parte do tempo, atingindo altas velocidades durante a primeira parte dos equinócios, em torno de 35 m/s na camada centrada em 81 km de altura. Durante parte dos solstícios de verão e de inverno o escoamento zonal mensal esteve apontando para leste. Este comportamento sugere a presença de uma oscilação semianual na componente zonal do vento nesta região. Já o escoamento médio mensal na direção meridional ao longo do ano de observação, é caracterizado por uma oscilação anual, onde se verifica que, na maior parte do tempo, o vento esteve apontando para sul, mudando para norte apenas no intervalo entre novembro de 2004 e início de janeiro de 2005. Em geral, os ventos médios mensais na direção zonal foram mais intensos do que os da direção meridional. As características gerais apresentadas pelas componentes dos ventos obtidas a partir do primeiro ano de observação em São João do Cariri, mostraram estarem em acordo com observações obtidas em outras localidades da região equatorial e divulgadas na literatura

[03/11/05 - P038]

**Observações das oscilações diurna e semidiurna nos ventos meteoricos sobre São João do Cariri-PB (7,5° S, 35° O),** ANA ROBERTA PAULINO, LOURIVALDO MOTA LIMA, *DF/UEPB - PB - Brasil*, RICARDO ARLEN BURITI, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, *DF/UFCEG - PB - Brasil*, PAULO P. BATISTA, BARCLAY R. CLEMESHA, HISAO TAKAHASHI, *INPE - SP - Brasil* • A dinâmica da região próxima a mesopausa (entre 80 e 100 km), é estudada em termos da propagação de ondas atmosféricas, uma vez que esta região é caracterizada por comportar uma variedade de oscilações periódicas de diferentes escalas de espaço e tempo. Neste

trabalho, as características das variações com frequência de 1 oscilação/dia (diurna) e de 2 oscilações/dia (semi-diurna) dos ventos horizontais da região da alta mesosfera equatorial são investigadas. As medidas dos ventos foram obtidas para sete camadas atmosféricas, com 4 km de espessura, através de radar meteorico em São João do Cariri-PB (7,5° S, 35° O). Foram considerados os ventos registrados entre junho de 2004 e junho de 2005. Na determinação das amplitudes e fases das variações com periodicidades de um dia e meio dia, a técnica de análise harmônica foi usada. Os ventos das sete camadas atmosféricas mostraram presença de variações diurna e semidiurna. As amplitudes diurnas em geral foram elevadas e exibiram variabilidade no tempo e em altura para ambas as componentes. As oscilações diurnas nos ventos na direção meridional superaram as da direção zonal em quase todo o período de observação considerado, para alturas abaixo de 96 km. Acima de 93 km os valores das amplitudes foram da mesma magnitude, com algumas ocasiões em que as amplitudes da componente zonal excederam as da meridional. As amplitudes máximas na direção meridional foram registradas entre setembro e início de novembro. As estruturas verticais de fase diurnas mostraram que, para a componente meridional, os máximos ocorreram antes nas alturas superiores, indicando fase descendente. Para as amplitudes semidiurnas, as componentes zonal e meridional mostraram crescimento com a altura, alcançando máximos valores nas camadas centradas em 96 e 99 km. A evolução temporal das amplitudes da variação semidiurna também mostra que as intensidades na direção meridional foram maiores do que as da direção zonal. A partir da estrutura vertical das fases das oscilações semidiurnas, verificou-se fase descendente para a componente zonal durante o intervalo entre agosto e novembro de 2004, enquanto para a componente meridional tal estrutura foi verificada para o intervalo compreendido entre setembro e dezembro de 2004. O estudo preliminar dos ventos meteoricos sobre São João do Cariri, mostrou que: tanto para as oscilações diurnas como para as semidiurnas, as amplitudes na direção meridional superaram as amplitudes na direção zonal, com raras exceções. A estrutura vertical de fase meridional da oscilação indicou propagação ascendente de energia.

[03/11/05 - P039]

**Varição sazonal do airglow do sódio mesosférico medida em 7,38°S e sua relação com a atividade solar,** FÁBIO DO EGITO GOMES, RICARDO ARLEN BURITI, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, *Aerolume, Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande*, HISAO TAKAHASHI, *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* • O átomo de sódio surge na mesosfera devido à pulverização de meteoróides que penetram na atmosfera terrestre entre 80 km e 120 km de altura. A emissão do airglow do sódio mesosférico ocorre quando a emissão do sódio decai do estado excitado  $^2P$  para o estado  $^2S$ , emitindo na linha D centrada em  $\lambda=589.3\text{nm}$ . A taxa de emissão é proporcional as concentrações de sódio e ozônio, cujo pico de emissão está centrado em torno de 89km de altura. Medidas da intensidade noturna da emissão tem sido realizadas por um fotômetro multica-

nal instalado em S. J. o Cariri (7,38°S; 36,5°O) desde de 1998. O equipamento opera por cerca de treze dias durante o mês, em torno da Lua Nova, medindo a intensidade absoluta da emissão. Neste trabalho foi analisado um conjunto de dados correspondente ao período de 1998 a 2003 com o objetivo de estudar o comportamento sazonal da emissão e sua dependência com a atividade solar, uma vez que a concentração de ozônio é influenciada pela atividade. Com esse intuito utilizamos o número de manchas solares como indicador do nível de atividade solar. A variação sazonal do airglow do sódio mostrou uma forte variação sazonal com máximos nos equinócios e mínimo nos solstícios, mostrando estar de acordo com outros estudos realizados em regiões equatoriais. A dependência da emissão com a atividade solar mostrou uma concordância durante a ascensão e o declínio do último ciclo solar, mas durante o pico de atividade foram observadas discrepâncias.

[03/11/05 - P040]

**A relação das emissões do airglow do NaD e OH (6,2) medidas em 7,38°S, FÁBIO DO EGITO GOMES, RICARDO ARLEN BURITI, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, Aerolome, Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande, HISAO TAKAHASHI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** • O airglow é uma luz natural emitida na alta atmosfera por átomos e moléculas que estão acima dos seus níveis fundamentais de energia. As emissões do airglow do sódio mesosférico (NaD) e hidroxila (OH (6,2)) têm sido medidas por um fotômetro multicanal, com filtro de interferência inclinável, instalado em São João do Cariri (7,38°S; 36,54°O). São realizadas observações noturnas durante cerca de treze dias mensais em torno da Lua Nova. As variações nas emissões são provocadas principalmente por marés atmosféricas e ondas de gravidade internas. Neste trabalho foi analisada a influência das marés atmosféricas nas duas emissões, objetivando fazer uma comparação entre as emissões do NaD e OH (6,2). Para tanto, analisamos as médias noturnas mensais das duas emissões durante o ano de 1998. Os aspectos da variação sazonal das duas emissões, medidas no mesmo site, já foram comparadas em trabalhos anteriores e mostraram uma excelente concordância. Aplicando a análise harmônica obtivemos as componentes diurnas e semidiurnas das duas emissões. Os resultados mostram que as duas emissões têm uma acentuada oscilação diurna. A variação das duas emissões ao longo da noite mostrou ser bastante semelhante. Atribuímos essa semelhança ao fato de o pico de emissão do OH (6,2) está em torno de 87 km de altura e o do NaD está em 89 km de altura, portanto, próximos, e ainda devido à presença do ozônio nas reações fotoquímicas que dão origem às duas emissões.

[03/11/05 - P041]

**Observação do comportamento de bolhas de plasma ionosféricas durante a alta atividade solar em 7,38°S, FÁBIO DO EGITO GOMES, IGO PAULINO, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, Aerolome, Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande, HISAO TAKAHASHI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** • Na ionosfera ter-

restre, em determinada época do ano, desenvolve-se um fenômeno de larga escala horizontal ocasionado pela diminuição da densidade do plasma na base da camada denominada de bolhas de plasma, estas bolhas surgem devido a efeitos eletrodinâmicos e de colisões com o vento neutro e sobem não-linearmente até centenas de quilômetros. A variação sazonal do surgimento das bolhas é determinada pelo alinhamento entre o meridiano magnético e o terminador solar (interface entre a região clara iluminada pelo sol e região escura) e acontece entre os meses de Setembro até Março. Um surgimento esporádico de bolhas entre Abril e Agosto, em geral, deve-se a condições de irregularidades na ionosfera que podem ser ocasionados por tempestades magnéticas e perturbações na magnetosfera terrestre. Variações do clima espacial afetam consideravelmente a magnetosfera e, em consequência disso, o campo magnético terrestre sofre modificações que resultará em prováveis alterações na dinâmica do plasma ionosférico. A cada onze anos o Sol se encontra num período de atividade mais alta, lançando dessa forma, uma maior quantidade de energia para o espaço. Uma das maneiras de quantificar essa atividade é através da contagem das chamadas manchas solares, que são regiões mais escuras vistas na superfície solar que, na verdade, são concentrações de fluxo magnético e ocorrem tipicamente em grupos ou aglomerados bipolares. Elas se apresentam mais escuras porque sua temperatura é cerca de 1500°C menor que a temperatura de suas vizinhanças, sendo causadas por perturbações no campo magnético do Sol. As manchas solares ocorrem onde o campo magnético do Sol descreve um laço para cima e para fora da superfície do Sol. O número de manchas solares segue um ciclo de 11 anos. O ciclo atual teve o seu máximo em meados de 2000. Neste trabalho apresentamos dados de observações de bolhas de plasma durante a alta atividade solar obtidos por um imageador "all sky" instalado em São João do Cariri (7,38°S; 36,54°W) na emissão do airglow em OI 630,0 nm no período de Setembro de 2000 à Agosto de 2002. Nossas observações apontaram um acréscimo da presença de bolhas no período do pico da atividade solar como era de se esperar, mas, em contra partida, ainda não é possível estabelecer uma relação mais precisa com esses dois eventos devido ao pouco tempo de dados de observações, é preciso pelo menos 11 anos de dados para definitivamente estabelecermos ou não esta relação. **Apoio financeiro: CNPq**

[03/11/05 - P042]

**ESTUDO DE CASO AVALIANDO DADOS ATMOSFÉRICOS MEDIDOS NA CIDADE DE SOBRAL, CEARÁ, NOS ANOS: 2002, 2003, 2004 E 2005, COM O INTUITO DE PROCURAR UM PROGNÓSTICO PARA AS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO SETENTRIONAL DO ESTADO, ANTÔNIO JOSÉ DA COSTA SAMPAIO, DIEGO ARAÚJO FROTA, FRANCISCO KELGILSON FERREIRA GOMES, ROBERTO LIMA DA COSTA CISNE JÚNIOR, UVA - CE - Brasil** • Nos últimos quatro anos, dados meteorológicos foram e continuam sendo colhidos na cidade de Sobral na região setentrional do estado do Ceará, utilizando-se de uma estação meteorológica digital de

última geração. Estes dados estão disponibilizados pela Internet para as comunidades acadêmica e científica, e, obviamente, para toda a comunidade. O nosso trabalho resume-se em analisar os dados de temperatura, pressão e precipitação para os ditos quatro anos. Buscamos encontrar alguma relação entre as variáveis pressão e temperatura, que possam nos auxiliar para a obtenção de um prognóstico para as precipitações na região. Análises de correlação são empregadas para avaliar as relações entre as variáveis. Análises de correlações temporais são feitas para, a partir das observações das tendências do passado prognosticar o futuro; nesse contexto, analisamos quatro meses setembro, outubro, novembro e dezembro e avaliamos as tendências na precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio. De imediato observou-se, para os anos anteriores 2002, 2003 e 2004, uma forte tendência de influência entre relações de temperatura e pressão sobre a estação chuvosa nos anos de 2003, 2004 e 2005. Seria isto uma tendência usual? De certa forma, foi possível associar temperaturas elevadas e pressões elevadas nos meses de setembro a dezembro de 2002, a ocorrência de uma estação chuvosa em 2003, concentrada somente nos meses de janeiro e fevereiro, com pouca precipitação nos meses subsequentes, caracterizando este ano como um ano seco para esta região. Por outro lado, verificou-se que temperaturas médias altas nos meses de setembro a dezembro de 2003 e pressões baixas no mesmo período de 2003 podem ter produzido uma distribuição da precipitação em 2004, nos meses de janeiro, fevereiro e março, com muita precipitação no mês de janeiro. Como as temperaturas médias dos dois anos 2002 e 2003 estavam muito próximas, teria sido a pressão o fator dominante no processo? Também, verificou-se que temperaturas médias baixas nos meses de setembro a dezembro de 2004 e pressões baixas no mesmo período de 2004 podem ter produzido uma distribuição da precipitação em 2005, nos meses de fevereiro e março. Justificamos a escolha do tempo de observação por ser o período de maior aquecimento das águas do oceano atlântico.

[03/11/05 - P043]

**PERFILAGEM ELÉTRICA ATRAVÉS DE CAMADAS HETEROGÊNEAS,**  
**MATEUS GÓES CASTRO MEIRA, UFBA - BA - Brasil,**  
**HÉDISON KIUTY SATO, UFBA - BA - Brasil** • A questão da distribuição do potencial devido a uma fonte de corrente elétrica pontual em meios apresentando variações contínuas da condutividade elétrica é bastante antigo, remontando à década de 40. Há, no meio científico, uma demanda por trabalhos que analisem tal problema, como pode ser verificado pelos trabalhos de Banerjee, Sengupta e Pal (1980), no âmbito de modelos multicamadas, e Raghuwanshi e Singh (1986) que trata do modelo cujas camadas apresentam, alternativamente, variação exponencial e de potência. Não há, porém, qualquer trabalho que implemente computacionalmente o cálculo de modelos multicamadas com condutividade elétrica variando potencialmente, situação constantemente encontrada na natureza, conforme o modelo abaixo.

$$\sigma(z) = \sigma_0 \left(1 + \frac{z - z_{i-1}}{p}\right)^m \quad (1)$$

onde,  $\sigma$  é a condutividade,  $\sigma_0$  é a condutividade no topo da camada,  $z_{i-1}$  é a profundidade da camada acima da qual se encontra o observador  $z_i$ .

Nesta pesquisa criou-se uma implementação computacional deste problema para utilizá-lo no cálculo de potenciais elétricos e assim, resolver o problema geofísico direto (dados sintéticos como resposta a parâmetros geofísicos).

O principal desafio foi trabalhar com funções de Bessel que, podem ser aproximadas por exponenciais, o que por si só evidencia a sua capacidade de divergência, além disso, a utilização de funções iterativas dificulta ao programador descobrir a origem de erros que porventura ocorreram durante a execução do programa.

O principal resultado desta pesquisa foi um programa computacional capaz de avaliar o potencial elétrico de camadas heterogêneas que revela capacidade para ser utilizado em processo de inversão de perfis elétricos (geração de parâmetros geofísicos a partir de dados reais).

Sua aplicação na indústria do petróleo reside nos seguintes fatos: Uma camada heterogênea pode substituir várias camadas homogêneas em um processo de modelagem, diminuindo assim o número de parâmetros procurados no processo de inversão. Além disso, o contato óleo-água, pode ser descrito como uma camada heterogênea, e como existem relações empíricas envolvendo o gradiente de resistividade  $\Delta R$  nesta área e a permeabilidade ( $k$ ) da rocha reservatório como, por exemplo, a apresentada no trabalho de Tixier(1949).

$$k = f \left( \frac{\Delta R}{\Delta h} \cdot \frac{1}{R_0} \right) \quad (2)$$

Acreditamos que tal modelagem possa realçar o início e final dessa zona, facilitando o cálculo do gradiente de resistividade e tornando mais preciso a avaliação da permeabilidade da rocha.

A permeabilidade da rocha reservatório é um atributo petrofísico muito importante na avaliação econômica de uma exploração de petróleo, portanto a sua acuidade, que é buscada neste trabalho, revela-se essencial.

[03/11/05 - P044]

**Determinação da direção preferencial de propagação de ondas de gravidade de curto período (bandas e ripples) por meio de imagens de aeroluminescência.,**  
**ELIALDO ANDRIOLA MACHADO, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB,**  
**AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI DA COSTA, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG** • O presente trabalho tem como finalidade determinar a direção de propagação de ondas de gravidade de curto período observadas em São João do Cariri (7 graus de latitude sul e 36 graus de longitude oeste), entre setembro de 2000 a agosto de 2001. O grupo chamado de bandas, usualmente aparece como uma série extensiva de ondas quasi-monocromáticas que exibem comprimentos de onda horizontal de dezenas a centenas de quilômetros,

e persistem por períodos de até 8 horas. O segundo grupo de ondas, por vezes denominado de ripples, estendem-se sobre áreas geográficas muito menores (tipicamente menor do que 5000 km<sup>2</sup>) e, comumente, apresentam períodos menores do que 45 min (transientes). As imagens foram obtidas por um imageador de céu completo instalado no Observatório de Luminescência Atmosférica da Paraíba (OLAP), no cariri paraibano. Dos 327 eventos de ondas que foram observados, 45,9 por cento foram bandas e 54,1 por cento corresponderam aos ripples. Outros parâmetros físicos da onda, tais como velocidade horizontal de fase, período observado e comprimento de onda horizontal foram determinados através da Análise de Fourier (power espectro) de uma seqüência de imagens de aeroluminescência das bandas de Meinel entre 715 e 930 nm (bandas (8,3), (4,0), (9,4), (5,1), (6,2), (7,3) e parte da (8,4) do OH). Observou-se uma variação sazonal na direção de propagação das bandas e dos ripples enquanto os outros parâmetros observados não apresentaram uma variação sazonal bem definida. O comprimento de onda horizontal mostrou uma variação de 0 a 35 km - com forte tendência para comprimentos de onda entre 10 e 15 km - para os ripples. Para as bandas o comprimento de onda variou de 10 a 55 km, e apresentou um valor médio de 25 km. Foram utilizados programas computacionais em IDL para obter a linearização das imagens e na determinação dos parâmetros das ondas.

[03/11/05 - P045]

**MONITORAMENTO DAS FONTES NATURAIS DE ÁGUAS DA REGIÃO DO CARIRI - CE,**  
FRANCISCA ANTONIA DIAS RODRIGUES,  
ANA LÚCIA DE SOUSA LEITE, FRANCISCO  
AUGUSTO SILVA NOBRE, UNIVERSIDADE  
REGIONAL DO CARIRI - URCA •

Pesquisas já levam a diagnosticar que as fontes naturais da Chapada do Araripe - CE vem diminuindo sua vazão, o que pode comprometer o crescimento econômico da região. Em nosso estudo particular, analisamos o comportamento da vazão das fontes Bom Jesus do Caldas e João Coelho (Barbalha - CE), como também a pluviosidade da região próxima as fontes. Constatamos, pelo menos nas duas fontes estudadas, uma forte diminuição na vazão, o que não garante que as vazões de todas as fontes da Chapada do Araripe estejam diminuindo, porém os resultados encontrados servem de alerta, visto a importâncias destas fontes monitoradas. Também não encontramos uma relação direta entre pluviosidade e vazão, pelo menos a curto prazo.

[03/11/05 - P046]

**Flutuação anual das concentrações dos íons  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  e  $HO^-$  nas águas do Açude Santo Anastácio - Campus do Pici - Fortaleza - CE,**  
JOSÉ OSSIAN GADELHA DE LIMA, MARIA MARLÚCIA FREITAS SANTIAGO, JOSUÉ MENDES FILHO, *Grupo de Física Isotópica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • O Açude Santo Anastácio, localizado em área urbana do município de Fortaleza, tem a qualidade das águas dependente de fatores naturais e antrópicos, os últimos, quase sempre, poluidores. A prin-

cipal fonte de recarga são as chuvas, que constituem o principal agente de carreamento dos íons carbonato e bicarbonato. No entanto, a qualidade das águas do açude depende não só do tipo de recarga, mas também dos processos internos que nele ocorrem. O comportamento anual das concentrações dos íons carbonato, bicarbonato e hidroxila presentes nas águas do açude foi observado através de determinações mensais durante o período de um ano (setembro/2003 a agosto/2004) em amostras de águas de dois pontos do açude: no sangradouro e na desembocadura. Os resultados mostraram que a concentração de  $HCO_3^-$  decresce nos meses de setembro a dezembro de 2003, período sem chuvas. Em novembro e dezembro, quando ocorrem as primeiras chuvas de baixa intensidade, são observadas as menores concentrações do íon bicarbonato e as maiores concentrações de íons carbonato e hidroxila, devido à hidrólise dos íons bicarbonato. Este processo está relacionado à temperatura (as mais altas do ano), aos elevados valores de pH e a escassez de chuvas. As precipitações em janeiro originaram dois processos responsáveis pelo aumento de  $HCO_3^-$  e diminuição de  $CO_3^{2-}$  e  $HO^-$ . O primeiro foi a mistura das águas do açude com as das chuvas, as quais têm baixos valores de pH, fazendo com que os íons carbonato se convertessem a bicarbonato. O segundo é a dissolução do  $CO_2$  atmosférico pelas águas das chuvas que chegam ao açude, formando íons bicarbonato. A partir de fevereiro/2004, ocorreu uma suave diminuição na concentração de íons bicarbonato que se mantém praticamente constante até agosto/2004. De dezembro/2003 a janeiro/2004 ocorre uma diminuição brusca nas concentrações de carbonato e hidroxila, que se mantém praticamente constante até agosto/2004. Essas observações mostram que as quantidades relativas de  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  e  $HO^-$  estão diretamente relacionadas aos valores do pH, o qual é fortemente influenciado pelas águas das chuvas.

[03/11/05 - P047]

**Variabilidade Espacial da Salinidade da Água Subterrânea do Cristalino,** MICHEL LOPES GRANJEIRO, MARIA MARLÚCIA FREITAS SANTIAGO, JOSUÉ MENDES FILHO, JOSÉ OSSIAN GADELHA DE LIMA, *Grupo de Física Isotópica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, HORST FRISCHKORN, *Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará* • Foi coletada água subterrânea de 16 poços no distrito de Coité, município de Caucaia, em área onde a água é armazenada em fraturas formando um sistema heterogêneo e anisotrópico. O objetivo é estudar a qualidade da água subterrânea armazenada no cristalino, comparando os valores obtidos de amostras das mesmas coletas para identificação da variabilidade espacial e também, verificar se a distância do poço ao litoral influencia a salinidade da água, uma vez que os aerossóis marinhos devem dar uma grande contribuição para esse efeito. Os poços estudados formam dois conjuntos, um mais próximo e outro mais afastado da costa. Nos poços localizados mais próximos à costa, a condutividade elétrica varia desde 150  $\mu S/cm$  a 5700  $\mu S/cm$ . Os valores da condutividade elétrica de cada um dos poços, indicam que somente três dos oito poços têm água adequada ao



consumo humano. Nos poços mais afastados da costa, a condutividade elétrica varia de  $597\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $7500\mu\text{S}/\text{cm}$ . De maneira semelhante, somente um dos oito poços mais afastados da costa possui água adequada ao consumo humano. A concentração de cloretos está bem relacionada com a condutividade elétrica para todas as amostras; ou seja, a condutividade elétrica é diretamente proporcional à concentração de cloretos. A variação da concentração de cloretos nas chuvas com a distância à costa, determinada em trabalhos anteriores, não contribui significativamente para a concentração salina nas águas analisadas; ou seja, os processos que ocorrem no interior da rocha dão uma maior contribuição para a salinidade das águas de um poço do que o fato dele estar longe ou próximo do litoral. A concentração de cloretos versus concentração de sódio separa as águas em dois conjuntos indicando poços que exploram diferentes fendas. O Diagrama de Piper mostra que as águas são predominantemente cloretadas sódicas e cloretadas mistas.

[03/11/05 - P048]

#### **DETERMINAÇÃO DA EVAPORAÇÃO E DA INFILTRAÇÃO DO AÇUDE BOQUEIRÃO UTILIZANDO UM MODELO ISOTÓPICO,**

**LUCILENE PEREIRA, MARIA MARLÚCIA FREITAS SANTIAGO, JOSÉ OSSIAN GADELHA DE LIMA, JOSUÉ MENDES FILHO, Grupo de Física Isotópica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, JOSÉ CARLOS DE ARAÚJO, HORST FRISCHKORN, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará** • As altas taxas de evaporação de reservatórios superficiais de água, localizados no semi-árido nordestino brasileiro, agravam o problema da escassez de recursos hídricos. Vários métodos são utilizados para estimar a evaporação através do balanço de água. Neste trabalho, é utilizado um modelo isotópico de balanço de água do Açude Boqueirão localizado no exutório da Bacia da Gamaleira, no município de Aiuaíba/CE; o método utiliza medidas dos isótopos estáveis oxigênio-18 e deutério nas águas do açude e de um Tanque Classe A para determinar as taxas de evaporação e de percolação durante o período de estiagem. Para aplicação do método, foram feitas coletas diárias no tanque e quinzenalmente no açude para análises isotópicas, e também, coletas quinzenais no açude para análise de cloretos. Os mecanismos de salinização foram estudados através das determinações isotópicas e das concentrações de cloretos. As variações nas concentrações de oxigênio-18 e de deutério durante o processo de evaporação da água em condições naturais não obedecem à equação de destilação de Rayleigh, pois com a umidade ambiente, as composições isotópicas tendem a um estado estacionário quando a massa de água tende a zero. Os resultados mostram que esta metodologia tem boa aplicabilidade, permitindo quantificar detalhadamente a evaporação e a salinização no comportamento de reservatórios localizados no semi-árido objetivando o manejo eficiente da água e sua conservação em qualidade e quantidade na busca de um melhor aproveitamento das águas armazenadas.

[03/11/05 - P049]

#### **USO DOS DIAGRAMAS DE PIPER E DUROV NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE FORTALEZA - CE,**

**MARIA APARECIDA BELÉM FERNANDES, MARIA MARLÚCIA FREITAS SANTIAGO, JOSÉ OSSIAN GADELHA DE LIMA, JOSUÉ MENDES FILHO, Grupo de Física Isotópica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, HORST FRISCHKORN, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará** • Foram coletadas 47 amostras de águas subterrâneas no município de Fortaleza nas quais foram determinadas as concentrações dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  e dos ânions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Estas amostras são de águas armazenadas em áreas de dunas, paleodunas, Formação Barreiras e Complexo Migmatítico. Para analisar a evolução geoquímica das águas nos quatro sistemas aquíferos foram utilizados os diagramas de Piper e de Durov. O Diagrama de Piper permite analisar uma grande quantidade de amostras e classificá-las em termos percentuais dos íons predominantes; este diagrama mostra que as águas analisadas são, na maioria, do tipo cloretadas sódicas. O Diagrama de Durov fornece uma melhor visualização dos tipos de água e de alguns processos que podem ocorrer no aquífero, uma vez que ele apresenta nove campos com características e reações hidroquímicas distintas. Este diagrama mostra que as águas analisadas estão em três campos: Nos campos das águas bicarbonatadas sódicas e das cloretadas cálcicas estão as águas originadas de reações reversas de troca iônica entre sódio e cálcio, principalmente na Formação Barreiras que é constituída de sedimentos areno-argiloso; e no campo das águas cloretadas sódicas estão aquelas relacionadas a processos de intrusão marinha e/ou à presença de aerossóis marinhos e à trocas de  $\text{Ca}^{2+}$  com  $\text{Na}^+$  no aquífero aumentando assim, a concentração de sódio na água subterrânea. A maioria das águas das formações Dunas e Paleodunas são do tipo cloretadas, o que é indicio de águas que sofreram influência dos aerossóis marinhos; e as do tipo bicarbonatadas, pertencentes às outras formações, são típicas de águas recentes ou seja, de chuvas recentes.

[03/11/05 - P050]

#### **Influência da ação antrópica nas concentrações dos íons $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$ das águas do Açude Santo Anastácio,**

**ROGELMA MARIA DA SILVA FERREIRA, JOSÉ OSSIAN GADELHA DE LIMA, MARIA MARLÚCIA FREITAS SANTIAGO, JOSUÉ MENDES FILHO, Grupo de Física Isotópica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará** • Os reservatórios superficiais de água são vulneráveis à ação antrópica, principalmente quando estão localizados em centros urbanos. Além do carreamento de água de lavagem das áreas habitadas durante a recarga no período de chuva, é comum a presença de esgotos na vizinhança que desembocam no reservatório. Por isso, a qualidade de suas águas depende do tipo das águas de recarga e dos processos internos que ocorrem no reservatório. As concentrações de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinadas mensalmente no açude Santo Anastácio, no município de Fortaleza, durante o período de um ano, de setembro de 2003 a agosto de 2004, em amostras de águas de dois pontos do açude: no sangradouro, que representa

a água do reservatório bem misturada, e na desembocadura, que representa a principal entrada no período seco. Os resultados mostram que as concentrações desses íons sofreram variações significativas durante alguns períodos do ano. Essas variações estão diretamente relacionadas às chuvas, à evaporação, ao tempo de retenção das águas, à ação dos ventos e à atividade dos microorganismos presentes nessas águas, além desses fatores, há também a ação antrópica. O lixiviamento dos íons sulfato, cálcio e magnésio é ocasionado pelas águas das chuvas que lavam os solos das redondezas do açude. Este processo é evidenciado pelo fato da amostra da desembocadura ter concentrações de íons cálcio quase sempre maiores que a amostra do sangradouro, pois é nas redondezas da desembocadura que ocorre a maior concentração de moradias das populações ribeirinhas e a presença de materiais utilizados nas construções. O escoamento das águas do açude durante o período chuvoso mantém praticamente constantes as concentrações dos íons sulfato, cálcio e magnésio.

[03/11/05 - P051]

**USO DA EQUAÇÃO DE CONDUÇÃO DO CALOR DE FOURIER PARA A AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO SOLO,** SOETÂNIA SANTOS DE OLIVEIRA, , JOSÉ FIDELES FILHO, SIMONE VICENTE DE OLIVEIRA, THIAGO SILVA ARAÚJO, ANA MARIA DA SILVA GUSMÃO, UEPB • Ao atingir a superfície da Terra, parte da radiação solar é refletida e parte interage com a superfície do solo que, como limite inferior da atmosfera, atua como um corpo intermediário através do qual se desenvolvem fluxos de calor, uma vez que a radiação solar fornece energia ao solo promovendo seu aquecimento superficial diretamente e das camadas mais profundas por condução. Acreditando-se na importância de se conhecer as características térmicas do solo, analisou-se o comportamento térmico do solo da Estação Meteorológica de Campina Grande, PB, utilizando a equação de condução do calor, aplicada aos dados de temperatura do solo nas diversas profundidades, considerando três períodos distintos do ano: intermediário, seco e chuvoso. Foram realizadas três medições: a primeira, de 28 a 29 de Agosto de 2004, período intermediário; a segunda, de 20 a 21 de Dezembro de 2004, período seco; e a terceira, de 10 a 11 de Junho de 2005, período chuvoso. Os dados de temperatura do solo foram coletados, em intervalo de hora em hora, num período de 24 horas, a partir de geotermômetros, instalados na Estação Meteorológica de Campina Grande, PB, nas profundidades de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 cm. Para analisar os dados de temperatura do solo, utilizou-se a equação de condução do calor de Fourier. Observou-se que, embora realizadas em épocas diferentes, as medições apresentaram maior variação de temperatura do solo nas profundidades mais superficiais, enquanto que há 100 cm de profundidade, para todos os períodos observados, praticamente não ocorreu variação na temperatura do solo. A partir da amplitude e da fase do 1º harmônico da série de Fourier, determinou-se a difusividade térmica para as camadas entre 2-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm de profundidade, observando-se maior coerência para os valores estimados pelas amplitudes. (PIBIC/CNPq/UEPB)

Palavras-chaves: Temperatura do solo, perfil térmico, ciclo diário

[03/11/05 - P052]

**Análise qualitativa do limite de resolução da inversão de SEV,** MICHAEL HEIMER, MILTON JOSÉ PORSANI, WILSON MOUZER FIGUEIRÓ, MARCO ANTONIO BARSOTELLI BOTELHO, CPGG - UFBA • O presente trabalho faz uma análise qualitativa do limite de resolução da inversão de SEV (sondagens elétricas verticais) na presença de ruído. Para tal, implementamos um método de inversão híbrido, combinando o método global VFSA (Very Fast Simulated Annealing) com o método local clássico de Gauss-Newton, com a introdução de vínculos absolutos. Fizemos a análise de dois modelos sintéticos clássicos da literatura: o modelo simples e de baixa resolução de Inman, de apenas três camadas, e o modelo de Gai-Shan, de cinco camadas, com variações sensíveis da espessura e da resistividade. Nossos ensaios foram executados para os dois modelos citados contaminando os dados observados sintéticos com 0%, 1%, 5% e 20% de ruído aleatório. Cada ensaio foi repetido cem vezes para diferentes sementes de geração de ruído, a fim de se analisar a estabilidade da recuperação dos parâmetros (espessura e resistividade) buscados na inversão. Os resultados mostraram que, para o modelo simples de Inman, a estabilidade da inversão é mantida mesmo na presença de ruído de 20%. Já o modelo de Gai-Shan só foi recuperado para os ensaios sem ruído. Na presença de ruído foi verificada uma forte instabilidade na inversão. Esta instabilidade parece ser intrínseca ao problema de inversão de SEV e indica claramente que existe um limite de resolução na inversão de SEV. Uma forma de minimizar esta instabilidade é a introdução de vínculos geológicos. A continuação do presente trabalho será a análise quantitativa do limite de resolução na inversão de SEV.

[03/11/05 - P053]

**Introdução de novos conceitos nos cursos de formação de professores de física: Estudo de bolhas de plasma ionosféricas,** IGO PAULINO DA SILVA, , FERNANDA DE SOUSA SALES, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, Aerolume - DF - UFCG - Brasil, ANA ROBERTA DA SILVA PAULINO, DF - UEPB - Brasil, HISAO TAKAHASHI, INPE - Brasil • O ensino de ciência, nos dias atuais, preocupa-se em abordar assuntos relacionados com a atmosfera terrestre, tais como efeito estufa, el niño, depreciação da camada de ozônio e outros que têm afetado as condições de equilíbrio do planeta, mesmo assim, a atmosfera da Terra, principalmente a atmosfera superior (acima de 80 km de altitude), ainda é pouco conhecida. Isto desperta interesse de muitos cientistas e pesquisadores que estão fazendo-a de objeto de estudo, pois os fenômenos físicos que acontecem nesta parte da atmosfera influenciam os processos de dinâmica e circulação geral e ajudam a prever o clima espacial. Neste trabalho apresentamos um dos mais importantes fenômenos que ocorre na ionosfera noturna terrestre (200 km de altitude) conhecido como bolhas de plasma ionosféricas. Propomos que estas irregularidades ionosféricas possam ser abordadas nos cursos de formação de professores como uma forma de contextualizar

zar os conceitos básicos estudados ao longo da graduação com o tratamento teórico (físico e matemático) dado pela comunidade científica ao descobrir novos fenômenos com este, para isto, descrevemos o comportamento da eletrodinâmica da ionosfera e, a partir dessas considerações, mostramos como se desenvolve e se propagam as bolhas dentro dessa camada atmosférica. As bolhas são irregularidades na densidade do plasma ionosférico, elas surgem na base da região F da atmosfera e sobem não-linearmente até centenas de quilômetros de altitude, possuem dimensões variáveis que podem chegar até 5000 km de extensão ao longo das linhas de campo magnético da Terra e são observadas por diversas técnicas dependendo do objetivo de estudo. Estas irregularidades no plasma ionosférico atrapalham as comunicações via satélite, acarretando problemas nos sistemas de navegação via GPS (Global Positioning System) e de comunicação. **Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).**

[03/11/05 - P054]

**Modos Vibracionais de L-Arginina Hidroclorídrica Mono-Hidratada por métodos de Primeiros Princípios**, JORGE LUIZ BRITO DE FARIA, EDUARDO DELMONDES SILVA, JEAN REINILDES PINHEIRO, ALBERTO SEBASTIÃO ARRUDA, UFMT - MT - Brasil, PAULO DE TARSO CAVALCANTE FREIRE, UFC - CE - Brasil • Os aminoácidos são substâncias químicas caracterizadas por uma cadeia de átomos de carbono, com dois radicais distintos: um grupo amino e um grupo carboxílico. Na natureza, essas substâncias se encontram na forma dipolar (Zwitterionica) e na sua maior parte possui isômeros levogiros (polarizam a luz rotacionalmente para a esquerda).

A L-arginina é um dos 20 aminoácidos básicos que constituem proteínas, enzimas e nucleotídeos, só para citar algumas estruturas conhecidas, e as funções metabólicas das células dependem diretamente do equilíbrio químico entre estas substâncias. No caso específico das proteínas, uma mudança estrutural da PrPc (Proteína Prion Celular) pode formar uma proteína infecciosa (o Prion), que produz doenças degenerativas e fatais, como a "doença da vaca louca". Não só o aspecto biológico, como a aplicação em opto-eletrônica tem sido explorada, além de outros trabalhos que visam compreender o comportamento das ligações hidrogênio.

Por todos esses motivos, o estudo de aminoácidos tem despertado grande interesse da comunidade científica. Este trabalho utiliza dados cristalográficos obtidos por refração de raios-X em um cristal de L-Arginina.HCl.H<sub>2</sub>O (LAHCL) para encontrar diversas propriedades físico-químicas por meio de cálculos de primeiros princípios (Ab-initio). Por meio da obtenção da função de onda de cada átomo, utilizando potenciais de interação, e resolvendo as equações vinculadas a cada orbital molecular, obtém-se, por exemplo, as características vibracionais das ligações químicas, intramoleculares e intermoleculares. Utilizou-se várias aproximações para o potencial de interação, através do princípio de campo auto-consistente (SCF) por método de Hartree-Fock e teoria do funcional da densidade (DFT). As bases de cálculo dos orbitais atômicos e

moleculares variaram entre STO-3G e 6-311G++(3d,3p), portanto foi considerado interações fracas e fortes entre orbitais, com efeito de polarização e sobreposição.

Os resultados de atividade Raman foram comparados com medidas experimentais feitas no cristal e as frequências foram assinaladas e caracterizadas. Serão apresentados resultados comparativos e conclusões a respeito das características das ligações atômicas.

[03/11/05 - P055]

**Radiação ultravioleta: Característica e danos ao ser humano**, VALDENOR CUNHA, VICENTE FERRER, AUGUSTO COSTA, A.M. CHAVES, Universidade Federal do Pará, dep. física, cep: 6607-110 • A radiação ultravioleta da luz solar é crucial para síntese da vitamina D na pele e em outros aspectos fisiológico da vida humana. Entretanto, ocasiona uma variedade de efeitos patológicos, como queimaduras, mudanças de pigmentação na pele, alterações imunológicas e neoplasias. Uma série de alterações estruturais na epiderme, na junção dermo-epidérmica e na derme são características singulares e exclusivas do dano solar. Isso corresponde a influências na cirurgia plástica, como o envelhecimento causado pelo sol, "peeling" facial e hiperpigmentação de cicatrizes. Como se sabe, nossa única proteção na atmosfera contra os raios ultravioleta está sendo destruída dia a dia pelo homem e sua evolução. Por isso, a exposição à radiação ultravioleta sem meios adequados de proteção pode ser danosa à pele e à saúde. A alteração induzida pela radiação ultravioleta pode ser atenuada ou evitada com o uso de roupas apropriadas, uso adequado de barreiras químicas e/ou físicas, mudanças de hábitos e cautela no uso de medicamento fotossensibilizante. O objetivo desse artigo é compreender os efeitos deletérios da exposição à luz solar e como preveni-los, e avaliar as mudanças culturais, econômicas e educacionais a serem implementadas tendo em vista a nova atmosfera.

[03/11/05 - P056]

**Determinação da Estrutura do Aterro Controlado de Piracicaba-SP através de Métodos Geofísicos**, HELYELSON PAREDES MOURA, JOSÉ REINALDO CARDOSO NERY, Universidade Federal do Amapá, WALTER MALAGUTTI FILHO, Universidade Estadual Paulista, MARCELO JOSÉ DE OLIVEIRA, Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá • A disposição dos resíduos industriais e domésticos em áreas utilizadas como depósito final de lixo - normalmente representadas pelos "lixões" e aterros controlados - pode trazer sérias conseqüências ambientais, em particular sobre a qualidade das águas subterrâneas adjacentes. A infiltração e a percolação das águas pluviais através desses depósitos provoca a migração de vários compostos químicos inorgânicos e orgânicos através da zona não saturada colocando, assim, em risco a zona saturada e, portanto, contaminando as águas subterrâneas. Trabalhos utilizando métodos geofísicos elétricos e eletromagnéticos para mapeamento e monitoramento da pluma de contaminação e caracterização da estrutura dos depósitos de resíduos têm sido realizados, fornecendo informações importantes com respeito ao volume de rejeitos e perfil vertical do aterro, definição do sentido de fluxo sub-

terrâneo, bem como as relações envolvendo a quantidade de resíduos introduzida no meio e as características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas locais. Uma metodologia geofísica que vem sendo aplicada nesse campo de estudo, com bons resultados, é a utilização de caminhamento elétrico dipolo-dipolo. Neste trabalho, ensaios geofísicos pelos métodos de eletrorresistividade e da polarização induzida (IP-domínio do tempo), através da técnica do caminhamento elétrico (arranjo dipolo-dipolo) foram executados na área do aterro controlado da cidade de Piracicaba-SP, com o objetivo de avaliar as potencialidades da integração dos métodos na determinação das relações espaciais entre a área de disposição de resíduos urbanos e o meio físico. Os resultados mostraram que a resistividade e a polarizabilidade são sensíveis à presença dos resíduos urbanos, que apresentaram altos valores de polarizabilidade refletindo a presença de materiais polarizáveis dentro da cava de resíduos, como metais enferrujados (latas), restos eletrônicos (pilhas, componentes de circuito elétrico) e papel impresso (jornais, revistas). A polarizabilidade, muito mais do que a resistividade, foi sensível à presença dos resíduos urbanos, sendo mais eficiente no mapeamento dos limites laterais da cava de resíduos.

[03/11/05 - P057]

**Um modelo, utilizando autômatos celulares, para simular as características globais da dinâmica de ventos oceânicos.,** LEONARDO BONFIM REIS, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, *Universidade Federal da Bahia* • Os modelos existentes para representação de sistemas naturais complexos são, em sua maioria, baseados em equações diferenciais. Esta abordagem gera grandes e complexos sistemas de equações, de elevado custo computacional. Este trabalho buscou estudar o sistema climatológico global de regimes de ventos, a partir de uma abordagem probabilística baseada em Autômatos Celulares, onde foi criado um modelo com regras simples e locais capaz de apresentar algumas características globais de tão complexo sistema. O modelo foi implementado de forma a reproduzir algumas propriedades da dinâmica atmosférica tendo como elemento controlador principal o Sol. No modelo criado, as células recebem características locais de uma partícula deste sistema: temperatura, densidade e pressão; além de um vetor que caracteriza o movimento das massas em direção, sentido e intensidade. Após a discretização do problema em Autômatos Celulares, introduzimos a dinâmica no sistema, como esta é controlada no nosso modelo basicamente pelo sol, o transporte de massa se dá por interação termodinâmica local, aumentando a temperatura na área de foco do Sol. O modelo mostra a ocorrência de padrões emergentes, como correntes de ventos e aparecimento de clusters de transporte de massa. O modelo permite a visualização deste movimento de maneira gráfica, permitindo acompanhar a intensidade e direção do transporte de massa. E mostra-se bastante computacionalmente leve e consistente com a teoria.

[03/11/05 - P058]

**Análise do fluxo de  $CO_2$  e do balanço de energia sobre pastagem e seringal,** SÔNIA MARIA SOARES STIVARI, SELMA REGINA MAGGIOTTO,

EDMIR RAVAZZI FRANCO RAMOS, *Universidade Estadual de Maringá, SIMEPAR, Instituto de Física de São Carlos - USP* • Este trabalho apresenta os resultados do monitoramento da retirada de  $CO_2$  e uma análise do balanço de energia sobre uma região coberta com pastagem e outra com seringal no Norte do Paraná, Fazenda Guanabara, em Paranapoema. O projeto é multidisciplinar, envolvendo pesquisadores do IAPAR, SIMEPAR, UEM, UFPR, IFSC, Universidade de Guelph (Canadá) e Universidade da Geórgia (USA). As observações estão sendo feitas através de campanhas de medidas de alta frequência (20Hz) realizadas em diferentes estações do ano. Até o momento, foram feitas observações no verão, no inverno e no outono. Os dados estão sendo coletados utilizando anemômetro sônico tridimensional, analisador de  $CO_2$  de caminho aberto, radiômetro líquido, fluxímetro de solo, geotermômetro e termopares de fio fino. Na pastagem estes equipamentos estão instalados em um poste de 10 m, enquanto que no seringal está sendo utilizada uma torre de 18 m. As primeiras análises mostram a variação sazonal na retirada do  $CO_2$  e na intensidade de radiação sobre ambas. A intensidade do fluxo de  $CO_2$  não apresenta diferenças marcantes entre o seringal e pastagem nas três campanhas analisadas. Já em relação ao balanço de energia, fica claro a diferença entre as duas coberturas vegetais, sobretudo na intensidade do calor sensível e o calor absorvido pelo solo.

## ENS - Ensino de Física

[03/11/05 - P059]

**PRÉ-VESTIBULAR SOLIDÁRIO DA UFCG: TALENTO VOLUNTÁRIO, OUSADIA GRATIFICANTE,** JACINTA DE FÁTIMA PEREIRA RAPOSO, SAMMY FERREIRA BATISTA, FRANKLIN DA SILVA BASÍLIO, RENILTON CORREIA DA COSTA, JOÃO TERTULANO NEPOMUCEMO AGRA, *Universidade Federal de Campina Grande* • O Pré-Vestibular Solidário da UFCG (PVS), criado em 2000 é uma iniciativa arrojada e bem sucedida. Arrojada por fundamentar-se em trabalho voluntário de qualidade, e bem sucedida enquanto tem aprovado em torno de 20 por cento dos 300 alunos matriculados a cada início do ano. O PVS é voltado para alunos de escolas públicas, concluintes do Ensino Médio, interessados ingressar nas universidades públicas locais UFCG e UEPB. Alunos recém-ingressos no Bacharelado em Física atendem a demanda de professores de Física do PVS com sucesso relativo, limitado pela falta de tempo, e pelas falta de experiência com ensino em sala de aula. Alunos do Mestrado em Meteorologia complementam o quadro de professores de Física. Este trabalho é voluntário, e atende 6 turmas de 50 alunos. O esforço do LIPE - Laboratório de Instrumentação para Ensino esbarra na falta de tempo dos voluntários para dedicar-se a tarefas de atualização em Ensino de Física. A atualização inclui o uso de experimentos em sala de aula, algo desconhecido para a grande maioria dos egressos do Ensino Médio em nossa região, e reflexões sobre a relação da Física com as outras ciências, em especial a Química e a Matemática. Na atualização realça-se a importância da expressão oral e escrita para o

ensino e o aprendizado de ciências. Em duas das turmas do PVS são oferecidas 4 aulas de 45 minutos de Física por semana para alunos interessados em cursos superiores das áreas de “Exatas” e de “Saúde”. Nas outras quatro turmas apenas 2 aulas de Física por semana são oferecidas para alunos que prestarão vestibular para cursos da área de “Humanas”. Ao todo são oferecidas 24 aulas semanais das 8 disciplinas exigidas nos vestibulares. As inscrições para o PVS realizadas em 2 ou 3 dias costumam atingir a marca de mil candidaturas para as 300 vagas. A seleção se dá por sorteio público, na quadra de esportes. Cerca de 1/3 dos contemplados com as vagas desistem no primeiro mês de aula, por várias razões, e são substituídos por candidatos sorteados logo após. Há ainda dois outros momentos de grande evasão: após a entrega das carteiras de estudante, e após as inscrições para o vestibular da UFCG, gratuita para os alunos do PVS. Ao final de novembro, quando se encerram as aulas do PVS, restam cerca de 100 alunos, metade a 2/3 dos quais logram êxito nos vestibulares das universidades públicas locais.

[03/11/05 - P060]

**SOS ÁLGEBRA, GEOMETRIA, E TRIGONOMETRIA: revendo e aprofundando conceitos básicos para o aprendizado de Física,** ELIZANGELA ANAZILDA DO NASCIMENTO, FRANKLIN DA SILVA BASÍLIO, TATIANA ARAÚJO MAIA, KENNYA CHRISTINA TORRES, RENILTON CORREIA DA COSTA, JOÃO TERTULIANO NEPOMUCEMO AGRA, *Universidade Federal de Campina Grande* • Os Departamentos de Física das universidades dispõem de uma infra-estrutura para o ensino bem melhor que as escolas de Ensino Médio. Neles há bibliotecas razoavelmente atualizadas, laboratórios minimamente equipados, um quadro de professores qualificados, e material didático de qualidade. Isto permite que os programas dos cursos sejam cumpridos, o que paradoxalmente deixa perplexa boa parte dos alunos calouros de cursos de ciências, Física e Matemática, e de Engenharia. Para estes alunos o número de horas demandadas para estudo da Física e de Matemática no 1o Semestre na universidade à primeira vista é considerado além da capacidade normal de trabalho deles, embora mais adiante estas exigências sejam reconhecidas como necessárias, e atendidas. Eventuais insucessos são vistos como desafios, ameaças à auto-estima que exigem determinação para serem enfrentados com sucesso. Nas disciplinas de Física e de Matemática Superior as dificuldades dos alunos estão no desconhecimento da importância para a sua formação dos conceitos básicos de matemática - Álgebra, Geometria, e Trigonometria - e dos fenômenos físicos que eles estudam. Estas dificuldades refletem-se na falta de habilidade no uso dos métodos heurísticos da Física para resolver problemas, com destaque para a modelação de fenômenos, a representação matemática dos mesmos, e a interpretação das soluções obtidas, e implicam em sobrecarga de trabalho quando se matriculam nas disciplinas previstas nas grades curriculares propostas como se adequadas fossem. Buscando superar parte destas dificuldades, três grupos de alunos do Bacharelado em Física da UFCG estão participando de oficinas de

revisão e de aprofundamento de conceitos básicos de matemática, oferecidas por um professor. A partir destas oficinas, estão sendo produzidos textos didáticos de Álgebra, Geometria Plana, Espacial, e Analítica, e Trigonometria. Estes textos revisam conceitos estudados no Ensino Médio, e avançam exercícios típicos de Matemática Superior, como Cálculo Diferencial e Integral, e Álgebra Vetorial e Geometria Analítica. Antes de tornar público o seu texto produzido, cada grupo o coloca à disposição dos outros dois grupos, onde é submetido à crítica e revisado. Os resultados até agora obtidos são animadores: observa-se um expressivo aumento da auto-estima e da auto-confiança dos participantes do trabalho, com reflexos imediatos sobre o desempenho deles nas provas das disciplinas que estão cursando. A primeira versão pública destes textos está sendo concluída, e será apresentada neste XXIII EFNNE. Para o próximo semestre letivo será tornada pública a segunda versão, revista e atualizada, em página na Internet, com plantão de atendimento de dúvidas pessoal, e por e-mail.

[03/11/05 - P061]

**Comparação entre o método de ensino-aprendizagem significativa com o método de ensino-aprendizagem mecânica na disciplina de Física num cursinho pré-vestibular,** IGO PAULINO, *DF - UFCG - Brasil*, ANA ROBERTA PAULINO, *DF - UEPB - Brasil* • Durante dois anos (2004 e 2005) acompanhamos os alunos de um cursinho pré-vestibular solidário na cidade de Remígio-PB (7°49S; 38°09W) lecionado a disciplina de física com duas metodologias de ensino-aprendizagem distintas, em 2004 utilizamos um método de aprendizagem significativa baseado na teoria de Ausubel, onde valorizamos os conceitos prévios dos alunos para interagir com o material a ser usado e/ou o conteúdo a ser estudado, e, sempre que possível, contextualizamos os conceitos estudados com o cotidiano dos alunos. Por outro lado, em 2005, utilizamos um método de ensino-aprendizagem mecânico, onde respondíamos apenas questões de vestibulares anteriores. Já é bem conhecido que a aprendizagem significativa tem algumas vantagens em relação à aprendizagem mecânica. Com o advento dos cursinhos a aprendizagem significativa foi trocada por uma aprendizagem mecânica que, por hipótese, levariam os alunos a melhores resultados nos concursos vestibulares. Neste trabalho fizemos uma comparação estatística, em simulados realizados, do aproveitamento dos alunos que estudaram com o método de aprendizagem significativa e os que estudaram com o método de aprendizagem mecânica. Dividimos nossas questões em três categorias: *questões de análise dimensional* (que envolvem apenas unidades de grandezas físicas); *questões puramente conceituais* (não precisam de nenhuma ferramenta matemática para serem resolvidas); *questões conceituais que precisam do uso da matemática* (é preciso o uso de métodos matemáticos para solucioná-las). Observamos que os alunos de 2004 (aprendizagem significativa) tiveram um melhor desempenho do que os alunos de 2005 (aprendizagem mecânica) em todas as categorias de questões, destacando-se nas questões puramente conceituais como

era de se esperar e, surpreendentemente, foram um pouco melhor nas outras categorias de questões. Isto nos leva a inferir, que a aprendizagem significativa também pode ser usada com eficiência no ensino de física em cursinhos pré-vestibulares. **Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Prefeitura Municipal de Remígio pelos apoios recebidos.**

[03/11/05 - P062]

**Investigação de algumas dificuldades encontradas no processo ensino-aprendizagem de física no ensino médio, enfatizando a interdisciplinidade entre Física, Matemática e Língua Portuguesa,** ANA ROBERTA PAULINO, UEPB - PB - Brasil, PATRÍCIO FELIX, IGO PAULINO, UFCG - PB - Brasil • Boa parte dos professores de física do ensino médio convive com uma falta de interesse dos alunos pelos temas abordados na disciplina e com um aproveitamento abaixo do esperado. Isto é preocupante, pois as diretrizes curriculares exigem desses alunos um conhecimento básico de física que venha auxiliá-los na compreensão dos fenômenos naturais e na solução lógica e matemática de problemas cotidianos. Numa tentativa de investigar quais são as principais dificuldades que os alunos do ensino médio encontram no processo ensino-aprendizagem de física realizamos uma pesquisa com 200 alunos de escolas públicas de três cidades do interior da Paraíba, Areia (6°57'S; 35°41'W), Campina Grande (7°13'S; 35°52'W) e Remígio (7°49'S 38°09'W) com uma ficha de perguntas onde questionamos estes alunos a respeito dos hábitos de leituras, da forma como são conduzidas as atividades escolares da disciplina de língua portuguesa e da disciplina de matemática, indagamos ainda sobre a relação existente entre física e matemática e quais as outras disciplinas que os alunos consideram importantes para o aprendizado de física. Obtivemos resultados surpreendentes como, por exemplo, a maioria dos alunos acha as disciplinas de física e matemática interessantes, porém difíceis e consideram a disciplina de língua portuguesa (em torno de 55%) fácil. Em se tratando do hábito de leitura, poucos gostam de ler (apenas um ou dois livros por ano). Os alunos acham que os professores de língua portuguesa (mais de 50%) trabalham com interpretação de texto freqüentemente, mesmo assim aproximadamente 48% dos alunos entrevistados precisam de ajuda para interpretar os problemas de física. A respeito da matemática, a maior parte dos alunos a considera importante para a física e acham que estas duas disciplinas estão amplamente relacionadas, no entanto, a maioria deles não consegue fazer uma associação dos problemas de física com a ferramenta matemática necessária para solução. Avaliando estes aspectos, percebemos que o processo ensino-aprendizagem de física é encarado pela maioria dos alunos do ensino médio como muito difícil devido ao alto grau de complexidade que é exigido para interpretação e solução dos problemas. A necessidade deste conhecimento básico de matemática e de linguagem, indispensável para o aprendizado de física, contribui, significativamente, para que a maioria dos alunos perca o interesse pela física e a coloquem nas últimas posições nas suas escalas de prioridades, mesmo considerando-a muito

interessante. **Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento deste trabalho.**

[03/11/05 - P063]

**Análise de aspectos qualitativos do ensino de física apontados por alunos do ensino médio da Paraíba,** ANA ROBERTA PAULINO, IGO PAULINO, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVEIRA, ANA RAQUEL P. DE ATAÍDE, ELIÂNGELA PAULINO BENTO, UEPB - PB - Brasil • Realizamos uma pesquisa com alunos de alguns colégios de ensino médio da rede pública e privada de três cidades do interior da Paraíba, Areia (6°57'S; 35°41'W), Campina Grande (6°57'S; 35°41'W) e Remígio (7°49'S; 38°09'W) através de um questionamento sobre os aspectos gerais do ensino de física. Fizemos um tratamento estatístico dos dados e tomamos como referência os modelos mentais de Johnson-Laird onde relacionamos a realidade vivida pelos alunos com modelos teóricos de aprendizagem, para tanto levamos em consideração as condições sociais e econômicas dos alunos, a disponibilidade de material didático, o uso de laboratório no ensino de física pelas escolas e a metodologia de ensino-aprendizagem empregada pelos professores de física. Ao entrevistarmos os alunos sobre o ensino de física, a maioria acredita que se o professor passasse a relacionar os conteúdos apresentados, em sala, com o cotidiano a aprendizagem se tornaria mais significativa e as dificuldades seriam simplificadas tornando a disciplina mais interessante, foi possível ainda notar que em relação física-cotidiano a maioria respondeu que conseguem observar que a física está presente em seu dia-a-dia, muito embora, ao perguntarmos se a física era útil em suas vidas uma grande porcentagem respondeu que não. As maiores dificuldades expostas por eles são a utilização das equações, o grau de complexidade dos conteúdos e as transformações de unidades. E, ao longo da pesquisa, eles propuseram algumas modificações a serem feitas no ensino, tais como: a utilização de laboratórios, salas ambientalizadas, excluir as fórmulas da física e a existência de um melhor diálogo entre a turma e o professor. Com estes resultados podemos concluir que é importante para os professores de física e para as escolas de ensino médio repensarem as metodologias a serem utilizadas para o ensino de física de forma que esta possa ser contextualizada no cotidiano dos alunos através de uma visão interdisciplinar. **Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento deste trabalho e a Prefeitura Municipal de Remígio pelo apoio dispensado.**

[03/11/05 - P064]

**Cartuns: Uma abordagem bem humorada no ensino de Física.,** RODRIGO CÉSAR FONSECA DA SILVA, MARIVALDO WAGNER SILVA SOUZA, UFCG • Na Física escolar é possível perceber um certo desinteresse por parte dos alunos em relação ao conteúdo disciplinar. Muitas pesquisas são feitas no tocante a este tema, analisando, justificando, propondo ou condenando métodos de ensino, sempre tendo em vista contornar este problema. Grande parte da atenção de um educador ao elaborar um plano de aula é voltada para motivar o aluno e despertar o seu interesse pelo conteúdo escolar, reafirmando que é quase

impossível transformar informação em conhecimento para um aluno desmotivado. A maioria dos professores de Física está ávida por transmitir o seu conhecimento e o seu entusiasmo pela matéria. Eles esperam que seus estudantes adquiram não apenas informação e habilidades específicas, mas que também venham a apreciar a beleza e o poder que o Físico encontra na Física. Partindo desse pressuposto, o apelo visual assume um papel fundamental para estimular o aprendizado do aluno de Física. Baseado no estudo de práticas pedagógicas, o objetivo de nosso trabalho é apresentar uma proposta pouco difundida na área de educação para se estimular o aprendizado a partir da utilização de cartuns e histórias em quadrinhos desenvolvidas para acompanhar o ensino tradicional. Essas histórias buscam sintetizar idéias abstratas e enunciados impessoais em situações cômicas, tornando o assunto mais atraente e facilitando o entendimento dos conceitos da física, de uma forma descontraída expressando, em duas ou três imagens, com textos sucintos, idéias que estão escondidas na formulação abstrata das equações matemáticas.

[03/11/05 - P065]

**Análise crítica à abordagem da Mecânica Quântica em livros didáticos destinados ao ensino médio,** IGO PAULINO, , PATRICIO FELIX, *DF - UFCG - Brasil*, ANA ROBERTA PAULINO, *DF - UFPB - Brasil*  
 • No final do século XIX e início do século XX, muitos cientistas achavam que todas as teorias físicas estavam determinadas, no entanto em 1900, Max Planck apresentou uma teoria que deu início a um novo ramo da física, chamada mecânica quântica que é uma das responsáveis pelo avanço científico e tecnológico, porém, a maioria da população não possui conhecimento básico desta teoria. Já existem propostas de adicionar a mecânica quântica como obrigatória no currículo das escolas de ensino médio do Brasil e, lentamente, as universidades estão adicionando ao programa dos vestibulares este tema. Nesta perspectiva autores de livros didáticos de física do ensino médio estão acrescentando em suas obras, tópicos de mecânica quântica. Analisamos a abordagem da mecânica quântica dos livros de volume único de [1] Alberto Gaspar (ed. Ática, 2003); [2] Nicolau et al., (ed. Moderna, 2001); [3] Paraná (ed. Ática, 2003); [4] Wilson et al., (ed. Moderna, 2001). Elaboramos um roteiro baseado em bibliografias de física moderna adotadas nos cursos de física das universidades públicas da Paraíba, respondemos, separadamente, um questionário a respeito das metodologias, conceitos físicos, tópicos abordados, contextualização histórica, textos informativos, entre outros aspectos que julgamos essenciais para um aprendizado significativo. Por fim, discutimos quais os bons e maus aspectos de cada livro. Reconhecemos a contribuição pioneira e significativa destes autores em abordar o tema mas, podemos perceber com nossa análise que poucas páginas são reservadas a este conteúdo. O princípio da incerteza de Heisenberg não é discutido com importância. Não ficam claros os problemas que a física clássica não conseguia explicar e que a mecânica quântica solucionou, a menos o livro [2] que discute superficialmente, os textos introdutórios de [1] e [2] são bons e ajudam a contex-

tualizar os alunos, o efeito fotoelétrico é desvalorizado pelos autores [1], [3] e [4], como também a hipótese de de Broglie e os modelos atômicos não são relevados pelos autores. Outro ponto crítico é que apenas o autor [1] enfatiza o princípio da complementariedade de Bohr e a correspondência entre a física clássica e a quântica não é discutida. Nosso propósito é alertar autores de livros de física do ensino médio da importância de uma maior dedicação ao conteúdo da mecânica quântica, na expectativa de que com um trabalho conjunto de autores, docentes e demais responsáveis pela educação possamos informar a comunidade em geral sobre a importância dessa parte da ciência no desenvolvimento da sociedade. **Apoio financeiro: CNPq**

[03/11/05 - P066]

**Análise crítica a abordagem da Relatividade em livros didáticos destinados ao ensino médio,** PATRICIO FELIX, IGO PAULINO, *DF - UFCG - Brasil*, ANA ROBERTA PAULINO, *DF - UEPB - Brasil* • Este ano comemora-se 100 da descoberta da Relatividade, mesmo assim a grande maioria da população não conhece esta teoria. Lentamente algumas instituições de ensino superior, através de seus concursos vestibulares, estão exigindo que a relatividade torne-se conteúdo obrigatório no ensino médio, estimulando os autores de livros destinados a estes alunos, a adicionarem em suas obras este conteúdo. Fizemos uma análise crítica à abordagem de Relatividade dos livros de Alberto Gaspar (ed. Ática, 2003); Nicolau et al., (ed. Moderna, 2001); Paraná (ed. Ática, 2003); Wilson et al., (ed. Moderna, 2001), todos de volume único e destinados aos alunos do ensino médio. Elaboramos um roteiro baseado em bibliografias de física moderna adotadas nas universidades públicas da Paraíba, depois respondemos, separadamente, um questionário a respeito de suas metodologias, conceitos físicos, tópicos abordados, contextualização histórica, textos informativos, entre outros aspectos que julgamos essenciais para um aprendizado significativo. Por fim, nos reunimos e discutimos quais os bons e maus aspectos tratados em cada livro. Entre outras conclusões, descobrimos que estes livros apresentam erros conceituais e que, com exceção de Nicolau et al., não dão ênfase às modificações propostas por Einstein sobre a física clássica, além do mais, dedicam poucas páginas ao conteúdo de Relatividade. Eles não apresentam muitos textos informativos e, em geral, suas abordagens históricas são incapazes de transmitir ao aluno que fatos propiciaram o surgimento da Relatividade. Apesar da simplicidade matemática exigida pela Relatividade Especial, os autores Paraná e Alberto Gaspar, não se preocuparam em deduzir as equações de transformações de Lorentz. Queremos através deste trabalho alertar autores de livros de física do ensino médio sobre a importância de uma maior dedicação ao conteúdo de Relatividade, na expectativa de que com um trabalho conjunto de autores, docentes e demais responsáveis pela educação possamos informar a comunidade em geral sobre a importância dos trabalhos de Einstein para a humanidade. Na oportunidade, queremos elogiar os autores por suas iniciativas pioneiras em tratar de relatividade no ensino médio. **Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvol-**

### vimento Científico e Tecnológico ( CNPq).

[03/11/05 - P067]

**Momento Angular e sua Conservação no Ensino Médio,** FRANCISCO VALDOMIRO DE MORAIS, JOÃO JULIANO E.S. DAMACENO, ALZEY GOMES FERREIRA, REBEN RUDSON MENDES GOMES, *Universidade do Estado do Rio Grande do Norte* •

Momento Angular e sua Conservação no Ensino Médio  
Os PCNs dão ênfase, para que os conteúdos de ensino não sejam o fim em si próprio, mas sim meios para atingir o objetivo último que é dar ao aluno significado como condição de cidadania; não há processo de ensino-aprendizagem sem os mesmos. O conteúdo Momento Angular é de sobremaneira interdisciplinar, estando presente nas mais diversas tecnologias que compõe o universo vivencial do estudante moderno. É um conceito que esta contido no funcionamento de uma enceradeira, de uma furadeira, da estabilização de helicópteros, dos CD players, dos motores elétricos, dos movimentos dos planetas etc.No entanto, salvo raras exceções, esse tema não é abordado neste nível de ensino. Este trabalho mostrar o assunto de maneira acessível ao aluno do nível médio com abordagem de forma associada às experiências comuns no cotidiano do aluno; considerando a tradicional dificuldade inicial na aprendizagem de conteúdos em física e a forma inamistosa como são apresentados. E, além de tudo, faz desse conteúdo uma ferramenta para que o aluno possa desenvolver a sua capacidade de comunicação, de questionamento sobre processos naturais e tecnológicos e a compreensão e utilização da ciência como elemento de interpretação e intervenção na sociedade, como também conceber a tecnologia, como conhecimento de sentido prático.

[03/11/05 - P068]

**A Física no Sudoeste da Bahia: Histórico e Perspectivas,** JOAQUIM BONFIM SANTOS MENDES, FERDINAND MARTINS DA SILVA, JORNANDES JESUS CORREIA, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia / UESB - BA - Brasil* • O presente trabalho aborda o surgimento das ciências exatas, particularmente da física na região sudoeste da Bahia. O estudo desta ciência nesta região é feito de maneira cronológica e, se inicia historicamente a partir da criação da Faculdade de Formação de Professores de Vitória da Conquista, passando pela implementação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e posteriormente do curso de licenciatura em ciências (com diversas habilitações, entre elas a Física), resultando assim nas atuais licenciaturas. A pesquisa esta sendo feita com base em documentos institucionais, publicação de autores regionais, além de depoimentos de profissionais envolvidos com o processo de criação do curso. Na mesma analisa-se a evolução e a atual situação do curso de física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, levando em consideração os seguintes aspectos: o número e qualificação do corpo docente, os projetos de pesquisa e extensão nas áreas de ensino de física, física experimental e teórica, o atual processo de reconhecimento do curso frente ao Conselho Estadual de Educação, além das perspectivas futuras como a criação do bacharelado e a implantação da pós-graduação. Os resultados iniciais comprovam a importância do curso para

a formação de profissionais devidamente habilitados para atuarem nas redes de ensino local, bem como a necessidade da ampliação de projetos de pesquisa e extensão como forma de inserção destes profissionais na sociedade.

[03/11/05 - P069]

**O átomo de Bohr nas escolas do ensino médio de Campina Grande e Queimadas.,** REGINALDO ISAAEL DA SILVA, PEDRO LUIS DO NASCIMENTO, REGIS ISAAEL DA SILVA, *UFCEG, e UEPB* • Uma análise feita no mês de maio acerca da inserção da física moderna por 17 professores do ensino médio em campina grande, e 5 professores de queimadas sobre quais os aspectos relevantes que se necessita para se utilizar a física moderna nas salas de aula no estudo do átomo de Bohr, que possa propiciar nos alunos uma ideia acerca da evolução dos modelos atômicos desde a teoria clássica até à teoria quântica postulada pelo modelo atômico de Bohr e qual a importância dessa análise por partes dos professores em suas escolas, diagnosticamos através de um questionário com cinco perguntas para averiguar aspectos importantes como: o nível de conhecimento desses professores sobre o assunto, Quais os livros que eles utilizam este conteúdo em suas aulas relacionando as teorias da física moderna com o cotidiano, tendo como importancia primordial, o nível de abordagem do livro, tipo de linguagem que ele utiliza para trabalhar o assunto, verificação dos conceitos elementares, dentre outros fatores.

[03/11/05 - P070]

**APRENDENDO ÓPTICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS SIMPLES E DE BAIXO CUSTO,** LIZANGELA MARIA ALMEIDA DA SILVA, RAONI SOUSA SANTOS, ÂNGELA BURLAMAQUI KLAUTAU, LUÍS CARLOS BASSALO CRISPINO, *Universidade Federal do Pará* • Neste trabalho, apresentamos alguns experimentos de Óptica que vêm sendo utilizados no Laboratório de Demonstrações da Universidade Federal do Pará (UFPA) como ferramenta de ensino-aprendizagem desta área da Física, assim como a forma de utilização destes experimentos na construção dos conceitos abordados. Propomos experimentos simples e de baixo custo, relacionados com situações típicas do cotidiano dos alunos. Objetivamos despertar a atenção e curiosidade dos alunos, motivando-os para o estudo dos temas relacionados à Óptica, além de incentivá-los para que manipulem e construam eles próprios os experimentos. Entre as montagens experimentais trabalhadas, temos: a câmara escura confeccionada com papelão e papel vegetal, a produção de imagens em espelhos planos, o uso da água como lente convergente em um frasco de vidro vazio e a difração da luz utilizando como rede de difração um pedaço de CD. Nossas atividades no Laboratório de Demonstrações da UFPA vão desde exposições interativas dos experimentos aos alunos de escolas públicas, com duração de aproximadamente 3 horas, até a realização de eventos como oficinas de montagem de experimentos de baixo custo para professores do ensino médio. O uso de atividades experimentais como estratégia de apresentação e discussão da Física, vem sendo apontado como uma alternativa bastante eficiente para minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar Física de modo aprofundado e consistente. De



maneira geral, podemos destacar que em tais atividades se verifica a participação ativa dos estudantes, despertando seu interesse e curiosidade, o que viabiliza um papel mais ativo dos mesmos na construção do seu próprio conhecimento. Neste sentido, nossa experiência no Laboratório de Demonstrações da UFPA nos leva a acreditar que tais atividades experimentais, quando apropriadamente combinadas às aulas teóricas, constituem instrumentos didáticos capazes de facilitar significativamente o aprendizado dos conceitos relacionados com a Óptica.

[03/11/05 - P071]

**A inserção de História e Filosofia da Ciência na licenciatura em Física da UFRGS,** KATEMARI ROSA, MARIA CRISTINA MESQUITA MARTINS, UFBA • Neste artigo trazemos parte da pesquisa em andamento acerca da inserção de História e Filosofia da Ciência no curso de licenciatura em física da Universidade Federal da Bahia e Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Aqui compartilhamos as reflexões até o momento realizadas em relação à UFRGS.

A importância da História e Filosofia das ciências (HFC) para a formação científica de qualidade vem sendo amplamente defendida e no Brasil o volume de pesquisas nessa área vem crescendo exponencialmente, assim como tem se consolidado grupos de pesquisas na área e revistas especializadas, o que indica uma consolidação do campo e reconhecimento da investigação. Entretanto, ainda existe um hiato entre as proposições e as experiências práticas realizadas. Para minimizar esse hiato uma das soluções é investir na formação de professores de maneira que haja professores preparados para contextualizar suas aulas, que tenham passado por um curso de formação que lhes proporcione um ambiente de discussão necessário para, posteriormente, utilizarem a História e Filosofia da Ciência em sala de aula.

Nesse sentido trazemos uma análise da experiência da UFRGS que tem, na matriz curricular do curso de Licenciatura em Física, uma disciplina de História e Epistemologia da Física. Dentro de uma abordagem qualitativa, realizamos entrevistas semi-estruturadas com docentes dessa disciplina. Desse diálogo identificamos que existe uma carência de livros para subsidiarem a inserção de HFC e também que mesmo entre os defensores dessa inserção há muita controvérsia no que se refere ao que ensinar e com que objetivos, ou seja, em controvérsias em relação ao currículo, mais do que isso há divergências quanto à própria visão de História e Filosofia da Ciência.

[03/11/05 - P072]

**O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COMO ELEMENTO MOTIVADOR DO ENSINO DE FÍSICA.,** ÖBERLAN DA SILVA, *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB* • As atividades experimentais relacionadas com o ensino de física têm se apresentado como uma ferramenta importante para a condução do processo de ensino-aprendizagem. No entanto, a dificuldade de obtenção de materiais e as condições dos laboratórios dos cursos de física básica têm prejudicado e dificultado o entendimento de alguns conceitos físicos por parte dos alunos. Uma das saídas encontrada pelos professores e pesquisadores é a utilização

de experimentos com materiais de baixo custo que apresentem resultados satisfatórios. Para mostrar como isso é possível, construí um experimento fundamentado no eletromagnetismo, capaz de provocar a levitação magnética, onde está presente de forma bastante significativa as Leis de Faraday e de Lenz. Sendo assim o meu objetivo é mostrar que mesmo trabalhando com sucatas podemos reproduzir fenômenos físicos e explicar os conceitos que estão presentes neles. Além disso, através do uso desse experimento, podemos gerar discussões de outros fenômenos que possa despertar nos alunos um maior interesse pela física, pois o dispositivo é capaz de provocar a levitação magnética utilizando apenas materiais alternativos (uma máquina velha de contar moeda e um HD) obtidos de sucatas. Este consiste de um motor de indução magnética (72W e 80Vcc), um disco de alumínio (10cm de diâmetro e 1cm de espessura), um transformador de tensão com saída (90V, 15V e 10V cc), um ímã permanente encontrado em HD de computador, e uma base de madeira (30cm x 30cm) para sua montagem. Por ser de fácil manuseio podemos levá-lo ao ambiente da sala de aula para demonstração dos conceitos físicos que estão por trás das Leis de Faraday e de Lenz. Além disso, é importante chamar a atenção sobre a utilização de materiais alternativos como uma forma de construir experimentos de baixo custo, para a realização de atividades experimentais em sala de aula que possa proporcionar uma maior visualização dos fenômenos físicos e conseqüentemente uma aprendizagem mais significativa.

[03/11/05 - P073]

**A Exploração de Recursos Naturais em Práticas Pedagógicas Interdisciplinares e Contextualizadas,** JAIR STEFANINI PEREIRA DE ATAÍDE, *UEPB* • Resumo O ensino médio deve garantir ao aluno competências referentes ao estudo que envolve as Ciências Naturais, dentre elas: a aplicação de tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para a vida do aluno; a utilização de elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais; o reconhecimento do sentido da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade de transformar o meio; e desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais. Partindo da necessidade de integração das áreas de Ciências Naturais e Humanas através de trabalhos desenvolvidos na escola pelos alunos, observamos melhorias do interesse, da participação e do rendimento escolar quando nossos alunos produziam materiais por eles pesquisados e transformavam as aulas teóricas em aulas práticas realizadas tanto em sala de aula como em campo. Permitir que os alunos construam seus conhecimentos observando que as práticas de aprendizagem desenvolvidas por eles, através de confecção de experimentos com materiais de baixo custo oriundos de recursos naturais que os “rodeiam”, relacionam-se aos conceitos teóricos estudados em sala de aula e, proporcionar que a aprendizagem ocorra pelo processo do “aprender-fazendo”. Levando-se em consideração a grande dificuldade de assimilação de conteúdos teóricos nas disciplinas

que fazem parte Ciências Naturais (Física, Química, Matemática), os professores dessa área junto com a área de Ciências Humanas desenvolvem desde 2001, aproveitando materiais de baixo custo, a experiência: “A Exploração de Recursos Naturais e Materiais de Baixo Custo em Novas Práticas Pedagógicas Interdisciplinares”. O recurso metodológico escolhido foi considerar o aluno como co-autor e sujeito da construção da experiência. A proposta foi despertar no educando curiosidade e interesses pelos temas trabalhados e, ao mesmo tempo, levá-lo à participação efetiva na descoberta do mundo que o cerca. Os resultados preliminares estão sendo excelentes, com índice de aproveitamento bastante elevado. Percebemos, então, o interesse do alunado quando as aulas deixavam o espaço tradicional da sala de aula e íamos para a prática em campo, fazendo com que acontecesse o ensino “aprender-fazendo”. Uma prova disso é que os estudantes têm demonstrado interesse em aprender sobre conceitos teóricos cuja abstração não se dá apenas pela memorização de conteúdos. Essa atividade resultou em aulas mais participativas e numa significativa melhora do rendimento e da aprendizagem escolar.

[03/11/05 - P074]

**O Surgimento do Calendário Gregoriano,** OSVALDO FARIAS ALVES, SAMARA OLINTO MONTENEGRO, FERNANDA DE SOUSA SALES, JAIR STEFANINI PEREIRA DE ATAÍDE, MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE, *UEPB*

• RESUMO: O Ensino Médio, em particular o de Física, ainda hoje dá uma atenção especial à resolução de problemas com a utilização de fórmulas, onde há uma predominância da linguagem matemática. Esta forma de ensino leva o aluno a concluir que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Ao longo da história, a ciência vem sofrendo modificações na sua representação e nas formas de produção. Sendo assim, a construção histórica passa a ser fundamental para o entendimento do seu processo evolutivo. Os alunos devem entender que, diferente do que apresentam os livros didáticos, as teorias e as descobertas científicas não são frutos de uma evolução linear, mas de uma construção cheia de sobressaltos permeada por aspectos sociais, políticos, econômicos e religiosos. Mostrar como se deu o processo evolutivo da construção do Calendário Gregoriano, que se utiliza ainda hoje, mesmo depois de tantos avanços tecnológicos, enfatizando a nomenclatura dos meses e dos dias, com a utilização de materiais alternativos. Para a consecução dos objetivos propostos foram desenvolvidos estudos bibliográficos, selecionando-se obras de formação teórico-metodológica, sobretudo relacionadas aos conceitos de dias, meses e ano. No caso dos materiais alternativos foram usados cartões telefônicos. Quanto à pesquisa bibliográfica tem-se que o calendário é um sistema de medida e registro da passagem do tempo, baseado em medidas astronômicas, tais como: o movimento aparente do Sol, da Lua e das estrelas, e cujas divisões (estações, meses, semanas, dias e horas), procura atender as necessidades da vida civil e religiosa. Os calendários surgiram da necessidade de se conhecer os ciclos de chuvas, de secas e das colheitas. As

antigas civilizações do Egito, foram os primeiros povos a desenvolver um sistema de calendários, devido ao seu sistema de escrita ser bem desenvolvido. O calendário gregoriano foi criado por Gregório XIII, para resolver o problema do desvio existente no calendário Juliano, onde a solução foi acrescentar o ano bissexto a cada quatro anos. Na época, como a Igreja Católica era a instituição mais poderosa do mundo, onde o calendário gregoriano acabou prevalecendo em toda a Europa, e depois pelo resto do mundo. Já as utilizações dos cartões telefônicos, estes mostram ser um meio eficiente e de aspecto visual bonito que chamaram a atenção dos alunos durante a exposição do tema. Utilizando a história em conjunto com os materiais alternativos, é possível abordar um aparentemente sem vínculos no contexto escolar, mas que na realidade trata-se de um tema gerador.

[03/11/05 - P075]

**A produção de experimentos de baixo custo no Ensino Médio como atividade motivadora no processo de ensino-aprendizagem de Física,** ELIADE FERREIRA LIMA, FERDINAND MARTINS DA SILVA, *UESB - BA - Brasil* • Este trabalho tem

por objetivo discutir o papel da experimentação no processo de elaboração do pensamento científico bem como a importância das atividades experimentais na obtenção de resultados significativos no processo de ensino-aprendizagem de Física. A experiência ora relatada foi vivenciada por alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Agrotécnica Sérgio de Carvalho, em Vitória da Conquista, na Bahia. Após assistirem às aulas expositivas e resolverem problemas juntamente com o professor, os alunos, organizados em grupos, produziram seus próprios experimentos com materiais alternativos e os apresentaram aos colegas da turma, explicando os fenômenos observados e a relação destes com os conteúdos das aulas expositivas. Os resultados obtidos também foram relatados por meio de questionário elaborado pelo professor. Percebemos que a utilização de um aparato experimental, após a participação na sua construção, fez com que os alunos tivessem uma idéia mais clara a respeito da teoria ministrada durante as aulas expositivas. Observamos, ainda que houve um maior interesse e motivação pela disciplina e que as experiências de laboratório realizadas com experimentos produzidos pelos alunos proporcionaram oportunidades de conhecimento, através de desafios, reflexões, interações e ações, proporcionando um salto de qualidade no processo de ensino-aprendizagem.

[03/11/05 - P076]

**Divulgando a ciência no ensino fundamental: Um estudo de caso a cerca do som.,** ANDRÉ AFONSO ARAUJO MARINHO, ALESSANDRO

FREDERICO DA SILVEIRA, ULYSSES VIEIRA DA SILVA FERREIRA, ANA MARIA DA SILVA, *Uepb- Pb - Brasil* • A ciência, especificamente a Física, é encarada como o “bicho papão”, sofrendo uma grande aversão por parte do alunado. Uma das causas está associada ao tratamento e abordagens dadas a esta ciência, uma vez que o aspecto quantitativo é supervalorizado. Percebe-se que para ocorrer mudanças, é preciso ser cauteloso e é imprescindível, uma reestruturação, tanto curricular, como na forma de

ensinar e divulgar esta ciência. O laboratório de ciências, assim, como centros de divulgação (museus de ciências), espalhados pelo país, são também locais apropriados para que a ciência seja divulgada ou apresentada à sociedade. Esse trabalho mostra como a ciência pode ser trabalhada de maneira informal, tomando como referência a filosofia do projeto mão na massa e utilizando-se de uma pedagogia museal própria (realizada no museu vivo da ciência, na cidade de Campina Grande-PB), a fim de proporcionar uma aprendizagem prazerosa, não vinculada ao ensino transmissor de informação. Para tal utilizou-se como temática o estudo do som, em que, crianças da 3ª a 4ª série do ensino fundamental I, foram o público alvo, para a realização do trabalho. Inicialmente, foram formados grupos, especificamente duplas, onde a valorização do conhecimento prévio que estas crianças traziam foi levado em consideração. Num segundo momento as duplas passavam a construir alguns experimentos manipulativos e através do levantamento de hipóteses o conhecimento científico era construído de forma sistematizada. Através das respostas dadas bem como dos desenhos ilustrativos que fizeram após a aplicação da atividade, percebe-se que as crianças compreendem o som como onda sonora, e atribuem características específicas ao som, quanto sua origem e propagação. Fora da escola (museu) a ciência pode e deve ser divulgada, o que pressupõe que nas séries iniciais é possível trabalhar com a física, numa perspectiva em que a estrutura cognitiva da criança deva ser levada em consideração.

[03/11/05 - P077]

**Repensando o Uso do Computador no Ensino-Aprendizado de Física,** DIEGO TIBÉRIO DE QUEIROZ MARTINS, EDGLEI DE SOUSA MARQUES, RAFAEL TEIXEIRA EUFRÁSIO, THIAGO NOGUEIRA DE CASTRO, UECE - Universidade Estadual do Ceará • Com o súbito crescimento da microinformática e difusão dos microcomputadores nos últimos anos, surge o computador como um agente facilitador para o ensino de ciências, com grande argumentação, promovendo uma maior praticidade para se projetar simulações, ou até mesmo comprovar fenômenos naturais em programas adaptados nesse novo mundo virtual. De fato, com o avanço da tecnologia (a máquina), com softwares cada vez mais visuais e sofisticados, possibilita um grande avanço no caminho da modernização e da projeção do ensino de ciências no ramo da aplicação computacional. Porém, paradoxalmente, o que se percebe é uma pouca utilização do computador como ferramenta realmente auxiliadora neste processo de ensino-aprendizagem. É nessa perspectiva que neste trabalho propomos um auxílio para os demais docentes dos ensinos médio e fundamental, através de entrevistas direcionadas a professores de escolas que possuam laboratório de informática na cidade de Fortaleza-CE. Pretendendo-se analisar todos os aspectos que levariam aos professores a utilizarem, ou não, programas computacionais em suas aulas para facilitar o aprendizado de seus alunos. Os problemas encontrados para a não utilização dos softwares disponíveis na rede são avaliados de maneira imparcial, podendo ser apresentados dados suficientes, específicos

para uma melhor abordagem deste mundo computacional para a metodologia do ensino. Proporcionando a apresentação de softwares dispostos a compensar a “realidade natural”, vivenciada no nosso mundo cotidiano, pela “realidade virtual”, apresentada pelas linguagens computacionais. Fazendo com que o aluno interaja com maior facilidade com os fenômenos físicos.

[03/11/05 - P078]

**Medidas de fotometria usando-se fotodetector de mouse,** MARCEL LUIZ RODRIGUES FERREIRA, PETRUS ALCANTARA JR, JORDAN DEL NERO, CLÁUDIO MÁRCIO ROCHA REMÉDIOS, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, UFPA • A fotometria consiste no estudo das medidas do iluminamento de superfícies por uma fonte luminosa. Apresentamos aqui uma metodologia simples para ser desenvolvida com estudantes dos Cursos de Física (Licenciatura e Bacharelado) para um melhor entendimento desta parte da óptica. Devido ao alto custo dos fotodetectores em geral, fica difícil incorporar os experimentos de fotometria que utilizam os mesmos, portanto propomos neste trabalho uma maneira alternativa para montar tais experimentos uma vez que utilizamos fotodetectores de baixo custo que existem no interior do mouse de computador. Esse detector transforma a luz incidente sobre ele numa ddp que pode ser medida por um multímetro. Numa primeira configuração medimos a variação da intensidade de luz registrada no multímetro em função da distância da fonte de luz (lâmpada incandescente) ao detector bem como a influência do ângulo de incidência no iluminamento da superfície. E num segundo tipo de experimento monitoramos a distribuição espacial da intensidade da luz de dois lasers, sendo um de He-Ne (630nm - 10 mW) e um DPSS (Diode Pumped Solid State) laser (532 nm - 180 mW). Os resultados confirmam as leis da fotometria: a) variação do iluminamento com o inverso do quadrado da distância da fonte, b) variação do iluminamento com o ângulo de incidência. Obtivemos, ainda, o comportamento gaussiano da distribuição espacial da luz dos dois lasers utilizados, bem como medimos as suas cinturas. Outros experimentos de óptica podem ser realizados com auxílio dos fotodetectores mencionados, tais como: caracterização de fontes de luz pelo seu espectro UV Visível, demonstração da saturação na geração da tensão pela incidência de luz, estudo da flutuação temporal da luz emitida por um laser, medida do coeficiente de atenuação da luz em um meio.

[03/11/05 - P079]

**Ensino através de Temas: utilizando o trânsito em uma cidade para ensinar cinemática,** SÉRGIO HENRIQUE DE OLIVEIRA BEZERRA, NPADC - UFPA, JOSÉ RICARDO DA SILVA ALENCAR, NPADC-UFPA • Esta pesquisa foi desenvolvida no segundo semestre de 2004 na Escola Estadual Dilma Sousa Cattete, localizada num bairro da periferia de Belém no Estado do Pará. Os sujeitos envolvidos neste estudo foram estudantes da primeira série do ensino médio no turno da noite nas quais constatamos a partir da fala dos alunos, que a maior parte já desenvolvia atividades trabalhistas em outros turnos e estavam acima da idade escolar (mais de 21 anos). Tendo como referencial

professores-pesquisadores como, dentre outros, Paulo Freire, Demétrio Delizoicov e Licurgo Brito, utilizamos como proposta metodológica o ensino através de temas, por nós denominados temas conectores, a saber, “Trânsito em Belém”. Este foi desenvolvido em quatro momentos pedagógicos, tendo subjacente a esta prática o estímulo ao desenvolvimento de atitudes crítico-reflexivas e tomada de decisão. Analisamos as produções (mapas, textos, tabelas e gráficos) próprias dos alunos, buscando elementos para nossa reflexão docente sobre a possível capacidade inerente de proporcionar uma reorganização intradisciplinar e inserção da interdisciplinaridade através da utilização de temas conectores. Implementamos a tentativa de reconectar significativamente assuntos diferenciados de cinemática, não baseada apenas na exposição de assuntos fragmentados como usualmente nos apresentam os livros textos clássicos, que se apoiam na assertiva: a ontogênese repete a filogênese. Também, intentamos trazer elementos curriculares não oficiais de forma mais relevante ao aluno, ou seja, partindo de situações pertencentes ao contexto sócio-histórico dos envolvidos na situação de ensino-aprendizagem. Dentre outras considerações, inferimos que esta abordagem metodológica pode se apresentar como uma aliada na alfabetização científica já que, como nos mostra uma análise preliminar dos dados, encontramos inúmeros aspectos presentes nas aulas - a saber: participação efetiva dos alunos, motivação, espaço para o diálogo entre o senso comum e o conhecimento científico. Ressaltamos que a utilização de temas conectores favorece o rompimento das barreiras fragmentárias ainda presentes nas escolas, assim como, propicia a reflexão discente sobre a concepção de Ciência que eles apresentam, a crítica sobre a exatidão de resultados experimentais e a validade das fórmulas matemáticas utilizadas para modelar as situações fenomenológicas. Concluímos que a ciência pode produzir interesse aos estudantes, nossos papéis de educadores é buscar proporcionar resignificar o cotidiano, promovendo o que a ciência objetiva: conhecer mais. Esperamos com este trabalho avançar no sentido de superar as dificuldades inerentes ao processo educacional, principalmente, na educação científica que sofre com o baixo grau de formação de cientistas no país.

[03/11/05 - P080]

**A abordagem do conteúdo dualidade onda-partícula nos livros didáticos de Física do Ensino Médio,** ALTAMIR SOUTO DIAS, EDVALDO DE OLIVEIRA ALVES, *Universidade Estadual da Paraíba* • A inserção da Física Moderna no Ensino Médio vem sendo amplamente discutida. Ela é mais uma oportunidade de se tentar aproximar a física do cotidiano do aluno. A literatura especializada tem discutido diversos temas relacionados à formatação desta inserção. Em alguns trabalhos se discute a importância deste tema na formação científica do aluno (OSTERMANN & MOREIRA, 2000). Alhures se discute formas de abordar seus conteúdos (CAVALCANTE et al., 2002 & VELARDE, 2002). Dentre as diversas discussões sobre o tema constitui-se questões desafiantes o despreparo dos docentes, a escolha dos tópicos de Física Moderna que devem ser ensinados no Ensino

Médio e a escassez de livros didáticos que abordem o tema (CORREIA, 2003). Com relação ao livro didático de Física, à análise de quantos e quais tópicos de Física Moderna e como tais tópicos são abordados, é campo fértil para a pesquisa. O conteúdo dualidade onda-partícula tem sido tema recorrente nos trabalhos de investigação nesta área. Neste sentido, nosso objetivo, Baseando-se nos critérios do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), foi traçar um paralelo entre as abordagens, da dualidade onda-partícula utilizadas nos livros Didáticos de Física do Ensino Médio mais comumente adotados nas escolas de Campina Grande-PB. Para tanto, foram escolhidos cinco livros denominados de A, B, C, D e E e, em seguida foi realizada a análise. Num primeiro momento, os resultados evidenciaram que existem vários problemas. Tais problemas apresentam-se na forma de incorreções conceituais, omissões de conceitos, rigor matemático, desvinculação do conteúdo com o cotidiano e ausência de atividades experimentais.

[03/11/05 - P081]

**Lombadas eletrônicas: o que a Física tem a ver com isso?,** ELIALDO ANDRIOLA MACHADO, , FÉLIX MIGUEL JÚNIOR, CLÁUDIO PEREIRA DA COSTA, VANESSA PEREIRA DA SILVA, *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB* • Utilizada para fins educativos em nível de conscientização e organização do trânsito da sociedade moderna, as lombadas eletrônicas - também conhecidas como registradores eletrônicos de velocidade - são equipamentos programados para detectar a velocidade de veículos por meio de sensores de pressão, informando as autoridades de trânsito quando a velocidade limite previamente estabelecida para determinada localidade é ultrapassada. De posse de tais informações (geralmente foto do veículo mostrando o número da placa), o condutor é punido por infringir às leis de trânsito em vigor no país. As lombadas eletrônicas geralmente são instaladas em locais de grande fluxo de veículos e de pedestres com o objetivo principal de evitar acidentes. Apesar de sua importância principalmente nos grandes centros urbanos, o conhecimento estrutural e de funcionamento desses equipamentos ainda é pouco conhecido para a maioria das pessoas que têm contato quase que diário com tais equipamentos. O presente trabalho tem o objetivo de mostrar de maneira relativamente simples, o funcionamento das lombadas eletrônicas, dando ênfase aos conceitos físicos envolvidos no processo de determinação da velocidade máxima permitida, bem como procura explicar fisicamente como as informações são processadas e enviadas as autoridades competentes. Apesar das controvérsias existentes quanto ao uso ou não dos registradores eletrônicos de velocidade, as estatísticas mostram que em determinadas localidades onde as lombadas eletrônicas foram instaladas, observou-se uma considerável redução de infrações e de acidentes de trânsito.

[03/11/05 - P082]

**Construção de um telefone de baixo custo,** HAMONA NOVAES DOS SANTOS, NUCCIA CARLA ARRUDA DE SOUSA, LUIZ DARCY DE M. CASTRO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • A eletricidade e o magnetismo

são fenômenos que o ser humano conhece desde a antiguidade. Sabe-se que os gregos há 25 séculos, já conheciam a atração elétrica que o âmbar, quando esfregado em pele de animais, exerce em pequenos objetos. O nome grego do âmbar é *electron*, origem da palavra eletricidade. A palavra magnetismo deriva do nome de uma antiga cidade da Ásia Menor chamada Magnésia. Talvez a aplicação mais difundida da teoria eletromagnética esteja nas telecomunicações. É inconcebível imaginar nosso cotidiano sem os telefones, por exemplo. No entanto, a maior parte dos princípios de funcionamento envolvido nos processos de comunicação ainda constitui um mistério para a maioria das pessoas, pois as leis físicas por traz de tais processos são, apesar de simples, pouco compreendidas. Neste trabalho, propomos a construção de um telefone usando materiais de baixo custo, cujo funcionamento é basicamente o mesmo dos telefones fixos comuns. Através deste experimento podemos explorar de uma maneira simplificada e motivante, conceitos técnicos como o de corrente portadora e corrente modulada e leis físicas como a lei de indução de Faraday e de Ampère.

[03/11/05 - P083]

**Confecção de Termoscópios usando Materiais Alternativos,** UBIRATAN CORREIA SILVA, JORGE ANDERSON PAIVA RAMOS, LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • Os primeiros termômetros surgiram na idade média e eram chamados de termoscópios. Os termoscópios são dispositivos de construção relativamente simples que proporcionam observações interessantes e motivadoras. Seu estudo está intimamente ligado a história do conceito de temperatura de forma que contribui não apenas para o esclarecimento das leis físicas envolvidas no fenômeno, como também constitui uma excelente ponte de interdisciplinaridade entre as ciências. Por exemplo, pode-se usar um termoscópio para explicar o processo de controle de temperatura corporal dos animais homeotérmicos, bastando usar substâncias que possuem taxas de evaporação diferentes, como água e álcool, por exemplo. Associando ao termoscópio um simples secador de cabelos podemos explorar conceitos meteorológicos como a influência da umidade do ar e dos ventos na sensação térmica. Além, de sua característica interdisciplinar, o uso dos termoscópios nos permite explorar conceitos, tão pouco compreendido pelo aluno, como o de pressão atmosférica, temperatura, mudança de estado físico, dentre outros. Utilizando termoscópios de diferentes cores podemos evidenciar a absorção relativa entre superfícies de cores diversas. Visto a variedade e profundidade de conceitos que podemos explorar com o uso de termoscópios, propomos nesse trabalho a confecção de termoscópios utilizando materiais alternativos e de baixo custo para serem utilizados em sala de aula com o objetivo de contribuir para uma melhoria do processo de ensino - aprendizagem.

[03/11/05 - P084]

**Ciclo da água numa abordagem lúdica,** KARINE DOS SANTOS, INDIANARA LIMA SILVA, RAFAELA LUIZ PEREIRA SANTOS, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVEIRA, MORGANA LÍGIA FARIAS FREIRE, *Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba* •

Ciclo da água numa abordagem lúdica Autores: \*Karine dos Santos Indianara Lima Silva Rafaela Luiz Pereira Santos Alessandro Frederico da Silveira Morgana Lígia Fernandes Freire

No intuito de apresentar alternativas e a necessidade de abordagens metodológicas inovadoras do ensino de física, este trabalho enfatiza a importância de vincular a ciência com a arte. Especificamente, trabalhou-se a temática do ciclo da água, numa perspectiva do uso racional deste recurso hídrico, dentro do contexto da realidade do aluno, através de uma abordagem lúdica, utilizando o teatro como recurso pedagógico. Direcionado ao público integrante do ensino fundamental I, a abordagem da temática supracitada, valorizou os aspectos cognitivos da criança neste processo de construção do conhecimento, através da dialogicidade dos conceitos ali inseridos. Através do teatro, bem como a realização de uma oficina pedagógica, desenvolvidos com materiais de custo acessível, esta intencionada a averiguação da construção do conhecimento, pôde-se perceber que a ciência vinculada a arte, proporciona uma aprendizagem significativa. Tal percepção se deu pela representação ilustrativa que as crianças representaram em cartazes, acerca da temática em questão.

[03/11/05 - P085]

**Simulação do Funcionamento de Aparelhos Eletrodomésticos com Materiais Reciclados,** CARLA FABIANA CERQUEIRA MACHADO, LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, JORGE ANDERSON PAIVA RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • No mundo industrializado e capitalista em que vivemos hoje, é comum o uso de aparelhos eletrodomésticos, praticamente em todas as residências se encontra com facilidade uma TV, um liquidificador, um rádio, um ferro de passar, etc. A própria sociedade nos impõe a necessidade de termos estes tipos de aparelhos. A cada avanço tecnológico esses aparelhos vão sendo modificados se tornando cada vez mais sofisticados, porém o seu princípio de funcionamento básico é o mesmo, desde aquela antiga radiola até um som 3 em 1, por exemplo. O que chama atenção é o fato de estarmos tão próximos aos equipamentos eletro-eletrônicos e achar que só um cientista ou um técnico sabe como eles funcionam. Neste trabalho usaremos matérias “reciclados” com objetivo de simular o princípio básico de alguns eletrodomésticos, demonstrando assim que não se trata de um “bicho de sete cabeças”, e que é de fácil entendimento e qualquer um pode compreender. Além disso é muito prazeroso desmistificar a física, explorando o lado atrativo de interesse da maioria dos estudantes, pesquisadores, curiosos da área e até mesmo aqueles que desconhecem o fantástico mundo das ciências. Com a evolução desta técnica, procuraremos expandir o projeto, indo além da universidade, levando-o às escolas de ensino fundamental e médio, despertando o prazer pela física.

[03/11/05 - P086]

**CONSTRUÇÃO DE UMA LÂMPADA DE ARCO ALTERNATIVA,** LÁZARO SADRACK MEIRA ARAÚJO, LUIZDARCY DE M. CASTRO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • Embora

as atividades experimentais sejam uma necessidade incontestável para todo professor de disciplina da área de Ciências, sua utilização em sala de aula é ainda inexpressiva no ensino fundamental e raríssima no ensino médio. Essas atividades no ensino de Física são de suma importância para desenvolver no aluno diferentes e concomitantes formas de percepções qualitativas, de manuseio, de observação, de confronto, de dúvida e de construção social. No entanto, na maioria das escolas, principalmente as públicas, tal atividade experimental não tem sido realizada, ora por despreparo dos professores ora por falta de laboratórios de ensino. Neste trabalho, propomos a realização de um experimento confeccionado com materiais alternativos que pode ser levado à sala de aula para auxiliar o professor nas discussões da teoria, tornando os dados experimentais mais significativos com os quais possa propor ou verificar hipóteses e, preferencialmente fazer previsões sobre experiências ainda não realizadas. Em tal experimento confeccionamos uma lâmpada de arco alternativa, que além do grande interesse gerado pelo efeito visual causado pelo brilho do arco, proporciona um excelente recurso na explicação de vários conceitos físicos importantes como por exemplo: a rigidez dielétrica de um material, a idéia de plasma, queda de potencial num resistor e o poder das pontas.

[03/11/05 - P087]

**CONFEÇÃO DE APARATOS DE BAIXO CUSTO PARA O ESTUDO DA POLARIZAÇÃO DA LUZ,** JOABSON GUIMARÃES DA SILVA, LUIZDARCY DE M. CASTRO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • O Ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mais também por isso, vazios de significados. A compreensão de teorias Físicas deve capacitar o aluno para uma leitura de mundo articulada, dotada de potencial de generalização que esse conhecimento possui. Entretanto, a atividade experimental, apesar da sua indubitável importância, tem sido menosprezada no ensino de ciências, e quando aplicadas, os procedimentos quase sempre são tradicionais. Alguns conceitos físicos são de difícil entendimento para aluno devido ao seu grande grau de abstração. A teoria ondulatória da luz sempre foi de difícil compreensão para o aluno do ensino fundamental e médio. O fenômeno da polarização da luz, apesar da sua imensa importância, tem sido geralmente omitido dos currículos do ensino médio, o que acarreta um grande prejuízo no próprio entendimento do caráter ondulatório da luz. Neste trabalho propomos a implantação de experimentos usando polaróides alternativos para demonstrações em sala de aula. A motivação gerada pela beleza dos efeitos visuais, que também são intrigantes, constitui uma grande estratégia no processo ensino-aprendizagem. Os métodos alternativos usados na confecção dos polaróides nos permitem abordar conceitos mais profundos da ciência e tecnologia, como por exemplo: transições de fases nos cristais e proteção visual de óculos de sol.

[03/11/05 - P088]

**CONFEÇÃO DE UM DILATÔMETRO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO,** ALVY NUNES GUIMARÃES, LUIZDARCY DE M. CASTRO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • A mudança das dimensões de um corpo com a variação de sua temperatura é um fenômeno muito presente no nosso cotidiano, para enumerar considere que: nas pontes de estradas de rodagem há sempre fendas para dilatação; as canalizações nas refinarias são projetadas com arruelas de dilatação, de modo que não entortem quando a temperatura subir; os materiais utilizados para obturações dentárias devem ter propriedades de dilatação semelhantes às do esmalte do dente; na fabricação de aviões, os rebites e outros pinos de fixação são projetados para serem resfriados em gelo seco antes de sua colocação, de modo que quando dilatam dão um ajuste firme. Porém, infelizmente, nem sempre o fenômeno da dilatação térmica é compreendido pelos alunos, pois na maioria das vezes está muito distante do seu cotidiano. Neste trabalho propomos a confecção de um dilatômetro, utilizando materiais alternativos e/ou de baixo custo, que pode ser levado à sala de aula para auxiliar o professor nas discussões da teoria, tornando os dados experimentais mais significativos com os quais possa propor ou verificar hipóteses. Tal instrumento nos permite a medida do coeficiente de dilatação linear. Na construção do equipamento contornamos as dificuldades técnicas como: a garantia de a barra do dilatômetro esteja a uma temperatura uniforme e um dispositivo que possa registrar as pequenas variações da barra com a temperatura. Através desse experimento o aluno pode observar e medir um fenômeno que por observação direta seria imperceptível.

[03/11/05 - P089]

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA O ESTUDO DE EFEITOS MAGNÉTICOS,** LÁZARO SADRACK MEIRA ARAÚJO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, LUIZDARCY DE M. CASTRO, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • A ciência do magnetismo tem origem na antiguidade. A palavra "magnetismo" vem de uma região na Ásia Menor chamada Magnésia, onde essas pedras foram encontradas. Atualmente, reconhecemos que essa descoberta é de grande utilidade, desde o pequeno ímã utilizado em enfeites de geladeira até o gravador de fita magnética e os discos de computador. Os médicos se utilizam do magnetismo individual dos núcleos atômicos para conseguir imagens dos órgãos dentro do corpo humano. Sondas espaciais nos enviam informações acerca da estrutura interna da Terra e de outros planetas, através da medição do magnetismo desses corpos. Porém, infelizmente, nem sempre os fenômenos ligados ao magnetismo é compreendido pelos alunos, pois na maioria das vezes é apresentado de uma forma demasiadamente teórica, distante do cotidiano do aluno. Neste trabalho propomos um experimento, confeccionado com material de baixo custo, para o estudo de vários fenômenos ligados ao magnetismo, tais como: força de Lorentz,

força eletromotriz induzida (sem a variação do campo magnético e do fluxo magnético) e correntes induzidas em superfície condutoras em movimento. Esperamos que este protótipo quando levado à sala de aula torna mais claros aspectos conceituais relacionados à Lei da Indução de Faraday tão pouco compreendidos pelos alunos.

[03/11/05 - P090]

**Um novo enfoque para o ensino da teoria de Buracos Negros.**, FÁBIO SOUZA DE ARAÚJO, RUBENS SILVA, *Cefet-Pa, UFPA-Pa* • Inúmeras pesquisas vem sendo realizadas a cerca dos buracos negros e quanto mais descobrimos sobre o assunto, aparentemente, mais aumentam nossas dúvidas. Apresentaremos a seguir uma descrição simples e de fácil entendimento a cerca do tema. Após a explosão de uma estrela duas coisas podem acontecer: se sua massa não for superior a 1,4 massa solar esta se transforma em uma estrela de nêutrons, porém se a sua massa for muito superior à massa solar, seu volume diminui fazendo com que esta adquira gigantesca densidade, ao ponto de “capturar” até mesmo a luz que por ventura passe ao seu redor. Estudos preliminares mostram a grande dificuldade para saída de matéria do interior de um Buraco Negro, tornando-o assim imperceptível, portanto o seu estudo é feito de maneira indireta, através de sua ação com as vizinhanças. “Vemos” um Buraco Negro observando “coisas” que o rodeiam sob a ação do seu campo gravitacional ou então que “caem” em sua direção, também sob a ação desse mesmo campo gravitacional. A velocidade com que uma massa gira em torno de um corpo central, a uma determinada distância, é proporcional ao campo gravitacional gerado pelo mesmo no local onde encontra-se a massa. Mesmo sem vermos o corpo central podemos saber qual a sua massa se medirmos a velocidade das nuvens de gás e poeira que o orbitam, por exemplo. Em 1994, astrônomos que trabalhavam com o Telescópio Espacial Hubble, não apenas obtiveram fortes indícios da presença de um buraco negro no centro de uma galáxia espiral, como também mediram a sua massa. Pelo desvio das linhas espectrais da radiação emitida por esse material, chegou-se à conclusão que ele gira em torno do núcleo de M87 com uma velocidade muito grande. Para manter esse material com uma velocidade tão grande é preciso uma massa central também muito grande. Uma quantidade tão grande de massa num pequeno volume interno, gerando uma gigantesca densidade, são características de um Buraco Negro. A massa deste Buraco Negro foi estimada em 3 bilhões de massas solares. É possível que em toda grande galáxia tenha um Buraco Negro, de massa equivalente a milhões ou bilhões de estrelas, em seu centro, cuja formação pode ter ocorrido no universo primitivo, a partir de gigantescas nuvens de gás, ou a partir do colapso de imensos aglomerados de estrelas.

[03/11/05 - P091]

**O MAGNETISMO COM O LÚDICO PARA O ENSINO FUNDAMENTAL: UM ESTUDO DE CASO**, KÁTIA REGINA TAVARES DA SILVA, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVEIRA, *Universidade Estadual da Paraíba* • Tendo em vista as freqüentes reclamações dos estudantes do quanto à ciência é difícil e o “porque” de estudar ciências, é necessário uma mudança na forma de

ensiná-la, tornando-a mais criativa e fazendo com que os estudantes não apenas gostem, como também sejam capazes de descobrir o mundo no qual estão inseridos. Este trabalho verificou através de uma abordagem lúdica de determinados fenômenos magnéticos que estão inseridos no curso de ciências, da quarta série do Ensino Fundamental, o comportamento e a compreensão de um grupo de crianças acerca destes fenômenos. Bem como averiguou a importância desta atividade, como proposta metodológica para melhor viabilizar o processo de ensino aprendizagem em Física. Assim, criaram-se, especificamente, números de “magia”, construídos com material de baixo custo, que através de situações problematizadoras as crianças interagem e refletem acerca de alguns fenômenos magnéticos ali observados, com o auxílio da revisão bibliográfica sobre a Teoria de Desenvolvimento de Piaget, a Formação de Conceitos Científicos na Infância, o Conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, a Importância da Atividade Lúdica como mediadora no Processo de Ensino Aprendizagem e o Magnetismo. Com a atividade executada, percebeu-se que cada criança, dentro de sua limitação, consegue entender o fenômeno da atração magnética. Verificou-se ainda, que a mesma consegue estabelecer uma ligação deste fenômeno aos materiais metálicos, que geralmente o identifica como “ferro”, diferenciando assim dos materiais não-metálicos. O desenvolvimento de atividades de investigação científica desperta na criança o interesse em descobrir melhor a sua interação com a natureza. A brincadeira é uma atividade humana na qual as crianças são introduzidas, constituindo-se em um modo de assimilar e recriar a experiência sócio-cultural dos adultos. O conhecimento científico, especificamente a Física, pode ser abordado de forma interativa, descontraída e prazerosa no Ensino Fundamental.

[03/11/05 - P092]

**Confecção e Caracterização de Capacitores e Indutores Didáticos**, YURI HAMAYANO LOPES RIBEIRO, JOSÉ CARLOS OLIVEIRA DE JESUS, ÁLVARO SANTOS ALVES, *Universidade Estadual de Feira de Santana - Departamento de Física - Projeto Física no Campus* • A investigação de sistemas físicos no laboratório didáticos geralmente segue etapas de modelização, simulação, confecção e caracterização. Nessa comunicação será apresentada uma proposta de atividade em laboratório didático seguindo os citados passos, para o trabalho com capacitores e indutores, o que pretende desenvolver nos estudantes habilidades com conceitos de eletromagnetismo e eletrônica. Neste contexto, desenvolveram-se os modelos teóricos para o capacitor e indutor, os quais foram testados através de programas de simulação e estudadas as condições de otimização destes componentes. Os componentes foram construídos com a utilização de materiais de baixo custo. Serão apresentados, também, resultados experimentais preliminares sobre a caracterização dos componentes através de métodos dinâmicos, utilizando circuitos RC, RL e RLC.

[03/11/05 - P093]

**INFLUÊNCIA DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA EM ESCOLAS PÚBLICAS DE SÃO LUÍS,**

**RAIMUNDO BEZERRA MACEDO FILHO, CARLOS WILLIAM DE ARAUJO PASCHOAL,** *Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão* • No século XIX o laboratório de ensino foi extensamente estudado, dando origem a uma variedade de tipos de laboratórios, tais como: o laboratório programado, o laboratório com ênfase na estrutura do experimento e o laboratório com enfoque epistemológico, entre outros. No entanto, é necessário que estes estudos ultrapassem os limites da dissertação e venha contribuir para uma melhora em sua estrutura e funcionamento, de forma gradual e progressiva. O laboratório, certamente, não é a única solução para todos os problemas que envolvem o ensino e aprendizagem de Física, mas é certo que o laboratório é um dos pontos centrais para torná-la uma disciplina de fácil aplicação ao dia-a-dia, de modo que seus conceitos transponham as salas de aula e sejam úteis, tanto para o crescimento profissional, como para o desenvolvimento no âmbito social, estabelecendo relações entre alunos, fenômenos, teorias e sociedade. Neste trabalho, estudamos a influência do laboratório didático de Física no processo ensino-aprendizagem dos alunos do ensino médio da rede pública estadual da cidade de São Luís (MA), restringida à primeira série do Ensino Médio. Como sonda para medir qualitativamente essa influência, nós usamos a aplicação de micro-aulas de laboratório em escolas que não o possuem, resultados do Processo Seletivo Gradual I (PSG I) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e questionários aplicados às escolas. Basicamente, oito escolas foram escolhidas, das quais, apenas a metade possui laboratório didático de Física, formando assim dois conjuntos. Depois, comparamos os resultados no PSG I da UFMA para os conjuntos por quatro anos consecutivos. Nossa análise mostra que não há diferença significativa nos desempenhos. Para analisar mais profundamente tal resultado, aplicamos questionários a professores e alunos das escolas que possuem laboratório e aulas de laboratório a duas escolas do conjunto que não possui laboratório. Os resultados mostram que a não influência está, em parte, relacionada à utilização inadequada do laboratório didático.

[03/11/05 - P094]

**APRENDER ÓPTICA, APRIMORAR A VISÃO E ENXERGAR O MUNDO,**

**ELIENE S. DOS SANTOS, WALTER ROMERO JR, CICLÂMIO L. BARRETO, PPGCNM/CCET/UFRN, AMANDA V. M. DE SOUZA, LUCIANO A. FROIS, MILTON T. SCHIVANI ALVES, DFTE/UFRN** • Atualmente, um dos grandes desafios do ensino de física, consiste em estabelecer um processo de aprendizagem que possibilite ao aluno relacionar os conceitos e modelos científicos com os fenômenos observados em nosso cotidiano. Para que isso se torne possível é necessário que o conhecimento em física deixe de constituir um objetivo único e um fim em si mesmo, e passe a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Com base

no estudo da óptica geométrica elaboramos e implementamos uma unidade didática temática baseada em textos de apoio e experimento simples, facilitando para os alunos reconhecerem os tipos de lentes (convergente e divergente) com o objetivo de discutir qual a lente apropriada para cada problema visual (astigmatismo, miopia, hipermetropia, etc.). Inicialmente criam-se oportunidades em que os estudantes manifestam seus conhecimentos sobre como enxergamos as coisas, respondendo questões previamente preparadas e expostas. Utilizam-se textos de apoio cuidadosamente escolhidos, através do qual os alunos tomam conhecimento de uma realidade que abranja os problemas visuais e são solicitados a responder em sala de aula, um questionário elaborado sobre os textos. Em seguida, o docente fará uma explanação sobre óptica geométrica, enfatizando o estudo de lentes e como elas são utilizadas para a correção de defeitos visuais. Através de atividades adicionais, qualificadas de conexões interdisciplinares ligadas à saúde, à tecnologia e às ciências sociais, exploramos como acontecem diversas doenças visuais, tais como catarata, glaucoma, daltonismo etc., as técnicas físicas utilizadas para tratamento e diagnóstico, e como e por que as pessoas com problemas visuais sofrem preconceitos. Usar óculos é um fato comum em nosso cotidiano. Contudo poucos conseguem relacionar, ou mesmo perceber, a física envolvida na realização destes instrumentos. A abordagem usada nesta unidade didática favorece uma inter-relação entre defeitos visuais e o conhecimento científico utilizado no diagnóstico e tratamento. Essa pesquisa aborda preceitos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), usando temas unificadores e conexões interdisciplinares, tornando o ensino mais prazeroso e a aprendizagem eficaz. Incorporamos como mote principal o fato de que, com atividades como as desenvolvidas, os alunos tenham mais facilidade em identificar e interpretar as diversas formas de conhecimento de maneira que possam associá-los com os mais diferentes assuntos dentro dessa grande malha de informação.

[03/11/05 - P095]

**Considerações Filosóficas e Científicas do Conceito de Tempo,**

**OSVALDO FARIAS ALVES, UEPB** • RESUMO: O conceito de tempo é demasiadamente marcante, intrigante e questionável em várias áreas do conhecimento humano; principalmente, no que diz respeito a “a história da física” já que este é uma referência marcante no estudo de qualquer fenômeno físico desde épocas remotas até a época atual. Na realidade, será que o tempo é mudança, é movimento,...? O tempo existe? Ou é apenas uma “invenção do homem”? O tempo é finito ou infinito? Será que o tempo existia antes da origem do universo? Conseguir responder a todas essas perguntas, certamente, estaria encontrando condições extraordinárias existentes entre os primeiros instantes depois do “Big Bang”. Investigar e analisar algumas discussões de ordens filosóficas e científicas sobre o conceito de tempo. Bem como, buscar algumas idéias das concepções espontâneas à cerca do tempo e mostrar a problemática de um conceito aparentemente fácil. Para uma investigação deste conceito, no tocante as conexões es-



pontâneas, tem-se como instrumento para coleta de dados um questionário. Este contém relativas ao conceito de tempo, onde as considerações filosóficas e científicas possam ser discutidas. Também tem-se como suporte a pesquisa bibliográfica, a qual será fundamental para abrir alguns questionamentos que, obviamente não esgotam a questão. As concepções fazem consigo a complexidade do conceito de tempo, ou ainda, que este conceito não tem definição, como calor, como temperatura, como corrente elétrica, etc. na realidade, mesmo tentando diferenciar o que seria a concepção filosófica e a científica o tempo, nenhum questionário traz uma definição clara, apenas se guia por um comentário. O tempo por se tratar de um parâmetro que utiliza desde que se nasce, prevalece o “bom-senso”. Então, este conceito cria um leque de questões filosóficas e uma barreira científica, levando as questões que precisam ser avaliadas. É melhor tratar o tempo como um olhar filosófico. O conceito de tempo é inato, não depende da experiência para existir, é o ponto de vista do conhecimento anterior a experiência. Trata-se de um conceito “a priori”. O tempo tem então um caráter filosófico é uma estrutura (conceito) vazio, puro e sem conteúdo.

[03/11/05 - P096]

**Difração de raios-x por cristais usando o método de Laue,** SAULO CORDEIRO LIMA, JORGE RICARDO DE ARAUJO KASCHNY, *Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana* • O método de Laue é o método mais antigo usado para a difração de raios-x por materiais cristalinos. Este método caracteriza-se pelo emprego de um feixe colimado de raios-x, com espectro contínuo, incidindo sobre um monocristal fixo. A detecção é tipicamente feita por intermédio de uma chapa fotográfica, sobre a qual é registrada uma imagem, o lauegrama, contendo manchas escuras que correspondem aos máximos da radiação difratada. Isto pode ser implementado, em um laboratório didático de física moderna, usando uma fonte de raios-x e materiais tipicamente empregados em radiografias odontológicas. Neste trabalho, exploramos vários aspectos da aplicação do método de Laue na caracterização de monocristais de LiF, Si (100) e Si (111). Além de demonstrar o fenômeno de difração é possível explorar algumas aplicações deste método na caracterização de materiais. A análise das imagens obtidas é feita a partir da digitalização dos lauegramas, sendo posteriormente processadas com o auxílio de aplicativos computacionais de indexação e simulação. É possível concluir imediatamente que o aspecto do lauegrama obtido depende da geometria da rede cristalina, sendo bastante sensível à orientação do monocristal com relação ao feixe de raios-x incidente.

[03/11/05 - P097]

**Material Didático: Layouts Modernos e Ilustrações a serviço da educação.,** ADEMIR NICÁCIO SOUTO, RODRIGO CÉSAR FONSECA DA SILVA, *UFCC* • Tanto a qualidade do ensino de Física na escola e seu sucesso na tarefa de formar cidadãos conscientes dos seus deveres e obrigações, estão diretamente ligados na melhoria da qualidade e formação profissional e valorização do trabalho pedagógico do

ensino de Física. A Física, na prática, não é exatamente um livro preso aos moldes tradicionais de ensino, onde equações matemáticas se sobrepõem aos conceitos. Não é também uma simples leitura sobre a Física. Ela propõe uma abordagem contextualizada desta ciência com ênfase na utilização de imagens e formas atraentes não são meramente ilustrativas ou demonstrativas complementares à teoria, mas de maneira a facilitar a real compreensão do tema. O material didático a ser utilizado como referência para todo professor de Física deve estar de acordo com os conceitos modernos de educação de maneira que a matéria seja apresentada não como mera curiosidade, mas relacionadas logicamente com os conceitos envolvidos, garantindo uma aprendizagem significativa, abrindo caminho para o seu desenvolvimento conceitual. Este trabalho tem como tema o estudo de como as formas podem influenciar o aprendizado, o nos remete ao fato de que fixação de um determinado assunto está intimamente ligada a imagens, que capazes de levar consigo muito mais significados do que uma simples frase. Como alternativa para o ensino que se pratica usualmente, esse estudo pode futuramente contribuir para a ampliação das análises realizadas no campo do ensino das artes visuais aplicada a Física, seja na confecção de materiais didáticos com layout arrojado, ou para a formação docente na área, que nos últimos anos, através das tendências metodológicas e teóricas mais recentes, vêm destacando o papel das imagens na educação.

[03/11/05 - P098]

**A utilização de questões abertas para lecionar física no ensino infantil, fundamental, médio e EJA,** LIDIANA N. NOGUEIRA, JEAN RICARDO M. PINTO, ALTEM NASCIMENTO PONTES, ANTÔNIO MAIA DE JESUS CHAVES NETO, *UFPA - PA - Depart. Física - CEP 66075-110* •

**Palavras chaves:** questões abertas, física, ensino.

Os alunos têm uma forma própria de observar e de analisar o mundo, porém, nas escolas, muitas vezes, esse senso comum é ignorado por parte dos professores, causando constrangimento e falta de interesse em aprender física, e por isso, ela é tida pelos alunos como uma disciplina chata e difícil. A utilização de questões abertas é uma proposta de ensinar naturalmente, por serem atividades de questionamentos feitos pelo professores e alunos baseados no cotidiano deles que permitem que os alunos as respondam da maneira que eles observam o mundo, ou seja, um *feedback*, que ajudará o aluno a construir o conhecimento. A partir das soluções que os alunos encontram para os questionamentos abertos, o professor direciona os conhecimentos comuns dos alunos para os conhecimentos científicos. Dessa forma, estimulando a mente dos alunos fazendo-os pensar por intuições *INSIGHT*, poderemos formar indivíduos criativos, que é o objetivo das instituições de ensino. O desenvolvimento da criatividade é um ponto fundamental a ser trabalhado dentro da sala de aula, pois a partir do momento que o aluno percebe que pode responder a qualquer pergunta, ele sente cada vez mais vontade e segurança de aprender e, o professor,

mais realizado ao ensinar. As questões abertas envolvem situações do cotidiano dos alunos, por isso, instigam o interesse e a curiosidade de respondê-las. O professor, por sua vez, deve moldar as respostas, retificando-as de acordo com os conceitos físicos. Da forma semelhante como o pai do Feynman [1], que utilizou questões abertas para ensinar o filho a pensar enquanto criança. A forma de avaliar essas questões é diferente da avaliação de questões fechadas, pois não existe uma única resposta para elas, sendo assim, o professor deve avaliá-las tendo em mente as outras possíveis respostas que poderão estar ou não relacionadas com os conceitos físicos. A prática docente, utilizando as questões abertas, propicia um melhor aprendizado e por isso, este trabalho tem como objetivo mostrar como e porque essas questões facilitam o processo de ensino e aprendizagem de física, de forma natural, no ensino médio.

[1] FEYNMAN, R.P. *Nem sempre a brincar*, Sr. Feynman, 1988, Ed. Gradiva.

PROINT UFPA

[03/11/05 - P099]

**Expectativa dos Ingressantes no Curso de Física da Universidade Federal do Maranhão,** ALEXSANDRA DOS A. SILVA, MARIA CONSUELO ALVES LIMA, *Universidade Federal do Maranhão* • A pesquisa toma como objeto a expectativa dos alunos ingressantes no Curso de Física da Universidade Federal do Maranhão em relação ao curso escolhido e à disciplina Introdução à Física, a qual consta de uma carga horária de trinta horas, oferecida no primeiro período do Curso. Destacam-se, como eixo de análise, os aspectos relativos à formação escolar anterior dos ingressantes que, supostamente, contribuíram no despertar de interesse pelo Curso e, também, nas expectativas e perspectivas que idealizaram sobre o ensino superior de Física, como meio de aprimorar suas potencialidades e aptidões ao longo do processo de formação na Universidade. O objeto do presente trabalho é analisar o que os estudantes almejam desenvolver durante sua vida acadêmica e na disciplina Introdução à Física, aprofundando discussões sobre um dos problemas mais evidente no curso de Física da Universidade Federal do Maranhão: a evasão de estudantes. Pode-se concluir, através dos resultados, que os ingressantes esperam estabelecer relação entre o conhecimento teórico e o conhecimento prático, desenvolvendo habilidades fundamentais em atividades científicas que lhes permitam compreenderem os fenômenos físicos, desenvolver idéias novas no processo de investigação, no âmbito da Física, desenvolvendo condições de continuidade destas vivências no campo profissional. A metodologia utilizada foi a do estudo de casos que consta da interpretação de entrevistas e questionários aplicados aos alunos ingressantes possibilitando uma análise quantitativa e qualitativa das informações obtidas.

[03/11/05 - P100]

**Física Moderna: Conteúdo para Vestibular das Universidades Públicas,** EDVAN MOREIRA, NILTON FERREIRA FRAZÃO, HUMBERTO FILOMENO DA SILVA FILHO, MARIA CONSUELO ALVES LIMA, *Universidade*

*Federal do Maranhão* • Neste ano que se comemoram os cem anos dos trabalhos fundamentais de Einstein, os quais provocaram uma verdadeira revolução em várias áreas do conhecimento, e observa-se a repercussão direta deste conhecimento na qualidade de vida da sociedade, o ensino da ciência no ensino médio, e em particular da física moderna, ainda está no século dezenove. O entendimento da Física Moderna, fator primordial para compreender certos fenômenos relacionados à tecnologia utilizada, atualmente, pela sociedade, ainda parece magia para estudantes do ensino médio. Apesar de, há muito tempo, ser discutida a questão de inserir a Física Moderna no ensino médio, constata-se que são poucas as escolas que colocam os conceitos da física moderna como fundamentais na formação de seus estudantes. Neste trabalho faz-se uma análise do conteúdo da Física Moderna como pré-requisito para o vestibular nas universidades públicas nacionais, abordando os tópicos que já são cobrados em vestibulares, em cerca de cinquenta por cento das universidades federais, e o material didático disponível no mercado. A rápida evolução da ciência nos últimos anos exige mudanças urgentes nos conteúdos ensinados no ensino fundamental e médio e as universidades públicas exercem um papel importante ao divulgarem os conteúdos programáticos cobrados em seus vestibulares, servindo de referências para as escolas de ensino médio. Tenta-se, também, estabelecer uma relação entre o desempenho dos nossos representantes nas Olimpíadas de Física, tanto nacional como internacional, com o conteúdo de Física Moderna estudado no seu Estado de origem.

[03/11/05 - P101]

**Modelos Mentais acerca das Forças de Ação e Reação,** INDIANARA LIMA SILVA, MARIA AMÉLIA, *Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba* • Modelos Mentais acerca das Forças de Ação e Reação

Os modelos mentais são empregados em diversas áreas do conhecimento, tais como, a Filosofia, a Psicologia, a Educação, entre outros. Na Ciência Cognitiva, os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Nesta investigação, utilizamos modelos gráficos referentes à Terceira Lei de Newton e questionamentos para compreendermos quais são os modelos empregados pelos os alunos para explicar tal teoria. O grupo pesquisado, na sua grande maioria, era oriundo de colégios estaduais, os quais cursam o segundo ano do curso de Licenciatura em Física. Os resultados obtidos indicam que para se construir uma aprendizagem significativa é necessário adquirir modelos mentais mais elaborados e consistentes acerca de certos conteúdos, pois no caso da Terceira Lei de Newton, os alunos usaram um modelo mental que não é compatível para se explicar os pares de forças ação e reação. Os modelos iniciais destes alunos fornecem explicações limitadas, em discordância com os modelos conceituais usados para explicar de forma compatível tal modelo.

[03/11/05 - P102]

**O teatro científico como instrumento de divulgação e popularização da ciência.**, RAFAELA LUIZ PEREIRA SANTOS, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVEIRA, ANA RAQUEL PEREIRA DE ATAÍDE, INDIANARA LIMA SILVA, ERIVERTON DA SILVA RODRIGUES, *Universidade Estadual da Paraíba* • Dentro da semana Pedagógico-Científica do CCT da UEPB, o departamento de Física trouxe uma proposta interdisciplinar da ciência com a arte, utilizando o teatro como instrumento de divulgação e popularização da ciência. Este trabalho foi elaborado e desenvolvido por um grupo de estudantes do curso de licenciatura plena em Física desta universidade, onde enfatizou através do cômico, uma relação entre a ciência e o mundo sobrenatural. Inicialmente fez-se um estudo bibliográfico acerca da montagem do espetáculo (TRUPE DA MAGIA), criação e elaboração do roteiro da peça teatral, criação e construção de cenário, figurino e ensaios. Este trabalho foi apresentado em escolas e no Museu Vivo da Ciência, situados na cidade de Campina Grande, onde se atingiu como público alvo, alunos do ensino fundamental e médio. Diante a execução das atividades do teatro científico, percebeu-se o grau de envolvimento e interesse destes alunos com essa abordagem da ciência, especificamente com conteúdos da Física, como também se verificou a importância de vincular a ciência com a arte, contribuindo assim na construção do pensamento científico da sociedade de um modo geral.

[03/11/05 - P103]

**Simulação analógica de vibrações mecânicas forçadas e amortecidas**, ALMEIDA, , EUCLIDES C. L., ARAÚJO, CAMILA A. F., COSTA, MAXIMILIANO A. Q., ANTÔNIO AZEVEDO, *Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Física* • A simulação de fenômenos físicos em tempo real é um problema de interesse atual. Vários sistemas dinâmicos, que são descritos por equações diferenciais não-lineares, podem ser simulados por circuitos baseados em amplificadores operacionais. Estes circuitos permitem acompanhar, em tempo real, mudanças nos fenômenos com uma simples variação dos parâmetros e de condições iniciais. Essa técnica permite investigar e demonstrar o comportamento de sistemas dinâmicos, desde um simples oscilador harmônico até sistemas complexos como aqueles que descrevem fenômenos climáticos e instabilidades em laser. Neste trabalho, apresentamos um circuito eletrônico simples que usa resistores, capacitores e amplificadores operacionais para resolução da equação diferencial não-homogênea de segunda ordem. Usamos essas soluções para simular vibrações mecânicas massa - mola e encontramos uma correspondência entre os componentes do circuito e os coeficientes da equação diferencial, essa relação é bastante simples e útil, permitindo uma boa análise quantitativa.

O ajuste de alguns parâmetros permitiu identificarmos e descrevermos os regimes subcrítico, crítico e supercrítico de oscilação no movimento forçado e amortecido e então, fizemos um estudo quantitativo com base no modelo teórico apresentado. Fizemos também um estudo do sis-

tema quando a força de excitação é ressonante e investigamos a variação da amplitude de oscilação com a frequência da força e calculamos o fator de qualidade. Por último, apresentamos o espaço de fase desses sistemas, analisando o comportamento assintótico das soluções. Devido à simplicidade do circuito e das relações encontradas, ele pode ser usado em cursos de Mecânica Clássica e Dinâmica Não-Linear no nível de graduação.

[03/11/05 - P104]

**A FÍSICA MODERNA INSERIDA NO ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS**, ANA CLÁUDIA B. SALGADO, *Universidade Federal do Ceará - Ce - Brasil e Colegio Christus - Ce - Brasil*, MOACIR C. DA SILVA JÚNIOR, FABIANO S. NOGUEIRA FONTELES, JANETE O. DOS SANTOS, ANTONIO FERNANDO H. SALES, ELONEID F. NOBRE, *Universidade Federal do Ceará - Ce - Brasil* • Em virtude da introdução dos conteúdos de Física Moderna no vestibular da Universidade Federal do Ceará (UFC), muitos colégios da cidade estão tentando se adaptar à nova realidade. Atualmente a Física Moderna ainda continua a ser um apêndice apresentado aos alunos no final do ano com poucos dias de antecedência do vestibular, levando os alunos a um indesejado stress pela apresentação ,em tão pouco tempo, de um conteúdo tão diferente para eles. Esse quadro tende a ser ainda pior quando se trata das escolas de ensino público. Nesse caso o aluno não tem nenhum contato com esse tema. Este trabalho desenvolvido pelos alunos do curso de Licenciatura em Física, constituiu-se em uma pesquisa acerca dos conteúdos de Física Moderna apresentado atualmente nos principais livros de Física, adotados nas escolas brasileiras. Foram enfocados vários aspectos, desde a apresentação dos conteúdos até o preço do livro. Procuramos fazer uma seleção e avaliação de metodologias, estratégias e recursos adequados ao ensino, nas Escolas de Ensino Médio, aplicadas ao ensino da disciplina Física Moderna. O trabalho proporcionou aos licenciandos uma visão bem mais abrangente do ensino da Física Moderna, proporcionando-lhes uma transposição didática entre o que eles aprendiam ao nível universitário, com abordagens e exigências compatíveis com o seu curso, com o que é apresentado para os alunos do Ensino Médio, analisando a matéria do ponto de vista do aluno que ainda está na escola secundária. Além disso, foi possível também comparar a relação existente entre os livros adotados nas escolas de ensino particular com aqueles que são adotados nas escolas públicas, constatando a qualidade inferior dos livros adotados nas escolas de Ensino Público. Percebe-se atualmente a grande preocupação das escolas de Fortaleza, com a inserção do conteúdo de Física Moderna no vestibular da Universidade Federal do Ceará. Entretanto acreditamos que o aprendizado desses conceitos não deva estar ligada unicamente a questão do ingresso na Universidade. É inegável que o mundo em que atualmente vivemos está permeado de mecanismos e equipamentos nos quais os fundamentos da Física Moderna estão aplicados e uma percepção mínima de como a ciência está inserida em nossa vida é condição básica na educação das pessoas em geral e dos jovens em particular. O objetivo deste trabalho não foi

o de criticar este ou aquele livro didático. A idéia foi, desde o princípio, colocar o licenciando em contato com a realidade que vivenciará na sala de aula após a conclusão de seu curso

[03/11/05 - P105]

**Características dos conteúdos abordados nos livros didáticos de Física: ênfase da carga elétrica,** SAMARA OLINTO MONTENEGRO, UFGG • RESUMO:

A Física é uma ciência que trata do processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação do mundo natural através de uma linguagem que humanos possam compreender. Entretanto, os professores de Física do ensino médio se restringem a enumerar leis, matemáticas ou não, geralmente sem o cuidado de discutir com mais detalhes os fenômenos tratados. Uma forma de preencher a lacuna do não entendimento é com o uso da história. A ciência que se tem hoje é fruto de todo um processo histórico. Diante da importância da história da Física para compreensão dos fenômenos, objetivava-se fazer uma análise conceitual do tema Carga Elétrica nos livros didáticos mais utilizados nas escolas da cidade de Campina Grande, PB. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica, para conhecer um pouco da história da eletricidade enfocando a Carga Elétrica. Assim, a finalidade desta pesquisa bibliográfica é dar suporte a análise conceitual da carga elétrica nos livros didáticos. Como a população alvo neste trabalho foram os livros didáticos utilizados nas escolas do ensino médio da cidade de Campina Grande, PB selecionou-se uma amostra de 6 (seis) livros-didáticos (os mais utilizados pelos professores). Esta seleção (da amostra) foi obtida através da realização de uma pesquisa de campo, com professores, cujo instrumento utilizado foi um questionário contendo nove questões discursivas em que visava saber qual o livro-didático adotado e o motivo da preferência. A amostra foi composta por 15 professores do ensino médio. A maioria dos livros possui uma linguagem de fácil compreensão. Todavia, existem aqueles que trazem um conceito já formado. Realmente estes últimos impõem ao aluno a memorizar o assunto explicado e não a aprender de fato o real significado do tema. No caso da presença de experimentos, tem-se que dos seis livros analisados apenas dois livros foram opinados pelos professores. Finalmente, os professores devem evitar adotar livros-didáticos bem resumidos, que não façam uma abordagem histórica, já que esta pode preencher algumas lacunas do ensino da Física.

## EST - Física Estatística

[03/11/05 - P106]

**Bifurcação e Caos de um Sistema Dinâmico Não-linear Forçado,** FRANCISCO FERREIRA DE SOUSA, Universidade do Estado do Pará - PA - Brasil, FÁBIO ALEX PEREIRA DOS SANTOS, LEANDRO SANTOS RIBEIRO, Universidade Federal do Pará - PA - Brasil • Sistemas dinâmicos com comportamento caótico possuem natureza não-linear. Muitos dos sistemas naturais estudados propõem análises de oscilações não-lineares forçadas, que apresentam importantes aplicações à física dos lasers, mecânica, química e sistemas biológicos[1]. No pre-

sente trabalho estuda-se o comportamento dinâmico do sistema forçado "Brusselator" que exhibe oscilações regulares em resposta a uma pequena perturbação, na medida que aumenta a perturbação o sistema dinâmico mostra-se sensível devido a resposta caótica. Assim, o sistema forçado exhibe pontos de equilíbrio instáveis de órbitas quase-periódicas e caóticas, podendo também ter ciclo limite.

[1] AAABASHKIRTSEAVA, I. RYASHKO, L., Sensitivity and chaos Control of the forced nonlinear oscillations. Chaos Solitons and Fractals. 26(2005), 1437 - 1451.

[03/11/05 - P107]

**Quebra de Simetria Temporal e Aumento de Entropia,** LEONARDO BRUNO FERREIRA DE SOUZA,

JEAN PAULO SPINELLY, JOÃO BATISTA DA SILVA, Universidade Estadual da Paraíba • Um fato conhecido é que as leis fundamentais da dinâmica, quer sejam clássicas ou quânticas, são simétricas frente a uma reversão temporal, ou seja, se trocarmos  $t$  por  $-t$ , as equações de movimento não mudam. A simetria para as inversões no tempo significa que todos os fenômenos descritos por essas equações são reversíveis. A natureza apresenta-nos ao mesmo tempo processos irreversíveis e reversíveis, mas os primeiros são a regra, e os segundos, a exceção. A maioria dos processos observados na natureza é irreversível. A reversibilidade corresponde a idealizações. Um dos princípios mais fundamentais da física - a lei de conservação da energia - não determina um ordenamento temporal no qual os fenômenos naturais ocorrem. A distinção entre processos reversíveis e irreversíveis é introduzida na termodinâmica pelo conceito de entropia, que Clausius associa, desde 1865, ao segundo princípio da termodinâmica. O segundo princípio estabelece que a entropia do universo cresce na direção do máximo. Contrariamente à energia, que se conserva, a entropia estabelece a distinção entre processos reversíveis, em que a entropia permanece constante, e os processos irreversíveis, que a entropia aumenta. O crescimento da entropia indica a direção do futuro seja num sistema local ou no universo como um todo. A esse princípio Eddington associou-o à flecha do tempo, ou seja, uma assimetria temporal. O objetivo deste trabalho é estudar a irreversibilidade e a quebra da simetria temporal em um determinado sistema físico. Calculamos a entropia de um gás clássico na presença de um campo eletromagnético, produzido por uma carga que se move com velocidade constante. Observamos que a entropia de um gás ideal clássico submetido a um potencial dependente do tempo, que quebra a simetria por inversão temporal do Hamiltoniano, aumenta com o passar do tempo até atingir um valor máximo.

[03/11/05 - P108]

**O GAS DE REDE E A SEPARAÇÃO TOTAL DE DUAS FASES IMISCÍVEIS,** ANTÔNIO JOSÉ DA COSTA SAMPAIO, ROBERTO LIMA DA COSTA CISNE JÚNIOR, UVA - CE - Brasil • Nesse trabalho, dispusemos dois fluidos imiscíveis numa grade triangular de 256x256, onde fazemos a diferenciação por cores, sendo um de cor vermelho e outro azul. Cada sítio da grade pode conter no máximo 7 partículas (uma partícula parada e 6

possíveis direções de translação espaçadas de 60 graus). O algoritmo é tal que cada sítio poderá ser ocupado pelos dois tipos de partículas, mas não poderá haver partículas com mesma velocidade (vetorial). O estado inicial é gerado com distribuição aleatória, sendo que 50% são partículas vermelhas e 50% são azuis. A densidade é em média de 4,8 partículas por sítio. São utilizadas as regras básicas do FHP lattice gas(1) para movimentar as partículas e produzir colisões. Regras adicionais são usadas para permitir a separação das duas fases. Em trabalho anterior(2), apresentado no XXII encontro de Física do Norte e Nordeste do Brasil, tínhamos conseguido separar parcialmente as fases. Nesse trabalho, apresentamos uma separação total para as duas fases imiscíveis. A separação parcial entre as vermelhas e azuis ocorre aproximadamente à 15.000 passos de tempo, e a separação total entre as partes vermelha e azul se dá a aproximadamente 50.000 passos. Dessa forma, temos em mãos um algoritmo eficiente para a separação de fases imiscíveis no gás de rede e que funciona com relativa rapidez em pequenos computadores.

#### REFERÊNCIAS:

- [1] Frisch, U., B. Hasslacher, and Y. Pomeau, 1986, "Lattice-Gas automata for the Navier-Stokes equations", *Phys. Rev. Lett.* 56,1505-1508.  
 [2] CISNE JÚNIOR, R. L. C., SAMPAIO, A. J. C., ANDRADE JUNIOR, J. Simulação de Escoamento Bifásico em Meios Porosos: XXII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 2004, Feira de Santana - BA. Programa e Resumos. , 2004. v.1. p.142

[03/11/05 - P109]

**Modelo de Potts 1d com Interação de Longo-Alcance via Grupo de Renormalização na Aproximação de Campo Médio,** JOSÉ RICARDO DE SOUSA, *Universidade Federal do Amazonas*, N. S. BRANCO, *Universidade Federal de Santa Catarina* • Recentemente, diversos modelos unidimensionais na presença de interação de longo-alcance decaindo com a distância na forma  $J_{i,j} = J/r_{i,j}^p$  têm sido estudado na literatura, como por exemplo, os modelos de Ising (I), XY e Heisenberg (H). Estes modelos apresentam em comum ordem magnética quando  $1 < p < 2$  com  $T_c(I) > T_c(XY) > T_c(H)$ , onde a temperatura crítica  $T_c(p)$  decresce com o aumento de p, se anulando para  $p > 2$  (região de curto-alcance) e divergindo para  $p < 1$  (região não-extensiva). Outro resultado bastante conhecido é a classe de universalidade como uma função do parâmetro p, em que para  $1 < p < 3/2$  e  $3/2 < p < 2$  temos as regiões clássica (campo médio) e não-clássica, respectivamente. O modelo de Potts com q estados é uma forma generalizada de analisar a classe de universalidade como uma função do parâmetro q, no qual para q=1 (dois estados) temos o caso particular do modelo de Ising. Em particular, o modelo de Potts 1d com interação de longo-alcance tem sido muito pouco explorado, onde classe de universalidade e transição de fase Kosterlitz-Thouless são alguns poucos pontos a serem explorados.

No último Encontro de Física da Matéria Condensada (Santos) aplicamos o método do grupo de renormalização na aproximação de campo médio (MFRG) no modelo de Ising 1d com interação de longo-alcance, em aglomerados finitos de até 27 spins e usamos um método de extrapolação baseado no comportamento do gráfico  $\log(T_c(p))$  versus  $\log(1/N)$  obtendo bons resultados numéricos para as grandezas críticas  $T_c(p)$ ,  $y_t(p)$  (expoente crítico térmico) e  $y_H(p)$  (expoente crítico magnético). Neste trabalho, generalizamos o método MFRG para tratar do caso do modelo de Potts 1d e calculamos as grandezas críticas relevantes. Temos aplicado os métodos de extrapolação baseados nos algoritmos VBS (van den Broeck e Schwartz) e BST (Bulirsch e Stoer), onde discutimos as eficiências dos dois métodos. Obtivemos em aglomerados finitos excelentes resultados quando comparamos para o caso q=1 (Ising) obtidos por simulação de Monte Carlo, e para  $q > 1$  não dispomos de resultados rigorosos na literatura. APOIO: CNPq, FAPEAM e FAPESC.

[03/11/05 - P110]

**Transição de fase quântica I: Modelo de Heisenberg 2d com interação de longo-alcance competitiva,** JOSÉ RICARDO DE SOUSA, *Universidade Federal do Amazonas*, NILTON DA SILVA BRANCO, *Universidade Federal de Santa Catarina* • Modelos de spins com interações competitivas apresentam ricos diagramas de fases, como por exemplo aparecimento de pontos multicríticos. O modelo de Heisenberg 2d na presença de interação de longo-alcance decaindo com a distância do tipo  $J_{i,j} = J_d/r_{i,j}^p$  apresenta ordem magnética em baixas temperaturas ( $T < T_c$ ) quando o parâmetro p está no intervalo  $2 < p < 4$ . Portanto, em  $T = 0$  temos uma ordem ferromagnética (ou antiferromagnética) quando  $J_d > 0$  ( $J_d < 0$ ). Por outro lado, quando temos apenas presença de interação de curto-alcance, segundo o teorema de Mermin e Wagner, o sistema não é ordenado para  $T > 0$ , apresentando ordem de longo-alcance (magnetização espontânea) apenas para  $T = 0$ . Neste trabalho, estudaremos a criticalidade do modelo de Heisenberg quântico de spin 1/2 com interação ferromagnética de longo-alcance na forma lei de potência e interação de exchange de curto-alcance antiferromagnética (J), onde o diagrama de fase em  $T = 0$  no plano  $(\alpha, p)$  ( $\alpha = J/J_d$ ) será obtido pelo formalismo da função de Green dependente de dois tempos e temperaturas na aproximação RPA. Obtivemos um valor crítico para  $\alpha_c$  como uma função do parâmetro p no qual para  $\alpha > \alpha_c$  o sistema tem ordem antiferromagnética (AF) (Néel) e para  $\alpha < \alpha_c$  ordem ferromagnética (F). A linha crítica é obtida analisando como a magnetização espontânea em  $T = 0$  na fase F vai a zero (transição de fase de segunda ordem) no ponto crítico quântico  $\alpha = \alpha_c(p)$ , e encontramos o expoente crítico  $\beta$  como uma função do parâmetro p. APOIO: CNPq, FAPEAM e FAPESC.

[03/11/05 - P111]

**Comportamento reentrante no modelo de Ising frustrado,** IGOR TAVARES PADILHA, JOSÉ RICARDO DE SOUSA, *Universidade Federal do Amazonas*, J. T. M. PACOBAHYBA, *Universidade Federal de Roraima* • Com as descobertas dos compostos supercondutores de altas

temperaturas formados por planos de  $CuO_2$ , por exemplo os compostos  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  (2-1-4) e  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  (1-2-3), o efeito da dopagem passa a ser investigado nas suas propriedades magnéticas. Em particular, esses novos compostos apresentam em comum um ordenamento antiferromagnético, que para pequena dopagem a temperatura de Néel  $T_N(x)$  é reduzida drasticamente a zero quando uma concentração crítica  $x_c$  é atingida ( $x_c = 0.02$  e  $x_c = 0.035$  para os compostos 2-1-4 e 1-2-3, respectivamente). Para  $x > x_c$  a fase isolante (AF) é destruída, surgindo uma fase supercondutora de alta temperatura, que é caracterizada pela existência de uma corrente supercondutora formada por pares de Cooper no plano de  $CuO_2$  cuja interação entre os elétrons é de origem elétrica (exchange). Estudaremos as propriedades magnéticas (fase isolante) dos compostos supercondutores de alta temperatura através de um modelo de Ising antiferromagnético aleatoriamente decorado. O modelo consiste de planos nos quais os spins nodais interagem antiferromagneticamente (simula as interações Cu-Cu) com os seus vizinhos mais próximos no plano ( $J_A$ ) e inter-plano ( $\lambda J_A$ , com  $\lambda = 10^{-5}$ ), e ferromagneticamente ( $J_F$ ) com os spins decoradores (simula as interações Cu-O) distribuídos aleatoriamente de forma quenched. Usando a técnica do operador diferencial em conjunto com a teoria de campo efetivo correlacionado, obtemos o limite de estabilidade entre as fases AF e P (paramagnética) (i.e., diagramas de fases nos planos T-p e T- $\alpha$ , onde  $\alpha = J_A/J_F$ ) e o comportamento da magnetização de sub-rede como uma função da temperatura para vários valores dos parâmetros envolvidos no modelo ( $\lambda$  e  $\alpha$ ). Observamos fenômeno da reentrância (duas temperaturas de transição) e o aparecimento de uma seqüência não monótona de concentração crítica  $p_c$  onde  $T_N = 0$ . Uma comparação teoria-experimento é apresentado previamente para os compostos 2-1-4 e 1-2-3. APOIO: CNPq, FAPEAM e CAPES.

[03/11/05 - P112]

**Modelo de Ising quasi-2d com interações competitivas**, J. T. M. PACOBAHYBA, IJANÍLIO G. ARAÚJO, *Universidade Federal de Roraima*, J. RICARDO DE SOUSA, *Universidade Federal do Amazonas* • Desde a descoberta dos compostos supercondutores de altas temperaturas, por Bednorz e Müller em 1986, que diversos modelos fenomenológicos têm sido propostos na literatura para descrever as suas propriedades de transporte e magnéticas. Para os compostos formados por planos de  $CuO_2$ , o magnetismo é o ingrediente fundamental para uma possível teoria microscópica. Sabe-se que na fase pura (por exemplo, os compostos  $La_2CuO_4$  (2-1-4) e  $YBa_2Cu_3O_6$  (1-2-3)), os íons de cobre interagem antiferromagneticamente com um acoplamento  $J_A$  no plano e  $\lambda J_A$  entre planos, e é descrito teoricamente pelo modelo de Heisenberg quasi-2d de spin-1/2 segundo experimentos de espalhamento de nêutrons. Dopando estes compostos antiferromagnéticos, por exemplo com átomos de bário (Ba) no composto 2-1-4, os íons de oxigênio situados entre os átomos de Cu no plano apresenta um desbalanceamento de carga surgindo assim um spin efetivo 1/2 que interage ferromagneticamente com estes átomos (Cu), provocando desta maneira o fenômeno da frustração. Fi-

sicamente, este efeito competitivo de interações nos planos de  $CuO_2$  causa uma redução drástica na ordem AF do sistema, e conseqüentemente a temperatura de Néel  $T_N$  diminui a medida que a concentração de buracos aumenta, se anulando no valor crítico  $p_c$  (onde  $p_c=0.025$  e  $0.030$  para os compostos 2-1-4 e 1-2-3, respectivamente). Para  $p > p_c$  a fase supercondutora aparece, onde as correntes são oriundas dos pares de Cooper nos planos de  $CuO_2$ . Para descrever qualitativamente as propriedades magnéticas destes compostos supercondutores, usaremos como protótipo o modelo de Ising aleatoriamente decorado. Usando a transformação decoração-iteração, calculamos uma interação efetiva  $J_{eff}$  para uma ligação composta de spins nodais (simula os spins dos átomos de cobre) e um spin decorador (simula o spin do átomo de oxigênio). No plano XY, as interações entre os spins Ising nodais são descritas por uma distribuição de probabilidade (quenched) do tipo:  $P(J_{ij}) = p\delta(J_{ij} - J_{eff}) + (1-p)\delta(J_{ij} - J_A)$  e ao longo da direção do eixo z temos uma interação antiferromagnética (fraca)  $\lambda J_A$ . Usamos a técnica do operador diferencial com a teoria de campo efetivo correlacionado em aglomerado com um sítio, e obtemos as propriedades termodinâmicas (magnetização de sub-rede, susceptibilidade, energia interna e calor específico) como uma função da temperatura para diversos parâmetros  $\alpha = J_A/J_F$ , campo magnético H e concentração p. Observamos a presença de reentrância, onde duas temperaturas de transição foram observadas par certos intervalos de parâmetros  $\alpha$  e p. Obtemos também os diagramas de fases nos planos  $T - H$  e  $T - p$ . APOIO: CNPq, FAPEAM e CAPES.

[03/11/05 - P113]

**O uso da percolação invasiva na extração da massa residual em meios porosos.**, MAIRTON CAVALCANTE ROMEU, ASCÂNIO D. ARAÚJO, ANDRÉ A. MOREIRA, JOSÉ S. ANDRADE JR., *UFC*, ROBERTO F. S. ANDRADE, *UFBA* • O modelo de percolação invasiva vem sendo utilizado extensivamente com o objetivo de simular o processo de deslocamento de um fluido (fluido defensor) através de um meio poroso por meio da injeção de um outro fluido (fluido invasor) imiscível a este, com viscosidade diferente. Quando o processo de injeção é lento (baixa velocidade), ou seja, o processo de injeção é quase estático, o modelo de percolação invasiva é bastante apropriado para representar tal evolução. No presente trabalho, iremos abordar a percolação invasiva sem aprisionamento para descrever a evolução da interface de separação entre os fluidos invasor e defensor no interior de um meio poroso. Investigaremos as propriedades estáticas da massa do agregado invasor gerado entre os poços (sítios) de injeção e de extração separados por uma distância  $r$  em uma rede bidimensional. Diferente de trabalhos anteriores, aqui consideraremos a existência de vários poços de extração. Após a frente de propagação atingir o primeiro poço de extração, o processo de invasão persiste até o fluido invasor atingir o segundo poço de extração e assim por diante. Este segundo poço de extração é escolhido também a uma distância  $r$  do poço de injeção. Tal processo permite estimar qual a massa residual possível

de ser extraída do interior do meio poroso supondo a existência de mais de um poço de extração. No primeiro momento fazemos uma análise sobre a distribuição de massa do agregado gerado quando a interface evolui do primeiro poço de extração até atingir o segundo poço de extração.

[03/11/05 - P114]

**Modelo de Ising Antiferromagnético com Campo Externo: Diagrama de Fase e Propriedades Termodinâmicas.**, MINOS A. NETO, *Universidade Federal Fluminense-UFF*, J. RICARDO DE SOUSA, *Universidade Federal do Amazonas-UFAM* • O modelo de Ising antiferromagnético na sua simples versão de dois estados, consiste num simples modelo clássico na mecânica estatística que descreve uma ordem de materiais fortemente anisotrópico com momentos magnéticos localizados, podemos ter como exemplo, os antiferromagnetos  $FeBr_2$  e  $FeCl_2$ . Este modelo tem sido amplamente estudado por diversas técnicas teóricas: campo médio (MFA), campo efetivo (EFT), grupo de renormalização (RG), expansão em série (SE), função de Green (GF) e outros. Todas essas técnicas mostram que há uma transição de fase de segunda ordem em  $T = 0$ . Resultados do diagrama de fase numa rede *bcc* do modelo de Ising antiferromagnético com interações entre os primeiros vizinhos obtidos por simulação de Monte Carlo [Landau, Phys. Rev. B 16, 4164 (1977)] que mostra o comportamento reentrante a baixas temperaturas, com duas temperaturas críticas num campo magnético em torno de 2% maior que o valor crítico  $H_c = 8J$ . Recentemente, os autores [PRB 70, 22443 (2004)] mostraram usando grupo de renormalização na aproximação de campo efetivo (EFRG) que o diagrama de fase no plano  $H - T$  para a rede cúbica simples (*sc*) não apresenta reentrância, e para o caso da rede *bcc* temos os resultados em concordância com Monte Carlo. Neste trabalho, estudaremos este modelo numa rede *sc* através da técnica do operador diferencial na teoria de campo efetivo em aglomerados com um spin (EFT-1) e calculamos as propriedades termodinâmicas (magnetização de sub-rede susceptibilidade magnética, energia interna e calor específico) e diagrama de fase. Estudamos estas propriedades na região reentrante para valores do campo magnético  $H_c > 6.0J$ . APOIO: CNPq, CAPES e FAPEAM

[03/11/05 - P115]

**Entropy of polydisperse chains placed on a lattice**, MINOS A. NETO, JÜRGEN F. STILCK, *Universidade Federal Fluminense-UFF* • Often calculations in statistical mechanics lead to rather complex counting problems. A problem of this type is determination of the number of ways to place chains on a regular lattice, respecting the excluded volume constraint, which states that each site of the lattice may be occupied by at most one monomer. In lattices of dimension larger than one, the only particular case of this problem which was exactly solved is for dimers (chains with two monomers on first neighbor sites) in the limit of full coverage in two-dimensional lattices. Using transfer matrices, we obtain the entropy as a function of the fraction of occupied sites of the lattice for polydisperse chains placed on a one-dimensional lattice.

We therefore define two activities, one for internal monomers in the chains and the other for monomers at end points of the chains, so that the number of monomers in each chain (molecular weight) fluctuates. Using a transfer matrix formalism we then calculate the entropy as a function of the fraction of the coverage for different values of the mean molecular weight and compare these results with the ones obtained for monodisperse chains. The distribution of molecular weights is also calculated. Finally, we present similar calculations for directed polymers confined on stripes of finite width, which allow an extrapolation to the two-dimensional limit. APOIO: CNPq

[03/11/05 - P116]

**CARACTERIZAÇÃO DE FRENTES DE INVASÃO DE PETRÓLEO EM MEIOS POROSOS, MEDIANTE TÉCNICAS FRACTAIS**, GUSTAVO FERNANDO FRANÇA MENEZES, ROBSON RIBEIRO VERAS, ROBERTO FERNANDES SILVA ANDRADE, JOSE GARCIA VIVAS MIRANDA, *Universidade Federal da Bahia* • O objetivo deste trabalho é obter informações de propriedades físicas/químicas do petróleo, através da determinação da dimensão fractal ( $D_f$ ) da frente de invasão, i.e. da fronteira formada do entre o petróleo e meio poroso, durante a invasão do petróleo, em um mini-reservatório. O procedimento consiste das seguintes etapas experimentais e de tratamento de dados: a) injeção, sob pressão, de petróleo em um mini-reservatório poroso, durante a qual são adquiridas imagens digitais das frentes de petróleo  $F_i(x, y), i = 1, \dots, N$ ; b) tratamento das imagens  $F_i$ , mediante a aplicação de filtros e posterior conversão da imagem em arquivo de texto contendo as coordenadas  $(x, y)$  dos pontos da fronteira  $f_i$  petróleo / meio poroso ou ar existente previamente no reservatório; c) utilização do método de contagem de caixas (Box-counting) para o cálculo da dimensão fractal das frentes  $f_i$ . Os valores obtidos para a dimensão fractal das frentes  $f_i$  oscilaram entre 1,073 e 1,456. Esta oscilação é em parte decorrente da modificação da configuração da frente de invasão com relação ao tempo, o que fica registrado pelos diferentes padrões  $f_i$ , e também pela alteração do posicionamento da câmera, que é feito de maneira não contínua. Ao deslocar a janela para uma nova posição, parte da frente é removida da imagem para podermos acompanhar nova invasão durante um maior intervalo. A cada mudança na posição da janela verifica-se um valor mínimo de dimensão fractal, correspondente a uma diminuição abrupta do tamanho da frente capturada. A partir dos valores máximos em cada mudança, obtivemos um valor médio para  $D_f = 1,407$  que caracteriza a frente totalmente formada.

[03/11/05 - P117]

**Estudo do Modelo do Votante com Ruído em Redes Barabási-Albert**, ORAHCIO FELÍCIO DE SOUSA, NAZARENO GETTER FERREIRA DE MEDEIROS, *UEFS* • Em vários campos da ciência encontramos sistemas que podem ser descritos adequadamente por meio de redes complexas. As redes complexas têm sido utilizadas para descrever uma grande variedade de sistemas reais, tais como redes sociais, redes de informação, redes tecnológicas e redes biológicas. O modelo do votante[1], por

sua vez, é comumente usado para descrever fenômenos de ordenamento em sistemas cooperativos como, por exemplo, sistemas sociais de formação de opiniões. Em sua versão original, associamos a cada sítio de uma rede uma variável tipo Ising,  $\sigma = \pm 1$ , representando opiniões opostas como em um plebiscito. A evolução dinâmica é definida por uma regra simples, que consiste em escolher ao acaso um sítio  $i$  e um de seus vizinhos  $i + \delta$ , atribuindo a variável  $\sigma_i(t)$  o mesmo valor de  $\sigma_{i+\delta}(t)$ . Este modelo em redes regulares de uma e duas dimensões apresenta uma convergência para um estado completamente ordenado, correspondendo a uma uniformidade de opiniões. Por outro lado, resultados recentes de simulações computacionais do modelo do votante em redes do tipo mundo-pequeno [2] indicam a ausência de ordenamento completo no limite termodinâmico.

Neste trabalho consideramos uma extensão do modelo do votante que inclui uma probabilidade,  $q \neq 0$ , da variável  $\sigma_i(t)$  assumir o valor contrário de  $\sigma_{i+\delta}(t)$  [3], parâmetro de ruído. Realizamos simulações Monte Carlo deste modelo em redes do tipo Barabási-Albert [4] com diferentes tamanhos e conectividade, para vários valores do parâmetro de ruído  $q$ .

Nossos resultados preliminares indicam uma influência do ruído  $q$  sobre o parâmetro de ordem  $n_a$ , definido com a fração de ligações ativas entre sítios com diferentes opiniões. A evolução temporal de  $n_a$  mostra que este converge para um estado parcialmente ordenado. Analisamos ainda a dependência do parâmetro de ordem com o ruído  $q$ .

[1] T. M. Liggett, *Interacting Particle Systems* Springer, New York 1985.

[2] C. Castellano, D. Vilone and Vespignani, *Europhys. Lett.* **63**, 153 (2003).

[3] M. J. de Oliveira, *J. Stat. Phys.* **66**, 273 (1992). Neste trabalho é introduzido um modelo semelhante, denominado modelo do voto da maioria com ruído.

[4] A.-L. Barabási and R. Albert, *Emergence of scaling in random networks*, *Science*, **286**, 509 (1999).

[03/11/05 - P118]

**Transporte da Partículas em Estruturas Ramificadas**, TALITA FELIPE DE VASCONCELOS, JOSÉ SOARES DE ANDRADE JÚNIOR, *Universidade Federal do Ceará*, BENJAMIN MAUROY, MARCEL FILOCHE, BERNARD SAPOVAL, *C.M.L.A., École Normale Supérieure de Cachan, CNRS, Cachan, France* • O escoamento de fluidos em geometrias ramificadas está relacionado a diversos fenômenos envolvendo sistemas físicos, químicos, geológicos e biológicos. Podemos incluir catálise escoamento em meios porosos, circulação sanguínea e respiração como exemplos de aplicações deste tema. A modelagem do transporte de fluidos e partículas no interior de vias respiratórias é um exemplo típico da relevância do fenômeno do escoamento e transporte em meios irregulares aplicado a sistemas biológicos. Particularmente, o mecanismo de partição do fluido é um aspecto essencial no funcionamento dos sistemas circulatório e respiratório. A complexidade das ramificações das vias aéreas do pulmão possui importante influência sobre a distribuição do escoamento de ar e, conseqüentemente, afeta uma variedade

de processos de transporte através destas vias aéreas. Muitos destes processos dependem sensivelmente da geometria das bifurcações bronquiais de forma que, para as simulações computacionais, é importante especificar tão perfeitamente quanto possível as características mais importantes desta geometria, tais como a relação entre os diâmetros e comprimentos entre os ramos pai e filho, a distribuição do fluxo de ar entre os ramos filhos bem como os ângulos entre as direções dos ramos pai e filhos. Evidências numéricas e experimentais indicam significativa influência da inércia no transporte de momento nas propriedades do escoamento através de estruturas ramificadas. A primeira parte deste trabalho é dedicada ao estudo do processo de escoamento ocorrendo através de estruturas ramificadas. A descrição matemática para a mecânica dos fluidos no interior de estruturas ramificadas é baseada na forma estacionária das equações da continuidade e de Navier-Stokes. Conforme os resultados obtidos a partir de simulações computacionais, analisamos a dinâmica do escoamento do fluido, investigando como o aspecto ramificado da geometria em estudo adiciona um grau de complexidade ao problema do escoamento, refletindo-se nas propriedades dos campos de velocidade e pressão. Uma vez caracterizado o escoamento nestas estruturas complexas, passamos à abordagem do processo de transporte de partículas com massa arrastadas por um fluido escoando em estruturas ramificadas, integrando-se numericamente a equação do movimento para cada partícula. Investigamos como a ramificação da estrutura influencia a natureza deste fenômeno e estudamos o comportamento do tempo médio de trânsito das partículas no interior de tais estruturas em função de parâmetros como o número de Stokes e o coeficiente de restituição.

[03/11/05 - P119]

**Interação Defeito- Geometria em Membranas**, MARCELO DA SILVA VIEIRA, CLAUDIO FURTADO, *UFPA* • A física de defeitos topológicos em superfícies curvas tem papel cada vez mais significativo na engenharia dos dispositivos baseados em *coated* interfaces. Os defeitos afetam também as propriedades mecânicas de alguns sistemas biológicos, tais como vírus esféricos, cuja forma é dependente da presença de *disclinations* em seu escudo de proteína. Além disso, os efeitos induzidos por um substrato curvo na distribuição dos defeitos não são compreendidos inteiramente mesmo em sistemas bem estudados tais como filmes de superfluidos ou supercondutores. Recentemente, foi estudado generalizações simples do Modelo XY para investigar superfícies com curvatura variável para compreensão maior da interação entre defeitos topológicos e a curvatura. Neste trabalho usamos esta teoria para calcular a interação entre disclinações e curvatura da superfície da membrana para dois casos: membranas com curvatura positiva e negativa. Mostramos que os defeitos experimentam um potencial geométrico devido a curvatura da membrana. Mostraremos as energias renormalizadas de interação defeito-geometria da superfície.

[03/11/05 - P120]

**EVOLUÇÃO DO EXPOENTE DE HURST NA FLUTUAÇÃO DO DÓLAR**, MARCUS FERNANDES DA SILVA, JOSÉ GARCIA VI-



VAS MIRANDA, *UFBA - BA - Brasil* • Os padrões emergentes de dinâmicas não lineares que envolvem fatores humanos têm sido alvo de estudo de inúmeros trabalhos científicos nos últimos anos. Devido a seu impacto econômico, a flutuação dos ativos financeiros tem, neste contexto um papel fundamental. É conhecido que tais flutuações exibem padrões fractais de longo alcance caracterizados pelo expoente de Hurst ( $H$ ), de forma que o seu valor nos permite diferenciar distintos padrões estatísticos na dinâmica do evento. Este trabalho tem como objetivo determinar o expoente de Hurst da cotação diária do dólar para os anos compreendidos entre 1994 e 2005. Para tanto foi utilizado o método RMS, que relaciona o desvio quadrático médio do preço dólar (em reais) com a escala de tempo em dias. Caso esta relação siga uma lei de potência, a potência será o expoente de Hurst. Para o período analisado encontramos uma lei de potência com expoente igual a  $0,777 \pm 0,002$ , nos indicando que as flutuações deste ativo podem ser modeladas mediante uma dinâmica persistente, ou seja, um aumento do preço do dólar em dia anterior aumenta a possibilidade de aumento do preço do dólar no dia seguinte. Além disso, se determinou a evolução temporal, ano a ano, do expoente de Hurst para o período estudado.

[03/11/05 - P121]

**Molecular Dynamics of an Elastic String in Random Media,** DIEGO C. G. RÊGO, DJALMA BANDEIRA, MANOEL T. DE ABREU, TIAGO P. S. LOBO, LEONARDO P. VIANA, *Laboratório de Métodos Numéricos e Simulação Computacional, Departamento de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Alagoas, 57072-970 Maceió - AL* • The competition between elasticity and disorder, as in the case of statics and dynamics of elastic manifolds in random media<sup>1</sup>, is a central theme of current research in statistical physics<sup>2</sup>. In particular, the dynamics of a driven elastic string interacting with quenched disorder<sup>3</sup> is important in a wide variety of physical situations, ranging from flux flow in type-II superconductors<sup>4</sup> to the motion or growth of various linear boundaries between two systems or two phases of the same system, such as the interface of a fluid displacing a second fluid in a porous medium<sup>5</sup>.

In this work we study the dynamics of an elastic string interacting with quenched disorder, presenting preliminary results of a moving string both transversal and parallel driven. We measure the depinning threshold<sup>3</sup> for a d.c. drive, with or without an a.c. component.

[1] M. Dong, M. C. Marchetti, A. A. Middleton, and V. Vinokur, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 662 (1992).

[2] A. Rosso and W. Krauth, *Phys. Rev. E* **65**, 025101(R) (2002); *Phys. Rev. Lett.* **87**, 187002 (2001).

[3] C. Reichhardt and C. J. Olson, *Phys. Rev. B* **65**, 094301 (2002).

[4] G. Blatter, M. V. Feigel'man, V. B. Geshkenbein, A. I. Larkin, and V. M. Vinokur, *Rev. Mod. Phys.* **66**, 1125 (1994).

[5] V. K. Horváth, F. Family, and T. Vicsek, *J. Phys A*

**24**, L25 (1991).

[03/11/05 - P122]

**EFEITO DAS REDES SMALL-WORLD DIRECIONADAS NO MODELO DE ISING BIDIMENSIONAL,** JOSÉ MOREIRA DE SOUSA, EDINA MARIA DE SOUSA LUZ, *Universidade Estadual do Piauí - PI-Brasil*, F.W.S. LIMA, *Universidade Federal do Piauí - PI-Brasil* • Estudamos o modelo de Ising bidimensional em redes small-world direcionadas. Estas redes diferem das redes small-world não direcionadas no sentido de que cada sítio da rede pode fazer no máximo quatro ligações de longo alcance, que são escolhidas aleatoriamente, com uma probabilidade de conexão  $p$ , porém cada sítio pode receber várias outras ligações de longo alcance, ou seja cada sítio escolhe quatro vizinhos e poderá ser escolhido como vizinho, por vários outros sítios. Nessas redes investigamos as transições de fase ferromagnéticas para o modelo de Ising, utilizando o método Monte Carlo e análise de escala de tamanho finito. Calculamos os expoentes críticos  $\gamma/\nu$ ,  $\nu$  e  $\beta/\nu$  em função da probabilidade  $p$ , onde utilizamos vários tamanhos de rede. Para  $p = 0$  os expoentes críticos encontrados são os mesmos para modelo de Ising na rede quadrada regular. Para  $p$  maior que zero obtemos uma mudança nesses expoentes críticos que pode ser devido às interações de longo alcance e das ligações direcionadas. Determinamos ainda os valores das temperaturas de transições ferromagnéticas usando o cumulante de Binder de quarta ordem para diferentes valores da probabilidade  $p$ . Palavras-chave: Modelo de Ising, redes small-world, simulação Monte Carlo, expoentes críticos.

[03/11/05 - P123]

**Descrrevendo o Crescimento Gompertziano de Tumores através de um Modelo de Autômatos Celulares,** EDUARDO ALVES REIS, SUANI TAVARES RUBIM DE PINHO, *Grupo Física Estatística e Sistemas Complexos (FESC), Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia*, NELSON ALVES JUNIOR, *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo* • A modelagem matemática e computacional da dinâmica das neoplasias é hoje um importante tema da Bio-Matemática e da Física Biológica. Objetivase, através de modelos contínuos e discretos, examinar diversos aspectos da dinâmica do crescimento tumoral, incluindo o nível ótimo das terapias. Neste trabalho, propomos e analisamos um modelo de autômatos celulares para descrever o crescimento de tumores a partir de uma única célula cancerosa. Consideramos um modelo probabilístico numa rede bidimensional, em que cada sítio da rede (tecido) assume um dos 4 estados: célula normal (1), célula cancerosa (2), célula necrosada (3), ou sítio vazio (0). As regras locais são tais que: (i) as células cancerosas, ao se proliferarem, podem ser empilhadas ou ocupar os sítios liberados pelas células normais devido à disputa pelos nutrientes; (ii) as células normais podem morrer por falta de nutrientes devido à competição, enquanto as cancerosas podem necrosar; (iii) tanto as células normais quanto as células cancerosas, com probabilidades distintas, podem morrer por ação de tratamento; neste caso, o tecido morto pode ser

regenerado. Com base nas simulações computacionais deste modelo, considerando condições periódicas de contorno, observamos, a partir da evolução espaço-temporal do tumor, que este cresce até ocupar uma porcentagem do tecido. Para diferentes valores dos parâmetros, inicialmente estudamos o sistema livre (sem ação do tratamento), tendo observado que o crescimento tumoral obedece uma função Gompertziana (taxa de crescimento logarítmica), na ausência e na presença de necrose. A seguir, incluímos a ação do tratamento; neste caso, para uma faixa estreita dos parâmetros, a terapia foi suficiente para eliminar o tumor. Estamos realizando um estudo sistemático do espaço de parâmetros que elucida tanto a robustez do modelo quanto a diversidade de situações observadas clinicamente. Concluímos que tal modelo é capaz de descrever o crescimento Gompertziano, característico de diversos tumores, bem como sua resposta à ação de uma terapia sistêmica.

[03/11/05 - P124]

**Estudo de um modelo epidemiológico em redes de Barabasi-Albert,** JOSÉ EDILSON SOUSA MARTINS, EDINA MARIA DE SOUSA LUZ, *Universidade Estadual do Piauí* • A rede de escala livre de Barabási-Albert é construída a partir de um caroço contendo  $m$  sítios, e depois novos sítios são adicionados, a probabilidade de um novo sítio ser conectado aos sítios já existentes é proporcional ao número de conexões já estabelecida, sendo que cada sítio seleciona exatamente  $m$  vizinhos entre os sítios já adicionados ao caroço. Utilizando essas redes, analisamos o modelo SIRS afim de investigar o efeito da rede da propagação de uma infecção. O modelo SIRS apresenta três estados: suscetíveis (S), infectados (I) e refratários (R). Sítios no estado suscetível podem passar para o estágio infectado por contato com sítios infectados, elementos infectados podem passar para o estágio  $R$  após um tempo  $tI$  e elementos no estado  $R$  tornam-se suscetíveis após um tempo  $tR$ . Simulações desse modelo nas redes de Barabási-Albert mostram que a fração de sítios infectados tem um pequeno aumento inicialmente indo a zero em pouco tempo de simulação. Notamos ainda um comportamento oscilatório, que apresenta amplitudes que decrescem com o tempo, comportamento que difere do encontrado no estudo desse modelo em redes small-world, que apresenta uma transição de uma situação endêmica a uma situação oscilatória.

[03/11/05 - P125]

**Non-universal Critical behavior of a 2D Model for Malaria,** DJALMA NASCIMENTO JUNIOR, HUGO RICARDO MORAES, CARLOS ARGOLO PEREIRA ALVES, *Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas*, MARCELO LEITE LYRA, *Universidade Federal de Alagoas*

• We have investigated the critical behavior of a model that simulates the propagation of an epidemic process over a population mediated by a density of diffusive individuals which can infect a static population upon contact. This model captures some relevant issues of tropical diseases which are transmitted by mosquitoes. We simulate the above model on two-dimensional finite chains to determine the critical density of mosquitoes as a function of

two relevant parameters related to the average lifetime of mosquitoes and the individuals average recovery time. Further, we employ a finite size scaling analysis to determine the order parameter, correlation length critical exponents. We found that this model does not belong to the usual direct percolation universality class.

[03/11/05 - P126]

**Equação de Difusão Não-Linear, Formalismo de Tsallis e Solução Exata,** P. CARLOS A. JR., *UFRN - UEPB*, E. K. LENZI, *UEM - PR*, P. C. DA SILVA, L. R. DA SILVA, *UFRN* • Recentemente, generalizações da equação de difusão baseadas em equações de difusão não linear foram investigadas extensivamente devido ao vasto campo de aplicação. Uma delas é a equação de meios porosos que foi aplicada em várias situações, como: filtração de gases por meios porosos [1], em regiões finas saturadas em meios porosos [2], em modelo sólido-sólido para crescimento de superfície, em filmes finos líquidos espalhados sob gravidade [3], fluxo assimétrico de um fluido muito viscoso [4], difusão turbulenta [5], adsorção e desadsorção numa região de equilíbrio localizado através de um sólido permeável [6] e difusão não linear em um supercondutor mole/duro [7]. Neste trabalho, nós analisamos uma equação de difusão não linear na presença de um termo de absorção, que leva em conta forças externas e um coeficiente de difusão com dependência espacial e temporal. A presença do termo não linear nesta equação é devido a generalização não linear da lei de Darcy e da presença de termo absorvente. Nós obtemos uma nova solução exata e investigamos os efeitos não lineares produzidos nesta solução por esses termos. Nós também estabelecemos uma conexão com os resultados encontrados aqui com o formalismo de Tsallis [8].

[1] M. Muskat, *the Flow of Homogeneous Fluid Through Media* (McGraw-Hill, New York, 1937).

[2] P. Y. Polubarinova-Kochina, *Theory of Ground Water Movement* (Princeton University Press, Princeton, 1962).

[3] J. Buckmaster, *J. Fluid Mech.* 81, 785 (1983).

[4] J. A. Dieza, R. Grattan e J. *Fluid Mech.* 81, 735 (1983).

[5] V. P. Grarilov, N. V. Klepikova and H. C. Rodean, *Atmos. Environ* 29, 2317 (1995).

[6] G. Rosen, *Phys. Rev. B* 49, 1844 (1982).

[7] J. Gilchrist and C. J. Van der Beek, *Physics C* 231, 147 (1994); V. M. Vinokur, M. V. Feigel'man and V. B. Geshkenbein, *Phys. Rev. Lett.* 67, 915 (1991).

[8] S. R. Salinas and C. Tsallis, *Nonextensive Statistical Mechanics and Thermodynamics*, *Braz. J. Phys.* 29, Number 1 (1999).

[03/11/05 - P127]

**Vortex lattices in different configuration of periodic pinning line arrays,** CLÉSSIO L. S. LIMA, LEONARDO R. E. CABRAL, CLÉCIO C. DE SOUZA SILVA, J. ALBINO AGUIAR, *Laboratório de Supercondutividade, DF-UFPE, Recife* • The vortex lattice (VL) ground-state configurations are found using Monte Carlo (MC) simulated annealing with a local Molecular Dynamics (MD) in the London limit. We study the field dependence of the melting temperature for commensurate and incommensurate vortex lattices interacting with different periodic

arrays of pinning. We also investigated the proliferation of topological defects and its dependence on the periodic pinning array symmetry and temperature.

[03/11/05 - P128]

**Estudo da evolução na sequência genômica de bactérias usando a teoria de redes,** GILBERTO CORSO, UFRN - Depto de Biofísica e Farmacologia e Pós-Graduação em Física, RN, Brasil, GUNTHER GERHARDT, LAURITA DOS SANTOS, ROGERIO L. PANIS FILHO, SÉRGIO ECHEVERRYGARAY, Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil, NEY LEMKE, UNISINOS, RS, Brasil • Construímos uma rede de tripletos de nucleotídeos em sequências de DNA de bactérias. Caracterizamos esta rede usando um coeficiente de aglomeramento e comparamos os resultados com redes randômicas. Esta metodologia foi aplicada a um conjunto de 174 bactérias (todas as disponíveis no GenBank na presente data). Evidencia-se na curva de aglomeramento versus conteúdo GC (guanina-citosina) uma linha de formação mais complexa para organismos ricos em GC do que para organismos ricos em AT. Este distanciamento diferenciado da aleatoriedade é explorado no contexto da evolução e formação dos genomas.

[03/11/05 - P129]

**Rede de Dúvidas conceituais como uma rede sem escala,** FRANCIANE SILVA DE AZEVEDO, GILBERTO CORSO, ANDRE FERRER P. MARTINS, Universidade Federal do Rio Grande do Norte • A partir de uma experiência em monitoria foram coletados dados referentes a dúvidas conceituais de alunos na disciplina de eletromagnetismo oferecida para os cursos de física e engenharias. Estes dados foram organizados para exibirem uma estrutura de rede onde os vértices são formados pelas dúvidas e as conexões são estabelecidas através do compartilhamento da mesma questão levantada por um mesmo aluno. Escolhemos como padrão que cada aluno tem três dúvidas. A distribuição de conectividade da rede formada segue uma lei de potência com expoente em torno de 1 evidenciando o caráter sem escala da rede. Também analisamos o grau de aglomeramento, o diâmetro e a distância média, além disto a centralidade dos vértices é comparada com a respectiva distribuição de conectividade. Este trabalho é analisado ainda sob uma perspectiva do ensino de física da linguística onde a rede estudada coloca em evidência alguns aspectos cognitivos relacionados a redes sem escala no cérebro e na produção de textos.

[03/11/05 - P130]

**Dimensão de Hurst do sinal bioelétrico de pontos de acupuntura.,** CLÁUDIA PATRÍCIA TORRES CRUZ, LIACIR DOS SANTOS LUCENA, Departamento de Física, UFRN, Brasil, GILBERTO CORSO, Departamento de Biofísica e Farmacologia, Pós Graduação em Física, UFRN, Brasil • A acupuntura representa hoje um grande desafio para a pesquisa básica em biofísica. Diversos estudos experimentais comprovaram que os pontos de acupuntura têm resistência elétrica significativamente inferior a de pontos adjacentes. A fisiologia clássica não apresenta uma explicação satisfatória para tal fenômeno. Apesar do conjunto de pontos de acupuntura (e os respectivos meridianos) terem sido extensivamente mapeados via re-

sistência elétrica há mais de 40 anos, ainda não há um estudo aprofundado acerca das flutuações do sinal bioelétrico destes pontos. O objetivo deste trabalho consiste em analisar as flutuações elétricas dos pontos de acupuntura usando a técnica do DFA e determinar a dimensão de Hurst deste sinal. Por fim comparamos estas estimativas com a de sinais fora dos pontos de acupuntura.

[03/11/05 - P131]

**Modelo de Ising em uma Rede Bidimensional Quasi-periódica de Fibonacci e Fibonacci Generalizada,** MARCOS VINICIUS GAMA COSTA, ABILENE RODRIGUES CORREIA, KASSIA DANNYELLE CRUZ SILVA E M.S. VASCONCELOS, Departamento de Ciências Exatas, CEFET-MA • O presente trabalho trata da aplicação do modelo teórico de Ising em uma rede quadrada que segue a sequência matemática de Fibonacci. Estas estruturas que obedecem a regras matemáticas fazem parte de uma classe de sistemas que são conhecidos como quasi-cristais. Nosso principal objetivo é procurar transições de fases através da simulação numérica, usando o método de Monte Carlo, que é bastante conhecido na literatura, onde o sistema original é representado por um outro de tamanho L em condições de contorno apropriadas. Espera-se que os resultados melhorem com aumento de L, onde a meta é simular como um sistema de spins interage com a vizinhança, para a partir daí, construirmos a amostra representativa dos estados do sistema e, por conseguinte calcular as grandezas observáveis que nos interessa, tais como a magnetização. Também vale ressaltar que usaremos neste trabalho o algoritmo de Metropolis. Ele é o mais usado em processos Markovianos para sistemas de spins e o mais rápido quando comparado com as outras dinâmicas, pois tem poucas instruções. A rede quasi-periódica tipo Fibonacci pode ser crescida segundo a regra de substituição:  $A \rightarrow AB, B \rightarrow A$ , onde A e B são os acoplamentos J com o spin vizinhos da esquerda ou abaixo, de modo que para uma dada linha de spins, horizontal ou vertical, temos a seguinte regra para o acoplamento:  $S_1 = J_A, S_2 = J_A J_B, S_3 = J_A J_B J_A, S_4 = J_A J_B J_A J_A J_B, \dots, S_n = S_{n-1} S_{n-2} (n > 2)$ . Aqui estudaremos basicamente dois tipos de rede de Fibonacci, o que poderá nos levar a dois tipos de transições de fases distintas. Uma outra variação do problema é o estudo da sequência generalizada de Fibonacci, que pode ser gerada pela seguinte regra:  $A \rightarrow AB, B \rightarrow AA$ , o que nos leva a seguinte regra de recorrência:  $S_1 = J_A, S_2 = J_A J_B, S_3 = J_A J_B J_A J_A, S_4 = J_A J_B J_A J_A J_A J_B J_A J_B, \dots, S_n = S_{n-1} S_{n-2} S_{n-2} (n > 2)$ . Esta sequência tem sido recentemente estudada para o calor específico de elétrons em redes unidimensionais.

[03/11/05 - P132]

**TRANSIÇÕES DE FASE MAGNÉTICAS NUMA REDE QUADRADA DECORADA COM DÍMEROS TIPO HUBBARD,** EDMILSON VIDAL, MARCELO LEITE LYRA, UFAL, Brasil • Neste trabalho, nós investigamos as possíveis transições de fase magnéticas em um modelo de Ising na rede quadrada decorada com dímeros de Hubbard. Neste modelo, cada vértice da rede quadrada é ocupado por um spin de Ising, cuja interação com os spins dos outros vértices se dá

de forma antiferromagnética. Os dímeros, que decoram a rede quadrada, contêm dois sítios com um orbital  $s$ , comportando então no máximo 2 elétrons por sítio. Em nosso modelo, cada dímero contém exatamente 2 elétrons, que estão distribuídos nos dois orbitais  $s$ . Dentro de cada dímero, existe uma interação coulombiana entre os elétrons (a interação de Hubbard). A mobilidade dos elétrons no dímero, ou seja, a possibilidade de um elétron mudar de sítio, é descrita por uma amplitude de transição entre os orbitais. O diagrama de fases pode ser obtido exatamente através da técnica de transformação de decoração, pela qual identificamos as linhas de transição de fase Antiferromagnética/Paramagnética e Ferromagnética/Paramagnética. Nós fizemos uma descrição dos diagramas de fases para os regimes antiferromagnético, ferromagnético e com coexistência das fases, analisando a influência dos parâmetros envolvidos (intensidade da repulsão Coulombiana e as interações de troca).

[03/11/05 - P133]

### CAMPOS EXTERNOS COMO ESTÍMULOS PARA REDES NEURAIS ATRATORAS, GERALDO ALVES SOBRAL JÚNIOR, CRISÓGONO RODRIGUES DA SILVA, *Universidade Federal de Alagoas*

• As propriedades de reconhecimento de um modelo de rede neural com diluição e assimetria nas sinapses são estudadas analiticamente na presença de um campo externo (estímulo) paralelo a um dos padrões armazenados. Utilizamos uma aproximação na qual o estado da rede é proporcional a um dos padrões armazenados [1] e obtivemos a equação para a superposição do estado da rede com um dado padrão  $m(t+1) = f(m(t))$  em função dos parâmetros  $h$  (estímulo),  $\alpha$  (capacidade de armazenamento da rede) e  $T$  (ruído estocástico). Inicialmente estudamos as propriedades da rede quanto o estímulo atua sobre o padrão que queremos reconhecer, em particular, para o caso  $T = 0$  no qual realizamos simulações numéricas. Estudamos também o caso em que o estímulo atua sobre um padrão distinto do padrão a ser reconhecido. Nesse caso, analisamos o comportamento da superposição do estado da rede com o padrão que está sendo estimulado e com o padrão que queremos reconhecer e obtivemos duas equações acopladas para as superposições  $m_1(t+1) = f(m_1(t), m_2(t))$  (padrão estimulado) e  $m_2(t+1) = g(m_1(t), m_2(t))$  (padrão de reconhecimento), cuja superposição inicial é próximo de 1 ( $m_2(0) \approx 1$ ). Para  $h = 0$ , as equações para  $m_1$  e  $m_2$  tornam-se independentes, fazendo  $m_1 = 0$  e  $m_2 \approx 1$  recuperamos os resultados obtidos por Derrida et al. [2], num cálculo exato (Modelo DGZ). Analisamos as propriedades da rede quando o estímulo privilegia o padrão que queremos reconhecer para o caso  $T \neq 0$  e  $T = 0$  para o qual realizamos simulações numéricas. O principal resultado é que o parâmetro  $h$  que ativa o estímulo ( $h > 0$ ) sempre aumenta a capacidade de armazenamento da rede. Os resultados das simulações numéricas para  $T = 0$ , para diferentes valores de  $h$  e redes de diferentes tamanhos ( $N = 4000, 8000, 16000$  e  $32000$ ), mostram estar em concordância com os resultados analíticos.

[1] T. Gezti, Physical Models of Neural Networks, (Sin-

gapure: World Scientific, 1990).

[2] B. Derrida, E. Gardner and A. Zippelius, Europhys. Lett. 4,167 (1987).

[03/11/05 - P134]

### O modelo de afinidade em redes complexas com escala livre, M. DURVAL S. DE MENESES, LUCIANO R. DA SILVA, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

• Atualmente os modelos de redes com escala livre estão em evidência na literatura científica, com inúmeras aplicações em diversas áreas do conhecimento. Este modelo foi proposto inicialmente por Barabási-Albert (BA) [1]. Antes da proposta de BA era comum se admitir que as distribuições obedeciam às leis exponenciais em vez de leis de potência. No modelo BA, cada novo sítio se conecta aleatoriamente a outro de acordo com a conectividade deste outro sítio. Quanto mais conectado maior a chance de receber a ligação do novo sítio. Neste modelo original não era relevante a distância Euclideana entre os sítios (modelo topológico). Um modelo mais geral que inclui a distância foi tratado por S.S. Manna et al [2]. Uma versão, deste modelo generalizado, foi proposta por Soares et al [3], onde a conectividade continua favorecendo a chance de ligação enquanto a distância entre os sítios tem comportamento contrário. A probabilidade de conexão entre dois sítios é dada por  $P \propto k/r^\alpha$ , onde  $r$  é a distância entre dois sítios, e  $\alpha$  é um parâmetro que controla a influência da distância. Neste trabalho adicionamos ao modelo de Danyel et al a idéia de afinidade. Na sociedade, grupos de pessoas geralmente participam de atividades em comum, como torcer por um time de futebol, freqüentam a mesma igreja, etc. Muitas dessas atividades refletem a afinidade entre os indivíduos, o que favorece um vínculo de amizade, por exemplo. No modelo de afinidade, a cada sítio é atribuído um valor  $\eta$  entre 0 e 1 quando o sítio nasce. Este número, que caracteriza o sítio, permanece invariável durante o crescimento da rede. Este número simula alguma qualidade ou atributo do sítio, similarmente ao modelo de qualidade [4]. A afinidade entre dois indivíduos é introduzida por uma função  $F(|\eta_i - \eta_j|)$  que favorece a ligação entre sítios possuindo qualidades com valores próximos. Assim, sítios que possuem qualidades diferentes (hábitos diferentes) têm menor chance de estabelecer uma ligação. Ao analisar os resultados, esperamos compreender como a afinidade afeta a competição entre os sítios e estabelecer novas versões do modelo.

### Referências

[1] Rev. Mod. Phys. 74, 47(2002).

[2] Phys. Rev. E 66, 066114 (2002).

[3] Europhys. Lett. 70, 70-76(2005).

[4] Europhys. Lett. 54, 436(2001).

[03/11/05 - P135]

### Electronic transport in low-dimensional systems with correlated disorder., B. SANTOS, F. A. B. F. DE MOURA, M. L. LYRA, UFAL - AL - Brasil

• The Anderson localization theory describes some relevant aspects concerning the properties of one-electron states and collective excitations in random media. In one-dimensional (1d) and two-dimensional (2d) electronic systems, the scaling theory predicts the absence of a disorder-driven

metal-insulator transition (MIT) for any degree of uncorrelated disorder. For (1d) systems, it is generally accepted that all eigenstates are exponentially localized for any amount of disorder and, therefore, an initially localized wave packet remains localized in a finite segment. In (2d) systems, the overall picture is quite distinct. Recently, it has been reported that the presence of short or long-range correlations is a possible mechanism to promote the appearance of truly delocalized states in the one-dimensional Anderson model. Here we consider the 1D Anderson Hamiltonian with long range correlated on-site energies. In order to construct a appropriate sequence with long range correlated disorder we use a fourier method and generate a random sequence with power spectrum proportional to  $1/k^\alpha$ , where  $k$  is the wave-vector of the modulations on the random sequence landscape. We present the dynamic evolutions of an initially localized wave packet solving the 1D time-dependent Schrödinger equation for the Hamiltonian with long range correlated disorder. Basically we study the return probability  $R(t)$ , the Shannon information entropy  $S(t)$  and the participation function  $\xi(t)$ . Our results suggests clean signatures of extended states for strong correlation ( $\alpha > 2$ ) in perfect agreements with previous calculations.

[03/11/05 - P136]

**Reorientation of the director field in nematic liquid crystals for splay-bend deformations**, C. A. R. YEDNAK, F. C. M. FREIRE, E. K. LENZI, L. R. EVANGELISTA, *Universidade Estadual de Maringá - UEM*, L. R. DA SILVA, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN* • The exact dynamical evolution of the director field for splay-bend deformations, in nematic liquid crystal samples limited by inhomogeneous surfaces, is determined in the one-constant approximation. The initial conditions and boundary-value problem concerning the situation of weak anchoring at the surfaces of a sample of slab shape of thickness  $d$  is analytically solved in the presence of a time dependent external electric field, and taking into account the viscous torque. The results are used to analytically obtain the time dependence of the phase shift between the two components of a linearly polarized beam impinging perpendicularly on the sample. The analysis can be relevant to investigate the phase retardation of a nematic cell submitted to an external voltage which is lower than or in the order of the Féedericksz threshold to induce deformations in the sample.

[03/11/05 - P137]

**ESTUDO DO TRANSPORTE DE MASSA ATRAVÉS DE INTERFACES IRREGULARES USANDO COMO MODELO A CAMINHADA ALEATÓRIA FORA DA REDE.**, NILTON FERREIRA FRAZÃO, EDVAN MOREIRA, HUMBERTO FILOMENO DA SILVA FILHO, *Universidade Federal do Maranhão - Departamento de Física* • O problema do transporte laplaciano através de interfaces irregulares é atualmente um assunto de grande interesse científico e tecnológico em muitas áreas que incluem catálise heterogênea, transferência de calor, eletroquímica e transporte de massa através de mem-

branas[1,2]. O presente estudo tem como objetivo principal investigar o transporte de partículas através de interfaces absorventes bidimensionais que apresentam geometria fractal. O estudo envolverá a simulação de dois tipos de interfaces: uma onde a partícula encontra uma interface completamente absorvente e outra onde existe uma probabilidade de ser absorvida. Com isso, admitimos a possibilidade de não ocorrer reação na interface. Será calculado o efeito destas duas situações sobre o fluxo de partículas e as regiões ativas da estrutura fractal. O estudo será feito considerando que a partícula executa um movimento aleatório fora da rede e serão apresentadas argumentações sobre a validade do modelo quando comparado àquele que considera um sistema de  $N$  partículas que interagem através de um potencial do tipo Lenard-Jones. Esse procedimento torna a descrição mais simples e seus resultados são equivalentes àqueles obtidos com o uso de potenciais de interação comumente utilizados em simulações de Dinâmica Molecular. [1] *Chemical Engineering Science*, 56 (2001),5011-5023 [2] *Physical Review E*, vol. 57, n 6 (1998),6888

[03/11/05 - P138]

**O Modelo de Potts em 2-Dimensões:Grandezas Termodinâmicas e Expoentes Críticos**, ANTONIO S. A. FILHO, DARLAN A. MOREIRA, ANANIAS M. MARIZ, *UFRN* • Dada a importância dos modelos teóricos de mecânica estatística no estudo de sistemas cooperativos, analisamos alguns parâmetros de criticalidade do modelo de Potts, que nos últimos anos tem se mostrado de grande aplicabilidade na descrição de sistemas reais.

Neste trabalho, apresentamos uma série de resultados, obtidos via técnica de propagação de danos, que consiste essencialmente no monitoramento de duas ou mais réplicas de um sistema estatístico, do modelo de Potts para diferentes valores de  $q$ : 2, 3, 4 (transição contínua) e 5 (transição descontínua), com o intuito de fortalecer as reais características inerentes deste modelo (já estudadas por outras técnicas), que diz respeito à mudança na ordem da transição ferro-paramagnética, de segunda ordem para uma transição descontínua, em redes quadradas.

Através de um cálculo preciso da função de correlação, obtivemos estimativas para a temperatura crítica ( $q=2, 3, 4$ ) e para o expoente crítico  $\eta$  ( $q=2, 3, 4$ ), além das curvas da magnetização e do expoente  $\beta$ .

O método utilizado foi uma simulação de Monte-Carlo, com atualizações do tipo seqüencial segundo a dinâmica de Glauber, baseado em relações analíticas exatas que correlacionam a função de correlação e a magnetização com certas combinações de danos.

[03/11/05 - P139]

**Estudos de sistemas não lineares envolvendo processos estocásticos através de simulações analógicas**, LEONARDO B. M. SILVA, M. V. D. VERMELHO, M. L. LYRA, *Departamento de Física - Universidade Federal de Alagoas, Maceió 57072-970, AL* • A dinâmica de um sistema físico pode ser otimizada por meio de um ruído externo. A interação deste com as não-linearidades características do meio proporcionam o aparecimento de estados ordenados que podem ser observados

através da relação sinal/ruído. Esse fenômeno, denominado de Ressonância Estocástica, é observado em sistemas que apresentam um limiar de ação. Nesse trabalho estudamos a ressonância estocástica em um modelo simplificado de um protótipo para dinâmica neural dirigido por dois tipos de ruídos Gaussianos e/ou ruídos com lei de potência utilizando computação analógica. Montamos e caracterizamos a fonte de ruído baseada em uma equação diferencial com os ruídos aditivos e multiplicativos.

## FUN - Fundamentos da Física e Física Matemática

[03/11/05 - P140]

**Qual é o conteúdo de Informação de um estado quântico?**, HARLEY JORGE O. SILVA, ANALINE P. VALERIANO, A.F. DE LIMA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande* • Neste trabalho não pretende responder a pergunta contida no título. Esta questão servirá para nortear a investigação aqui apresentada. A Ciência da Informação Quântica reúne a Mecânica Quântica, a Teoria da Computação e a Mecânica Quântica numa nova e interdisciplinar abordagem do processo de armazenamento, processamento e comunicação utilizando sistemas quânticos. Nas palavras de R. Landauer: "A informação é Física". O emaranhamento ("entanglement") segundo Schrödinger, é o mais intrigante fenômeno derivado da Teoria Quântica. Sob a luz da Ciência da Informação Quântica o emaranhamento aparece como um recurso para a comunicação sem análogo clássico. Compreender o emaranhamento é portanto de uma importância fundamental para a Ciência da Informação. A teleportação e o código duplamente denso, são exemplos da utilização do recurso "emaranhamento" na comunicação quântica. Neste trabalho investigamos o emaranhamento de sistemas bipartite bi-dimensionais através do critério de Separabilidade de Peres [?]. Sob este critério, um sistema é separável, se a aplicação da operação de transposição parcial (operação transposta em uma das partes) leva a uma matriz com autovalores não-negativos. Usamos um procedimento algébrico da linguagem de programação Maple para auxiliar na investigação desejada como também para confeccionar as ferramentas necessárias para nosso estudo em Informação e Computação Quântica.

[03/11/05 - P141]

**Sobre conceitos de probabilidade clássica e quântica como medida de informação.**, HARLEY JORGE DE O. SILVA, AÉRCIO F. DE LIMA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande* • Na física clássica a informação é essencialmente representada como uma seqüência binária, ou seja, uma seqüência cujos elementos de informação (bit) podem assumir apenas os valores: zero ou um. Assim por exemplo, quando lemos um valor como um "dado" num "C-D", nós revelamos a propriedade existente no C-D antes da medida. Isto significa que numa medida clássica uma particular seqüência de "bits" obtidas pode ser considerada como sendo definida pelas propriedades do sistema clássico medido.

A informação obtida é mensurada pela expressão introduzida por Shannon (H: entropia de Shannon) a qual pode ser operacionalmente definida como o número de questões binárias, necessárias para descobrir a seqüência de "0"s e "1"s. Na física quântica a informação é representada por uma seqüência de qubits, cada um destes sendo definido num espaço de Hilbert bi-dimensional. Se nós desejarmos extrair a informação carregada pelo qubit, nós temos que projetar o estado do qubit sobre a base de medição  $\{|0\rangle, |1\rangle\}$  a qual nos fornecerá probabilisticamente os valores zero ou um. Apenas no caso excepcional em que o qubit está no auto estado do operador de medição (no caso  $|0\rangle$  ou  $|1\rangle$ ), a medição revelará a propriedade característica do sistema físico. Desta forma, em geral, o valor obtido pela medição possui inapelavelmente um elemento de aleatoriedade e não se pode afirmar que o valor do bit obtido pela medição é uma característica do estado quântico. Neste trabalho investigamos a inadequação da medida de informação de Shannon (H) como medida de informação quântica uma vez que não é invariante por transformações unitárias. Segundo a sugestão de C. Bruker e ? Zeilinger [ Phys. Rev.. A, 63 (2001)] apresentamos um exemplo específico para um sistema quântico de dois níveis onde a entropia de Shannon H possui as propriedades indesejáveis: (1) é diferente para estados quânticos indistinguíveis (diferem por que fase global). (2) não são independentes do tempo mesmo para sistemas fechados. (3) possui valores diferentes para conjuntos distintos de três "spins" ortogonais.

[03/11/05 - P142]

**Uso da técnica de majorização como medida da desordem entre estados quânticos.**, ADEMIR N. SOUTO, HARLEY JORGE DE O. SILVA, AÉRCIO F. LIMA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Campina Grande* •

A entropia de Von Neumann é um valioso instrumento para medir a desordem em estados quânticos. Há no entanto uma ferramenta mais sofisticada para quantificar a desordem entre dois vetores que também pode ser aplicada no caso de estados quânticos: a técnica de majorização. Esta técnica possibilita responder a questão: dado dois vetores quaisquer, qual é o mais ordenado. Por exemplo considere dois vetores  $\vec{x}$  e  $\vec{y}$ , cada um deles constituídos de  $N$  componentes não negativas. Ordenamos as  $N$  componentes dos vetores em ordem decrescente, e assumimos que são normalizados:  $\sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N y_i = 1$ . Dizemos que  $\vec{x}$  é majorizado por  $\vec{y}$ , escrito como  $\vec{x} \prec \vec{y}$ , se  $\sum_{i=1}^k x_i \leq \sum_{i=1}^k y_i$ , para  $k = 1, \dots, N-1$ . Usamos a teoria de majorização para investigar e caracterizar a propriedade de emaranhamento (não-separabilidade) de estados quânticos bipartite, ou seja formado por duas partes. Devido a complexidade deste assunto "apenas" investigamos sistemas cujas partes "vivem" no espaço de Hilbert de dimensão  $2 \times 2$  Usando a técnica de majorização discutimos a separabilidade ou não de estados quânticos, e abordamos uma importante questão ligada ao emaranhamento, a saber a equivalência entre estados quânticos. Ou em outras palavras: pode um estado ser transformado em outro usando apenas operações locais

e comunicação clássica? Também seguindo a sugestão de Nielsen, discutimos como a ordem (ou desordem) ajuda na classificação dos estados quanto a separabilidade. Apresentamos uma discussão detalhada utilizando exemplos de estados com mesmo espectro (matriz densidade com autovalores idênticos) mas que são distintos quanto a separabilidade. Usando nosso conhecimento na linguagem de programação Maple construímos “procedimentos” algébricos adequados para as nossas investigações.

[03/11/05 - P143]

**Dinâmica de campos térmicos e propriedades não clássicas dos estados coerentes pares,** GENILSON RIBEIRO DE MELO, *Faculdade Metropolitana de Camaçari, Instituto de Física Teórica*, ESDRAS SANTANA DOS SANTOS, *Instituto de Física Teórica* • Neste trabalho introduzimos o estado intermediário coerente par-ímpar do campo de radiação quantizado. Este estado possui a importante característica de interpolar, isto é, para limites bem definidos tende para o estado coerente par ou para o estado coerente ímpar. Então usaremos o formalismo da dinâmica de campos térmicos [1] para estudar o efeito de temperatura em suas propriedades não clássicas. [1] Y. Takahashi, H. Umezawa, *Collect. Phenom.* 2 (1975) 55 [reeditado em *Int. J. Mod. Phys. B* 10 (1996) 1755].

[03/11/05 - P144]

**Da Certeza à Incerteza,** LEONARDO BRUNO FERREIRA DE SOUZA, DENIS BARROS BARBOSA, SAMIRA RUANA VIDAL DO NASCIMENTO, *Universidade Estadual da Paraíba* • O estudo sobre a Física fora do equilíbrio e dos sistemas dinâmicos instáveis, sugere que a noção de tempo seja revista tal como é formulado desde Galileu. Todos sabemos que a física clássica foi destronada do século XX pela mecânica quântica e pela relatividade. Mas os traços fundamentais da lei de Newton, seu determinismo e sua simetria temporal, sobrevivem. O dilema do determinismo (William James) questiona a existência ou não da causalidade com questões como: “O futuro é dado ou está em perpétua construção? É uma ilusão a crença em nossa liberdade? É uma verdade que nos separa do mundo?”. Estes problemas são transpostos para a física através do paradoxo do tempo, em que as leis da mecânica (clássica, relativística e quântica) não fazem distinção entre passado e futuro enquanto estes desempenham diferentes papéis na natureza observada. Ilya Prigogine em seu livro *O fim das certezas* sugere que partamos para uma nova racionalidade, incorporando a flecha do tempo às equações da mecânica, onde o determinismo dá lugar a análises probabilísticas dos fenômenos. Neste trabalho procuramos (de forma conceitual) apresentar as idéias principais para essa nova racionalidade, ao que sugere uma nova forma de ver a natureza, justificando essas novas predições segundo I. Prigogine.

[03/11/05 - P145]

**Estudo de Propriedades de Transporte de um Pacote de Ondas em Sistemas Desordenados,** P. R. WELLS JR., S. L. A. DE QUEIROZ, J. D'ALBUQUERQUE E CASTRO, *Instituto de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro* • A motivação deste

trabalho foi o estudo experimental da difusão de pares elétron-buraco em poços quânticos de InP/InGaAs/InP [1,2]. Os resultados indicam a existência de difusão fractal assimétrica. Os dados experimentais são ajustados por distribuições de Lévy assimétricas, previstas por Chaves em um trabalho anterior [3].

Desenvolvemos um estudo teórico da difusão quântica em sistemas eletrônicos unidimensionais descritos por um hamiltoniano na aproximação de ligações fortes (tight-binding) com desordem substitucional, gerados com duas distribuições distintas: uma totalmente aleatória e outra fractal. Na primeira os sítios espalhadores são distribuídos aleatoriamente, sendo a probabilidade de um sítio ser ocupado por um átomo  $A$  (hospedeiro) ou  $B$  (impureza) é  $p$  ou  $q = 1 - p$ , respectivamente. O resultado disso é que a distribuição de distâncias entre duas impurezas segue uma lei exponencial; no segundo caso, impomos que esta distribuição siga uma lei de potência, introduzindo características fractais neste meio. No caso fractal, o sistema não tem uma escala típica, enquanto que no caso exponencial ele terá.

Em cada caso partimos de um pacote de ondas gaussiano inicialmente estático e calculamos sua evolução temporal diagonalizando numericamente o hamiltoniano. Utilizando médias configuracionais, obtemos a evolução temporal dos momentos da distribuição e dos perfis dos pacotes de onda. Efetuamos também cálculos baseados na aplicação de um campo elétrico no sistema. Os nossos resultados são comparados com os resultados experimentais e com resultados conhecidos na literatura para Difusão Anômala [4].

[1] Monte *et al.*, *Physics Letters A* 268 (2000) 430 ; [2] Monte *et al.*, *Applied Physics Letters* 81, 13 (2002) 2460 ; [3] Chaves, *Physics Letters A* 239 (1998) 13 ; [4] Shlesinger *et al.*, *Nature* 363 (1993) 31

[03/11/05 - P146]

**DINÂMICA DE UMA LINHA DE VÓRTICE SUBMETIDA A FORÇAS ESTOCÁSTICAS DE LARGA ESCALA,** HELTON JOSÉ RODRIGUES CABRAL, FRANCISCO AUGUSTO SILVA NOBRE, *Universidade Regional do Cariri - URCA* • Os primeiros registros de estudos de fenômenos de escoamento turbulentos reportam-se a mais de 500 anos, a Leonardo da Vinci. Suas observações sugerem a idéia de cascata de energia, com quebra de vórtices, antecipando qualitativamente os trabalhos de Richardson e Kolmogorov. Acredita-se que a turbulência tenha origem na interação de vórtices nos fluidos, e em sua quebra no processo de cascata de energia levando o fluido a uma natureza fractal, o que tem levado nestes últimos anos a um intenso estudo da vorticidade como fonte geradora do processo de turbulência. Em nosso trabalho avaliamos a evolução de uma linha de vórtice fechada submetida a diferentes forças estocásticas de larga escala, com dinâmica governada pela equação de Navier Stokes, para a qual adotaremos procedimentos numéricos. Nesta segunda etapa do trabalho, encontramos a dimensão fractal da linha de vorticidade para um longo intervalo de tempo.

[03/11/05 - P147]

**Osciladores Quânticos Unidimensionais Dependentes do Tempo**, KARINA SOARES FARIAS, RAFAEL DE LIMA RODRIGUES, AÉRCIO F. DE LIMA, *UFCEG-Cajazeira/UFCEG - Campina Grande* • Em 1967, H. R. Lewis demonstrou que uma quantidade conservada para o oscilador harmônico dependente do tempo, caracterizado pela frequência  $\omega(t)$ , é dada por:  $I = \frac{1}{2}[(\dot{q}\alpha - \dot{\alpha}q)^2 + (\frac{q}{\alpha})^2]$  onde  $q$  e  $\alpha$  satisfazem, respectivamente, as equações:  $\ddot{q} + \omega^2(t)q = 0$ ,  $\ddot{\alpha} + \omega^2(t)\alpha = \frac{1}{\alpha^3}$ . O método proposto por Lewis e Ermakov utiliza o invariante no tempo (I), acima descrito, para obter soluções exatas da equação de Schrödinger de sistemas quânticos com potenciais dependentes do tempo. Partindo do oscilador quântico com massa ou frequência dependente do tempo, construiremos um novo invariante (I) para o potencial iso-espectral com o respectivo sistema de oscilador, seguindo as equações acima descritas.

[03/11/05 - P148]

**Complete exact quantum states of the generalized time-dependent harmonic oscillator**, I. A. PEDROSA, *UFPB* • By making use of linear and quadratic invariants and the invariant operator formulation of Lewis and Riesenfeld the complete exact solutions of the Schrödinger equation for the generalized time-dependent harmonic oscillator are obtained. It is shown that the general solution of the system under consideration contains both the discrete and continuous spectrum. The connection between linear and quadratic invariants and their corresponding eigenstates via time-dependent auxiliary equations is also established.

[03/11/05 - P149]

**Corda Aberta Atada numa D-Brana na Presença de Um campo magnético**, CLEVERSON FILGUEIRAS, *Depto de Física de Pernambuco*, WILSON OLIVEIRA, CLIFFORD NEVES PINTO, *Depto de Física-Univ.fed. de Juiz de Fora*, ALEXEI DERIGLAZOV, *Depto de Matemática-Univ.fed. de Juiz de Fora* • Quando as equações da Relatividade Geral e da Mecânica Quântica são combinadas, respostas sem sentido algum são produzidas. Mas, no intuito de se chegar a uma teoria final capaz de descrever as forças da natureza por um único esquema, é preciso unificar estes dois pilares da física moderna. Para resolver esta tensão entre a Relatividade Geral e a Mecânica Quântica, foi concebida no final da década de 60, a Teoria de Cordas, que é radicalmente diferente das teorias usuais. Neste esquema, as partículas elementares não são mais pontos, mas laços mínimos de cordas vibrantes. Estudamos uma "partícula-corda" atada numa D-brana na presença de um campo magnético constante. Vimos que as equações descrevendo a dinâmica do sistema, que a princípio mostrou-se de segunda ordem, pode ser reduzido a um sistema mecânico equivalente de primeira ordem. Mostramos também que a não comutatividade das variáveis da corda em sua fronteira pode ser removida, uma vez que existe uma arbitrariedade na relação entre as variáveis da corda e as variáveis mecânicas. O próximo passo é fazer a quantização do sistema. Como perspectiva futura, pretendemos estudar a partícula-corda na presença de uma disclinação (analogamente,

uma corda cósmica) levando em conta os efeitos devido a curvatura do sistema bem como o problema das extensões auto-adjuntas do Hamiltoniano, o que certamente trará consequências físicas interessantes, uma vez que teremos condições de contorno não usuais na singularidade cônica.

[03/11/05 - P150]

**Dinâmica da Transição à Sincronização Total em Mapeamentos Acoplados**, BRUNO TAVARES DE OLIVEIRA ABAGARO, MURILO PEREIRA DE ALMEIDA, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará - UFC* • Christiaan Huygens foi, provavelmente, o primeiro cientista a observar e descrever o fenômeno de sincronização durante a segunda metade do século XVII. Ele descobriu que as oscilações de dois relógios de pêndulo, com um suporte em comum, coincidem perfeitamente. O fato de que sistemas caóticos podem atingir sincronização, descoberta feita durante o início da década de noventa, impulsionou o desenvolvimento do tópico sincronização como um novo campo de pesquisa interdisciplinar em dinâmica não-linear. Sistemas, tão diversos como lasers; relógios biológicos; osciladores químicos; redes neurais; sistemas de comunicações, exibem a tendência de operar em sincronia. Entre as várias formas de sincronização de sistemas caóticos, podemos destacar a sincronização de fase; sincronização generalizada e a sincronização total (ou completa). Essa última forma consiste em um regime ao qual dois sistemas caóticos idênticos e acoplados apresentam oscilações idênticas a cada instante de tempo. Tal regime já foi observado experimentalmente em um sistema de dois lasers acoplados. Neste trabalho, estudamos de forma sistemática as propriedades do regime de sincronização total em um sistema caótico que consiste em dois mapeamentos unidimensionais idênticos, tipo "toldo inclinado", acoplados linearmente. Em um primeiro momento, construímos o modelo e analisamos a estabilidade do estado de sincronização por meio dos expoentes de Lyapunov do sistema. Através desse método de estabilidade, calculamos o parâmetro crítico, valor pelo qual o sistema alcança o regime de sincronização total. Analisamos qualitativamente essa transição. Isto é, consideramos o parâmetro de acoplamento como um parâmetro de bifurcação e aumentamos gradualmente seu valor de zero ao valor crítico. Observamos, graficamente no espaço de fase, uma estrutura complexa de bifurcação. Essa transição é identificada como "bifurcação de estouro". Quando o parâmetro de acoplamento é levemente menor que o parâmetro crítico, a diferença entre os estados do sistema apresenta um padrão intermitente, conhecido como intermitência modular.

[03/11/05 - P151]

**computação quântica: possibilidades e limitações**, ROSANGELA MARQUES DE ALBUQUERQUE, ANTONIO FERNANDES SIQUEIRA, *UVA-CE-Brasil* • Computação Quântica: Possibilidades e Limitações  
Rosângela Marques de Albuquerque e Antonio Fernandes Siqueira Departamento de Física Universidade Estadual Vale do Acaraú



A computação quântica, primeiramente proposta como um desafio por Feynman\*, tem seu grande potencial na possibilidade de se reproduzirem estados entrelaçados (entangled states). Os sistemas mais promissores para tais criações seriam aqueles de dois níveis. Estes são de fato abundantes na natureza. Contudo a construção de aparatos que permitam a realização de operações matemáticas lógicas não parece ser um ponto de concordância geral. Este trabalho objetiva apresentar os princípios básicos da computação quântica, ao mesmo tempo, que discute algumas dificuldades que poderiam surgir na transferência de informação que permitisse a realização de tais cálculos matemáticos, sem o fantasma da aleatoriedade de erros provenientes da aquisição dessa informação. Em particular, para tal discussão usamos o maser de amônia como sistema de dois níveis candidato a aparato de processamento de operações de cálculo.

\* R. P. Feynman; Int. Jour. of Theor. Phys, 21, 476 (1982)

[03/11/05 - P152]

**A Álgebra não-linear de Colombeau e o Limite ultrarelativístico do Campo de Coulomb.**, JOSÉ GOMES DE ASSIS, VALDIR B. BEZERRA., *Universidade Federal da Paraíba* • Nos anos 80 J. F. Colombeau desenvolveu a Teoria das funções generalizadas provando a possibilidade de um produto de Distribuições. Ele construiu a Álgebra Diferencial contendo o espaço das funções suaves como sub-álgebra e o espaço das distribuições como um subespaço vetorial. A teoria de Colombeau nos parece ser a estrutura natural para discutir situações como onda de choques gravitacionais produzidas por partículas ultrarelativísticas e em outras situações onde seja necessário o produto de distribuições. No entanto, mais recentemente as primeiras aplicações desta estrutura em problemas clássicos de teoria de Campos e Relatividade Geral tem surgido. Apresentaremos neste trabalho uma dessas aplicações que é o cálculo do limite ultrarelativístico do Campo de Coulomb.

[03/11/05 - P153]

**An algorithm to perform POVMs through Neumann theorem: application to the discrimination of non-orthogonal pure quantum states**, WILSON R. M. RABELO, *Universidade Federal do Amapá*, ALEXANDRE G. RODRIGUES, *Universidade Federal do Pará*, REINALDO O. VIANNA, *Universidade Federal de Minas Gerais* • In the literature, the use of state discrimination has been analysed into the context of eavesdropping strategy attack in quantum cryptography. In this work, we consider a protocol to perform the optimal quantum state discrimination of  $N$  linearly independent non-orthogonal pure quantum states and present a computational code. Through the extension of the original Hilbert space, it is possible to perform a unitary operation yielding a final configuration, which gives the best discrimination without ambiguity by means of von Neumann measurements. Our goal is to introduce a detailed general mathematical procedure to realize this task by means of semidefinite programming and norm minimization. The former is used to fix which is the best detection probability amplitude for each state of the ensemble.

The latter determines the matrix which leads the states to the final configuration. In a final step, we decompose the unitary transformation in a sequence of two-level rotation matrices.

[03/11/05 - P154]

**Mecânica Ondulatória no Espaço de Fase e a Invariância pelo Grupo de Galilei**, JORGE NUNES SACRAMENTO, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia*, JOSÉ DAVID M. VIANNA, *Instituto de Física - Universidade de Brasília, Universidade Federal da Bahia* • Uma das formulações da Mecânica Estatística Clássica usa a estrutura matemática de espaço de Hilbert-Koopman  $\mathcal{K}$ . Nesta formulação denominada Mecânica Ondulatória no Espaço de Fase a densidade de probabilidade é dada pelo quadrado do valor absoluto de uma função de onda  $\theta$  definida sobre o espaço de fase clássico; as quantidades dinâmicas da teoria são operadores lineares atuando sobre  $\mathcal{K}$ , a evolução temporal de  $\theta$  é realizada pelo Liouvilliano construído a partir do Hamiltoniano do sistema. No presente trabalho impõe-se a invariância da teoria pelo grupo de Galilei; em consequência determinam-se as condições que o operador de evolução temporal deve satisfazer obtendo-se o Liouvilliano independente do conhecimento do Hamiltoniano do sistema.

## MAG - Magnetismo e Materiais Magnéticos

[03/11/05 - P155]

**Estudo de Interfaces Ferromagneto - Antiferromagneto ( FM / AFM )**, R. N. COSTA FILHO, JOÃO MILTON PEREIRA, GEORGE FREDERICK T. S., *UFC - CE - Brasil* • Em sistemas de uma camada ferromagnética em contato com uma outra camada antiferromagnética ordenada são observadas mudanças nas propriedades magnéticas. Tais mudanças são importantes e têm gerado interesse, devido ao desenvolvimento de dispositivos magnetoeletrônicos. Dentre essas mudanças podemos mencionar o deslocamento da curva de histerese (*exchange bias*), devido à presença da interface FM/AFM. O efeito é acompanhado de um aumento na **coercividade** do material ( $H_c$ ), isto é, no valor do campo magnético necessário para anular a magnetização do sistema. Utilizando o Método de Monte Carlo reproduziremos a curva de histerese através de uma simulação computacional, analisando o efeito da interface FM/AFM na curva e na coercividade. Usaremos para tanto um modelo de momentos magnéticos (*spins*) em duas dimensões, dispostos em uma rede quadrada simples. O efeito causado pelo aumento da temperatura do sistema, como a transição de fase das camadas FM e AFM, também será estudado. Para isso utilizaremos o *Algoritmo de Metrópolis*. Além disto, pretendemos estudar o efeito da rugosidade da interface FM/AFM sobre a magnetização. Por fim estudaremos o efeito da variação da interação de troca na interface FM/AFM sobre o sistema para diferentes temperaturas.

[03/11/05 - P156]

**ONDAS DE SPIN EM FIOS FERRO-MAGNÉTICOS**, ROBERTO FERREIRA SENA FILHO, RAIMUNDO NOGUEIRA COSTA FILHO, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • O comportamento dinâmico dos spins em sistemas magnéticos é influenciado por interações magnéticas de curto e longo alcance como por exemplo: interação de troca; Zeeman; dipolo-dipolo. Além dessas interações, outro aspecto relevante no comportamento dos spins, é a geometria na qual o sistema esta inserido. Neste trabalho pretendemos estudar o comportamento de ondas de spin em uma geometria de baixa dimensionalidade: um fio ferromagnético. Consideramos esse fio sendo constituído de  $N$  linhas de spin na direção  $x$ . Havendo, portanto, periodicidade apenas nesta direção, fato que diferencia esse sistema de um filme magnético onde existe periodicidade em duas direções. Esta quebra de simetria translacional pode nos revelar propriedades e fenômenos magnéticos interessantes. O modelo é baseado em uma descrição hamiltoniana (Hamiltoniano de Heisenberg) em que o formalismo microscópico leva em consideração a dependência espacial dos spins no sistema. Os operadores de spin do hamiltoniano são escritos em termos de operadores bosônicos de criação e aniquilação através da transformação Holstein-Primakoff. Fazendo uma aproximação de fase aleatória (RPA), que consiste em considerar os spins tendo sua componente na direção de magnetização (direção  $z$ ) substituída por sua média térmica, obtemos uma solução aproximada. Em seguida, fazemos uma transformada de Fourier para estes operadores e para a constante de troca que, por fim, nos fornece um sistema de equações matriciais. Assim, podemos obter a relação de dispersão, a magnetização, o calor específico, a susceptibilidade magnética, dentre outras propriedades termodinâmicas.

[03/11/05 - P157]

**Lateral Fano resonances in the strong coupling regime of a T-coupled quantum dot in a ballistic channel within the atomic approach**, THIAGO LOBO, MARCOS SÉRGIO FIGUEIRA., *UFF - RJ - Brasil* • We study the lateral Fano resonances in the strong coupling regime of a T-coupled quantum dot (QD) in a ballistic channel within the atomic approach, developed to study the Anderson impurity (AI) [1]. In this work we discuss a new kind of Fano resonance that appears in a T-coupled QD strongly coupled to the lead when the energy level of the QD is located very near the edge of the conduction band (CB)[2]. At low temperatures, there is a Fano lateral resonance associated to the Kondo effect [3], for a QD populated by an odd number of electrons. This is an experimentally well studied phenomenon. As the temperature is increased above the Kondo temperature this Kondo-Fano antiresonance disappears and, according to our results, another type of Fano behavior dominates the conductance when the gate potential is at the neighborhood of the bottom of the CB. In this case the Fano resonance is generated by the quantum interference between the ballistic channel and a thermal activated channel created by the QD resonance at one of the

edges of the conduction band. We obtain a conductance with strong Fano anti-resonances. The calculated density of states shows that this behavior is associated to a many-body renormalized QD resonant level at the edge of the conduction band. Contrary to the Fano anti-resonances experimentally found when this system is at the Kondo regime, this phenomenon appears above the Kondo temperature at the strong coupling limit. [1] "Atomic approach for the Anderson impurity model: The Kondo effect" T. Lobo, M. S. Figueira and M. E. Foglio - submitted to the Physical Review B. [2] "X-boson cumulant approach to the periodic Anderson model" R. Franco, M. S. Figueira and M. E. Foglio, Phys. Rev. B 66, 045112 (2002) [3] "Fano resonance in electronic transport through a quantum wire with a side-coupled quantum dot: X-boson treatment", R. Franco, M. S. Figueira and E. . Anda Phys. Rev. B 67, 155301 (2003).

[03/11/05 - P158]

**Estabilidade térmica da coercividade e viscosidade magnética no nanocompósito FeCo/MnO**, LINCOLN RODRIGUES SAMPAIO DE ARAÚJO, FREDERICO CAVALCANTE MONTENEGRO, *Grupo de Magnetismo e Materiais Magnéticos, UFPE*, DANIEL REINALDO CORNEJO, *Laboratório de Materiais Magnéticos, USP* • Nanoestruturas magnéticas têm despertado bastante interesse recentemente devido às propriedades diferenciadas apresentadas em relação aos sistemas massivos de mesma composição. O sistema nanocompósito  $Fe_{40}Co_{60}/MnO$ , investigado neste trabalho, foi produzido pela técnica de mecano-síntese e tratado termicamente à  $400^{\circ}C$  por diferentes tempos, tendo sido obtidas amostras com partículas de diâmetros médios de 8 a 20nm, dependendo do tempo de tratamento utilizado. Em estudos recentes neste sistema, foi observado um aumento da coercividade com a diminuição da temperatura e o surgimento do efeito de exchange-bias para  $T < -153^{\circ}C$ , a temperatura de Néel da fase MnO. Este efeito foi atribuído ao acoplamento Ferromagnético-Antiferromagnético existente entre grãos nanométricos vizinhos de FeCo e MnO. A motivação para a continuidade no estudo magnético deste sistema foi a alta estabilidade térmica da coercividade, apresentada no intervalo em temperatura desde  $-153^{\circ}C$  até a temperatura ambiente. A primeira parte deste trabalho foi voltada para a investigação da coercividade neste sistema no regime de altas temperaturas. Nas amostras investigadas, a coercividade manteve-se aparentemente constante desde a temperatura ambiente até cerca de  $600^{\circ}C$ . Na região em temperatura entre  $600^{\circ}C$  e  $700^{\circ}C$ , as propriedades magnéticas caem rapidamente, indicando a existência de uma transição de fase nessa região, que por sua vez, é atribuída a uma transição de fase estrutural na liga  $Fe_{40}Co_{60}$  da estrutura ordenada do  $CsCl$  para a estrutura BCC desordenada. Na segunda parte do trabalho, foram realizados estudos de viscosidade magnética à temperatura ambiente em 5 amostras de FeCo/MnO com tratamentos térmicos prévios que variavam desde 0h até 3h. Para tal, foram realizadas medidas de magnetização em função do tempo, para diversos valores de campo reverso aplicado. Os coe-

ficientes de viscosidade magnética  $S(H_{rev})$  foram obtidos ajustando as curvas  $M$  versus  $t$  à equação  $M(H_{rev}, t) = M(H_{rev}, t_0) + S \log(t/t_0)$ . Os volumes de ativação (associados à quantidade de magnetização que reverte em um processo termicamente ativado), como função dos campos reversos aplicados, foram determinados através da expressão  $V_a = k_B T / S_v M_S$ , onde  $S_v = S / \chi_{irr}$  é o parâmetro de viscosidade magnética envolvido nos processos de reversão e  $M_S$  é a magnetização de saturação da fase ferromagnética. A comparação entre os  $V_a$ s obtidos por viscosidade magnética e os tamanhos médios de partícula determinados por difração de raios-X (Fórmula de Scherrer) nos forneceu indícios que o mecanismo de inversão da magnetização possuído pelo nanocompósito  $FeCo/MnO$  é a rotação incoerente de partículas de domínio único.

[03/11/05 - P159]

**Efeito de Tamanho de Partícula na Magnetização de Fluidos Magnéticos com Dupla Camada Elétrica à Base de Ferrita de Cobalto,** FRANCISCO ERONI PAZ DOS SANTOS, FREDERICO CAVALCANTI MONTENEGRO, UFPE - PE - Brasil, JÉRÔME DEYPEROT, UNB - DF - Brasil • Fluidos magnéticos (MF), compostos de nanopartículas monodomínios dispersas em líquido carreador, apresentam propriedades magnéticas e líquidas que os tornam bastante versáteis, possibilitando o desenvolvimento de inúmeras aplicações. O conhecimento detalhado dessas propriedades é importante no desenvolvimento de aplicações tecnológicas, que vão desde a fabricação de impressoras que utilizam tintas magnéticas, alto-falantes de alta performance, selos e juntas para alto vácuo e até em aplicações biológicas. Nesse sentido, estudamos as propriedades magnéticas de amostras de fluidos magnéticos de dupla camada elétrica, composto de nanopartículas de ferrita de cobalto ( $CoFe_2O_4$ ), para diferentes diâmetros médios entre 4,5nm e 11,6nm.

As curvas de magnetização foram medidas, em temperatura ambiente, em função do campo magnético aplicado, da ordem de 10 T, usando um magnetômetro de amostra vibrante do tipo foner. Todas as amostras apresentaram um comportamento superparamagnético e nenhuma histerese foi encontrada.

Trabalhamos com o modelo Langevin, juntamente com a distribuição log-normal, para considerar a polidispersão em tamanho de partícula, sobre as curvas de magnetização. Seguindo este método, foi possível determinar a magnetização de saturação e os diâmetros de partículas das amostras de ferrofluidos de Cobalto. Nós comparamos essas grandezas com as encontradas nas amostras à base de ferrita de Mangânes e Cobre [R. Aquino, et.al]. Verificamos que a magnetização de saturação (por fração volumétrica) segue uma dependência linear sobre tamanho de partícula. Finalmente, a susceptibilidade decreta quando o diâmetro decreta, evidenciando os efeitos de superfície são importantes para amostras com baixos diâmetros.

[03/11/05 - P160]

**Magnetismo de nanoestruturas Fe-Pt,** GREGÓRIO BARBOSA CORRÊA JÚNIOR, ÂNGELA

BURLAMAQUI KLAUTAU, *Universidade Federal do Pará* • Recentemente, considerável atenção tem sido dada à investigação de novos materiais magnéticos nanoestruturados, devido às suas não usuais propriedades físicas e suas potenciais aplicações tecnológicas, em particular referente ao uso como mídias de gravação magnética de alta densidade. Relacionado à pesquisa básica nesta área, um dos tópicos fundamentais é a compreensão das origens microscópicas das propriedades magnéticas destes nanomateriais metálicos. Sistemas típicos são os compostos por ligas Fe-Pt, os quais vêm sendo investigados intensivamente [1,2]. A razão entre o momento magnético de spin e o orbital para nanopartículas Fe-Pt como função da concentração de Fe foi recentemente medida experimentalmente [2]. Consequentemente, um estudo teórico das propriedades magnéticas destes sistemas é de fundamental interesse. Neste trabalho, motivados por estes estudos, apresentamos cálculos ab-initio das propriedades magnéticas de nanoestruturas de Fe embebidas em matrizes de Pt. Os cálculos são baseados na Teoria do Funcional da Densidade e na aproximação da densidade local, usando o método RS-LMTO-ASA ("Real Space - Linear Muffin-Tin Orbital - Atomic Sphere Approximation"), no qual o acoplamento spin-órbita e o termo de polarização orbital foram incluídos. Nossos resultados mostram que o momento magnético do Fe como impureza em Pt é maior do que seu típico valor como "bulk" e que o Fe induz um momento magnético em várias camadas de vizinhos Pt, resultando num momento magnético gigante. Para nanoestruturas de Fe embebidas em Pt obtivemos que os momentos de spin nos sítios de Fe são menores nos sítios de Fe centrais, comparados com os átomos de Fe na interface Fe-Pt. Verificamos que a razão orbital/spin para os momentos magnéticos médios nos sítios de Fe aumenta para nanoestruturas de Fe maiores, diferente do caso das nanopartículas compostas por ligas desordenadas [2]. [1] H. Zeng, et al., Nature 420, 395 (2002); [2] M. Ulmeanu, et al., Phys. Rev. B 69, 054417 (2004).

[03/11/05 - P161]

**Dedução da equação de Ampère-Maxwell por lei de Biot-Savat.,** HENRIQUE DOS NASCIMENTO CAMELO, RAFAEL TEIXEIRA EUFRÁSIO, DIEGO TIBÉRIO DE QUEIROZ MARTINS, *Universidade Estadual do Ceará - UECE* •

A partir de um artigo publicado em Abril de 1988 na American Journal of Physics, por T. Biswas do Departamento de Física da Universidade Estadual de Nova Iork (SUNY), iremos reproduzir uma forma alternativa de dedução da equação de Ampère-Maxwell do Eletromagnetismo, utilizando-se para isso da lei experimental de Biot-Savat. Esta dedução não é usualmente encontrada em livros texto sobre o assunto, uma vez que o próprio Maxwell introduzia o termo da corrente de deslocamento (batizada por ele), na equação de Ampère, baseando-se apenas na equação da continuidade (ou conservação de carga). No presente trabalho, partiremos da lei de Biot-Savart escrita em termos da corrente de densidade, empregando-a elementos matemáticos como: divergente, rotacional, identidades vetoriais, delta de Di-

rac e etc., além disso a equação da continuidade servirá de foma complementar. Então esperamos nesta dedução, obter uma das contribuições de Maxwell para o Eletromagnetismo, ou seja, a corrente de deslocamento, de uma maneira mais direta. Sendo que este trabalho poderá fornecer aos estudantes e professores de física, uma contribuição na busca de uma melhor compreensão das leis do Eletromagnetismo Clássico, em especial na lei de Ampère-Maxwell, cujo significado físico dita que cargas e campo elétricos variáveis no tempo, induz o aparecimento de campos magnéticos.

[03/11/05 - P162]

**Field Theory Approach For Annealed Disordered Quantum Magnetic Systems,** CARLOS MAGNO SILVA DA CONCEIÇÃO, EDUARDO CANTERA MARINO, *UFRJ -RJ - Brasil* • Metallic non-magnetic alloys are extremely interesting condensed matter systems, presenting annealed disorder, whose theoretical understanding would be desirable. Quantum field theory can handle this problem in an interesting way. We propose to study the effects of annealed disorder in two-dimensional quantum antiferromagnets on a square lattice, within the Edwards-Anderson model approach, by using of a random distribution of magnetic exchange coupling. Through the continuous limit of this model, the phase structure is investigated by examining the saddle-point equations obtained from this effective theory. The annealed staggered magnetic susceptibility at low temperatures is evaluated in each phase. The large distance behavior of the annealed spin correlation function is also obtained in the quantum disordered phase.

[03/11/05 - P163]

**Espectro de Reflexão Total Atenuada em Materiais Metamagnéticos,** EMANUELL DA COSTA ALVES SILVA, FLÁVIO MOURA E SILVA JÚNIOR, M.S.VASCONCELOS, *Departamento de Ciências Exatas, CEFET-MA* • Recentes pesquisas sobre materiais magnéticos têm demonstrado que este tipo de sistema possui um vasto campo em aplicações tecnológicas, principalmente quando se trata de discos magnéticos de gravações e memórias de acesso aleatório. Por exemplo, materiais com estruturas antiferromagnéticas têm sido utilizado na tecnologia de sensores magnetoresistivos e no armazenamentos de dados, principalmente após a descoberta dos efeitos da magnetoresistência gigante, também conhecido como efeito válvula de spin. Entre os materiais que vem se destacando com potenciais aplicações tecnológicas, destacamos os metamagnetos. Estes materiais apresentam características antiferromagnética (AFM) em sua estrutura a campo nulo. Basicamente um metamagneto consiste de um material de estrutura hexagonal que apresentam acoplamento antiferromagnético entre camadas adjacentes e acoplamento ferromagnético em uma mesma camada. Além disso, a intensidade do acoplamento ferromagnético intracamadas é maior que o acoplamento antiferromagnético entre as camadas adjacentes, o que facilita uma mudança de fase em função do campo aplicado perpendicularmente às camadas. Os polaritons

magnéticos (*acoplamento das ondas de spins com o campo eletromagnético em pequenos vetores de onda*) foram estudados por Guimarães e Albuquerque[1] em filmes metamagnéticos. A propagação de ondas de spins na região magnetostática foi estudada recentemente por Vasconcelos *et al*[2] em super-redes metamagnéticas. Em ambos trabalhos teóricos eles preveram o comportamento das ondas de spins na fase antiferromagnética em metamagnetos, mostrando a existência de modos de volume e superfície bastante distintos de um antiferromagneto comum. No entanto, medidas experimentais para polaritons-magnéticos em metamagnetos ainda não foram realizadas. Motivados por estes recentes estudos, neste trabalho calculamos o espectro teórico do método de reflexão total atenuada (Attenuated Total Reflection - ATR) em um material metamagneto. O método experimental ATR, como ele é conhecido na literatura, consiste de um prisma de constante dielétrica  $\epsilon_P$ , colocado acima de um substrato de material metamagnético, deixando um "gap" de separação (vácuo) entre o prisma e o substrato, de constante dielétrica  $\epsilon_g$ , e espessura  $d$ . Um feixe de luz com frequência  $\omega$  incide sobre a interface interna do prisma em um ângulo maior que o ângulo de reflexão interna total entre o prisma e o vácuo  $\theta_C = \sin^{-1}(\epsilon_g/\epsilon_P)$ , criando uma onda evanescente que excitará um modo de superfície no material metamagnético naquela frequência, dependendo da espessura do "gap".

[1] E. S. Guimarães e E. L. Albuquerque, *Physics Letters A* 307, 172 (2003).

[2] M.S. Vasconcelosa, D.H.A.L. Anselmo e C.G. Bezerra, *Solid States Communications* 135, 673 (2005).

[03/11/05 - P164]

**Estudo do modelo de Heisenberg Clássico com Estrutura de Camadas Anisotrópico com Campo Cristalino,** LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, J. A. PLASCAK, A. S. T. PIRES, Universidade Federal de Minas Gerais* • O magnetismo é uma das áreas mais fascinantes da Física da Matéria Condensada. Embora os materiais magnéticos sejam conhecidos há cerca de três mil anos, foi somente no primeiro quarto do século XX, com os trabalhos de Dirac e Heisenberg num contexto da Mecânica Quântica, que a origem microscópica do magnetismo pôde finalmente ser compreendida. Hoje, o então modelo de spins interagentes de Heisenberg tornou-se protótipo para vários sistemas em diversas áreas. O modelo de Heisenberg não possui solução exata para dimensões maior que um e tem sido extensivamente atacado por vários métodos numéricos. Recentemente a tentativa de compreensão da supercondutividade a alta temperatura aumentou o interesse nos modelos de Heisenberg com estrutura de camadas. Assim, o estudo do modelo de Heisenberg tridimensional anisotrópico, ou seja, com um acoplamento interplanar que pode variar de valores quase nulo (modelos estritamente bidimensionais) a valores próximos do acoplamento intraplanar (sistemas quase isotrópicos), teria uma motivação experimental maior que a investigação de sistemas puramente bidimensionais ou totalmente isotrópicos. Neste trabalho, apresentaremos um estudo do modelo de Heisenberg clássico tridimensional anisotrópico com anisotro-

pia cristalina via Aproximação Harmônica Auto Consistente e princípio variacional. Os diagramas de fases como função da temperatura foram analisados para vários valores dos parâmetros do Hamiltoniano. A não ser pelos valores da magnetização, ambos procedimentos produziram temperaturas críticas muito próximas, bem como diagramas de fases semelhantes, mesmo tendo-se em conta o ponto de vista quantitativo. Os resultados aqui apresentados para o modelo estudado estão em bom acordo, em alguns limites dos parâmetros do Hamiltoniano, com dados de Monte Carlo, expansões à alta temperatura e com os resultados analíticos encontrados na literatura.

[03/11/05 - P165]

**Estudo Analítico do Modelo de Heisenberg Bidimensional via Princípio Variacional,** MARIA SOCORRO SEIXAS PEREIRA CAIRES, LUIZDARCY DE M. CASTRO, JORGE ANDERSON P. RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia* • Em 1928 Dirac e Heisenberg propuseram, baseado em argumentos quânticos, a interação de troca, de natureza coulombiana e suficientemente forte para dar conta de um estado ordenado dos spins de um cristal magnético, mesmo a temperaturas mais altas. Hoje, o então modelo de spins interagentes de Heisenberg tornou-se protótipo para vários sistemas em diversas áreas. O modelo de Heisenberg possui apenas solução exata para dimensão igual a um e tem sido extensivamente atacado por vários métodos numéricos, carecendo ainda de estudos analíticos. Além do interesse puramente teórico, pela riqueza dos seus diagramas de fases, o estudo desse modelo tem sido motivado pelas implicações de seus resultados para situações físicas reais em sistemas magnéticos, ou em outras áreas da matéria condensada, como por exemplo, cristais líquidos, supercondutores dentre outros. Neste trabalho, apresentaremos um estudo analítico do modelo de Heisenberg clássico bidimensional anisotrópico com um termo de anisotropia cristalina via princípio variacional Bogoliubov. Os diagramas de fases como função da temperatura foram gerados e analisados para vários valores dos parâmetros do Hamiltoniano. Os resultados aqui apresentados para o modelo estudado estão em bom acordo, em alguns limites dos parâmetros do Hamiltoniano, com dados de Monte Carlo, expansões à alta temperatura e com os resultados analíticos encontrados na literatura.

[03/11/05 - P166]

**Estudo Analítico do Rotor Planar,** RICARDO GONDIM SARMENTO, LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • O teorema de Mermin-Wagner assegura que simetrias globais contínuas não podem ser quebradas espontaneamente em sistemas com interações de curto alcance para dimensões menores ou iguais a dois. Portanto, os modelos tipo XY bidimensionais não apresentam ordem de longo alcance. Entretanto, tais sistemas apresentam uma transição de fases, proposta por Kosterlitz e Thouless, de caráter topológico, caracterizada por uma súbita mudança na resposta do sistema a perturbações externas. Neste trabalho, apresentaremos um estudo do rotor planar bidimensional, modelo mais

simples que exhibe a transição de Kosterlitz-Thouless, pois, como previsto na literatura, apresenta uma linha de pontos críticos em regiões de baixas temperaturas onde exhibe invariância de escala. Neste estudo, propomos o emprego do princípio variacional de Bogoliubov, usando um hamiltoniano tentativa, mais próximo do original, que ainda não possui solução exata em duas dimensões. O hamiltoniano tentativa é analiticamente tratável e torna-se mais próximo do original à medida que consideramos outros termos da expansão do original. Com esta estratégia de cálculo esperamos obter analiticamente resultados melhores que os obtidos via outras técnicas analíticas, como por exemplo: a Aproximação Harmônica Auto-Consistente e outras teorias de campo médio. Os resultados aqui apresentados para o rotor planar bidimensional estão em bom acordo com os dados de simulação de Monte Carlo e com os outros resultados analíticos encontrados na literatura.

[03/11/05 - P167]

**Estudo do modelo XY via o princípio variacional de Bogoliubov,** WANDEARLEY DA SILVA DIAS, JORGE ANDERSON PAIVA RAMOS, LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • O modelo XY unidimensional foi resolvido exatamente e independentemente por Lieb, Schultz e Mattis e por Katsura. Para dimensões maiores do que um o modelo ainda não foi resolvido exatamente, sendo exaustivamente estudado por vários métodos analíticos aproximados e por simulações computacionais. Para duas dimensões o modelo XY clássico com ligação de curto alcance, não possui ordem de longo alcance como previsto pelo teorema de Mermin-Wagner. Neste trabalho, apresentaremos um estudo do modelo XY bidimensional com um termo de campo cristalino, tal modelo exhibe a transição de Kosterlitz-Thouless, pois, como previsto na literatura, apresenta uma linha de pontos críticos em regiões de baixas temperaturas onde exhibe invariância de escala. Neste estudo, propomos o emprego do princípio variacional de Bogoliubov, usando um hamiltoniano tentativa, mais próximo do original, que ainda não possui solução exata em duas dimensões. Com esta estratégia de cálculo esperamos obter analiticamente resultados melhores que os obtidos via outras técnicas analíticas, como por exemplo: a Aproximação Harmônica Auto-Consistente e outras teorias de campo médio. Quando o termo de anisotropia cristalina se torna muito grande reproduzimos como esperado os resultados do rotor planar clássico, modelo mais simples que apresenta a transição de Kosterlitz-Thouless. Os resultados aqui apresentados para o modelo os obtidos via simulação de Monte Carlo e com os outros resultados analíticos encontrados na literatura.

[03/11/05 - P168]

**Magnetic Polaritons in Metamagnetic Superlattice,** CARLOS ALEXANDRE AMARAL ARAÚJO, M.S. VASCONCELOS, E.S. GUIMARÃES, *Departamento de Ciências Exatas - CEFET-MA* • In the last years it has been having great concentration of research effort in the study of magnetic multilayers. Great part of this work is due to the crescent development of the techniques of growth of samples that has been allowing the growth of

films more and more smaller in their thickness, assisting the technological demand. Magnetic multilayers became promising for the technological application. These facts have been motivating and to led researchers to an intense theoretical and experimental study of an extraordinary variety of magnetic structures. Materials with antiferromagnetic structures have been used broadly in the technology of magnetoresistive sensors and of data storage, mainly after the discovery of the effects of giant magnetoresistance, also known as valve of spin effect. Among the materials that present antiferromagnetic characteristic in your structure we detached the metamagnet. Basically, a metamagnet consists of a material of hexagonal structure that presents adjacent layers with antiferromagnetic order. On the other hand, in a same layer of the metamagnetic material, the exchange interaction among the spins is ferromagnetic. Besides, the intensity of the ferromagnetic coupling intra layers is larger than the antiferromagnetic coupling among adjacent layers. Under the influence of magnetic field, applied perpendicularly at the layers of the material, it can be observed the transition for a phase where the whole material is ferromagnetically ordered in the direction of the applied field. This happens when the applied magnetic field is enough big to put upon the field of antiferromagnetic interaction among the layers. Metamagnet materials such like FeCl<sub>2</sub> and FeBr<sub>2</sub> present magnetic anisotropy sufficiently larger compared to the weak antiferromagnetic coupling between layers, this way, any intermediate spin-flop phase doesn't exist among the phases ferromagnetic (FM) and antiferromagnetic (AFM) when submitted to applied fields. Recently, Vasconcelos *et al* have reported on the propagation of the spin wave magnetostatic modes in periodic superlattices. Their results shows that the group velocity of the spin waves is negative in magnetostatic regime, for small frequencies. Following the work of Vasconcelos *et al*, in this work the dispersion relations for both bulk and surface magnetic polaritons on metamagnetic/non-magnetic superlattice is obtained including retardation effect. Using the effective medium approach we find the behavior for the spin wave frequency in function of the reduced wave vector  $k_x a$ . We consider also the presence of an external magnetic field perpendicularly applied to the layers. Numerical results are presented for the metamagnetic materials FeBr<sub>2</sub> and FeCl<sub>2</sub>.

[03/11/05 - P169]

**VORTEX CONFIGURATIONS ON MESOSCOPIC SQUARES**, JOSÉ J. BARBA, L.R.E CABRAL, J. ALBINO AGUIAR, *Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Física, Laboratório de Supercondutividade e Materiais avançados, Recife, PE, Brasil* • For a type II superconductor the magnetic field, in the so called mixed state, penetrates in the form of vortices, which carries one flux quantum, and form a triangular lattice. For mesoscopic samples, i.e. for sample of the order of penetration depth, the superconducting properties such as the critical fields, the critical current and the vortex lattice, and the vortex it self, can present new and very interesting properties, as for example an increase in the critical field and the formation of chain like structure

and giant vortices carrying more than one quantum flux. The possibility of improving the superconducting parameters of an existing superconducting by nanostructuring it had called attention of both theoretical and experimental researchers. In this work we solved the time dependent Ginzburg-Landau equations (TDGL) to study the vortex dynamics and stables configurations in a mesoscopic square using a numerical method. We calculate quantities such as the free energy, the magnetic induction, and, the spatial distribution of order parameter for several values of the applied magnetic field. The hysteretic behavior of the magnetization curves is also studied.

Keywords: Ginzburg Landau, vortex, mesoscopic

Acknowledgements: This work is supported by CNPq - Brazil.

[03/11/05 - P170]

**Stationary and dynamical aspects of two-magnon states in disordered ferromagnetic chains**, E. M. NASCIMENTO, F. A. B. F. DE MOURA, M. L. LYRA, *Universidade Federal de Alagoas* • We study the nature of collective two-spin excitations in disordered  $S = 1/2$  ferromagnetic chains. Using a direct diagonalization scheme, we characterize the two-magnon eigenstates by computing their spacial extent, two-point correlation and the average distance between the excited spins within the allowed energy band. We found that, due to the effective excitation interaction imposed by the exclusion rule, the low-energy two-magnon states display strong spin-spin correlations as compared to the more localized high energy states. We further solve the time-dependent Schroedinger equation to follow the time evolution of an initially localized two-magnon state. We show that the effective 1-magnon wave-packet develops power-law tails with distinct exponents for the left and right tails, with the spin-spin distance probability function decaying asymptotically as  $P(d) \propto 1/d$ . We show that the average distance between the two excited spins evolves in time diffusively while the wave-packet dispersion evolves super-diffusively.

[03/11/05 - P171]

**Comportamento magnético de estruturas nanométricas crescidas usando litografia de interferência óptica**, A. E. P. DE ARAUJO, *Instituto de Tecnologia de Pernambuco*, W.O. ROSA, J.G.S. DUQUE, L. CESCATO, M.KNOBEL, *Instituto de Física Gleb Watagin; Universidade Estadual de Campina; UNICAMP*, A. L. GOBBI, *Laboratório Nacional de Luz Sincrotron* • A técnica de litografia óptica é bastante usada na indústria de semicondutores. Recentes avanços ampliaram a gama de aplicações e o tamanho mínimo característico que pode ser alcançado usando esta técnica [1]. As amostras usadas neste trabalho foram crescidas combinando as técnicas de litografia de interferência (o IL) para fazer uma máscara moldada e deposição por sputter para crescer a estrutura magnética. A técnica IL usa dois feixes de laser para gerar um padrão de interferência. O padrão é registrado em photoresist depositado através de spinnig em um substrato de quartzo. Esta técnica tem a vantagem de registrar em uma área maior (10 mm x 10 mm para nossas amostras) com uma boa estabilidade e um grande razão

de aspecto. Depois da exposição do resiste, à máscara é revelada e usada como substrato para o sputter. Foram depositados Ni, NiFe e Co. O resultado é um filme composto por uma rede de faixas magnéticas. Imagens obtidas por microscopia de força atômica mostram faixas com 400 nm de largura e periodicidade de 800 nm. Medidas de histerese feitas em temperaturas diferentes mostram o efeito da anisotropia de forma e da interação entre as faixas. Abaixo de 100 K a curva de magnetização fica mais inclinada, perdendo a forma mais quadrada obtida em temperaturas próximas da ambiente. Este efeito é associado com uma mudança em eixo fácil induzido por tensão provida pelo substrato. As medidas magnéticas foram feitas em SQUID e VSM. Em todas as medidas foi aplicado um campo paralelo às faixas. A magnetização também apresentou um deslocamento do centro da curva de histerese. Este deslocamento é associado ao efeito de anisotropia de troca (exchange-bias). Este efeito acontece devido a oxidação de superfície das amostras depois da exposição a atmosfera. Os autores agradecem o apoio financeiro de FAPESP, FACEPE e CNPq. [1] R. Menon, A. Patel, D. Gil, H.I. Smith. *Materials Today*, 8 (2), 26 (2005). [2] W.O. Rosa, A.E.P. de Araújo, A.L. Gobbi, M. Knobel, L. Cescato. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 294 e63 (2005).

[03/11/05 - P172]

**Propriedades de transporte de um gás de elétrons na proximidade de um ferromagneto,** A.C.A. RAMOS, G.A. FARIAS, N.S. ALMEIDA., *Depto. de Física - UFC* • Nas últimas décadas, o estudo da condutividade de um gás de elétrons bidimensional (GE2D) na presença de campo magnético tem sido alvo de intensa investigação, tanto do ponto de vista teórico quanto experimental [1,4]. Oscilações na magneto-resistividade, no limite de campos magnéticos fracos  $B$ , têm sido observadas quando estes sistemas estão sujeitos a um potencial de modulação fraco unidimensional (1D). [2] A interação spin-órbita (ISO) nestes sistemas também tem sido objeto de investigação pois, devido a sua natureza, ela é capaz de produzir a desejada influência do spin nas propriedades elétricas destes sistemas. A ISO deverá ser importante no desenvolvimento dos transistores de spin polarizado, [5] possibilitando futuras aplicações na computação quântica, [6] no entendimento da transição metal-isolante de um gás de buracos [7] e do efeito de spin-Hall, [8] etc. Neste trabalho, calculamos as modificações nas propriedades de transporte de um GE2D devido a presença de campos magnéticos permanentes. Consideramos que o campo magnético sentido pelos elétrons é resultante da presença de uma camada ferromagnética colocada na vizinhança do gás e que tem a sua configuração de momentos magnéticos controlada pela presença de um campo externo espacialmente homogêneo. Escolhemos parâmetros característicos de GE2D obtidos em heteroestruturas e de filmes finos ferromagnéticos para obter dados numéricos para a condutividade de um GE2D como função da intensidade e direção do campo magnético externo. Os resultados obtidos sugerem que este sistema pode ser considerado um bom candidato para o desenvolvimento de dispositivos que precisem ter a sua corrente controlada

pelo spin.

Referências

- [1] F. F. Fang and P. J. Stiles, *Phys. Review*, 174, 823, (1968). [2] F. M. Peeters and P. Vasilopoulos, *Phys. Rev. B*, 46, 4667, (1992). [3] X. F. Wang and P. Vasilopoulos, *Phys. Rev. B*, 67, 085313, (2003). [4] X. F. Wang, P. Vasilopoulos and F. M. Peeters, *Phys. Rev. B*, 71, 125301, (2005). [5] S. Dattas and B. Das, *Appl. Phys. Lett.*, 56, 665 (1990); X. F. Wang, P. Vasilopoulos and F. M. Peeters, *Phys. Rev. B*, 65, 165217 (2002). [6] D. D. Awschalom and J. M. Kikkawa, *Phys. Today*, 52, 33 (1999). [7] E. Tutuc, E. P. De Poortere, S. J. Papadakis, and M. Shayegan, *Phys. Rev. Lett.*, 86, 2858 (2001). [8] J. Sinova, D. Culcer, Q. Niu, N. A. Sinitsyn, T. Jungwirth and A. H. MacDonald, *Phys. Rev. Lett.*, 92, 126603 (2004).

[03/11/05 - P173]

**Localização das Ondas de Spin em Super-Redes Ferro/Antiferromagnéticas Quasiperiódicas,**

F. F. BARBOSA FILHO, P. H. R. BARBOSA, U. L. FULCO, *Depto de Física - UFPI*, E. L. ALBUQUERQUE, *Depto de Física - UFRN* • Existe um interesse crescente no estudo de sistemas de baixa dimensionalidade, como por exemplo, os polímeros condutores em uma dimensão, os conjuntos de Cantor linear e os gases de elétrons em duas dimensões. Em particular, considerando-se um empilhamento artificial de camadas microscópicas de materiais com uma ordem desejada, as chamadas super-redes periódicas e quasi-periódicas, uma nova classe de materiais, caracterizados por propriedades macroscópicas sujeitas a variação da densidade ou composição dos filmes constituintes passou a ter destaque devido a sua potencial aplicação tecnológica. Vários problemas teóricos envolvendo a criação e propagação das ondas de spin em materiais magnéticos tem sido extensivamente estudados para encontrar as propriedades físicas destas super-redes, ou seja, calor específico, polaritons magnéticos, etc. Neste trabalho investigamos o espectro de ondas de spins através da equação de movimento para os operadores de Heisenberg, dentro da aproximação RPA, juntamente com o método da matriz de transferência. Nossa super-rede foi construída utilizando um crescimento de células unitárias em uma dimensão de forma quasi-periódica do tipo Fibonacci, Thue-Morse e Período duplo. Cada célula unitária contém um número par ou ímpar de spins, para ambas as camadas compostas de material ferromagnético (A) e antiferromagnético (B), respectivamente. Como consequência, na interface da junção principal (interação de primeiros vizinhos) entre as camadas, a energia de troca pode ser positiva ou negativa, mudando assim a estrutura magnética global da célula unitária da super-rede. Investigamos também, a partir do espectro de onda de spin, a localização dos modos de volume, que é quantitativamente descrito por um expoente fractal  $\delta$ , denominado de constante de difusão do espectro.

[03/11/05 - P174]

**Physical properties in  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  via new sol-gel route,** DÁRCIO H. GOMES-SOUZA, MARCELO A. MACÊDO, NELSON O. MORENO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe*, JOSÉ AÍRTON

CAVALCANTE DE PAIVA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Ceará*, JOSE GERIVALDO S. DUQUE, *Instituto de Física "Gleb Wataghin", UNICAMP*

- Cobalt ferrite nanopowders having various sizes have been synthesized from coconut precursors and the powder crystallographic and magnetic properties related to the quenching temperature are being studied. X-ray diffraction (XRD) measurements were used to characterize the phase and component of the co-precipitation products. Rietveld analysis demonstrate that their structure are inverse (above 900 °C) or normal spinel ferrite depending of the heat treatment. The magnetic properties of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  powders were evaluated by using a commercial SQUID magnetometer (MPMS) since 2 K to 300 K and under several applied magnetic fields. In addition,  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spectra (MS) were recorded at room temperature using a conventional transmission-type spectrometer. Coercive field values decreasing with increasing of the quenching temperature due to enlarge in grain size. The saturated magnetic moment has a nearly linear increase with the quenching temperature, reaching the highest value of 60 emu/g. The magnetic data on  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  are in agree with the Rietveld analysis and the results are discussed.

[03/11/05 - P175]

**Propriedades Termodinâmicas do Modelo de Hubbard com Duas Bandas,** RODRIGO F. GOMES, CLÁUDIO A. MACEDO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, Brasil*

- O modelo de Hubbard na sua forma mais simples é freqüentemente utilizado no estudo de materiais que apresentam magnetismo itinerante e é amplamente discutido na literatura científica. Porém, a sua forma com mais de uma banda é pouco explorada devido ao aumento da complexidade dos cálculos envolvidos. Estudos evidenciam que ele é um modelo adequado ao estudo de alguns materiais como, por exemplo, o FeSi, um semicondutor com propriedades magnéticas não usuais. No nosso trabalho discutimos este modelo em uma versão unidimensional através do estudo exato de sistemas com poucos átomos e de análise aproximada de sistemas no limite termodinâmico. Utilizando a diagonalização direta, calculamos algebricamente os autovalores e autovetores do hamiltoniano para um sistema de dois sítios e numericamente a susceptibilidade e calor específico de um sistema de quatro sítios. Para o sistema no limite termodinâmico, calculamos as componentes transversal e longitudinal da susceptibilidade dinâmica através da técnica de funções de Green e da aproximação de fase aleatória (RPA, do inglês Random Phase Approximation). Estes resultados comprovam que a inclusão de mais uma banda e de um termo no hamiltoniano que representa a influência da regra de Hund nos níveis de energia faz com que o estudo das propriedades magnéticas do sistema tenha um leque mais amplo de opções na interpretação de fenômenos físicos, demonstrando a importância desta variante do modelo de Hubbard no estudo do magnetismo em materiais.

## MAT - Física dos Materiais

[03/11/05 - P176]

**Simulação de Superfícies Metálicas,** TAJÁ COSTA PINTO, FERNANDO DE BRITO MOTA, CAIO MÁRIO CASTRO DE CASTILHO, *Universidade Federal da Bahia - Instituto de Física - Grupo de Física de Superfícies e Materiais*

- Estudos experimentais, tais como Difração de Elétrons Lentos (LEED - *Low-Energy Electron Diffraction*), Difração de Fotoelétrons (PED - *Photoelectron Diffraction*) e outras técnicas envolvendo o espalhamento de íons, em conjunto com técnicas teóricas como a Teoria do Funcional Densidade (DFT - *Density Functional Theory*) e a Dinâmica Molecular (MD - *Molecular Dynamics*) sobre as superfícies de metais fcc com baixa fração de empacotamento como Cu(110) e Ag(110), têm indicado um coeficiente de dilatação térmica, para as primeiras camadas atômicas, dependente da temperatura. Visando-se o entendimento deste fenômeno, faz-se uma investigação sobre a superfície Cu(110) via Dinâmica Molecular em conjunto com o potencial EAM (*Embedded Atom Method*) que dá a forma da interação entre os átomos. Apresentam-se resultados sobre as distâncias interplanares e os desvios quadráticos médios com a variação da temperatura, comparando-se com resultados outros disponíveis na literatura.

[03/11/05 - P177]

**Cálculo *ab initio* da Interação da Benzonitrila com Nanotubos de Carbono Semicondutores,** ACRÍSIO LINS DE AGUIAR, A. G. SOUZA FILHO, S. CORADI GUERINI, *Departamento de Física - Universidade Federal do Ceará*, S. B. FAGAN, *Unifra*

- Os nanotubos de carbono têm demonstrado ser, desde a sua descoberta, uma promessa na ciência dos materiais devido as suas incríveis propriedades físico-químicas. Eles têm sido grandes objetos de estudo nesta última década e têm aberto uma vasta área de aplicação na indústria da nanotecnologia. Estudos mais recentes têm proposto uma funcionalização dos nanotubos através de uma adsorção direta de alguns grupos químicos como amina, compostos aromáticos entre outros. Neste trabalho vamos apresentar uma simulação computacional baseada em cálculos "ab initio" para analisar a interação da molécula de Benzonitrila ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$ ) com um nanotubo de carbono semicondutor (8,0). A idéia é supor diversos modos de interação inicial e distância da molécula em relação ao tubo e buscar através da relaxação energética final do sistema uma interação do tubo com a molécula que evidencie uma adsorção na superfície do mesmo. Utilizamos o programa SIESTA, no qual se baseia na teoria do funcional da densidade (DFT) e encontramos diferentes resultados para cada situação. Uma abordagem mais quantitativa foi realizada: Fizemos a análise do cálculo da estrutura de bandas, calculamos a densidade de estados eletrônicos em torno do nível de Fermi e a transferência de carga entre o nanotubo e a benzonitrila. Alguns resultados foram esperados, pois, a justaposição do anel aromático da molécula com os anéis do tubo induzem uma interação  $\pi - \pi$ . Mas, algumas das nossas simulações apresentaram uma dependência da distância inicial da molécula em relação



ao nanotubo. Utilizamos as funções de onda de valência representadas por uma combinação de pseudo-orbitais atômicos dupla-zeta (DZ), um fator de convergência de 0,02 eV/Å e uma cutoff de 200Ry usado para representar a matriz densidade de carga.

[03/11/05 - P178]

**NANOESTRUTURA DA ESPOROPOLENINA DA EXINA DOS GRÃOS DE PÓLEN DE ILEX PARAGUARIENSIS A.ST.HIL.,** L. M. REBELO, RICARDO P. SANTOS, E. F. COSTA, V. N. FREIRE, J. A. K. FREIRE, G.A. FARIAS, *Laboratório de Microscopia Atômica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, RINALDO P. SANTOS, *Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, T. M. OLIVEIRA, G. A. BEZERRA, B. S. CAVADA, *Laboratório de Moléculas Biologicamente Ativas (BIOMOL), Universidade Federal do Ceará* • Palavras-Chave: Grãos de pólen; esporopolenina; nanoestrutura; *Ilex paraguariensis*; AFM.

Neste trabalho visaremos o estudo da nanoestrutura da esporopolenina dos grãos de pólen de *Ilex paraguariensis*. O pólen se apresenta como um pó constituído por grãos liberados pelo microesporângio das gimnospermas e angiospermas. A parede do grão de pólen, a esporoderme, envolve os microgametófitos (gametófitos masculinos) que produzem os gametas masculinos das plantas de semente. Do ponto de vista da ciência dos materiais, os grãos de pólen se mostram interessantes visto que seu polímero natural, a esporopolenina, encontrada na camada mais externa (exina), é um dos materiais mais rígidos e resistentes que se conhece, e que degradam pela oxidação mas resistem à redução [1]. Um grande número de modelos foram propostos para resolver a nanoestrutura da esporopolenina nos esporos e nos grãos de pólen [2]. Rowley *at al.* [3-4] interpreta a estrutura da exina como sendo formada por subunidades helicoidais, baseado em estudos utilizando microscopia de varredura eletrônica e microscopia de transmissão (TEM e SEM). O microscópio de força atômica é o método ideal para o estudo das nanoestruturas da esporopolenina [5] uma vez que o arranjo dos componentes não é visualizado facilmente sob outras técnicas. Neste trabalho, grãos de pólen maduros de *Ilex paraguariensis A.St.Hil* foram pré-tratados quimicamente, montados sobre resina e submetidos a cortes histológicos ultrafinos. As seções histológicas foram tratadas com  $KMnO_4$  à 1% por 24 e 36 horas e submetidas à microscopia de força atômica (AFM). As imagens de AFM da exina tratada em solução de  $KMnO_4$  à 1% por 24h revelaram a presença de subunidades com diâmetro de 20 a 30nm, arrançadas, supostamente, em estruturas paralelas helicoidais, conforme o modelo estrutural de Rowley. O pólen tratado por 36h em  $KMnO_4$  à 1% mostra uma excessiva degradação superficial, impossibilitando a realização de AFM.

[1] Scott, R.J. 1994. *Molecular and Cellular Aspects of Plant Reproduction*. Cambridge University Press. p.49-81.

[2] Wittborn, J. *at al.* 1998. *Annals of Botany*, 82: 141-145.

[3] Rowley, J.R. 1981. *Nordic Journal of Botany*, 1: 357-380.

[4] Rowley, J.R. *et al.* 1981. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 35: 1-38.

[5] Xing, S. *et al.* 2000. *Chinese Science Bulletin*, 45: 1500-1503.

[03/11/05 - P179]

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO ESPODUMÊNIO LILÁS.,** DENIO G. MILITÃO, SUSANA O. SOUZA, ANA PAULA DE S. BOMFIM, ANTÍSTENES S. SANTOS, LUIZ C. OLIVEIRA, *Universidade Federal de Sergipe* • O silício é um dos elementos mais abundantes da Terra. Embora ainda não haja dados seguros sobre a composição química, tem-se um conhecimento razoável de que a crosta terrestre é composta de mais de 95% do seu volume de quartzo e em menor quantidade de silicatos. Muitos dos minerais de silicatos, e a própria sílica, têm uma importância muito grande na vida humana, com utilização na indústria eletrônica, nas construções diversas, na indústria de cerâmicas e vidros, em gemologia, em extração de elementos especiais. Sendo assim, o uso destes minerais em datação arqueológica e geológica e dosimetria retrospectiva podem ser de grande valor. O espodumênio ( $LiAlSi_2O_6$ ), é um silicato de lítio e alumínio, que quando apresenta cor lilás, devido a presença de Mn em sua rede cristalina, é denominado kunzita. O espodumênio, em geral, e a kunzita, em particular, já foram estudados por alguns pesquisadores, especialmente no que tange a absorção óptica e a ressonância paramagnética eletrônica. Pouca tem sido explorada a termoluminescência (TL) desses cristais naturais. Para se fazer a datação por TL deste material é importante conhecer a estabilidade térmica de seus picos de emissão, e isto é conseguido através do teste de platô ou da determinação do tempo de vida do pico, sendo que este último apresenta a vantagem de ser possível determinar, além da estabilidade térmica, a duração do mesmo. Como o tempo de vida do pico TL é calculado a partir da energia de ativação (Et) do fator de frequência (s-1) e da ordem de cinética (b) o presente trabalho consistiu em determiná-los, através do método da mudança da posição do pico com a taxa de aquecimento, em uma amostra de kunzita coletada em Governador Valadares, Estado de Minas Gerais. Foi notada a presença de vários picos TL, tendo sido analisados um em torno de 110°C e outro em torno de 240°C. Os dados encontrados e a utilidade desses picos serão apresentados neste trabalho, juntamente com uma comparação com outros materiais como o quartzo.

[03/11/05 - P180]

**Caracterização do Estado Vítreo: Propriedades e Aplicações,** JOAQUIM BONFIM SANTOS MENDES, ISRAEL AUGUSTO M. BORGES, TIAGO GONÇALVES SANTOS, ENRIQUE PETER RIVAS PADILLA, JORNANDES JESUS CORREIA, *Universidade estadual do Sudoeste da Bahia / UESB - BA - Brasil* • O presente trabalho discute detalhadamente os estágios da transição vítreo abordando fatores, como a temperatura e pressão, necessários para o processo de superesfriamento da amostra,

que leva a formação do vidro propriamente dito. Pode-se definir o vidro como um sólido amorfo que apresenta o fenômeno de transição vítrea, o qual se caracteriza por apresentar em sua estrutura um arranjo de átomos aleatoriamente distribuídos. Nesta primeira etapa da pesquisa, reuniu-se um acervo bibliográfico (periódicos, artigos e livros especializados), que possibilitou o aprendizado detalhado das diversas propriedades físicas, químicas e o processo de fabricação. Quando as propriedades químicas, o estudo restringiu-se a sua durabilidade. No caso das propriedades físicas, partiu-se da viscosidade, logo após relacionou-se os mecanismos necessários para o aumento de sua resistência mecânica e térmica aos possíveis fatores que determinam sua fragilidade. Também, durante este primeiro estágio houve grande dedicação ao estudo das propriedades óticas, enfatizando as aplicações dos vidros na microscopia, na construção de lentes magnéticas e sua utilização nas redes de comunicação com a elaboração de fibras óticas. Na fabricação, aprendeu-se sobre os diversos estágios envolvidos, como a conformação, o recozimento e a têmpera. A partir desse estágio, analisou-se diferentes técnicas de análise de materiais, entre elas a difração de raios-X. Sendo que, no atual estágio em que se encontra, a pesquisa tem o intuito de dar suporte as etapas de fabricação e utilização das amostras que precedem a concretização do projeto, além de induzir e orientar os pesquisadores recém formados envolvidos nesse ramo da física dos materiais, sobre os aspectos citados anteriormente.

[03/11/05 - P181]

**Alterações na constante dielétrica do ácido oleico com dependência na temperatura,** FRANCISCO FERREIRA DE SOUSA, *Universidade do Estado do Pará-PA-Brasil*, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCANTARA JR., *Universidade Federal do Pará-PA-Brasil* • O ácido oleico (cis-9-ácido octadecanóico) é o ácido graxo mais abundante na natureza, fazendo parte da composição química de diversos óleos vegetais, sendo o óleo de Oliva o que apresenta maior teor de ácido oléico (AO), seguido do óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*L.). Do ponto vista comercial, a grande importância do ácido oleico para os setores de alimentos e fármacos decorre de sua habilidade em reduzir os riscos de doenças coronárias, além de ser usado também na indústria de cosméticos. Assim, propriedades físicas como a constante dielétrica (k) pode ser útil para interesses científicos e tecnológicos, além de permitir a obtenção de outras propriedades como momento de dipolo. Neste trabalho apresentamos um estudo detalhado da constante dielétrica do ácido oleico com dependência na temperatura (T) para diferentes intervalos variando de -40 °C até +40 °C. As amostras de AO foram adquiridas no mercado com diferentes níveis de purezas (60%, 90% e 97%). Usamos um método capacitivo simples e de baixo custo para determinar os valores de k(T). A constante dielétrica foi medida a partir da razão entre os valores de capacitâncias de um capacitor plano cheio e vazio, respectivamente. As capacitâncias foram medidas com um medidor RCL da FLUKE, modelo PM 6304, e as temperaturas foram variadas com auxílio de

um controlador de temperatura. A partir da análise das curvas de kxT percebemos nitidamente modificações quantitativa e qualitativamente no comportamento de k que associamos às impurezas existentes em cada tipo de AO. Estas modificações permitem verificar alterações nas transições de fase, em decorrência disso, seu ponto de fusão aumenta com o aumento da pureza do óleo tendendo para o valor do ponto de fusão do AO com +99% (maior pureza encontrada no mercado) cujo valor é 13,4 °C. De acordo com a literatura, várias propriedades físicas do ácido oleico, tais como, polimorfismo, transições de fase e propriedades elétricas, são fortemente influenciadas pela contaminação de quantidades muito pequenas de impurezas.

[03/11/05 - P182]

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE COPRÓLITOS DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE,** ANA CAROLINA DE SOUZA CAVALCANTE, MARCYLENNE SANTANA DE OLIVEIRA, RICARDO JORGE CRUZ LIMA, *URCA*, JOSÉ MARCOS SASAKI, PAULO DE TARSO CAVALCANTE FREIRE, *UFC* • No Brasil existem algumas regiões com grande concentração de fósseis. Entre elas destaca-se a Bacia Sedimentar do Araripe, possuindo uma área total de cerca 8.000 km<sup>2</sup>, localiza-se no extremo sul do Estado do Ceará. Essa região é conhecida internacionalmente, tendo em vista que parte do seu patrimônio fóssil pode ser encontrado em instituições de renome mundial como o Museu Britânico (Inglaterra) e o Museu de História Natural de Paris (França). Uma categoria muito importante de fósseis que são encontrados na Bacia do Araripe, e que são capazes de fornecer importantes informações, são os excrementos fossilizados de animais (coprólitos). Pelo estudo destes coprólitos, classificados de icnofósseis, os pesquisadores procuram obter informações sobre o ambiente e sobre o ecossistema onde os organismos pré-históricos viviam, e que pode reportar a milhões de anos atrás. A proposta deste trabalho é apresentar um estudo de caracterização química de coprólitos coletados no município de Jardim na Bacia Sedimentar do Araripe.

[03/11/05 - P183]

**Estudos de Metabólitos Secundários por Difração de Raios-X,** MARCYLENNE SANTANA DE OLIVEIRA, FÁBIO FERNANDES GALVÃO RODRIGUES, ELISSANDRA COURAS ANGÉLICO, RICARDO JORGE CRUZ LIMA, JOSÉ GALBERTO MARTINS DA COSTA, *URCA*, PAULO BREITNER DE MELO ARAÚJO, CHARLLYTON LUIS SENA DA COSTA, MARIANA HELENA CHAVES, *UFPI*, PAULO DE TARSO CAVALCANTE FREIRE, JOSÉ MARCOS SASAKI, *UFC* • Metabólitos secundários são substâncias que, apesar de biosintetizadas pelas plantas, não participam de suas funções vitais, não fazendo, portanto, parte do seu metabolismo básico. Sua principal aplicação está na área farmacêutica, pois podem apresentar atividade biológica e atuar como fitofármacos. No presente trabalho foram estudados, por difração de raios-x em policristais, metabólitos secundários isolados através de técnicas cromatográficas. As espécies de plantas que originaram os metabólitos estudados foram: Cravo (*Syzygium aro-*

maticum), Caneleiro (*Cenostigma macrophyllum* Tul.), Chá-preto (*Camellia sinensis*) e Barbatimão (*Strynodendron barbatimao*). Nas espécies *Syzygium aromaticum* e *Cenostigma macrophyllum* Tul. foram isolados triterpenóides. Na *Camellia sinensis* foi isolado uma substância pertencente ao grupo de compostos químicos chamados metil-xantinas. Do *Strynodendron barbatimao* foram obtidos taninos. O estudo por difração de raios-x possibilitou avaliar a cristalinidade dos triterpenóides (caracterizados por RMN), a identificação da metil-xantina como cafeína, e a confirmação da substância isolada do *Strynodendron barbatimao* como tanino. A proposta desse trabalho é apresentar a técnica de difração de raios-x em policristais como suporte e complemento das técnicas fitoquímicas e cromatográficas usualmente aplicadas nos estudos de produtos naturais.

[03/11/05 - P184]

### CARACTERIZAÇÃO DE FÓSSIL DE PEIXE DO CRETÁCIO (BACIA DO ARARIPE),

ANA CAROLINA DE SOUZA CAVALCANTE, MARCYLENNE SANTANA DE OLIVEIRA, RICARDO JORGE CRUZ LIMA, URCA, PAULO DE TARSO CAVALCANTE FREIRE, JOSÉ MARCOS SASAKI, UFC • A fossilização de um organismo representa um evento raro na natureza. A grande maioria dos organismos se degradam e não deixam rastro algum. Para que um organismo se fossilize é necessário que este tenha uma morte em condições específicas que desencadeiam esse processo. A Bacia Sedimentar do Araripe, localizada no extremo sul do estado do Ceará, é considerada como uma das regiões em que as condições ambientais favoreceram os mecanismos de fossilização, levando a mesma a ser reconhecida como um dos principais depósitos fossilíferos do mundo. Nesta Bacia as rochas sedimentares oriundas da parte superior da formação geológicas de Santana, são particularmente importantes. Tendo sido formadas durante o período Cretáceo (aproximadamente 100 milhões de anos atrás), elas podem apresentar a forma de nódulo (concreções) dentro dos quais podem ser observadas fósseis pertencentes a diversos grupos de organismos, principalmente, peixes. A proposta do presente trabalho é apresentar um estudo de caracterização da composição química de um fóssil de peixe originado de rocha sedimentar oriunda da parte superior da formação geológicas de Santana, utilizando as técnicas de difração de raios-x em policristais e espectroscopia no infravermelho. Adicionalmente uma discussão sobre os mecanismos de fossilização será apresentada.

[03/11/05 - P185]

**Caracterização do polissacarídeo da goma exsudada de *Anacardium occidentale* por Microscopia de Força Atômica,** T. M. SANTIAGO, M. R. OLIVEIRA, R. P. SANTOS, J. A. K. FREIRE, G. A. FARIAS, V. N. FREIRE, *Laboratório de Microscopia Atômica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, B. S. CAVADA, *Laboratório de Moléculas Biologicamente Ativas (BIOMOL), Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Ceará* •

Gomas ou resinas são materiais constituídos de polissacarídeos que podem ter origem vegetal ou sintética.

As gomas vegetais podem ser classificadas em exsudadas ou endospermicas. Quando hidratadas, formam soluções viscosas ou dispersões [2]. Várias indústrias que produzem ou necessitam de sistemas hidrocoloidais utilizam essas resinas. Dentre as gomas mais utilizadas industrialmente, a goma arábica é importada e custa ao país 1,9 milhões de dólares por ano. Uma goma que poderia substituir a goma arábica é a goma do cajueiro.

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma espécie típica das regiões tropicais, como o nordeste brasileiro. Além de fornecer o pseudofruto (caju) e a castanha, ele vem sendo utilizado como fonte de resina ou goma. A goma do cajueiro resulta do mecanismo de defesa do vegetal, quando ele é ferido com cortes, atacado por insetos ou microorganismos [1]. Ela é constituída de um polissacarídeo que, dentre seus açúcares constituintes, tem a galactose em maior quantidade [2]. A goma exsudada de *Anacardium occidentale* possui propriedades físico-químicas semelhantes a da goma arábica, o que implica a possibilidade de substituição desta última pela goma em estudo, com economia de divisas para o país. Vários trabalhos que verificaram a semelhança entre as duas gomas foram baseados em análises químicas e térmicas [3,4].

O uso da Microscopia de Força Atômica possibilita conhecermos a conformação, em condições ambientais, do polissacarídeo da goma do cajueiro e reforçar o seu uso como sucedâneo de outras gomas que são importadas pelo nosso país.

As imagens de AFM, feitas no modo tapping, em ar, mostram estruturas alongadas e ramificadas do polissacarídeo da goma exsudada com altura variando entre 0,6-1 nm, larguras entre 21-25 nm. Esses valores mostram que as dimensões do polissacarídeo constituinte da goma de *Anacardium occidentale* têm a mesma ordem de grandeza das que são medidas nas demais gomas.

### Referências

- [1] M. Intini, *Phytochemistry* 1431-1433, 30 (1991).
- [2] R.C.M. de Paula and J.F. Rodrigues, *Carbohydrate Polymers* 177-181, 26 (1995).
- [3] O. H. M. Idris et al., *Food Hydrocolloids* 379-388, 12 (1998)
- [4] C.G. Mothe, M.A. Rao, *Thermochemica Acta* 357-358, (2000)

[03/11/05 - P186]

**Preparação e Caracterização das Cinzas Originadas da Queima do Bagaço do Pedúnculo do Caju (*Anacardium occidentale*),** ALEXANDER ARLEY XAVIER SANTIAGO, RICARDO PIRES DOS SANTOS, VALDER NOGUEIRA FREIRE, UFC - CE - Brasil • A cultura do caju é uma das principais atividades agropecuárias do nordeste brasileiro. Seus produtos mais conhecidos são a castanha, o suco e o líquido contido no mesocarpo da castanha, o LCC. A maior parte do pedúnculo produzido (pseudofruto) é desperdiçada, sendo seu uso concentrado

na extração do suco. Neste trabalho, foram preparadas e caracterizadas as cinzas originadas da queima de um dos principais resíduos gerados pela extração do suco: o bagaço do pedúnculo de caju.

Medidas de perda de massa mostraram que as cinzas representam apenas 3% da massa do bagaço. Análises de EDX indicaram a presença dos seguintes elementos químicos: C, O, P, K, Mg, S, Na, Al e Si. Medidas de difração de raios-X e análises térmicas indicaram, como principais fases cristalinas:  $KHCO_3$  (54.17%),  $K_2SO_4$  (34.08%) e  $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$  (10.06%). As fases restantes (1.69%) foram  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$  e  $NaAl(HPO_4)_2$ .

Este resultado indicou a possibilidade da utilização das cinzas como fonte não perecível de potássio, enxofre, fósforo e magnésio em fertilizantes e na ração animal, além das diversas aplicações abrangidas pelo bicarbonato de potássio.

#### Referências Bibliográficas:

- [1] EMBRAPA/CNPAT, 1993. O mundo do caju. Fortaleza.
- [2] França, F.M.C., 1988. Produção, comercialização e mercado. In: LIMA, V. de P.M.S. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil. p. 63-80.
- [3] Moura, C.F.H., 1998. Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) irrigados. 1998. 96p. Dissertação de Mestrado - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- [4] FAO - Food and Agricultural Organization, 1986. Food and Fruit-bearing Forest Species. 3. Examples from Latin America. FAO-Forestry Paper 44/3.
- [5] Conceição, A. J., 1981. Apostilas de botânica sistemática. Cruz das Almas (BA): E.A.UFBA, p. 58-60.
- [6] Crisóstomo, J. R., 1991. Avanços tecnológicos e desafios atuais do agronegócio caju no Nordeste do Brasil. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT.
- [7] Gadelha, C. A. A., 1995. Estudo Quimiotaxonômico de constituintes de sementes de representantes do Táxon Mimosa (Leguminosae-Mimosoideae) pertencente à três diferentes seções. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Ceará, Brasil.

[03/11/05 - P187]

**Sistema de gerenciamento de baterias para uso com painéis solares fotovoltaicos no Nordeste do Brasil**, RAFAEL TEIXEIRA EUFRÁSIO, FELIX KOSACK, DIEGO TIBÉRIO DE Q. MARTINS, OTACÍLIO LEANDRO DE MENEZES NETO, VANESSA SIQUEIRA DE CASTRO TEIXEIRA, EDGLEI DE SOUSA MARQUES, HENRIQUE DO NASCIMENTO CAMELO, PROF. DR. STEFAN KRAUTER, *Universidade Estadual do Ceará* • A fim de solucionar o problema da sulfatação das baterias utilizadas em sistemas solares fotovoltaicos, que diminui consideravelmente suas vidas úteis, o "Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems", em Freiburg, Alemanha, realiza pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de um Sistema de Gerencia-

mento de Baterias no qual prolongue vida útil das baterias de chumbo ácido em tais aplicações. O projeto teve início em abril de 1999 estando atualmente em fase final com dois protótipos em fase de teste. É importante ressaltar que o atual Sistema de Gerenciamento está completamente voltado para sistemas fotovoltaicos híbridos operando na Alemanha, com condições climáticas e baterias diferentes do que se tem no Brasil, logo há certa a dificuldade na utilização dessa tecnologia de gerenciamento em nossos sistemas. Nosso objetivo é desenvolver um Sistema de Gerenciamento de Baterias no Nordeste do Brasil utilizando componentes locais. O sistema de gerenciamento utiliza bancos paralelos de baterias onde cada banco possui uma pequena fração da capacidade total do sistema. Cada banco também pode ser chaveado para carga e descarga a fim de evitar descarga prolongada ou estados desfavorável de carga nas baterias. Desta forma, um banco pode ser carregado até o máximo enquanto outro banco fornece energia. Esse controle está sendo efetuado através da implementação de algoritmos em C++ e com a utilização de microcontroladores e eletrônica adequada. A primeira etapa do projeto consistiu na montagem do sistema de monitoramento. O monitoramento das baterias foi instalado com sucesso e, como previsto, esta etapa foi finalizada em janeiro de 2005. A segunda etapa, que esta em andamento, consiste em análises do desempenho das baterias com o Sistema de Gerenciamento de Baterias. Foram colhidos os primeiros dados, no qual comprovou um excelente desempenho do Sistema de Gerenciamento quando adaptado às condições climáticas do Nordeste do Brasil, que são extremamente diferentes das encontradas na Alemanha, e às baterias utilizadas no Brasil. Com a utilização de um Sistema de Gerenciamento específico para as condições climáticas locais e para a tecnologia das baterias brasileiras, através da análise de dados, espera-se expandir a vida útil das baterias de três a cinco para até oito anos.

[03/11/05 - P188]

**Intercomparação entre resultados de datação de cerâmica por termoluminescência realizados por diferentes laboratórios brasileiros**, ANA PAULA SANTANA BOMFIM, LUIZ CARLOS DA SILVA JÚNIOR, SUSANA OLIVEIRA DE SOUZA, *LabDat, Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE*, SHIGUEO WATANABE, T.M.B. FARIAS, C.O.SOUZA, *LACIFID, Departamento de Física, Universidade de São Paulo - IFUSP - São Paulo, SP*, S. H. TATUMI, *LVD, Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC - São Paulo, SP* • A datação arqueológica e geológica através do uso da termoluminescência de cristais iônicos baseia-se no fato de que muitos cristais podem armazenar energia proveniente da radiação. Quando o cristal é aquecido, a energia liberada sob a forma de luz, cuja intensidade apresenta uma relação de proporção com a quantidade de radiação acumulada. No caso de cerâmicas, o quartzo nela contido é o cristal termoluminescente. A radiação natural é acumulada neste cristal desde a idade zero, que corresponde ao momento da fabricação da cerâmica, no qual são colocadas em fornos para o endurecimento da argila, eliminando

qualquer radiação acumulada no quartzo antes da fabricação da mesma. A datação da peça pode ser feita determinado-se a quantidade de radiação acumulada nos cristais, conhecendo-se ainda a taxa de radiação natural por ano do local onde foi encontrado o artefato. A idade é, então, obtida através da relação Idade = radiação acumulada / taxa radiação natural anual. A datação por termoluminescência é uma técnica bem conceituada, e atualmente existe uma metodologia totalmente implementada e internacionalmente aceita, porém alguns arqueólogos levantaram dúvidas sobre a precisão dessa técnica e sua validade nas análises de algumas amostras. Com o intuito de certificar a precisão dos laboratórios brasileiros de datação por termoluminescência, uma mesma cerâmica indígena foi recolhida e analisada por estes laboratórios, e seus resultados serviram para uma intercomparação. O laboratório LabDat da UFS realizou a análise da dose acumulada pelo método de pré-dose e os laboratórios da LVD da FATEC e LACIFID do IFUSP utilizaram o método da dose adicional. Os resultados obtidos foram FATEC 1,5 Gy; USP-SP 1,4 Gy; UFS ( $1,57 \pm 0,39$ ) Gy. Essa pequena diferença deve-se ao fato dos laboratórios usarem aparelhos com sensibilidades diferentes, e métodos distintos de preparação da amostra, porém, mesmo com essas diferenças os valores estão bastante próximos. Como a dose anual do local é desconhecida, utilizamos uma média nacional de 0,002 Gy/ano para chegar a idade aproximada. Os resultados encontrados foram considerados muito bons, pois as idades encontradas foram: IFUSP: 700 anos; FATEC: 750 anos; UFS: 785 anos, que gera uma média de 745 anos para a cerâmica analisada, sendo a máxima diferença de 85 anos na idades, mostrando que essa é uma técnica bastante confiável para a datação arqueologia de cerâmicas.

[03/11/05 - P189]

**Estudo teórico de nanotubos de BN dopados com oxigênio,** S. GUERINI, V. LEMOS, J. MENDES FILHO, LEANDRO DE ANDRADE SILVA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC • Uma grande procura por nanotubos de nitreto de boro (BN) seguiu-se com a descoberta dos nanotubos de carbono, devido a similaridade do grafite e a estrutura hexagonal do BN. As propriedades dos nanotubos podem ser alteradas ao se adicionar a estes sistemas impurezas na forma de defeitos substitucionais ou nativos. Assim, a implementação de aparelhos baseados em semicondutores requer o estudo dos defeitos e impurezas que podem atuar como doador ou aceitador no sistema. As propriedades de nanotubos nitreto de boro (BN) [1] aparecem na literatura, mas os efeitos de sua dopagem com oxigênio são ainda desconhecidos. Os nanotubos de BN, ao contrário dos nanotubos de carbono, são sempre semicondutores, com um gap de energia em torno de 5.5 eV [2]. Este fato faz com que os nanotubos de BN sejam muito atrativos em aplicações em nano escala. Além disso, a alta resistência à oxidação, faz dos nanotubos de BN nano isolante perfeitos para serem usados como cobertura de alguns materiais e em dispositivos eletrônico. Neste trabalho, fazendo uso de cálculos de primeiros princípios baseados na teoria do

funcional da densidade implementado no programa computacional SIESTA [3], estudamos as propriedades estrutural e eletrônica de nanotubo de BN (10,0) dopado com oxigênio, onde incorporamos o átomo de oxigênio no sítio do átomo B e no sítio do átomo de N do nanotubo. Nossos resultados mostram que ao dopar os nanotubos de BN com oxigênio, níveis desocupados aparecem tanto no topo da banda de valência como no fundo da banda de condução e a relaxação estrutural mostra que o átomo de oxigênio relaxa para fora da superfície do tubo.

[1] N.G. Chopra, et al., Science 269, 966 (1995). [2] X. Blase, et al., Europhys. Lett. 28, 335 (1994). [3] P. Ordejon, et. al., Phys. Rev. B 53, 10441 (1996).

[03/11/05 - P190]

**A transição de fase ortorrômbica-tetragonal no  $\text{Bi}_{2-x}\text{Te}_x\text{SrNb}_{2-x}\text{Hf}_x\text{O}_9$ ,** ALEXANDRE ROCHA PASCHOAL, EDER NASCIMENTO SILVA, ALEJANDRO PEDRO AYALA, ILDE GUEDES, Universidade Federal do Ceará, R. E. ALONSO, A. LÓPEZ-GARCÍA, Universidad Nacional de La Plata, ALICIA CASTRO, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid • A necessidade de produzir materiais com performances melhores do que aquelas observadas nas perovskitas ferroelétricas tem motivado à pesquisa por novos óxidos cerâmicos, especialmente aqueles pertencentes à família dos Aurivillius. A estrutura desses materiais pode ser descrita por dois diferentes blocos  $[\text{Bi}_2\text{O}_2]^{2+}$  empilhados ao longo do eixo c. A camada  $[\text{Bi}_2\text{O}_2]$  exibe uma estrutura do tipo chumbo vermelho, onde o  $\text{Bi}^{3+}$  é geralmente o único cátion presente, embora em alguns casos ele seja parcialmente substituído por outro cátion que tenha, assim como o  $\text{Bi}^{3+}$ , um par de elétrons de valência  $ns^2$  desemparelhado. A camada  $[\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1}]$  tem uma estrutura de uma pseudo-perovskita, onde o sítio A é ocupado por um cátion volumoso com coordenação cubooctaédrica, como  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Ln}^{3+}$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \dots$ ),  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ , etc, e o sítio B corresponde a um cátion com coordenação octaédrica, como  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$ ,  $\text{Hf}^{4+}$ ,  $\text{V}^{4+}$ ,  $\text{V}^{5+}$ ,  $\text{Nb}^{5+}$ ,  $\text{Ta}^{5+}$ ,  $\text{W}^{6+}$ , etc. O valor de n representa o número de octaedros  $\text{BO}_6$  ligados à camada  $[\text{Bi}_2\text{O}_2]$ . Muita atenção tem sido dada para o estudo desses materiais nos últimos anos devido às suas propriedades, assim como suas aplicações em memórias ferroelétricas não voláteis (FeRAM), onde exibem melhor desempenho que o tradicional PZT. Neste trabalho, um estudo por espectroscopia Raman do  $\text{Bi}_{2-x}\text{Te}_x\text{SrNb}_{2-x}\text{Hf}_x\text{O}_9$  ( $x=0.10$  e  $0.25$ ) foi realizado para revelar informações a respeito do espectro de fônons a das transições de fase. Foi possível observar, com o uso desta técnica, que a transição de fase ferro-paraelétrica de alta temperatura é associada a um modo soft. Além disto, uma análise detalhada do efeito da concentração de Te/Hf no espectro vibracional deste composto é apresentada.

[03/11/05 - P191]

**MEDIDAS DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA USANDO-SE A TÉCNICA FOTOPIROELÉTRICA,** EZEQUIEL DE ANDRADE BELO, PETRUS ALCANTARA JR, JORDAN DEL NERO, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, Universidade

*Federal do Pará* • A técnica fotopiroelétrica (PPE) está baseada na absorção de luz por uma amostra e a partir do calor gerado na absorção, produzir ondas térmicas que se propagam até um sensor piroelétrico (variação da polarização elétrica com a mudança de temperatura), que esta em contato com a amostra, gerando assim um sinal (voltagem) que pode ser medido por um multímetro sensível. Neste trabalho utilizamos a configuração SPPE (Standard da PPE) onde incidimos a luz (modulada) de um laser, em 532 nm (verde) e 180 mW de potência, sobre a amostra de margarina com teor de gordura (lipídios) de 80%. As margarinas são, basicamente, uma emulsão de água e óleo que possuem ponto de derretimento entre 36°C - 37°C. Estudamos o comportamento térmico abaixo e acima do seu ponto de derretimento. A espessura da amostra foi de 0.48 mm. Realizamos as medidas de duas formas (1) variando-se a frequência de 1Hz - 15Hz, à uma temperatura fixa e (2) variando-se a temperatura de 20°C até 40°C mantendo a frequência fixa ( $f = 5$  Hz). Todas as medidas foram adquiridas através de um lock-in (multímetro sensível), controlado por um computador que analisou os resultados. Os resultados foram bem ajustados pelo modelo Mandelis<sup>1</sup> e Zver<sup>1</sup> e permitiram o cálculo da difusividade térmica da margarina. O resultado obtido para a difusividade térmica à temperatura ambiente (25°C) foi  $1,79 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$  que está na mesma ordem de grandeza daqueles conhecidos da literatura ( $1,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ ). Esta técnica é muito importante pois fornece parâmetros ópticos e térmicos de forma direta[1].

[1] A. Mandelis and M.M. Zver. *J. Appl. Phys.* 57 (9), 1 May 1985

[03/11/05 - P192]

**MEDIDAS DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA DO POLIESTIRENO DOPADO COM ÓLEO DE BURITI USANDO-SE A TÉCNICA FOTOPIROELÉTRICA,** EZEQUIEL DE ANDRADE BELO, FREDERICO DA SILVA BICALHO, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCANTARA JR, CLAUDIO MARCIO ROCHA REMÉDIOS, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, *Universidade Federal do Pará-PA-Brasil*, JUSARA ANGÉLICA DURÃES, ADRIANA L. DRUMMOND, MARIA MÁRCIA MURTA, MARIA JOSÉ ARAÚJO SALES, *Universidade de Brasília-DF-Brasil* • A importância dos polímeros devido a sua grande aplicação, em especial os plásticos, é incontestável em praticamente, todas as áreas da vida moderna. Atualmente, uma atenção especial tem sido dada ao estudo das propriedades de plásticos dopados com óleo vegetal, devido a grande possibilidade de aplicações desses materiais. Usamos a técnica fotopiroelétrica (PPE) para caracterizar as propriedades térmicas de amostras de poliestireno dopado com óleo de buriti (*mauritia flexuosa*). A metodologia está baseada na absorção de luz por uma amostra e a partir do calor gerado pela absorção, produzir ondas térmicas que se propagam até um sensor piroelétrico (variação da polarização elétrica com a mudança de temperatura). O sensor esta em contato com a amostra, gerando assim um sinal (voltagem) que pode ser medido por um multímetro sensível. Nossas amostras foram preparadas no Laboratório de Pes-

quisa em Físico-Química de Polímeros da UnB<sup>1</sup> incorporando na matriz polimérica diferentes concentrações de Óleo de Buriti. Utilizamos a configuração SPPE (Standard da PPE) onde incidimos a luz (modulada) de um laser, em 532 nm (verde) e 180 mW de potência, sobre a amostras de PS + Óleo de Buriti. Realizamos as medidas variando-se a frequência de 1Hz a 20Hz, à temperatura ambiente. Todas as medidas foram adquiridas através de um lock-in (multímetro sensível), controlado por um computador que analisou os resultados. Os resultados foram bem ajustados pelo modelo Mandelis<sup>2</sup> e Zver<sup>2</sup> e permitiram o cálculo da difusividade térmica das amostras. O resultado obtido para a difusividade térmica à temperatura ambiente ( $\sim 25^\circ\text{C}$ ) do PS puro foi  $2,36 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$  que está em acordo com dados da literatura.

[1] Durães, J. A., Compósitos Fotoproterores-Síntese e caracterização de poliestireno o poli(metacrilato de metila) dopados com óleo de buriti. Dissertação de mestrado UNB (2004). [2] A. Mandelis and M.M. Zver. *J. Appl. Phys.* 57 (9), 1 May 1985.

[03/11/05 - P193]

**Estudo de estruturas teóricas, "peapods", e junção de nanotubos,** FERNANDO DE BRITO MOTA, , JAIME DE JESUS SOUSA, *UFBA* • Diferentemente do que ocorre com modelos teóricos, sempre centrados na experiência, a simulação computacional não está limitada aos processos naturais. Assim, é possível encontrar na literatura trabalhos que procurem determinar propriedades de sistemas que não foram experimentalmente observados, o que não invalida a possibilidade do sistema vir a existir. Por outro lado, tem aumentado o interesse dos pesquisadores em determinar propriedades de sistemas nanoestruturados. Entre estes, sistemas formados por moléculas C60 encapsuladas em nanotubos, chamados "peapods", tem se destacado. Pesquisas recentes dão conta que os "peapods" modificam as propriedades eletrônicas sem afetar a estrutura atômica e que estas propriedades dependem da posição das moléculas encapsuladas ao longo do tubo. Outros sistemas de grande interesse envolvem junções de nanotubos, onde se evidencia que nanotubos no formato de Y comportam-se como controladores eletrônicos, similares aos componentes básicos de todos os microprocessadores, memórias e circuitos integrados em geral. Neste trabalho, determinamos as propriedades estruturais dos sistemas mencionados e de algumas estruturas teóricas. O Método Monte Carlo, usado para obter propriedades típicas de sistemas em equilíbrio, seleciona as configurações mais representativas do ensemble usado, utilizando o chamado Algoritmo de Metropolis. Propriedades que apresentem dependência temporal foram calculadas utilizando o método de Dinâmica Molecular, que usa as leis da mecânica Clássica para determinar a dinâmica das partículas. Posições, velocidades e acelerações são calculadas através de um algoritmo conhecido como Algoritmo Previsor-Corretor de Verlet.

[03/11/05 - P194]

**EFEITOS NÃO LINEARES EM CRISTAIS PIEZOELÉTRICOS DE ADP, KDP E SAL DE ROCHELLE.**, DANIEL PALHETA PEREIRA, *Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará*, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCÂNTARA JUNIOR, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA., *Universidade Federal do Pará* • Cristais piezoelétricos tais como ADP, KDP, Sal de Rochelle, Titanato de Bário, etc, apresentam uma resposta piezoelétrica que depende da frequência do campo aplicado. Tais respostas podem ser obtidas através de vários métodos. Este trabalho prioriza observar efeitos não lineares utilizando a técnica do sistema de três eletrodos, já apresentada anteriormente, que consiste basicamente em colocar para oscilar uma região do cristal pela aplicação de um campo elétrico alternado ( $E = E_0 \cos(\omega t)$ ) e observar as oscilações do cristal que não estão sob a ação direta do campo, mas que oscilam pela perturbação da própria rede cristalina associado com o efeito piezoelétrico inverso. Esses efeitos, nos cristais de KDP e Sal de Rochelle, do tipo geração de harmônicos e sub-harmônicos, foram observados, próximo às temperaturas de transição de fase - 122 K para KDP e 297 K para o Sal de Rochelle - com auxílio de um osciloscópio digital capaz de capturar a imagem do sinal no eletrodo de saída, mostrando a forma da onda e compara as deformações sofridas pela mesma em relação ao sinal aplicado no eletrodo de entrada. Na mesma imagem podemos ver a Transformada Rápida de Fourier feita também pelo osciloscópio, mostrando as componentes harmônicas e sub-harmônicas geradas pelo cristal. Para o cristal de ADP esses efeitos não são observados, ou seja, as formas das ondas de entrada e saída são iguais. Para a utilização deste método - sistema de três eletrodos - é necessário, para obtermos resposta no eletrodo de saída, que o cristal seja piezoelétrico. Mostramos o resultado para o cristal de KBr não piezoelétrico cuja resposta é nula. Finalmente, estes resultados estão de acordo com o modelo matemático para a propagação da onda elástica de um eletrodo a outro no interior do cristal, proposto anteriormente por nós.

[03/11/05 - P195]

**ESTUDOS DE ULTRABAIXA FREQUÊNCIA EM CRISTAIS DE ADP, KDP E SAL DE ROCHELLE.**, DANIEL PALHETA PEREIRA, *Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará*, EZEQUIEL DE ANDRADE BELO, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCÂNTARA JUNIOR, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA., *Universidade Federal do Pará* • A investigação de propriedades físicas em ultrabaixa frequências tem sido reportadas por alguns autores, porque o comportamento da matéria para frequências na faixa de alguns milihertz não é semelhante àquele apresentado para frequências mais altas. Neste caso específico, além da dependência intrínseca da propriedade com a frequência, devemos considerar ainda a possibilidade da troca de calor envolvida no processo, se a amostra experimentar uma mudança de um processo isotérmico para um adiabático. Em se tratando de cristais piezoelétricos os estudos feitos recentemente referem-se à constante dielétrica do material com a condição de que o cristal esteja na fase

ferroelétrica, cujos resultados estão de acordo com a teoria termodinâmica do pico central. Este trabalho consiste em observar este efeito utilizando a técnica do sistema de três eletrodos, já apresentada anteriormente, que consiste basicamente em colocar para oscilar uma região do cristal - eletrodo de entrada - pela aplicação de um campo elétrico alternado ( $E = E_0 \cos(\omega t)$ ) e observar as oscilações do cristal que não estão sob a ação direta do campo - eletrodo de saída - mas que oscilam pela perturbação da própria rede cristalina associado com o efeito piezoelétrico inverso. Variando a frequência de oscilação do campo aplicado no eletrodo de entrada, na faixa 10 mHz a 100 Hz, podemos observar anomalias nas respostas obtidas no eletrodo de saída. De acordo com o modelo matemático para a propagação da onda elástica de um eletrodo a outro no interior do cristal, proposto anteriormente por nós, a constante piezoelétrica  $d_{ijk}$  é a principal responsável pelo sinal na saída. Nossos resultados, para os cristais de ADP, KDP e Sal de Rochelle, demonstram a variação dessa constante do estado isotérmico para o estado adiabático, independente da ferroeletricidade.

[03/11/05 - P196]

**INFLUÊNCIA DA PRESSÃO UNIAXIAL NAS RESPOSTAS PIEZOELÉTRICAS NO CRISTAL DE ADP A 365 K.**, DANIEL PALHETA PEREIRA, ANDRÉ LUIZ CARVALHO BRAGA, CARLOS LUCIANO OLIVEIRA DE AGUIAR, *Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará*, CLÁUDIO MARCIO ROCHA REMÉDIOS, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCÂNTARA JUNIOR, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, *Universidade Federal do Pará* • O estudo de cristais piezoelétricos é extremamente importante devido ao seu grande uso como sensores seja em dispositivos ópticos seja em dispositivos acústicos e os cristais piezoelétricos tais como ADP, KDP, Sal de Rochelle, Titanato de Bário, etc, apresentam uma resposta piezoelétrica que depende da frequência do campo aplicado. Tais respostas podem ser obtidas através de vários métodos. Quando variamos a temperatura dessas amostras podemos observar, durante as transições de fase dos cristais, seja de primeira ou segunda ordem, modificações acentuadas nestas respostas. Uma transição de fase em alta temperatura (430 K) para o cristal de ADP foi, recentemente, reportada com a utilização do Raio X. Nosso interesse foi estudar, com a técnica de 3 eletrodos, o efeito da pressão uniaxial na estrutura do ADP, próximo a essa nova transição. É conhecido da literatura científica que a aplicação de uma pressão uniaxial pode alterar a temperatura de uma transição já existente, pode desdobrar modos degenerados pertencentes a representações bi ou tridimensionais ou pode ainda induzir uma transição de fase por mudança de simetria em um cristal. Nosso interesse, nesse trabalho, foi observar o comportamento do cristal de ADP em 365 K, para uma pressão uniaxial aplicada na direção [100], utilizando a técnica de três eletrodos que consiste basicamente em submeter uma região do cristal a um campo elétrico alternado ( $E = E_0 \cos \omega t$ ) e observar as oscilações eletromecânicas geradas em outra região do cristal que não está sob a ação direta do campo aplicado, mas que devem oscilar pela perturbação da própria rede cristalina bem como pelo efeito

piezoelétrico inverso. Essa metodologia foi escolhida por ser bastante simples e sensível a pequenas alterações apresentadas pela estrutura cristalina. Aplicamos pressão sobre a estrutura do ADP variando de 0 até 124 bar e observamos mudanças nas respostas piezoelétricas obtidas tanto quantitativas quanto qualitativas. Existem modos que se desdobram e outros que desaparecem, no entanto consideramos que novas medidas em temperaturas mais próximas da nova transição, tanto acima como abaixo, devem ainda ser feitas e outras técnicas como espectroscopia Raman, constante dielétrica, raios-X podem ajudar a um melhor entendimento nas fortes alterações observadas nos espectros de ressonâncias.

[03/11/05 - P197]

**Crescimento e Caracterização da L-Asparagina Monohidratada Dopada com Cromo,** I.C.V. BENTO, P.T.C. FREIRE, R.R.F. BENTO, F.E.A. MELO, *Departamento de Física - UFC*, P.S. PIZANI, M.R. JOYA, *Departamento de Física - UFS-Car* • Nos últimos anos tem crescido o interesse no estudo de materiais biológicos, os quais podem ter diversas aplicações tecnológicas, incluindo a utilização em dispositivos ópticos não-lineares. Aminoácidos são as unidades fundamentais dos peptídeos e proteínas que se formam a partir da ligação em seqüências de 20 aminoácidos. Suas ligações intermoleculares são formadas por pontes de hidrogênio e podem ser escritos na forma:  $RCH(NH_2)COOH$ . Com exceção da glicina, todos os aminoácidos dos sistemas vivos são óticamente ativos. Eles giram o plano de polarização da luz para o lado esquerdo, sendo chamados de levógiros. Estudos sobre cristais orgânicos têm despertado a atenção dos especialistas em ótica devido a possibilidade de serem usados como geradores de segundo harmônicos para lasers de alta potência. Muitos destes cristais são fortemente não-lineares. A qualidade ótica deles é consideravelmente alta e podendo ainda serem facilmente crescidos. A L-asparagina pertence a classe dos aminoácidos com radical R polar não carregado. A L-asparagina monohidratada é um material muito interessante para estudo porque a estrutura cristalina apresenta uma complexa rede de ligações de hidrogênio entre as moléculas de asparagina e as moléculas de água. Neste trabalho apresentamos um estudo do crescimento sistemático de cristais de L-asparagina dopados com cromo (Cr) e sua caracterização através da espectroscopia Raman entre as temperaturas de 308K e 381K.

[03/11/05 - P198]

**DESENVOLVIMENTO DE UMA GELADEIRA SOLAR A ÁLCOOL - CARVÃO ATIVADO,** AROLDO ARAÚJO LIMA, GERMANO PINTO GUEDES, *Laboratório de Energia Solar e Fotoacústica - Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana*, DENIS G. F. DAVID, *Laboratório de Propriedades Óticas - Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • O trabalho apresentado tem por objetivo desenvolver uma geladeira solar, funcionando segundo o princípio de evaporação - adsorção de álcool pelo carvão ativado, e usando a energia solar como fonte de calor necessário para a ativação do ciclo. A motivação central

para o desenvolvimento desta geladeira é a questão social do Semi-Árido, onde há a necessidade da refrigeração na pasteurização do leite e na conservação de alimentos.

O carvão ativado é uma forma de carbono ainda muito estudada pelo fato de ter muitos usos tanto na filtração da água quanto na indústria química. Suas propriedades são decorrentes da estrutura dos seus poros, de tamanho nanométrico, que agem como armadilhas para moléculas de certo tamanho. O álcool metílico faz parte das moléculas que o carvão ativado é capaz de reter. Essa propriedade é utilizada para realizar um ciclo termodinâmico em que o carvão adsorve o álcool durante a noite, promovendo sua evaporação e a geração do frio, e o sol restitui o álcool durante o dia, através do aquecimento do carvão saturado pelo álcool. A fim de verificar esse conceito, construímos um protótipo desta geladeira e estudamos seu funcionamento, graças à instrumentação desenvolvida no laboratório. Apresentaremos os resultados experimentais obtidos e sua comparação com os resultados de um modelo numérico da geladeira que desenvolvemos.

[03/11/05 - P199]

**Estudo de Primeiros Princípios das Propriedades Estruturais e Eletrônicas do PdN,** F. LEITE, S. AZEVEDO, R. DE PAIVA, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • Compostos binários baseados em nitretos de metais de transição, têm sido foco da atenção de muitos pesquisadores por apresentarem excelentes propriedades físico-químicas, tais como: altas resistência mecânica e corrosiva, boa adesão, baixo coeficiente de atrito e alta dureza. Por exemplo, filmes finos de nitretos são amplamente utilizados na indústria metal-mecânica para revestir diversos tipos de ferramentas (facas, fresas, etc.). Neste trabalho apresentamos um estudo de primeiros princípios baseado na Teoria do Funcional da Densidade, o método de potencial completo e ondas planas aumentadas linearizado, para determinar as propriedades estruturais e eletrônicas do PdN. O objetivo principal a que nos propomos neste trabalho é o de investigar teoricamente, baseados nos cálculos de energia total, qual a estrutura mais estável do PdN. Para cada estrutura investigada obtemos os parâmetros de rede das geometrias de equilíbrio, os *bulk moduli*, as constantes elásticas, estruturas de banda de energia e densidades de estados.

[03/11/05 - P200]

**INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO NA ADERÊNCIA DE FILMES FINOS DE TiN,** ANA RAQUEL PEREIRA DE ATAÍDE, *UEPB - PB - Brasil*, ELAINE DA SILVA MADEIROS, CLODOMIRO ALVES JÚNIOR, EDALMY OLIVEIRA DE ALMEIDA, *UFRN - RN - Brasil* • Os filmes finos têm sido amplamente usados em aplicações industriais, basicamente por suas excelentes propriedades, tais como alta dureza, condutividade elétrica e resistência ao desgaste e corrosão. No revestimento de aços rápidos e aços ferramentas a aderência é um fator determinante no desempenho da peça ou componente revestido. Para melhorar a aderência de filmes finos nesses substratos uma boa opção é a aproximação das propriedades do substrato com as do filme, ou seja, a modificação das propriedades do substrato somente em regiões próximas a interface com o revestimento. Nessa linha, é



fundamental o uso da nitretação por plasma como uma técnica de pré-tratamento do substrato, para melhorar as condições de suporte para os revestimentos duros, bem como melhorar as propriedades mecânicas e tribológicas dos mesmos. O endurecimento do substrato se traduz como um resultado direto do aumento da capacidade de suportar cargas deste. A nitretação como pré-tratamento, além de promover o endurecimento do substrato, determina também a dureza, a densidade e as tensões residuais, as quais têm uma relação direta com a aderência das camadas de TiN. Neste trabalho filmes finos de TiN foram depositados pela técnica de magnetron sputtering em substratos de aço AISI M2, nitretados e não nitretados. A influência do pré-tratamento de nitretação na aderência desses filmes foi verificada utilizando técnicas de caracterização de propriedades mecânicas, como dureza e aderência, bem como técnicas de caracterização de propriedades tribológicas como desgaste e coeficiente de atrito dos revestimentos. Como isso, observamos que os substratos que sofreram um pré-tratamento de nitretação apresentaram melhores resultados quanto à aderência do filme do que os que foram apenas revestidos, indicando que o método utilizado é um recurso que pode melhorar o desempenho dos filmes de TiN sobre substratos de aço rápido.

[03/11/05 - P201]

**PROPRIEDADES LUMINESCENTES DE CERÂMICAS DE  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  NANOESTRUTURADAS,** MARCELA COSTA ALCÂNTARA, ZÉLIA SOARES MACEDO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe* • Neste trabalho, avaliamos a potencialidade do material cintilador  $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  para uso em detectores de radiação e equipamentos de imagem médica. Os pós cerâmicos nanoestruturados foram produzidos pela rota de sol-gel proteico, que emprega precursores nitratos dissolvidos em água de coco, e que apresenta vantagens econômicas e ambientais sobre o processo sol-gel convencional. Em sua preparação, os precursores  $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  e  $EuN_3O_9$  foram dissolvidos, em proporção molar de 98:1, em água de coco e agitados por alguns minutos para formar um sol homogêneo e transparente. Após a preparação do sol, o material era seco em estufa a 100 °C para formar um xerogel, homogeneizado em almofariz de ágata e calcinado a 850 °C / 8h em forno de atmosfera aberta. Amostras de  $Y_2O_3$  puro também foram preparadas e caracterizadas, para serem usadas como material de referência. Os materiais produzidos apresentaram fase cristalina única, confirmada por medidas de difração de raios-X (DRX) de pó, e tamanho de partícula da ordem de 20 nm, observado por microscopia eletrônica de varredura (MEV). As propriedades físicas dos pós cerâmicos de  $Y_2O_3$  puro e dopado foram investigados através das técnicas de radioluminescência, termoluminescência, fotoluminescência e absorção óptica. As medidas de radioluminescência em um intervalo de comprimentos de onda de 200 nm a 800 nm e temperaturas de 50 K a 290 K resultaram em valores de eficiência dos cintiladores dopados em torno de 40 % superior à das cerâmicas não dopadas. O espectro de emissão fluorescente da

cerâmica de  $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  apresenta um pico em 611nm, típico do  $Eu^{3+}$ . Esses resultados indicam que os íons  $Eu^{3+}$  contribuem para o aumento da emissão radiativa do material. A sinterização dos corpos cerâmicos e sua incorporação em matriz vítrea estão sendo investigadas.

[03/11/05 - P202]

**ENVELHECIMENTO NO LDPE POR STRESS ELÉTRICO,** HEURISON DE SOUSA E SILVA, *Instituto de Física de São Carlos/USP*, JOÃO MARIZ GUIMARÃES NETO, *Universidade Federal do Piauí/UFPI* • O estudo dos mecanismos de envelhecimento (degradação) do Polietileno (PE) sob condições críticas de stress como, por exemplo, quando sujeito a um campo elétrico intenso, é de grande importância, pois o PE é um polímero amplamente usado em dispositivos elétricos de altas e médias tensões. Entretanto, o PE puro é muito vulnerável à radiação ultravioleta, se deteriorando com facilidade. Por isso, incorpora-se nele o negro de fumo (NF) como agente auxiliador na proteção contra essas radiações. Neste trabalho, faz-se o estudo da degradação do Polietileno de Baixa Densidade (LDPE) com e sem NF sob a ação de descarga corona. Assim, amostras de LDPE foram submetidas à descarga corona do tipo ponta-plano. A degradação das amostras foi monitorada ao longo do tempo através de medidas de Calorimetria de Varredura Diferencial (DSC), Espectroscopia de Impedância e Análise de Corrente Termo-Estimulada (TSC). Essas análises sugerem que a degradação se inicie na região amorfa, comece a minar a região entre as lamelas e por fim se propague para a região mais dura entre os esferulitos (região cristalina). As medidas de TSC indicam também que houve incorporação de cargas no LDPE puro, o mesmo não ocorrendo no LDPE com NF. Notou-se também que a condutividade DC é maior nas amostras com o negro de fumo. A evolução visual da degradação das amostras foi ainda acompanhada através de fotografias tiradas ao longo do tempo, mostrando que a degradação ocorre com maior rapidez nas amostras de LDPE com NF do que nas de LDPE puro.

[03/11/05 - P203]

**Atomistic simulation of the crystal structure and bulk properties of  $RE(TiTa)O_6$  ( $RE = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Er$  and  $Yb$ ) compounds,** EDUARDO MORAES DINIZ, CARLOS WILLIAM DE ARAUJO PASCHOAL, *Departamento de Física - Universidade Federal do Maranhão* • In this work we employed a static lattice simulation to modeling the crystal structures and some bulk properties of the  $RE(TiTa)O_6$  compounds, where  $RE = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Er$  and  $Yb$ , at room temperature and pressure. The interionic potentials generated adjust very well the structural parameters of the two symmetries in which these compounds crystallizes, namely aeschynite and euxenite structures. The results show that the short-range interionic potentials for aeschynite structure is basically of the Buckingham type, while for euxenite structure an additional term is necessary to describe the orbital overlap of the oxygen ions. With these potentials we calculated bulk properties, such as elastic and dielectric constants, bulk modulus and lattice energy, as well as structural fe-

atures, such as bond distances, orthorhombic strain and octahedral distortions. With basis in the results, we can see that the compounds with euxenite structure are more strained and their octahedra are more distorted. Besides, the morphotropic phase boundary (MPB) between aeschynite and euxenite structures was remarkable in all dielectric and elastic constants and subtly observed in lattice energy. Particularly, the elastic constant  $C_{66}$  shows an abrupt collapse to the MPB. This behavior possibly indicates a displacive character of the structural phase transition aeschynite-euxenite that occurs when the ionic radius of the  $RE^{3+}$  decreases.

[03/11/05 - P204]

**Reconstructive phase transition in tysonite  $LaF_3$  investigated by atomistic simulations.**, EDUARDO MORAES DINIZ, CARLOS WILLIAM DE ARAUJO PASCHOAL, *Departamento de Física - Universidade Federal do Maranhão* • In the last years, the fluoride crystals have attracted great interest due to their properties that turn possible applications in optical devices. Particularly, Lanthanum fluoride ( $LaF_3$ ) is used into fibre optics, fluorescent lamps and radiation detecting electrode in solutions, where it is doped with Europium at the level of approximately 1%. Besides, these compounds also are used as scintillator. At room temperature,  $LaF_3$  crystallizes in a trigonal tysonite structure belonging to the  $P\bar{3}c1$  space group. Under pressure variations, the tysonite structure undergoes a structural phase transition (SPT) at around 20 GPa, observed by X-ray powder diffraction. This study pointed out that the new phase is orthorhombic belonging to the space group  $Cmma$  with eight formulas per unit cell. Besides, quantum mechanical calculations proposed that this phase is tetragonal with space group  $I4/mmm$  with four formulas per unit cell. In this work, we use static atomistic simulations to investigate the SPT undergone under hydrostatic pressure by  $LaF_3$  in order to contribute to the knowledge of the high-pressure structure. The results show that the high-pressure structure more stable is tetragonal  $I4/mmm$ . The calculated atomic positions in function of the pressure show that the mechanism of the transition is purely steric due, mainly, to the approximation of the fluorine and lanthanum ions.

[03/11/05 - P205]

**Determinação da concentração de betacaroteno em um óleo vegetal através de espectros de absorvância**, CLÁUDIO MÁRCIO ROCHA REMÉDIOS, PETRUS ALCANTARA JR, JORDAN DEL NERO, SANCLAYTON GERALDO MOREIRA., *Grupo de Física de Materiais da Amazônia, Departamento de Física, Universidade Federal do Pará.* • A riqueza existente na flora e na fauna da região amazônica constitui-se numa imensa fonte de matéria prima para a produção de novos materiais e vem despertando o interesse em pesquisadores da área de ciência de materiais. Há um grande potencial de utilização de matérias da região amazônica em diversos setores da economia global, particularmente no que concerne às indústrias de alimentos, fármacos e de cosméticos. Como produto florestal primário, a exploração destes ma-

teriais apresenta algumas características originárias de seu manejo que vão definir, em última instância, as possibilidades de suas aplicações industriais e, portanto, estabelecer o seu padrão de qualidade para o mercado. Visando-se agregar valores a esses produtos, foi desenvolvido um método de determinação da concentração de componentes orgânicos através de espectros de absorvância o que contribui bastante para o controle de qualidade de alimentos industrializados. Para aquisição dos espectros de absorvância foi usado um monocromador fabricado pela ACTON modelo 308i controlado por um micro do tipo PC através da interface NCL capaz de fazer aquisições nas regiões UV a partir de 200 nm, Vis e Infravermelho até 2800 nm. Neste trabalho, especificamente, apresentamos resultados de uma solução de Beta-Caroteno (BC) diluído em ácido oléico (AO) usada como solução teste para o nosso método de determinação da concentração de componentes orgânicos em óleos vegetais. O ácido oléico possui uma banda de absorção centrada em torno de 350 nm enquanto que o Beta-Caroteno possui uma banda de absorção que é constituída pela superposição de algumas Sub-Bandas superpostas na região entre 400 nm e 550 nm. O método está baseado na construção de um gráfico que mostra a relação específica entre a razão entre as intensidades das bandas de absorção do BC e do AO para cada concentração. A partir deste resultado é possível identificar uma concentração de uma solução desconhecida verificando a sua posição no gráfico. Desenvolvemos uma metodologia simples para obter a concentração de beta-caroteno numa solução de BC diluído em AO a partir do espectro de absorvância da solução desconhecida. As vantagens desse método são: a) a análise não destrói a amostra, b) custo aproximado de cinquenta por cento do valor cobrado em métodos químicos, c) o resultado é obtido, praticamente, instantaneamente.

[03/11/05 - P206]

**Estudo espectroscópico da composição de óleos derivados de frutos da palma.**, CLÁUDIO MÁRCIO ROCHA REMÉDIOS, EDSON CARLOS DE BARROS NUNES, JORDAN DEL NERO, PETRUS ALCANTARA JR, SANCLAYTON G. C. MOREIRA., *Grupo de Física de Materiais da Amazônia, Departamento de Física, UFPA.* • A valorização econômica de alguns óleos vegetais extraídos de frutos da região amazônica passa pelo melhoramento tecnológico de uma cadeia produtiva de que envolve: o cultivo, a extração dos óleos e a caracterização de seus constituintes em substâncias bio-ativas, com a devida divulgação dos resultados a níveis nacional e internacional. Alguns desses materiais apresentam certa variabilidade em seus constituintes moleculares, parecendo essa ser mais sensível a fatores bióticos (como insetos e fungos) do que a fatores físicos (como luminosidade e clima). Neste contexto estão os óleos derivados de frutos da palma (*Elaeis guineensis*), que vêm sendo extraídos e comercializados em escala internacional, com perspectivas de uso em inovações tecnológicas no setor de combustíveis. Dentre a variedade de óleos vegetais extraídos da palma o mais conhecido é o azeite de dendê, rico em gorduras saturadas

(ácido palmítico, 45%), insaturadas (ácido oléico, 45%), carotenóides e anti-oxidantes naturais. Mas, além dele, são extraídos também outros óleos de valor comercial como a estearina (triglicerídeo de ácido esteárico) e o palmiste, ricos em ácido esteárico e ácido palmítico, respectivamente. Um problema encontrado na obtenção destes dois óleos é que, via de regra, eles não têm grau de absoluta pureza, pode ser encontrada palmitina na composição da estearina ou estearina na composição do palmiste. Uma vez que a espectroscopia óptica é uma ferramenta útil para se obter informação rápida e confiável acerca da constituição molecular de materiais, fizemos a comparação entre os espectros de absorção óptica UV-VIS de estearina de palma e palmiste, com soluções químicas preparadas com ácido palmítico e ácido esteárico, tendo como solventes hexano e etanol. Os espectros foram obtidos com um monocromador Acton Research 308i com torre de grades de difração UV-VIS-NIR, controlado automaticamente através de uma interface lógica NCL. A fonte de iluminação foi uma lâmpada de Xe livre de ozônio (75 W). Os resultados obtidos e perspectivas de aplicação serão discutidos durante a apresentação. Trabalho financiado por: CNPq, SECTAM-PA e FINEP.

[03/11/05 - P207]

**Termocromismo na resina Epóxi,** ANDERSON MANSFIELD, MARCELO A. MACÊDO, *Universidade Federal de Sergipe* • O termocromismo é obtenção de cores de acordo com o aquecimento de um determinado material. O epóxi possui tal característica, podendo ser implementada em suas diversas aplicações, como no revestimento de dutos e peças metálicas. A resina epóxi quando produzida em determinadas concentrações do endurecedor, se comporta como um termofixo. Os termofixos possuem ligações primárias, de alta energia e que não são passíveis de rompimento pela ação de solventes. Desta forma, ele é resistente ao desgaste provocado pelas partículas em suspensão e corrosão de ácidos contidos no petróleo e gás natural. O presente projeto tem como objetivo verificar a influência de determinados corantes orgânicos e/ou inorgânicos nas propriedades físicas da resina supracitada. Foram feitas lâminas com a resina em parte das amostras foi adicionado corante azul do tipo utilizado em canetas esferográficas. Depois fez-se o tratamento térmico variando a temperatura desde ambiente a (180°C). Foi confrontando os resultados obtidos através do testes de absorção UV-VIS realizados no espectrofotômetro, e constatou-se que houve homogeneidade entre a resina e o corante, sem perdas consideráveis de suas características. No epóxi a medida que sua temperatura é elevada, sua cor se acentua para o amarelo intenso, já no caso do epóxi-corante sua cor varia do azul para o verde. Resultado esperado, visto que o corante não perde suas características em elevadas temperatura.

[03/11/05 - P208]

**Propriedades vibracionais de cristais de L-Treonina a altas temperaturas,** J.HERMÍNIO DA SILVA, J.A. LIMA JR., P.T.C. FREIRE, F.E.A. MELO, V. LEMOS, J.MENDES FILHO, *Universidade Federal do*

*Ceará*, M.R. JOYA, P.S. PIZANI, *Universidade Federal de São Carlos* • Os aminoácidos têm sido foco de inúmeros estudos recentes por constituírem um sistema interessante do ponto de vista físico, em particular por estarem envolvidas diversas ligações de hidrogênio, além de terem grande potencial em aplicações tecnológicas, inclusive em ótica não linear. Dos inúmeros aminoácidos existentes apenas 20 participam da formação das proteínas e a l-treonina, que é tema deste trabalho, é um desses aminoácidos. À temperatura ambiente a l-treonina cristaliza-se numa estrutura ortorrômbica num grupo espacial  $P2_12_12_1$ . Neste trabalho apresentamos medidas de espalhamento Raman, que é uma técnica bastante apropriada para a observação de alterações em determinadas ligações químicas, incluindo as ligações de hidrogênio, no intervalo de temperatura entre a ambiente e a temperatura de 200 °C. Foram observadas algumas anomalias na largura de linha de algumas bandas em torno de 90 °C e próximo da temperatura de fusão do material. Apesar disto, nenhuma anomalia foi observada na frequência dos modos de baixa energia, correspondentes a modos da rede, nem no número de bandas nesta mesma região que poderia estar associado a uma mudança estrutural. Por conta disto as anomalias na largura de linha são explicadas em termos de acomodações das unidades quando da variação da temperatura. Dados quantitativos da variação da frequência com a temperatura também são fornecidos.

[03/11/05 - P209]

**FORMATION OF POLYANILINE MICRO-FIBERS BY THE ELECTROSPINNING METHOD,** J.R. CÁRDENAS, E. A. DE VASCONCELOS, E. F. DA SILVA JR., *Grupo de Física de Materiais e Dispositivos Semicondutores, Dep. Física - Universidade Federal de Pernambuco.*, M. L. TASHIRO, W. M. DE AZEVEDO, *Departamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco.* • Polymer nanofibers may be used in a broad range of applications in different areas such as filtration, nanoreinforcement, sensors, photonics, biomedical applications including wound dressing and drug delivery systems. Electrospinning is a straightforward and cost effective method to produce fibers with diameters ranging from 10 micrometer to 10 nanometers by accelerating a jet of charged polymer solution in an electric field. Until now, electrospinning is the only technique available for the production of fibers with extremely small diameters. During the process of fiber formation, a high voltage is applied to a polymer solution or polymer melt contained in a simple metal or glass capillary spinneret, a charged jet is then produced which accelerates and thins in the electric field, ultimately collecting on a grounded device as a micro or nanofibers. Some polymers such as PEO, polystyrene, and Glycerol are more suitable for using in electrospinning due to their viscosity, conductivity and stability in the electric field among others factors. Polyaniline is a family of polymers that is of increasing current interest because its electronic properties can be modified through variation of either the number of protons, the number of electrons, or both. The emeraldine base form

of the polymer is an insulator. Upon protonation of the unprotonated  $-N=$  sites, the conductivity increases by a factor of  $10^{10}$ , despite the unchanged electron concentration. In this work we present the electrospinning method set up and report on the formation of polyaniline fibers with diameters near to 1 micrometer and with lengths of hundreds of micrometers. The microanalysis shows differences in the fiber formation depending on the experimental conditions, a smooth surface, and diameter uniformity along the fiber, despite the expected susceptibility to degradation of polyaniline.

CNPq-NanoSemiMat 550.015/01-9, CAPES/PRODOC 188/03

[03/11/05 - P210]

**A natureza permite uma Nanofita de Möbius ? - Cálculos Ab initio,** S. G. SANTOS, E. W. S. CAETANO, V. N. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • O carbono é um dos mais versáteis elementos químicos e forma a espinha dorsal de quase todas as moléculas importantes para a vida, como o DNA e as proteínas. A característica única do carbono decorre de sua capacidade de formar ligações químicas estáveis consigo mesmo, dando origem a longas cadeias de átomos (outros átomos preferem elementos diferentes). Os tipos de aglomerados que o carbono forma estão intimamente ligados com a pressão e a temperatura. Até 1985, pensava-se que só existiam duas formas desse aglomerados (estado alotrópico) de carbono, o grafite e o diamante, mas encontrou-se uma nova estrutura, a dos fulerenos (que incluem, também, os nano tubos e em 2004 surge fora desse grupo a nanoespuma de carbono), que possuem enorme potencial para o desenvolvimento de aplicações nanotecnológicas, as quais exigem uma esquecida interdisciplinaridade presente no primórdios do pensamento científico. Pensando nessa nova interação e percebendo a clara importância da topologia desses nano materiais (como na estereoquímica topológica), mesmo parecendo ramos científicos tão distantes, nasce a proposta ainda não bem trilhada da Topologia Química, surgido da citada correlação. Nossa proposta utiliza-se da problemática entre uma questão antiga em Topologia e essas novas moléculas nanoestruturadas de carbono. Na construção de todas as superfícies topológicas, duas superfícies são essências, a saber, o cilindro e a fita de Möbius. Ambas são obtidas a partir de um plano retangular, juntando-se as arestas correspondentes à estrutura que se deve obter. Fazendo uma simples comparação, o cilindro assemelha-se a um Nanotubo, neste trabalho buscamos a construção da nano estrutura análoga a fita de Möbius. A partir de cálculos teóricos de primeiros princípios (semi-empíricos) investiga-se a possibilidade de se construir uma estrutura de carbono com a topologia, de uma tira de Möbius, cuja conformação baseia-se em um nanotubo de quiralidade (14,14) (armchair). Os cálculos foram utilizados com o Hamiltoniano AM1 (Austin Model 1) para tiras com diferentes números de voltas (de 0 a 7 voltas), com a determinação de propriedades eletrônicas, vibracionais

e termodinâmicas. Um estudo da variação da energia de formação das estruturas e do gap HOMO-LUMO com o número de voltas na tira foi realizado

[03/11/05 - P211]

**Óxido de zinco para pigmentação cerâmica: síntese do nanopó de  $Zn_{0,9}Co_{0,1}O$ ,** DANIEL AUGUSTO DE ANDRADE SANTOS, MARCELO ANDRADE MACEDO, *UFS - SE - Brasil* • O óxido de zinco tem uma grande importância na produção de tintas anti-corrosivas, pigmentação de cerâmicas, catálises, varistores, absorvedor de radiação ultravioleta (UV) e etc. Neste trabalho, destaca-se sua utilização na produção de nanopós para pigmentação cerâmica através de sua dopagem com o cobalto. Esse nanopó foi obtido usando-se um processo inovador chamado sol-gel protéico. Tal processo consiste na simples dissolução de sais orgânicos e inorgânicos em água de coco filtrada. Inicialmente, o nitrato de zinco  $[Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$  com o nitrato de cobalto  $[Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$  foram dissolvidos em água de coco e colocados numa estufa por 24h a  $100^\circ C$ , formando o xerogel. Em seguida esse xerogel foi posto em um forno durante 1h e calcinado a  $1200^\circ C$  dando origem ao nanopó. O nanopó foi lavado com água ultra pura, para retirar as impurezas restantes, e analisado por meio de difração de raios x usando um passo de  $0,02$  graus para um tempo de medida de 5s dentro de um intervalo angular de  $30^\circ$  a  $70^\circ$ . Os resultados obtidos foram de acordo com o banco de dados e artigos publicados na literatura. O cristalino de  $Zn_{0,9}Co_{0,1}O$  tem estrutura hexagonal com grupo espacial P63mc, densidade  $5,675$  g/cm<sup>3</sup> e volume  $47,6$  Å<sup>3</sup>. O refinamento através do Método de Rietveld, usando o programa Riqas, desse cristalino forneceu um volume da célula unitária de  $47,649$  Å<sup>3</sup>, densidade  $5,672$  g/cm<sup>3</sup> e cristalito de  $62,4$  nm. Graficamente a presença do cobalto deslocou os picos cerca de  $0,12^\circ$  para a direita se comparado com os do ZnO puro. Esse deslocamento pode ser explicado pela modificação do tamanho da estrutura cristalina do nanopó devido à inserção do Co no lugar do Zn. O pico máximo deu-se em  $\theta = 18,126^\circ$ . A razão entre o  $R_{wp}$  e  $R_{exp}$  forneceu o valor de GOF = 1,95, muito próximo do valor aceito como um bom refinamento com este método (1,7). Percebe-se deste trabalho que o processo sol-gel protéico é bastante confiável na obtenção de nanopós para pigmentos cerâmicos, pois os resultados estão de acordo com o esperado, além de ser simples, rápido e com baixo custo financeiro.

[03/11/05 - P212]

**Síntese e caracterização de nanopartículas de prata modificadas com 5-fluorouracil: dependência do pH.,** JOSÉ ELISANDRO DE ANDRADE, FREDERICO G. C. CUNHA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE*, LUÍS EDUARDO ALMEIDA, *Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE*, HILTON BARBOSA DE AGUIAR, *Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP* • Nos últimos anos há um grande interesse da comunidade científica pela síntese, caracterização e modificação de nanopartículas metálicas, em especial os do grupo 11 da

tabela periódica. Nanopartículas podem ser usados como agentes antibacterianos, e até como detectores de radiação ultravioleta aliada às moléculas orgânicas. Neste trabalho preparamos as nanopartículas dissolvendo nitrato de prata ( $1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) em tetrahidroborato de sódio ( $1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) sob agitação, ambos a  $5^\circ\text{C}$ . Este rota de síntese nos fornece nanopartículas no estado coloidal com cerca de  $3,0 \text{ nm}$  de tamanho. Para modificação do pH utilizamos ácido nítrico e hidróxido de sódio, tendo várias amostras com diferentes valores de pH, adicionamos como molécula orgânica o 5-fluorouracil. Para acompanharmos as alterações nas nanopartículas, utilizamos espectroscopia de absorção eletrônica no UV-Vis. Nanopartículas de prata não-modificadas apresentam uma coloração amarela e por isso possuem uma banda de absorção bem característica com pico em torno de  $400 \text{ nm}$ . Imediatamente à adição da molécula orgânica percebemos visivelmente alterações na cor do sistema coloidal. Alguns espectros UV-Vis mostram o alargamento das bandas e, em alguns casos, o surgimento de uma segunda banda com pico em torno de  $500 \text{ nm}$ . Isto sugere que para cada valor de pH, há uma diferente distribuição de cargas na solução em que se encontra o colóide, e isto faz com que a molécula orgânica não se adsorva ou se adsorva de forma diferente. Dependendo da forma de adsorção há uma alteração da frequência de ressonância dos elétrons superficiais (plasmons) ou até mesmo ter havido uma mudança na forma das nanopartículas.

## OTI - Ótica

[03/11/05 - P213]

**OS DANOS CAUSADOS PELA RADIAÇÃO SOLAR NOS OLHOS HUMANOS, JAIR STEFANINI PEREIRA DE ATAÍDE, OS-VALDO FARIAS ALVES, UEPB** • **INTRODUÇÃO:** Diariamente estamos dispostos a diversos tipos de radiação. E que algumas destas radiações, ao exemplo das radiações de raios ultravioletas, que do nosso conhecimento, pode causar danos irreparáveis a nossa visão. **OBJETIVO:** (a) Mostrar como se dá o processo de propagação da radiação solar. (b) Identificar alguns problemas provenientes da radiação solar no olho humano. (c) Alertar para a necessidade de uso dos protetores oculares de eficiência comprovada. **METODOLOGIA:** Para a execução dos objetivos propostos foram desenvolvidos estudos bibliográficos, selecionando-se obras de formação teórico-metodológica, bem como, aplicação de questionário objetivo/subjetivo, versando de cinco perguntas. **RESULTADOS:** Foram distribuídos 100 questionários nas cidades de Alagoa Nova - PB e Lagoa Seca - PB. Destes, 60 (60

[03/11/05 - P214]

**Semiclassical Analysis of the Short Time Dynamics of Scalar Products in Hilbert Space, ADÉLCIO C. OLIVEIRA, Universidade Estadual de Santa Cruz, M. C. NEMES, Universidade Federal de Minas Gerais** • Since the pioneer discoveries of classically chaotic systems, the subject has yielded many interesting and important results both from the point of view of numerical models and (not as many) analytical proofs. One of the research lines which deserved much attention was the one started by Bogomolny and Heller who discovered that eigenfunctions of Hamiltonians exhibit “scars” of the corresponding classical periodic orbits. The effect is more conspicuous for integrable systems than for chaotic ones, given the wealth of periodic orbits in the latter. Also, the search for other classical “inprints” other than the celebrated phenomena of scars on eigenfunctions of quantum systems with classical analog has gained a lot of attention. The aim of the present contribution is twofold: firstly we construct a semiclassical expansion for wave functions whose dominant (first order) contribution contains the classical dynamics for the system in question as completely as possible, in the sense that the dominant term is given only in terms of classical trajectories. All next to first order contributions contain essentially quantum effects and allows for a precise identification of departure from classical behavior in the quantum dynamics for short times. Secondly we use this expansion to extract classical ingredients known to be contained in several scalar products of states in the Hilbert space. We show in a very simple way how the phenomena of scars naturally arises from an adequate semiclassical analysis. On the other hand Husimi distributions and fidelity can be treated along the same lines and well known results from numerical studies can be given an analytical basis.

[03/11/05 - P215]

**Chaveamento todo-ótico da frequência de um laser semicondutor, B. FARIAS, T. SORRENTINO, M. CHEVROLLIER E M. ORIÁ, Departamento de Física, UFPB** • Dispositivos óticos permitirem a transmissão de informação a taxas bastante altas em relação às técnicas eletrônicas e portanto estão sendo largamente utilizadas nas redes de comunicação em geral. Entretanto, essas redes de comunicação são compostas também por equipamentos ainda baseados sobre sinais elétricos, significando que os sinais óticos devem ser convertidos em sinais elétricos, os quais serão amplificados, ou regenerados, ou chaveados, e então re-convertidos para sinais óticos. Isto é geralmente conhecido como conversão “optical-to-electronic-to-optical” (OEO) e provoca um significativo retardo na transmissão da informação. Desta forma, um melhoramento na performance das redes de comunicação seria obtido através da construção de uma rede totalmente ótica, onde todo processo de comunicação é realizado apenas com sinais óticos. Para este fim, tem sido realizada intensa pesquisa para desenvolvimento de dispositivos do tipo “tudo-ótico”, onde o chaveamento da luz é produzido utilizando a própria luz. Esse tipo de chaveamento tem sido obtido essencialmente na intensidade ou na direção do feixe de saída [1], porém ainda é insi-

piante em relação à frequência da radiação. Neste trabalho apresentamos uma técnica de chaveamento todo-ótico da frequência de emissão de um laser semiconductor. No nosso sistema o laser semiconductor é submetido a uma realimentação ortogonalmente polarizada, que permite deslocar a frequência do laser de forma linear em função do nível de realimentação na cavidade laser. A inserção de um vapor atômico ressonante no caminho do feixe de realimentação permite modular a intensidade desse feixe de realimentação. Neste sistema já observamos um comportamento biestável da frequência laser [2]. Aqui discutimos o chaveamento todo-ótico onde o controle do meio atômico para o feixe de realimentação é feito através de um segundo feixe ressonante (feixe de chaveamento). Isto modifica a intensidade do feixe transmitido pelo meio atômico (“branqueando” do vapor) e por consequência a intensidade de realimentação, gerando um deslocamento na frequência laser. Assim, chaveando-se a intensidade do feixe de chaveamento podemos chavear a frequência do laser.

[1] - Andrew M. C. Dawes, et al., Science bf 308, 672 (2005). [2] - B. Farias, T. Passerat de Silans, M. Chevrollier e M. Oriá, Phys. Rev. Lett. **94**, 173902-1 (2005).

[03/11/05 - P216]

**Comportamento multiestável da frequência de um laser semiconductor sob realimentação ótica filtrada,** B. FARIAS, T. SORRENTINO, T. PASSERAT DE SILANS, M. CHEVROLLIER E M. ORIÁ, *Departamento de Física, UFPB* • O fenômeno da multiestabilidade ótica tem sido observado e estudado em sistemas óticos onde cavidades são associadas com um meio não-linear. O uso da resposta absorviva ou dispersiva desses meios tem sido explorada em configurações onde o índice de refração real, imaginário ou ambas as partes estão na origem do comportamento multiestável observado. Em todos esses trabalhos a resposta múltipla do sistema para as mesmas condições paramétricas é manifestada na **amplitude** do sinal de saída. A primeira observação de uma resposta biestável **exclusivamente na frequência** de um dispositivo ótico foi recentemente publicada [1], abrindo o caminho para explorar as aplicações FM de tais sistemas como uma chave ótica. A frequência do laser de diodo pode ser controlada por uma realimentação ótica ortogonal sem interferir em sua potência de emissão e, na referência [1], um filtro atômico absorvivo foi empregado para modular a intensidade da luz reenviada para o laser, resultando em um comportamento biestável em sua frequência, sem modulação na amplitude. Neste trabalho relatamos nossas observações do comportamento multiestável da frequência de um laser semiconductor quando o filtro no circuito de realimentação apresenta ambas as respostas, absorviva e dispersiva [2]. Recentemente, foi observado um comportamento de multiestabilidade, semelhante ao do nosso sistema, na amplitude da radiação transmitida por cavidade ótica contendo átomos de rubídio [2]. Nós descrevemos completamente a evolução da frequência do laser durante uma varredura ida e volta em torno da ressonância atômica com um modelo onde a frequência do laser acoplado segue alternativamente a resposta absorviva e dispersiva do filtro atômico dependendo do sentido da

varredura. Apresentamos também estudos sistemáticos realizados para caracterização deste novo tipo de multiestabilidade ótica, em função de vários parâmetros do sistema, como a sua potência de realimentação; densidade atômica do filtro espectral e coeficiente de acoplamento. Discutimos ainda, as condições para a transição entre um comportamento multiestável e biestável da frequência laser em nosso sistema. Essa configuração de realimentação ótica pode ser aplicada para a produção de informação ótica digital onde o chaveamento entre ramos de frequência é realizado com um nível constante de intensidade da emissão.

[1] - B. Farias, T. Passerat de Silans, M. Chevrollier e M. Oriá, Phys. Rev. Lett. **94**, 173902-1 (2005). [2] - B. Farias, T. Sorrentino, T. Passerat de Silans, M. Chevrollier e M. Oriá, (para publicação, 2005). [3] - A. Joshi and M. Xiao, Phys. Rev. Lett. **91**, 143904-1 (2003).

[03/11/05 - P217]

**PORTAS LÓGICAS ÓPTICAS BASEADO EM ACOPLADORES DIRECIONAIS ASSIMÉTRICOS NÃO LINEARES,** WILTON B. DE FRAGA, JOSÉ WALLY M. MENEZES, M. G. DA SILVA, C. S. SOBRINHO, A. S. B. SOMBRA, *Universidade Federal do Ceará* • Por investigação numérica, utilizando o método Runge-Kutta, investigamos o desempenho de três diferentes acopladores duplos direcionais assimétricos que incluem perfis de auto modulação de fase constante, linear crescente e decrescente. A assimetria estar associada ao perfil de auto modulação de fase em um dos canais, observando as características de transmissão do dispositivo através do canal direto e cruzado, nós estudamos a taxa de extinção ( $X_{ratio}$ ) dos dispositivos. Foi observado na operação dos três acopladores, que o desempenho das portas AND, XOR e OR são dependentes dos perfis de não linearidade dos acopladores. Para uma primeira configuração, no caso da porta XOR, o perfil constante do acoplador apresentou uma melhor performance que o perfil decrescente, em uma segunda configuração examinada, nós também notamos a operação de portas AND, XOR e OR para esta configuração o acoplador decrescente apresenta um melhor comportamento que os outros. Para ambas as configurações, uma porta AND com ganho foi observada. Concluímos que para acopladores assimétricos operarem como portas lógicas, devemos ter perfis de não linearidade para otimizar as características de transmissão através do coeficiente de taxa de extinção.

[03/11/05 - P218]

**Estudo da realimentação ótica de um laser de diodo com grade de difração utilizando as ordens zero e primeira polarizadas ortogonalmente.,** T. SORRENTINO, D. REYES ARDILA, B. FARIAS, M. ORIÁ, *Universidade Federal da Paraíba* • Uma forma de melhorar a coerência espacial e/ou temporal de um laser de diodo é a realimentação ótica. As técnicas mais usuais de realimentação ótica utilizam o campo de um laser de referência ou parte da própria radiação emitida, de forma que o campo re-injetado interfira com o campo oscilante na cavidade. Por outro lado, realimentar um laser com radiação ortogonalmente polarizada em relação ao campo que oscila na cavidade permite o controle de sua freqü

ência sem interferir na amplitude de saída, agindo apenas na sua densidade de portadores. A modulação da intensidade desse campo de retorno tem sido feita com diversos tipos de filtros espectrais como: cavidade de Fabry-Pérot, linha atômica, etc. Recentemente, pesquisas sobre realimentação ótica ortogonal filtrada em lasers de diodo demonstraram efeitos de estabilização da frequência de emissão e redução de sua largura de linha [1], bem como a observação de biestabilidade exclusivamente na frequência [2]. Essa última observação abre o caminho para aplicações FM no domínio ótico. Estes resultados foram obtidos utilizando-se a linha absorviva D2 do cério como filtro espectral. No presente trabalho exploramos a realimentação ótica com grades de difração em que o feixe que realimenta o laser de diodo é espectralmente filtrado e sua polarização é ortogonal à polarização do feixe de saída. O objetivo é controlar a frequência de emissão e estabilizá-la em toda a região de emissão laser, não apenas em torno de uma estreita ressonância atômica. Serão apresentados os resultados da realimentação ortogonal utilizando-se a ordem zero de uma grade de difração (reflexão especular) e com a primeira ordem de difração dessa grade. Montagens utilizando as primeiras ordens de duas grades também foram realizadas com o objetivo de melhorar a seletividade espectral do sinal de retorno no laser.

[1] A.F.A. da Rocha, P.C.S. Segundo, M. Chevrollier, M. Oriá, *Appl. Phys. Lett.* 84, 179 (2004). [2] B. Farias, T. Passerat de Silans, M. Chevrollier, M. Oriá, *Phys. Rev. Lett.* 94, 173902 (2005).

[03/11/05 - P219]

**PORTAS LÓGICAS ÓPTICAS BASEADAS EM ACOPLADOR NÃO LINEAR DIRECIONAL TRIPLO PLANAR SIMÉTRICO,** JOSÉ WALLY M. MENEZES, WILTON B. DE FRAGA, M. G. DA SILVA, C. S. SOBRINHO, A. S. B. SOMBRA, *Universidade Federal do Ceará* • Por investigação numérica, utilizando o método Runge-Kutta, é mostrado que acopladores triplo planar simétrico podem ser utilizados para implementar funções lógicas como portas AND, OR, XOR. Para isso realizamos simulações onde um dos canais do acoplador funciona como controle e os demais canais como as respectivas entradas e saídas. O canal de controle entra com uma fase em relação as outras entradas do acoplador, as quais se encontram em fase entre si. Foram analisadas duas configurações, uma com o sinal de controle no primeiro canal (ou no seu simétrico, no terceiro canal) e outra com sinal de controle no canal do meio (segundo canal). Tanto para as configurações isoladas, como usando uma combinação entre elas conseguimos através do estudo da taxa de extinção (Xratio) dos dispositivos selecionar fases que permitiram a implementação das funções lógicas.

[03/11/05 - P220]

**ESTUDO DE VIDROS FOSFATOS DOPADOS COM ÍONS TERRAS RARAS. POSSÍVEIS CANDIDATOS PARA APLICAÇÃO EM FOTÔNICA,** TAÍSA B. BRITO, M. V. D. VERMELHO, M. T. DE ARAUJO, *Universidade Federal de Alagoas - Maceió - AL - Brasil*, L. A. BOATNER, *Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge - Tennessee -*

*USA*, I. GUEDES, *Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - CE - Brasil* • Utilizamos vidros Chumbo-Índio-Fosfato  $[(PbO)_{(56,3)}(In_3O_2)_{(4,2)}(P_2O_5)_{(39,5)}]$  dopados com íons terras raras e investigamos absorção linear, respostas não lineares por meio de medidas de emissão e medidas de tempo de vida nesses vidros, como forma de caracterizá-los. Realizamos ainda, um estudo teórico dos coeficientes de Judd-Ofelt para amostras  $PbIn(PO_4)$  dopadas com íons de érbio ( $Er^{3+}$ ) e neodímio ( $Nd^{3+}$ ). Esses vidros podem ser usados para satisfazer as necessidades eletro-ópticas do visível ao infravermelho, exibindo um alto índice de refração linear ( $\eta = 1.7 - 1.9$ ) na região do visível e possuindo dispersão moderada (número  $\approx 30$ ). Sua absorção no ultravioleta ocorre próximo a 300 nm e transmite até o infravermelho, em comprimentos de onda de até 2800 nm. Apresentam durabilidade química e são resistentes a radiação  $\gamma$ , possibilitando a armazenagem de resíduos com alto nível nuclear. Esse material possui uma temperatura de transição vítrea de 430°C e é maleável a 460°C. O coeficiente de expansão térmica ( $10$  a  $12 \times 10^{-6}/^\circ C$ ) é equivalente ao dos metais, o que torna o vidro útil em aplicações que requerem ligações metal-vidro. Estes materiais dissolvem bem terras raras e apresentam resistência a desgastes atmosféricos, o que nos possibilita um manuseio mais fácil do vidro. Além disso, é economicamente viável e devido a essas características citadas acima é utilizado na fabricação de fibras ópticas com alta abertura numérica, lentes e microlentes. O interesse nos vidros fosfatos tem sido estimulado por algumas propriedades e comportamentos de cristalização que são únicos nesses vidros, tornando-os candidatos a uma variedade de aplicações, tais como: selamento hermético, hospedeiro de íons terras raras para uso em lasers de estado sólido, condutores e materiais biomédicos.

[03/11/05 - P221]

**Modelo de amplificação óptica na banda S em fibras dopadas com íons  $Tm^{3+}$ ,** R. P. DUARTE, M. T. DE ARAUJO, M. V. D. VERMELHO, *Departamento de Física - Universidade Federal de Alagoas* • O desenvolvimento dos amplificadores em fibras dopadas com de érbio foi decisivo para a rápida ampliação das transmissões a longas distâncias por fibras ópticas. Na maioria das matrizes hospedeiras estes íons apresentam uma largura de banda útil para amplificação da ordem de 40nm. A alta demanda dos sistemas tem levado as pesquisas para o desenvolvimento de amplificadores com larguras de banda superiores às atuais. A eficiência dos amplificadores dependem de vários parâmetros, portanto, é necessária a utilização de métodos de simulação numérica para otimizar seu funcionamento. Utilizando simulação numérica, desenvolvemos um modelo para investigar a amplificação na banda S, compreendida entre 1460 – 1530 nm, em fibras ópticas dopadas com íons de  $Tm^{3+}$  e codopadas com íons de  $Tm^{3+}/Yb^{3+}$ . A partir de dados experimentais e baseados na teoria de Judd-Ofelt os parâmetros relevantes para o modelo foram levantados. Utilizando bombeamentos em 800nm e 980nm, estudamos a influência de vários parâmetros na eficiência do amplificador, como do comprimento da fibra, do raio, da abertura numérica, da

concentração de dopante, do modo de propagação do sinal e do bombeamento e da potência de bombeamento.

[03/11/05 - P222]

**All-Diode, 806/1059 nm Dual-Wavelength Pumped T DFA for S-Band Optical Communication at 10 Gbit/s**, S. R. LÜTHI, A. S. L. GOMES, UFPE - PE - Brazil, G. VILELA DE FARIA, J. P. VON DER WEID, PUC - RJ - Brazil • Thulium-Doped Fibre Amplifiers (T DFA) have proven strong candidates for S-band optical communication [1]. Dual-wavelength pumping has emerged as the most appropriate scheme for efficient control of population inversion and transient behaviour in such amplifiers. Among the various dual-wavelength pump schemes, one with a combination of a 800 nm and a 1050 nm pump stands out [2] due to proper control of the upper state population level [3]. With laser diode pump sources becoming commercially available, compact T DFAs are getting viable for application. For the first time to our knowledge, we present a fully engineerable, compact, fibre-length optimized dual-wavelength pumped T DFA, using an 1050 nm and a 800 nm pump laser diode. Error-free transmission is proven at 10 Gbit/s. Forward and backward pumped configurations were characterized and different Tm-concentrations of the gain medium investigated. The amplifier gain curve shows the typical gain peak around 1465 nm, and reaches a maximum of 18.7 dB for a signal input of -13 dBm and pump powers of  $P_{1059} = 120$  mW and  $P_{806} = 30$  mW. Gain saturation was found to depend on the absolute pump powers as well as their ratio. It is reached when the optimized population inversion between upper and lower amplification level is achieved. The noise figure reaches a minimum of 5.5 dB around 1515 nm and increases to both sides. The red-shift of the noise figure minimum compared to the gain peak is attributed to the observation that  $P_{ASE}$  drops off more rapidly on the long-wavelength side of the gain curve, and to the fact that the signal/pump couplers show a strong wavelength-dependence. The amplifier prototype was also tested for optical communication network applications. Using the T DFA in inline-amplifier mode, Bit-Error-Rate (BER) experiments were performed and confirmed capability of error-free transmission at 10 Gb/s, both in forward and backward pumped configurations. The BER power penalty was typically in the range of 0.2-0.4 dB - as expected for in-line amplifiers - because the signal-ASE beat noise is attenuated together with the signal, leaving the thermal noise as the most important noise source. As a result of the signal/pump couplers not optimized for S-band applications, the amplifier performance leaves space for improvements.

[1] A.S.L. Gomes, Proc. of SPIE 4990 (2003), 1-10; [2] A.S.L. Gomes et al., Opt. Lett. 28 (2003), 334-336; [3] C. Florida et al., Opt. Lett. 29 (2004), 1983-1985

[03/11/05 - P223]

**Novel Thulium-Doped Gain Media for Optical Communication Amplifiers**, S. R. LÜTHI, C. A. B. MORAIS FILHO, A. S. L. GOMES, UFPE - PE - Brazil, E. NASCIMENTO, S. J. L. RIBEIRO, Y. MESSADDEQ, UNESP - SP - Brazil • Rare earth doped fiber amplifiers and lasers are an important class of active optical devices

with a variety of applications [1]. Today, Er-, Tm-, and Pr-doped fiber amplifiers provide gain for optical communication signals in the range of 1530-1615 nm, 1450-1510 nm, and 1290-1320 nm. While silica glasses offer adequate optical properties for most applications of Er, the same is not true for Tm and Pr. Due to their energy-level spacing, low phonon hosts are required to maintain acceptable radiative transition rates. ZBLAN and other fluoride glasses are commonly utilized. Their mechanical and thermal properties, however, are prohibitive for many applications. Recently, a number of research efforts have been conducted towards the development of host materials with low phonon energy based on chalcogenide, tellurite, germanate, and other heavy-metal based glass matrices [2-4]. In this work we present the spectroscopic investigation of a novel germanate bulk glass, a promising candidate for Tm-doped fiber lasers and amplifiers in S-band communication systems (1460-1530 nm). The spectroscopic properties are discussed and compared to those of other Tm-doped hosts. While a strong absorption of the host material obscures the UV-to-VIS spectral range above 500 nm, the Tm 4f transitions in the red-to-NIR range are essentially unperturbed. The Tm-emission exploited for S-band applications spans a particularly wide range in this germanate host (1400-1545 nm). As a consequence of the strong host absorption above 500 nm, no characteristic blue Tm upconversion emission was observed upon 810 nm excitation. The spontaneous emission lifetime of the upper amplification level was determined to be 0.3 ms, comparable to that in other heavy-metal oxide hosts explored. In Tm-doped silica and aluminosilicate glasses this lifetime is 15 times shorter, indicating the strong negative impact of the large phonon energy in these hosts on the radiative transition efficiency [5]. From the measured data, Judd-Ofelt intensity parameters were derived allowing theoretical description and prediction of spectroscopic properties not easily accessible in experiment.

[1] S. Sudo, Optical Fiber Amplifiers: Materials, Devices, and Applications (Artech House, Boston, 1997); [2] J. H. Song et al., J. Appl. Phys. 93 (2003), 9441-9445; [3] G. Poirier et al., J. Appl. Phys. 93 (2003), 3259-3263; [4] S. Shen et al., J. Non-Cryst. Sol. 326& 327 (2003), 510-514; [5] B. M. Walsh et al., Appl. Phys. B 78 (2004), 325-333

[03/11/05 - P224]

**Thermal and electronic lineshape determination in rare-earth doped materials**, D. N. MESSIAS, T. CATUNDA, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, M. J. V. BELL, Departamento de Física, Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF • Ytterbium doped materials has become very interesting laser media since the advent of diode laser sources due to its advantages face others rare earth doped laser materials. Its structure level consists basically of one metastable state, in the infrared, and some states corresponding to absorptions in the ultraviolet. Therefore high doping concentrations can be used without the drawback of energy transfer processes. However, this high concentration leads to refractive index intensity dependent changes, leading to the formation of an induced lens effect. In this work



we analyze the magnitude of the thermal and electronic contributions in  $Yb^{3+}$ -doped phosphate glass. To this end, we have used thermal and electronic spectroscopy in  $Yb^{3+}$ . Nonlinear spectroscopy was also performed around 590 nm in a  $Nd^{3+}$ :YAG sample. Fluorescence quantum efficiency, thermal diffusivity and conductivity and the Thermal Lens (TL) spectrum were found, to  $Yb^{3+}$ , by using TL spectroscopy. The nonlinear refractive index spectra, polarizability difference and absorption cross section difference between excited and ground state were obtained by a modified Z-scan technique to  $Yb^{3+}$  and  $Nd^{3+}$ . In both cases, it was found that the nonresonant contribution to the electronic nonlinearity is dominant over the resonant one. In addition, the thermal induced phase variation, in  $Yb^{3+}$ -doped phosphate glass, was found to be at least 10 times smaller than the electronic one.

[03/11/05 - P225]

**Transferência de energia entre íons de  $Tm^{3+}$  e  $Er^{3+}$  dopados em vidros teluritos, excitados em 800nm., AMADEU B. DE SOUZA, M.T. DE ARAUJO, M.V.D. VERMELHO, Grupo de dispositivos Fotônicos, Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas, Maceió 57072-970, AL, F.C. CASSANJES, S.J.L. RIBEIRO, Instituto de Química, UNESP, Araraquara 14800-900, SP** • O processo de transferência de energia em vidros teluritos de composição  $60Te_2O - 10GeO_2 - 10K_2O - 10Li_2O - 10Nb_2O_5$  dopados com íons de  $Tm^{3+}$  e  $Er^{3+}$  excitado por um laser de Ti:Safira, operando em 800 nm cw é estudado em diversas dopagem. Foi observado que o acréscimo de  $Tm^{3+}$  possibilitou um aumento na intensidade de emissão de conversão ascendente do verde (525 nm), vermelho (660 nm) e infravermelho (980 nm) referente às transições  $^4H_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ ,  $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$  e  $^4I_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ , respectivamente, para o íon de  $Er^{3+}$ . O aumento da concentração dos íons de  $Tm^{3+}$  contribuiu para a redução do tempo de vida do nível  $^4I_{13/2}$  do íon de  $Er^{3+}$  e do nível  $^3H_4$  dos íons de  $Tm^{3+}$ . Foi realizado um estudo da intensidade de fluorescência da banda 1530nm do  $Er^{3+}$ , para conjunto de amostras mantendo a concentração de íons de  $Er^{3+}$  constante no grupo. Foi observado um largura espectral de  $\sim 95$  nm na região de 1535 nm para amostra contendo 0.5/2.5mol% de  $Er^{3+}$  e  $Tm^{3+}$ , respectivamente. A dependência da intensidade de conversão ascendente sobre a intensidade da potência de bombeamento também possibilitou entender as rotas de transferência de energia entre esses íons.

[03/11/05 - P226]

**Heat generation with and without laser operation (at 1064 and 1340 nm) in Nd:YAG, CARLOS JACINTO, TOMAZ CATUNDA, Instituto de Física de São Carlos - USP, DANIEL JAQUE, J. GARCIA SOLÉ, Universidade Autônoma de Madrid - UAM - Spain** • Pump-induced thermal focusing is of primary importance, because of its consequences in beam quality, efficiency, resonator stability, oscillating mode sizes, etc. The availability of diode pumped solid-state lasers brought more attention to thermal lens due to the much localized heat deposition, mainly in high power end-pumped solid-state lasers. The quantitative determination of effective focal length due to thermal effects in end-pumped lasers is dif-

ficult compared to lamp-pumped due to the small size involved and higher sensitivity required. Several different approaches have been used to study Thermal Lens (TL) in end-pumped configuration based on interferometry, output beam parameters, transverse mode beat frequency, and degeneration resonator length. However, most of them are not very convenient, being very indirect or complicated. The dual-beam mode-mismatched TL spectrometry was developed to improve the sensitivity of TL measurements aiming applications in analytical chemistry. It is a very sensitive, accurate and simple method for the determination of TL induced phase-shifts and thermo-optical properties. Recently, it has been successfully applied to the characterization of optical materials such as determination of thermal diffusivity, temperature coefficient of optical path length ( $ds/dT$ ) and fluorescence quantum efficiency ( $\eta$ ).

Several methods have been used to study thermal loading and in  $Nd^{3+}$ :YAG including luminescence integrating sphere, separate lifetime and absorption measurements, photoacoustic spectroscopy, laser calorimetry, interferometric calorimetry, as well as theoretical modeling of luminescence kinetics. The advantage of the photothermal methods, compared to pure optical techniques, is the ability to measure the absolute nonradiative quantum efficiency without recourse of complicated and often inaccurate absolute detector calibration procedures.

In this work, the pump-probe TL spectrometry was used, for the first time to our knowledge, to study heat generation, fluorescence quantum efficiency, and thermal properties of Nd:YAG under laser action at 1064 and 1340 nm, and without laser operation. The results showed that the thermal loading was strongly dependent on laser emission wavelength, being  $>2$  times when operating at 1340nm compared to 1064 nm. Our results indicate that the fluorescence quantum efficiency in Nd:YAG, for low concentration up to 1 at. %, is really over 0.93, showing that no nonradiative "dead-sites" exist, as postulated in literature.

[03/11/05 - P227]

**Amplificação da emissão de luz pelo o complexo de európio [Eu(12-coroa-4)-2Phen]3Cl em solução contendo nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, ANTONIO MARCOS DE BRITO SILVA, Pós-Graduação de Ciências de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco, 50670 Recife, PE, Brasil., MÔNICA FREIRE BELIAN, GILBERTO FERNANDES DE SÁ, ANDRÉ GALEMBECK, SEVERINO ALVES JUNIOR, Departamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brasil., MÁRCIA MARIA DANTAS GOMES DE BRITO, CID BARTOLOMEU DE ARAUJO, GLAUCO SANTOS MACIEL, Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brasil.** • Estudos de espectroscopia em sistemas que apresentam centros espalhadores nanométricos e compostos fluorescentes são encontrados na literatura, como por exemplo, emissão com características de laser (emissão laser-like) observada em soluções contendo corantes orgânicos em cristais fotônicos e nanopartículas dielétricas. A utilização

de íons de terras-raras em estudos de fluorescência tem crescido consideravelmente nestes últimos anos devido ao grande número de aplicações em fotônica como lasers, mostradores ópticos, amplificadores ópticos, chaves ópticas, refrigeradores ópticos, sensores ópticos, etc. Do ponto de vista de engenharia de materiais, podemos citar como uma das estratégias de pesquisa o estudo da otimização da eficiência de fluorescência de complexos metálicos. Um destes estudos envolve a inclusão de estruturas nanométricas metálicas para a obtenção de um aumento na fluorescência. Nanopartículas dielétricas têm sido utilizadas como centros espalhadores para produzir sinergia na absorção e emissão de compostos orgânicos. Um caso bastante interessante mencionado no início deste parágrafo é a emissão com características de laser observada numa solução contendo o corante orgânico rodamina e nanopartículas de rutila. O nosso objetivo é observar o mesmo efeito utilizando o complexo orgânico [Eu(12-coroa-4).2Phen].3Cl como emissor fluorescente. A maior vantagem deste sistema seria, por exemplo, uma maior facilidade de obtenção de inversão de população, característica essencial na eficiência de emissão laser já que o complexo orgânico é utilizado como inibidor de perda energética por decaimento não-radiativo.

[03/11/05 - P228]

**Análise crítica das teorias de propagação de ondas em fibras ópticas com grade difração de Bragg,** MARCELO JORGE NASCIMENTO SOUZA, PETERUS ALCANTARA JR., *Laboratório de Óptica, Departamento de Física, UFPA* • Fibras com grades de difração inscritas têm aplicações em comunicações e sensores. As vantagens dessas fibras em relação a outras tecnologias incluem baixa perda por inserção, baixo ruído por interferência eletromagnética, flexibilidade e baixo custo, razão pela qual muito esforço vem sendo feito com objetivo de determinar características espectrais desejáveis, variando parâmetros físicos previstos teoricamente e controláveis do ponto de vista experimental. Dentre estes parâmetros, são relevantes: a variação do índice de refração, o comprimento da grade, a apodização e, o acoplamento de ondas contrapropagantes ou copropagantes em uma única frequência óptica desejável. Em razão disto, foi realizado um estudo detalhado de duas diferentes abordagens teóricas para o estudo da propagação de ondas em fibras: i) a teoria da perturbação e ii) a teoria de ondas acopladas. Na primeira assume-se que uma onda incidente na grade de Bragg é modificada pela modulação espacial do índice de refração, que atua como uma pequena perturbação senoidal sobre o índice do núcleo da fibra, gerando uma onda difratada pela grade. Na segunda, parte-se da sobreposição de uma onda incidente com uma onda difratada na grade, com a condição de que a onda resultante não seja forte o suficiente para mudar sua amplitude a distâncias maiores do que um comprimento de onda da luz. Observamos que a abordagem de ondas acopladas tem vantagens sobre a teoria perturbativa, pois permite prever as amplitudes das ondas espalhadas (transmitidas ou refletidas) na grade, razão pela qual essa abordagem é largamente empregada nas simulações computacionais de propagação de ondas em fibras ópticas com grade de

Bragg. O presente trabalho é parte de uma cooperação com a Eletronorte (Belém), com apoio do CNPq.

[03/11/05 - P229]

**Dinâmica de íons aprisionados e resfriados em uma cavidade com dissipação,** DAGOBERTO S. FREITAS, *Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana - BA* • Além da possibilidade de estudar sistemas quânticos, íons aprisionados são promissores para a implementação experimental de portas lógicas. No futuro, a partir da implementação de portas lógicas com vários íons, será possível a realização de computadores quânticos como proposto por Cirac e Zoller. O estudo de íons aprisionados interagindo com lasers tem recebido grande atenção nos últimos anos em virtude dos progressos experimentais na geração de estados quânticos nesse sistema e também devido a sua grande potencialidade na implementação de portas lógicas. Neste tipo de experimento, a interação do laser com o íon é satisfatoriamente descrito por um modelo semi-clássico, onde o íon é tratado quanticamente enquanto o laser é descrito de forma clássica. Contudo, uma grande quantidade de fenômenos decorrentes da interação da radiação com a matéria é entendida apenas com o tratamento inteiramente quântico do sistema. Mais recentemente, alguns trabalhos tem tratado o sistema inteiramente quântico, com o íon e o campo quantizados. Nesse sistema o íon aprisionado interage com um campo quantizado em uma cavidade. Trataremos aqui, a dinâmica de íons aprisionados e resfriados interagindo com um modo do campo quantizado dentro de uma cavidade com dissipação. Discutiremos a dinâmica do sistema quando o acoplamento do íon com o campo na cavidade depende da intensidade do movimento do íon na armadilha, nessa dinâmica além dos colapsos e 'revivals', na inversão atômica, efeitos de 'superrevival' são observados. Considerando a dissipação na cavidade observamos que os 'revivals' desaparecem e o átomo permanece em uma superposição de estados excitado e fundamental.

[03/11/05 - P230]

**Desenvolvimento de um Detector de Ressonância de Plasma de Superfície,** MICHELLI J. DA CRUZ SANTANA, FREDERICO GUILHERME DE CARVALHO CUNHA, *Universidade Federal de Sergipe* • O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema óptico capaz de detectar a Ressonância de Plasma de Superfície (SPR). A SPR é uma oscilação que ocorre na interface de dois materiais dielétricos com sinais opostos, sendo um deles um metal (prata e ouro são os mais usados) e o outro um dielétrico (que deve ser um meio óptico denso, como o vidro, por exemplo) quando uma luz polarizada alcança essa interface num determinado ângulo de incidência. Sistemas de SPR são usados como transdutores em sensores, imunossensores e biosensores, também são usados para a determinação de características de superfície e no estudo de interações biomoleculares. O sistema desenvolvido é constituído por um prisma cilíndrico (o meio com maior densidade óptica), um laser (luz polarizada), uma cela (para colocar soluções), um osciloscópio (onde é observado o sinal

captado pelos detectores), um amplificador de sinais (pois os sinais captados nos detectores são extremamente pequenos) e um par de detectores de luz. Um filme fino metálico é colocado sobre o prisma que, por sua vez, é preso a um suporte, a luz do laser incide no prisma, chega até a superfície do filme, em seguida é refletida e captada por um detector, o sinal obtido é amplificado e posto na entrada de um osciloscópio. Foi possível observar a Ressonância de Plasma de Superfície com este sistema, ele apresenta alta sensibilidade à incidência da luz do laser, entretanto, verificou-se que a clareza, a visibilidade e consequentemente, a detecção dos sinais podem ser afetadas pela qualidade dos filmes finos utilizados, além disso, o sistema (por ser muito sensível) pode apresentar ruído devido a algumas interferências externas, mas que é fácil de se verificar quando ocorre.

## Sessões Orais

### AFC - Teoria de Campos e Gravitação

[03/11/05 - 15:30h - Sala 5]

**Critical behaviour of films, wires and grains,** ADOLFO PEDRO MALBOUSSON, *CBPF* • We investigate the critical behaviour of the Euclidean  $\lambda\phi^4$  model in three situations: confined between two parallel planes a distance  $L$  apart from one another, confined to an infinitely long cylinder having a square cross-section of area  $L^2$  and to a cubic box of volume  $L^3$ . Taking the mass term in the form  $m_0^2 = \alpha(T - T_0)$ , we retrieve Ginzburg-Landau models which are supposed to describe samples of a material undergoing a phase transition, respectively in the form of a film, a wire and of a grain, whose bulk transition temperature ( $T_0$ ) is known. We obtain equations for the critical temperature as functions of  $L$  and of  $T_0$ , and determine the limiting sizes sustaining the transition.

[03/11/05 - 16:00h - Sala 5]

**Polarização do Vácuo no Espaço-Tempo de um Monopolo Global com Estrutura,** JEAN PAULO SPINELLY, *Universidade Estadual da Paraíba*, EUGÊNIO RAMOS BEZERRA DE MELLO, *Universidade Federal da Paraíba* • Neste trabalho analisamos os efeitos de polarização do vácuo, de um campo escalar sem massa, no espaço-tempo de um monopolo global com estrutura interna. Especificamente, investigamos o efeito desta estrutura no valor esperado no vácuo do quadrado do operador campo,  $\langle \hat{\Phi}^2(x) \rangle$ , admitindo um acoplamento não-mínimo entre o campo e a geometria:  $\xi \mathcal{R} \hat{\Phi}^2$ . Calculamos também as correções do valor esperado no vácuo do tensor energia-momento,  $\langle \hat{T}_{\mu\nu} \rangle$ , devido a estrutura interna do monopolo. Para desenvolver estas análises, calculamos a função de Green associada com o sistema para pontos na região externa à estrutura. Vimos que, para valores específicos do parâmetro de acoplamento  $\xi$ , as correções causadas pela estrutura interna do monopolo podem produzir contribuições relevantes na polarização do vácuo.

[03/11/05 - 16:15h - Sala 5]

**High-energy gamma-ray emission from micro-quasars,** HUGO R. CHRISTIANSEN, *Departamento de Física, Universidade Estadual do Ceará, UECE Fortaleza - CE*, GUSTAVO E. ROMERO, MARIANA ORELANA, *Instituto Argentino de Radioastronomia (IAR) V. Elisa La Plata, Argentina* • We present a hadronic model for high-energy gamma-ray production in microquasars. Microquasars are galactic binary systems with jets. We consider a system which is formed by a neutron star that accretes matter from the dense and slow equatorial wind of a Be primary star. The present model is based on the interaction of a mildly relativistic jet, with a small content of relativistic hadrons, with the dense equatorial disk of the companion massive star. Gamma-rays are the result of the decay of neutral pions produced in  $pp$  collisions. For a system like LS I +61 303, the predictions are consistent with a peak of gamma-ray flux in the periastron passage, with a secondary maximum at phase  $\psi \sim 4/3\pi$  when the accretion rate has also a local maximum due to the fact that the wind velocity is roughly parallel to the neutron star orbital velocity. This is contrary to what happens with the radio/X-ray outbursts which are triggered and peak after the periastron. Our approach is rather complementary to pure leptonic models since the leptonic contribution might dominate at lower gamma-ray energies and after the periastron passage. We finally take into account the opacity of the ambient photon fields to the propagation of the gamma-rays. The spectral energy distribution thus presents a minimum around 100 GeV due to absorption. The spectral features should be detectable by an instrument like MAGIC through exposures  $\sim 50$  hr, integrated along several periastron passages. Charged pion decay will also lead to neutrino production that will be discussed in another work of the present meeting.

[03/11/05 - 16:30h - Sala 5]

**Análise Algébrica de Transferências Orbitais Contínuas Sujeitas a Desvios Superpostos em Direção "pitch" e "yaw",** ANTÔNIO DELSON CONCEIÇÃO DE JESUS, *Universidade Estadual de Feira de Santana* • Os efeitos de desvios em direção do vetor empuxo de um veículo espacial podem gerar desalinhamentos definitivos numa manobra de transferência orbital, sem manobras de correção. O entendimento de como estes desvios interferem na órbita final é de grande importância para o controle de uma missão sujeita a desvios em "pitch" e "yaw". Neste trabalho, mostramos a relação algébrica existente entre os desvios nestes ângulos e seus efeitos em elementos keplerianos que definem a órbita final do veículo. Esta análise permite o estabelecimento teórico e exato entre os valores médios destas grandezas numa relação de causa e efeito não linear, que prevê os casos de superposição dos efeitos na direção de queima nos propulsores. Além disso, as trajetórias analisadas foram otimizadas com respeito ao consumo de combustível.

[03/11/05 - 16:45h - Sala 5]

**Gravitomagnetismo na Teoria Gravitacional de Brans-Dicke,** ADRIANO BARROS, *Universidade Federal de Roraima*, CARLOS ROMERO, *Universidade Fede-*

*ral da Paraíba* • Lense e Thirring mostraram que, como uma consequência das equações de campo de Einstein, um efeito de arrastamento do sistema inercial local deveria ocorrer nas vizinhanças de corpos em rotação, tais como a Terra; esse efeito não tem paralelo na gravitação Newtoniana. Na aproximação de campo fraco, efeitos da relatividade geral associados com a rotação de corpos podem ser mais bem compreendidos usando-se uma analogia formal com o eletromagnetismo: a idéia básica é que correntes de massa geram um campo chamado de campo gravitomagnético. Em 2004, foi lançado o satélite Gravity Probe B com o objetivo de medir o efeito Lense-Thirring, ou seja, comprovar a existência do gravitomagnetismo. Programas experimentais como esse abrem novas possibilidades de testar-se a relatividade geral contra outras teorias métricas de gravitação, em particular a teoria de Brans-Dicke, a mais simples generalização da teoria de Einstein. Neste trabalho, discutimos o gravitomagnetismo no contexto da teoria de Brans-Dicke, obtendo a equação de movimento de uma partícula em termos dos campos gravitoelétrico e gravitomagnético. Comparamos o resultado com aquele predito pela relatividade geral e mostramos que as duas teorias diferem em relação à força gravitomagnética.

## FUN - Fundamentos da Física e Física Matemática

[03/11/05 - 15:30h - Sala 2]

**Canalizing Kauffman networks: Non-ergodicity and its effect on their critical behavior,** ANDRÉ AUTO MOREIRA, *Universidade Federal do Ceará*, LUÍS A. N. AMARAL, *Northwestern University* • Boolean Networks have been used to study numerous phenomena, including gene regulation, neural networks, social interactions, and biological evolution. Here, we propose a general method for determining the critical behavior of Boolean systems built from arbitrary ensembles of Boolean functions. In particular, we solve the critical condition for systems of units operating according to canalizing functions and present strong numerical evidence that our approach correctly predicts the phase transition from order to chaos in such systems.

[03/11/05 - 15:45h - Sala 2]

**Classifying the general family of point interactions in 1D: a scattering approach,** F. ZANNETTI, J. KUHN, G. J. DELBEN, B. K. CHENG, M. G. E. DA LUZ, *Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná* • Point interactions form a general family of potentials, which generalizes the usual  $\delta$  function and are characterized by a set of four parameters. They find applications in many different problems in Physics and Mathematics. In the present contribution we make a complete classification of those potentials. We write down explicitly exact formulas for their Green functions and propagators. We also perform a study, interpreting the physical meaning of the potentials parameters in terms of their actions in scattering off wave packets.

[03/11/05 - 16:00h - Sala 2]

**Aplicação de álgebras bidimensionais ao Método**

**do Espalhamento Inverso em equações de sólitons.,** GILDEMAR CARNEIRO DOS SANTOS, , BALBINO JOSÉ DA SILVA POMPONET FILHO, *UFBA - Ba - Brasil* • O Método do Espalhamento Inverso é a melhor ferramenta disponível para se encontrar soluções analíticas de equações parciais não lineares que possuem solução tipo sóliton. Na verdade deveríamos falar de Métodos de Espalhamento Inverso, pois há mais de um, dos quais se destacam o AKNS, desenvolvido por Ablowitz, Kaup, Newell e Segur e o ZS, iniciais dos nomes de seus autores, Zakharov e Shabat. No AKNS a variável dependente na equação de sóliton é tratada como um potencial localizado na equação de Sturm-Liouville, que pode ser interpretada como uma equação de Schrödinger independente do tempo. Outra equação que determina a dependência temporal da função de onda é requerida, e determina-se assintoticamente os dados de espalhamento. A partir desses dados, usando a equação de Gelfand-Levitan-Marchenko, chega-se à forma do potencial, que é a solução procurada. No método de ZS, os dados de espalhamento são dispensados. Em seu lugar, dois operadores, chamados “dressed e undressed operators” são definidos juntamente com operadores integrais, de tal modo que obtém-se também uma equação de Gelfand-Levitan-Marchenko, que conduz à solução. As álgebras bidimensionais, das quais os números complexos são um bom exemplo, permitem que duas variáveis sejam compactadas em uma única, simplificando cálculos e ampliando possibilidades. O método de resolução de equações diferenciais não lineares através de álgebras bidimensionais tem se mostrado eficaz, e estamos estendendo a sua aplicação ao Espalhamento Inverso. Como exemplo, utilizaremos a equação Não Linear de Schrödinger e o esquema ZS. Essa equação, por ser complexa, representa um sistema de duas variáveis mas, com as álgebras bidimensionais, amplia-se para um sistema de quatro variáveis. Como todo o processo de integrais e derivadas usados no método de espalhamento inverso se aplica às álgebras bidimensionais, concluímos que o uso de álgebras bidimensionais é factível no âmbito do espalhamento inverso.

[03/11/05 - 16:15h - Sala 2]

**Gases de elétrons bidimensionais com extensões Auto-adjuntas do Hamiltoniano,** CLEVERSON FILGUEIRAS, *Depto de Física-Univ.fed.de Pernambuco*, FERNANDO J.S.MORAES, *Depto de Física-Univ.Fed.da Paraíba* • Em 1879, Edwin Hall observou que se uma placa fina de ouro for colocada num campo magnético perpendicular à sua superfície, uma corrente que flui ao longo da placa causa uma diferença de potencial em uma direção perpendicular ao campo magnético e à corrente. Este é o chamado efeito Hall. Ele pode ser usado para determinar a densidade dos portadores de carga em condutores e semicondutores. A baixas temperaturas o efeito Hall muda de caráter. Em 1980, o físico Klaus Von Klitzing descobriu que neste caso a resistência Hall é quantizada. Nos valores quantizados da resistência Hall, a resistência ôhmica desaparece e o material se torna uma espécie de supercondutor. Entender o efeito Hall quântico é importante para o estudo de gases de elétrons bidimensionais(2DEGs).

Com o interesse em estudar efeitos de curvatura em sistemas quânticos, nos deparamos com um experimento no qual se estudou um 2EDGs numa superfície cilíndrica. Os próprios autores destacaram que a descrição teórica apresentada por eles não era capaz de reproduzir os fortes desvios do efeito Hall comum. Além dos platôs que são esperados para a resistência Hall versus campo magnético, surgem picos para alto campo magnético ou para baixos "gate" de voltagem. A aproximação considerada foi a introdução de coordenadas locais em torno de uma posição mínima. Nos motivamos, então, a buscar uma solução exata para o problema. Mais do que isso, queríamos levar em conta o efeito de curvatura bem como as extensões auto-adjuntas do hamiltoniano. Com o espectro mais rico, podemos plotar a resistência Hall versus campo magnético e verificar se os desvios são obtidos, ou se devemos levar em conta mais ingredientes, como o fato de a amostra apresentar contatos. Vimos que a equação de autovalores pode ser colocada, mediante transformação de coordenadas, na forma da equação diferencial de Witteraker-Hill. Um conjunto de soluções exatas pode ser apresentado, e nem todas as soluções satisfazem às mesmas condições de contorno. Se não fosse o fato de o problema ter extensões auto-adjuntas, iríamos aceitar somente como estados permitidos aqueles que satisfazem as condições de contorno usuais. Contudo, todas são fisicamente aceitáveis e é o experimento quem vai dizer quais são os estados que realmente aparecem.

[03/11/05 - 16:30h - Sala 2]

**AN ADDITIONAL CONSTANT OF MOTION IN RELATIVISTIC QUANTUM MECHANICS,** RAFAEL DE LIMA RODRIGUES, *UFCEG-Cajazeiras*, ARVIND NARAYAN VAIDYA, *UFRJ* •

The scalar potential is added to the mass term in the Dirac equation and may be interpreted as an effective position dependent mass. If the scalar potential is assumed to be created by the exchange of massless scalar mesons, it has the form  $V_s = -\frac{A_2}{r}$ . The Dirac equation for such of a generalized hydrogen atom is exactly soluble and can be found via separation of variables in some book on quantum mechanics and in literature, and also the use by the dynamical algebra  $SO(2,1)$  and supersymmetric quantum mechanics has been used in an elegant manner by authors of this work. Also, in a recent paper Vaidya-Eduardo have obtained the solution of the scattering problem for this potential by an analytic method and also by an algebraic method. In this work, we show that for the Hamiltonian of a spin  $\frac{1}{2}$  relativistic particle described by a general potential in terms of the sum of the Coulomb potential with a Lorentz scalar potential there is an additional constant of motion  $A$  given by

$$MA = \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}(A_1M + A_2H) - iK\rho_1(H - \rho_3M)$$

which in the  $A_2 = 0$  case coincides with the Johnson-Lippman operator upto a multiplicative constant. The operator  $A$  is hermitian. It commutes with  $H$  and  $\mathbf{J}$ , however it anticommutes with the Dirac operator and parity operator. It is easy to see that one may choose an alternative set of mutually commuting operators  $H, J^2, J_3, A$  with eigenvectors  $|E, j, m, \kappa >$

$\pm|E, j, m, -\kappa >$ . Thus the degeneracy of an energy level is  $2j + 1$  when  $a$  is zero and otherwise  $2(2j + 1)$ .

[03/11/05 - 16:45h - Sala 2]

**Alguns efeitos quânticos produzidos por cordas cósmicas,** GEUSA DE A. MARQUES, *UFCEG-PB-Brasil*, V. B. BEZERRA, *UFPB-PB-Brasil* • Investigamos o comportamento de partículas quânticas não-relativísticas que interagem com diferentes potenciais, a saber, os potenciais de Kratzer, Morse e delta, colocadas no espaço-tempo produzido por uma corda cósmica. Resolvemos a equação de Schrödinger em cada um dos casos considerados e determinamos os níveis de energia. Os resultados obtidos são comparados com os correspondentes no espaço-tempo de Minkowski.

## MAT - Novos Materiais

[03/11/05 - 15:30h - Sala 3]

**Nanomotores reversíveis: controlando o movimento de vórtices em supercondutores,** CLÉCIO C. DE SOUZA SILVA, J. VAN DE VONDEL, V.V. MOSHCHALOV, *Nanoscale Superconductivity and Magnetism Group, KULeuven, Leuven, Belgium* • O controle do movimento de objetos no nível micro ou nanoscópico vem constituindo um dos grandes desafios da ciência neste início de século. Um sistema que constitui um paradigma na solução deste problema é a chamada catraca browniana, que utiliza a assimetria de um potencial periódico para retificar flutuações de não equilíbrio (como por exemplo uma mistura de ruído térmico e uma excitação alternada), ou seja, a catraca funciona como um motor que converte uma força de média temporal zero em movimento unidirecional, ao longo do sentido "fácil" da catraca. Neste trabalho, mostramos que é possível controlar a direção do movimento de partículas interagentes em um potencial tipo catraca, ou seja, as partículas podem assumir um movimento médio na direção fácil ou na direção difícil, dependendo da energia de interação e da densidade de partículas. Assim, o sistema funciona como uma bomba hidráulica que reverte o fluxo de acordo com a densidade do fluido, sem a necessidade de inverter o sentido de rotação do motor. Demonstramos este efeito experimentalmente para um sistema de vórtices em um filme supercondutor nanoestruturado, onde uma rede de armadilhas assimétricas gera um potencial periódico assimétrico para os vórtices. Nossos dados demonstram retificação do movimento dos vórtices, que foram excitados por uma corrente alternada, e que a direção do movimento dos vórtices é reversível de acordo com a densidade de vórtices e a temperatura do filme.

[03/11/05 - 16:00h - Sala 3]

**Bose Glass and Two Step Melting in a 3D Vortex System in Anisotropic Superconductors,** LEONARDO P. VIANA, *Laboratório de Métodos Numéricos e Simulação Computacional, Departamento de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL*, ERNESTO P. RAPOSO, MAURÍCIO D. COUTINHO-FILHO, *Laboratório de Física Teórica e Computacional, Departamento de Física, Universidade*

*Federal de Pernambuco, Recife, PE* • Columnar defects in high-temperature superconductors have been object of recent intense experimental and theoretical investigations. We report the observation of a melting in two steps in a 3D vortex line system in a sample with randomly-placed columnar defects. We performed a Monte Carlo simulation using the Lawrence-Doniach model, with  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  parameters, in a magnetic field applied perpendicular to the  $\text{CuO}_2$  planes and parallel to the columnar defects. We observed that the Bose glass phase occurs at low temperatures. As the temperature increases, the low-temperature Bose glass melts through two steps: first it loses its depins to a distorted Abrikosov lattice, in such a way that the vortex matter is ordered with the temperature increment; further increment in the temperature causes the fusion of this distorted lattice. We discuss the possibility of coexistence of an interstitial unpinned vortex liquid with the pinned Bose glass, similar to the intermediate superfluid state predicted by Lopatin and Vinokur.

[03/11/05 - 16:15h - Sala 3]

**Strain-induced quantum interference effects on the resonant Raman cross section of carbon nanotubes,** ANTONIO GOMES SOUZA FILHO, JOSUÉ MENDES FILHO, UFC, J. JIANG, R. SAITO, *Tohoku University - Japan*, S. CRONIN, *Harvard University - USA*, M. S. DRESSELHAUS, *MIT - USA* • In this work we report the effects of strain on the electronic properties of single wall carbon nanotubes and its consequence on the resonant Raman cross section. A quantum interference effect has been predicted for the radial breathing mode spectra for metallic tubes. For metallic tubes, the lower and upper components of  $E_{ii}$  resulting from the trigonal warping effect are affected differently and for low chiral angle they cross for some strain value. Near (at) the crossing point, the resonant Raman spectra profile exhibits a maximum (minimum) value due to a quantum interference effect in the Raman cross section. This Raman cross section interference effect was observed in Raman experiments carried out on isolated single wall carbon nanotubes. The Raman experiment performed on an isolated strained metallic single wall carbon nanotube supports our modeling predictions.

[03/11/05 - 16:30h - Sala 3]

**Propriedades Ópticas de Nanocristais CdSe Deformados Elipsoidalmente,** W. S. FERREIRA, J. S. DE SOUSA, V. N. FREIRE, G. A. FARIAS, J. A. K. FREIRE, *UFC - Fortaleza - Brasil* • O controle da forma geométrica de nanocristais CdSe vem a cada dia favorecendo não só a possibilidade de criação de novos dispositivos optoeletrônicos como também avanços na área biomédica [1,2]. O grau de esfericidade dos nanocristais CdSe fornece um parâmetro de controle sobre absorção e emissão de diferentes cores através de reações químicas. Os efeitos de confinamento nos pontos quânticos elipsoidais são investigados focando-se o papel da não esfericidade sobre as propriedades ópticas de absorção intra e interbanda do sistema [3]. Em pontos quânticos elipsoidais, os processos ópticos dependem significativamente da polarização da radiação, em contraste com os pro-

cessos não polarizados presentes nos pontos esféricos [4]. Observamos que deformações elipsoidais modificam fortemente o espectro de energia dos pontos. Uma forte anisotropia é detectada em relação à aplicação de campos externos, conseqüentemente afetando os espectros de absorção. A influência do campo magnético também foi estudada. Contudo, este não induz mudanças consideráveis sobre as propriedades óticas dos nanocristais. Numa próxima etapa do trabalho, pretendemos investigar a luminescência e o efeito da polarização da luz dos pontos quânticos.

[1] D. G. Austing, S. Tarucha *et al*, *Phys. Rev. B* 60, 11514 (1999).

[2] X. Brokmann, E. Giacobino *et al*, *Appl. Phys. Lett.* 85, 712 (2004).

[3] G. Cantele, G. Piancente and G. Iadonisi, *Phys. Rev. B* 66, 113308 (2002).

[4] G. Cantele, D. Ninno and G. Iadonisi, *Phys. Rev. B* 64, 125325 (2001).

[03/11/05 - 16:45h - Sala 3]

**The LiFePO<sub>4</sub> delithiation model,** V. LEMOS, S. GUERINI, J. MENDES FILHO, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, S.M. LALA, L.A. MONTORO, J.M. ROSOLEN, *Departamento de Química, USP-RP* • LiFePO<sub>4</sub> was considered for Li-battery applications in the past for its advantages over other oxides due to its being inexpensive and environment-friendly. Its effective use, however, was hindered because of a poor electronic conductivity. Recently, it was found that, by doping this oxide with a metal supervalent to  $\text{Li}^+$  produces one enhancement in the electronic conductivity by eight orders of magnitude.[1] As a consequence the performance of the battery charging can be severely increased. This fact makes the metal doped LiFePO<sub>4</sub> a most promising candidate for lower-power rechargeable lithium battery. The high conductivity is not well understood, arguments explaining it are controversial. There is a common belief, however, that the departure from stoichiometry is required, such as in the lithium extraction process. Here, Raman and infrared absorption measurements were performed for  $\text{Li}_x\text{FePO}_4$  and  $\text{Li}_x\text{M}_{0.03}\text{Fe}_{0.97}\text{PO}_4$ ,  $\text{M} = \text{Cr, Cu, Al, Ti}$ , with  $x$  values close to the end limits and for  $x = 0.11$ . The results show, in the case of  $\text{Li}_{0.11}\text{FePO}_4$ , that the spectrum is not just the superposition of the end member spectra. In addition, a wide band feature appears in both, Raman and Infrared absorption, signaling the presence of structural disorder. This fact points to the existence of an additional phase in the two crystalline-phase mixture bringing new light to the currently adopted two-phase model for lithium extraction in LiFePO<sub>4</sub>.

[1] S. Shi, L. Liu, C. Ouyang, D.-S. Wang, Z. Wang, L. Chen, and X. Huang, *Phys. Rev. B* 68, 195108 (2003); S.-Y. Chung, J. Bloking, and Y.-M. Chiang, *Nat. Mater.* 2, 123 (2002); M. Thackeray, *Nat. Mater.* 1, 81 (2002).

**MAT/EST - Fluidos Complexos**

[03/11/05 - 15:30h - Sala 1]

**A Física da Matéria Frágil: uma Abordagem Unificada para Polímeros, Sistemas Anfílicos e Colóides,** CELSO P. DE MELO, *Departamento de Física - Universidade Federal de Pernambuco - Brasil* •

Os diferentes exemplos de sistemas complexos que constituem o extremamente rico universo da física da matéria condensada frágil (ou “matéria mole”) podem ser entendidos como pontos especiais em um diagrama de fases que tenha por vértices as características fundamentais identificadas no comportamento de sistemas poliméricos, anfílicos ou coloidais. Nesta apresentação, que será baseada na análise de exemplos de problemas investigados em nosso laboratório, ênfase será dada ao fato de que a diversidade de arranjos estruturais alcançados por materiais como polímeros flexíveis, copolímeros em bloco, proteínas, polímeros semiflexíveis, surfactantes, colóides em forma de bastão, etc, podem ser compreendidos como resultantes de um particular balanço entre as interações dominantes em polímeros, sistemas anfílicos e colóides, considerados como os três variantes fundamentais da matéria não cristalina. A disposição estrutural assumida é consequência de um efeito de auto-organização sugestivo da manifestação de princípios subjacentes mais gerais que operem na escala mesoscópica, aquela intermediária entre as dimensões atômicas e macroscópicas, e o melhor entendimento da maneira como ocorrem esses processos de organização poderá ter profundas implicações não apenas para as ciências físicas, como também para a biologia. Exemplos de problemas envolvendo as propriedades especiais de polímeros condutores e as características dos filmes orgânicos finos, preparados por técnicas como Langmuir-Blodgett e de automontagem serão analisados em detalhes, com destaque para o fato de que nessas estruturas supermoleculares, em que ao menos uma das dimensões é de escala nanométrica, são as ligações não-covalentes, tais como pontes de hidrogênio, atrações polares, forças de van der Waals e interações hidrofílicas-hidrofóbicas, aquelas responsáveis pela organização e manutenção da ordem estrutural.

[03/11/05 - 16:00h - Sala 1]

**A microscopic mean-field model of free-standing smectic-A films,** LEONID MIRANTSEV, *Academia de Ciências da Rússia* •

The talk is devoted to a simple mean-field model of free-standing smectic-A films (FSSAFs) and its application to description of their equilibrium properties and thermal fluctuations in these films. In particular, it is shown that the model describes essential features of layer-thinning transitions in FSSAFs upon their heating above the bulk smectic-A-isotropic (SmA-I) or smectic-A-nematic (SmA-N) transition temperature. It is also shown that the model allows to take into account an effect of a nonuniform structure of the film on smectic layer displacement fluctuation profiles.

[03/11/05 - 16:30h - Sala 1]

**Temperature dependence of Casimir-like force in free-standing smectic films,** ITALO N. DE OLIVEIRA,

MARCELO L. LYRA, *Departamento de Física - Universidade Federal de Alagoas*, LEONID V. MIRANTSEV, *Institute of the Problems of Mechanical Engineering - Aca-*

*demy of Sciences of Russia* • A unique property of smectic liquid crystals is the ability to form free-standing films (FSSF's) which can be considered as a stack of smectic layers confined by surrounding gas. The combination of the surface-induced ordering and finite-size effects in FSSFs gives rise to the appearance of phenomena that are not observed in bulk liquid crystal (LC) samples. These phenomena are the existence of smectic films at high temperatures as compared with bulk samples, surface-enhanced ordering and layer-thinning transitions. Due to their unusual properties, FSSF's are objects of intensive experimental and theoretical investigations. Thermal fluctuations in FSSF's with slowly decaying (power-law) correlations produce a fluctuation-induced long-range interaction between the film surfaces. Usually, this thermal Casimir-like force has a longer range than the van der Waals interaction and, as such, it is expected to play a relevant role in governing the behavior of FSSF's. In particular, the Casimir-like smectic force is predicted to be predominant over the van der Waals interaction in phenomena on which the smectic fluctuations profile is nonuniform, such as wetting and layer thinning transitions. On the other hand, in cases where the fluctuation profile is uniform, such as in layer-by-layer freezing, the Casimir-like force has a faster decay than the van der Waals interaction. In this work, the thermal Casimir-like force in liquid crystal films close to the smectic-A-nematic transition temperature is computed using a quadratic functional approach. Within a layered mean field model, the temperature dependence of the order parameter profiles is obtained and used to estimate the elastic couplings variability in the vicinity of first and second order smectic-A-nematic phase transitions. The strong non-uniformity of the coupling constant profiles promotes a significant increasing of the fluctuation-induced force over three orders of magnitude, specially in thin films. This result reinforces the predominance of the thermal Casimir force as compared to the standard van der Waals interaction in thin liquid crystal films.

[03/11/05 - 16:45h - Sala 1]

**Stretching of a confined ferrofluid: influence of viscous stresses and magnetic field,** RAFAEL M. OLIVEIRA, JOSÉ A. MIRANDA, *DF-UFPE*

• When a viscous fluid is displaced by a less viscous one in the narrow gap between two parallel, flat glass plates (an apparatus commonly known as Hele-Shaw cell), the traditional Saffman-Taylor instability arises. Such a famous hydrodynamic instability leads to the formation of visually striking interfacial patterns, referred to as “viscous fingers”. Here we consider a variant of this problem, the flow of a ferrofluid (magnetic fluid) droplet in a Hele-Shaw cell with time-dependent gap spacing under the action of an external magnetic field. When surface tension and applied magnetic field are zero, interfacial singularities develop and the droplet breaks. The action of an azimuthal magnetic field, plus the inclusion of stresses originated from normal velocity gradients conspire to inhibit this singular behavior. Interfacial instabilities are also suppressed when surface tension is non-vanishing. We perform a linear and weakly nonlinear analysis of the sys-

tem, and study in detail the interplay between these two stabilizing mechanisms in both zero and non-zero surface tension flows.

## OTI - Ótica Não-linear

[03/11/05 - 15:30h - Sala 4]

**Energy transfer upconversion parameter determination by Z-scan technique,** D. N. MESSIAS, T. CATUNDA, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP, Brazil, A. A. ANDRADE, Laboratório de Ciências Físicas, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF • Energy Transfer Upconversion (ETU) is a known mechanism responsible by heating in laser crystals under high intensity pump conditions [1]. This deleterious pump effect enhances thermal lensing and decreases the population inversion, thus limiting the performance of lasers. A procedure to obtain the ETU parameter,  $\gamma$ , by using the Z-scan technique is presented. Firstly, it was calculated an

increasing in the saturation intensity,  $I_S$ , accordingly to  $I_{S\beta} = I_S(1 + \beta/2)$ , where  $\beta$  is an adimensional parameter related to the ETU strength. A first low intensity Z-scan measurement was performed, to avoid saturation, whence was obtained the nonlinear refractive index, polarizability difference and absorption cross-section difference between excited and ground state. The ETU parameter could be found from the open aperture transmittance variation, for excitation in 808 nm and 590 nm, respectively. The effect of upconversion on the nonlinear refraction was treated numerically through the diffraction integral. To take this into account (over the closed aperture), it was necessary to obtain the induced phase variation,  $\Delta\phi$ , in the beam crossing the sample. However,  $\Delta\phi \propto N_{ex}$  where  $N_{ex}$  is the excited state population, which was calculated through rate equation. Therefore, performing the diffraction integral the theoretical result could be compared with the experimental one, and a good agreement was found. Also, the transient behavior was analyzed and the found results agree well with the previous ones.

- [1] S. Guy, C. L. Bonner, D. P. Shepherd, D. C. Hanna, A. C. Trooper and B. Ferrand, IEEE J. Quant. Elect., **34**,900 (1998)

[03/11/05 - 15:45h - Sala 4]

**INDUÇÃO TERMO/ELETRICA DE NÃO LINEARIDADE DE SEGUNDA ORDEM ESTÁVEL EM VIDROS SODALIME,** A. L. MOURA, M. T. DE ARAUJO, M. V. D. VERMELHO, Grupo de Dispositivos Fotônicos, Universidade Federal de Alagoas - Maceió, 57072/970, AL • Desde a primeira observação de não linearidade de segunda ordem induzida ( $\chi_{ind}^2$ ) em sílica pelo processo de indução termo/elétrica (*poling*), tem-se buscado a sua caracterização e otimização devido a aplicabilidade no desenvolvimento de dispositivos fotônicos integrados. A quebra da simetria de inversão macroscópica apresentada nesses vidros, e consequentemente a indução de  $\chi_{ind}^2$ , é devido a formação de um campo elétrico constante no interior das amostras ( $E_{DC}$ ) por meio da condução iônica no vidro durante o *poling*. Sua eficiência e estabilidade é fortemente dependente da composição da matriz vítrea. Sódio e Cálcio são os principais contribuintes para a formação dessa não linearidade. Apesar dos vidros *sodalime* terem grandes concentrações desses íons,  $\chi_{ind}^2$  apresenta um decaimento rápido. Nesse trabalho, investigamos a estabilidade de  $\chi_{ind}^2$  nesses vidros através da observação e controle da corrente iônica induzida. Mostramos que a intensidade desta corrente permite controlar a estabilidade da não linearidade induzida. Os resultados corroboram os da teoria de condução iônica com vários portadores desenvolvida para vidros com baixas concentrações de impurezas, onde a formação controlada de  $E_{DC}$  permite o surgimento de reações químicas as quais determinam a estabilidade de  $\chi_{ind}^2$ . Enquanto a literatura mostra um decaimento foto-estimulado da geração de segundo

harmônico em apenas alguns minutos, em nossas amostras foram observados crescimentos. A estabilidade desse processo foi determinada com coeficiente não linear  $d_{33}$  da ordem de 0.40 pm/V 20 dias após o *poling*. Estes valores mantêm-se estáveis durante os últimos 5 meses. Mostramos também que o limiar de tensão elétrica para a indução de  $\chi_{ind}^2$  estável é acima de  $\sim 460V$  em amostras com 1mm de espessura. Além disso, este procedimento permite mostrar a contribuição da orientação de dipolos e do deslocamento iônico na formação de  $E_{DC}$ , assim como estender os parâmetros de *poling*, como a temperatura e tensão elétrica aplicada, para valores acima dos reportados na literatura, sem romper a rigidez dielétrica das amostras, aumentando assim a eficiência da não linearidade de segunda ordem induzida.

[03/11/05 - 16:00h - Sala 4]

**Multiwave Mixing induced Pulse Train Generation and Wavelength Conversion.,** JOÃO F. L. FREITAS, CHRISTIANO J. S. DE MATOS, ANDERSON S. L. GOMES, Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco. • In optical communications systems four-wave mixing effects (FWM) in fibre have been used for several applications, such as, parametric amplification, wavelength conversion, and pulses train generation with high repetition rate ( $\geq 40GHz$ ). More specifically, for the last application is crucial for time-division multiplexing in optical communications systems. We can use the FWM cascades (multiwave-mixing) in highly nonlinear fibre (HNLF) operated in the anomalous dispersion region of the medium for pulse compression, as demonstrated recently. Two spectrally-detuned cw waves were inserted into the fibre and multiple four-wave mixing processes generated a frequency comb (with the original frequency detuning) that had a train of short pulses associated with it. This simple technique can generate pulse trains with tuneable



frequencies up to hundreds of gigahertz. Also highly desirable is that pulse train sources present spectral flexibility so that they are suitable for wavelength-division multiplexing. Here, we demonstrate a scheme that adds spectral flexibility to the multiwave-mixing based pulse generation technique. By inserting three cw waves with a non-uniform wavelength spacing into a HNLFF multiwave mixing generates a spectral comb and converts it to other wavelengths. We observe pulses corresponding to the wavelength-converted combs with durations of 0.5 and 1.0ps, depending on the wavelengths of the original waves. Numerical solutions, using of the Split-Step Fourier approach, was applied to the nonlinear Schrödinger equation (ENLS) to confirmed the experimental result.

[03/11/05 - 16:15h - Sala 4]

**Diode Pumped S-band Wavelength Conversion Based on Cascaded Second-Order Nonlinearities in Periodically Poled Lithium Niobate Waveguides,** RENATO B. SILVA, MICHAEL L. SUNDHEIMER, *Universidade Federal Rural de Pernambuco*, ANDERSON S. L. GOMES, *Universidade Federal de Pernambuco* • The inevitable expansion in demand for telecommunications services is driving the recent research in all-optical wavelength converters for use in ultra-high capacity systems. One of the most promising technologies for all-optical wavelength conversion is difference-frequency generation (DFG) in second-order nonlinear materials such as periodically-poled lithium niobate (PPLN) [1, 2]. In this paper we report wavelength conversion via cascaded second-harmonic generation (SHG) and DFG in PPLN waveguides using an S-band diode pump laser at 1480 nm. The novelty of the result, in addition to being in the S-band, is the direct use of a high-power diode pump laser, as opposed to an EDFA-amplified diode laser pump, as is usually done in the C-band [1, 2]. Experiments were performed on a commercial (HC Photonics) PPLN APE waveguide chip containing several grating periods and guides appropriate for second-harmonic generation of an S-band pump. The chip is 33.2 mm long, with a 30.0 mm QPM grating section. The ends are AR coated for 1480 nm. Measurements show losses less than 0.5 dB/cm. The pump was a high-power 1480 nm diode with output power up to 350 mW. The signals were DFB or tunable ECL laser diodes coupled with the pump via a 1480/1550 fused fiber coupler. The guide output was collected with a microscope objective and measured with an optical spectrum analyzer or power meter. All DFG measurements were made at the optimum temperature of 34° C, where the measured SHG conversion efficiency was 14 %/W-cm<sup>2</sup>, resulting in - 15 dB internal signal conversion efficiency. We attribute the low value with the resistor to poor temperature uniformity along the guide, and possible photorefractive effects at this low temperature. The conversion efficiency was linear in signal power over the available 20 dB dynamic range, limited by the low converted powers and the noise floor of our system. The large scatter is due to variations in temperature from one experiment to the next. It should be possible to greatly improve efficiency with better temperature control

and operation at elevated temperatures to avoid photorefractive effects. Using a temperature-controlled oven, the SHG conversion efficiency of 49%/W-cm<sup>2</sup> was measured at 43.8° C, indicating that much better performance is possible. Our results show that direct diode-pumped PPLN wavelength converters may be practical devices in high-capacity telecommunications systems. [1] M. H. Chou, et al, *Photon. Technol. Lett.* 11, 653-655 (1999). [2] G. Schreiber, et al, *Appl. Phys. B* 73, 501-504 (2001).

[03/11/05 - 16:30h - Sala 4]

**Armazenamento e distribuição de pulsos ópticos com conversão em múltiplos comprimentos de onda,** W. C. R. NASCIMENTO, D. P. CAETANO, J. M. HICKMANN, *Universidade Federal de Alagoas* • Muitas das técnicas utilizadas para conversão de comprimentos de onda da luz e chaveamento totalmente óptico utilizam processos de mistura de ondas. Entre estes processos podemos citar mistura de quatro ondas, geração de diferença de frequências, bem como efeitos durante a propagação não linear de pulsos mediada por modulação de fase cruzada. Estas técnicas são importantes para sistemas de roteamento óptico com discriminação por comprimento de onda e armazenagem de dados, utilizados em redes de comunicação por via óptica [1].

Neste trabalho, demonstramos numericamente uma técnica alternativa para armazenar e distribuir pulsos ópticos [2]. Esta técnica ainda apresenta a vantagem de permitir distribuir os pulsos de entrada em mais de um comprimento de onda e de forma controlada. A idéia é baseada no efeito da transparência eletromagneticamente induzida (TEI) [3]. Na TEI temos dois campos ópticos, denominados bombeamento e sonda, interagindo de forma ressonante com um sistema atômico de três níveis em uma configuração tipo  $\Lambda$ . O meio torna-se transparente para o campo sonda na presença do campo de bombeamento devido a uma interferência quântica.

Generalizamos o modelo da TEI para seis campos interagindo de forma ressonante com um sistema atômico de seis níveis em uma configuração triplo- $\Lambda$ . Resolvemos numericamente as equações de Maxwell-Bloch resultantes. Nossos resultados mostram que é possível armazenar um pulso óptico associado a uma das transições atômicas e distribuí-lo tanto no mesmo comprimento de onda quanto em vários outros comprimentos de onda. Estes resultados são obtidos manipulando apenas os campos de bombeamento, denominados campos de controle. Este efeito é possível devido à transferência da energia do pulso inicial para uma excitação atômica entre os níveis de mais baixa energia e a possibilidade de extrair esta energia armazenada na forma de pulsos de luz [4].

[1] S. L. Danielsen, P. B. Hasen, and K. E. Stubkjaer, *J. Lightwave Technol.* 16, 2095 (1998).

[2] W. C. R. Nascimento, D. P. Caetano, and J. M. Hickmann, *European Quantum Electronics Conference* (2005).

[3] S. E. Harris, *Phys. Today* 50, 36 (1997).

[4] M. Fleischhauer and M. D. Lukin, *Phys. Rev. Lett.* 84, 5094 (2000).

[03/11/05 - 16:45h - Sala 4]

### Remoção da varredura de frequência em sólitons ópticos através de efeitos de propagação coerente,

D. P. CAETANO, J. M. HICKMANN, *Universidade Federal de Alagoas* • A propagação de pulsos de luz em meios não lineares dispersivos na presença de dopantes permite o estudo de efeitos coerentes no regime de propagação não linear, onde o dopante é modelado por um sistema atômico multi-níveis. Utilizando a equação não linear de Schrödinger (ENLS) em conjunto com as equações de Bloch, podemos descrever a propagação de pulsos ópticos e a dinâmica do sistema atômico. De particular interesse é o estudo de sólitons ópticos em tais sistemas, em especial os chamados sólitons da equação não linear de Schrödinger e de transparência auto-induzida (sólitons NLS-TAI) [1], que são soluções estáveis da propagação de pulsos em meios não lineares dispersivos dopados com átomos, estes últimos sendo modelados como sistemas de dois níveis. Um efeito interessante observado na propagação coerente é o processo de conversão de frequência de sólitons, também conhecido como clonagem de sólitons. Este efeito foi originalmente demonstrado para sólitons TAI [2] e depois estendendo para sólitons NLS-TAI [3].

Por outro lado, se utilizamos campos eletromagnéticos intensos, uma automodulação de fase acompanha a propagação do pulso, gerando uma varredura de frequências no pulso. Este fenômeno impõe limitações em sistemas de comunicação por via óptica e pode comprometer a estabilidade de sólitons ópticos. Neste trabalho, investigamos a propagação coerente de sólitons NLS-TAI com varredura de frequência. Supomos que esta propagação acontece em uma fibra óptica dopada com um sistema atômico de três-níveis excitado coerentemente, na presença de uma pequena semente. Considerando os efeitos de automodulação de fase, dispersão da velocidade de grupo, modulação de fase cruzada e transparência auto-induzida, demonstramos teórica e numericamente que a varredura de frequência inicial não é transferida para o pulso semente, após o processo de conversão de frequência [4]. Nossos resultados mostram que é possível remover a varredura de frequência de sólitons ópticos através do processo de conversão de frequência, o que pode ter aplicações em sistemas de comunicação por via óptica.

[1] A. I. Maimistov and E. A. Manykin, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **85**, 1177 (1983); M. Nakazawa *et al.*, *Phys. Rev. A* **44**, 5973 (1991); D. P. Caetano *et al.*, *Phys. Rev. E* **67**, 046615 (2003).

[2] G. Vemuri *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 3889 (1997).

[3] D. P. Caetano *et al.*, *Phys. Rev. E* **65**, 036617 (2002).

[4] D. P. Caetano and J. M. Hickmann, *Nonlinear Optics: Materials, Fundamentals and Applications* (2004).

## Palestra Plenária

### Palestra Plenária

[03/11/05 - 17:30h - Sala 1]

### Campo magnético e Vida: o caso das bactérias magnetotáticas,

HENRIQUE G.P. LINS E BARROS, *CBPF/RJ* • O estudo da interação do campo geomagnético com o ser vivo tem nas bactérias magnetotáticas o seu exemplo mais claro. Estas bactérias interagem com o campo terrestre, se orientam e nadam de forma a migrarem para regiões mais propícias para a sobrevivência do organismo. Estas bactérias produzem nanocristais magnéticos de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ou greigita ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) no interior do citoplasma que produzem um momento magnético celular que possibilita a orientação da célula na presença de um campo magnético. O mecanismo de produção destes cristais ainda é pouco conhecido, mas certamente há um controle genético e a participação de enzimas especializadas. Pesquisas realizadas no Brasil mostraram recentemente que entre as bactérias magnetotáticas encontradas existe um organismo multicelular procarioto altamente organizado. Este é o primeiro exemplo de multicelularidade em bactérias. A magnetotaxia é um mecanismo de orientação eficiente e que é encontrado em bactérias coletadas em vários locais.

## Sessões Orais

### AFC - Gravitação e Métodos Geométricos

[04/11/05 - 08:30h - Sala 5]

**Defeitos Topológicos na Gravitação,** EUGÊNIO R. BEZERRA DE MELLO, Dept. de Física - CCEN - Universidade Federal da Paraíba • Os defeitos topológicos foram inevitavelmente formados nos primórdios do nosso Universo devido a um processo de transição de fase, portanto as suas influências na geometria do espaço-tempo, e nas suas interações com as partículas elementares, devem ser entendidas. Entre os defeitos os mais prováveis de serem detectados são: as cordas cósmicas e os monopolos.

As cordas cósmicas são defeitos lineares. Uma corda cósmica ideal apresenta uma distribuição linear de massa-energia ao longo de uma linha reta. Este objeto modifica a geometria do espaço-tempo introduzindo uma deficiência de ângulo planar. Do ponto de vista cosmológico, as cordas cósmicas podem atuar como lentes gravitacionais auxiliando o processo de formação de grandes estruturas.

Os monopolos são objetos pontuais. Uma das suas consequências mais relevantes do ponto de vista geométrico, é a modificação do espaço-tempo introduzindo uma deficiência de ângulo sólido.

Pretendemos abordar alguns aspectos geométricos destes defeitos, e suas interações gravitacionais com partículas elementares.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 5]

**Densidade de Defeitos e Mecânica Quântica NãoComutativa,** CLAUDIO FURTADO, UFPB • A teoria geométrica de defeitos em sólidos consiste em uma descrição via geometria diferencial para um meio elástico contínuo. Nela todas as informações do meio elástico estão contidas na métrica que descreve este meio deformado. Esta descrição nos dá todas as informações necessárias sobre o meio elástico e é similar a descrição via a teoria da elasticidade não-linear. Neste trabalho investigamos soluções da teoria geométrica de defeitos em sólidos para uma densidade de deslocamentos tipo hélice. Encontramos a métrica que descreve um meio elástico contínuo contendo uma densidade uniforme destes defeitos. Estudamos a dinâmica de uma partícula nesta métrica. Mostramos que a densidade de vetor de Burgers faz um papel similar a um campo magnético uniforme. Mostramos que neste sistema podemos fazer uma descrição via mecânica quântica não-comutativa e relacionamos a densidade do vetor de Burgers com o parâmetro de não-comutatividade.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 5]

**Sobre alguns aspectos globais do gravitomagnetismo,** V. B. BEZERRA, UFPB-PB-Brasil • O gravitomagnetismo será considerado em seus aspectos globais através do estudo dos campos gravitoeletrico e gravitomagnético produzido por uma corda cósmica com rotação, cujo espaço-tempo é localmente plano, porém não o é globalmente. Outros campos gravitacionais, como por exemplo, os gerados por uma camada cilíndrica com rotação e por uma corrente de matéria, também serão considerados.

Os aspectos globais dos campos gravitoeletrico e gravitomagnético produzidos por estas fontes, serão discutidos. Discutiremos também o atraso no tempo e o efeito Lense-Thirring associados a esses campos gravitacionais.

[04/11/05 - 09:30h - Sala 5]

**Aspectos Geométricos de Cones de Grafite,** ALEXANDRE CARVALHO, SÉRGIO AZEVEDO, Universidade Estadual de Feira de Santana, CLAUDIO FURTADO, Universidade Federal da Paraíba • Neste trabalho, propomos a aplicação de um método geométrico [1] para estudar as propriedades eletrônicas dos nanocones de grafite. Uma das características marcantes da formação desses materiais, é a presença de defeitos topológicos. Esses defeitos são responsáveis pelo surgimento de uma curvatura gaussiana não-nula na rede. Esses defeitos são descritos através de uma métrica. Di Vincenzo e Mele [2], demonstraram que propriedades eletrônicas de estruturas planas de grafite, na aproximação de tight-binding, são mapeadas na equação de Dirac em (2+1) dimensões. Por meio desse mapeamento, vamos estudar fases geométricas em cones de grafite e analisar a influência da curvatura do meio sobre suas propriedades eletrônicas. Estenderemos essa análise para o caso de um cone de grafite na presença de um campo magnético. Encontramos as componentes da função de onda e os respectivos espectros de energia. [1]M. O. Katanaev and I. V. Volovich, Ann. Phys. (N.Y.)1 216 (1992). [2]D. P. DiVincenzo and E. J. Mele Phys. Rev. B29 1685 (1984).

[04/11/05 - 09:45h - Sala 5]

**Defeitos Topológicos em Dimensões Extras,** CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO, ALCIDES FARIAS ANDRADE, Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana • Recentemente tem sido dado um grande destaque às dimensões extras graças ao trabalho pioneiro de Randall e Sundrum, ao propuserem uma dimensão extra que não fosse compacta, indicando um possível mecanismo, ainda experimentalmente não encontrado, para a existência e detecção do gráviton. Dimensões extras na física não são novidades, pois os trabalhos de Kaluza e Klein, que buscavam a unificação das interações gravitacionais com as eletromagnéticas, remetem ao início do século passado.

Vários sistemas físicos têm sido abordados dentro dessa teoria com um número maior que os usuais, e muito avanço teórico têm se verificado. Os Defeitos Topológicos ganham destaque a cada dia devido ao vasto leque de sistemas físicos, e inclusive em outras áreas da ciência, nos quais eles se apresentam de forma desafiadora. Estamos desenvolvendo estudos, com os trabalhos de iniciações científicas, desenvolvendo uma cultura sobre gravitação, teoria de campo e, além disso, a consolidação de um grupo de pesquisa nessa área, com enfoque específico em sistemas que possam apresentar modelos análogos na Física da Matéria Condensada. Traçar esse paralelo é o grande desafio, que já foi apontado por Zurek como o grande e prático laboratório para fenômenos de altas energias. A gravitação em dimensões extras é o nosso objeto de estudo, buscando as possíveis correlações existentes com a gravitação usual, e as disparidades.

Apoio: PROBIC-UEFS, FAPESB e CNPq (Edital Universal n.19/2004).

## ATO - Física Atômica e Molecular

[04/11/05 - 08:30h - Sala 6]

**Efeitos microscópicos em condensados de Bose-Einstein**, VALERY SHCHESNOVICH, SOLANGE CAVALCANTI, *Departamento de Física - Universidade Federal de Alagoas* • A descrição macroscópica dos condensados de Bose-Einstein é baseada na equação de Gross-Pitaevskii, isto é na equação de Schrödinger não-linear com um potencial externo. Nos consideramos os efeitos quais devem sua aparência a não-linearidade dessa teoria: os solitons, vortices, collapse, e a quebra da simetria espacial, etc. Nos mostramos, por exemplo, que um condensado de Bose-Einstein quasi um-dimensional no potencial externo de dois poços com os sinais de comprimento de espalhamento diferentes em dois poços tem estados auto-ligados (solitons) com maioridade dos átomos concentrados no condensado com repulsão. Em duas dimensões espaciais e os mesmos outros características do sistema o condensado não tem estados auto-ligados, mas existe uma barreira de energia para instabilidade de collapse no sistema com um potencial adicional em duas dimensões. Nos mostramos que os condensados de Bose-Einstein de dois tipos de átomos em duas dimensões sofrem a instabilidade de quebra da simetria espacial com separação espacial dos espécies.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 6]

**Micosporinas do tipo aminoácidos: Propriedades eletrônicas e a sua natureza antioxidante**, K. S. NASCIMENTO, B. S. CAVADA, *BioMol Lab, Depto. de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará*, A. H. SAMPAIO, *Depto. de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará*, F. F. MAIA JR., G. A. FARIAS, V. N. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • As micosporinas do tipo aminoácido (maa - mycosporine-like amino acids) constituem um grupo com mais de 20 moléculas que absorvem intensamente na região ultravioleta do espectro eletromagnético e estão presentes em muitos organismos, tais como cianobactérias, fitoplânctons e macroalgas. Além da função de filtro solar natural, acredita-se também que estes compostos agem como antioxidante nos organismos, capturando radicais reativos de oxigênio e, desta forma, protegendo-o contra reações indesejadas ao perfeito funcionamento do metabolismo. Neste contexto, realizamos estudos teóricos sobre as propriedades eletrônicas da micosporina-glicina, palitina e asterina-330 tendo como objetivo entender os fenômenos físicos envolvidos tanto na absorção quanto na reatividade com radicais livres de oxigênio. Os cálculos foram realizados dentro das aproximações da Teoria do Funcional da Densidade (DFT) e Hartree-Fock (HF) usando a base 6-31G em ambos os casos. Os resultados obtidos mostram o orbital LUMO concentrado no grupo carboxílico. A densidade eletrônica exibe uma protuberância em torno deste grupo, podendo-se inferir que a suposição da função antioxidante da carboxila tem grandes chances de ser verdadeira. Além

disso, a localização espacial dos orbitais HOMO e LUMO mostra-se bastante semelhante entre os compostos em estudo. Por outro lado, os gaps HOMO-LUMO apresentaram um comportamento contrário ao esperado usualmente, tendo seu valor incrementado com a complexidade das moléculas.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 6]

**CÁLCULOS AB INITIO DE QUATRO CONSTITUINTES DA ARRUDA: Psoraleno, Bergapteno, Xantotoxina e Isopimpinina**, E. M. BEZERRA, M. Z. S. FLORES, F. F. MAIA JR., V. N. FREIRE, V. LEMOS, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • As cumarinas têm sido alvo de investigação científica devido às suas propriedades anticancerígenas. As furanocumarinas, subgrupo das cumarinas que apresentam um anel furano comum a todas elas, estão presentes em folhas de arruda (*Ruta graveolens*) e vêm sendo utilizadas no tratamento de vitiligo, de algumas discromias, psoríase etc. devido à sua propriedade foto-sensibilizante. O entendimento detalhado dessas moléculas é de extrema importância para o conhecimento do efeito farmacológico delas e pouco se tem feito quanto à análise vibracional dessas moléculas. Cálculos *ab initio* no nível Hartree-Fock restrito usando o conjunto 6-31+G(d) foram executados para as furanocumarinas lineares psoraleno (C<sub>11</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) e seus derivados, bergapteno (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>, 5-MOP), xantotoxina (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>, 8-MOP) e isopimpinina (C<sub>13</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) na fase gasosa usando o programa Gaussian03. A geometria otimizada dos compostos foi obtida por minimização de energia. Espectros infravermelho (IR) e Raman foram calculados. A presença do grupo metoxi nas moléculas de bergapteno, xantotoxina e isopimpinina é responsável por um pico no infravermelho em torno de 3220 cm<sup>-1</sup> (relacionado ao estiramento dos hidrogênios ligados ao carbono do grupo metoxi), o que não ocorre no caso do psoraleno. Os picos em 2000 cm<sup>-1</sup> (espectro IR e Raman) nos quatro compostos são devidos ao estiramento do oxigênio ligado ao carbono 2 (C2-O). O pico no espectro Raman em 3370 cm<sup>-1</sup> na xantotoxina (em relação ao psoraleno), causado pelo estiramento da ligação hidrogênio-carbono 5, é devido a posição do grupo metoxi no anel benzeno. O surgimento do pico no IR em 3415 cm<sup>-1</sup> no bergapteno (estiramento do hidrogênio ligado ao carbono 8) é devido à posição do grupo metoxi no anel benzeno. Foram assinalados todos os modos normais característicos de cada molécula os quais sugerem a possibilidade de identificação experimental destes compostos em misturas através dos espectros IR e Raman.

[04/11/05 - 09:30h - Sala 6]

**Estatística de Levy em difusão de fótons em um vapor atômico ressonante**, T. PASSERAT DE SILANS, D.N. FERREIRA, V.Y.S.L. CAVALCANTI, M. ORIÁ, M. CHEVROLLIER, *Laboratório de Física Atômica e Lasers, DF-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB* • O fenômeno de aprisionamento de radiação, que consiste na difusão de fótons em um vapor atômico ressonante, tem sido largamente estudado desde os trabalhos de T. Holstein, em 1947 [1]. Tais pesquisas tem sido incen-

tivadas tanto pela grande variedade de sistemas físicos onde a difusão múltipla de fótons tem importância, tais como, por exemplo, o transporte radioativo em estrelas e no aprisionamento de átomos em armadilhas magnéticas, onde a difusão de fótons constitui um fator limitante da densidade de átomos aprisionados. A compreensão desses fenômenos tem implicações também em desenvolvimentos tecnológicos, como, por exemplo, o aprimoramento de lâmpadas fluorescentes.

Recentemente o problema de aprisionamento de radiação voltou a suscitar um interesse fundamental, quando teoricamente evidenciou-se o comportamento não-normal da estatística dos passos dados pelos fótons entre os processos de emissão e a absorção subsequente, pelos átomos do vapor [2]. E. Pereira e colaboradores mostraram que a distribuição de passos de radiação se caracteriza pela estatística de Levy, própria de processos de superdifusão, no qual os momentos estatísticos da distribuição de distâncias percorridas são divergentes.

Com o objetivo de caracterizar essa difusão de fótons em um vapor ressonante, elaboramos um algoritmo computacional, do tipo Monte-Carlo, para simular a caminhada ao acaso de fótons no vapor, com passos dependentes da frequência. Essas simulações permitem determinar a distribuição,  $p(l)$  dos passos e caracterizar seu comportamento assintótico como uma lei de potência, cujo expoente depende dos perfis de absorção e emissão. Analisamos, ainda, as modificações nesta estatística determinadas pela frequência da radiação incidente, ou seja, pela desintonização do laser.

Uma experiência para comparação com os nossos cálculos foi montada para um vapor de cério a temperatura ambiente iluminado por um laser ressonante. As primeiras medidas efetivamente indicam um comportamento do perfil de fluorescência atômica como sendo produzida pela superdifusão dos fótons. As rotinas numéricas nos permitirão ainda, caracterizar a transição do regime de superdifusão esperado para um vapor térmico ressonante (perfis de absorção e de emissão de Voigt, redistribuição de frequência via efeito Doppler) para o regime de difusão elástica exibido por um vapor frio (perfil de Lorentz, sem efeito Doppler).

[1] T. Holstein, *Phys. Rev.* **72**, 1212 (1947).

[2] E. Pereira et al., *Phys. Rev. Lett.* **93**, 120201 (2004).

[04/11/05 - 09:45h - Sala 6]

**Status e perspectivas para espectroscopia de absorção de raios-X no LNLS,** JOELMO J. DE OLIVEIRA, GUSTAVO M. AZEVEDO, REGIS NEUENSCHWANDER, *Laboratório Nacional de Luz Síncrotron* • O desenvolvimento e o aprimoramento das técnicas experimentais de investigação de propriedades estruturais e eletrônicas de materiais torna-se de fundamental importância para os atuais e futuros avanços em Ciência de Materiais. Em linhas de luz de fontes síncrotron, essas técnicas são largamente empregadas nas pesquisas com semicondutores, materiais nanoestruturados e biomateriais, por exemplo. Uma das técnicas particularmente importantes para a caracterização de materiais é a espectroscopia de estrutura fina de absorção

de raios-X (XAFS, do Inglês X-ray Absorption Fine Structure). Esta técnica, que explora os detalhes do espectro de absorção de raios-X, praticamente exclusiva de laboratórios síncrotron, permite sondar, simultaneamente, as estruturas geométrica e eletrônica dos materiais. No LNLS, diversas linhas de luz permitem realizar experimentos de espectroscopia de estrutura fina de absorção, com fótons cobrindo a faixa desde ultra-violeta de vácuo (12 eV) até os raios-X duros (acima de 5 keV). Atualmente, apenas uma linha de luz está dedicada a experimentos de XAFS na faixa dos raios-X duros, a linha XAFS1, que cobre a faixa entre 3 e 25 keV. Uma nova linha de luz para experimentos de XAFS em raios-X duros está sendo montada. A XAFS2 foi projetada para operar na faixa de 4 a 18 keV, devendo apresentar um fluxo de fótons dezenas de vezes maior que a XAFS1. Este ganho no fluxo de raios-X deve-se a ótica focalizante projetada para esta linha, que consiste em dois espelhos que eliminam a divergência horizontal e vertical da radiação. O monocromador é composto de dois cristais de silício (111) acoplados por um mecanismo responsável por variar o ângulo de incidência da radiação nos cristais, e portanto alterar a condição de Bragg, selecionando assim a energia dos raios-X. Medidas por transmissão, fluorescência, rendimento total de elétrons e refletividade, estarão disponíveis nesta linha, assim como uma variedade de ambientes especiais para amostras, incluindo altas e baixas temperaturas, altas pressões e altos campos magnéticos.

## ENS - Metodologia de Ensino

[04/11/05 - 08:30h - Sala 2]

**FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: COMO PREPARAR OS ALUNOS ADEQUADAMENTE?**, ELONEID FELIPE NOBRE, MARGARIDA MARIA MOREIRA AUTO, RICARDO SÁVIO MORETZSOHN, JACKSON CÂMARA SILVA, ANTÔNIO CARLOS PAIVA REGO, FRANCISCO PINHEIRO NETO, HUDSON PACHECO PINHEIRO ANDREY CHAVES, FRANCISCO GLEDSON RODRIGUES COSTA, *Universidade Federal do Ceará* • Atualmente, todos concordam que uma grande parte da tecnologia do nosso mundo contemporâneo seria incompreensível e até mesmo inimaginável sem a aplicação dos conceitos da Física Moderna. É incontestável que vivemos em uma sociedade rodeados por mecanismos nos quais a Física Moderna está aplicada. Infelizmente a maior parte dos alunos do Ensino Médio não tem qualquer contato com esses conceitos em virtude da falta de atualização de seus professores e dos currículos de suas escolas. Desde o ano 2000, a Universidade Federal do Ceará (UFC) incluiu conceitos de Física Moderna como parte do programa de seu exame vestibular. Por esta razão muitas escolas da cidade estão tentando se ajustar a essa nova realidade. Devido ao extenso programa que deve ser cumprido o conteúdo de Física Moderna ainda continua a ser apresentado aos alunos como um apêndice nos últimos dias, às vésperas do vestibular. Este panorama tende a ser ainda pior quando se trata das escolas públicas, aonde os alunos não têm qualquer

conhecimento desse tópico. Neste trabalho, desenvolvido conjuntamente com alunos do Curso de Licenciatura em Física da UFC, nós procuramos conhecer essa realidade e procuramos buscar algumas soluções para o problema, com o objetivo de minimizar essas dificuldades através do estágio curricular supervisionado na disciplina Prática de Ensino de Física. Em primeiro lugar, a fim de conhecermos como o assunto Física Moderna está inserido no Ensino Médio, foi feita uma análise detalhada dos principais livros didáticos adotados nas escolas de Fortaleza. Essa análise deu prioridade ao conteúdo dos livros, tais como a abordagem matemática, a clareza nas explicações dos conceitos físicos, quantidade de exercícios, entre outros aspectos. Em seqüência a essa fase inicial estamos indo às escolas de Ensino Médio a fim de fornecer aos estudantes algum suporte, através do estágio na disciplina Prática de Ensino de Física, obrigatória para os alunos do último ano do curso de Licenciatura. Grande parte desses alunos já são professores nas diversas escolas da cidade e aqueles que ainda não estão de fato lecionando, estão adquirindo capacitação para isto. Durante o estágio os alunos apresentarão os conceitos de Física Moderna aos estudantes do último ano do Ensino Médio. Várias escolas estão participando do projeto. Durante todo o processo os estagiários serão acompanhados por professores que assistem às suas aulas e os orientam para um melhor desempenho. Este projeto tem como perspectivas para um futuro próximo, apresentar os conceitos da Física Moderna para os alunos do Ensino Médio, a partir do Primeiro ano, seguindo de uma forma gradual até a série final do Ensino Médio. Dessa forma não estaremos focados apenas no vestibular, mas no aprendizado dos novos conceitos.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 2]

**Uma proposta de ensino interdisciplinar de Acústica, matemática e Música para o ensino médio,** P.E.C. ESMERALDO, P.T.C. FREIRE, E.F. NOBRE, J.W. RIBEIRO, *Universidade Federal do Ceará* • Este trabalho tem como objetivo investigar a conexão entre a física, a matemática e a música, em uma proposta interdisciplinar, constituindo-se em uma pesquisa qualitativa e de estudo de caso. Baseados em vários teóricos tratou-se temas transversais sobre a relação entre a Matemática e a Música bem como a ligação com a Física através da Acústica. O projeto foi realizado em duas turmas de Ensino Médio do Colégio Santa Izabel, um importante estabelecimento de ensino da cidade de Fortaleza. O trabalho foi realizado com aulas dinâmicas baseadas em concepções didático-pedagógicas, na expectativa de melhorar a aquisição do saber e não com o intuito de eleger uma concepção definitiva de um projeto que envolva Matemática e Física. Inicialmente abordouse a origem e o desenvolvimento da Acústica, desde os primórdios até culminar na Série de Fourier. Com os recursos audiovisuais estabeleceu-se pontos de contato entre tais aptidões intelectuais, bem como evidenciou-se as raízes comuns a estas áreas aparentemente estanques. Estabeleceu-se elos de ligação entre as três áreas do conhecimento quando explicou-se desde as primeiras escalas musicas até a escala temperada. Utilizou-se grupos de discentes para a resolução de situações problemas, den-

tre as quais foi dado destaque ao cálculo dos trastes do violão através do teorema de Pitágoras e a relação entre a frequência sonora e a frequência luminosa, possibilitando, figurativamente, “ouvir” as cores. Constatou-se um resultado positivo num sistema lúdico proporcionado pela modelação da realidade através de instrumentos musicais e do computador. Sedimentou-se a capacidade de assimilação através de informações videográficas na sala de informática; com um software produziu-se uma imagem tridimensional da nota Lá4. Em uma das turmas foi desenvolvido durante todo o projeto um clima emocional propício a aprendizagem, baseado na tríade Rogeriana, enquanto na outra turma, tal ambiente não foi estimulado verificando-se que mesmo com várias dinâmicas cognitivas, não é possível se obter sucesso no que diz respeito aos objetivos propostos.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 2]

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS EM FÍSICA,** OBERLAN DA SILVA, *Universidade Estadual da Paraíba*

• A construção do conhecimento se dá a partir da intenção deliberada de fazer relações entre o que conhecemos e a nova informação que pretendemos absorver. Esse processo ocorre ao longo de toda a vida, através das interações sociais de cada individuo. Esta modalidade de construção do conhecimento é chamada genericamente de construtivismo. Os grandes precursores desta teoria foram o suíço Jean Piaget e o russo Lev Semenovitch Vigotsky. No entanto, devido às dificuldades surgidas a partir da década de 1960, novas teorias foram sendo implantadas no sentido de explicar como efetivamente se dava o processo da construção do conhecimento, entre os que se destacaram está David Paul Ausubel que propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa, que implica na incorporação de novos conhecimentos às estruturas materiais dos alunos a partir do estabelecimento de relações significativas com os conhecimentos prévios presentes em suas estruturas cognitivas. Segundo Ausubel a aprendizagem significativa se dá através de um processo central de interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o material ou conteúdo de aprendizagem. Neste trabalho irei apresentar algumas características e conceitos, como: (aprendizagem significativa e memorística; estruturas cognitivas; conceito inclusor; a inclusão obliteradora; a assimilação; a aprendizagem subordinada, supraordenada e combinatória; significatividade lógica e psicológica; disposição favorável; condições para a aprendizagem significativa, etc) desta teoria e quais as condições e procedimentos para que ela ocorra. Além disso mostrarei como as concepções alternativas também chamadas de erros conceituais, idéias intuitivas ou concepções espontâneas se apresentam e que influencia elas trazem na formação de alguns conceitos físicos e na condução do processo ensino-aprendizagem.

[04/11/05 - 09:30h - Sala 2]

**Texto e Simulacoes em Java para o Ensino de Física Introdutoria,** ELDER DOS SANTOS TEIXEIRA, HUMBERTO DE ANDRADE CARMONA, EMERSON MARIANO DA SILVA, *UECE - Ceará - Brasil* • O uso de simulações no ensino de Física tem grande apelo, uma vez

que elas facilitam a visualização dos fenômenos (de acordo com um modelo proposto), ajudando na compreensão dos mesmos. Além disso, as simulações computacionais se somam como uma forma alternativa de se apresentar movimentos (difíceis de serem representados na forma de figuras). Acredita-se ainda que tornem conceitos abstratos mais concretos e servem como uma preparação inicial para o laboratório. As simulações disponíveis são, freqüentemente de baixa interatividade e, principalmente, não estão vinculadas a um texto com o conteúdo relacionado. Percebido esse inconveniente, os softwares desenvolvidos por nós são desenhados especificamente para o conteúdo trabalhado, proporcionando então um maior entendimento dos conceitos. As simulações caracterizam-se por uma interatividade considerável, permitindo a análise de várias situações de um mesmo fenômeno. Muitas vezes, elas vêm acompanhadas de gráficos e figuras, atendendo assim a diferentes maneiras de aprendizado, individuais de cada aluno. Nesse trabalho foram desenvolvidos simulações e textos para o ensino de física introdutória (desenhado para a disciplina de Introdução à Física da UECE). As simulações foram desenvolvidas utilizando o aplicativo Easy Java Simulators, desenvolvido por Francisco Esquembre e disponível gratuitamente na internet.

[04/11/05 - 09:45h - Sala 2]

**Método de Monte Carlo Aplicado a Sistemas Desordenados em Ambiente Delphi**, DOUGLAS F. DE ALBUQUERQUE, JOÃO BATISTA JR, UFS, A. S. DE ARRUDA, UFMT • Os fenômenos magnéticos tem sido largamente estudados para o desenvolvimento de novas tecnologias, desde sistemas de geração e distribuição de energia à memória de computadores, além do uso pela medicina e engenharia biomédica. Isto só tem sido possível em decorrência do constante estudo e entendimento dos fenômenos magnéticos e da descoberta e análise de novos materiais. Para estudar e buscar a compreensão dos sistemas magnéticos várias técnicas são empregadas. Neste trabalho usamos a técnica de Monte Carlo (MC) aliada a ferramenta de desenvolvimento Delphi para estudar o comportamento de diversas quantidades termodinâmicas e seu comportamento em uma versão do modelo de Ising para diferentes redes de sistemas de spins, tipos de distribuições e tipo de desordem (sítio, ligação). Por fim, apresentamos o software JBMC que revela as diferentes nuances de um sistema de spins de Ising.

## EST - Transições de Fase e Redes Complexas

[04/11/05 - 08:30h - Sala 1]

**Unusual melting behavior in small coulomb clusters**, W. P. FERREIRA, G. A. FARIAS, *Universidade Federal do Ceará*, B. PARTOENS, F. M. PEETERS, *University of Antwerp* • The melting properties of a cluster with N equally charged particles confined by a Coulomb potential are studied. The melting process is not dominated by the usual thermal hops between stable states. The system exhibits a structural phase transition before it melts. This unusual melting behavior has not been obser-

ved previously in small Coulomb confined clusters, since previous works only considered, in the study of the melting transition, a lindemann-like parameter which takes into account only the collective behavior of the particles. In the present work, beyond the Lindemann-like parameter, we also analyze the local motion of the particles in the cluster. In this way, we were able to find that local melting occur before the complete melting takes place. We also show that the symmetry of the ground state configuration is a dominant factor in determining the melting temperature and that more confined particles in the cluster do not necessarily have a higher melting temperature. The effect of the presence of metastable states in the melting temperature of the system is also analyzed. The melting process is strongly affected by metastable states.

Finally, the behavior of the system in temperatures higher than the melting temperature is studied. Differently from what is observed in the usual parabolic confined cluster (which is normally used to model two-dimensional confined clusters), we find that the particular type of confinement potential considered in this work allows the unbinding of particles or ionization of the system.

[04/11/05 - 08:45h - Sala 1]

**FORMAÇÃO DE PADRÕES EM TRANSIÇÕES MARTENSÍTICAS**, DANIELA DE OLIVEIRA MAIONCHI, RAIMUNDO NOGUEIRA DA COSTA FILHO,

*UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ* • Transições de fase onde não ocorre difusão ou mudança do ordenamento de átomos não são reconstrutivas, ou seja, as ligações entre os átomos vizinhos não são quebradas ou reformadas. A essas transições damos o nome de transformações martensíticas. Elas são transformações estruturais de primeira ordem sólido-sólido que deformam a rede de uma estrutura cristalina para outra através de um movimento de larga escala que preserva a integridade topológica da rede. Um exemplo simples é a transformação de uma rede quadrada para uma rede retangular. Estudos teóricos e experimentais em ligas metálicas e cerâmicas mostraram que a transição estrutural desses materiais sofrem a influência da dinâmica e da morfologia dos domínios. Quando transições estruturais cúbicas-tetragonais ocorrem, duas distorções tetragonais ao longo da direção [10] e [01] são expressas em uma matriz cúbica bi-dimensional, e padrões característicos podem ser observados devido a deslocamentos elásticos causados pela diminuição de simetria do cristal. Neste trabalho estudamos a formação de padrões em transformações martensíticas através de um modelo de campo de fase onde o funcional energia livre depende do campo elástico introduzido. Observamos a evolução dos padrões que surgem devido aos domínios das fases quadrada e retangular e discutiremos a existência de seleção de um único padrão.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 1]

**Estrutura, Modos Normais e Misturas de um Sistema Binário de Partículas Carregadas Confinadas por um Potencial Parabólico**, W. P. FERREIRA, F. F. MUNARIN, R. N. COSTA FILHO, G. A. FARIAS, *Universidade Federal do Ceará - Ceará - Brasil*,

K. NELISSEN, F. M. PEETERS, *University of Antwerp - Antwerpen - Belgium* • Existe atualmente um crescente aumento em investigações experimentais e teóricas em aglomerados bidimensionais (2D) de partículas carregadas e confinadas. Isso se deve à grande aplicabilidade dos modelos teóricos em sistemas físicos reais. Numa aproximação clássica, observa-se que diversos sistemas reais podem ser modelados através desses aglomerados de cargas (sistemas coloidais e plasmas complexos). Do ponto de vista teórico, sistemas 2D de cargas confinadas apresentam um rico comportamento físico, com diversos efeitos não-triviais. Além disso, o tamanho finito do sistema permite, em alguns casos, uma descrição “numérica” exata. Neste trabalho, estuda-se um sistema partículas com diferentes cargas e/ou massas, interagindo através de um potencial coulombiano puro, e confinadas por um potencial parabólico. As propriedades estruturais e dinâmicas (modos normais) do sistema são analisadas em função da razão entre as cargas ( $\alpha$ ) e/ou da razão entre as massas ( $\beta$ ) dos dois tipos de partículas. Para valores críticos dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , as partículas de diferentes tipos se separam em camadas distintas. Diversas outras estruturas são observadas em função de  $\alpha$  e  $\beta$ . Diferentes transições de fase estruturais, fortemente dependentes da razão entre as cargas (e/ou massas) das partículas, são mostradas. Em relação às propriedades dinâmicas, mostra-se que os modos normais são principalmente determinados pelos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , e não somente pelo número de partículas, como ocorre no sistema com confinamento parabólico de um único tipo de partícula. Especial atenção é dada à estabilidade das configurações, através do estudo da mínima frequência não nula do espectro de frequência dos modos normais. Mostra-se que para configurações comensuráveis (quando os números de partículas nas várias camadas são múltiplos) o sistema apresenta uma alta estabilidade para determinados modos. Finalmente, um diagrama de fase caracterizando as diversas configurações, bem como um parâmetro de ordem o qual quantifica os estados de mistura do sistema, são apresentados.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 1]

**Distribuição de Fluxos em Meios Porosos Desordenados**, WAGNER BENÍCIO BASTOS, ASCÂNIO DIAS ARAÚJO, JOSÉ SOARES DE ANDRADE JÚNIOR, *Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Brasil*, HANS J. HERRMANN, *Institut für Computeranwendungen, Universität Stuttgart, Stuttgart, Germany* • Neste trabalho, investigamos por meio de simulação computacional propriedades geométricas e de transporte relacionadas ao escoamento de um fluido através de meios porosos desordenados no regime de baixo número de Reynolds. O meio poroso é representado por um canal bidimensional de largura  $h$  e comprimento  $L$ . Obstáculos circulares de raio  $R$  e diâmetro  $d$ , constantes, são alocados aleatoriamente no interior deste canal até atingir uma porosidade  $\epsilon$  previamente estabelecida e estão separados por uma distância mínima  $d/10$ . Em uma primeira parte, analisamos a estatística das distâncias  $l$  entre os obstáculos, definidos com base na triangulação de Delaunay. Observamos que a distribuição de distância apresenta dois

comportamentos distintos dependendo do valor atribuído à porosidade. Para altas porosidades, não existe correlação na alocação dos obstáculos e a distribuição de distância apresenta uma região de comportamento linear seguida de um decaimento Gaussiano. Para baixas porosidades, aparece uma correlação natural e a distribuição de distância apresenta uma região com comportamento em lei de potência  $P(l) \sim l^{-\alpha}$ , onde o expoente  $\alpha$  muda com o valor da porosidade. Após este comportamento temos um decaimento seguindo uma exponencial esticada na forma  $y = A_0 \exp[-(x/A_1)^\gamma]$ . Nossos resultados indicam que este expoente  $\gamma$  depende do valor da porosidade, tornando-se maior à medida que a porosidade decresce. Em uma outra análise investigamos a distribuição de velocidade média  $P(u)$ , calculada ao longo da linha que define a distância  $l$ . Esta distribuição também exibe um comportamento do tipo exponencial esticada com o expoente que governa o decaimento da exponencial sendo invariante quanto às mudanças no valor da porosidade do meio. Por fim, o estudo da distribuição de fluxo  $P(\varphi)$  no interior do meio poroso indica que esta distribuição apresenta um comportamento do tipo exponencial esticada na forma  $y = \varphi_0 \exp[-\varphi_1(x^\eta)]$ , onde o expoente  $\eta$  que caracteriza o decaimento exponencial depende inversamente do valor da porosidade do meio.

[04/11/05 - 09:30h - Sala 1]

**Formation of river networks and river deltas**, H.J. SEYBOLD, H.J. HERRMANN, *ICP, University of Stuttgart, Germany* • The prediction of the evolution of river beds and the understanding of erosion and sedimentation processes in the river delta region are very important for coastal management and the prevention of floods. While big floods, like in New Orleans this year, only last some weeks and cause a lot of damage, the formation of river deltas can take millions of years. This large range of different time scales makes it very difficult to use computational simulation methods to describe these phenomena. We develop a model to describe the time evolution of the landscape by erosion and deposition in river beds. The model is based on a resistor network lattice where the landscape and the water height are discretized on the nodes and the flow on the bonds. The resistance of the landscape to the water flow is changed according to the water flow. If the flow is fast, the landscape is eroded and if it is slow we obtain deposition. Using the model the formation of braided rivers and river deltas is studied and compared with existing formations.

[04/11/05 - 09:45h - Sala 1]

**Modelo de Formação de Reservatórios de Petróleo baseado em Reestruturação Dinâmica Extrema**, ALEX HANSEN, , *Department of Physics, Norwegian University of Science and Technology N-7491 Trondheim, Norway*, LIACIR S. LUCENA, LUCIANO R. DA SILVA, *International Center for Complex Systems e Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Natal RN 59078* • Na tentativa de entender os fenômenos de evolução das camadas geológicas relacionadas com a ocorrência de jazidas de petróleo, propomos um modelo para explicar a formação de rochas areníticas porosas a



partir de areias não consolidadas, baseado numa série de eventos de reestruturação que ocorrem onde a diferença de pressão local, devido ao fluxo na areia, é máxima. A distribuição de permeabilidade local na rocha arenítica tem o caráter de ruído branco. Entretanto a distribuição do inverso da permeabilidade mostra correlações espaciais consistentes com um ruído Browniano fracionário caracterizado por um expoente de Hurst de 0,88. A permeabilidade do sistema para escalas grandes mostra flutuações no tempo, enquanto acontecem as reestruturações, consistentes com auto-afinidade caracterizada por um expoente de Hurst de 0,25, experimentando uma mudança para ruído branco em grandes escalas de tempo.

## OTI - Ótica Clássica

[04/11/05 - 08:30h - Sala 4]

**Bessel beams and other new families of nondiffracting beams,** S. CHAVEZ-CERDA, *Universidade Federal de Alagoas* • Bessel beams are presented using an alternative approach based on the formalism of the Helmholtz equation. From this point of view the physics behind their apparent odd properties becomes very clear and this helps to foresee potential applications. This formalism is further extended to explain other families of nondiffracting beams recently introduced.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 4]

**Desenvolvimento de um Interferômetro de alta Precisão para a Medida do Índice de Refração de Meios Transparentes,** A. A. DE MENEZES, P. C. DE OLIVEIRA, *Universidade Federal da Paraíba* • Estamos propondo uma nova técnica para a medida do índice de refração de meios transparentes, utilizando uma técnica interferométrica, com uma precisão da ordem de 3 microns, essa precisão é de grande importância em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo em Biotecnologia, no estudo de mudanças de concentração de soluções; além do baixo custo para a construção do experimento. Vale ressaltar que, como estamos medindo o índice de refração com grande precisão, devemos ter em mente que essa é uma técnica muito sensível, pois a técnica interferométrica requer cuidados especiais, como vibrações, variação na temperatura, uma alta velocidade na captação dos dados. Nessa técnica o espelho é transladado 5cm por um arranjo, mecânico-hidráulico, que possibilita uma excelente suavidade. Para isso produzimos um programa para a captação e processamento dos dados, bem como para o controle do motor de passo. Sabemos também que a variação da temperatura de um meio, varia o seu índice de refração, isso pode ser observado com uma maior precisão em nosso trabalho.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 4]

**Photorefractive damage and phase transition in the Nd:SBN laser crystal,** CARLOS JACINTO, *Instituto de Física de São Carlos-USP*, DANIEL JAQUE, J. GARCIA SOLÉ, *Universidade Autónoma de Madrid-UAM-Spain* • Strontium Barium Niobate crystal (SBN) is nowadays regarded as one of the most important and promising systems in the field of optoelectronics. It has been widely studied in the past because of its high non-

linear, pyroelectric, acousto-optic and electro optical coefficients [1]. It is a ferroelectric crystal with a phase transition temperature close to room temperature (50–200 °C depending on the composition)[2]. This fact makes phase transition easily achieved. Some of the most recent applications of SBN crystals, such as beam fanning reversals and polarization based adjustable memories, are related to these relative low phase transition temperatures [3, 4]. It also shows the advantage of easy doping with rare earth and metal transition ions. When optically activated with luminescent ions, a rich variety of phenomena related to the Ferro- to Para-electric phase transition arises. As for example, when doped with Nd<sup>3+</sup> ions it becomes a multi-frequency converter laser system operating simultaneously in the infrared and visible domains [5]. When operating under strong or moderate pumping intensities, the pump induced thermal loading could be strong enough to cause a local temperature higher than transition temperature, therefore driving the active volume from the Ferro- to the Para-electric phase. Consequently, a complete knowledge and understanding of how phase transition affects the parameters of relevance in laser dynamics becomes necessary. In this work, we perform a complete study on the polarization and temperature dependence of light induced photorefractive damage in a Nd<sup>3+</sup> doped Sr<sub>0.61</sub>Ba<sub>0.39</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (SBN:61) laser crystal. For temperatures close to T<sub>c</sub> (≈ 70°C), a strong enhancement in the photorefractive damage is observed, being this related to the temperature dependence of the electro-optical coefficient during phase transition. From pump and probe experiments we have concluded that the traditional Nd<sup>3+</sup> pumping at 808 nm could also lead to a remarkable photorefractive damage, especially for extraordinary radiation. In addition, case the time allow us, we will present study of phase transition using the thermal lens spectrometry in two SBN crystals: the SBN:61 and the SBN:47. [1] T. Volk et al., Phys. Solid State. 42, 2129 (2000). [2] C. David et al., Phys. Stat. Sol. (a) 201, R49 (2004). [3] M. Goukov et al., J. Appl. Phys. 94, 4763 (2003). [4] T. Granzow et al., Phys. Rev. Lett. 89, 127601 (2002). [5] J.J. Romero et al., Appl. Phys. Lett. 78, 1961 (2001).

[04/11/05 - 09:30h - Sala 4]

**Decomposição de feixes não difratantes possuindo momento angular orbital,** W. C. SOARES, D. P. CAETANO, J. M. HICKMANN, *Laboratório de Óptica Quântica e Não-Linear, Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas* • O momento angular da luz tem duas componentes. A primeira está associada ao estado de polarização do campo elétrico, correspondendo ao momento angular intrínseco. A segunda componente está associada à distribuição transversal do campo elétrico e corresponde ao momento angular orbital (MAO). O momento angular orbital da luz está diretamente ligado com a estrutura da fase azimutal ( $\exp il\phi$ ) e é dado por  $lh$  por fóton [1].

Usualmente, feixes de luz possuindo MAO são descritos em termos de modos Laguerre-Gauss. Estes modos são soluções da equação de Helmholtz em coordenadas cilíndricas no limite da aproximação paraxial. É possível decompor modos Laguerre-Gauss em termos de modos

Hermite-Gauss de forma análoga a que é feita a decomposição do momento angular de spin. Por exemplo, um feixe de luz circularmente polarizado pode ser escrito como uma superposição de feixes linearmente polarizados com uma diferença de fase de  $\pi/2$ .

Baseado nesta similaridade, Padgett e Courtial [2] propõem uma representação geométrica equivalente à esfera de Poincaré para feixes possuindo MAO. Agrawal [3] demonstrou que esta representação geométrica, bem como a esfera de Poincaré, está relacionada ao grupo das transformações unitárias  $SU(2)$  tanto para os modos transversais de primeira ordem quanto para os estados de polarização.

Alternativamente, é possível descrever feixes de luz possuindo MAO através de feixes Bessel de alta-ordem [4], que são soluções da equação de Helmholtz em coordenadas cilíndricas, porém sem a aproximação paraxial, e apresentam propriedades não difratantes [5]. Neste trabalho, desenvolvemos uma estrutura  $SU(2)$  para representar geometricamente feixes possuindo MAO usando feixes Bessel. Demonstramos teoricamente e observamos experimentalmente que feixes Bessel de primeira ordem podem ser escritos como uma superposição de um produto de funções de Bessel e polinômios de Hermite com uma fase relativa de  $\pi/2$ . Também implementamos transformações unitárias sobre um feixe Bessel possuindo MAO igual a 1, de maneira análoga a feita em um estado de luz circularmente polarizada, utilizando um par de lentes cilíndricas.

[1] L. Allen et al., Phys. Rev. A **85**, 8185 (1992).

[2] M. J. Padgett and J. Courtial, Opt. Lett. **24**, 430 (1999).

[3] G. S. Agarwal, JOSA A **16**, 2914 (1999).

[4] K. Volke-Sepulveda, J. Opt. B: Quantum and Semiclass. Opt. **4**, S82 (2002).

[5] J. Durnin, JOSA A **4**, 651 (1987); J. Durnin et al., Phys. Rev. Lett. **58**, 1499 (1987).

[04/11/05 - 09:45h - Sala 4]

**800/1060 nm Dual-Wavelength Pumped TDFA Using a Single Source**, S. R. LÜTHI, A. S. L. GOMES, UFPE - PE - Brazil, M. L. SUNDHEIMER, UFRPE - PE - Brazil, W. MARGULIS, ACREO - Stockholm - Sweden • Thulium-Doped Fibre Amplifiers (TDFA) are strong candidates for S-band telecommunication [1]. Due to the fact that the exploited transition occurs between two excited states, rather complex pump schemes are required. Dual-wavelength pumping has proven efficient and versatile. Among them the 800/1060 nm pump scheme is particularly promising. Pumped near 800 nm, and emitting near 1060, Neodymium-Doped Fibre Lasers (NDFL) could serve as single pump sources of such dual-wavelength pumped TDFA's. We demonstrate this novel approach to produce both wavelengths required for op-

timum TDFA pumping. Two different NDFLs were explored; one with a standard Neodymium-Doped silica Fibre (NDF), the other with a Neodymium-Doped Microstructured Fibre (NDMF). For both, the active source was a Titanium-Doped Sapphire laser (Ti:S) in quasi-CW operation mode. For the NDF laser design, the Ti:S laser wavelength was tuned such that an adequate amount of unabsorbed pump light near 800 nm exits the NDF, and could be used simultaneously with the NDF emission near 1060 nm as a forward pump for the TDFA. The laser cavity was formed by a 1054 nm fibre Bragg grating high reflector and output coupler. Its lasing threshold and slope efficiency were 15 mW and 7 % respectively. Small-signal gain up to 9 dB and noise figure as low as 3.5 dB were measured for 774 nm and 1054 nm pump powers of 32 mW and 16 mW, respectively. Since the NDMF absorbed the Ti:S pump light much more strongly than the NDF, a part of the 800 nm excitation was tapped prior to the NDMF and injected as a backward pump into the TDFA. No fibre Bragg grating reflectors were used for this laser, as free lasing was observed at various wavelengths near 1064 nm. 60 mW of 1064 nm pump power was launched in forward direction and 40 mW at 805 mW in backward direction. Small-signal gain up to 11 dB and noise figure as low as 3.7 dB were obtained. Using a micro-structured fibre is particularly interesting, as this allows for improving the fibre laser pump efficiency, facilitating diode pumping, and saving on the fibre length [2].

[1] A.S.L. Gomes, Proc. of SPIE 4990 (2003), 1-10; [2] C. Li et al., Photon. Technol. Lett. **17** (2005), 324-326

## SEM - Semicondutores

[04/11/05 - 08:30h - Sala 3]

**Rabi oscillations and coherence effects in two-level semiconductor systems**, H. S. BRANDI, UFRJ - RJ - Brasil, A. LATGÉ, UFF - RJ - Brasil, Z. BARTICEVIC, UTFSM - Valparaíso - Chile, L. E. OLIVEIRA, UNICAMP - SP - Brasil • Rabi oscillations in coherent optical excitations in doped GaAs and excitonic quantum dot two-level systems may be converted into deterministic photocurrents, with impurities or dots providing the tag for each qubit. Here, we use the optical Bloch equations with damping, and analyse the time evolution of the donor 1s, 2p(-), and 2p(+) states in GaAs-(Ga,Al)As quantum dots in the presence of both applied magnetic fields and a terahertz laser. We show that the pronounced confining effects of semiconductor quantum dots lead to conditions such that the 2p(+) excited donor state may lie below the continuum, originating a favorable situation concerning the coherence time of the corresponding Rabi oscillations. We also discuss the possible experimental conditions under which decoherence is weak and qubit operations are efficiently controlled. Moreover, a theoretical analysis of the damping of Rabi oscillations for excitonic two-level In(x)Ga(1-x)As quantum-dot systems leads to good agreement with corresponding experimental data. Results indicate that the nature underlying the dephasing mechanism associated with the damping of the

measured Rabi oscillations may be associated with a field-dependent recombination rate related to inhomogeneous broadening of the excitonic lines in the  $\text{In}(x)\text{Ga}(1-x)$  As two-level QD system.

[04/11/05 - 09:00h - Sala 3]

**Flutuações da função participação no modelo de Anderson bidimensional com desordem correlacionada**, F.A.B.F. DE MOURA, MARCELO LEITE LYRA, *Universidade Federal de Alagoas*, MAURÍCIO DOMINGUES COUTINHO-FILHO, *Universidade Federal de Pernambuco*  
 • Em 1958 Anderson verificou pela primeira vez que a presença de um potencial aleatório pode inibir a difusão eletrônica. O modelo de Anderson considera apenas os elementos essenciais para se estudar a natureza dos estados eletrônicos em sistemas desordenados. O Hamiltoniano contém um termo cinético que descreve o “hopping” do elétron entre átomos vizinhos na presença de um potencial aleatório. Argumentos de escala aplicados ao modelo de Anderson com desordem descorrelacionada indicaram que todos os estados de um elétron tornam-se exponencialmente localizados em uma e duas dimensões. Nos últimos dez anos, uma série de extensões do modelo de Anderson unidimensional têm sido propostas nas quais foram encontrados alguns estados estendidos ressonantes e também fases metálicas. O novo ingrediente presente nestes modelos unidimensionais é a existência de correlações de curto e longo alcance na distribuição da desordem. Recentemente, um criterioso estudo sobre o grau de localização dos estados eletrônicos em um sistema bidimensional com correlações de longo alcance foi apresentado. Utilizando diagonalização exata do Hamiltoniano 2d bem como a solução numérica da equação de Schroedinger foi mostrada a existência de uma transição metal-isolante induzida por correlações de longo alcance na distribuição de desordem. Neste trabalho estamos interessados em estudar as flutuações estatísticas da função participação. Além de uma medida direta do grau de localização dos autoestados podemos extrair detalhes da região crítica e os expoentes que controlam a divergência das quantidades características.

[04/11/05 - 09:15h - Sala 3]

**Confinamento de Fónons Ópticos em Estruturas Quasiperiódicas  $\text{SiO}_2\text{-XN}$  ( $\text{X}=\text{Ga}, \text{Al}$ )**, P. D. SE-  
 SION. JR., E. L. ALBUQUERQUE, *UFRN*  
 • O início da década de 70 foi surpreendido com o surgimento de estruturas artificiais conhecidas como super-redes. Essas estruturas são compostas de camadas alternadas de diferentes materiais. As excitações coletivas, tais como os fónons, possuem propriedades distintas em cada material, ou seja, considerando uma estrutura periódica formada por dois materiais diferentes, a excitação de um fónon na primeira camada do sistema produz campos que se propagam através das interfaces de contorno das camadas. Esses modos coletivos são caracterizados por um vetor de onda (chamado de vetor de onda de Bloch) que se propaga na direção normal às interfaces, e são chamados *modos de volume*. Se considerarmos uma estrutura finita ou semi-infinita quebramos a simetria translacional do sistema, e isso faz com que apareçam os chamados *modos de superfície*. Eles são caracterizados por terem suas am-

plitudes localizadas na vizinhança da interface que tornam a estrutura, e decaem exponencialmente com a distância da interface. Entre outras coisas, foi observado que as propriedades dessas vibrações não dependem só de parâmetros físicos como a frequência e a constante dielétrica dos materiais utilizados para formar a super-rede, mas também de propriedades estruturais, tais como suas densidades e espessuras.

Neste trabalho estudamos o confinamento de fónons ópticos nas super-redes periódicas tipo Fibonacci levando em conta a influência piezoelétrica (*strain*) no sistema. Nossa super-rede é composta pelo isolante  $\text{SiO}_2$  e os nitretos GaN e AlN. As simetrias *cúbica* e *hexagonal* dos materiais piezoelétricos envolvidos são também consideradas e seus espectros possuem interessantes propriedades físicas.

[04/11/05 - 09:30h - Sala 3]

**Confinamento de Pontos Quânticos tipo core-shell  $\text{CaCO}_3@SiO_2$** , S K MEDEIROS, E L ALBUQUERQUE, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, F F MAIA JR, E W S CAETANO, V N FREIRE, *Universidade Federal do Ceará*  
 • A formação de Nano-cristais tem atraído grande atenção, e é foco de vários estudos em todo o mundo. Isso pode ser explicado pelo crescimento tecnológico característico dos últimos anos. Ano passado foi feito um estudo de caracterização em nano-partículas de  $\text{CaCO}_3@SiO_2$  tipo carço-casca. Eles provaram que este tipo de partículas apresenta diferenças significativas quando comparadas com nano-partículas de  $\text{CaCO}_3$ , principalmente em suas propriedades de superfície. O  $\text{CaCO}_3$  apresenta uma forte interação de superfície com metais pesados, uma alta constante dielétrica e uma estrutura de bandas com gap variando de acordo com a sua fase cristalina, *Calcite*, *Aragonite* e *Vaterite*. Neste trabalho analisamos o confinamento em nano-partículas tipo Poços Quânticos  $\text{CaCO}_3@SiO_2$  usando a aproximação da massa efetiva com o  $\text{CaCO}_3$  na fase *Calcite*. Apresentaremos também as propriedades estruturais, eletrônicas e óticas da *Calcite* calculadas através do método Ab Initio usando a Teoria do Funcional da Densidade (DFT) com a Aproximação do Gradiente Generalizado (GGA).

[04/11/05 - 09:45h - Sala 3]

**Anomalia da Função Dielétrica devido a Interação Elétron-Fonon**, CARLOS A. BARBOZA, E. L. ALBUQUERQUE, *UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte*  
 • Neste trabalho estudamos a resposta de um sistema molecular via interação elétron-fonon. Consideramos dois tipos de acoplamento: a) Interação elétron-fonon óptico, como uma primeira aproximação, caracterizando um sistema totalmente bosônico; b) Interação elétron-fonon óptico caracterizando um polaron (sistema fermiônico e bosônico). O modelo gás de elétron-fonon óptico (bosônico) torna o sistema analiticamente mais simples de se trabalhar. No caso da interação elétron-fonon óptico, o sistema físico é bem mais complicado. Para esse caso usamos a aproximação de Hartree-Fock, a fim de desacoplar as equações fermiônicas no tratamento das funções de Green. A resposta do sistema molecular, será investigada através das propriedades físicas de sua função dielétrica.

## Palestras Convidadas

### Palestra Convidada

[04/11/05 - 10:30h - Sala 1]

**O UNIVERSO EM QUE VIVEMOS,**  
**JOEL CARVALHO, DF/UFRN** • A Terra gira em torno do Sol juntamente com outros oito planetas em torno dos quais orbitam satélites como a nossa Lua. Entre as órbitas de Marte e Júpiter encontra-se o chamado cinturão de asteróides, região repleta de objetos rochosos. De uma outra região mais distante, outros corpos recobertos de gelo se aproximam periodicamente do Sol e nos proporciona o espetáculo dos cometas. Isto é o nosso Sistema Solar.

O Sol é apenas uma das muitas estrelas que compõe o que chamamos a Galáxia ou Via Láctea. É um conjunto constituído de aproximadamente 200 bilhões de estrelas. A Galáxia é também constituída de nuvens de gás e poeira e um campo magnético permeia todo o conjunto. As estrelas são formadas a partir de uma grande nuvem de gás que passa por um processo de contração sob a ação da própria atração gravitacional.

Podemos imaginar o universo primitivo quando era constituído apenas de gás, principalmente hidrogênio e um pouco de hélio. A galáxias se formaram a partir de uma imensa nuvem de gás frio que girava lentamente em espaço. Num determinado momento, a nuvem começou a colapsar sobre si mesma sob o efeito da gigantesca força de atração gravitacional produzida por ela mesma. Acredita-se que este processo teve início alguns bilhões de anos após o nascimento do Universo, ou seja, há aproximadamente 10 bilhões de anos.

Na sua quase totalidade, as estrelas se agrupam formando estas grandes ilhas que chamamos galáxias. Até onde podemos ver, o número de galáxias é tão grande quanto o número de estrelas que elas possuem. Ou seja, o Universo visível é composto de mais de 100 bilhões de galáxias. Existe uma grande variedade de galáxias: irregulares, elípticas, espirais com ou sem barras. Além disto, elas podem conter no seu centro um super buraco negro que quando devidamente alimentado pelo gás do meio interestelar dá origem ao que chamamos Núcleos Ativos. Daí se formam os quasares, as rádio galáxias, os blasars, etc. Podemos observar que as galáxias distantes afastam-se umas das outras indicando que o Universo está em expansão e teve origem numa grande explosão, o Big Bang. Uma das questões mais discutidas hoje na cosmologia, além da origem e evolução do Universo, é a sua constituição. Acreditamos que o Universo seja constituído de matéria luminosa (estrelas) e de gás na forma de nuvens. Existe uma componente que não podemos observar diretamente que chamamos de matéria escura a qual ainda não sabemos de que é feita. Mais misteriosa ainda é a terceira e mais importante componente: a energia escura. Ela tem uma pressão negativa e exerce uma força gravitacional repulsiva sendo responsável pelo fato do Universo se encontrar num estado de expansão acelerada. Uma das formas propostas para a energia escura é a chamada quintessência.

### Palestra Convidada

[04/11/05 - 10:30h - Sala 2]

**Fragmentação, HANS HERRMANN, University of Stuttgart** • A fragmentação de sólidos seja por procesos naturais como trocas de temperatura ou por atividade humana como impacto ou explosão tipicamente leva a uma distribuição de tamanhos de fragmentos que segue uma lei de potência se a energia de fragmentação é maior que um certo valor. O expoente desta distribuição depende da dimensão do objeto (barra=1d, placa=2d, esfera=3d) e da dimensão na qual o objeto se move. Existe uma universalidade com respeito ao material usado e a forma como a energia é fornecida. No valor limiar de energia encontra-se uma transição de segunda ordem. Experimentos de explosão e de impacto de ovos mostram que para cascas novos expoentes são obtidos por causa da possibilidade de ruptura por flexão. Simulações com elementos discretos confirmam esta observação e dão mais informações sobre os mecanismos de fragmentação de cascas. Explosões de bolas de vidro produzem fragmentos mais longos cuja forma é caracterizada por um expoente novo de autoafinidade. Estes resultados são relevantes para melhor controlar o lixo espacial.

### Sessões Orais

#### ATG - Física da Atmosfera e Geofísica

[04/11/05 - 11:30h - Sala 5]

**Forward Modeling in Geophysical Diffraction Tomography: Born Approximation versus Finite Differences, EDUARDO TELMO FONSECA SANTOS, CEFET-BA e IGEO/UFBA, AMIN BASSREI, Instituto de Física/UFBA e CPGG/UFBA** • In the simulation of physical processes there are two steps: the forward modeling and the inverse modeling. In the forward modeling one computes the data parameters from the knowledge of model parameters. The opposite is done in the inverse modeling. In this work we compare two procedures of forward modeling, applied to geophysical diffraction tomography. From a given distribution of sources, we need to obtain the scattered field data measured in receivers. We consider the cross-hole geometry, where the sources are distributed along a borehole, and the receivers are located in a second borehole. The medium under interest is located between the two boreholes. The first procedure is the finite differences technique for the solution of the 2-D acoustic wave equation in the time domain. We use second order derivatives both for space and time domains. The second procedure is the Born first approximation for the 2-D Helmholtz equation, which is the wave equation in the temporal frequency domain. In the Born approximation approach only the primary reflections are modeled since we used the first order approximation. It presents a high computational performance because the model is linear and the output generated for each receiver is a sole number, which is the scattered field from the source frequency. The inversion is also simple and

straightforward. The first procedure has a high computational cost, although the modeling result also shows multiple reflections. Here in each receiver there is a time series, that is, the scattered field seismogram, which has to be Fourier transformed, and the desired value of frequency was picked out in order to be used as the input in the inverse modeling. The Born approximation approach had to be calibrated both in amplitude and phase in order to be compared to the finite differences approach, which we considered as reference. We show several examples where the comparison is very good and we discuss the necessity and theoretical explanation of the mentioned calibration.

[04/11/05 - 12:00h - Sala 5]

**Migração Reversa no Tempo de dados de Radar (GPR) empregando a Equação Eletromagnética da Onda,** MARCO ANTONIO BARSOTELLI BOTELHO, , MICHAEL HEIMER, *CPGG - UFBA* • A técnica de Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar - GPR) permite o imageamento detalhado de estruturas situadas na sub-superfície rasa, comumente até 30 metros, podendo atingir 60 metros em rochas ou dunas de areia seca. A sua capacidade de detectar heterogeneidades com dimensões centimétricas e decimétricas usando antenas de 700 a 1500 MHz, ou mesmo estruturas métricas, usando antenas de 50 a 500 MHz, tornam o GPR um instrumento extremamente útil nas pesquisas arqueológicas, geotécnicas, forenses, de engenharia civil e geológicas de maneira geral, entre outras aplicações. As seções de radar representam a sub-superfície investigada e é através delas que se fazem as inferências e interpretações sobre o problema investigado. Um problema encontrado nas seções em tempo é o deslocamento lateral e o falseamento de dimensão das estruturas interpretadas, tal como na sísmica de reflexão. A solução adotada até então, para corrigir tais erros, tem sido migrar os dados de GPR com os mesmos algoritmos usados na sísmica de reflexão, construídos com base na equação acústica da onda. Entretanto, no caso do GPR, a atenuação do sinal em meios condutivos tem que ser levado em conta. Este trabalho apresenta uma técnica de Migração Reversa no Tempo (MRT), baseada na aproximação bidimensional da Equação Eletromagnética da Onda, a qual leva em consideração a atenuação devido à condutividade. Esta equação foi resolvida com operadores de diferenças finitas de quarta ordem nas derivadas espaciais e de segunda ordem nas derivadas em tempo. Testamos nosso algoritmo colapsando uma hipérbole de difração gerada sinteticamente em um meio condutivo. Comparamos nosso algoritmo de migração com um algoritmo tradicional de MRT, baseado na equação acústica da onda. Os resultados obtidos revelaram um ponto difrator bem definido pelo colapso de hipérbole com a equação eletromagnética, com amplitude muito mais forte que o resultado obtido com a equação acústica. O resultado indica que a propagação reversa do sinal eletromagnético, considerando os fatores que concorreram para a atenuação do sinal, recupera em parte a energia atenuada, gerando imagens mais bem definidas. O método acima descrito, foi também aplicado em outros modelos sintéticos, e ainda em dados reais, registrados em terrenos carbonáticos, gerando imagens nítidas e com

fortes amplitudes.

[04/11/05 - 12:15h - Sala 5]

**The seasonal plasma bubble behavior observed at São João do Cariri (7°13'S; 35°52'W) by a all sky imager in the OI 630,0 nm airglow emission,** IGO PAULINO, AMAURI FRAGOSO DE MEDEIROS, RICARDO ARLEN BURITI, *Aerolume - DF - UFCA - Brasil*, HISAO TAKAHASHI, *INPE - Brasil* • The study of the ionospheric irregularities or plasma bubbles is very important for to understand the dynamics process of the high atmosphere. The variability is a determined element in the preview of the space weather, thus the short time preview of the behavior of the bubbles is indispensable for the plain of the activities and the system of special application. In this paper we present results of two years (from September 2000 to August 2002) of observations of the plasma bubbles through imager all sky data localized placed at São João do Cariri. The plasma bubble showed a seasonal behavior characterized by appear between months September and March of the two years observed, while in the others months we detect few times the plasma bubble. However, we can see too that during the equinox months the occurrence peak of the bubbles happened more early (20:30 LT) than summer months where the occurrence peak was around of 21:30 until 23:30 LT (Local Time). In the summer the plasma bubble occurrence was larger than equinox months. The dynamics conditions of ionospheric plasma are dominated by electromagnetic drift ExB and depended of the conductivity across field magnetic lines in the E conjugates regions and, thus, the alignment between the magnetic meridian and the solar terminate is the responsible by bubble seasonal variation, as well as, by major occurrence this phenomenon in the summer months. Acknowledgments: **This paper is supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).**

## ENS - Ensino de Física

[04/11/05 - 11:30h - Sala 2]

**A EDUCAÇÃO NO USO RACIONAL DE ENERGIA,** KALINKA WALDEREA ALMEIDA MEIRA, JOSÉ FIDELIS FILHO, *Companhia Energética da Borborema - CELB, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB* • A história da humanidade tem se caracterizado pela interferência do homem na natureza, que a transforma com a finalidade de aproveitar seus recursos para o atendimento de suas necessidades. Nesses processos está sempre presente a energia. No Brasil, a apresentação dos conteúdos relacionados ao uso racional de energia, através da educação, conta com uma estrutura que necessita ser revista. É com base nessas preocupações que esse trabalho busca identificar abordagens metodológicas que permitam considerar o uso racional de energia como elemento integrador de temas transversais e formador de conceitos, baseado em elementos de planejamento do uso energético, para a construção da cidadania. Podendo servir como ponto de partida para promover uma nova visão dos conceitos didáticos e pedagógicos partindo de ferramentas efetivas para os processos de ensino-aprendizagem

tendo potencial de auxiliar os educadores desses segmentos no planejamento do ensino. Este trabalho realizado no período de 16 de fevereiro à 29 de abril de 2005 foi desenvolvido na CELB, juntamente com a Universidade Estadual da Paraíba, em parceria com escolas através dos seus alunos. Esses alunos foram recepcionados na Super Estação de Energia e sete por cento deles selecionados para análise do seu consumo de energia elétrica através das suas contas mensais de energia. O programa segue enfatizando sempre o uso racional de energia, como a energia é gerada e distribuída, cuidados com eletricidade além de noções de preservação do meio ambiente, isso se dá, com a exibição de vídeos, palestras e também no laboratório através de experimentos que mostram um pouco da história da eletricidade e seu desenvolvimento. Participou do estudo 2620 alunos e 185 foram analisados. Através das contas mensais de energia elétrica desses alunos selecionados, foi feita a avaliação para medir os resultados do projeto. A partir da amostra, verificou-se que cinquenta e três por cento dos alunos selecionados, obtiveram redução do seu consumo mensal de energia elétrica, enquanto que quarenta e quatro por cento aumentaram e apenas três por cento permaneceram com o seu consumo inalterado. Diante dos resultados conclui-se que o programa é viável e importante, e deve ser estendido para o público em geral atendendo não apenas alunos, mas sim, um número bem mais diversificado de pessoas. Palavra-chave: Uso racional de energia elétrica, ensino e cidadania.

[04/11/05 - 11:45h - Sala 2]

**MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DO OSCILADOR ELÉTRICO NÃO-LINEAR DE VAN DER POL,** GILSON MOTA MACHADO JÚNIOR, JOSEMIR DA CRUZ ALEXANDRINO, ELIAS RAMOS-DE-SOUZA, *Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia* • Apresentamos, neste trabalho, um estudo sobre a modelagem, simulação e implementação experimental do oscilador de van der Pol, como instrumento didático que auxilie alunos de graduação, em diferentes áreas do conhecimento, na melhoria da compreensão do comportamento de sistemas não-lineares. A abordagem deste tema vem ao encontro da tendência crescente nas últimas décadas, por parte de pesquisadores de inúmeras especialidades científicas, de valorização do estudo de fenômenos e sistemas não-lineares, o que já vem constituindo uma nova disciplina, denominada de teoria dos sistemas complexos ou ciência do não-linear. A investigação dos efeitos das não-linearidades no comportamento de sistemas físicos contrasta, entretanto, com a tradição, nas diferentes modalidades de ensino, do estudo de sistemas lineares, nos quais os fenômenos são descritos por modelos caracterizados pela proporcionalidade entre causas e efeitos, os quais não representam, em grande parte, a riqueza de comportamento dos sistemas reais. Neste sentido, a introdução de conteúdos e modelos que ilustram o comportamento de sistemas complexos não-lineares, através de exposições dialogadas e de atividades experimentais, ajudará na formação de profissionais em diferentes áreas do conhecimento. Neste trabalho,

a partir da realização de pesquisa bibliográfica, nós projetamos um circuito elétrico, contendo um amplificador operacional (AMOP-741), com as propriedades do oscilador de relaxação de van der Pol, dotado de uma resistência elétrica negativa. O circuito elétrico foi, então, modelado em termos de equações diferenciais ordinárias não-lineares, seguida de análise qualitativa do comportamento do sistema na vizinhança de pontos fixos e da sua simulação computacional em programa desenvolvido no Matlab. Finalmente, o circuito foi montado em bancada mostrando convergência entre os resultados da análise matemática, das simulações computacionais e dos experimentos. Além de permitir o trabalho simultâneo com ferramentas teóricas, computacionais e experimentais, este trabalho introduz o estudo de um sistema não-linear clássico. Constatando com as oscilações elétricas geralmente estudadas em cursos de graduação, o oscilador de van der Pol apresenta oscilações cujas propriedades são independentes das condições iniciais e cuja trajetória estacionária no espaço de fases corresponde a um ciclo limite, ou seja, ele é caracterizado por oscilações auto-sustentadas, cujas amplitudes e frequências dependem apenas de parâmetros do próprio sistema.

[04/11/05 - 12:00h - Sala 2]

**Coletânea e desenvolvimento de recursos didáticos (manuais e computacionais) para o ensino de óptica,** ELIZ CARLA DE SOUZA COELHO, ELDER A. VASCONCELOS, FRANCISCO G. BRADY MOREIRA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco* • O ensino da física é visto, por muitos, como difícil e cansativo, tanto para professores quanto para os alunos. Como forma de superar essas adversidades, materiais de fácil aquisição e baixo custo podem ser usados na montagem de experimentos que despertam o interesse dos alunos, facilitam o trabalho do professor, auxiliam no processo de ensino-aprendizagem e, principalmente, aproximam os estudantes da física presente no cotidiano. Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver experimentos demonstrativos relacionados com a óptica, com o máximo possível de materiais de fácil acesso. Onde cada demonstração experimental foi posta num roteiro que contém: o título, o objetivo, os materiais utilizados, a montagem, o efeito esperado induzindo a formulação dos conceitos e a conclusão que os alunos devem apresentar. Um fator importante a se destacar, é que a maioria desses experimentos pode ser apresentada dentro da própria sala de aula, visando a praticidade e a deficiência de laboratórios em muitos colégios. Porém, como é cada vez maior o acesso a computadores e a Internet, que possui um vasto e diversificado ambiente de recursos, fizemos uma coletânea, treinamento e desenvolvimento de recursos computacionais. As pesquisas realizadas na Internet, livros, revistas, demonstrações áudio-visual, Kits de laboratório e softwares de demonstração comerciais que tratam dos assuntos relacionados aos experimentos demonstrativos desenvolvidos, indicados no objetivo principal, possibilitaram a realização de uma coleta (listagem) que fornece os lugares e materiais onde podem ser encontrados mais recursos. E, além disso, forneceram elementos

(fotos, figuras, animações, simulações e pequenos filmes) para o treinamento e desenvolvimento de recursos computacionais: - utilização do software Power Point em conjunto com o Producer for Windows para a elaboração de apresentações multimídia; - utilização do Windows Movie Maker 2 para edição de filmes; - produção de figuras animadas; - elaboração de simulações e gráficos animados; e - produção e gravação de CDs e DVDs. Experiências em sala de aula mostram que atividades como esta, seja utilizando materiais simples do dia a dia, ou os recursos tecnológicos atuais, despertam o interesse dos alunos, contribuindo para a ocorrência de aulas mais dinâmicas e produtivas.

[04/11/05 - 12:15h - Sala 2]

**Divulgação Científica realizada pelo Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência do Departamento de Física da Universidade Federal do Maranhão.**, GEISE MARJORE F MENDES, , GLAUCY DE FÁTIMA N SILVA, PAULO ROGÉRIO D PINHEIRO, MARIA ELIANA A. LIMA, MICHELLE SENA R DE ARAÚJO, RONALDO NEVES DE MOURA, CARLOS CÉSAR COSTA, ANTONIO JOSÉ SILVA OLIVEIRA., *Departamento de Física - UFMA, Brasil*, CLOVIS BOSCO MENDONÇA OLIVEIRA, *Departamento de Engenharia Eletrica - UFRN, Brasil* • O LDC IlhaCiência, vinculado ao Departamento de Física da UFMA, nasceu de uma iniciativa em âmbito nacional de divulgação da ciência. Teve seu início com um curso Mirim de Física, com o objetivo de divulgação de ciência na comunidade local, popularizando e desmistificando a ciência e a tecnologia bem como ressaltando sua dimensão. Hoje Faz parte do IlhaCiência, além do mirim de Física, palestras de divulgação científica, confecção de material didático e experimental, organização e divulgação de exposições científicas, orientação para exposições e feiras de ciências e cursos de formação para professores de ciências. O LDC IlhaCiência já realizou uma intensa programação de divulgação científica, realizando conferências e mostra científicas em bairros, shopping, em escolas, em congressos, dentro do estado e fora do Estado. O espaço do IlhaCiência é constituído de um salão para exposição permanente, sala de computação e auditório. Como suporte para confecção dos experimentos, utiliza-se a oficina eletromecânica do Departamento de Física - UFMA. No momento estamos em processo de consolidar o Laboratório no Maranhão, para o qual conta com um casarão no centro histórico de São Luís e com o projeto arquitetônico para a obra. No presente trabalho apresentaremos os principais experimentos confeccionados no IlhaCiência para uma melhor compreensão de fenômenos físicos e os resultados que o laboratório trouxe como motivador no ingresso no curso de física. Também serão apresentados alguns experimentos no Encontro.

## EST - Física Biológica

[04/11/05 - 11:30h - Sala 1]

**Análise Comparativa de Modelos Angiogênicos de Diferentes Terapias do Câncer**, FLORA SOUZA BACELAR, SUANI TAVARES RUBIM

DE PINHO, ROBERTO FERNANDES SILVA ANDRADE, *Grupo Física Estatística e Sistemas Complexos (FESC), Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia* • Atualmente, a angiogênese (neo-vascularização) é considerada um mecanismo essencial para a invasão local do tecido e a formação de metástase em doenças neoplásicas. Conseqüentemente, a terapia anti-angiogênica, por ser não citotóxica, tem sido proposta concomitantemente ou como estratégia alternativa às terapias citotóxicas (radioterapia e quimioterapia). Diferentes modelos têm sido propostos para descrever a angiogênese [1]. Embora a maioria dos modelos seja baseada em equações diferenciais parciais de reação-difusão, aspectos globais do comportamento da angiogênese podem ser obtidos através de modelos em equações diferenciais com retardo temporal. Esta escolha decorre do fato do processo de angiogênese começar depois que o tumor atinge um tamanho limiar. Neste trabalho, propusemos um sistema de equações diferenciais com retardo temporal que simula o tumor, em presença da angiogênese. Três tipos de células são identificados: células normais e cancerosas, que competem entre si por nutrientes, além de células endoteliais (CE), cuja presença é responsável pela angiogênese. Em presença do tumor, as CE produzem grandes quantidades de substâncias estimuladoras do crescimento do tumor e pequenas quantidades de inibidores deste processo. Para as situações sem tratamento supusemos que, no estágio pré-vascular, o tumor e as células cancerosas coexistem; no entanto, no estágio vascular, devido às CE, as células cancerosas vencem a competição com as células normais. Com base nestes pressupostos, comparamos o efeito da quimioterapia e da terapia anti-angiogênica, assumindo que a primeira age sobre as células normais e cancerosas, enquanto que a segunda age apenas sobre as células endoteliais. Com base na teoria de estabilidade local e em simulações numéricas, concluímos que: (a) a terapia anti-angiogênica é hábil para reduzir o tumor, mas não o elimina; (b) baixa dosagem quimioterápica é capaz de eliminar tumores em estágio inicial; em caso de tratamento tardio, seu tamanho final é maior do que o previsto pelo mesmo modelo sem angiogênese [2]; (c) como a terapia anti-angiogênica não é citotóxica, ela pode ser mais eficiente na redução do tumor. O efeito combinado das duas terapias pode eliminar tumores em estágio mais avançado sem produzir um efeito citotóxico significativo sobre as células normais. [1] L. Preziosi, *Cancer Modelling and Simulation*, Chapman & Hall/CRC, London (2003). [2] S. T. R. Pinho, H. I. Freedman, and F. Nani, *Mathl. Comput. Modelling* **36**, 773 (2002).

[04/11/05 - 11:45h - Sala 1]

**Abordagem Analítico-Estocástica de Doenças Priônicas**, JOSÉ CARLOS CRESSONI, ARLAN DA SILVA FERREIRA, *Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas*, MARCO ANTÔNIO ALVES DA SILVA, *Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP - Ribeirão Preto* • Doenças Priônicas são doenças causadas por proteínas denominadas Prions. Dentre elas podem ser citadas as doenças de Creutzfeldt-Jacob (CJD) e sua Variante, a vCJD, que acometem humanos. A vCJD é causada pelo consumo de carne bovina contaminada com a

BSE (Bovine spongiform Encephalopathy) conhecida popularmente como a doença da vaca louca. Neste trabalho será apresentado um modelo para a determinação das propriedades estatísticas do tempo de incubação da BSE com base em uma reação do tipo Michaelis-Menten para explicar o mecanismo de replicação da proteína infecciosa. Os resultados obtidos pelo modelo produzem excelente concordância com as observações experimentais de ocorrência da doença. A abordagem estocástica é complementada por simulações computacionais levando ultimamente à elaboração de um modelo capaz de produzir uma forma fechada para a distribuição de probabilidade do tempo de incubação.

[04/11/05 - 12:00h - Sala 1]

**Análise do número de vizinhos no crescimento da neoplasia utilizando um modelo baseado em redes complexas.**, VIVIANE MATOS GALVÃO, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • Neste trabalho propomos um modelo de crescimento para o câncer. Na literatura encontramos muitos modelos que utilizam autômatos celulares, contudo essa teoria tem limitações quanto à inclusão da metástase e da mudança de densidade no tumor. Desta forma, utilizamos redes complexas (redes aleatórias e livres de escala), pois estas permitem a inclusão desses fatores, devido não ter número fixo de vizinhos e assim poderem evoluir dinamicamente com o tempo. O modelo possui quatro tipos de sítios (vazio, proliferativo, não-proliferativo e necrosado) e uma matriz de recursos associada. Ele também inclui a angiogênese e a mudança de densidade nos sítios. Como resultado temos que a neoplasia é melhor descrita por uma rede aleatória que tem entre três a seis graus inicialmente e que a dinâmica de crescimento do modelo se estabiliza para vizinhanças superiores a 30, na rede aleatória. Também se observa uma mudança no comportamento quando temos entre três e cinco graus inicialmente, e encontramos uma boa aproximação quando comparamos a dinâmica de crescimento do modelo com a equação de Gompertz.

[04/11/05 - 12:15h - Sala 1]

**On the properties of the topological and weighted networks obtained from the tuberculosis endemic process in Olinda**, HALLAN SOUZA E SILVA, RITA MARIA ZORZENON DOS SANTOS, *Departamento de Física - UFPE - Brasil*, ANA AMADOR, SILVINA PONCE-DAWSON, *Departamento de Física - UBA - Argentina* • Recently we have studied the dynamics of the endemic process of Tuberculosis (TB) in Olinda, a town on the northeast of Brazil, whose TB incidence and mortality rates are greater than the country average. From the annual spatial distribution of cases per census tract (CT - an administrative district corresponding to 300 households) during the period 1996-2000, we have obtained the topological (or geographical) network that allow the short-range interactions, which are responsible for the dissemination process. This network is constructed by the superposition, during the entire period, of the annual connectivity distribution between neighbor census tracts with at least one case of TB. We have also obtained the weighted network for this endemic

process by associating to each node of the topological network the number of TB cases that occurred during the entire period. Here we analyze the properties of both networks (topological and weighted) by using the usual quantities [1,2] adopted to characterize the behavior of complex networks. From the results obtained, we conclude that the topological network belong to the class Small World ones. In the case of the weighted network, we have shown that it belongs to the scale-free class.

[1] Réka Albert; Albert-László Barabási. Statistical mechanics of complex networks. *Rev. Mod. Phys.*, 74:47-97 (2002).

[2] Illés J. Farkas; Imre Derényi; Albert-László Barabási; Tamás Vicsek. Spectra of "real-world" graphs: Beyond the semicircle law. *Phys. Rev. E*, 64(026704) (2001).

[3] A. Barrat; Marc Barthélemy; R. Pastor-Satorras; A. Vespignani. The architecture of complex weighted networks. *PNAS*, 101:3747-3752 (2004).

## MAG - Magnetismo

[04/11/05 - 11:30h - Sala 4]

**Comportamento crítico do modelo XY em campo aleatório para sistemas amorfos**, DOUGLAS F. DE ALBUQUERQUE, SANDRO R. L. ALVES, *UFS*, A. S. DE ARRUDA, *UFMT*, VALDENBERG A. SILVA, *UFS* • Vários sistemas físicos tais como filmes magnéticos finos, campo aleatório, amorfos entre outros, têm sido de considerável fonte de interesse nas últimas duas décadas. O problema do modelo de Ising em presença de campo aleatório (Random Field Ising Model - RFIM) continua sendo alvo de estudos ambos teórico e experimental. Muitas questões associadas ao modelo RFIM ferromagnético tem sido, muito recentemente, objeto de estudo diversos pesquisadores e várias questões ainda necessitam ser respondidas a exemplo da exata relação entre o RFIM e o anti-ferromagneto diluído em campo uniforme. Neste trabalho nós empregamos a técnica do operador diferencial e a teoria de campo efetivo para estudar o comportamento crítico do RFIM na versão XY de spin-1/2. Os diagramas de fase nos planos  $T - H$  e  $T - \alpha$  para uma rede cúbica para cluster de dois spins são obtidos. A obtenção de pontos tricríticos, fenômeno de reentrância e influência da amorfização sobre a temperatura são discutidas.

[04/11/05 - 11:45h - Sala 4]

**Correlação de chiralidade de paredes de domínio em bicamadas vicinais**, GUSTAVO O. G. REBOUÇAS, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, ANA L. DANTAS, *University of Colorado at Colorado Springs*, A. S. CARRIÇO, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte* • Substratos AF são amplamente usados para estabilizar domínios em dispositivos magnetoeletrônicos, contendo multicamadas magnéticas, como a válvula de spin. A ação do substrato antiferromagnético (AF) sobre um filme ferro (F) é de grande interesse tecnológico uma vez que a presença do substrato AF pode alterar propriedades magnéticas relevantes da camada ferromagnética. A to-



pologia da interface é parte importante nessas estruturas, uma vez que estes parâmetros nanométricos podem ter uma influência considerável nas propriedades magnéticas em escala macroscópica, como a intensidade efetiva do acoplamento F/AF. Apesar do avanço nas técnicas de crescimento, o controle da qualidade da interface está limitado a uma monocamada atômica. Um substrato AF uniaxial vicinal apresenta duas subredes expostas periodicamente à interface. Este tipo de substrato pode ser usado para investigar propriedades de interfaces rugosas. Estudamos o impacto do acoplamento de interface sobre a histerese de um filme F, tendo a célula unitária de simulação uma fração de spins de cada uma das duas subredes do material AF. A interface contém terraços com largura L. Investigamos dois casos distintos, correspondentes a vicinalidade ao longo do eixo de anisotropia do AF e perpendicularmente ao eixo de anisotropia, destacando os efeitos magnetostáticos que diferenciam estas duas estruturas. A existência de degraus perpendiculares ao eixo de anisotropia favorece a formação de paredes de domínio com carga magnética, estabelecendo uma correlação de chiralidade das paredes de domínio.

[04/11/05 - 12:00h - Sala 4]

**Medidas de magnetoresistência em bicamadas Py/Cu,** THATYARA FREIRE, CHARLIE SALVADOR, CARLOS CHESMAN, *DFTE - UFRN* • Nas últimas décadas os filmes finos magnéticos e suas propriedades têm atraído o interesse de pesquisadores devido à aplicação que tais propriedades possuem na indústria de gravação magnética e por sua importância no aprofundamento do estudo da física envolvida nestes sistemas. Portanto é necessário fazer a caracterização dos filmes para determinar suas principais características e aplicações. Uma técnica bastante utilizada consiste em fazer medidas de magnetoresistência: a variação da resistência elétrica devido à aplicação de um campo magnético externo. O método tradicional é usar a técnica de quatro-pontas, aplicar uma corrente nos extremos da amostra e medir a diferença de potencial no centro. Montamos no DFTE um aparato para fazer medidas de magnetoresistência, composto por um eletroímã alimentado por uma fonte de corrente (10 V e 10 A, bipolar) fabricada no LNLS e controlada por um computador via placa conversora CAD1236/Lynx, um ohmímetro, um porta-amostra e um gaussímetro digital. As amostras são cortadas em formato quadrado com 4 mm de lado e devido às suas pequenas dimensões as pontas de contato ficam espaçadas de 1,2 mm. Elas são posicionadas contra o filme por intermédio de pequenas molas que impedem que uma pressão maior danifique o filme. Utilizamos uma configuração que simula quatro-pontas, pois o ohmímetro possui uma configuração que simula quatro-pontas com apenas dois terminais. Por fim, os sinais são enviados ao computador, através da interface GPIB. De posse da informação do campo e da resistência é traçada a curva de magnetoresistência. Neste trabalho descreveremos o processo de montagem e apresentaremos curvas de magnetoresistência na configuração transversal, de filmes ultrafinos de Permalloy (Py) depositados em vidro e sobre uma camada de Cobre (Cu), com a espessura de Py variando entre 10Å e 90Å de maneira

que a espessura total (Cu e Py) é 100Å, mostrando campo de saturação em volta de 50 Oe e variação de 5

[04/11/05 - 12:15h - Sala 4]

**Crystal-field effects in the intermediate valence compounds  $\text{Yb}_2\text{M}_3\text{Ga}_9$  ( $\text{M} = \text{Rh}, \text{Ir}$ ),** NELSON O. MORENO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe*, A. LOBOS, A. A. ALIGIA, *Centro Atômico Bariloche and Instituto Balseiro, 8400 S.C. de Bariloche, Argentina*, S. BOBEV, J. L. SARRAO, P. G. PAGLIUSO, J. D. THOMPSON, C. D. BATISTA, *Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545, USA*, Z. FISK, *Department of Physics, University of California, Davis, California 95616, USA* • The intermediate valence compounds  $\text{Yb}_2\text{M}_3\text{Ga}_9$  ( $\text{M} = \text{Rh}, \text{Ir}$ ) exhibit an anisotropic magnetic susceptibility. Magnetic susceptibility, heat capacity, and electrical resistivity measurements have been carried out on single crystals of the intermediate valence compounds  $\text{Yb}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$  and  $\text{Yb}_2\text{Ir}_3\text{Ga}_9$ . These measurements reveal a large anisotropy due apparently to an interplay between crystalline electric field (CEF) and Kondo effects. The temperature dependence of magnetic susceptibility can be modelled using the Anderson impurity model including CEF within an approach based on the non-crossing approximation. Here, we report two examples of mixed-valence systems,  $\text{Yb}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$  and  $\text{Yb}_2\text{Ir}_3\text{Ga}_9$ , in which the CEF and Kondo energy scales are of the same order of magnitude.[1] We discuss a method based on the simple approximation scheme of Zwignagl et al. for calculating dynamical and static properties for these types of systems.[2] The novelty of the method is that, in addition to the usual CEF effects, it also incorporates the important consequences of having different hybridization amplitudes  $V(m)$  between the CEF orbitals and the conduction band. The calculated magnetic susceptibility,  $\chi(T)$ , provides a quantitative description of the measured susceptibility in  $\text{Yb}_2\text{M}_3\text{Ga}_9$  ( $\text{M} = \text{Rh}, \text{Ir}$ ). We show that for  $\text{Yb}_2\text{Ir}_3\text{Ga}_9$  a single hybridization  $V(m)$  is sufficient to describe the data, whereas for  $\text{Yb}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ , two hybridizations are necessary to adequately describe our results. These results corroborate the importance of crystal field effects in these materials.

- [1] N. O. Moreno *et al*, Phys. Rev. B **71**, 165107 (2005).  
 [2] G. Zwignagl, V. Zevin, and P. Fulde, Z. Phys. B: Condens. Matter **79**, 365 (1990).

## MAT - Caracterização de Novos Materiais

[04/11/05 - 11:30h - Sala 3]

**Preparação e Caracterização de Compósitos  $\text{TiO}_2$ /Polianilina,** FABIANO T. DE LIMA, *Pós-Graduação em Ciência dos Materiais - UFPE - Brasil*, CELSO P. DE MELO, *Departamento de Física - UFPE - Brasil* • Neste trabalho relatamos trabalhos voltados para a preparação e caracterização de compósitos de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) com polianilina (PANI), um polímero condutor, com o objetivo de preparar materiais ativos para uso em sistemas fotovoltaicos. A combinação das características especiais de transporte da polianilina

com as bem conhecidas propriedades fotoativas do  $TiO_2$  pode levar ao desenvolvimento de dispositivos promissores onde o compósito  $TiO_2$ /PANI estaria distribuído no interior de uma matriz polimérica formando heterojunções. A técnica de polimerização por emulsão foi usada para a preparação do compósito, sendo o tempo de centrifugação o parâmetro de controle usado para a seleção do tamanho de partícula, que foi determinado usando um analisador Nano Zetasizer ZS90. A incorporação das micropartículas do compósito  $TiO_2$ /PANI em diferentes matrizes poliméricas, como o poliacetato de vinila, foi analisada. O material finalmente obtido foi inicialmente caracterizado por espectroscopia na região do ultravioleta-visível, difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura. As características elétricas das diferentes amostras obtidas foram investigadas pelo uso da espectroscopia de impedância e por medidas de fotocondutividade. Os resultados preliminares confirmam que compósitos  $TiO_2$ /PANI representam de fato um material promissor para uso em sistemas fotovoltaicos. [Apoio CNPq, CT-ENERG]

[04/11/05 - 11:45h - Sala 3]

**Análise química e física de hidroxiapatita pura e dopada com Cr<sup>3+</sup>,** TATIANA SANTOS DE ARAUJO, MÁRIO E. G. VALERIO, ZÉLIA S. MACEDO, PETRUS D'AMORIM S. CRUZ DE OLIVEIRA, UFS - SE - Brasil, UFS - SE - Brasil, UFS - SE - Brasil, UFPE - PE - Brasil • As cerâmicas de fosfato de cálcio têm sido amplamente investigadas para substituição óssea devido à semelhança destes compostos com a fase mineral de ossos e dentes. Por serem formadas basicamente de cálcio e fósforo, participam ativamente do equilíbrio iônico entre o fluido biológico e a cerâmica. Como a hidroxiapatita (HAP,  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) ocupa posição de destaque entre os biomateriais, o presente trabalho usa o método da precipitação química para produção de nanocristais de HAP pura e dopada a fim de estudar o seu comportamento químico e físico. O caráter não carcinogênico e fluorescente do cromo trivalente fazem deste um excelente dopante, pois permite o sensoriamento da HAP no fluido corpóreo. Os nanocristais de hidroxiapatita foram caracterizados usando as técnicas de difracterometria de raio-x (XRD), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise por energia dispersiva de raio-x (EDX) e análise térmica. Através da XRD foi possível identificar as fases cristalinas dos precipitados obtidos, assegurando a formação da HAP. A MEV acoplada ao EDX possibilitou a análise de detalhes da estrutura microscópica da superfície dos corpos cerâmicos, além de identificar os componentes do material para cálculo da razão Ca/P. As micrografias indicam que as amostras são heterogêneas apresentando nanocristais bem formados com granulação variável. A concentração das espécies químicas varia nas diferentes regiões da HAP e se mostra dependente do processo de produção. A análise térmica possibilitou a avaliação da estabilidade térmica do material. É provável que a perda de massa em 100°C corresponda à eliminação de moléculas de água acompanhada das reações que produzem a HAP. Estudos estão em curso no sentido de identificar todas as reações envolvidas no processo.

[04/11/05 - 12:00h - Sala 3]

**Raman scattering study of nanosized-TiO<sub>2</sub> anatase dispersed into a porous vycor glass,** B.C.VIANA, A.G.SOUZA FILHO, J.MENDES FILHO, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, I.O. MAZALI, O.L. ALVES, Laboratório de Química do Estado sólido, Universidade Estadual de Campinas • Nanostructured materials are the subject of intense investigation due to their remarkable properties when compared with their bulk counterparts. The size-induced phenomena are interesting their own and open up unique opportunities not only for using these properties in novel applications but also for improving the current technology. In this scenario integrated chemical systems (ICS) are set apart owing its complexity and the possibility of combining different nanosystems for getting materials with a designed functionality. For instance, nanocrystal growth in the cavities of a porous host is an attractive ICS because environment using the porous as nanoreactors. Besides the such as system be very promising for catalysis it also important studying the size-induced properties of the guest material as well. In this work we report the synthesis and characterization of TiO<sub>2</sub> nanocrystal dispersed into a porous vycor glass. We have obtained very small TiO<sub>2</sub> nanocrystals in the anatase form. The nanocrystal size is controlled via the mass increment only thus preventing the growth through the coalescence process. The nanocrystal size was monitored through transmission electron microscope and Raman scattering. The E<sub>2g</sub> lowest frequency mode experiences an upshift and becomes broader as the nanocrystal size decreases. This phenomenon is attributed to to a size-induced effect and we analyzed it based on a phonon confinement model. As the nanocrystal size gets smaller the phonon confinement involves large  $q$  values and the maximum intensity of the Raman peak follows the same trend of the phonon dispersion relation.

[04/11/05 - 12:15h - Sala 3]

**Kinetics of the internal electric field in congruent lithium niobate,** FARSHAD YAZDANI, Universidade Federal de Pernambuco, MICHAEL L. SUNDHEIMER, SERGIO B. DA SILVA, Universidade Federal Rural de Pernambuco • Understanding the switching kinetics of 180° domains in  $LiNbO_3$  is extremely important for the fabrication of photonic devices using domain micro-engineering. It is well known that after stable domain inversion, the poling field ( $E_P$ ) of congruent lithium niobate is lower due to an internal field ( $E_{int}$ ) of about 25 kV/cm oriented anti-parallel to the spontaneous polarization ( $P_S$ ) (state II) [1], reorienting parallel to  $P_S$  (state I) after weeks to months at room temperature. We refer to this field as the slow component of  $E_{int}$  [2]. Here we show measurements of a further reduced poling field for a few hundred milliseconds after an unstable domain inversion (inversion followed by spontaneous backswitching), revealing the presence of a fast component of  $E_{int}$ . We use a defect dipole model to qualitatively explain the results. Experiments were performed on 500 $\mu$ m thick, single domain, z-cut, congruent  $LiNbO_3$  wafers in state I. A 2-ms poling pulse was applied, with abrupt removal leading

to backswitching. A test poling pulse of 1-ms duration and of variable amplitude ( $E_P$ ) and time delay was used to measure the temporal variation of the poling field after backswitching. We found that  $E_P$  is reduced to 150 kV/cm immediately after backswitching and recovers to 220 kV/cm with a time constant of 50 ms. This indicates a fast  $E_{int}$  of 35 kV/cm. Our results can be qualitatively explained by a model based on the lithium vacancy ( $V_{Li}$ )<sup>-</sup> and the niobium antisite ( $Nb_{Li}$ )<sup>4+</sup> dipolar defects. These defects introduce a dipole moment primarily along the polar z-axis and lead to effective internal fields [3]. We propose that during inversion of  $P_S$  the ( $Nb_{Li}$ )<sup>4+</sup> dipole is driven essentially instantaneously to its new orientation, while the ( $V_{Li}$ )<sup>-</sup> defects remain in the same positions due to their negligible ionic conductivity. When the applied field is abruptly removed, the inverted  $P_S$  will backswitch almost instantly, while the ( $Nb_{Li}$ )<sup>4+</sup> defects gradually relax to their original positions. The anti-parallel ( $Nb_{Li}$ )<sup>4+</sup> and  $P_S$  dipoles result in a lower poling field. Thus we conclude that this defect reorients with a time constant on the order of 50 ms. [1] V. Gopalan, T. E. Mitchell, Y. Furukawa and K. Kitamura, Appl. Phys. Lett. 1981-1983, 72 (1998). [2] V. Gopalan and T. E. Mitchell, J. Appl. Phys. 941-954, 83 (1998). [3] S. Kim and V. Gopalan, K. Kitamura and Y. Furukawa, J. Appl. Phys. 2949-2963, 90 (2001).

## Painéis

### AFC - Astrofísica, Cosmologia, Física Nuclear e de Partículas

[04/11/05 - P231]

**Considerações sobre o Universo como um todo,** VANESSA PEREIRA DA SILVA, ANA ALICE RODRIGUES SOBREIRA, *Universidade Estadual da Paraíba-PB* • No trabalho sobre considerações sobre um Universo como um todo se nos interrogarmos como devemos imaginar o mundo, a resposta mais imediata que nos apresenta é a seguinte: O Universo é infinito no espaço (e no tempo). Em toda parte existem estrelas, de modo que a densidade da matéria, embora varie muito nos detalhes, é na média a mesma em toda parte. Dito com outras palavras: por mais longe que viajemos através do Universo, em toda parte haveremos de encontrar uma multidão esparsa de estrelas fixas, mais ou menos das mesmas espécie e densidade.

Esta concepção é incompatível com a teoria de Newton. Esta exige que o Universo tenha, pelo contrário, uma espécie de centro onde a densidade das estrelas seja máxima, e que a partir deste centro a densidade das estrelas vá diminuindo, dando lugar a um vazio infinito e distâncias muitos grandes.

As especulações sobre a estrutura do mundo também se voltaram para uma direção inteiramente diferente. Com efeito, o desenvolvimento da geometria não euclidiana levou ao conhecimento de que é possível por em dúvida a infinitude do nosso espaço sem que entremos em conflito com a experiência.

De acordo com a Relatividade Geral, as propriedades geométricas do espaço não são independentes da matéria, mas são por elas condicionadas. Só poderemos, portanto, afirmar alguma coisa sobre a estrutura geométrica do Universo quando construirmos nossas considerações admitindo que seja conhecido o estado da matéria.

Neste trabalho trataremos o valor heurístico da Teoria da relatividade, o contínuo euclidiano e não euclidiano e a solução do problema da gravitação com base no princípio da relatividade, de modo que sem muitos cálculos poderemos fazer considerações sobre o Universo como um todo. A Relatividade juntamente com a gravitação constitui seguramente o ramo da física que tem experimentado maior interação e proximidade com os alunos do ensino superior e médio, constituindo-se hoje em um dos mais ricos ramos do conhecimento físico, não somente do ponto de vista do desenvolvimento das teorias físicas dos modelos cosmológicos, como também pelas ferramentas que fornece para o exercício das atividades científicas e tecnológicas na área de física aplicada, daí termos considerado importante uma explicação inicial sobre os conceitos não só da relatividade geral como também da relatividade restrita, estudando o conceito da massa inerte e comparando com o buraco negro.

[04/11/05 - P232]

**Modelos de universo na cosmologia Newtoniana com constante cosmológica,** JOSÉ ARIMATEIA DOS SANTOS ARAÚJO, *UEPB-PB-Brasil*, GEUSA DE A. MARQUES, *UFCG-PB-Brasil*, V. B. BEZERRA, *UFPB-PB-Brasil* • A cosmologia Newtoniana propõe explicar a origem e a evolução do Universo no contexto da física clássica, com base na mecânica Newtoniana. Para isso são acrescentadas algumas hipóteses básicas, elaboradas com base na teoria da relatividade geral de Einstein com o objetivo de obter-se alguns resultados, com considerável precisão, sobre os modelos homogêneos e isotrópicos do Universo. Por se tratar de uma abordagem bem mais simples, que usa uma estrutura matemática que não é tão complexa quanto a que é usada na teoria da relatividade geral de Einstein, como álgebra tensorial, variedades diferenciáveis, grupos contínuos de simetria e outros tópicos da matemática moderna, a teoria Newtoniana é de bem mais fácil entendimento, já que utiliza uma estrutura matemática simples, acessível àquelas pessoas que não possuem conhecimentos matemáticos avançados. Essa abordagem assim é útil como um primeiro estudo de cosmologia. No presente trabalho, vamos apresentar alguns modelos cosmológicos neste contexto Newtoniano, considerando a presença de um termo que corresponde à constante cosmológica. Vamos considerar o caso de um fluido como sendo poeira, e um termo de força cosmológica constante, e que representa um termo aditivo na pressão do fluido.

[04/11/05 - P233]

**Estudo da Relatividade Restrita a partir das Deduções Lógicas,** INDIANARA LIMA SILVA, ANA ALICE RODRIGUES SOBREIRA, *Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba* • Estudo da Relatividade Restrita a partir das Deduções Lógicas  
As teorias das Deduções Lógicas são um novo paradigma

para solucionar os paradoxos entre a Física de Newton e a de Einstein. Esta investigação tem como objetivo tentar compreender os conceitos fundamentais da Relatividade Restrita através das Deduções Lógicas, ou seja, obter a formulação de tais conceitos com base na lógica. Para isto, não podemos nos prender as conclusões que os físicos chegaram, a partir dos conceitos que estes acreditam ser verdadeiros e também não é preciso ter conhecimentos profundos acerca da Física e da Matemática, o que inibe a criatividade e a capacidade de cada um raciocinar com lógica, senso crítico e discernimento, levando a perda da autoconfiança e da coragem para defender suas próprias concepções. É imprescindível ressaltar que o desenvolvimento lógico não afronta as investigações da Ciência, as quais são extremamente criteriosas e, portanto praticamente infalíveis, já que qualquer tentativa de encontrar erros na análise matemática, experimental e observacional dos resultados seria em vão. No entanto, apesar do rigor científico, existem erros de interpretação dos resultados obtidos na Física. São estes erros que mencionamos, propondo as interpretações adequadas, fundamentadas na lógica. Uma atuação das Deduções Lógicas na Relatividade Restrita diz respeito à medição do tempo. Na verdade, as Deduções Lógicas vai mostrar que este problema surgiu devido a uma incorreta interpretação dos resultados, pois, na dedução da fórmula do tempo da Relatividade, considera-se dois relógios ao invés de apenas um, criando uma interpretação que leva à dilatação do tempo. As Deduções Lógicas chegou à mesma fórmula matemática para a dilatação temporal, porém, com uma nova interpretação que elimina o efeito da dilatação e do contínuo quadridimensional. Os detalhes desta nova interpretação lógica estão contidos no desenvolvimento deste trabalho. Com a teoria das Deduções Lógicas, podemos eliminar alguns paradoxos da Relatividade Restrita, resgatando algumas idéias Newtonianas que foram definitivamente abandonadas, como por exemplo, a idéia de espaço - absoluto. Por conseguinte, com o auxílio destas deduções, tentamos compreender de forma consistente os paradoxos do tempo, do espaço, da massa, fazendo uma síntese coerente entre os paradigmas Clássicos e Relativísticos.

[04/11/05 - P234]

**Cosmologia de Friedmann com densidade do vácuo variável,** SAULO CARNEIRO, , HUBERTO DE ALMEIDA BORGES, UFBA - BA - Brasil • O pequeno valor da constante cosmológica observada hoje, cerca de 120 ordens de grandeza menor que o valor predito pela teoria quântica de campos, constitui-se numa dificuldade envolvendo a cosmologia moderna e a física de partículas. Podemos explicar esta grande diferença dizendo que a densidade do vácuo decai segundo uma lei de variação recentemente proposta por Schützhold. Observações de supernovas mostram que o parâmetro de desaceleração é menor e próximo de zero, e a observação direta mostra que a densidade de matéria é igual a 1/3. Os problemas referentes à cosmologia padrão podem ser resolvidos acrescentando-se às equações de Einstein uma constante cosmológica que pode ser responsável pelos 2/3 de matéria não

observável. Considerando um modelo espacialmente plano e resolvendo as equações de Einstein para a métrica de Friedmann-Robertson-Walker, nós encontramos uma idade para o universo escrita por  $Ht=1,1$ , onde  $H$  é o parâmetro de Hubble, e um parâmetro de desaceleração igual a  $-1/2$ , ambos em acordo com as observações. Nós mostramos que, no limite de tempos longos nosso modelo admite as soluções de de Sitter e que a variação temporal da constante cosmológica conduz a uma taxa de produção de matéria.

[04/11/05 - P235]

**ESPALHAMENTO DE PARTÍCULA POR DEFEITO TOPOLÓGICO ATRAVÉS DAS ONDAS PARCIAIS E DO FATOR DE DIRAC,** TIAGO MENDES DE MOURA, CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO, Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana • Neste trabalho estudamos o espalhamento quântico de uma partícula na presença de um Defeito Topológico (DT). Abordamos o problema do espalhamento quântico de uma partícula que interage com um DT. Estudamos esse processo de interação através do método de ondas parciais e o método do fator de fase de Dirac. O estudo do fenômeno do espalhamento sempre causou grande interesse na Física. O processo de espalhamento é fruto de uma ou mais colisões que não necessariamente significam um choque como poderemos acreditar. Na Física a colisão é vista como processo de interação entre uma partícula e um centro espalhador, que pode ser outra partícula carregada ou não. Na mecânica quântica as partículas são descritas por sua função de onda, e é a dinâmica dessa função de onda que será estudada em um processo de espalhamento. No formalismo de Katanév e Volovich podemos descrever um meio contínuo com defeito, como um modelo análogo à gravitação em 2+1 dimensões. Os meios são descritos por suas métricas, e é a partir do cálculo dos operadores que encontramos a descrição quântica desse espalhamento. Através deles poderemos investigar efeitos quânticos como o efeito Aharonov-Bohm. Informações locais afetam parâmetros globais, nesse caso a topologia é sentida pela partícula presente ao meio. Aharonov e Bohm mostraram que efeitos de potenciais quânticos podem ser mensurados se considerarmos uma análise de espalhamento. Aplicando o método de fase de Dirac encontramos uma equação de espalhamento análoga a de Aharonov-Bohm, porém através de um processo diferente e simples. Esses dois métodos são aplicados ao defeito topológico gerado por uma deslocação helicoidal. Mostraremos a influência do defeito no espalhamento.

[04/11/05 - P236]

**Some effects on quantum systems due to weak gravitational fields,** GEUSA DE A. MARQUES, , SANDRO G. FERNANDES, VALDIR B. BEZERRA, Universidade Federal de Campina Grande, Fundação Universidade Estadual de Alagoas, Universidade Federal da Paraíba • The study of non-relativistic and relativistic quantum systems under the influence of curved spacetimes goes back to the end of the 1920s and to the beginning of the 1930s, when the generalization of the Schrödinger and Dirac equations to curved spaces has been discussed,

motivated by the idea of constructing a theory combining quantum physics and general relativity.

The general theory of relativity, as a metric theory, predict that gravitation is manifested as curvature of space-time. This curvature is characterized by the Riemann curvature tensor  $R_{\beta\gamma\delta}^{\alpha}$ . It is of interest to know how the curvature of space-time at the position of the atom affects its spectrum. On the other hand, we know that there are situations in which particles are constrained to move in a region where the Riemann curvature tensor vanishes and they exhibit a gravitational effect arising from a region of non-zero curvature from which they are excluded, or, in more general sense, particles constrained to move in a region where the Riemann curvature tensor does not vanish but does depend on certain parameters such as angular momentum in the case of a rotating cylindrical shell and the velocity in the case of a weak gravitational field arising from moving mass currents, may exhibit gravitational effects associated with these parameters.

The aim of this paper is to investigate the behaviour of non-relativistic and relativistic particles placed in the gravitational fields generated by a slowly rotating cylinder and in the gravitational field generated by slowly moving mass current. In the non-relativistic case, we will solve the Schrödinger equation and determine the energy spectra. In the relativistic one, we will solve the Dirac equation and calculate the currents. In these backgrounds the Klein-Gordon and Dirac equations are solved and the energy spectra. A discussion concerning the gravitational Aharonov-Bohm effect is given.

[04/11/05 - P237]

**Influência da topologia nas correlações EPR.**, KNUT BAKKE, CLÁUDIO FURTADO, UFPB • As características não-locais da Teoria Quântica tornaram as correlações EPR como sendo um dos principais alicerces nos estudos sobre informação quântica. O efeito das correlações ou anticorrelações dos spins das partículas de um par EPR tornou-se fonte de inspiração para diversas discussões. Iniciamos nosso trabalho configurando o movimento das partículas. Restringimos seu movimento sobre um plano com uma órbita circular. Com isso, passamos a analisar o efeito de decoerência que esse movimento promove sobre um estado EPR quando este está inserido no espaço-tempo de Minkowski. o efeito de decoerência é dado pela aceleração das partículas. Em seguida analisamos o efeito de decoerência promovido tanto pelo mesmo tipo de movimento quanto pela topologia do espaço-tempo quando inserimos nosso estado EPR no espaço-tempo de uma corda cósmica. Mostramos também que nos limites apropriados podemos recuperar os mesmos efeitos obtidos no espaço-tempo de Minkowski. Por fim, vemos que a violação da desigualdade de Bell decresce quando fazemos nossas medidas de spin na direção do movimento das partícula, mas que com a escolha apropriada do eixo de medida ou considerando os casos não-relativísticos e ultra-relativísticos recuperamos, portanto, a violação máxima da desigualdade de Bell.

[04/11/05 - P238]

**Estudo do material  $\text{CaSO}_4:(\text{Dy})$  para aplicação na monitoração individual externa.**,

ALEXANDRE R. S. DE SENA, UFRPE e CRCN/NE-CNEN, EUDICE C. VILELA, CRCN/NE-CNEN • Dados preliminares referentes à investigação de materiais termoluminescentes  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  para utilização na dosimetria pessoal são apresentados. Atualmente é de uso comum na dosimetria termoluminescente os materiais fluoreto de lítio, em geral denominados TLD100, TLD600 e TLD700. Estes materiais por serem importados resultam em um aumento do custo dos serviços de monitoração individual externa.

Neste trabalho são apresentados resultados que indicam a possibilidade de substituição destes materiais pelo  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  que é um material produzido no Brasil. Com este trabalho pretende-se viabilizar a utilização este material em leitoras automáticas Harshaw 6600 que permite a análise de um grande número de dosímetros em um intervalo de tempo muito curto. O desempenho da resposta dos detectores foi investigada para testes como homogeneidade do lote, linearidade e dependência energética.

A resposta obtida para os testes será comparado com aquela obtida para o TLD700 atualmente em uso no serviço de monitoração individual do CRCN-NE.

[04/11/05 - P239]

**Origem elétrica da expansão acelerada do universo**, CARLOS PIRES, LEANDRO SEIXAS, Universidade Federal da Paraíba (UFPB) • Um dos maiores desafios da cosmologia moderna é a explicação da expansão acelerada do universo. As principais propostas de explicação estão baseadas na modificação da cosmologia padrão, por exemplo, a existência de uma constante cosmológica não nula.

Neste trabalho abordaremos o problema da expansão do universo de uma forma bastante alternativa, baseada em uma assimetria de carga do elétron-proton. Partindo da suposição que a carga do elétron é ligeiramente diferente (em módulo) da carga do proton, mostraremos que é possível explicar a expansão acelerada do universo como uma consequência de uma repulsão elétrica devido a carga residual do universo.

[04/11/05 - P240]

**Mecânica Quântica em Ambientes Comutativo e não Comutativo**, RUBENS FREIRE RIBEIRO, HERMES MANGUEIRA DINIZ FILHO, Universidade Federal da Paraíba • Se pretendemos analisar as propriedades físicas de um sistema quântico (não relativístico), temos de fazer uso da equação de Schrödinger. Nosso foco principal aqui, é o de analisar sistemas físicos quânticos em ambiente não-comutativo. Portanto, devemos verificar o comportamento da equação de Schrödinger nesse ambiente, que nos fornecerá informações acerca das propriedades físicas do sistema quântico estudado, por exemplo, do espectro de energia, que nesse caso passará do contínuo para o discreto, ou seja, a degenerescência do sistema estudado é levantada, dada agora a sua dependência com o parâmetro não comutativo ( $\theta$ ). Com esse intuito, estudaremos o problema "canônico" da partícula livre; bem como, sujeita a um campo elétrico uniforme, tanto em ambiente comutativo, como em ambiente não-comutativo, buscando de forma paralela fazer uma análise qualitativa entre os mesmos.

[04/11/05 - P241]

**Métricas Esfericamente Simétricas com o Cisalhamento Controlando a Expansão,** M.M. SOM, M.A.P. MARTINS, *IF - UFRJ - RJ - Brasil*, ANDRÉA A. MORÉGULA, *UESC - BA - Brasil* • Em relatividade geral existem um grande número de soluções de vácuo não triviais de considerável interesse. Dessas a métrica de Kasner espacialmente homogênea e anisotrópica tem atraído bastante atenção. Um dos aspectos característicos dessa métrica é que em todo espaço a expansão é controlada pelo cisalhamento. Anteriormente analisamos modelos simetricamente cilindricos espacialmente homogêneo e anisotrópico em que a fonte era objetos tipo-cordas onde a expansão era controlada pelo cisalhamento. Neste trabalho exploramos um espaço-tempo isotrópico, mas espacialmente não homogêneo em que a expansão de todo espaço-tempo seja controlada pelo cisalhamento. Utilizamos uma geometria esfericamente simétrica não-homogênea com o tensor energia-momento na forma de um fluido imperfeito que satisfaz da condição forte de energia no caso limite  $[T_{00} + 1/2T] = 0$  em coordenadas locais onde a 4-velocidade do observador é  $u^a = \delta_0^a$  com  $u^a u_a = -1$ .

[04/11/05 - P242]

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DO FATOR DE FASE DE DIRAC AO EFEITO AHARONOV-BOHM,** ÉRICO RAIMUNDO PERERA DE NOVAIS,

CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO, *UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA*

• O estudo sobre fase quântica topológica é objeto de intensa pesquisa atualmente, tanto no desenvolvimento de aparelhos que meçam tais fases como também no aprimoramento da parte teórica. Aharonov e Bohm (AB) foram os primeiros que mostraram os efeitos dos potenciais quânticos com a análise do processo do espalhamento e da diferença de fase. O efeito que surge com os potenciais quânticos pode ser mensurado através da análise do espalhamento de ondas na região do espaço onde a topologia é sentida pela partícula. Berry, utilizando o método de fator de fase de Dirac aplicado a uma onda inserida num potencial encontrou a mesma equação do espalhamento de AB. Foi estudada a interação de uma partícula em uma deslocação helicoidal, aplicado do método de fator de fase de Dirac, onde a partícula sofre o espalhamento. Os resultados encontrados mostrar a influência da topologia sobre a partícula.

[04/11/05 - P243]

**DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS DA AMAZÔNIA ATRAVÉS DA ATENUAÇÃO DE RADIAÇÃO GAMA,** JOSÉ REINALDO CARDOSO NERY,

*Universidade Federal do Amapá - Unifap*, LEOPOLDINO DOS SANTOS FERREIRA, *Universidade Federal do Pará - UFPA*, HELYELSON PAREDES MOURA, *Universidade Federal do Amapá - Unifap* • O estudo da absorção dos raios gama pela matéria apresenta-se de grande importância para a Física, quer seja nos campos teóricos, quer seja nos campos práticos. O mecanismo de absorção dos raios

gama pela matéria deve ser considerado diferente do mecanismo de absorção das partículas carregadas, pois o poder de penetração destes raios é extremamente maior que o daquelas partículas. As interações dos raios gama com a matéria nos revelam dados importantes sobre as energias dessas radiações, bem como podemos obter informações importantes acerca do comportamento dos materiais quando submetidos à absorção dos raios gama, como é o caso do coeficiente de absorção característico de cada material, que podemos determinar verificando a relação entre a espessura do material absorvedor e a fração transmitida de um feixe inicial de raios gama. Neste trabalho, utilizamos a técnica de atenuação de raios gama pela matéria para determinar os coeficientes de absorção de massa de alguns materiais cerâmicos produzidos na Amazônia, fazendo incidir um feixe colimado de radiação gama sobre uma porção de matéria e detectando a atenuação sofrida por essa radiação através de um sistema de detecção de radiação apropriado. Para aplicarmos a técnica mencionada, selecionamos alguns materiais vastamente utilizados na construção civil, como o fibrocimento e as cerâmicas Inca e São Caetano, assim como a tradicional cerâmica marajoara, utilizada na confecção de peças decorativas e objetos utilitários indígenas. Os resultados obtidos indicam que, dos materiais investigados, a cerâmica marajoara apresenta o maior coeficiente de absorção de massa, enquanto que a cerâmica São Caetano apresenta o menor coeficiente.

[04/11/05 - P244]

**Influência do Campo Eletromagnético em Férmons Localizados em Paredes de Domínio.,**

VICTOR BEZERRA, MAKARIUS OLIVEIRA TAHIM, CARLOS ALBERTO S. ALMEIDA,

*Departamento de Física - UFC* • Quando estuda-se férmons no *back-ground* de kinks (paredes de domínio, se  $D = 3 + 1$ )

obtem-se um efeito bastante interessante. Pode-se mostrar que existem modos fermiônicos ligados ao kink/parede de domínio. Além disso, estes férmons ligados são quirais. Este fato pode ser utilizado no estudo da geração dos campos magnéticos primordiais do universo, por meio de paredes de domínio ferromagnéticas. Férmons ligados a uma parede de domínio também são importantes no cálculo e cancelamento de anomalias em Teorias de Campos. Além disso, como os modos ligados são quirais, então, no contexto de Física de Dimensões Extras, eles podem *imitar* os campos do modelo padrão localizados sobre a 3-Brane correspondente ao Universo atual (neste caso, se o kink  $(1 + 1)$ -dimensional é imerso em espaços onde  $D > 3 + 1$ , o defeito torna-se um hiperplano de domínio, uma membrana solitônica). Devido a estes estudos é interessante descrever férmons em sistemas envolvendo vários campos escalares, principalmente em sistemas contendo defeitos com estrutura interna. Deve-se, portanto, estudar a existência de modos fermiônicos ligados a tais sistemas e analisar se sua estrutura interna afeta resultados básicos conhecidos, além de possíveis outras consequências, tais como efeitos gravitacionais, efeito Callan-Harvey, teorema do índice, ferromagnetismo, dentre outros. Neste trabalho apresentamos resultados de estudos de

férmions no *background* de campos escalares acoplados. Os defeitos que aparecem devido ao potencial dos campos escalares podem admitir defeitos com estrutura interna como solução. O modelo apresenta um acoplamento tipo Yukawa entre o campo fermiônico e os campos escalares, o que leva ao aparecimento de paredes de domínio carregadas. Obtemos que existe um modo zero fermiônico ligado ao defeito que está localizado dentro da parede. Mostramos também o comportamento do modo fermiônico submetido a um campo eletromagnético.

[04/11/05 - P245]

**Mecânica Newtoniana e a Relativística: Algumas considerações,** JEBSON FÁBIO PINTO E SILVA, UEPB - Universidade Estadual da Paraíba • Este trabalho foi desenvolvido no intuito de esclarecer a relação entre a mecânica newtoniana e a relativística, as quais possuem bases teóricas e fundamentações diferenciadas. Não querendo dizer que uma teoria elimine a outra, mas pretendemos enfatizar as limitações de cada uma, baseando-se nas fundamentações teóricas, mostrando que para cada princípio existe pontos de considerações, tornando-as coerentes. A mecânica newtoniana aborda em seus fundamentos conceitos relevantes de comprimento, de tempo, das equações do movimento e dos princípios de conservação, tornando-os limitadas em relação à mecânica relativista. Já a mecânica relativística, a qual se baseia em dois simples postulados, trabalha estes conceitos dando a eles outros fundamentos para determinadas observações, causando a impressão de que a mecânica newtoniana é incorreta, sendo, portanto, apenas incompleta, tornando-se aproximadamente coerente quando as velocidades envolvidas sejam bem menores que a velocidade da luz no vácuo, e exatamente coerente quando o limite de suas velocidades tendo a zero. Vindo assim a entender que a mecânica relativística desenvolvida por Einstein, apenas generalizou-a. No entanto serão entendidas que estas teorias foram criteriosamente desenvolvidas com a devida evolução científica, proporcionando o aprimoramento das várias áreas da física como a termodinâmica, o eletromagnetismo, a ótica, a física atômica, a física nuclear e a física das partículas com energias elevadas e consequentemente gerando a ciência um grande avanço tecnológico.

[04/11/05 - P246]

**Manobras de Rendezvous Contínuas Sujeitas a Empuxo não ideal e Massa Variáveis no Tempo,** ANTÔNIO DELSON CONCEIÇÃO DE JESUS, TARCÍSIO NUNES TELES, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) • As manobras de "Rendezvous" são utilizadas em estratégias de encontro entre veículos espaciais, atendendo a condições específicas das missões espaciais. O estudo destas manobras apresenta diversas aplicações importantes na Tecnologia Espacial, entre elas os acoplamentos entre espaçonaves e também entre estas e a Estação Espacial Internacional. Uma análise das colisões de Detritos Espaciais com veículos neste ambiente, constitui-se uma grande aplicação desta manobra entre estes objetos. Neste trabalho, apresentamos os resultados desta estratégia de "Rendezvous", levando em consideração propulsão contínua, empuxo e massa variáveis no tempo, além dos desvios em direção no vetor empuxo.

Encontramos uma relação de causa e efeito não linear entre estes desvios e as posições relativas dos veículos envolvidos na manobra. Esta relação é ponderada por "funções-peso" que dependem do tempo, se a velocidade de ejeção dos gases for constante. Mostramos que nas condições tecnológicas viáveis, uma manobra de "Rendezvous" desejável é aquela que possa ser realizada em tempo mínimo.

[04/11/05 - P247]

**Formação de Buraco Negro Auto-Similar (2+1)-Dimensional,** MARINA REIS MARTINS, MARIA DE FÁTIMA ALVES DA SILVA, Universidade do Estado do Rio de Janeiro • No contexto da teoria da relatividade geral, o estudo do colapso de um sistema distingue quatro tipos de possíveis configurações finais, que são: (a) o sistema primeiramente colapsa e depois dispersa-se, devido à radiação da matéria e/ou do campo gravitacional, e o fim do processo resulta em um espaço-tempo plano; (b) o sistema estabiliza-se, interrompendo o colapso devido à sua capacidade de auto-sustentação (este é o final da maioria das estrelas que conhecemos); (c) o sistema colapsa até a formação de um buraco negro; (d) o sistema colapsa formando uma singularidade nua, isto é, o horizonte de eventos não recobre completamente a singularidade. Esta última hipótese, no entanto, é proibida pela conjectura da censura cósmica que afirma que singularidades nuas não podem existir na natureza. Modelos com simetrias dos espaços-tempos simplificados têm sido estudados a fim de que as propriedades essenciais do colapso sejam compreendidas. A primeira motivação foi a verificação da validade da hipótese da censura cósmica. Vários estudos, numéricos e analíticos, foram realizados nessa direção. Além disso, desde 1993, quando Choptuik descobriu pela primeira vez a presença de fenômeno crítico no colapso gravitacional, o assunto tem atraído muita atenção e hoje já é considerado uma sub-área bem estabelecida em gravitação. Sabe-se agora que um bom critério para se testar se uma solução é crítica ou não é verificar o seu número de modos instáveis. No caso de se tratar de uma solução crítica deve haver apenas um modo instável. Mesmo considerando simetrias de auto-similaridade, o estudo analítico de soluções críticas é ainda bastante complexo. Alguns autores têm buscado trabalhar em espaços-tempos de menor dimensão (2+1, por exemplo), de modo a facilitar o estudo do colapso. Neste trabalho obtemos todas as soluções das equações de Einstein para um fluido anisotrópico com auto-similaridade de segundo tipo na presença de pressão tangencial somente. Encontramos que as soluções com tal equação de estado restringem-se ao caso de poeira, mostrando que não é possível a construção de um modelo anisotrópico sem a presença de um componente radial para a pressão. Uma solução representando colapso gravitacional, resultando numa configuração final com formação de buraco negro e satisfazendo as condições de energia é encontrada.

[04/11/05 - P248]

**Dispersion relations in noncommutative theories,** TIAGO MARIZ, J. R. NASCIMENTO, Departamento de Física, UFPB - PB - Brasil, VICTOR O. RIVELLES, Insti-

*tuto de Física, USP - SP - Brasil* • We study plane wave solutions and the corresponding dispersion relations in the Seiberg Witten map context for any electromagnetic background. The same is done when the Moyal product is used. We show that when time is noncommutative plane waves exist only if there are restrictions on the magnetic background. Otherwise, there is no restriction on the background. We also discuss the case of a superposition of plane waves. Remarkably we find that the superposition principle still holds if the momenta are quantized and the usual dispersion relation holds.

[04/11/05 - P249]

**Efeitos da temperatura finita sobre o termo tipo Chern-Simons induzido radiativamente na eletrodinâmica quântica não comutativa,** T. MARIZ, J. R. NASCIMENTO, E. PASSOS, R. F. RIBEIRO, F. A. BRITO, *UFPB* • A indução do termo tipo Chern-Simons não comutativo através de correções radiativas é calculada para férmions de Majorana (representação adjunta), na eletrodinâmica quântica não comutativa com um termo adicionado que viola Lorentz e CPT, a saber  $\not{b}\gamma_5$ , ambas às temperaturas zero e finita. À temperatura zero, quando tomamos o limite infravermelho ( $|\bar{\theta}| \rightarrow 0$ ) após o ultravioleta ( $w \rightarrow 2$ ), observamos o surgimento do fenômeno da mistura das divergências ultravioleta/infravermelho, que aparece em teorias não comutativas conhecida como mistura UV/IR. Quando consideramos a indução à temperatura finita, temos um parâmetro dimensional extra ( $\beta = T^{-1}$ ), e portanto dois diferentes regimes de altas temperaturas podem ser estudados na contribuição não planar:  $|\bar{\theta}|/\beta \ll 1$  e  $|\bar{\theta}|/\beta \gg 1$ . O limite  $|\bar{\theta}|/\beta \ll 1$  reproduz o mesmo resultado da teoria de campos usual à temperatura zero, onde as contribuições planar e não planar com  $b$  tipo espaço se cancelam umas às outras. No outro regime de altas temperaturas,  $|\bar{\theta}|/\beta \gg 1$ , a contribuição não planar se anula, e assim obtemos o resultado da teoria de campos usual à temperatura finita.

[04/11/05 - P250]

**Partícula não-relativística em Espaço-tempo com Topologia não-trivial,** PEDRO BARBOSA DA S. FILHO, *UFCG /CFP - PB-Brasil*, V. B. BEZERRA, *UFPB - PB - Brasil* • Em teorias quânticas de campos em espaços-tempo curvos tratamos o campo gravitacional como campo clássico e os valores esperados de algumas grandezas físicas podem apresentar informações sobre a curvatura e a topologia do espaço-tempo associado ao campo gravitacional. As investigações desses efeitos são importantes para a gravitação, em especial os relacionados com a topologia, uma vez que se acredita na existência de objetos cosmológicos cujos espaços-tempos apresentam topologia não-trivial, chamados defeitos topológicos. O surgimento desses objetos estima-se que tenha ocorrido no universo primitivo, durante um processo conhecido por quebra espontânea de simetria durante uma transição de fase. No contexto de teoria de campos, este processo é estudado através das simetrias de gauge local e global, verificadas nas lagrangianas que descrevem os sistemas. Algumas implicações devido à quebra de simetria são de grande interesse e o estudo de efeitos topológicos

fornece resultados interessantes em várias áreas da física e, assim, investigações sobre o comportamento de partículas em campos gravitacionais são relevantes. Nesse sentido, nós estudamos alguns fenômenos gravitacionais cuja dinâmica das partículas é afetada pelas características topológicas do espaço-tempo em que as mesmas se encontram. Tratamos especificamente de casos não-relativísticos para partículas em campos gravitacionais gerados por: corda cósmica com rotação, corrente de matéria e ainda a corda cósmica e o monopolo vacuumless. Determinamos como os efeitos topológicos devidos a estes objetos afetam as energias dos sistemas quânticos. Nossa análise é desenvolvida através do uso da técnica algébrica para a equação de Schrödinger. Deste modo são obtidas as energias, bem como as funções de Green, em todos os casos considerados.

[04/11/05 - P251]

**Análise Quântica do Movimento de um Campo Escalar na Presença de um Defeitos Topológicos Compostos,** ALESSANDRO LÚCIO CAVALCANTI DE OLIVEIRA, EUGÊNIO RAMOS BEZERRA DE MELLO, *UFPB* • Defeitos Topológicos são objetos formados no Universo primitivo a partir de um processo de transição de fase. Dentre estes defeitos os mais prováveis de serem detectados são as cordas cósmicas e os monopolos. Neste trabalho analisamos o movimento quântico relativístico de um campo escalar carregado na presença de um dyon, isto é, uma partícula com cargas elétrica e magnética, superposto a uma corda cósmica e a um monopolo global. Estudamos a possibilidade desse sistema apresentar estados espalhados, calculando os ângulos de mudança de fase, e estados ligados, calculando as respectivas auto-energias.

[04/11/05 - P252]

**Equações de Maxwell no espaço-tempo da corda cósmica,** CARLOS H. G. BÉSSA, VALDIR B. BEZERRA, *UFPB* • Uma partícula carregada colocada em um campo gravitacional é influenciada por este, o qual induz o aparecimento de uma auto-força. Este efeito é advindo não só da geometria do espaço-tempo, mas também de suas características topológicas. Neste contexto, vamos considerar uma partícula carregada, colocada no campo gravitacional de uma corda cósmica, cujo espaço-tempo é uma cone  $\times \mathbf{R}^2$ , o que significa que esse espaço-tempo é localmente plano, porém não o é globalmente. Assim, vamos determinar a solução das equações de Maxwell usando o formalismo de Newman-Penrose. Uma comparação será feita entre a resolução dessa solução nesse formalismo e via solução direta da equação de Poisson.

[04/11/05 - P253]

**SUSY QM FROM THREE COUPLED REAL SCALAR FIELDS,** R. DE LIMA RODRIGUES, E. R. BEZERRA DE MELLO, V. B. BEZERRA, *UFCG-Cajazeiras-UFPB-João Pessoa* • We investigate the linear classical stability of Bogomol'nyi-Prasad-Sommerfield (BPS) on three domain walls in a system of three coupled real scalar fields, for a general positive potential with a square form. Using the factorization of supersymmetry in quantum mechanics (SUSY QM) we



show that the associated three-component normal modes are non-negative. Domain walls have several applications in condensed matter and cosmology. From field-theoretic superpotential evaluated on the domain states the algebraic framework of SUSY QM, as formulated by Witten may be elaborated for two-component eigenmodes (T. Vachaspati, *Phys. Rev.* **D69**, 043510 (2004)). In this work, we consider the BPS mass bound of the energy resulting in a topological charge, we analyze the stability of BPS states, and the Schrödinger-like equation and Hessian matrix are obtained. Also, a 3x3 matrix explicit form of the SUSY non-relativistic quantum mechanics superpotential from a superpotential model of three coupled real scalar fields in 1+1 dimensions is found.

[04/11/05 - P254]

### ANÁLISE HOGÊNEA/FRACTAL DA DISTRIBUIÇÃO DE GALÁXIAS,

LUIS JURACY RANGEL LEMOS, MARCELO BYRRO RIBEIRO, *UFRJ - RJ - Brasil* • Nesse trabalho discutimos a densidade diferencial  $\gamma$  e a densidade diferencial integral  $\gamma^*$  da distribuição de galáxias obtidas a partir de uma contagem numérica simulada  $N = (Bd_0)^D$ , onde,  $d_0$  é uma distância cosmológica observacional,  $D$  é a dimensão fractal e  $B$  uma constante. Estudamos o caso homogêneo, onde  $D = 3$ , e um caso fractal,  $D = 2$ . Em seguida comparamos com a contagem numérica calculada no modelo de Einstein-de Sitter. As densidades diferenciais  $\gamma$  e  $\gamma^*$  são obtidas a partir da contagem diferencial  $dN/dz$ , onde  $z$  é o desvio para o vermelho (*redshift*), que em ambos os casos, homogêneo e fractal, usamos as seguintes distâncias cosmológicas: distância por área  $d_A$ , distância por área galáctica  $d_G$ , distância de luminosidade  $d_L$  e distância por desvio para o vermelho  $d_z$ ; todas obtidas em função de  $z$  no modelo de Einstein-de Sitter. A partir das definições das densidades diferenciais, que podem ser escritas como  $\gamma_0 = \frac{1}{S_0} \frac{dN_0}{d(d_0)}$  e  $\gamma_0^* = \frac{1}{V_0} \int \gamma(d_0) dV_0$ , e considerando a contagem simulada assumida acima, obtemos que  $\frac{\gamma^*}{\gamma} = \frac{3}{D}$ ,  $\gamma = \frac{DB}{4\pi} (d_0)^{D-3}$  e  $B = \left[ \frac{2^{(2-D)} H_0^{(D-1)} c^3}{M_g G} \right]^{1/D}$ . Para as quatro distâncias apresentamos um gráfico mostrando o papel central da escolha da distância cosmológica na determinação das densidades. Observamos claramente que para caracterizar se a distribuição de galáxias em grande escala do Universo é ou não homogênea, é necessário conhecer não somente a distribuição geral de massa-energia, a qual é determinada pela contagem  $N$  de fontes cosmológicas, mas também o volume geométrico que define densidade, que depende da distância cosmológica.

[04/11/05 - P255]

**Classical Electrodynamics of the Maxwell-Carroll-Field-Jackiw Model,** MÁRICO DA SILVA TAVARES, MANOEL M. FERREIRA JR, *UFMA* • One of the most popular Lorentz-violating models, defined in (1+3) dimensions, is the Carroll-Field-Jackiw one, proposed in 1990 as a correction to the Maxwell electrodynamics. In this case, the fixed background (responsible for Lo-

rentz violation) is coupled to the gauge field by means of a 4-dimensional Chern-Simons-like term, yielding the 4-dimensional Maxwell-Carroll-Field-Jackiw electrodynamics. In the present work, one analyses the classical electrodynamics associated with this model and its Abelian-Higgs version. The starting point is the Maxwell Lagrangian supplemented by the Carroll-Field-Jackiw Lorentz-violating term. Afterwards, one then writes the motion equations and the wave equations for potentials and field strengths. The corresponding solutions for a point-like and stationary sources are worked out by usual methods for the case of a purely timelike background. The results are finally compared with the Maxwell electrodynamics. The same procedure is also developed to the Abelian-Higgs Carroll-Field-Jackiw in its broken phase. In this case, the solutions are compared with the Maxwell-Proca electrodynamics.

[04/11/05 - P256]

### Investigation of the Dirac equation in the presence of Lorentz-violating terms,

FERNANDO M. O. MOUCHEREC, MANOEL M. FERREIRA JR, *UFMA* • In the late 90's, Colladay& Kostelecky have proposed an Extended Standard Model (SME) endowed with Lorentz-violating terms obtained from a more fundamental theory which undergoes spontaneous breaking of CPT and Lorentz symmetries. In the resulting low-energy effective model, Lorentz symmetry is broken only under particle transformations, remaining valid at the level of observer boosts. Recently, the gauge sector of this theory has been exhaustively studied in literature under several perspectives. Its leptonic sector, however, has not received much attention. Such a sector is composed of two additional Lorentz-violating terms that set up a coupling of the fixed background with the Dirac spinor. In this work, one considers two kinds of coupling (scalar and pseudoscalar), and the influence of these terms on the Dirac equation. First, the plane wave solutions are carried out and discussed. In the sequel, the non-relativistic limit is worked out and compared with the Pauli equation.

[04/11/05 - P257]

### Classical Electrodynamics of the Lorentz-violating Maxwell-Chern-Simons-Proca Planar Model,

MANOEL M. FERREIRA JR, *UFMA*, HUMBERTO BELICH JR, *UFES*, THALES C. SOARES, *UFJF*, J. A. HELAYEL-NETO, *CBPF* • Taking the dimensional reduction procedure on the Abelian-Higgs Carroll-Field-Jackiw model, we obtain a planar model consisting of a Lorentz-violating Maxwell-Chern-Simons-Proca electrodynamics (in the broken phase). In the sequel, one writes the extended Maxwell equations and the corresponding wave equations for the potentials. The purpose is to investigate the effects induced by the background on the field strengths and potentials in relation to the pure Maxwell-Chern-Simons-Proca electrodynamics. One then verifies that these equations have a similar structure to the usual MCS-Proca case, supplemented by terms that depend on the fixed background. Solving these equations, one achieves solutions that differ from the MCS-Proca ones by background-dependent corrections

both for time and spacelike backgrounds. The presence of the Proca mass prevent the appearance of unscreened solutions, which are present in the case of the analogous MCS-Lorentz-violating model. Particularly, for the case of a purely space-like background, anisotropic solutions appear as a consequence of the privileged direction in space set up by the background. These results are published in [Eur. Phys. J. C 42, 127 (2005)].

[04/11/05 - P258]

**Classical Solutions in the Maxwell-Chern-Simons-Proca Electrodynamics,** MANOEL M. FERREIRA JR, WELBER DE JESUS M. LIMA, CARLOS E. DA HORA, *UFMA* • Some relevant phenomena in Physics take place in low-dimension systems. The planar dimension is well-known due to its connection with Quantum Hall effect, anyon phenomenology and high-Tc superconductivity. Quantum models constructed on the Chern-Simons classical electrodynamics are theoretical tools which properly describe anyonic systems and related properties. The consideration of the Maxwell and Proca terms with the Chern-Simons one defines the Maxwell-Chern-Simons-Proca electrodynamics, whose classical solutions are analyzed in this present work. In this case, starting from the planar Maxwell-Chern-Simons-Proca Lagrangian, one derives the motion equation that leads to fourth-order wave equations for field strengths and potentials. Finally, solutions for these equations are obtained for static and stationary sources and compared with the usual Maxwell-Chern-Simons solutions.

[04/11/05 - P259]

**Electron-electron interaction in a Maxwell-Chern-Simons-Proca Model endowed with a timelike Lorentz-violating background,** MANOEL M. FERREIRA JR, MÁRCIO DA SILVA TAVARES, FERNANDO M. O. MOUCHEREC, *UFMA* • In this work, one obtains the electron-electron interaction potential in the framework of the planar Lorentz-violating Maxwell-Chern-Simons-Proca electrodynamics. Such a model arises from the dimensional reduction of the Abelian-Higgs Maxwell-Carroll-Field-Jackiw model. The procedure is the usual one: first, one evaluates the contributions to the Moller scattering amplitude stemming from scalar and vector intermediations (in the non-relativistic limit). The interaction potential is obtained as the Fourier transform of these scattering amplitudes, which amounts to two potential terms (associated with the scalar and gauge interactions). In this case, one expects the attainment of an entirely screened potential (due the presence of the Proca mass), which stands for a result compatible with the Physics of Condensed Matter planar systems.

[04/11/05 - P260]

**Topological Gravity in Braneworlds,** MAKARIUS OLIVEIRA TAHIM, CARLOS ALBERTO SANTOS DE ALMEIDA, *Universidade Federal do Ceará* • The theories concerning localization of gravity in branes have consequences based in classical aspects of General Relativity. In order to search for new results it is interesting to look for quantization methods of gravitation in this context. In string theory, where it is

assumed that gravity appears as a quantum theory well defined, the Randall-Sundrum model can be obtained via Karch-Randall scenario. On the other hand, quantum gravity may be understood in constrained topological field theories. However, current research dealing with extra dimensions and branes, have little connection with more physical scenarios since that they consider space-time as a compact manifold, or in other words, the brane is always introduced in an ad hoc way. From a more physical point of view, it is natural to think in a 3-brane as a kind of topological defect. For reasons of simplicity, a 3-brane is considered as a delta function type one, which it is not treated in any work of topological gravity in compact manifolds. In this work we consider these features together, namely topological gravity and delta function type 3-brane, in order to construct a scenario of localization of topological gravity in a 3-brane. Our 3-brane is a kink embedded in  $D = 5$  space-time (a domain hyperplane). This kink emerges by means of a spontaneous breaking of a discrete symmetry introduced in the model. Here the Plebanski formalism in  $D = 5$  is adopted in order to include a topological term which will generate gravity in the 3-brane. With constraints imposed in  $D = 5$ , we obtain the Palatini action in  $D = 5$  and in  $D = 4$  (in the 3-brane). The importance of this result is that now a track is open towards the task of quantize gravity in a brane background, task not properly accomplished till now. Besides, by itself, our model represents a new scenario in order to discuss gravity localization.

[04/11/05 - P261]

**Integral de trajetória para partículas com spin em um espaço-tempo (2+1)-dimensional,** ALYSON PAULO SANTOS, *UFPB,* STOIAN IVANOV ZLATEV, *UFS* • Modelos pseudocássicos de partículas relativísticas reproduzem, após a quantização, os setores da partícula e antipartícula na teoria de campo correspondente. O primeiro modelo para partículas com spin  $\frac{1}{2}$  foi proposto por Berezin e Marinov. Ele admite a quantização canônica, porém não reproduz após a quantização, uma teoria mínima para dimensões ímpares do espaço-tempo. Por outro lado, a quantização canônica dos modelos existentes que reproduzem uma teoria mínima é impedida devido à presença de um vínculo de primeira-classe bifermiônico que não admite fixação de calibre, como discutido recentemente por R.Fresneda, S.P.Gavrilov, D.M.Gitman, P.Yu Moshin, *Class.Quant.Grav.* 21 (2004) 1419-1442. Problemas no processo de quantização canônica são criados e pela constante bifermiônica, presente no modelos pseudoclassicos de uma partícula com spin em um espaço-tempo de dimensão ímpar e que reproduzem uma teoria quântica mínima. Neste trabalho construímos integrais de trajetória para uma partícula relativística com massa não nula e spin  $\frac{1}{2}$  em um espaço tempo de dimensão 2+1 na presença de um campo eletromagnético externo. Analisamos duas abordagens diferentes, porém, equivalentes, que evitam o surgimento de uma constante bifermiônica na ação pseudoclassica. A primeira abordagem é baseada na introdução de uma variável auxiliar com valores

complexos e uma escolha adequada do caminho de integração no plano complexo. A representação por integral de trajetória, obtida para o propagador, permite a extração de uma ação pseudocássica livre dos problemas do vínculo bifermiônico e da constante bifermiônica. A segunda abordagem é baseada na 'continuação analítica do propagador. Estudamos uma distribuição que depende analiticamente de um parâmetro auxiliar complexo e que coincide com o propagador da partícula para um certo valor deste parâmetro. Uma representação por integral de trajetória, válida para valores do parâmetro em uma região não física, é construída para esta distribuição. O vínculo bifermiônico, que aparece no processo de hamiltonização, pertence a um conjunto de vínculos de segunda classe e não necessita de uma condição de gauge adicional. A ação pseudocássica obtida admite quantização canônica.

[04/11/05 - P262]

**Busca Espectroscópica de Estrelas Gêmeas Solares na Visinhança Solar,** LEANDRO DI BARTOLO, GUSTAVO F. PORTO DE MELLO, *Observatório do Valongo - UFRJ*, LICIO DA SILVA, *Observatório Nacional*  
 • Gêmeas Solares são definidas como estrelas de mesma massa, idade, parâmetros atmosféricos (temperatura, metalicidade e gravidade superficial), luminosidade, composição química, estado evolutivo, atividade cromosférica, depleção do Li, e demais características que o Sol. Tais objetos podem ajudar a responder à questão, ainda não inteiramente resolvida, de quão típico é o Sol com relação à população local de estrelas tipo G de meia idade. Por outro lado, tais estrelas são presumivelmente candidatas privilegiadas a possuírem sistemas planetários similares ao nosso, sendo, ainda, locais naturais para se procurar planetas telúricos habitados por formas de vida semelhantes à nossa e, ainda, para realizar pesquisas do programa SETI. Identificada HD 146233 como a melhor gêmea já encontrada (Porto de Mello, G. F. & da Silva, L. 1997, ApJ, 482, 89), nosso grupo levou a cabo um mapeamento fotométrico e espectroscópico completo dentro de 50 parsecs de distância (Porto de Mello et al. em preparação), que encontrou diversas boas candidatas a gêmeas solares entre estrelas tipo G com cores similares às do Sol. Neste trabalho, apresentamos os resultados da investigação das estrelas melhores candidatas a gêmeas e análogas provenientes do referido mapeamento, totalizando 22 estrelas e mais o Sol, o objeto de referência de nossa análise diferencial. É feita uma completa e detalhada análise espectroscópica destas estrelas, uniformemente baseada em espectros ESO/FEROS de alta resolução ( $R = 47.000$ ) e alta relação sinal/ruído ( $S/R \gtrsim 350$ ). Determinamos suas temperaturas efetivas, abundância do Fe, gravidade superficial e velocidade de microturbulência pelo equilíbrio de excitação & ionização de um grande número de linhas do Fe ( $> 100$ ). Obtemos também a temperatura efetiva baseada em calibrações fotométricas e ajustes teóricos do perfil de  $H\alpha$ . Calculamos a abundância de diversos elementos químicos (Si, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Y, Ba e Ce) presentes na fotosfera estelar, através da medição das larguras equivalentes das linhas de absorção. Também avaliamos qualitativamente as abundâncias do

Li. Por fim, calculamos as componentes galácticas das velocidades estelares, a atividade cromosférica por meio do fluxo absoluto no centro de linhas intensas ( $H\alpha$  e H & K do Ca II), além das massas e idades utilizando diagramas HR teóricos. Realizamos, ao final, uma compilação dos resultados, comparando as características das estrelas de nossa amostra com as do Sol. Apresentamos uma lista de estrelas inéditas excelentes candidatas a gêmeas solares, com parâmetros iguais aos do Sol considerando-se os erros da análise.

## ATO - Física Atômica e Molecular, Espectroscopia

[04/11/05 - P263]

**RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA E ESPECTROSCOPIAS FOTOACÚSTICA E UV-VIS DE CENTORS DE COR EM PEDRAS PRECIOSAS DA REGIÃO NORDESTE: ALEXANDRITA,** RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, REINHARD RICHARD WEGNER, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande*  
 • A alexandrita ( $Be_2Al_2O_4: Cr^{3+}$ ) é um mineral natural de alto valor e interesse tecnológico, por ser um cristal (ortorrômbico) capaz de gerar luz LASER contínua no intervalo de 700 a 800nm, sendo a fonte laser de  $Cr^{3+}$ , à semelhança do laser de Rubi ( $Al_2O_3: Cr^{3+}$ ). A alexandrita exibe um belo espectro de cor semi-esverdeada que se coloca entre o verde da esmeralda e o vermelho do Rubi, sendo a origem da cor desta pedra preciosa uma questão em aberto. Neste trabalho apresentamos resultados experimentais preliminares de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), Fotoacústica (PAS) e Espectroscopia UV-Visível (UV-Vis) obtidos num cristal de alexandrita natural encontrado em pegmatito da região Nordeste (Paraíba). Buscamos exatamente elucidar o mecanismo de origem da cor da alexandrita. Os espectros, tanto de UV-Vis como de Fotoacústica, exibem três bandas de absorção. Uma banda larga A (centrada em  $\sim 575nm$ ) que atribuímos à transição do estado fundamental  $^4A_2$  para o estado excitado  $^4T_1$ ,  $^4A_2 \longleftrightarrow ^4T_1$ , do  $Cr^{3+}$ . Uma banda larga B (centrada em  $\sim 425nm$ ) atribuída a transição  $^4T_2 \longleftrightarrow ^4T_2$ , e uma terceira banda C, pouco intensa (centrada em  $\sim 270nm$ ), associada à transição permitida por spin,  $^4A_{2g} \longleftrightarrow ^4T_{2g}$ , do  $Cr^{3+}$ . Uma quarta banda de baixa intensidade, centrada em  $\sim 370nm$ , juntamente com duas bandas que aparecem superpostas às bandas A e B do  $Cr^{3+}$ , são atribuídas ao  $Fe^{3+}$  ocupando os mesmos sítios octaédrais do  $Cr^{3+}$ . Os espectros de Ressonância Paramagnética Eletrônica da alexandrita exibem uma estrutura fina composta de várias linhas de RPE, estendendo-se de 0,5 a  $\sim 9kGauss$ . O centro dos espectros situa-se em aproximadamente 4,3kGauss. Um sub-conjunto dessas linhas com  $g_x = 2,00$ ,  $g_y = 4,00$  e  $g_z = 6,00$  é típico do íon  $Cr^{3+}$  em um Campo Cristalino de simetria octaedral com distorções axial e rômica. Um segundo sub-conjunto de linhas com  $g_x = 2,00$ ,  $g_y = 4,4$  e  $g_z = 7,4$  é consistente com a presença do  $Fe^{3+}$  na alexandrita, localizados nos mesmos sítios octaédrais com

distorções axial e rômica ocupados pelo  $Cr^{3+}$ . Demais linhas de RPE presentes nos espectros permanecem ainda não identificadas e sugerem a presença de outros íons paramagnéticos além do  $Cr^{3+}$  e do  $Fe^{3+}$  nos cristais de alexandrita investigados.

[04/11/05 - P264]

**Ressonância Paramagnética Eletrônica de Centros de Cor em Pedras Preciosas I: Turmalinas,** RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, REINHARD RICHARD WEGNER, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande* • Identificação e caracterização de centros de cor em espécies minerais tem sido feitos usando-se técnicas espectroscópicas mais diversas. É sabido que íons de metais de transição tais como cátion  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ , isolados ou em combinação, são os responsáveis pela origem da cor em muitos minerais, notadamente em pedras preciosas tais como turmalinas, berilos, apatitas etc. Em publicações recentes nós mostramos a utilidade das técnicas de Espectroscopia Fotoacústica e UV-Visível na identificação de centros de cor em varias espécies de turmalinas e berilos. Essencialmente as cores das pedras preciosas dependem fundamentalmente da absorção da luz por parte das impurezas de metais de transição presentes. Tal absorção ocorre em comprimentos de onda específicos e distintos para cada espécie de íons, daí a importância da identificação dos possíveis íons de metais de transição presentes em cada espécie, dada que eles respondem pelo aspecto de cor de cada espécie de pedra. Neste trabalho nós utilizamos a espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) para identificar a presença de íons paramagnéticos funcionando como centros de cor em turmalinas. Nossos resultados experimentais preliminares em várias espécies de turmalina podem ser assim resumidos: **1-** Turmalina Elbaite Verde – Junco do Seridó, Paraíba (Brasil) – Os espectros de RPE não registram a predominância de  $Fe^{3+}$ . A cor verde tem sido atribuída ao  $Fe^{2+}$  que não possui sinal de RPE em campo cristalino de simetria cúbica. No entanto, observamos um espectro de RPE complexo que está sob análise. Há a possibilidade da presença de  $Cr^{3+}$  ou  $V^{3+}$  nesta espécie. **2-** Turmalina Azul Elbaite – Exibe um espectro de RPE similar ao da turmalina verde, com exceção de um sub-conjunto de linhas de RPE de baixa intensidade com  $g_x = 2,00$ ,  $g_y = 4,3$  e  $g_z = 7,4$ , que atribuímos a traços de  $Fe^{3+}$ . O espectro de RPE da turmalina encontra-se sob análise podendo também as demais linhas serem atribuídas possivelmente ao  $Cu^{2+}$ ,  $V^{3+}$  ou  $Mn^{3+}$ . **3-** Turmalina Preta-Dravita – Apresenta um espectro de RPE também complexo, sugerindo a presença de  $Fe^{3+}$  em sitio octaedral fortemente distorcido. Um conjunto de 6 linhas satélites centradas em  $g \simeq 2,000$  é atribuído ao  $Mn^{2+}$  em simetria cúbica. **4-** Turmalina Rosa – O espectro de RPE exibe um conjunto de 6 linhas satélites, centradas em  $g = 2,000$ , que atribuímos á estrutura hiperfina do  $Mn^{2+}$  ( $S = \frac{5}{2}$ ,  $I = \frac{1}{2}$ ), em consonância com nossos resultados recentes de Espectroscopia Fotoacústica e UV-VIS.

[04/11/05 - P265]

**Ressonância Paramagnética Eletrônica de Centros de Cor em Pedras Preciosas II: Berilos,**

RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, REINHARD RICHARD WEGNER, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande* • Neste trabalho apresentamos resultados preliminares de ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) em pedras preciosas da família do Berilos ( $Be_2Al_2Si_6O_{18}$ ). É sabido que íons de metais de transição tais como  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$  e  $V^{3+}$  funcionam como centros de cor nos berilos que dependendo da predominância de um determinado íon assumem cores bem específicas. Por exemplo, é sabido que se a concentração de  $Fe^{3+}$  for predominante, o berilo exibe cor dourada (Gold Beryl); mas se a predominância de íons de  $Fe^{2+}$  as espécies  $Be_2Al_2Si_6O_{18}$ :  $Fe^{2+}$  exibe cor azul e denomina-se Água Marinha. transições IVCT ( $Fe^{2+} - Fe^{3+}$ ) resulta na cor azul escura. Por outro lado, concentrações preponderantes de  $Cr^{3+}$  (ou  $V^{3+}$ ) resulta na espécie  $Be_2Al_2Si_6O_{18}$ :  $Cr^{3+}$ ,  $V^{3+}$  denominada esmeralda, de cor verde. Já espécie de berilo vermelho tem essa cor associada ao  $Mn^{3+}$ . Os de metais de transição substituem os íons de  $Al^{2+}$  ocupando sítios de simetria octaedral distorcida, formados por íons de negativos de oxigênio como ligantes. Nossos resultados experimentais de RPE podem ser assim resumidos. **1-** Aguamarinha – Berilo Azul – O espectro de RPE apresenta uma linha proeminente posicionada em  $g = 2,0055$  e duas linhas adicionais em  $g \simeq 4,60$  e  $g \simeq 4,033$ , sugerindo a presença de íon  $Fe^{3+}$  ( $g_x = 2,00$  e  $g_y = 4,6$ ) em sitio de simetria octaedral, com distorção axial. As linhas ( $g_x = 2,00$  e  $g_y = 4,035$ ) sugerem a presença de traços de  $Cr^{3+}$  em simetria octaedral axialmente distorcida em aguamarinha. **2-** Esmeralda – Berilo Verde: O espectro de RPE é similar ao da aguamarinha porem a linha predominante com  $g_x = 2,00$  e  $g_y = 4,00$  atribuída ao  $Cr^{3+}$  sugere que esse íon é o principal centro de cor na esmeralda conforme evidenciado pelos espectros de Espectroscopia Fotoacústica e UV-VIS. **3-** Berilo Dourado: O espectro exibe o par de linhas de RPE em  $g_x = 2,00$  e  $g_y = 4,29$ , típico do  $Fe^{3+}$  em simetria octaedral axialmente distorcida. Linhas de baixa intensidade em  $g \simeq 2,00$  e  $g \simeq 4,05$  indicam uma provável presença de traços de  $Cr^{3+}$  nesta espécie. **4-** Berilo Vermelho: Esta é uma espécie muito rara e a cor vermelha tem sido atribuída à presença do íon  $Mn^{3+}$  que não pode ser visto por RPE. No entanto, o espectro obtido exibe uma linha intensa com  $g = 2,00$  que pode ser atribuída a traços de  $Fe^{3+}$  ou  $Mn^{2+}$ . Nossas análises continuam no sentido de elucidar o origem do espectros de RPE nesta espécie.

[04/11/05 - P266]

**Caracterização de Bentonitas da Formação Campos Novos - Paraíba - Por RPE e Espectroscopia Fotoacústica,** MIGUEL LOURENÇO NETO, RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande* • Bentonitas são espécies de argilas montmorilonitas, do grupo da esmeclita, de ocorrência natural. Por apresentarem propriedade única de empilhamento, devido a intercalação de íons, torna-se um material versátil no contexto de nanotecnologia. Este trabalho tem por objetivo caracterizar espécies de bentonitas de ocorrência natural na formação Campos Novos, Paraíba, utilizando as técnicas de Espec-

troscopia Fotoacústica e RPE. Objetivamos relacionar a variação de cor de algumas espécies de bentonita com a presença e nível de concentração de cátions de metais de transição, encrustados em sua rede cristalográfica. Em duas das espécies investigadas, bentonita branca e escura, o espectro Fotoacústico exibe três bandas típicas de absorção centradas em  $\sim(370, 430, 530 \text{ e } 660)nm$  típicas do  $Fe^{2+}$  em sítios octaédrais. Uma banda estreita centrada em  $\sim 725nm$ , típica do  $Fe^{2+}$  é detectada nas bentonitas. A diferença espectral nas duas amostras reside apenas na intensidade das bandas PAS. Na bentonita escura as bandas são muito intensas indicando forte concentração de  $Fe^{3+}$ . Já na amostra de clara, as bandas são estreitas e de baixa intensidade, indicando baixa concentração deste íon. Os espectros de RPE exibem em ambas as amostras duas linhas de ressonância em  $g_x = 2,00$  e  $g_y = 4,33$ , típicas do  $Fe^{3+}$  em simetria octaédral com distorção axial. Por outro lado, no espectro de RPE da bentonita escura as linhas do  $Fe^{3+}$  aparecem envoltas numa linha adicional extremamente larga, indo de zero a  $10kGauss$ , típica de comportamento ferromagnético. Atribuímos esta linha a formação de clusters de  $Fe$  que se formam no interior do material como consequência da alta concentração de  $Fe$  nessa espécie. Uma terceira amostra de bentonita verde (muito rara) foi investigada. Os espectros fotoacústicos exibem bandas superpostas às bandas do  $Fe^{3+}$  e centradas em  $\sim 450nm, 560nm \text{ e } 630nm$  típicas do íon  $Ni^{2+}$  em simetria octaédral ou tetraédral. Uma banda intensa em  $\sim 725nm$  sugere significativa concentração de  $Fe^{2+}$  nessa espécie. Experimentos de RPE nesta bentonita estão em andamento buscando confirmar a presença de  $Ni^{2+}$ . Em suma, a cor das espécies de bentonita encontra-se relacionada diretamente à presença e concentração de cátions de metais de transição em sua rede cristalina. A cor escura tem sua origem na alta concentração de  $Fe^{3+}$  e baixa concentração de  $Fe^{2+}$ . A cor branca se deve às baixas concentrações de  $Fe^{3+}$  e  $Fe^{2+}$ . Finalmente, a cor verde tem, provavelmente, sua origem na alta concentração de  $Ni^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  que dão origem a bandas intensas e quase superpostas entre  $600nm$  e  $700nm$ .

[04/11/05 - P267]

**DIFUSIVIDADE TÉRMICA E GRAU DE CRISTALINIDADE PERCENTUAL NO POLÍMERO PET INVESTIGADOS POR ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA E DSC**, LAERSON DUARTE DA SILVA, RENILTON CORREIA DA COSTA, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande* • A cristalinidade percentual (o nível de componente cristalina em relação a componente amorfa) de polímeros é uma de suas propriedades mais importantes a despertar interesse tecnológico. É sabido que a componente cristalina matem estreita relação com algumas propriedades exibidas, por este tipo de materiais como grau de transparência, resistência a tração, módulo de *stiffness*, permeabilidade gasosa e estabilidade. Neste trabalho a técnica de espectroscopia fotoacústica no visível PAS-VIS é utilizada para a medição de um parâmetro termodinâmico diretamente relacionado com as propriedades térmicas de polímeros, denominada difusividade térmica  $\alpha = \frac{KT}{\rho C}$  onde  $KT$  é a condutividade

térmica e  $\rho C$  é o calor específico volumétrico da amostra. A cristalinidade percentual é modificada mediante tratamento térmico, submetendo-se previamente amostras de PET (tereftalato de polietileno) a exposição térmica em diversas condições, desde um dia até *20dias* numa temperatura próxima de  $150^{\circ}C$ , e monitorada através de medida de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Foram utilizadas amostras de PET na forma de filme de  $12\mu m$  e  $50\mu m$ . Nossos resultados experimentais para a difusividade térmica a pela técnica PAS, medida em função do tempo de exposição  $t_{exp}$  e o grau de cristalinidade  $\chi C$  obtido por DSC para filmes de PET, podem ser resumidas da seguinte maneira: nota-se uma variação moderada de  $\chi C$  (a partir e 33%) com o tempo de exposição até *6dias*, seguida de um acréscimo, atingindo 59% no final do período de exposição de *20dias*. Os dados de Espectroscopia Fotoacústica mostram claramente que a difusividade térmica evolui com o grau de cristalinidade. A tendência verificada é o aumento de  $\alpha$  com o grau de cristalinidade. Atribuímos este comportamento de  $\alpha$  a possível variação do livre caminho médio  $l_m$  para fônons no sólido que é esperado aumentar com o grau de cristalinidade.  $\alpha = \frac{KT}{\rho C}$ , onde  $C$  é o calor específico,  $KT = (\frac{C}{3})v_s I_m$ ,  $v_s$  a velocidade do som ao longo do material. Portanto, fez-se necessária a medida de  $\rho C$  para que, a partir da medida da difusividade térmica  $\alpha$ , se possa medir a condutividade térmica  $KT$  e, portanto, acompanhar sua evolução em função do aumento do grau de cristalinidade do polímero. Medidas de  $\rho C$  estão atualmente em andamento em nosso laboratório e serão publicados em breve.

[04/11/05 - P268]

**SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO EM RADIOPROTEÇÃO HOSPITALAR**, MENEZES, V.O., *Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe (DFI/UFS), São Cristóvão, SE, SANTOS, F.R., Universidade Tiradentes, Aracaju, SE, SANTOS, G. K. B., Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Sergipe (DEN/UFS), SANTOS, H. A. B., Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe (DFI/UFS), São Cristóvão, SE, SILVA, D.C., Gemni Medicina Nuclear, Instituto Córdio Pulmonar, Salvador, BA, SOUZA, S.O., Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe (DFI/UFS), São Cristóvão, SE* • O uso crescente das radiações ionizantes não pode ser dissociado da preocupação de segurança radiológica. No Brasil, a norma 453/98 do Ministério da Saúde regulamenta que todo indivíduo que trabalhe em área controlada deve usar, durante sua jornada de trabalho, monitor individual de leitura indireta, trocado mensalmente. Ela também estabelece que os limites de doses não podem exceder os valores preestabelecidos na resolução nº12/88 da CNEN. Um dos grandes problemas em proteção radiológica ocorre com o gerenciamento dos laudos das doses. Estes laudos, na maioria, impressos em papel comum, são armazenados em locais impróprios aumentando o risco de deterioração, acarretando numa eventual privação destes valores, contrariando as normas da CNEN, que obriga a preservação desses registros durante o período ativo do indivíduo e por mais 30 anos após o término de sua ocupação. Informatizando o processo de

armazenamento de dados, é possível criar um ambiente eficiente na recuperação e armazenamento dos valores das doses funcionais. Com o objetivo de fornecer um software de controle dessas doses, foi desenvolvido um pacote denominado DoseControl?, que dispõe de um ambiente amigável, com o qual o usuário pode contar com relatórios mensais, trimestrais e anuais, sejam em gráficos ou em tabelas, ajudando, assim, na implantação dos conceitos de proteção radiológica. Este pacote pode ser bastante útil na análise de dados de dose em instituições da área. Suas enormes vantagens estão no que diz respeito à rapidez da manipulação e no acesso à informação, na redução do esforço humano, na disponibilização das informações no tempo necessário, no controle integrado de informações distribuídas fisicamente, no compartilhamento de dados e na redução de problemas de integridade, fazendo com que os usuários sejam estimulados a diminuir cada vez mais o seu valor de dose, simplesmente melhorando seus próprios procedimentos de trabalho.

[04/11/05 - P269]

**Cálculo da Função Partição Rovibracional e de Quantidades Termodinâmicas: Uma Comparação entre o Formalismo Quântico e o Clássico.,**

ARISTON CARDOSO, FREDERICO V. PRUDENTE, *UFBA - BA - Brasil* • O cálculo da função partição interna é um importante tópico na mecânica estatística, pois permite determinar as propriedades termodinâmicas de sistemas ligados em equilíbrio, obter as taxas de reações químicas usando a Teoria do Estado de Transição, entre outros. O cálculo exato da função partição é feito dentro da mecânica estatística quântica, a partir da soma explícita de todos os fatores de Boltzman. Para isso, é necessário conhecer todos os níveis de energia rovibracional da molécula, o que torna a sua aplicação limitada. Por outro lado, pode-se determinar a função partição usando o formalismo clássico da mecânica estatística. Neste caso, a soma sobre todos os níveis de energia é trocada por uma integral no espaço de fase dos fatores de Boltzman. Esta integral multidimensional pode ser calculada sem grande dificuldade usando técnicas Monte Carlo, permitindo utilizar este formalismo para tratar sistemas moleculares com um número maior de átomos. No presente trabalho, estamos interessados em fazer um estudo comparativo entre as formulações (quântica e clássica) na determinação da função partição rovibracional e de funções termodinâmicas. Além disso, incluiremos os resultados de uma aproximação padrão apresentada nos livros textos que é a do oscilador harmônico - rotor rígido para comparação. Em particular, aplicaremos as metodologias apresentadas aqui para estudar duas moléculas diatômicas, ArO e H<sub>2</sub>, que representam, respectivamente, um sistema fracamente ligado (van der Waals) e um sistema fortemente ligado.

[04/11/05 - P270]

**Estudo das transformações estruturais em cerâmicas de Pb<sub>0,5</sub>Ca<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> utilizando espectroscopia Raman,** A. P. A. MORAES, A. G. SOUZA FILHO, J. MENDES FILHO, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, C.P. 6030, 60455-900 Fortaleza, CE, Brasil*, R. JIMÉNEZ, *Instituto de*

*Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain* • Neste trabalho investigamos o comportamento vibracional e estrutural da cerâmica Pb<sub>0,5</sub>Ca<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> (PCT50) usando espectroscopia Raman. As amostras cerâmicas foram preparadas usando a técnica de reação de estado-sólido. A nossa investigação foi realizada no intervalo de temperatura de 11 a 825K. Determinamos o comportamento da frequência e intensidade dos modos vibracionais em função da temperatura. Observamos através da redução drástica da intensidade de espalhamento Raman de 1ª ordem que a temperatura da transição da fase tetragonal para cúbica é em torno de 825K. A temperatura de transição da fase tetragonal para a fase ortorrômbica é em 550K, onde o modo E<sub>g</sub> da fase tetragonal torna-se um duplete A<sub>1g</sub> + B<sub>1g</sub>. Para temperaturas inferiores a 300K observamos, em torno de 200K, uma transição da fase ortorrômbica centrossimétrica (não polar) para uma fase ortorrômbica não centrossimétrica (polar). Discutimos a possível simetria da fase não-centrosimétrica usando teoria de grupos.

[04/11/05 - P271]

**SELETIVIDADE ANGULAR NA FOTOFRAGMENTAÇÃO DE TIOFENO EXCITADO NA BORDA S<sub>2p</sub> DO ENXOFRE,**

DALILA SOUZA DOS SANTOS, NESTOR SANTOS CORREIA, ELIO THIZAY MAGNAVITA OLIVEIRA, MARCIA ATTIE, *Universidade Estadual de Santa Cruz*, NILO MAKIUCHI, ALEXANDRA MOCELLIN, ARNALDO NAVES DE BRITO, *Universidade de Brasília* • A molécula de tiofeno juntamente com outras moléculas orgânicas tem sido objeto de estudo de alguns grupos de pesquisas, tanto teóricos quanto experimentais. O comportamento destas moléculas orgânicas em contato com metais é objeto de grande interesse da indústria eletrônica devido à possibilidade de miniaturização de componentes e a substituição de materiais mais caros por correspondentes de menor custo, além da possibilidade de fabricação de dispositivos eletrônicos moleculares, que utilizam efeitos quânticos que surgem devido à baixa dimensionalidade como elementos básicos para o seu funcionamento. O objetivo destes estudos é identificar a abundância de certos íons, quando excitamos estas moléculas. O estudo da dinâmica de dissociação de moléculas é baseado no emprego da espectrometria de massa. Essa técnica teve seu início em 1965 com o grupo de McCulloh, posteriormente o grupo francês liderado por Paul Morin desenvolveu a técnica denominada PEPICO (PhotoElectron-PhotoIon-PhotoIon-Coincidence), na qual são detectados o fotoelétron e os íons provenientes da explosão Coulombiana decorrente da alta excitação do íon molecular. As medidas foram realizadas com o eixo do espectrômetro a 90° e a 0° com o plano de polarização com energia do fóton acima e abaixo da ressonância S<sub>2p</sub>. Os espectros de massa do tiofeno foram registrados no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) na linha TGM (Toroidal Grating Monochromator) na borda S<sub>2p</sub> (160-180eV). No LNLS o equipamento utilizado foi um espectrômetro de massa por tempo de voo TOFMS (Time

of Flight Mass Spectroscopy), do tipo Wiley-McLaren. Utilizou-se a radiação síncrotron como fonte de excitação da molécula de tiofeno em fase gasosa, esta radiação tem como características principais a sua propriedade de polarização, alta colimação. O registro e armazenamento do tempo voo de cada íon foi feito através do programa IGOR PRO (<http://www.wavemetrics.com/Products/IGORPro/>). Este mesmo software serve para a análise e visualização dos dados. As diferenças observadas nos picos dos fragmentos  $C_2Hn^+$ ,  $C_2HnS^+$ ,  $C_3Hn^+$  e  $C_4HnS^+$  estão relacionadas à distribuição eletrônica nos estados envolvidos nas excitações. Cálculos de estrutura eletrônica molecular serão realizados para determinar essa distribuição e fornecer elementos para a explicação dessas diferenças. Através da análise dos espectros de tiofeno, concluímos que o tiofeno apresenta seletividade angular no processo de foto dissociação. O nosso resultado é um grande avanço nas pesquisas com o tiofeno, visto que alguns grupos como o liderado por Hayes e Eberhart, concluíram usando a técnica PEPICO, que o mesmo não apresentava esta seletividade angular.

[04/11/05 - P272]

**Modelagem Molecular da APS Redutase,**  
**ELIAS SILVA DOS SANTOS,** *UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA,* **ELIAS SOUZA RAMOS,** *CEFETBA* • Nós estudamos a influência da Adenosina 5 fosfosulfato Redutase (APS) Redutase na produção biogênica de gás sulfídrico ( $H_2S$ ) através de bactérias redutoras de sulfato. Na indústria petrolífera, a biossulfetogênese leva a sérios problemas econômicos, devido a corrosões nos oleodutos, e ambientais, devido a letalidade do gás. Na natureza a redução de sulfato é realizada por algumas espécies organismos vivos, envolvendo plantas e bactérias, embora com objetivos diferentes, nas quais duas rotas ou vias distintas são identificadas. Na via dissimilativa, as reações de redução do sulfato a sulfito e de sulfito a sulfeto levam a liberação de  $H_2S$  no ambiente, enquanto que na via assimilativa os produtos das reações são usados na biossíntese de proteínas e cofatores contendo enxofre. A redução dissimilativa do sulfato e a oxidação do enxofre envolvem três enzimas que catalisam as reações químicas subsequentes. A ATP Sulfurilase ativa o sulfato em uma reação que leva a produção da Adenosina 5 fosfosulfato (APS) tendo o sulfato e a Adenosina trifosfato (ATP) como reagentes. Em seguida, as reações de redução de sulfato a sulfito e de sulfito a sulfeto são catalisadas respectivamente pela APS Redutase e Sulfito Redutase. Neste trabalho a estrutura espectroscópica e a função da APS Redutase são investigados através da Dinâmica Molecular, partindo-se da estrutura tridimensional obtida por difração de raio X que se encontra depositada no Protein Data Bank (PDB) sob o código (1JNR). A APS Redutase constitui-se de um heterodímero alfa beta de 95KDa, no qual a subunidade alfa de 75KDa possui uma molécula de Flavin Adenine Dinucleotideo (FAD) ligada não covalentemente, e uma subunidade beta de 20KDa com dois centros ferro-enxofre (4FE4S). A parametrização e a topologia foram obtidos com vistas ao estudo da sua dinâmica através do campo de forças

do GROMACS, que em decorrência da ausência de parâmetros neste campo de forças para a molécula de FAD e centros ferro-enxofre, métodos distintos foram usados na obtenção da topologia de tais cofatores. Os parâmetros para o FAD foram obtidos através do método semi-empírico, no qual usamos o PRODRG. No caso dos centros, a parametrização do campo de forças foi realizada a partir de cálculos ab initio, para os quais usamos o Gamess97. A topologia encontrada apresenta consistência com os dados da literatura e a dinâmica da molécula permite extrair informações importantes sobre propriedades físico-químicas.

[04/11/05 - P273]

**Efeito Casimir em Nemáticos com Disclinações,**  
**CAIO VELOSO SÁTIRO,** **FERNANDO JORGE SAMPAIO MORAES,** *UFPB* • Em seu trabalho pioneiro em 1948, o físico H. B. Casimir estudou o significado da energia do vácuo mostrando que duas placas paralelas condutoras, planas e neutras atraem-se com uma força por unidade de área proveniente de modificações da energia do campo eletromagnético, que por sua vez, ocorrem devido a flutuações na polarização das moléculas constituintes das placas. Em 1992, A. Ajdari, B. Duplantier et al publicaram um trabalho onde estudaram o efeito Casimir entre duas placas paralelas condutoras, planas e neutras, imersas em um líquido nemático com orientação uniforme na direção normal à superfície das placas e cujo campo molecular fez o papel do campo eletromagnético. Como resultado, encontraram uma força de Casimir atrativa originada não pelas flutuações na polarização das moléculas das placas e sim pelas flutuações térmicas no campo molecular do líquido nemático. Um líquido nemático é um cristal líquido constituído por moléculas em uma fase correspondente a primeira transição de fase sofrida por um determinado líquido isotrópico ao ser resfriado. Nesta fase temos a quebra da simetria global de rotação  $SO(3)$  relativa à orientação das moléculas de um líquido isotrópico, e passamos a ter uma simetria  $SO(2)$  com as moléculas numa certa orientação em direção preferencial (fase nemática). Neste trabalho nós calculamos a energia de Casimir devido à presença de uma disclinação no campo molecular bidimensional de um líquido nemático. Para isso, definimos a geometria necessária para criarmos as condições de contorno através do vetor  $n$  de orientação fixando-o na direção  $r$  (em coordenadas polares) e calculamos a energia de distorção associada às flutuações na orientação do campo. Em seguida utilizamos integração funcional para obter a função de partição associada a estas flutuações e calculamos a energia de Casimir da configuração molecular utilizando a técnica de regularização por função zeta.

[04/11/05 - P274]

**Metallic Carbon Nanotubes Interacting with Amino Acids,** **E. J. G. SANTOS,** *Universidade Federal do Ceará,* **A. G. SOUZA FILHO,** *Universidade Federal do Ceará,* **J. MENDES FILHO,** *Universidade Federal do Ceará,* **D. L. AZEVEDO,** *Universidade Federal do Ceará,* **S. GUERINI,** *Universidade Federal do Ceará,* **SOLANGE B. FAGAN,** *Centro de Ciências Naturais e Tecnológicas, UNIFRA* • The study of carbon nanotubes has been

extremely active since their discovery by Iijima in the early 90's. Due to their interesting physical properties carbon nanotubes are promising systems from both fundamental and applications point of view. However, the manipulation and processing of carbon nanotubes have been limited by their insolubility in most common solvents. A possible approach for incorporating carbon nanotubes in more complex assemblies is through chemical functionalization. This process enables chemical covalent bonding between the carbon nanotubes and the material of interest. Examples of such covalent linkage achieved through chemical functionalization have been employed in carbon nanotubes reinforced polymer composites and biological systems. In this work we report an ab initio study of metallic carbon nanotube (5,5) interacting with histidine and adenine. Our study is based on first-principles density-functional theory. We have used the Siesta code, which performs fully self-consistent calculations solving the standard Kohn-Sham (KS) equations. The KS orbitals are expanded using linear combination of pseudoatomic orbitals proposed by Sankey and Niklewski. For the exchange and correlation term, local density approximation (LDA) is used as proposed by Ceperley-Alder. We have determined the electronic and structural properties. We discuss the binding energies, electronic band structures, and the contour plots for both pristine and SWNTs interacting with the amino acids.

[04/11/05 - P275]

**Estudo comparativo do método do elemento finito com malha otimizada aplicado a sistemas quânticos,** MARCILIO N. GUIMARÃES, FREDERICO V. PRUDENTE, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • O método do elemento finito (MEF) consiste em um conjunto de procedimentos que são baseados em técnicas de discretização do espaço em elementos e no uso de funções de bases locais definidas nesses elementos. Recentemente mostramos a utilização do formalismo variacional e da versão-p desse método (p-MEF) com uma malha equidistante no estudo de sistemas quânticos confinados obtendo excelentes resultados (ver Guimarães and Prudente, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **38** (2005) 2811). Também já foi utilizada a p-MEF com uma malha equidistante para tratar de problemas de espalhamento [Prudente and Soares Neto, *Chem. Phys. Lett.* **309** (1999) 471] obtendo também bons resultados. Entretanto, dois procedimentos podem ser usados para tentar melhorar a convergência dos resultados, que são o uso de uma discretização não uniforme da malha e o emprego de um número diferente de funções de base em cada elemento. Neste trabalho estamos propondo um novo procedimento, conhecido como procedimento mecânico-quântico auto-consistente, para otimizar a malha de elementos. Nosso objetivo central é analisar as vantagens e desvantagens do emprego de uma discretização não-uniforme obtida usando o procedimento auto-consistente na determinação de níveis de energia de sistemas ligados e no estudo de processos de espalhamento quântico usando o formalismo variacional da matriz R. Em particular, utilizaremos em nosso estudo sistemas quânticos unidimensionais.

[04/11/05 - P276]

**Um Estudo Dependente do Tempo para o Processo de Fotodissociação da Molécula de CO,** MARCOS M. DE ALMEIDA, FREDERICO V. PRUDENTE, *Inst. de Física - UFBA* • No âmbito da aproximação de Born-Oppenheimer a solução do problema nuclear envolve apenas um estado eletrônico e a dinâmica nuclear se dá sobre uma única superfície de energia potencial adiabática. Quando existe cruzamento de autovalores de energia para diferentes superfícies de energia potencial, cruzamento este chamado de acoplamento não-adiabático, o Hamiltoniano a ser considerado é um operador matricial  $n \times n$ , onde  $n$  é o número de estados eletrônicos acoplados. Em particular, na representação diabática, o operador energia cinética é diagonal e o da energia potencial apresenta na diagonal os potenciais diabáticos e nos elementos fora da diagonal os termos de acoplamentos. Nestes casos a dinâmica dos núcleos fica mais complexa e interessante com o aparecimento de ressonâncias [Yarkoni, *J. Phys. Chem.* **100** (1996) 18612]. A análise e caracterização destes estados quase ligados (cujo o efeito claramente aparece na seção de choque) tornam-se cruciais para o entendimento desses processos. Neste trabalho, utilizamos um formalismo dependente do tempo para caracterizar as ressonâncias que aparecem no processo de fotodissociação da molécula de CO, a partir do estado fundamental  $X^1\Sigma^+$  para o estado de Rydberg  $B^1\Sigma^+$  acoplado ao estado de valência  $D^1\Sigma^+$ . Em particular, estudamos tal processo fazendo uma evolução temporal do pacote de onda expandido numa representação da variável discreta otimizada para os potenciais diabáticos (DPO-DVR) usando o método de propagação de Lanczos [Park and Light, *J. Chem. Phys.* **85** (1986) 5870]. Utilizamos como potenciais eletrônicos, curvas obtidas experimentalmente [Tchang-Brillet *et al.*, *J. Chem. Phys.* **96** (1992) 6735; Le Floch, *Mol. Phys.* **72** (1991) 133] e comparamos os nossos resultados com os obtidos através de metodologias independentes do tempo.

[04/11/05 - P277]

**Estudo Teórico de Pequenos Agregados Moleculares de Glicina,** MARIANA FERNANDES DE CARVALHO, ROBERTO RIVELINO, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • Neste trabalho investigamos a contribuição das interações intermoleculares para estabilização de agregados da molécula de glicina. O estudo é realizado utilizando-se a Teoria do Funcional da Densidade (DFT). Nossos cálculos envolvem a determinação de propriedades estruturais, energéticas, eletrônicas e vibracionais dos dímeros e trímeros da molécula de glicina. Para isto utilizamos a aproximação do gradiente generalizado na DFT com os funcionais híbridos B3LYP, B3PW91 e MPW1PW91 e base atômica localizada 6-311+G(d,p). Realizamos os cálculos da energia de ligação incluindo a correção de superposição de base (BSSE), a energia de ligação considerando a relaxação dos monômeros, e a partir dela encontramos a energia de relaxação dos dímeros e trímeros da molécula de glicina. Os agregados estudados foram encontrados como sendo sistemas de energia mínima. Para o dímero I, mais estável, a energia de ligação calculada, computando-se o BSSE,



é de -17,91Kcal/mol no nível B3LYP/6-311+G(d,p); -18,10Kcal/mol no nível B3PW91/6-311+G(d,p) e -18,95Kcal/mol no nível MPW1PW91/6-311+G(d,p). Para o dímero II, a correspondente energia é de -12,25Kcal/mol; -12,25Kcal/mol e -13,04Kcal/mol, respectivamente, e para o dímero III, menos estável, a mesma corresponde aos valores, -11,90Kcal/mol; -12,06Kcal/mol e -12,80Kcal/mol. A energia de ligação calculada para o trímero é de -30,06Kcal/mol; -30,20Kcal/mol e -31,92Kcal/mol, respectivamente, nos três níveis mencionados. Isto resulta num ganho médio de aproximadamente 40

[04/11/05 - P278]

**ab initio Calculations of the Lowest Excited States of Resveratrol and Similar Compounds,** TARCISO S. DE ANDRADE FILHO, JORDAN DEL NERO, DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, • Keywords: Resveratrol, Excited states and Antioxidant activity

Resveratrol has assumed greater relevance in recent years as a constituent of grapes and wine, as well as other food products, with antioxidant, anti-inflammatory, antiplatelet and cancer preventative properties. This antioxidant activity of resveratrol is related to its hydroxyl (OH) groups which can scavenge free radical in vivo. These entire medical interesting in Resveratrol is due how to explain the so-called "French Paradox". This corresponds to the controversy about the epidemiological data indicating that French consume a diet that is fairly high in fat and low heart disease concentration. An invoked explanation for the paradox is that in France the consumption of red wine above the world average could have a particular protective effect due to the presence of Resveratrol in the skin of certain types of grapes. So, in this work we studied this antioxidant activity through ab initio post hartree-fock single-excitation configuration interaction (CIS) with 6-31g basis set to simulate the lowest excited states (Singlet and Triplet) of Trans-Resveratrol (TR) and its five similar compounds: (Piceatannol (Pice), Para Vinylphenylphenol (Para), Resveratol Dihydroxyl 1 (RD1), Resveratol Dihydroxyl 2 (RD2) and Resveratol Dihydroxyl 3 (RD3). Through these methods we analyzed the bond length distributions for the ground state and for the two lowest-lying excited (singlet and triplet) states. The main characteristic on the bond length distribution of these hydroxylic stilbenes was on the bridge that connects the two aromatic rings. Through excitation, (singlet state) all these molecules showed a conjugation through this site (as quinoidal characteristic). By the way, on the triplet excited state the inversion of double-single bonds was seen through the aromatic rings. The post hartree-fock simulated emission spectra (Phosphorescence and Fluorescence) were performed by Time Dependent Density Functional Theory TDDFT. The principal transitions were that located at 400 to 250 nm and the correspondent transitions were LUMO + X to HOMO - Y (X= [0,3], Y= [0,3]). The charge distribution was performed by Chelpg charge analysis and the main results shown similar behavior for Para, RD2, TR, Pice and RD3. Sponsors=Proint/CNPq

[04/11/05 - P279]

**VIBRANDO COM O VIAGRA NATURAL: CÁLCULOS AB INITIO DOS ESPECTROS INFRAVERMELHO E RAMAN DA YOHIMBINA,** E. M. BEZERRA, V. N. FREIRE, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, M. C. F. DE OLIVEIRA, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará • A Yohimbina (C<sub>21</sub>H<sub>26</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) é um alcalóide indólico isolado da planta *Pausinystalia yohimbe* e raízes de *Rawolfia*, especialmente de espécies da família *Apocynaceae*. Este alcalóide é um estimulante do sistema nervoso central e periférico induzindo hipertensão. Interage com os receptores  $\alpha_2$ -adrenérgico,  $\alpha_1$ -adrenérgico e as enzimas monoamino oxidase e colinesterase os quais são responsáveis pelos efeitos farmacológicos. A yohimbina produz efeito alucinógeno, analgésico, efeitos afrodisíacos (é utilizada no tratamento de impotência), atividade antidiurética e atua na queima de lipídios em indivíduos obesos. No presente trabalho, quatro diastereoisômeros são estudados: yohimbina, alfa-yohimbina, beta-yohimbina e allo-yohimbina. Cálculos ab initio foram realizados utilizando a teoria do funcional da densidade na aproximação da densidade local (DFT-LDA) com o conjunto de base 6-31G+(d) para os quatro diastereoisômeros na fase gasosa usando o programa Gaussian 03. A geometria otimizada dos compostos foi obtida por minimização da energia. Espectros infravermelho (IR) e Raman foram calculados. O pico no espectro infravermelho em 3220 cm<sup>-1</sup> é responsável pelo estiramento dos hidrogênios do anel aromático na yohimbina. O pico no espectro infravermelho em 3694 cm<sup>-1</sup> é responsável pelo estiramento da ligação N2-H. Foram assinalados todos os modos normais característicos de cada diastereoisômero os quais sugerem a possibilidade de identificação destes compostos em misturas através dos espectros IR e Raman.

[04/11/05 - P280]

**Modelagem por Homologia da ATP Sulfurylase da Desulfovibrio Vulgaris.,** DERMEVAL HEITOR SOUZA GRITTA, UFBA, ELIAS SOUZA RAMOS, CEFET-BA • Neste trabalho estudamos a formação estrutural da proteína (ATP Sulfurylase) em seus aspectos biológicos e o seu mecanismo para promover a catálise, levando em consideração seus aspectos cinéticos e também cálculos de energia livre. Nosso objetivo é desenvolver a modelagem molecular da ATP Sulfurylase da Desulfovibrio Vulgaris, uma das enzimas chave no processo de redução do Sulfato através da ATP tendo como produto final a APS e PPi, por bactérias que fazem a redução através de vias dissimilativas. Entretanto, como não há depósito da estrutura tridimensional da referida enzima no Protein Data Bank (PDB), foi proposto a estrutura tridimensional por homologia comparativa, partindo da seqüência primária disponível no EXPASYs. Até aqui, realizamos buscas de seqüências homólogas depositadas no PDB, cujas escolhidas foram as estruturas: 1V47;1JHD; 1G8H. Foi feito o alinhamento estrutural dessas seqüências utilizando o ClustalW, comparando suas estruturas no Swiss-Model. Analisamos o gráfico Ramachadran

e geramos as coordenadas tridimensionais do modelo ATP sulfurylase, com base nas respectivas referências que foram selecionadas no PDB.

[04/11/05 - P281]

**Estudos sobre a fotoionização dos orbitais de valência da molécula  $H_2O$ ,** CLEITON C. QUEIROZ, EDMAR M. NASCIMENTO, *Instituto de Física - UFBA* • O conhecimento das seções de choque de fotoionização é importante no estudo da fotoquímica dos sistemas moleculares, nos processos induzidos pela absorção de fótons. Apresentamos neste trabalho um estudo teórico sobre a fotoionização dos orbitais de valência da molécula de água. A equação de Lippmann-Schwinger é resolvida, dentro da aproximação de caroço congelado, pelo método de frações continuadas (MCF), para um potencial estático-troca exato, construído a partir dos orbitais SCF-HF da molécula, sendo todos os cálculos efetuados sem a imposição de qualquer condição de simetria. O método resolve a equação Lippmann-Schwinger em um processo iterativo no qual o potencial de interação é projetado em um conjunto finito de funções que são calculadas em cada passo iterativo. A partir da segunda iteração todas as funções são de quadrado integrável e regulares na origem. As contribuições para o potencial estático foram calculadas utilizando uma expansão de centro único truncada em  $l_{max}=10$  e todos os elementos de matriz no MCF foram calculados com  $l_{max}=7$ . Os valores convergidos da matriz de reatância e da função de onda do fotoelétron foram então utilizados, dentro da aproximação de dipolo, para a determinação das seções de choque e dos parâmetros de assimetria. Os resultados até agora obtidos são comparados, com boa concordância, a resultados experimentais disponíveis na literatura. O MCF é um método simples, de grande precisão, rápida convergência e por não ser variacional, não requer o uso de funções tentativas. Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do programa PIBIC/CNPq/UFBA.

[04/11/05 - P282]

**Estudo da radiação no cotidiano, tomando como exemplo a máquina de xérox,** ELIÂNGELA P. BENTO, J. R. BEZERRA, *UEPB - PB - Brasil* • Com o conhecimento da física nuclear, o homem começou a explorar as energias liberadas neste processo em diversos dispositivos. Energias essas que tem provocado na população em geral, um misto de medo, curiosidade e necessidade de mais informações. Isso porque vivemos num mundo cada vez mais dependente de tecnologias baseadas na utilização de radiações nas mais variadas áreas. E mesmo trazendo alguns benefícios, a falta de conhecimento acaba criando nas pessoas uma aversão à essas tecnologias. Entretanto, não podemos nos esconder da radiação, uma vez que ela provém de muitas fontes (inclusive naturais!). Por ano, absorvemos cerca de  $10^{-3}$  Sv (Sievert) a  $1,5 \cdot 10^{-3}$  Sv de radiação de diversas fontes. Dentre elas, os eletrodomésticos, como por exemplo a TV, que emite cerca de  $10^{-5}$  Sv ao ano. Neste contexto, escolhemos a partir da máquina de xérox, estudar a radiação em nosso cotidiano, procurando ana-

lisar qual o tipo de emissão e que riscos podem trazer as pessoas que lidam com esse tipo de equipamento.

[04/11/05 - P283]

**ESTUDO DE SISTEMAS ATÔMICOS CONFINADOS USANDO O PRINCÍPIO VARIACIONAL E COMBINAÇÃO LINEAR DE FUNÇÕES-BASE GERAIS.,** JOÃO CLÁUDIO P. COSTA, B. MARCELA S. BASTOS, MARIA DAS GRAÇAS R. MARTINS, *UFBA*, JOSÉ DAVID M. VIANNA, *UFBA/UnB* • Os sistemas eletrônicos confinados têm sido muito estudados nos anos recentes. Neste trabalho, discute-se duas das formas de se obter a estrutura eletrônica de sistemas atômicos e moleculares confinados: o método Hartree-Fock com funções atômicas satisfazendo as condições de contorno impostas pelo confinamento e um método que usa a combinação linear de funções-base gerais, i. e. que não satisfazem as condições de contorno. Mostra-se, em uma das partes do trabalho, os resultados obtidos com o segundo método no caso de confinamento de átomos e íons atômicos numa esfera de raio R. Especificamente, são estudados os íons  $He^+$ ,  $Li^{++}$  e  $Be^{+++}$  confinados em esferas de raios dentro da faixa  $1,0a_0 \leq R \leq 5,0a_0$ . Os resultados comparados com aqueles obtidos por outros métodos mostram que o novo método é eficiente, embora apresente dificuldades para aplicações a moléculas. Em outra parte do trabalho, aplica-se o método a átomos artificiais (quantum dots) com população de mais de um elétron e tendo como geometria confinante a de um potencial esférico definindo um confinamento tridimensional. O objetivo principal desta parte do trabalho é a análise da influência da interação Coulombiana entre as partículas constituintes do sistema. Apoio: Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do programa PIBIC/CNPq/UFBA.

[04/11/05 - P284]

**SOBRE A CORRELAÇÃO ELETRÔNICA DO ALVO NAS COLISÕES ELÉTRON-MOLÉCULA EM BAIXAS ENERGIAS,** BRUNO B. M. DA SILVA, MARIA DAS GRAÇAS R. MARTINS, A. M. MANIERO, *UFBA*, L.E.MACHADO, *UFSCar*, JOSÉ DAVID M. VIANNA, *UFBA/UnB* • A Teoria Quântica de Colisões encontra-se bem estabelecida do ponto de vista teórico e um dos tópicos mais estudados é a interação de elétrons com átomos e moléculas. Entretanto, nas aplicações, há aspectos que necessitam ser aprimorados, sendo um deles o tratamento da correlação. Neste trabalho, discute-se a importância da Correlação Estática e Dinâmica nos processos de Espalhamento elástico Elétron-Molécula. Considera-se elétrons incidentes com baixas energias (até 30 eV). Apresenta-se um estudo comparativo entre as seções de choque diferenciais calculadas a partir de funções do alvo determinadas com o método Hartree-Fock e aquelas obtidas com métodos mais precisos e recentes tais como Matriz R e Interação de Configurações(CI). Em particular faz-se um estudo utilizando funções Hartree-Fock (geralmente empregadas) e um método desenvolvido pelos autores, usando a Interação de Configurações para

a determinação das funções do alvo e correspondente potencial de interação. Neste estudo considera-se o espalhamento elástico de elétrons no processo  $e^-$ -CO fazendo-se uma análise das seções de choque com diferentes bases atômicas, com o fim de determinar quais delas oferecem melhor desempenho numa teoria monocanal. A equação de espalhamento (Lippmann-Schwinger) é resolvida utilizando o Método Iterativo Variacional de Schwinger (SVIM).

Apoio: Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do programa PIBIC/CNPq/UFBA.

[04/11/05 - P285]

#### AS DIFERENTES CONTRIBUIÇÕES PARA O POTENCIAL DE INTERAÇÃO NO ESPALHAMENTO ELÁSTICO ELÉTRON-MOLÉCULA,

LEANDRO CERQUEIRA SANTOS, MARIA DAS GRAÇAS R. MARTINS, A. M. MANIERO, UFBA, L.E.MACHADO, UFSCar, JOSÉ DAVID M. VIANNA, UFBA/UnB •

Os métodos teóricos usados na Teoria Quântica de Colisões vêm alcançando um alto grau de desenvolvimento não só pela sua importância em ciência básica como também em tecnologia (micro eletrônica) e fenômenos atmosféricos. A precisão dos resultados obtidos por estes métodos depende, entre outros itens, do potencial empregado nos cálculos. Neste trabalho pesquisa-se uma melhor aproximação para o potencial no espalhamento elástico elétron-molécula, com elétrons incidentes de baixas energias ( $<30\text{eV}$ ), e a influência da base atômica no seu cálculo e na determinação da seção de choque diferencial. Partindo-se da formulação usual Hartree-Fock para descrever o alvo são apresentadas as expressões para as contribuições denominadas estática, de troca e de polarização do potencial e comparadas com expressões obtidas por outros autores e métodos. Em particular faz-se uso de um método desenvolvido pelos autores baseado no método de Interação de Configurações (CI) e um levantamento de outros métodos usados no estudo do processo  $e^-$ - $N_2$ , colocando a ênfase nas diferentes bases atômicas e nas expressões empregadas para o potencial, analisando a influência dessas bases e potenciais para a determinação da seção de choque diferencial, comparadas com resultados experimentais. O método utilizado para resolver a equação de Lippmann-Schwinger é o Método Iterativo Variacional de Schwinger (SVIM).

Apoio: Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do programa PIBIC/CNPq/UFBA.

[04/11/05 - P286]

#### Simulações do meio interestelar: o estudo de fotólise em multicamadas congeladas.,

JOSÉ JADSOM S. DE FIGUEIREDO, Departamento de Física, UFPB, João Pessoa-PB, Brasil, A. NAVES DE BRITO, R. R. L. CAVASSO FILHO, M. G. P. HOMEM, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), Campinas-SP, Brasil • Está sendo desenvolvido no LNLS um trabalho de simulação do meio interestelar, que tem por objetivo o estudo de processos fotoquímicos que levam ao aparecimento de moléculas complexas, fun-

damentais para a existência da vida na terra. Acredita-se atualmente, que os processos fotoquímicos que ocorrem no meio interestelar são responsáveis O gás e a poeira interestelar são responsáveis por cerca de 10% da massa de nossa Galáxia. Tipicamente um grão de poeira presente em uma nuvem difusa de gás interestelar consiste em um núcleo de silicato recoberto por uma camada de compostos orgânicos não voláteis de elevado peso molecular. Por outro lado acredita-se que os grãos de poeira presentes em densas nuvens moleculares sejam revestidos por moléculas orgânicas e inorgânicas voláteis ( $CH_4, H_2O, CO_2, CO, NH_3$ ) além de outros compostos de elevado peso molecular. Em vista desta hipótese, neste trabalho estamos interessados na simulação experimental dos processos fotoquímicos na região de ultravioleta de vácuo que levam a conversão de compostos voláteis em compostos orgânicos não voláteis observados no meio interestelar difuso. No entanto, para obtermos resultados compatíveis aos encontrados no meio interestelar, é necessário ter o controle de temperatura durante o processo de aquecimento, principalmente na faixa de temperatura de 100-150K, temperatura das nuvens difusas, é ponto crucial para produção dos elementos mais complexos. Neste contexto, o trabalho que realizei no LNLS durante o XIV Programa Bolsas de Verão teve como objetivos principais, entender e acompanhar os processos térmicos envolvidos durante as simulações.

[04/11/05 - P287]

#### Estudo experimental do fenômeno de superdifusão de fótons em vapores ressonantes,

D.NASCIMENTO FERREIRA, T. PASSERAT DE SILANS, M. ORIA, M. CHEVROLLIER, Laboratório de Física Atômica e Lasers, DF-Universidade Federal da Paraíba, Cx. Postal 5008 •

Iluminando parte de uma célula contendo um vapor atômico com uma fonte de radiação laser ressonante, é possível observar, com uma câmera do tipo CCD a fluorescência do vapor em regiões que não foram diretamente iluminadas pelo laser. Este fenômeno é o resultado da excitação de átomos pela fluorescência de outros átomos do vapor. Este processo de redifusão pode se repetir várias vezes, aumentando o tempo total que os fótons ficam em uma célula ótica contendo um vapor atômico. Esse processo é então chamado de aprisionamento da radiação. A distância instantânea entre o átomo que emite o fóton e o átomo que reabsorve (passo) do fóton obedece a uma distribuição de probabilidade que depende do espectro de emissão e de absorção do vapor ressonante. Esta distribuição determina então o perfil espacial da fluorescência do vapor atômico. O comportamento esperado para esta distribuição de passos do fóton é do tipo vôo de Lévy, ou seja, ela caracteriza-se por ter uma probabilidade não desprezível do fóton dar passos bastante grandes [1], com médias que divergem, características do fenômeno de superdifusão. Usamos no experimento um laser de diodo, uma célula capilar (diâmetro 8mm e comprimento de 1m), e uma camera CCD para observação do perfil de fluorescência. Variando-se a posição longitudinal de observação ( a partir da região de iluminação laser), obtivemos curvas do perfil espacial de intensidade da fluorescência em função de parâmetros como

a densidade atômica, a intensidade do feixe laser. A comparação desses resultados experimentais com simulações do tipo Monte Carlo [2], sugere que a caminhada ao acaso dos fótons entre duas absorções é do tipo vôo de Lévy. Medidas sistêmicas estão em andamento para confirmar e caracterizar a assinatura desse fenômeno de superdifusão de fótons inelasticamente espalhados por vapores atômicos ressonantes.

[1] E. Pereira et al, PRL 2004

[2] T. Passerat de Silans et al., XXIII EFNNE

[04/11/05 - P288]

**CARACTERIZAÇÃO DO ANTI-RETROVIRAL LAMIVUDINA POR ESPECTROSCOPIA RAMAN: TEORIA E EXPERIMENTO,** M. Z. S. FLORES, E. M. BEZERRA, V. LEMOS, V. N. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará - UFC*, B. G. PEREIRA, C. D. V. SOARES, *Departamento de Produtos Farmacêuticos, Universidade Federal de Minas Gerais* • Retro-vírus são vírus em que a codificação protéica acontece no sentido RNA → DNA → RNA → Proteína em vez do modo usual, que ocorre na maioria dos seres vivos, DNA → RNA → Proteína. Entre os retro-vírus mais conhecidos estão o vírus do HIV e da herpes. Em ambos os casos, a lamivudina (3TC, (-)-β-L-3'-Thia-2',3'-dideoxycytidine) é composto ativo dos medicamentos Epivir® e Zeffix®, utilizados no tratamento das doenças causadas pelos retro-vírus do HIV e da herpes, como a síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS, na sigla em inglês). Neste trabalho caracterizamos o fármaco lamivudina pelo espectro Raman obtido experimentalmente, e o analisamos através de cálculos *ab initio* focando as quatro configurações de menor energia da molécula. Foi usada a aproximação do funcional de densidade juntamente com o funcional híbrido B3LYP e o conjunto de bases 6-31G(d). Foram obtidos 72 modos normais para essa molécula, sendo que do espectro obtido experimentalmente puderam ser distinguidos apenas 51. Os autovetores foram especificados, descrevendo os movimentos atômicos de cada isômero e correlacionado com um ou mais picos do espectro experimental. Obtivemos que o pico mais pronunciado, em torno de 3620 cm<sup>-1</sup>, está relacionado a vibrações de NH<sub>2</sub> no anel de seis elementos, e ao OH do anel de cinco elementos. A comparação entre resultados experimentais e teóricos mostra uma boa concordância e uma análise dos dados indica que vibrações atômicas podem modificar as ligações de hidrogênio, influenciando as propriedades de estabilização molecular.

[04/11/05 - P289]

**Utilização do Efeito Kerr no Estudo de Amostras Líquidas a Nível Molecular,** BERTÚLIO DE LIMA BERNARDO, ARMANDO ALVES DE MENEZES, *Departamento de Física, UFPB*, LINDEMBERG ROCHA FREITAS, *Departamento de Química, UFPB* • Sabe-se que a observação de fenômenos ópticos é de grande importância no estudo das propriedades físicas de uma substância. Com o rápido desenvolvimento da óptica não-linear na última década, tornou-se possível extrair resultados notáveis em física atômica e molecular. Entende-se que quando a luz se propaga através de

uma substância transparente, o campo eletromagnético oscilante exerce uma força sobre os elétrons do meio. Como os elétrons estão fortemente ligados ao núcleo, a maior resposta ao estímulo vem dos elétrons de valência. Com fontes de luz ordinárias o campo de radiação é muito menor que o campo interatômico (cerca de 300 MV/cm), assim a radiação age como uma pequena perturbação (as cargas do meio comportam-se como osciladores harmônicos). Quando a intensidade da luz é alta, tal que o campo de radiação é comparável com os campos inerentes ao átomo, as cargas comportam-se como osciladores não harmônicos e a polarização induzida tem um comportamento não-linear em função da amplitude do campo. Campos como esses só são obtidos quando se submete o material a radiação laser. Dentre os vários fenômenos não-lineares um dos que mais se destaca atualmente ainda é o efeito Kerr eletro-óptico, devido sua eficiência e praticidade quando estudado experimentalmente. É a esse fenômeno que se atribui o fato de que certos materiais transformam-se duplamente refringentes quando submetidos a um campo elétrico adequado. Essa birrefringência deve-se a rotação e reorientação das moléculas constituintes do meio e é diretamente proporcional ao quadrado do campo aplicado. Nesse trabalho, estudamos teoricamente o fenômeno do efeito Kerr, obtendo importantes resultados a respeito das propriedades intermoleculares dos materiais estudados, tais como energias de ligação, e posicionamento dos átomos na rede. Para objeto de estudo, demos privilégio primeiramente à molécula da água devido a sua simplicidade estrutural, apesar da grande complexidade de suas propriedades, e por ser ainda um grande alvo de estudos em física, química e biologia. Estamos realizando um experimento na tentativa de verificação dos resultados preexistentes, para tal faremos uso de um aparato que consiste basicamente de um laser de He-Ne, uma fonte de tensão adequada, um fotodetector e alguns equipamentos ópticos.

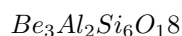
[04/11/05 - P290]

**Estudo Seqüencial MC/MQ de Líquidos (Benzofenonas em Água),** ADERSON S. FEIO, *Departamento de Ciências Naturais - Universidade do Estado Pará - Belém (PA), 66113-010.*, LUCIMAR PINHEIRO, *Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas - Campinas (SP), 13083-970.*, RENATO ROSSETO, MARIENE ALVES, *Departamento de Química - Califórnia State University - Northridge (CA), 91330-8262.*, JORDAN DEL NERO, *Departamento de Física - Universidade Federal do Pará - Belém (PA), 66075-110.*, SHEILA CRISTINA SANTOS COSTA, *Departamento de Ciências Naturais - Universidade do Estado Pará - Belém (PA), 66113-010.* *Departamento de Física - Universidade Federal do Pará - Belém (PA), 66075-110.* • As benzofenonas são moléculas conjugadas que possuem dois anéis fenil [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> - C(O) - C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>] e são usualmente encontrados como sólidos cristalinos. São compostos utilizados em fotoquímica orgânica e indústrias químicas como tensoativos de perfumes em detergentes e odorizador de ambientes, inibidor de polimerização por esterina, sínteses orgânicas e fabricação de anti-histamínicos. Neste traba-

lho apresentaremos resultados obtidos a partir de cálculos de otimização das geometrias de benzofenonas e derivados [grupos OH, NH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>, COOH inferidos na molécula] para os estados fundamental, primeiros estados excitados (Singleto/Tripleto), através dos métodos Hartree-Fock ab initio (HF/6-31G\*) e DFT (B3LYP/6-31G\*) com ajuste de cargas do CHelpG. Para estes cálculos utilizamos o pacote Gaussian 98. Apresentaremos também a rota de síntese destes compostos e seus respectivos espectros de absorção e emissão experimentais e para garantir boa conexão entre os resultados experimental-teóricos simulamos os espectros de absorção correspondentes, utilizando o método INDO/S-CI incluído no programa ZINDO, com parametrizações que melhor descrevem as transições ópticas no UV-visíveis. Avaliamos também a interação das moléculas de Benzofenona derivadas em meio líquido através de cálculos seqüenciais de MC/MQ (Dinâmica de Monte Carlo associado a cálculos quânticos, podendo ser Hartree-Fock ab initio ou de Funcional de Densidade). Baseados nesta metodologia foram feitas simulações dos derivados de Benzofenonas com 800 moléculas de água utilizando o programa DICE. Uma avaliação complementar para estes resultados será feita pela distribuição do momento de dipolo e dos orbitais de fronteira HOMO/LUMO.

[04/11/05 - P291]

**EMIÇÃO TERMOLUMINESCENTE E FOTOINDUZIDA DO BERILO ROSA,** MARCOS A. DÓREA MACHADO, MARCOS A. COUTO DOS SANTOS, SAMUEL CÉSAR DANTAS, DIVANÍZIA DO NASCIMENTO SOUZA, *Universidade Federal de Sergipe* • Há algumas décadas vêm-se estudando as propriedades termoluminescentes de certos materiais. Os materiais com esta propriedade têm sido largamente empregados na confecção de diferentes tipos de detectores; dentre estes, os detectores de radiações ionizantes, que são empregados em áreas tais como saúde, pesquisa, energia, etc. Neste trabalho estudamos as propriedades termoluminescentes do berilo rosa. O berilo, mineral abundante na região centro-oeste do Brasil, é um silicato de alumínio e berílio de fórmula química



, que pode ser encontrado na natureza nas cores rosa, azul, verde, amarela e incolor. A principal diferença entre estas variedades são as impurezas presentes em suas estruturas. Na literatura consta que os picos TL são sensíveis a estas impurezas, a tratamentos térmicos e ao tipo de radiação à qual o material foi exposto. Outros autores estudaram os sinais TL para radiações gama e ultravioleta, entretanto, não foi verificado o comportamento TL deste material quando irradiado com elétrons. Um estudo sobre o berilo rosa foi feito, verificando os sinais termoluminescentes de amostras tratadas a diferentes temperaturas e irradiadas com elétrons (partículas beta de fonte de <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y). Foram feitas também medidas de emissão fotoinduzida em um espectrofluorímetro para caracterização do material. Amostras de berilos rosa com grãos de dimensões entre 45 e 75 m foram tratadas a temperaturas de 400, 600 e 900°C por 30 minutos e em seguida irradiadas com doses de 10,

20 e 30Gy. Em todas as amostras a intensidade do pico TL foi proporcional à dose absorvida. Comparando uma mesma dose em amostras tratadas a diferentes temperaturas, foi verificado que se pode maximizar a resposta TL com um monitoramento térmico para amostras irradiadas com elétrons. Medidas de emissão fotoinduzida realizadas com excitação em 230nm mostraram bandas de emissão no intervalo de 350 a 800nm com um pico mais intenso em 600 nm. A comparação entre o espectro fotoinduzido e o espectro de emissão termoluminescente apresentou similaridades com emissão no mesmo intervalo de comprimento de onda.

[04/11/05 - P292]

**MODELAGEM DE SISTEMAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO BIOGÊNICA DE GÁS SULFÍDRICO,** ELIAS RAMOS-DE-SOUZA, IGOR CAMPOS BRITO, JACKSON FERNANDES DE OLIVEIRA JÚNIOR, *Departamento de Ciências Aplicadas, Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia*, ELIAS SILVA SANTOS, DERMEVAL HEITOR SOUZA GRITTA, *Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia* • A produção de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) por bactérias redutoras de sulfato (BRS) leva a sérios problemas econômicos e ambientais, de forma que a compreensão dos fenômenos envolvidos pode ajudar na descoberta de soluções tecnológicas para a sua superação. Na indústria petrolífera, a biosulfetogênese provoca a corrosão de oleodutos e causa sérios danos ambientais e à saúde humana. Na natureza, a redução de sulfato é realizada por algumas espécies de organismos vivos, envolvendo plantas e bactérias, embora com objetivos diferentes. Na via dissimilativa, as reações de redução do sulfato a sulfito e de sulfito a sulfeto levam à liberação de H<sub>2</sub>S no ambiente, enquanto que na via assimilativa os produtos das reações são usados na biossíntese de proteínas e de cofatores contendo enxofre. A redução dissimilativa de sulfato e a oxidação do enxofre envolvem três enzimas que catalisam reações químicas subsequentes. A ATP Sulfurilase ativa o sulfato em uma reação que leva à produção da Adenosina 5'-fosfosulfato (APS) tendo sulfato e ATP como reagentes. Em seguida, as reações de redução de sulfato a sulfito e de sulfito a sulfeto são catalisadas, respectivamente, pela APS Redutase e pela Sulfito Redutase. Diferentes métodos, que se iniciaram com a aplicação de biocidas, têm sido propostos com o objetivo de prevenir a produção biogênica de gás sulfídrico em campos de petróleo. Mais recentemente, tem havido um interesse crescente pelo desenvolvimento da Tecnologia de Exclusão Biocompetitiva (TEB), a qual se baseia na idéia de que a atividades das BRS pode ser diminuída com o estímulo ao crescimento de outras colônias bacterianas. O presente trabalho se apóia em resultados de pesquisas experimentais disponíveis na literatura com o objetivo de propor modelos teóricos e computacionais de sistemas e processos envolvidos na biosulfetogênese e no desenvolvimento da TEB. Neste sentido, modelos distintos, em diferentes escalas, têm sido desenvolvidos, os quais incluem a modelagem da TEB a partir da injeção de nitrato em biorreatores com o

objetivo estimular o crescimento de colônias de bactérias redutoras de nitrato em detrimento das BRS; a modelagem da cadeia de reações enzimáticas que vai desde a redução do sulfato à produção do sulfeto e, conseqüentemente, do gás sulfídrico em modelos que incluem a possibilidade de inibição competitiva das enzimas; e, finalmente, a modelagem molecular das enzimas envolvidas na cadeia de reações, com o desenvolvimento, até aqui, de modelos para a ATP Sulfurilase e para APS Redutase.

[04/11/05 - P293]

**Polimorfismo do Mebendazol investigado por espectroscopia Raman,** S. B. HONORATO, A. P. AYALA, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, S. L. CUFFINI, Agencia Córdoba Ciencia, Unidad CEPROCOR, Córdoba, Argentina • A intercambiabilidade entre o genérico e seu respectivo medicamento de referência baseia-se no conceito da equivalência terapêutica entre os mesmos, geralmente assegurada pela comprovação da equivalência farmacêutica, da bioequivalência e das boas práticas de fabricação e controle de qualidade. Alguns fatores que podem alterar a liberação e a dissolução do fármaco a partir da forma farmacêutica, com o comprometimento da biodisponibilidade, além da importância da avaliação do perfil de dissolução do fármaco durante o desenvolvimento farmacotécnico do produto. Por isso é essencial a utilização de técnicas de Raman e Raios-X para caracterizar os polimorfos de uma droga [1]. Define-se polimorfismo como a propriedade que certas substâncias apresentam de cristalizar sob distintas formas cristalinas, quimicamente idênticas, mas com diferentes propriedades físicas (ponto de fusão, solubilidade). Dois polimorfos de um mesmo composto podem ser tão diferentes em estrutura cristalina e propriedades como dois compostos distintos, sendo que essas diferenças manifestam-se enquanto o fármaco está em estado sólido, ou seja, uma vez obtida a solução as diferentes formas não podem mais ser distingüidas. Caso no momento da formulação não seja verificado qual será o polimorfo utilizado, pode-se obter um produto ineficaz devido ao comprometimento da dissolução do fármaco e, conseqüentemente, de sua biodisponibilidade [2]. O Mebendazol (metil-(5-benzoil-1H-benzimidazol-2yl) carbamato) é uma droga sintética antielmíntica ativa contra nematóides e cetóides. Sendo indicado no tratamento simples ou em conjunto de infestações por *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Stroglyoides stercoralis* e *Taeni1*. O mebendazol usado em tratamento clínico existe em três formas polimórficas (A, B e C). No entanto, só os polimorfos A e C são de interesse da indústria farmacêutica. Portanto, eles foram estudados por espectroscopia Raman em matérias-primas e produtos formulados. As diferenças entre os espectros vibracionais destes polimorfos serão correlacionadas com as possíveis estruturas cristalinas. Como resultado desta análise uma metodologia para identificar os polimorfos do mebendazol em matérias-primas e comprimidos é estabelecida [3].

Bibliografia: 1. SHARGEL, L.& YU, A.B.C. - Applied

biopharmaceutics and pharmacokinetics. 4a. ed. Stamford: Appleton& Lange, 1999. 768p. 2. ARANCÍBIA, A.& PEZOA, R. - Biodisponibilidade de Medicamentos - Simpósio Internacional I. Santiago. Editorial Universitária. Universidad de Chile. 1992. 309p. 3. W. Liebenberg, T.G. Dekker, A.P. Lo'tter, M.M. de Villiers, Identification of the mebendazole polymorphic form present in raw materials and tablets available in South Africa, Drug Dev. Ind. Pharm. 24 (1998) 485-488.

[04/11/05 - P294]

**Determinação das Curvas de Energia Potencial dos Estados Fundamental e Excitados da Molécula de NaLi usando Métodos *Ab Initio*,** ANGELO M. MANIERO, FREDERICO V. PRUDENTE, Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia • Moléculas diatômicas alcalinas apresentam uma variedade enorme de fenômenos espectroscópicos como, por exemplo, fotoassociação, perturbações, cruzamento de curvas e diversos tipos de predissociação, etc. Por essa razão, teóricos e experimentalistas têm tido um constante interesse em tais sistemas. Do ponto de vista teórico, é necessário para o estudo desses fenômenos o conhecimento de valores acurados da energia eletrônica, dos momentos de dipolo permanente e de transição, e dos acoplamentos de spin-órbita para os diferentes estados eletrônicos em função da distância intermolecular. Entretanto, na literatura estão somente avaliados os valores das constantes do momento de dipolo e as curvas de energia potencial para os estados eletrônicos fundamental e excitados. Em particular para a molécula alcalina heteronuclear mais leve, NaLi, as curvas de energia potencial foram investigadas há algum tempo por Schmidt-Mink *et al.* [ Chem. Phys. Lett. 112 (1984) 120 ] usando um procedimento *ab initio* com potenciais efetivos de polarização para o "core", enquanto o momento de dipolo foi determinado por Müller *et al.* [ J. Chem. Phys. 80 (1984) 3297 ] para a distância de equilíbrio. Nosso objetivo central é então determinar as quantidades necessárias para o estudo dos fenômenos espectroscópicos acima listados usando diversas metodologias *ab initio*, entre as quais destacamos os métodos CCSD, MCSCF e MRCI. Em particular, no presente trabalho procuramos determinar as curvas de energia potencial e os momentos de transição dipolar para estados eletrônicos singletos e tripletos. Empregamos, para isso, os programas computacionais GAMESS, DALTON e COLUMBUS. Os resultados aqui obtidos são então comparados com os resultados prévios da literatura, quando estes existirem.

[04/11/05 - P295]

**Determinação de Estados Rovibracionais de Moléculas Diatômicas Usando Funções Gaussianas Distribuídas.,** FREDERICO VASCONCELLOS PRUDENTE, , REJHANE SANTOS CUNHA, Universidade Federal da Bahia • Os estudos teóricos de processos moleculares na fase gasosa é de grande importância para o entendimento de muitos fenômenos físicos . Uma maneira de realizarmos esses estudos é através da caracterização dos estados estáveis de sistemas moleculares, que requer a determinação da estrutura molecular a partir do cálculo dos espectros vibracionais e rotacionais destes

sistemas. Este trabalho propõe a determinação dos estados vibracionais e rotacionais de moléculas diatômicas usando uma metodologia baseada no princípio variacional para resolver a equação de Schrödinger independente do tempo [1]. Empregamos, em particular, o método de expansão da função de onda através do uso de funções de base Gaussianas distribuídas[2]. O resultado é um problema de autovalor-autovetor generalizado com notação matricial, solucionado com a programação computacional usando a linguagem Fortran 77. Esses procedimentos permitem a obtenção dos valores das energias dos diferentes níveis energéticos e respectivas funções de onda do problema molecular, que estão associados aos espectros rovibracionais de moléculas. Aplicamos a metodologia proposta na obtenção das soluções de um oscilador Harmônico unidimensional e na determinação do espectro rovibracional da molécula HF. Os resultados foram comparados com outros previamente publicados na literatura, avaliando assim, a validade do método.

Referências:

- [1] F.V.Prudente, Estudo do Processo de Fotodissociação de Moléculas, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 1996.  
 [2] I.P Hamiltom and J.L liglit, "On Distributed Gaussian Base for Simple-Model Multidimensional Vibrational Problemas", J. Chem. Plus, 84 ( 1986) 306-317

[04/11/05 - P296]

**Estudo Comparativo dos Vários Métodos de Correção por Absorção na Determinação de Estruturas Moleculares contendo Átomos Pesados por Difração de Raios X.**, SAULI SANTOS JR, JAVIER ELLENA, *Núcleo de Física e Curso de Engenharia de Alimentos - UFT - TO; Instituto de Física de São Carlos - USP - SP - Brasil* • A determinação de estruturas tridimensionais de compostos com metais pesados é uma ferramenta muito importante no estudo de complexos que poderão agir como antídotos na intoxicação por ingestão de metais pesados. Um conhecimento detalhado destes complexos é exigido para auxiliar na modelagem de estruturas moleculares e na determinação de procedimentos que sejam mais efetivos na neutralização dos processos, desenvolvidos por indivíduos com intoxicação crônica por metais pesados. Existem várias formas de correções dos dados de difração de raios X em monocristais. Durante o processamento das intensidades coletadas realizam-se várias correções, tais como de Lorentz, polarização, absorção e eventualmente correção por deterioração da amostra. A correção por absorção é fortemente recomendada para cristais que possuem fortes absorvedores em sua forma estrutural. Foram estudados os efeitos da absorção dos raios X em amostras cristalinas e uma comparação dos resultados obtidos ao aplicar os diferentes métodos de correções por absorção disponíveis. Constatou-se que após serem realizados diferentes formas de correção por absorção, houve diferenças significativas nas figuras de mérito, picos e vales de densidade de carga residual e parâmetros de deslocamentos anisotrópicos. Já nos ângulos e distâncias de ligações não foram observadas mudanças significativas.

[04/11/05 - P297]

**Luminescence of an epoxy based resin doped with Eu(fod)3-2H2O complex**, EDJANE R SANTOS, M. ELIANE MESQUITA, MARCOS A. COUTO DOS SANTOS, MARCELO A. MACÊDO, *Universidade Federal de Sergipe* • The search for very high luminescent systems is a matter of several studies because obtaining an efficient luminescent system in solid state is not an easy task. The efforts devoted for this subject is explained based on the application of such a system in laser devices. When dealing with lanthanide complexes, one face the problem of having very strong luminescence with no bulk samples. The Eu(fod)3-2H2O complex is a good candidate for light converting devices, because the ligand absorbs in the UV region, through the antenna effect the Eu trivalent ion is excited, and the transition ratio between the very known 5D0-7F2 transition and the 5D0-7F1 transition is around 10. The aim of this work is preparing a commercial epoxy based resin doped with 5 percent of this Eu complex. The efficiency of the incorporation has been very good, because the excitation and emission spectra reproduce those of the complex in powder form and the final product keeps its transparency. It seems that one has an alternative area of research for solid state optical devices. This system has then been studied through intensity parameters with the aim of comparing to the intensity parameters obtained from the crystalline powder. The close reproduction of the values establishes that the doped resin has the same quantum efficiency of the luminescent powder and one can have a luminescent bulk device.

[04/11/05 - P298]

**Dinâmica das excitações de um condensado de Bose-Einstein**, EDMIR RAVAZZI FRANCO RAMOS, VANDERLEI SALVADOR BAGNATO, *Grupo de Ótica, Instituto de Física de São Carlos - USP* • Condensados de Bose-Einstein (BEC) têm sido produzidos por inúmeros grupos de pesquisa em todo o mundo desde que foram produzidos pela primeira vez em 1995. O BEC é produzido povoando macroscopicamente o estado fundamental de um potencial confinante, que normalmente é um potencial harmônico. Uma vez atingido o estado de condensação, é possível promover a população do estado fundamental para um estado excitado por meio de um potencial de bombeio, que varia espacial e temporalmente. Esta transferência de átomos revela a existência de oscilações das populações, como as de Rabi num sistema de dois níveis. Dependendo da intensidade, da distribuição espacial ou da evolução temporal do potencial, podemos ver uma espécie de transição de fase no condensado. Essa transição está relacionada com a diferença entre a média temporal da população em cada nível. A partir de um certo valor para o elemento de matriz do potencial que acopla os níveis, a diferença é nula. O objetivo desse trabalho é estudar esse comportamento, explorando algumas formas espaciais para o potencial de bombeio. Para isso, estudamos um sistema de dois níveis, auto-estados da equação de Gross-Pitaevskii, que interage com um campo externo que oscila com uma frequência muito próxima da ressonância entre os dois níveis. Com essa situação, obte-

mos a evolução temporal das populações de cada nível e determinamos como a diferença populacional média varia com a intensidade e a forma do campo aplicado.

[04/11/05 - P299]

**Determinação Experimental da Constante de Planck,** WILLIAM DE SOUZA SANTOS, MARCELO AUGUSTO LEIGUI DE OLIVEIRA, *UESB* • Com um experimento envolvendo materiais alternativos de baixo custo, medimos uma das constantes fundamentais da física: a constante de Planck. Dois diodos emissores de luz (LED's) são acoplados a um potenciômetro que regula a tensão aplicada sobre eles. Determinando o ponto de limiar para o acendimento dos LED's, fornece-se energia apenas suficiente para os elétrons vencerem o intervalo entre as bandas de valência e de condução. Os comprimentos de ondas da luz emitidas pelos LED's são determinados utilizando-se uma rede de difração de 750 fendas por milímetro.

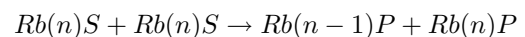
[04/11/05 - P300]

**Estudo Espectroscópico do Composto de Tb(fod)<sub>3</sub>phenCl,** EDJANE ROCHA DOS SANTOS, MARIA ELIANE DE MESQUITA, MARCOS A. COUTO DOS SANTOS, *UFS- SE- Brasil* • Os estudos envolvendo complexos de lantanídeos com  $\beta$ -dicetonas tem sido bastante explorado, devido à elevada eficiência quântica de sistemas desta natureza. Recentemente foram sintetizados caracterizados e avaliadas as propriedades espectroscópicas de complexos com  $\beta$ -dicetonas, particularmente com complexos Eu(fod)<sub>3</sub>fen-NO e Eu(hfc)<sub>3</sub>bipy, (fod=6,6,7,7,8,8,8-heptafluor-2,2-dimetil-3,5-octadionato, fen-NO=1,10fenantrolina-N-óxido, hfc=4,4,4-trifluorbutiril-(+)cânfora) e bipy=bipiridina). Objetivando ampliar estes estudos e estabelecer parâmetros de correlação com os sistemas reportados, foi sintetizado e caracterizado um complexo similar do Tb(fod)<sub>3</sub>fenCl (fenCl= Cloreto 1-10 fenantrolina), tendo como meta básica comparar a eficiência quântica deste sistema com a de sistemas similares. O complexo foi obtido conforme já reportado na literatura. A caracterização foi feita através dos espectros de absorção Uv-visível, IV e emissão, análise elementar de C, H e N. A análise elementar foi compatível com a formulação proposta para o complexo. Espectro de absorção UV-vis do complexo Tb(fod)<sub>3</sub>fenCl mostra um máximo de absorção em 230nm que é deslocada para 294nm valor do ligante livre(fod), sendo indicativo da coordenação do íon metálico ao ligante. O espectro IV do complexo Tb(fod)<sub>3</sub>fenCl apresenta uma banda intensa situada 1620 cm<sup>-1</sup> é atribuída ao estiramento C-N da piridina estando deslocada de 1597 cm<sup>-1</sup> do ligante livre(fenCl). Estes dados são fortalecidos pela ausência da banda característica do grupo OH da água. Estes dados corroboram com os dados dos espectros de absorção UV-visível. O complexo exibe uma forte emissão verde quando excitado através de uma lâmpada UV. Excitação ( $\lambda_{exc}$  = 340nm) do Tb(fod)<sub>3</sub>fenCl sólido em temperatura ambiente produz um espectro luminescente com característica associado ao decaimento radiativo do estado eletrônico excitado <sup>5</sup>D<sub>4</sub> para o estado fundamental <sup>7</sup>F<sub>J</sub> (J=6, 5, 4, 3). O espectro de luminescência do

complexo Tb(fod)<sub>3</sub>fenCl apresenta a transição <sup>5</sup>D<sub>4</sub> → <sup>7</sup>F<sub>5</sub> em 545nm que é a banda mais intensa, isto refleti no sitio sem centro de inversão, mostrando que o íon Tb<sup>3+</sup> está bem coordenado no sitio. Os dados dos espectros de absorção Uv-visível e IV assim como as medidas de luminescência são condizentes com a coordenação do metal aos ligantes fod e fenCl respectivamente.

[04/11/05 - P301]

**Colisões Ressonantes entre Átomos de Rydberg,** VALTER A. NASCIMENTO, L.L. CALIRI, L.G. MARCASSA, *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo- IFSC/USP* • Colisões com transferência de energia ressonante ocorrem quando átomos ou moléculas transferem somente energia interna para os outros parceiros, ou seja, a sua energia interna permanece constante. Estas colisões podem se tornar ressonantes por que os estados de Rydberg apresentam pequena separação entre os níveis de energia, o que resulta em uma mudança de estado atômico. Neste trabalho realizamos a espectroscopia atômica de uma amostra de rubídio (*Rb*<sup>85</sup>) utilizando átomos aprisionados em uma armadilha magneto-óptica. Para o aprisionamento empregamos um laser Ti:Safira ajustado para uma potência de saída de 320mW, e uma laser pulsado que transfere os átomos que estão em um estado <sup>5</sup>P<sub>3/2</sub> para outros estados nP (estados de Rydberg). Nos estados excitados os elétrons se mantêm fracamente ligado ao núcleo e é possível ionizá-los utilizando um campo elétrico. Isto é feito através da aplicação de um pulso de alta tensão em uma das grades no interior da câmara de aprisionamento. Este campo elétrico possui um tempo de subida e é aplicado depois do pulso do laser usado para excitação. Os átomos de Rydberg em diferentes estados (n) serão ionizados em diferentes campos elétricos, ou seja, em tempo diferentes e poderão ser discriminados por tempo de voo. O seguinte processo colisional foi estudado neste experimento:



A população do estado *Rb(n)P* é produzida pelas colisões de dois átomos de Rb e é monitorada em função do tempo. Para explicar este resultado, um modelo semi-clássico foi desenvolvido baseado na interação de dois corpos. No modelo curvas de potenciais atrativos são considerados, decaimento espontâneo, e etc. Deixamos os detalhes e explicação do modelo para apresentação.

[04/11/05 - P302]

**Estudo de Propriedades Fototérmicas de Ferrofluidos Biocompatíveis,** AMARILDES L. L. DANTAS, *FTC-Faculdade de Tecnologia e Ciências - Salvador - BA*, LÍRIA C. SANTOS, SUHAILA M. SHIBLI, GIANCARLO E. S. BRITO, *Instituto de Física - USP - São Paulo - SP* • Entre técnicas fototérmicas para medir a difusividade térmica,  $\alpha$ . O método miragem colinear é particularmente interessante para materiais transparentes[2]. O efeito miragem colinear ocorre pela absorção de um feixe de excitação modulado que aquece o meio, gerando um gradiente de índice refração dentro na amostra. Um feixe de prova passa através da amostra, colinearmente e em um sentido oposto ao do feixe de excitação[3]. A distância entre os feixes é controlada, o



feixe de prova é desviado pelo gradiente de índice de refração devido ao gradiente térmico gerado pelo feixe de excitação. O valor da deflexão de feixe, conhecido como a deflexão miragem, carrega a informação sobre as propriedades térmicas da amostra. Estudamos as propriedades termo-ópticas de ferrofluidos biocompatíveis através da técnica fototérmica conhecida como Efeito Miragem Colinear. Um ferrofluido é uma suspensão coloidal de nanopartículas ferromagnéticas dispersas em um solvente carreador. Tem a fluidez de um líquido isotrópico homogêneo e alta susceptibilidade magnética[1]. São promissores materiais para aplicações biomédicas, nessa escala os grãos exibem propriedades termo-ópticas e magnéticas que são de interesse para a biomedicina. Variando a potência de excitação de 10 a 50 mW de um laser de Nd:YVO<sub>4</sub>, e utilizando como feixe de prova um laser de He-Ne de 0,95 mW, obtemos a deflexão desse feixe de prova fornecida por um sensor de posição, e utilizando um amplificador lockin conectado ao computador através de uma interface GPIB. Dados experimentais para uma amostra com concentração de 1,0 % em peso de ferrofluido biocompatível para baixas frequências foram obtidos. Utilizamos o método da fase para determinar a difusividade térmica da amostra. Através da deflexão colinear em função da separação entre os feixes, obtivemos uma relação linear. A inclinação desta relação linear é interpretada como sendo a raiz quadrada da frequência dividida pela difusividade térmica. Assim, seguindo sempre este mesmo procedimento, pudemos obter o valor da difusividade térmica calculado para amostras naquela concentração de ferrofluido. Resultados mostram que a difusividade térmica aumenta quando aumentamos a potência de excitação, variando de  $2,0 \times 10^{-3}$  a  $7,7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ , valor próximo ao da difusividade de materiais transparentes como da água. Referências:[1] R.Massart, IEEE Trans.Magn.MAG-17, 1247(1981). [2] A.C.Boccarda, D.Fournier and J.Badoz, Appl.Phys.Lett.36, 130 (1980). [3] A. Salazar, A. Sánchez-Lavega and J. Fernández, J.Appl.Phys.74, 1539 (1993).

[04/11/05 - P303]

**Armadilhas Magnetos Ópticas como Fonte de Moléculas Frias.**, VALTER A. NASCIMENTO., *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo-IFSC/USP* • A evolução em laser cooling propiciou concomitantemente um considerável avanço no estudo das interações atômicas nos regimes frios e ultrafrios que apresentam características extremamente peculiares, e que fazem do estudo das colisões atômicas nestes regimes de temperatura um fascinante objeto de estudo, tanto teoricamente quanto experimentalmente. Neste trabalho estudamos a formação e detecção de moléculas frias no estado fundamental obtidas atualmente por alguns grupos experimentais, inclusive o nosso (IFSC/USP). Estas moléculas frias podem ser obtidas a partir do estado fundamental mediante o uso de uma armadilha magneto óptica com duas espécies atômicas (heteronucleares) ou uma espécie (homonucleares) aprisionada. A técnica utilizada para detectá-las consiste em ionização de multi fótons e por meio de tempo de voo. Mas surge uma questão, quais destes experimentos nós poderíamos tomar como uma boa

fonte de moléculas para estudarmos condensados moleculares, teste de simetrias, química fria, e etc. A resposta a esta pergunta não está simplesmente em estudarmos e compararmos alguns resultados experimentais obtidos atualmente, mas também devemos levar em conta resultados teóricos. Do ponto de vista experimental devemos analisar as taxas de formação e constantes de formação molecular e compará-las com experimentos já realizados. Do ponto de vista teórico estudando o Fator de Flank Condon podemos explicar por que alguns experimentos (moléculas obtidas experimentalmente) não podem ser uma boa fonte de moléculas, ou seja, possuem uma baixa taxa de formação e constante moleculares.

## ENS - Ensino de Física

[04/11/05 - P304]

**Desenvolvimento e Performance do Experimento de Clément-Desormes**, WANISSON SILVA SANTANA, JOSÉ CARLOS OLIVEIRA DE JESUS, ÁLVARO SANTOS ALVES, *Projeto Física no Campus, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, Ba, Brasil*, PÉRICLES CÉSAR ARAÚJO, *Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Ba, Brasil* • Este trabalho foi desenvolvido no Projeto Física no Campus, que é um projeto de ensino de Física, cujo objetivo principal é oferecer aos estudantes de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana uma metodologia de trabalho pedagógico baseada em projetos. Este trabalho, especificamente, se enquadra numa das linhas do Física no Campus que é a reprodução de experimentos clássicos da Física como pré-iniciação científica para alunos recém admitidos no grupo. Trata-se de um procedimento experimental utilizado para determinar a relação entre o calor específico a pressão constante (**C<sub>p</sub>**) e o calor específico a volume constante (**C<sub>v</sub>**) de um gás ideal. Este método é conhecido na literatura como método de Clément e Desormes e a relação entre C<sub>p</sub> e C<sub>v</sub> é conhecida como coeficiente de Poisson ( $\gamma$ ). A determinação desta grandeza é fundamental na termodinâmica, principalmente em processos onde não ocorrem trocas de calor, daí o interesse em desenvolver uma proposta experimental, a baixo custo, para o laboratório de física térmica. O resultado experimental obtido para o coeficiente de Poisson foi  $\gamma = (1,4 \pm 0,2)$ , o que está em concordância com o resultado encontrado na literatura (Moysés, 1997).

NUSSENZVEIG, Herch M. Física 2. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

[04/11/05 - P305]

**Programa para tratamento e análise estatística de dados experimentais.**, CLÁUDIO SÉRGIO SARTORI, Fatec/Unesp-Sorocaba-SP-Brasil, EDJAR MARTINS TELLES, *Unimep-Santa Bárbara D'Oeste-SP-Brasil* • A análise dos resultados experimentais tem contribuído para o crescente avanço nas diferentes áreas da ciência. Para isso, o tratamento estatístico e a propagação das incertezas nas medidas são fundamentais. Nesta etapa, há demanda de tempo pelo tratamento das variáveis em estudo que pode ser simplificada pelo uso de programa compu-

tacional. Desenvolveu-se um programa para este tratamento de dados experimentais que possibilita a análise estatística e propagação de incertezas de medidas em estudo, sendo aplicada em várias áreas como física, matemática, química, engenharia, etc. As medidas realizadas são inseridas no programa manualmente ou através da importação de arquivos, sendo obtidas variáveis estatísticas necessárias para o tratamento, análise dos dados e apresentação dos resultados seguindo critérios estabelecidos. São obtidas as médias, desvios, seus intervalos e percentuais associados, gráficos e ajustes de curvas. A propagação das incertezas nas medidas pode ser avaliada usando a técnica de pilhas computacionais, utilizando lógica de programação associada à pilhas, para duas variáveis e a Notação Polonesa Reversa, Reverse Polish Notation que transforma a equação que relaciona a grandeza a ser calculada da forma infixa para posfixa, no caso de funções que envolvem duas ou mais variáveis. Este programa será apresentado para exemplificar seu uso na análise dos resultados em duas áreas. Em física: radiação, determinação da gravidade utilizando um pêndulo simples para pequenos e grandes ângulos de lançamento. Em estatística: uso das distribuições estatísticas e intervalos de confiança.

[04/11/05 - P306]

**A Contribuição do Bico de Bunsen para Desvendar o Significado das Raias Espectrais,** ANA MARIA DA SILVA, ANDRÉ AFONSO, UEPB • Várias sugestões têm sido feitas acerca da utilização dos experimentos históricos na sala de aula. Algumas destas pesquisas sugerem a reprodução integral dos mencionados experimentos. Outras pesquisas sugerem uma reprodução parcial dos experimentos, com o intuito de viabilizar-se a mencionada reprodução, como também possibilitar uma discussão em torno da inclusão de novos contextos conceituais. Na presente investigação, analisaremos a contribuição do Bico de Bunsen no intuito de discutir e contextualizarmos em sala de aula, a emergência dos significados históricos atribuídos às raias espectrais. Para darmos subsídios à presente investigação, fizemos uma revisão histórica acerca da gênese e desenvolvimento da espectroscopia, durante o século XIX, buscando investigar as polêmicas causadas em torno dos significados das raias espectrais, como também destacando a contribuição do Bico de Bunsen para o esclarecimento do mencionado fenômeno, como também a para a identificação de novas substâncias. Conclusões preliminares indicam que, discutindo-se os propósitos da construção dos experimentos históricos em sala de aula acarretará uma melhor aprendizagem por parte dos alunos, como também as evidências trazidas pela utilização dos mesmos, possibilita-se que o contexto da produção de conceitos científicos seja aclarado, possibilitando assim uma compreensão não dogmática do mesmo.

[04/11/05 - P307]

**BRINCANDO COM A FÍSICA: um estudo a partir dos princípios físicos existentes em brinquedos e objetos da decoração,** ANTONIO JORGE SENA DOS ANJOS, Universidade Estadual de Feira de Santana, Colégio Gênese •

**BRINCANDO COM A FÍSICA: um estudo a partir dos princípios físicos existentes em brinquedos e objetos da decoração**

Antonio Jorge Sena dos Anjos Universidade Estadual de Feira de Santana e Colégio Gênese anjos.antonio@gmail.com

O mundo em que vivemos, tem se revelado dia-a-dia pelos avanços no campo das ciências naturais, em particular da física, bem como pelo ritmo intenso de invenções e produções tecnológicas esboçadas por exemplo em brinquedos e objetos de decoração. São aparatos tecno-científicos que nos cercam e fazem parte das nossas. Esses elementos já se constituem integrantes do nosso cotidiano, no trabalho, em casa, no lazer, enfim, onde quer que nos encontremos. E nós como convivemos com esses aparatos? Conhecemos seus benefícios e malefícios? Dominamos os princípios científicos que norteiam o seu funcionamento ou consideramos como algum truque de mágica?

Essas e outras indagações nos inquietaram, levando-nos a elaborar uma proposta metodológica alternativa de estudar física a partir dos princípios físicos que regem o funcionamento desses aparatos. Para tanto escolhemos como clientela alvo alunos da 8ª série do ensino fundamental, para desenvolver em ritmo de oficina a citada proposta. Pretendemos com esse trabalho, despertar a curiosidade dos indivíduos e motivá-los para o desejo de estudar física, além de oportunizá-los a desenvolver atitudes de investigação, promovendo assim uma (re) aproximação com o campo das ciências.

[04/11/05 - P308]

**Buraco Negro: A Evolução do Conceito,** HEYDSON H. B. DA SILVA, HEYTHOR H. B. DA SILVA, KELDER C. DE VASCONCELOS, NEYMAR J. N. CAVALCANTE, UEPB - PB - Brasil • Os físicos definem buraco negro como uma quantidade imensa de massa, concentrada num ponto de tamanho zero, chamado de singularidade. A singularidade exerce atração gravitacional sobre tudo a sua volta, assim como o sol, mas com uma diferença: a partir de uma certa distância (denominada raio de SCHWARZSCHILD) nada é capaz de escapar de sua gravidade, por mais veloz que esteja, como a luz. A idéia de buraco negro começa em 1783, quando o astrônomo inglês John Michell profetizou a existência de “buracos negros”, ainda sem usar esse termo, ele acreditava que poderiam existir estrelas tão densas que seriam incapazes de emitir luz, algo que só pôde ser comprovado após a Teoria da Relatividade Geral, de Albert Einstein, em 1915. Um ano após a Teoria da Relatividade, o astrônomo Karl Schwarzschild elaborou uma concepção teórica de buraco negro, manipulando as equações de Einstein e descobrindo que uma estrela extremamente densa se contrairia até virar uma singularidade. Mais tarde, em 1939, enviou um artigo para publicação, entrando em controvérsia com Einstein, que projetou sua Hipótese. No mesmo ano, Snyder e Oppenheimer completam essa afirmação, dizendo que as estrelas, ao se colapsarem, podem dar origem a buracos negros. No ano de 1969, o Físico John Wheeler chegou à conclusão de que seria necessário unir a teoria de Einstein

com a física quântica, para uma explicação completa do fenômeno. Foi ele quem criou o termo “buraco negro”, popularizando a idéia. Roger Penrose e Stephen Hawking publicam um ano depois, o teorema da singularidade num local bizarro, onde a densidade da massa seria infinita, o volume seria “zero” e o tempo simplesmente pararia. Nada poderia sair desse raio cósmico que dragava todo a sua volta. Hawking após introduzir alguns elementos da física quântica no estudo da gravidade, conseguiu mostrar que buracos negros emitiam radiação térmica e perdiam energia. Atualmente as observações astronômicas, como os da galáxia M87, um conjunto de  $10^{12}$  estrelas, indicam que devem existir buracos negros com supermassas no centro de muitas galáxias. Neste trabalho fizemos uma abordagem histórica sobre a evolução do conceito de buracos negros.

[04/11/05 - P309]

**Um Novo Vestibular para Candidatos aos Cursos de Bacharelado em Ciências Exatas da UFPE,** ISAAC M. XAVIER JR., REBECA C. NOVAES, UFPE • Com o objetivo de melhorar o nível do estudante ao entrar na universidade e diminuir o percentual de evasão, foi realizado na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), um Vestibular em três etapas. Esta nova forma de Vestibular foi aplicada apenas aos candidatos dos cursos de bacharelado em Matemática, Química e Estatística. O concurso Vestibular 2005 foi feito em três etapas sucessivas e eliminatórias. A primeira fase consistiu de um conjunto de provas objetivas, com itens do tipo múltipla escolha, idêntico para todos os candidatos, independentemente da opção por um curso ou outro. Esta fase não teve mudanças, sendo idêntica a aplicada aos candidatos do curso de bacharelado em Física. A segunda fase é aplicada a todos os cursos da universidade, que são distribuídos em 21 grupos. As provas são diferenciadas e específicas conforme o grupo do curso. Um destes grupos é formado por candidatos dos cursos de bacharelado em Matemática, Química e Estatística. Os candidatos deste grupo fizeram apenas uma prova de Português, composta por questões discursivas e redação. A terceira fase, restrita aos cursos de bacharelado em Matemática, Química e Estatística, consiste de duas disciplinas específicas, consideradas essenciais ao prosseguimento dos estudos em nível superior. Esta fase de formação pré-acadêmica, foi ministrada em salas de aula localizada no campus, por professores dos departamentos de Matemática, Química e Estatística da UFPE. Para esta terceira fase são classificados três vezes mais candidatos do que o número de vagas. Na terceira fase do Vestibular 2005 recém concluída não foram preenchidas todas as vagas oferecidas. O resultado da seleção dos candidatos mostra que houve uma fraca correlação na ordem de classificação dos candidatos entre as duas primeiras fases e a terceira fase. Os estudantes selecionados neste vestibular de três fases serão acompanhados quanto ao desempenho acadêmico em duas disciplinas regulares neste primeiro semestre acadêmico do curso de bacharelado. O concurso Vestibular 2006 da UFPE dará continuidade a esta nova forma de vestibular propiciando um aprimoramento do processo.

[04/11/05 - P310]

**A LITERATURA DE CORDEL E O ENSINO DE FÍSICA,** RODRIGO RONELLI DUARTE DE ANDRADE, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, ROBSON DE SOUSA NASCIMENTO, Universidade Estadual da Paraíba • Este trabalho apresenta uma proposta de aproximação entre Ciência e Arte em sala de aula através da utilização da literatura de cordel no ensino de Física. A literatura de cordel é uma forma de expressão bastante comum na região Nordeste e constitui um grande potencial educativo por sua composição na forma de rimas, o que constitui uma beleza rítmica e uma preciosidade sonora. A interação entre diferentes disciplinas é motivada, diante da riqueza existente no tema proposto. A partir de um cordel intitulado Efeitos Térmicos do Calor, de autoria de um dos autores do presente trabalho, discute-se a composição do texto em forma de cordel e inicia-se a apresentação dos principais conceitos relacionados à Termodinâmica, de forma dinâmica e divertida. Outra disciplina que pode ser relacionada é a Educação Artística, onde o professor trabalhará as primeiras formas de impressão dos cordéis através da xilogravura, que é a arte de imprimir no papel figuras desenhadas numa matriz de madeira. A construção de um cordel pelos próprios alunos é proposta como avaliação. Com esta proposta procura-se atingir aqueles alunos que são pouco motivados pelo estudo da Física através da utilização de temas interdisciplinares, de acordo com a proposta dos PCNs do Ensino Médio.

[04/11/05 - P311]

**ABORDAGEM DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO EM SALA DE AULA COM AUXÍLIO DE DOMINÓS,** ROBSON DE SOUSA NASCIMENTO, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, RODRIGO RONELLI DUARTE DE ANDRADE, Universidade Federal da Paraíba - UFPB • A Conservação da Quantidade de Movimento é um tema pouco discutido no ensino médio, principalmente nas escolas públicas, devido a vários fatores. Um desses fatores é que este é um dos últimos conteúdos a serem apresentados e dificilmente é atingido com a devida atenção que necessita. Os professores que conseguem chegar à Conservação da Quantidade de Movimento em sala de aula podem utilizar recursos didáticos para tornarem a compreensão do fenômeno mais simples para os alunos. Neste trabalho procura-se explorar o domínio como recurso didático buscando-se enriquecer a aula dos professores de ensino médio quanto à abordagem da Conservação da Quantidade de Movimento. O domínio é um objeto que desperta interesse de crianças e adultos, não apenas por propiciar um passatempo ao jogá-lo, mas, também, porque ao colocar as peças em pé uma atrás da outra e vê-las caindo em seqüência, o que chamamos de “efeito dominó”, provoca curiosidade. A montagem do experimento e sua execução são informadas. O professor poderá trabalhar com o conceito de conservação, visto que o experimento deixará bastante claro o fenômeno físico, e, também, mostrar matematicamente, o que acontece na Conservação da Quantidade de Movimento.

[04/11/05 - P312]

**ANÁLISE DE UM TEXTO CIENTÍFICO DO SÉCULO XIX: A SITUAÇÃO DA FÍSICA NA ÉPOCA,** RODRIGO RONELLI DUARTE DE ANDRADE, *Universidade Federal da Paraíba - UFPB*, **ROBSON DE SOUSA NASCIMENTO,** *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB* • Pedro Américo (1843-1905), um dos maiores pintores brasileiro do século XIX, é muito conhecido por ser o autor da obra o Grito do Ipiranga. Poucos sabem que ele também foi um grande escritor (frequente cursos de filosofia e literatura em Paris), foi um dos primeiros doutores brasileiros e o primeiro doutor formado em Ciências Naturais, pela Universidade de Bruxelas, na Bélgica. A análise de sua tese de doutorado de 1869, intitulada "A Ciência e os Sistemas: Questões de História e Filosofia Natural", apresenta um panorama da História da Ciência e da Filosofia Natural da época. É possível levantar informações de como os ramos da Física encontravam-se desenvolvidos até então. Neste trabalho são apresentadas suas idéias, que refletiam sua época, sobre a mecânica e a astronomia. É importante notar que a filosofia positivista era a dominante na época e que Pedro Américo escreveu sua tese em defesa desta filosofia. Espera-se que esta pesquisa auxilie no enriquecimento de disciplinas como História da Física e História da Ciência no Brasil, em nível universitário, através da apresentação, leitura e análise de um texto original do século XIX.

[04/11/05 - P313]

**MUSEU DO MARAJÓ: UM ESPAÇO DE DIFUSÃO CIENTÍFICA NA CIDADE DE CACHOEIRA DO ARARÍ- ILHA DO MARAJÓ, PARÁ,** **CARLOS EDUARDO DE JESUS NASCIMENTO,** **PROF. JOSÉ JERÔNIMO DE ALENCAR ALVES,** *UFPA-Pa-Brasil* • O Museu do Marajó está localizado no município de Cachoeira do Ararí, no arquipélago do Marajó, no Pará. Este município tem características rurais, onde o meio de sobrevivência está na pesca e na agropecuária. O Museu foi idealizado e fundado pelo ex-padre italiano Giovanni Gallo que com sua formação erudita e moderna (Cultura Européia) trouxe elementos de sua cultura para contrapor a uma rica cultura popular baseada em lendas e mitos que influenciam nas interpretações de fenômenos naturais. O presente trabalho tem por objetivo refletir sobre a atuação desse Museu como um elemento de difusão/transferência do conhecimento científico europeu na região amazônica, principalmente na cidade sede do museu. Através do contraponto cultura européia/cultura amazônica analisamos três fenômenos físicos (raios, som e índice de refração) exemplificados pelo cotidiano popular, onde observamos elementos da cultura européia sendo difundido/transferido aos moradores e visitantes de Cachoeira do Ararí com a utilização de recursos que a tornem menos alheias/estranhas a cultura do homem do Marajó. Comparamos também esse modelo de transmissão do conhecimento por meio do trabalho de Luiz Carlos Arboleda sobre "O Problema da Difusão Científica na Periferia, o Caso da Física Newtoniana em Nova Granada (1740-1820)". Percebemos com isso que essa difusão ou transferência de conhecimento não se dá normalmente em um espaço social e cultural vazio. Entretanto, os materiais

culturais pré-existentes alteram e completam o fenômeno de incorporação do conhecimento e saberes técnicos numa espécie de síntese resultante de um processo dinâmico de negociadores/negociação.

[04/11/05 - P314]

**Evasão e Desempenho de Alunos no Curso de Física na UFMA,** **LUZIANNE DE JESUS MENDONÇA PEREIRA,** **HUMBERTO FILOMENO DA SILVA FILHO,** **MARIA CONSUELO ALVES LIMA,** *Universidade Federal do Maranhão* • As altas taxas de fracasso dos estudantes que ingressam em cursos de nível superior de baixa procura, como o curso de Física, estão associadas ao alto índice de evasão destes cursos. Subjetivamente, sabe-se que a evasão é maior ao longo dos dois primeiros anos de ingresso, sendo que o maior número de alunos se evade logo no primeiro período. Baseado nestes fatos fez-se um estudo a partir de um questionário pré-estruturado aplicado aos alunos cursando as disciplinas de Introdução à Física, Física I, Física II e Física III, disciplinas do primeiro, segundo, terceiro e quarto semestre, respectivamente. Procurou-se identificar a formação escolar do aluno antes de entrar na universidade, as expectativas quanto à profissão de Físico e os possíveis fatores que poderiam ser identificados como causas suficientes para a evasão. A análise do desempenho acadêmico teve como base os resultados das avaliações aplicadas pelos professores, das respectivas disciplinas, durante três períodos consecutivos. Verificou-se que a maioria dos graduandos provém do ensino público e ingressaram com o objetivo de concluir o Curso de Licenciatura. Entre os fatores responsáveis pelas condições desfavoráveis dos ingressantes, destaca-se a falta de conhecimento de conteúdos básicos do programa do ensino fundamental e médio, especialmente relativos aos conceitos de Matemática e Física. Apontados como um dos maiores fatores que impede a permanência dos alunos no curso, a formação inadequada recebida durante o ensino fundamental e médio pode ser a causa do grande número de reprovações e, consequentemente, trancamentos e desistências logo nas primeiras disciplinas. Entretanto, a pesquisa tem que ser analisada num âmbito mais geral onde as raízes dos problemas apontam para uma política educacional mais voltada para as necessidades da sociedade.

[04/11/05 - P315]

**Uma Perspectiva Histórica da Física na Universidade Federal do Maranhão,** **ALINNE CARVALHO SAMPAIO SILVA,** **HUMBERTO FILOMENO DA SILVA FILHO,** **MARIA CONSUELO ALVES LIMA,** *Universidade Federal do Maranhão* • Cada ser humano deve buscar os fundamentos em que ele repousa, investigando a sua relação com o mundo. Neste sentido, reconstruir a história da Física na Universidade Federal do Maranhão, pode-se reencontrar uma forma de se comunicar com a nossa própria história. Neste trabalho são resgatados fatos históricos, a partir de entrevistas com os primeiros alunos graduados em Física no Estado do Maranhão e de documentos de arquivos dos Departamentos de Matemática e Física da Universidade Federal do Maranhão. Faz-se uma comparação entre a

grade curricular do ano em que foi criação o curso com a grade atual. Mostram-se as expectativas e dificuldades dos primeiros estudantes do curso comparadas com as dos estudantes atuais. Relatam-se os professores mais envolvidos com a criação do primeiro curso de Física no Estado, a forma como se deu a criação do Departamento da Física e as perspectivas dos professores em obterem formação de mestrado e doutorado. Registra-se a chegada dos primeiros mestres e doutores ao Departamento. Consta-se que no quadro inicial de professores, que constituíram o Departamento de Física, apenas um deles era formado em Física, o restante tinha formação de Engenheiro. Um fato interessante, e parece natural para época, foi a forma de ingresso dos primeiros alunos no curso. Alguns deles fizeram vestibular para outros cursos, e como ficaram como excedentes foram chamados para cursar Física, Química ou Matemática. É feito um levantamento da evolução na formação acadêmica do quadro de professores do Departamento de Física, os projetos de pesquisa que mais se destacaram pela amplitude das contribuíram e formação de recursos humanos mais qualificados

[04/11/05 - P316]

**Os Processos de Transmissão de Calor a partir do Fogão Solar**, FERNANDO JAPIASSÚ, ZANONI TADEU, ÍTALO BATISTA, CEFET-RN • O fogão solar é um equipamento que aproveita a energia do sol (ondas eletromagnéticas), para a cocção de alimentos. O processo de conversão de energia, nesse equipamento, se dá de forma semelhante à reflexão da luz em um espelho côncavo. O fogão solar ainda não é utilizado em larga escala por que suas dimensões são incompatíveis com a cozinha moderna, entretanto ele pode ser utilizado em zonas rurais onde o fornecimento de gás de cozinha é escasso ou até mesmo não existe. Este fato obriga o agricultor a utilizar lenha como sua principal fonte de energia, causando desequilíbrio ecológico em sua região que já enfrenta um processo de desertificação. O fogão solar mostra-se como um equipamento econômico e ecologicamente correto, pois ele funciona a partir da energia do sol, uma fonte energética gratuita, limpa e renovável. A partir dos princípios de funcionamento do fogão solar fizemos um estudo dos fenômenos ópticos e de transmissão de calor que ocorrem durante o funcionamento do fogão. O trabalho é dividido em 4 (quatro) aulas, sendo duas aulas práticas. A primeira aula consiste na apresentação do fogão, onde são feitas algumas medições que possibilitam o aluno compreender o funcionamento do equipamento. Na segunda aula os alunos utilizarão um roteiro experimental que possibilitará uma mais fácil compreensão dos fenômenos de transmissão de calor que ocorrem durante o funcionamento do fogão. Na terceira aula teórica iremos dar ênfase ao processo de Radiação e a conservação de energia através de fatos evidenciados nas aulas experimentais. Por meio de debates e questionamentos levantados nas aulas práticas serão trabalhados os conteúdos de condução e convecção, na quarta e última aula deste projeto.

O aluno participante desse trabalho deverá ao seu término ser capaz de reconhecer as formas de propagação

de calor, relacionando com o princípio da conservação da energia. Deverá conhecer o espectro da luz visível e saber que região do mesmo poderá ser mais proveitosa para o funcionamento do fogão solar. Deverá reconhecer diferentes aplicações práticas da propagação de calor. Conhecer materiais mais eficientes na condução de calor e que a condução dar-se também em líquidos e gases. Identificar os corpos que melhor emitem e absorvem calor, compreendendo as aplicações dessa teoria no cotidiano.

[04/11/05 - P317]

**Estudando eletricidade a partir de problemas do cotidiano**, LUCIANO ANDERSON FROIS, WALTER ROMERO JR., ANTENOR CIRIACO DE ARAÚJO, CICLAMIO L. BARRETO, UFRN • Quando se tem contato com as tendências atuais para o ensino de ciências (particularmente de Física), e adota-se como referência para as aulas os PCNEM e os PCN+, percebe-se o quanto a realidade das escolas, em verdade da comunidade escolar, está distante das novas propostas de ensino. Buscando amenizar estas discrepâncias, elaborou-se um plano de aula dentro dos moldes do nosso grupo de pesquisa, onde realizamos junto com os(as) estudantes, uma simulação de um acidente doméstico envolvendo eletricidade. Através desta representação puderam-se levantar os conhecimentos alternativos sobre alguns conceitos da Física, no que se refere à eletricidade. A partir daí, o professor em aula, apresentou os conceitos envolvidos na simulação, e com isto, foi possível estabelecer conflitos cognitivos, entre os saberes científicos e os conceitos espontâneos, contribuindo para uma aula mais atrativa e próxima do cotidiano, mostrando ser possível aproximar os conhecimentos escolares com a vida dos(as) alunos, fazendo com que reconheçam os aspectos sociais que a educação possibilita potencializar, começando pelo fato de que eles podem ser também responsáveis no processo da construção de seu próprio conhecimento acreditamos. Utilizou-se ainda nesta aula, um experimento de baixo custo, onde foram apresentados aos(as) alunos(as), circuitos em série e em paralelo, no qual foram discutidas as vantagens e desvantagens de cada um, levando os(as) educandos a refletirem sobre as instalações elétricas residenciais. A necessidade de mudança nas aulas de Física é evidente. É preciso buscar novas metodologias de ensino, onde os estudantes vejam a disciplina como algo prático em suas vidas, pois o ensino atual, em alguns casos, distancia os alunos da disciplina. Com este trabalho, acreditamos está contribuindo para que a maioria das pessoas reconheçam a importância da Ciência em nosso cotidiano.

[04/11/05 - P318]

**As Distorções e Omissões Conceituais dos Livros Didáticos de Física Sobre as Raias Espectrais**, RODRIGO RODRIGUES DA SILVA, Universidade Estadual da Paraíba • Atualmente, várias pesquisas têm sido feitas com os conteúdos dos livros didáticos de ciências dos Ensinos Fundamental e Médio. Em relação às análises dos livros didáticos de física, as pesquisas têm evidenciado várias distorções e omissões conceituais, em relação a conceitos das áreas de termodinâmica, dinâmica, eletrodinâmica etc. Ainda em relação aos livros didáticos de física, várias pesquisas apontam incoerências texto-

imagem, bem como a incompatibilidade da linguagem utilizada. Nesta investigação, analisam-se as distorções e omissões acerca das raias espectrais, em alguns livros didáticos de física do Ensino Médio. O critério de escolha dos livros didáticos para a presente análise foi aqueles que contemplam conteúdos de física moderna e que têm sido indicados por professores como os mais utilizados. Para subsidiar a presente análise, construímos um referencial histórico acerca da gênese e desenvolvimento do conceito de raias espectrais. Em um primeiro instante, percebemos os livros didáticos que mencionam o referido conceito o fazem de maneira bastante factual, incorporando várias distorções acerca do mesmo. A presente análise evidencia que a maneira como os livros didáticos mencionam o conceito de raias espectrais em quase nada contribuem para o aluno refletir acerca da produção histórica do conceito nem propiciam uma reflexão sobre a natureza da ciência.

[04/11/05 - P319]

**Poeira de Cantor em Circuitos Elétricos: Relatório de uma Experiência Didática,** JOSÉ CARLOS OLIVEIRA DE JESUS, , GLEIDSON DE OLIVEIRA PINTO, ÁLVARO SANTOS ALVES, *Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física, Projeto Física no Campus* • A Formação Inicial de Professores de Física tem sido tema de intenso debate tanto entre pesquisadores da Área de Ensino de Ciências quanto de técnicos responsáveis pelas políticas públicas para a Educação. No centro dessas discussões figura a necessidade urgente da inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Neste trabalho, apresenta-se uma contribuição para os laboratórios didáticos de graduação que permite discutir estruturas fractais envolvendo circuitos elétricos. No experimento aqui proposto, utilizou-se um fio resistivo sobre o qual foi montada uma seqüência de Cantor. a cada geração do conjunto de Cantor foram realizadas medidas da corrente elétrica da estrutura e os resultados forma analisados em função das escalas correspondentes. Tomou-se como hipótese de trabalho o fato de que em um fio homogêneo sua resistência é proporcional ao seu comprimento. Com isso, todas as relações que envolvem as escalas e comprimentos em cada geração também são válidas para as resistências, exceto por um fator multiplicativo, o que permite investigar a dimensão fractal da estrutura a partir de medidas elétricas. Os parâmetros envolvidos no experimento são a escala de cada geração, a diferença de potencial nos terminais do fio e a corrente elétrica assim produzida. Foram medidas várias equipotenciais que mostraram um desvio do comportamento esperado para a base geométrica de Cantor, notadamente para pequenas escalas. Resultados preliminares apontam para uma competição entre geometria e efeitos térmicos no sistema investigado.

[04/11/05 - P320]

**Estudando vetores numa cidade cenográfica: prática experimental.,** DAYVD ALLISSON, ROBERTO MARQUES, *CEFET - RN - Brasil* • Considerando a importância do estudo de vetores para a compreensão do conceito de campo elétrico e da grande dificuldade dos alunos do pré-vestibular da Escola Estadual Professor Ulisses de Góis de Natal-RN em aprender esses concei-

tos, sentimos a necessidade de desenvolver uma estratégia de ensino que minimizasse essas dificuldades. Elaboramos, portanto, uma atividade experimental que tem por objetivo estimular os alunos de física a construir um conhecimento sólido sobre o assunto. Em nossa proposta, os conhecimentos serão adquiridos pela atividade, que possibilita aos alunos uma análise comparativa entre os conteúdos ministrados em sala de aula e o seu cotidiano, apresentando noções básicas de: direção e sentido, posição e trajetória, soma vetorial, capacidade de diferenciar facilmente uma grandeza escalar de uma vetorial, deslocamento escalar de um deslocamento vetorial e velocidade escalar média de velocidade vetorial média. O experimento consiste em uma maquete (manta) de um metro quadrado que simula uma cidade cenográfica, de escala (1:100), que está dividida em nove quarteirões retangulares. Uma das extremidades da maquete é fixada como a origem dos eixos cartesianos, onde é acoplado um carretel de linha. A linha é amarrada a carrinhos de brinquedo, servindo como marcador da trajetória. Parafusos foram dispostos na maquete (nos cruzamentos) distantes um do outro 33 cm, possibilitando que a linha os contornassem, gerando assim uma melhor visualização da trajetória. Para a representação dos vetores, foram feitas setas de material ferromagnético de comprimento 33 cm, sendo 18 azuis e 18 vermelhas. A diferença de cores é um recurso didático com objetivo de facilitar a indicação de vetores sobrepostos. Para medições precisas de distância e tempo, disponibilizamos respectivamente de uma trena e um cronômetro, utilizado para marcar o tempo de percurso do carrinho de uma posição inicial (pré-definida) até uma posição final. Sendo assim, é possível determinar as velocidades médias (escalares e vetoriais) dos carrinhos. Acreditamos, pois, que uma proposta de ensino que busca relacionar os conhecimentos teóricos com a prática cotidiana possibilitará aos alunos uma construção mais sólida e prazerosa dos conceitos da física.

[04/11/05 - P321]

**CARACTERIZAÇÃO DAS LISTAS DE EXERCÍCIOS ELABORADAS PELOS PROFESSORES DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO,** EMANUEL LAMARQUE PEREIRA DA SILVA, MORGANA LÍGIA DE F. FREIRE, *Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba* • No paradigma hegemônico da educação, o ensino é priorizado em relação à aprendizagem. A verificação da aprendizagem em forma de Listas de Exercícios, que mostra a sistematização final do conhecimento, é facilmente incorporada de modo a acomodar estes velhos paradigmas ao invés de questioná-los. O presente trabalho, de natureza descritivo-interpretativa, objetiva caracterizar as Listas de Exercícios. A fundamentação teórica conjuga a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCN), e os Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCN). O percurso metodológico para realização deste trabalho constitui-se de duas etapas: 1) definição do corpus; e, 2) sistematização dos dados. Na análise do corpus constituído por 20 questionários procurou-se

investigar o exercício desta atividade, sendo esta a didática comumente empregada em sala de aula pelos professores de Física do Ensino Médio na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba. Dos professores de Física do Ensino Médio, 95% passam sempre ou regulamente uma Lista de Exercícios após o término de um conteúdo. Além disso, 30% utilizam unicamente Listas de Exercícios, e só 15% utilizam mais de dois tipos de atividades extra-classe. As tradicionais Listas de Exercícios, não devem ser a única maneira de verificar o aprendizado do aluno, embora sejam indispensáveis. Na pesquisa, confirmou-se que as Listas de Exercícios constituem a atividade didática predominante. No entanto, são extensas e repetitivas, e as questões contidas nelas são descontextualizadas.

[04/11/05 - P322]

**DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS: CONCEPÇÕES DE LICENCIANDOS EM FÍSICA E POSSÍVEIS MUDANÇAS ATRAVÉS DO CICLO DA EXPERIÊNCIA KELLYANA,** HELOISA FLORA BRASIL N. BASTOS, , PHD., *UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO*, **MARCOS ANTONIO BARROS SANTOS,** ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS DA UFRPE •

Este trabalho apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa sobre difração de elétrons em fenda dupla, conduzida no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC), da UFRPE. Nesta etapa foi aplicado um questionário para identificar as concepções de 15 alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, assim distribuídos: 05 alunos de Física Moderna (FM) e 10 alunos de Mecânica Quântica (MQ). Nosso objetivo foi comparar nossos dados com resultados de pesquisas anteriores (SOLBES et al., 1987; MASSADI, 1996; FLETCHER et al., 1998; EULER et al., 1999; AMBROSE et al., 1999; MONTENEGRO, 2000; MOTA, 2000) que concluem que alunos que cursaram essas disciplinas não compreendem os conceitos quânticos ali propostos, em especial difração e interferência em fenda dupla e única para elétrons, dualidade partícula-onda, limitando-se, em geral, a dominar o seu formalismo matemático. Foram utilizadas cinco questões abertas, cujas respostas revelaram que as dificuldades dos alunos de FM e MQ podem ser organizadas em três grandes categorias: (1) Mistura de conceitos da Óptica Geométrica e Óptica Física na explicação dos fenômenos da difração e interferência luminosa, (2) Independência entre os efeitos da difração e interferência luminosa e a largura da(s) fenda(s), (3) Não-aplicação da dualidade onda-partícula a fótons e elétrons, nos fenômenos da difração e interferência, sendo considerados apenas como partículas. Esses resultados foram utilizados para organizar uma intervenção didática sobre esse tema, baseada no Corolário da Experiência da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George Kelly, cujas influências nas concepções dos alunos serão analisadas posteriormente.

[04/11/05 - P323]

**Construção de uma lâmpada de lava de baixo**

**custo,** RONALDO DA MACENO LIMA, LUIZDARCY DE MATOS CASTRO, JORGE ANDERSON PAIVA RAMOS, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB* • É indiscutível a importância que a hidrostática tem tanto no desenvolvimento da ciência como da atual tecnologia. No século III a.C. Arquimedes explicou a força que atua num corpo devido sua imersão num dado líquido através do conceito de empuxo. Porém, até hoje, os alunos encontram grandes dificuldades no entendimento do papel da densidade e do empuxo na flutuação dos corpos. A situação torna-se mais grave quando se analisa a influência de fatores, como por exemplo, a temperatura e a pressão, na densidade e consequentemente na flutuabilidade dos corpos. Neste trabalho, propomos a confecção, utilizando materiais de baixo custo, de uma lâmpada de lava. Tal aparato quando levado à sala de aula, permite-nos explorar conceitos como o de empuxo, transferência de calor por convecção e irradiação, densidade dos materiais e dependência da densidade com a temperatura. Além disso, a lâmpada de lava apresenta uma forte característica lúdica, principalmente devido ao seu intrigante efeito visual, que constitui uma grande fonte de motivação e questionamentos. Acreditamos que tal experimento possa contribuir para a melhoria do processo ensino-aprendizagem em sala de aula.

[04/11/05 - P324]

**A Problematização de Conceitos de Hidrostática Através de Experimentos Didáticos,** JEBSON FÁBIO PINTO E SILVA, *UEPB - PB - Brasil* • O uso do experimento didático têm sido uma atividade bastante requerida para a educação científica, sejam por professores, sejam por estudantes. Contudo, várias pesquisas mencionam que, via de regra, as concepções dos professores acerca da utilização do experimento didático ainda pauta-se em uma concepção já superada, tanto por pesquisadores, quanto por educadores. Na presente investigação, discutiremos a possibilidade de problematização de conceitos de hidrostática, utilizando experimentos didáticos de baixo custo. Na presente abordagem, discute-se o experimento didático com os estudantes, de modo que as idéias dos mesmos acerca dos conceitos subjacentes ao experimento são debatidas no contexto da sala de aula. Nossas investigações indicam que, utilizando-se o experimento didático, permeado por uma discussão do mesmo, possibilita-se que os estudantes reflitam sobre suas idéias acerca dos conceitos subjacentes.

[04/11/05 - P325]

**Utilização de recursos áudios-visuais provenientes da Internet para a melhoria do ensino-aprendizagem em todos os níveis da educação,** LIDIANA N. NOGUEIRA, JEAN RICARDO M. PINTO, SHIRLEY J. S. DA SILVA, A. M. J. CHAVES NETO, *Universidade Federal do Pará, Dep. Física, CEP 66075-110* •

**Palavras Chave:** Recursos áudios-visuais, Internet, Ensino

Já foi comprovado que estimulando os sentidos da audição e visão o ensino-aprendizagem torna-se muito mais eficiente, portanto o aluno teria mais incentivo e estaria in-

serido num contexto científico. Nós pretendemos aplicar as figuras e vídeos extraídos da internet como recursos para auxiliar o ensino da ciência e tecnologia no campo teórico e experimental. Essas experiências apresentadas nas figuras e vídeos praticamente são impossíveis de se fazer na maior parte do Brasil, exceto nos grandes centros de referência de ensino. Tem que haver cuidado com a seleção do material; textos, figuras e vídeos didáticos desenvolvidos por pesquisadores de universidades e centros tecnológicos sérios com o intuito de disseminar o que há de mais moderno nos diversos campos da ciência. Para o professor, o auxílio destes recursos constitui uma ferramenta muito importante porque facilitará a dinâmica e didática da aula e a compreensão teórica e/ou experimental dos alunos, Sem mencionar que os custos seriam relativamente baixos. Para coletar a informação, pois poderia utilizar desses recursos em qualquer lugar que tivesse um computador que possuísse internet, computador pessoal, público, LAN house ou Cyber café, praticamente disponíveis em qualquer cidade pequena do Brasil. O material necessário para reproduzir a informação na sala de aula seria de preferência um data-show, na tela do computador, ou apresentação na tela de TV, ou DVD. Essa metodologia de usar cognitivamente a aula com auxílio dos recursos áudio-visuais é muito importante no contexto geral e poderá auxiliar a construção de material didático para o ensino à distância, também para seminários dos professores e dos alunos. Neste trabalho apresentaremos dois exemplos de aplicação de recursos áudio-visuais ao estudo de nanotecnologia, nanociência e supercondutividade.

PROINT-UFPa

[04/11/05 - P326]

**O SISTEMA SOLAR NUMA VISÃO LÚDICA,** LIBIANE MARINHO BERNARDINO, MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVERA, *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA* • A arte tem um papel fundamental na formação do ser humano, especialmente na escola onde o aluno pode expressar-se, despertar a imaginação, ter a capacidade de criação, etc. Esta propicia o desenvolvimento do pensamento artístico e da percepção estética, que caracteriza um modo próprio de ordenar e dar sentido à experiência humana. No caso do aluno, este desenvolve sua sensibilidade, percepção e imaginação. Então, verifica-se a necessidade de se dá um ponto de partida na tentativa de usar recursos didáticos com metodologias apropriadas que tenham alguma relação com a arte. Sendo assim, objetiva-se planejar uma nova abordagem didática dirigida ao ensino fundamental, para explicar o tema denominado Sistema Solar, através de recursos que possam unir a Ciência e a Arte - O Teatro de Fantoques. Também fazer algumas considerações históricas a respeito da Ciência e da Arte. A realização deste trabalho constituiu-se de três etapas: revisão bibliográfica; construção do cenário e da peça e aplicação prática em sala de aula, utilizando o teatro de fantoches como veículo para levar o conhecimento. A população alvo deste estudo foi constituída por alunos do ensino fundamental. Para a avaliação desta nova abordagem foi utilizado um questionário. Apesar desta meto-

dologia ter sido aplicada em apenas uma turma, pode-se argumentar que os resultados superaram as expectativas. Houve uma boa aceitação por parte dos alunos, sendo um fator de motivação no processo ensino-aprendizagem. Também se destaca a participação dos mesmos. Finalmente, outros tipos de teatros podem ser utilizados relatando os mais diversos temas das chamadas ciências naturais.

[04/11/05 - P327]

**O ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE NUMA ABORDAGEM TEATRAL,** LIBIANE MARUHO BERNARDINO, ALESSANDRO FREDERICO DA SILVEIRA, MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE, *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA* • O ano de 2005 é um marco significativo na história da Física pois destaca a figura de Albert Einstein (1879 - 1955) pelo centenário de sua Teoria da Relatividade, sexagenário da bomba Atômica e cinquentenário de sua morte. Considerando que a Física Moderna só é vista no Ensino Médio, é um momento propício para trabalhar cedo com os alunos algumas idéias desse cientista com recursos dinâmicos, motivadores, que relacionem a Arte com a Ciência. Este trabalho enfatiza a importância de uma nova abordagem didática dirigida ao ensino fundamental para explicar algumas idéias da Teoria da Relatividade através do Teatro de Fantoques. Nesta perspectiva atentou - se especificamente a considerações históricas a respeito das observações de Einstein e a relação entre Ciência e Arte. Inicialmente foi feito um estudo bibliográfico acerca da temática e em seguida foi criado e construído os recursos técnicos - pedagógicos para a execução desta atividade. Diante os resultados, percebe - se que dentro de algumas limitações o ensino de Física Moderna, especificamente alguns aspectos da Teoria da Relatividade podem ser abordados no ensino Fundamental, considerando a viabilidade desta abordagem inovadora e motivadora, também deve ser enfatizado a aceitação e o aproveitamento dos alunos acerca do tema.

[04/11/05 - P328]

**O EXPERIMENTO DE OERSTED COMO FERRAMENTA PARA A APRESENTAÇÃO DO ELETROMAGNETISMO NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO,** JORGE EDSON AMORIM DIAS, JOÃO ANDRADE DOS REIS JÚNIOR, ÂNGELA BURLAMAQUI KLAUTAU, LUÍS CARLOS BASSALO CRISPINO, *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ* • A utilização de experimentos como estratégia de ensino de Física no nível fundamental e médio, vem sendo amplamente apontada como uma forma bastante eficaz para minimizar as dificuldades encontradas na aprendizagem de Física. Neste trabalho, é exibida uma possível abordagem para a apresentação do Eletromagnetismo a partir do experimento de Oersted. Esta proposta é resultado da interação entre o Laboratório de Demonstrações (Labdemon) da Universidade Federal do Pará (UFPA) e os alunos das escolas públicas de nível fundamental e médio do Pará, bem como dos alunos dos cursos de graduação em Física da UFPA. A metodologia e os recursos utilizados durante a apresentação do módulo de Eletromag-



netismo no Labdemon visam fazer dos monitores do laboratório mediadores na construção do conhecimento do aluno, além de primar pela utilização de experimentos de baixo custo. Desta forma, objetivamos facilitar a reprodução dos experimentos pelos próprios alunos acompanhados de seus professores, permitindo-lhes uma melhor interação com os conteúdos apresentados, podendo transformar suas pré-concepções em conhecimentos significativos sobre os fenômenos eletromagnéticos envolvidos nos experimentos. O uso do experimento clássico de Oersted como ferramenta de ensino-aprendizagem de Eletromagnetismo, tendo sua montagem com material de baixo custo, realiza-se conforme as seguintes etapas. Previamente à realização deste experimento efetuamos a montagem de uma bússola com agulha de costura, isopor, ímã e água em uma base de garrafa pet. Após a discussão sobre o funcionamento da bússola e do campo magnético terrestre, coloca-se a mesma sob um fio de cobre. Conectando-se uma pilha às extremidades do fio e posicionando convenientemente a bússola percebe-se sua deflexão, em geral causando grande entusiasmo dos alunos que vivenciam este fenômeno. Os alunos passam a levantar hipóteses para a explicação do fenômeno e, com isso, sob a mediação dos monitores do Labdemon, chegam à conclusão de que a eletricidade e o magnetismo são interdependentes. A partir dos fenômenos vivenciados e das hipóteses formuladas, inicia-se a apresentação e discussão dos diversos conceitos físicos presentes no Eletromagnetismo. Tal alternativa, pela sua simplicidade, mostrou-se altamente viável e eficaz, tanto para facilitar a aprendizagem do Eletromagnetismo para os alunos do ensino médio, como também para apresentar o Eletromagnetismo para os alunos do ensino fundamental. Note-se que tal estratégia de ensino pode tanto viabilizar um melhor entendimento dos fenômenos físicos estudados pelos alunos, quanto incentivá-los a manipular e montar os experimentos, permitindo, assim, o seu maior engajamento na construção de seus conhecimentos.

[04/11/05 - P329]

**A Imagem da Física no Espelho-Aluno,** HAMONA NOVAES DOS SANTOS, NAIARA SILVA DOS SANTOS, ILDEFLÁVIO DOS SANTOS SILVA, VINÍCIUS SANTANA PEDREIRA, VALMIR HENRIQUE DE ARAÚJO, (1), *UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA, Colégio Opção de Vitória da Conquista*(1) • O presente trabalho trata da investigação do estigma criado em torno da física em nossa cultura escolar, considerando o professor como o realizador da transposição didática da ciência fabricada nos laboratórios e nos gabinetes e tendo em conta os interesses do aluno. A motivação óbvia do trabalho é a pergunta de incredulidade: Como pode uma área da atividade e conhecimento humanos envolver os maiores mistérios, segredos, criatividade, beleza, utilidades - por isso permear a nossa curiosidade - e, ao mesmo tempo, não ser atraente? Buscamos em uma primeira investida mapear as razões que tem levado ao comportamento de repulsa e que já se produz uma cultura de rejeição, em relação à aprendizagem de física na escola. Para tanto foram realizadas entrevistas em diversas escolas Públicas

do Ensino Médio em Vitória da Conquista, envolvendo professores e alunos. Os dados não apresentarão um teor estatístico, posto que tentaremos diagnosticar tais problemas qualitativamente. Também registramos os comentários esparsos nos corredores e cantinas. Nas primeiras investidas constatamos que a física é considerada uma disciplina difícil, chata, incompreensível. As razões para tal imagem têm sido constantemente discutidas em congressos, encontros, em reuniões, e principalmente nos corredores das escolas e universidades reunindo os principais atingidos: os alunos. Essa etapa de uma "sociologia da imagem da física" nos levou a uma segunda etapa baseada na proposta "pedagógica" de Gaston Bachelard quanto à poética e a epistemologia na construção do conhecimento. Avaliamos a abordagem dos livros didáticos quanto à temperatura e fizemos um proposta baseada no referencial teórico acima citado.

[04/11/05 - P330]

**A Febre em Bachelard: Poética e Epistemologia da Temperatura,** VALMIR HENRIQUE DE ARAÚJO, HAMONA NOVAES DOS SANTOS, NAIARA SILVA DOS SANTOS, ILDEFLÁVIO DOS SANTOS SILVA, VINÍCIUS SANTANA PEDREIRA, *UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA* • A temperatura mede o nível de "calor" de um corpo. Sentimos que um corpo é quente ou frio tocando nele. Para a ciência o "sentir" não é suficiente para tratar de temperatura; pois se colocarmos a mão em um corpo à temperatura ambiente (vinte e cinco graus celsius), depois colocarmos a mão em água fria e retornarmos ao corpo, este "parecerá" mais "quente" que anteriormente. Essa subjetividade é denominada "sensação térmica". Frente a essa incapacidade de tratarmos com o quente-frio, o livro didático define a temperatura como: "A medida do nível de agitação térmica das partículas ou medida do nível de energia térmica por partícula de um corpo ou sistema físico". E, normalmente, em seguida apresentam termômetros, escalas termométricas e conversões entre escalas. Dessa forma considera-se o assunto concluído. Assim, o que temos de fazer no papel de professor é repassar esses conceitos e técnicas, e o aluno - para deixar de ser o sem-luz - deve aceitar tal luminosidade do conhecimento passivamente. O ensino, tradicionalmente, é o ato de transmitir-receber. Nesse trabalho consideramos o conhecimento como processo e propomos um "choque térmico bachelardiano" articulando um estudo que contemple a "história do calor", por um lado - onde no contexto aparece a medição da temperatura com o termômetro (termoscópio) - e a imaginação criativa - constitutiva do ser humano - para expressar a "realidade científica da temperatura" em uma construção literária no mesmo nível de abstração dos termos que aparecem na definição acima: "partículas", "energia térmica", termos estes de alto teor de abstração, criatividade e invenção e próprios da pós-modernidade.

[04/11/05 - P331]

**Ensinando Mecânica dos Flúidos através de experimentos de baixo custo,** DIEGO DA COSTA MIRANDA, DIÓGENES LEÃO BRASIL BRASIL, LUÍS CARLOS BASSALO CRISPINO, ÂNGELA BURLAMAQUI KLAUTAU, *Universidade Federal do Pará*

• O processo de ensino e aprendizagem de Física no ensino fundamental e médio mostra-se muito mais eficaz quando complementado com o uso de experimentos que ilustrem o conteúdo teórico apresentado em sala de aula. Por se tratar de uma ciência de base experimental, a utilização desses experimentos como estratégia de ensino de Física torna-a mais atrativa e interessante para o aluno, ajudando-o a relacionar os conceitos aprendidos em classe à sua realidade cotidiana, além de estimular o interesse científico dos alunos. Neste trabalho, objetivamos mostrar como alguns experimentos relacionados com Mecânica dos Flúidos, que envolvem conceitos de Hidrostática e Hidrodinâmica, vêm sendo utilizados no Laboratório de Demonstrações da Universidade Federal do Pará (UFPA) como ferramentas de ensino e aprendizagem. A Mecânica dos Fluidos consiste em uma área muito extensa da Física, cujo conteúdo envolve desde situações simples presentes no cotidiano das pessoas, como o ato de tomarmos um refrigerante com o auxílio de um canudinho, até mecanismos mais sofisticados, como o funcionamento de um submarino. Propomos-nos a trabalhar os conceitos físicos envolvidos nestas situações por meio de experimentos simples e criativos. Para construção e montagem dos experimentos apresentados nas aulas práticas, optamos por alternativas simples, prezando pela utilização de materiais de baixo custo (canudinhos, papel, garrafa tipo pet, tampa de caneta, rolha de cortiça, massa epóxi, balões de festa, isopor, seringas, copos de papel ou plástico, etc.). Desta forma, objetivamos tanto viabilizar um melhor entendimento do aluno com relação à discussão dos fenômenos físicos envolvidos, quanto incentivá-lo a manipular e montar ele próprio os experimentos, permitindo, assim, o seu maior engajamento na construção de seus conhecimentos com relação aos fenômenos físicos envolvidos. Nossa experiência de exposição e apresentação dos experimentos vem sendo desenvolvida no Laboratório de Demonstrações, localizado no campus da UFPA, em Belém, que pode ser visitado por escolas públicas de ensino médio e fundamental, durante sessões com duração média de 3 horas. Além disso, o Laboratório de Demonstrações realiza outros eventos, como oficinas de montagem de experimentos para professores da rede pública de ensino e demonstrações para o público geral, visando à socialização e divulgação das atividades nele desenvolvidas.

[04/11/05 - P332]

**AULAS PRÁTICAS DE FÍSICA NA I SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALAGOA GRANDE,** ERIVERTON DA SILVA RODRIGUES, *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB -Campina Grande*, RAFAEL DE LIMA RODRIGUES, *UFCG-Cajazeiras* • Como parte da programação da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, a cidade de Alagoa Grande, no Brejo paraibano, realizou de 18 a 22 de outubro de 2004, a I Semana de Ciência e Tecnologia de Alagoa Grande. A mobilização da população, em especial as crianças e os jovens, em torno de temas e atividades científicas, valorizando a criatividade, a atitude científica e a inovação, foram destaque para a importância

da ciência e da tecnologia para a vida de cada um de nós e para o desenvolvimento do país. Contribuiu, dessa maneira, para que a população conheça-se e discuti-se os resultados, a relevância e o impacto das pesquisas científicas e tecnológicas e suas aplicações. Entre outras atividades tivemos: oficinas; atividades unindo ciência, cultura e arte (apresentações artísticas e culturais durante o evento); ida de cientistas às escolas; palestras e discussões públicas sobre temas científicos de interesse geral; além de mini-cursos e aulas práticas de Física com os alunos e professores do ensino médio de escolas públicas e privadas. O evento levou conhecimentos científicos e tecnológicos à população local, para que as pessoas refletissem sobre a importância da aplicação tecnológica para a vida atual. Durante a semana, o público ficou conhecendo novas tecnologias em desenvolvimento no mercado e como seu advento tem beneficiado a população de um modo geral. Foram abordados diversos temas do interesse coletivo, todos proferidos por especialistas no assunto. Entre os assuntos mais destacados: a Política de Apoio ao Ensino de Ciências nas Escolas Públicas por pelo seu autor deste trabalho, Novas Variedades de Plantas Frutíferas por Ivandro F. da Silva, A utilização de materiais didáticos alternativos no ensino das operações fundamentais por João B. Parentes, Nanociência e Nanotecnologia por Antônio C. Burity, As Formas Geométricas e o Tangrams por Antônio S. da Silva e outros. Esse ano acontecerá a II Semana de Ciência e Tecnologia de Alagoa Grande, envolvendo todo o município e aumentando cada vez mais a divulgação científica. As aulas práticas de Física são importantes para transformar o ensino dos conteúdos relacionados com a Ciência Física, afastando-se de uma abordagem que tem sido restrita a memorização de equações matemáticas que representam as leis físicas, para uma dinâmica do processo de ensino-aprendizagem em que o aluno possa efetivar algumas medidas de grandezas físicas em experiências simples com material alternativo, abordando os seguintes temas: mecânica clássica e eletromagnetismo. Apoios da UFCG e Secretaria de Educação do Município.

[04/11/05 - P333]

**ANO MUNDIAL DE FÍSICA, TEMPORADA DE MAIO EM CAJAZEIRAS,** ROVILSON JOSÉ BUENO, , MANOEL DEODATO DOS SANTOS, PEDRO BARBOSA DA SILVA FILHO, RAFAEL DE LIMA RODRIGUES, *UFCG-Cajazeiras* • A UFCG comemorou o Dia da Física, no dia 19 de maio, nos campi de Campina Grande e Cajazeiras. Na UFCG, campus de Cajazeiras, a programação incluiu homenagem ao cientista César Lattes (1924-2005) e mesa redonda sobre O Ensino da Física Contemporânea no Ensino Médio, que foi coordenada pelo primeiro autor, com participação do segundo autor. A programação oferecida à comunidade acadêmica do curso de Licenciatura em Ciências, também incluiu a Oficina da Física e dois minicursos, um sobre o Conhecimento sobre a Luz e o Efeito Fotoelétrico, pelo terceiro autor, e outro sobre Newton, Maxwell e Einstein: a encruzilhada do Eletromagnetismo no início do século XX, pelos segundo e quarto autores. O Projeto As Idéias de Einstein no Ensino da Física na Educação Básica foi apro-

vado pela Sociedade Brasileira de Física, cuja temporada de maio foi realizada sem recursos da SBF. Mas, a segunda temporada que acontecerá em novembro contará com o apoio financeiro da SBF. O Ensino da Física no Alto Sertão da Paraíba acontece no desenvolvimento de práticas pedagógicas precárias. Os motivos mais urgentes para se compreender esse fenômeno estão relacionados à ausência de professores sequer habilitados ao Ensino da Física no Ensino Médio e uma qualificação que deixa a desejar no caso do Ensino das Ciências Naturais na Educação Infantil e no Ensino Fundamental e com a forma tradicional (em termos pedagógicos) com que a Física é ensinada priorizando-se abordagens quantitativas e o treinamento para os concursos vestibulares ao Ensino Superior. Os conteúdos ensinados restringem-se ao domínio do paradigma newtoniano não avançando para a compreensão da evolução das idéias da Física do século XX e contemporânea. No âmbito desse cenário, pretendemos, com atividades desenvolvidas durante o Ano Mundial da Física, discutir o Ensino da Física na Educação Básica em nossa região - o Alto Sertão da Paraíba - apresentando, simultaneamente, oportunidades de repensá-lo e difundir propostas metodológicas que possam tornar presentes nas aulas da Física os trabalhos de Albert Einstein já em momentos iniciais do ensino dos conteúdos da Física especialmente quando se tratar de partir de um olhar clássico, lançar-se sobre as questões discutidas no século XX e no atual e retornar ao clássico, num movimento que valorize o conhecimento físico como uma produção humana que evolui com as preocupações e notável necessidade humana de estar, como diz Paulo Freire, no mundo e com o mundo”.

[04/11/05 - P334]

**EVOLVIMENTO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO NO ESTUDO DA AÇÃO FOTOSSINTETIZANTE EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA,** MAURÍCIO H. B. CARDOSO, JAIRO MARGUES C. PEREIRA, *COC-Colégio São Paulo - SE - Brasil*, BENTO F. DOS SANTOS JÚNIOR, *UFS - SE - Brasil* • Este trabalho foi realizado por alunos do Ensino Médio do COC - Colégio São Paulo de Aracaju-SE e tem como objetivo fazer um estudo do comportamento da samambaia, escolhida por apresentar um rápido crescimento, em diferentes comprimentos de onda, que vão desde todo o espectro visível até a luz ultravioleta proveniente do sol. Foram preparadas nove estufas com caixas de isopor e papelão, onde serão colocadas as amostras, sendo que três em cada estufa e ficaram sujeitas a comprimentos de onda da luz azul, amarelo e vermelho, cujas fontes foram lâmpadas fluorescentes por dissiparem menos calor em relação às demais encontradas no mercado. Estes comprimentos de onda foram escolhidos pelo fato de os comprimentos de onda azul e vermelho serem as regiões de maior absorção de energia e o amarelo ser uma região intermediária. Além disso, uma samambaia ficou exposta à luz do sol para que fosse verificado o comportamento da planta frente a todo o espectro visível e ao ultravioleta em comparação com as demais amostras. Verificou-se que as amostras que ficaram expostas ao comprimento de onda da luz azul absorveram mais energia do que as que fica-

ram expostas ao comprimento de onda da luz vermelha, que obteve um certo grau de absorção, diferentemente do comportamento da amostra que ficou sob o comprimento de onda da luz amarela, que praticamente não se observou grau de absorção de energia.

[04/11/05 - P335]

**Uma nova abordagem dos conceitos de energia, luz e calor utilizando como tema gerador o crescimento das plantas em uma estufa,** TIAGO NERY RIBEIRO, ALINE MENDONÇA, *Colégio de Aplicação, UFS* • Uma das problemáticas observadas nas aulas de Física está na dificuldade de integrar os conceitos relativos da Física com outras áreas; pressupondo isso pensamos num trabalho que pudesse integrar as disciplinas Física e Biologia; pois como cita MACHADO (1995, p.186) “o significado curricular de cada disciplina não pode resultar de uma apreciação isolada de seu conteúdo, mas sim do modo como se articulam as disciplinas em seu conjunto; tal articulação é sempre tributária de uma sistematização filosófica mais abrangente, cujos princípios norteadores é necessário reconhecer”. Algumas iniciativas de articulação dos conhecimentos escolares têm sido realizadas em nossa escola, um dos modelos de integração é o método de trabalho didático em que o currículo se constitui ou se desenvolve em uma série de projetos que problematizam temas da sociedade, que tenham interesse para o grupo. Um desses aconteceu quando relacionamos os temas energia, luz e calor, de Física básica, presente no currículo de Ciências da oitava série do ensino fundamental com a observação da germinação e desenvolvimento de plantas nativas, discutindo a importância da radiação solar para a sua realização, uma vez que ela é a energia da fotossíntese que as plantas absorvem e transformam em substâncias que, direta ou indiretamente, sustentam a maioria das outras formas de vida terrestre. Este trabalho foi realizado numa turma da oitava série do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe (UFS) através de aulas expositivas, discussões em grupo sobre o tema, visita a estufa no departamento de agronomia da UFS e a construção de uma pequena estufa com plástico sombreador para observar a germinação das plantas a diferentes níveis de porcentagem de passagem da radiação solar, ajudando o aluno a compreender a importância da luz para as plantas. O trabalho que realizamos facilitou a internalização e transferência dos conceitos físicos e biológicos como podemos constatar nos questionários e avaliações realizados durante o processo de ensino aprendizagem, como também favoreceu o interesse do alunado pela investigação, exploração e interpretação dos diferentes procedimentos científicos abordados com este tema.

[04/11/05 - P336]

**Revolução Copernicana: Aspectos Históricos influentes em sua construção,** POLLIBIO KLEBER DA SILVA DIAS, MARCELO GOMES GERMANO, *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA* • Ao observar alguns livros didáticos, observamos uma ausência preocupante referente ao ensino da física como a construção histórica e humana do conhecimento científico. Fatos como a revolução copernicana são pouco mencionados e substituídos por

um conhecimento quase mágico e perfeito. Com esta preocupação decidimos pesquisar e apresentar alguns fatos relevantes sobre a construção do conhecimento científico em especial que aspectos poderiam ter levado Nicolau Copérnico a apresentar um novo modelo de mundo, a ponto de desconsiderar os dados empíricos e enfrentar o poder da tradição da época, não são tão claros e nem colocam em acordo todos os historiadores, mas tudo leva a crer que havia algumas dificuldades sérias no que se refere a grande complexidade que envolvia o sistema aristotélico-ptolomaico e uma relativa simplicidade na explicação de alguns fenômenos a partir do modelo copernicano. Mas, isso ainda não diz tudo. O fato de alguns outros já terem proposto um sistema semelhante (Aristarco e Seleuco), também parece ter sido um dos motivadores de Copérnico. A situação na de grandes mudanças na Europa renascentista com a mudança do centro de interesse do homem na literatura, do presente para a idade de ouro da antiguidade; a revolução comercial, com suas longas viagens e excitantes descobertas de continentes anteriormente desconhecidos e de civilizações ainda não estudadas; o surgimento de uma nova ordem religiosa com a reforma protestante e novos caminhos para a matemática com as abstrações permitidas pela álgebra. Todos esses fatores aliados teriam sido decisivos para o nascimento de tão revolucionária proposta.

[04/11/05 - P337]

**Laboratório Alternativo de Eletricidade para o Ensino Médio,** R. Z. DE SOUZA, J. R. P. DA SILVA, I. S. QUEIROZ JR., *Departamento de Física - FANAT - UERN / Departamento de Informática - CEFET/RN* • O eletromagnetismo é o grande propulsor das revoluções tecnológicas na sociedade moderna. No entanto, os temas relacionados a esse campo da Física são difíceis de ensinar e de aprender, na medida em que se lida com fenômenos microscópicos que precisam ser abstraídos para explicar seus efeitos macroscópicos. Com o objetivo de contribuir para o ensino e aprendizado do eletromagnetismo, este trabalho visa desenvolver e construir um laboratório alternativo de eletricidade básica para aplicar em sala de aula e verificar como o seu uso auxilia o professor a transmitir conceitos abstratos relacionados a este tema. O laboratório consiste de vários experimentos alternativos com materiais de baixo custo, apresentados na literatura especializada ou criados pelos autores, para formar um laboratório didático totalmente construído pelos estudantes e pelo professor. Nesta etapa do trabalho foram construídos um ohmímetro, um voltímetro e um amperímetro para serem utilizados em conjuntos com resistores alternativos, os quais foram produzidos utilizando resistências de chuveiro elétrico. A construção do laboratório também visa responder perguntas, identificar concepções alternativas e ampliar os conhecimentos dos alunos e do professor sobre o tema. O laboratório também pode contribuir para motivar o estudo das ciências e, em particular, da Física, bem com estimular o estudante a aplicar o conhecimento adquirido no seu dia-a-dia.

[04/11/05 - P338]

**Concepções Alternativas Sobre Instrumentos de Medição em Eletricidade,** A. A. FERREIRA, J. K.

P. MOREIRA, S. A. SERAFIM, J. R. P. DA SILVA, I. S. QUEIROZ JR., *Departamento de Física - FANAT - UERN / Departamento de Informática - CEFET/RN* • Os professores de Física do Ensino Médio têm a difícil tarefa de ensinar um conteúdo tanto abstrato quanto difícil, o eletromagnetismo. Dentre os temas abordados em Eletromagnetismo, talvez o mais simples seja a Eletricidade, pois é o tema que mais se aproxima do nosso dia-a-dia. Neste trabalho, temos como propósito estudar os conhecimentos prévios dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio em relação aos instrumentos de medição, com ênfase na detecção de concepções alternativas, a associação que os estudantes fazem entre as grandezas físicas e o que foi medido, e examinar a compreensão dos estudantes com relação às grandezas medidas pelos instrumentos de medição. Nós introduzimos o tema Instrumentos de Medição com o uso de um multímetro contendo um ohmímetro, um voltímetro e um amperímetro, além de resistores e baterias. As concepções alternativas e a compreensão do que é medido são identificados a partir da aplicação de testes de múltipla escolha aos estudantes. Após a aplicação dos testes, apresentamos figuras representativas da montagem elétrica para a medição e o circuito real com os equipamentos já citados. Uma segunda parte do teste é aplicada para saber se as concepções sobre instrumentos de medição elétrica realmente estão associadas ao desconhecimento das figuras representativas dos componentes dos circuitos elétricos e a falta de conexão com os componentes reais. Pretendemos mostrar, com isso, que a dificuldade de compreensão não se deve apenas ao fato dos fenômenos e efeitos elétricos terem de ser abstraídos da imaginação, mas principalmente a falta de uma associação a objetos reais, a partir do contato e manipulação dos instrumentos.

[04/11/05 - P339]

**FÍSICA E ASTRONOMIA NA ESCOLA: UMA ALTERNATIVA DE SOCIALIZAÇÃO DA CIÊNCIA.,** JOSÉ NIVALDO MANGUEIRA DE ASSIS, OBERLAN DA SILVA, *UEPB - PB, Brasil* • O presente trabalho faz parte do projeto “Física e Astronomia na Escola”, desenvolvido pelos estudantes de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB - José Nivaldo Manguiera de Assis e Oberlan da Silva - da cidade de Campina Grande-PB, que tem como finalidade a veiculação da física e da Astronomia nas escolas públicas do ensino fundamental e médio deste estado, através de aulas, palestras, atividades de campo e experimentais, observações com telescópio e a olho nu dos astros e fenômenos celestes. Particularmente, em nosso país, as ações de divulgação da física e da Astronomia são escassas. A literatura existente está em linguagem hermética de periódicos especializados, caros e, portanto ao alcance de poucos. Sabemos que a concepção do processo ensino-aprendizagem é interativa, sendo assim, procuraremos tirar os alunos de uma atitude passiva em que não conseguem substituir o conhecimento espontâneo pelo conhecimento sistemático adotado por essas ciências. Participando das “oficinas” eles terão oportunidade de tratar com os professores mediadores do processo ensino-aprendizagem a conexão entre o saber

científico e o seu saber espontâneo, ampliando-lhe a capacidade de observar e questionar o ambiente que o cerca. Mostraremos a física e a astronomia como legado cultural e, principalmente, como visão do cosmo, construída com conceitos operacionais da ciência moderna, numa linguagem que se torne acessível ao grande público escolar da Paraíba.

[04/11/05 - P340]

**Avaliação Conceitual de Força e Movimento no Ensino Médio de Roraima,** ERONILDO CASTRO, ADRIANO BARROS, JOSÉ CARLOS T. DE OLIVEIRA, *Universidade Federal de Roraima* • Neste trabalho, aplicamos a Avaliação Conceitual de Força e Movimento (ACFM) em alunos do Ensino Médio do estado de Roraima. Essa avaliação, que consiste em um questionário abordando aspectos conceituais básicos da dinâmica, foi desenvolvido por pesquisadores americanos na década de 90. A ACFM já foi aplicada também por pesquisadores brasileiros em Goiânia no ano de 1999. No trabalho, apresentamos os resultados da avaliação em Roraima, comparando-os com aqueles obtidos nos Estados Unidos e em Goiânia. Finalmente, propomos medidas para que haja uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem de mecânica no ensino médio da região.

[04/11/05 - P341]

**Uma apresentação de plano de aula para se trabalhar o tema: “Equipamentos elétricos e telecomunicações”, propostas pelos PCNS+.,** ANTENOR CIRIACO DE ARAÚJO, DENER DA SILVA ALBUQUERQUE, WALTER ROMERO JUNIOR, *UFRN* • Este trabalho visa colocar em prática um dos temas propostos pelos PCNs em física, que é desenvolver o conteúdo de eletricidade de maneira diferenciada do que se trabalha tradicionalmente. Percebemos que mesmo atualmente após a reforma proposta pelos PCNs os livros didáticos pouco evoluíram em sua direção. Fala-se da reforma, porém quando se olha para o conteúdo não se mudou quase nada, obedecem ao tradicionalismo. Assim essa proposta tem como objetivo fazer com que o professor inove em suas práticas docentes no ensino de eletricidade. Sendo mais um suporte para o mesmo anexar a suas práticas em sala de aula. Não sendo uma receita acabada mais sim caminhos diferenciados para efetivarem o conteúdo de eletricidade com significado para o aluno. Tem como objetivo apresentar os desenvolvimentos dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. Em aparelhos e dispositivos elétricos residenciais, identificar seus diferentes usos e o significado das informações fornecidas pelos fabricantes sobre suas características (voltagem, frequência, potência etc.). O plano de aula foi desenvolvido usando-se aparelhos elétricos do convívio dos alunos, a aula se divide em três momentos, primeiro faz-se uma abordagem do conteúdo sem usar aparelhos que motivem a aula (tradicional), segundo faz-se uma aula envolvendo os aparelhos adequados para aquele conteúdo (abordagem proposta pelos PCNs), e em um

terceiro momento se faz uma avaliação comparando-se as duas abordagens, e percebe-se a grande diferença no aprendizado.

[04/11/05 - P342]

**Correção das figuras de Lissajous: uma aplicação usando computação algébrica.,** DENISE ANDRADE, MIGUEL DE CAMPOS, *UFRR* • Podemos definir cognição como o processo de formação do conhecimento, de tal modo que podemos associar o desenvolvimento do processo cognitivo aos vários estágios pelos quais desenvolvemos a capacidade de correlacionar abstrações. Na década de 40, um grupo de educadores procurou dar forma a uma classificação hierárquica destes estágios atribuindo objetivos a serem alcançados e distribuídos em 3 domínios: o cognitivo, o afetivo e o psicomotor. Naturalmente, o uso de computação algébrica como ferramenta que intertém no processo ensino-aprendizagem, atua mais propriamente no domínio cognitivo. Segundo a taxionomia dos objetivos educacionais de Bloom, as etapas de desenvolvimento do domínio cognitivo podem ser colocadas em ordem crescente de complexidade em seis níveis: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Fazemos uma breve análise da hierarquia de objetivos educacionais do domínio cognitivo no uso de computação algébrica, usando como exemplo o “software” maple na obtenção do perfil das figuras de Lissajous, que por vezes, foram publicadas incorretamente na literatura. O objeto de nosso estudo refere-se a obtenção das figuras de Lissajous usando computação algébrica, comparando-as então ao perfil incorreto das figuras que aparecem em alguns livros, o que pode gerar certa confusão. Aproveitamos a oportunidade para ressaltar a classificação deste processo de comparação ao terceiro nível da taxionomia de Bloom, o de aplicação.

[04/11/05 - P343]

**A FILOSOFIA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO MÉDIO,** JOSÉ DA SILVA LUCENA, CLEITON CAVALCANTE DE OLIVEIRA, *UFMA - MA - BRASIL* • O conhecimento filosófico é caracterizado pelo esforço da razão pura em questionar o mundo. A Física, como toda ciência, utiliza-se deste conhecimento para sistematizar suas próprias hipóteses, que posteriormente são testadas através da experimentação. Essa forma sistemática de questionar é fundamental para a compreensão do corpo de conceitos desenvolvido pela Física para estudar o mundo natural. Todos os conhecimentos de Física podem ser tratados sob a ótica do questionamento filosófico dos conhecimentos prévios do aluno. Isso fará com que este último desenvolva uma atitude investigativa sistematizada. Conceitos não serão incorporados à linguagem do aluno se não tiverem um marco de significação, algo que o sensibilize. Portanto, o objetivo conceitual não será atingido se não houver um sentido para sua busca. Esse sentido é despertado pela tomada de consciência de que há perguntas não respondidas. É nesse ponto que o professor, através da relação interdisciplinar entre Física e Filosofia, assume sua função de facilitador, instigando os alunos a questionarem e norteando-os até a construção de uma resposta coerente com a explicação

física. Portanto, o presente trabalho, que parte de uma pesquisa histórica sobre a evolução do conhecimento científico, consiste numa proposta de inovação na metodologia do ensino de Física no que tange ao processo de desenvolvimento conceitual. Para isso, apresentam-se sugestões para o desenvolvimento de alguns conteúdos de Física a partir dessa relação com a Filosofia.

[04/11/05 - P344]

**O PERFIL DO ENSINO DE FÍSICA NO COLÉGIO UNIVERSITÁRIO EM SÃO LUÍSA, CLEITON CALVALCANTE DE OLIVEIRA, JOSÉ DA SILVA LUCENA, UFMA** • O ensino de física nas escolas públicas tem um problema sério, que reflete em consequências gravíssimas, visto que a física tem sido estigmatizada em nossa cultura escolar como uma disciplina difícil, chata e incompreensível. O trabalho tem como objetivo geral investigar o fato desta área do conhecimento humano, de aplicações práticas tão próximas de nosso cotidiano e que tanto contribui para o desenvolvimento da sociedade, significar em um desestímulo, que em muitos casos resulta na evasão escolar. A pesquisa desenvolveu-se no Colégio Universitário (COLUN), através de observações de aulas, aplicação de questionários abertos e fechados aos alunos e professores, bem como diálogo entre eles, sempre se fundamentando nos parâmetros curriculares nacionais (PCNs) para o ensino de Física, que diz que o ensino deve apresentar uma contextualização sócio-cultural a fim de que o conhecimento humano, científico e tecnológico seja compreendido como resultado de uma construção humana inserida num processo histórico-social como parte integrante da cultura humana contemporânea. A partir da análise dos dados coletados constatamos uma série de empecilhos relacionados à metodologia do professor, onde entra a falta de contextualização e também um sério problema de recursos, que é a falta de laboratórios, um grande instrumento para que o aluno visualize a teoria ministrada.

[04/11/05 - P345]

**QUEDA DE CORPOS EM MEIOS FLUIDOS: ANÁLISE DE MODELOS DE ATRITO VISCOZO, JOSÉ CARLOS OLIVEIRA DE JESUS, ÁLVARO SANTOS ALVES, FREDERICO MASTROÂNGELO, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física, Projeto Física no Campus, PÉRICLES CÉSAR ARAÚJO, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas, Área de Estatística** • Em um curso de Formação Inicial Docente as atividades experimentais nos laboratórios didáticos têm que cumprir uma tripla função: desenvolver habilidades técnicas de instrumentação científica, promover a formação de conceitos de física e desenvolver competências para o ensino de ciências a partir da experimentação. Numa perspectiva contemporânea, as atividades devem ser desenvolvidas com base em modelos e modelização, objetivando desenvolver metodologias de trabalho experimental e fornecer instrumentos de análise. Nesse contexto, escolheu-se o tema atrito viscoso para elaborar atividades de laboratório no curso de licenciatura plena em física como elemento motivador da discussão sobre modelos. Para tanto, estudou-se a queda de uma esfera de aço em vários

fluidos e discutiu-se a possibilidade de determinação da lei de força a partir dos dados experimentais. Chega-se, em alguns casos, a um impasse sobre os modelos de força de atrito viscoso proporcionais à velocidade instantânea da esfera ou ao quadrado de sua velocidade. Como a lei de força não é obtida a partir de primeiros princípios, buscou-se alternativamente uma expansão em série de potências da velocidade instantânea, da qual foram retidos os dois primeiros termos. Uma análise detalhada da solução da equação de movimento revela que as formas tradicionais são praticamente equivalentes, nos limites assintóticos correspondentes, fato que parece explicar porque não se pode obter a lei de força de forma inequívoca. A análise matemática das soluções analíticas fechadas e os ajustes não lineares aos dados experimentais mostram que, dentro das condições do experimento, não é possível decidir por um outro dos modelos tradicionais. Discute-se o resultado das investigações à luz dos aspectos metodológicos e sua ligação com modelos e modelizações e do papel que desempenham na formação de professores.

[04/11/05 - P346]

**Experiências de Modelização no Laboratório Didático, JOSÉ CARLOS OLIVEIRA DE JESUS, ÁLVARO SANTOS ALVES, YURI HAMAYANO LOPES RIBEIRO, ANTONIO CARLOS DOS SANTOS LACERDA JR., Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física, Projeto Física no Campus, PÉRICLES CÉSAR ARAÚJO, Departamento de Ciências Exatas, Área de Estatística** • O Laboratório Didático é um locus privilegiado de Formação Inicial de Professores, por permitir o desenvolvimento de competências e habilidades relativas à prática docente. Ao lado do manuseio e calibração de instrumentos de medição, esse espaço pode ser usado para introduzir vasta gama de conceitos físicos. A despeito de divergências sobre importância real do laboratório didático, seus aspectos metodológicos vêm sendo estudados a bastante tempo, revelando ampla gama de enfoques e abordagens, que cobre questões técnicas e concepções epistemológicas da atividade experimental. Neste trabalho, relata-se uma experiência didática de abordagem de ensino de laboratório que contemple epistemologia, metodologia e instrumentação. Para tanto, utilizou-se o recurso de modelos e modelização com a finalidade de fomentar a discussão de como o modelo orienta a experimentação e a análise de resultados e, reciprocamente, como, a partir dos resultados obtidos, os modelos podem ser julgados, recusados ou refinados. Espera-se que essa abordagem propicie aos estudantes uma vivência de como o conhecimento científico pode ser construído. Especificamente, a atividade proposta consiste da determinação da área de chapas retangulares de alumínio. Desse modo, o modelo teórico assumido de partida para a figura plana é o de um retângulo de arestas  $a$  e  $b$ . Os comprimentos das arestas são medidos com um paquímetro e os dados correspondentes histogramados. A partir dos histogramas verifica-se uma grande variedade de distribuições, sendo mais frequentes as gaussianas. Foram observadas também distribuições uniformes e até bimodais. Sabe-se que a quebra

de regularidade ou ausência de ordem são sempre motivos bastantes para a investigação científica. Este fato fomentou a discussão sobre o refinamento de modelos, levando à evolução do retângulo em trapézios ou na justaposição de retângulos. Isso desencadeou toda uma discussão acerca do critério de validação do experimento (deu certo versus deu errado) e permitiu que os estudantes se defrontassem com uma situação concreta do papel que o modelo desempenha na orientação da coleta de dados (é o modelo ou a teoria que diz quais grandezas físicas devem ser medidas) e da análise de resultados (é o modelo que estabelece o horizonte teórico da análise, orienta os procedimentos e fornece os instrumentos para tal). Com a evolução para o modelo de trapézios surge uma concorrência de modelos compatíveis com um mesmo histograma, proporcionando um debate acerca de quais quantidades medir para decidir entre essa ou aquela figura, marcando uma semelhança com situações de obstáculo epistemológico ou de crise conceitual na ciência.

[04/11/05 - P347]

**Comparativo entre aulas simuladas utilizando-se VISUAL BASIC(VB) e JAVA, prós e contras.,** A. G. PINHEIRO, UECE-FECLESC, NILDO LOIOLA, MARCELO XAVIER F., J. A. LIMA JR., UFC • Apresentamos neste trabalho, um estudo comparativo vantagem-desvantagem, entre se usar as linguagens de programação VB ou JAVA, para criação de programas educacionais, tanto para o 2o quanto para o 3o graus. Com o intuito de se executar um laboratório virtual de ensino. Notamos que o VB é mais fácil, porém é limitado ao WINDOWS, o JAVA é interessante pois é multi-plataforma(Window, Linux, etc...) e pode ser rodado, em um navegador (BROWSER), tipo NETSCAPE ou INTERNET EXPLORER ou OPERA. O JAVA é mais lento conectado (ONLINE), é poderoso, mas não possui tantos recursos gráficos e controles prontos como o VB. Enfim sendo um jogo de perde-ganha, mostramos um exemplo de programa (VB e JAVA), que desenha as linhas potenciais do campo gravitacional de até 3 corpos. Mostramos o código, e comparamos a eficiência de ambas as linguagens. O programa se encontra disponível de graça em [www.agopin.com](http://www.agopin.com).

## EST - Física Estatística

[04/11/05 - P348]

**Estudo do comportamento crítico do modelo SIS em uma rede complexa,** ANTONIO R. DA CUNHA, U. L. FULCO, UFPI, D. J. B. SOARES, UFC •

Com base nos conceitos físicos e as técnicas em simulações computacionais, a cada instante somos alvos de novas descobertas sobre sistemas complexos, o que nos permite compreender muitos fenômenos físicos. Dentre tais aplicações, o estudo de simulações do modelo epidemiológico SIS (susceptible  $\rightarrow$  infected  $\rightarrow$  susceptible), em redes complexas se destaca pela sua utilidade e proximidade da realidade, explicando como doenças epidêmicas se distribuem numa rede de indivíduos. Neste trabalho estudamos o modelo epidemiológico SIS na rede de Apollonian.

Para simular este modelo, inicia-se com 50% dos sítios sadios e 50% infectados. Na evolução do sistema ocorrerá um processo de contaminação e cura. No processo de contaminação, indivíduos sadios são infectados com probabilidade  $\nu$  que variam com o tempo, e no processo de cura, indivíduos infectados são curados com probabilidade  $\delta$  (geralmente  $\delta = 1$ ). A topologia da rede especifica as interações entre os indivíduos que é de grande importância na determinação de muitas características do modelo. Se  $\lambda \geq \lambda_c$ , onde  $\lambda = \nu/\delta$ , a infecção espalha-se e torna-se persistente no tempo. Se  $\lambda \leq \lambda_c$ , a infecção diminui exponencialmente com o tempo. Próximo de  $\lambda_c$  o sistema exibe uma transição de fase com a densidade de indivíduos infectados atuando como parâmetro de ordem. Queremos verificar o comportamento crítico do modelo SIS na rede de Apollonian para observar se ocorre mudança na classe de universalidade.

[04/11/05 - P349]

**Estudo das propriedades críticas de um sistema epidêmico difusivo por par com o Método Monte Carlo,** ANTONIO CLEITON P. DE OLIVEIRA, U. L. FULCO, Universidade Federal do Piauí, M. L. LYRA, Universidade Federal de Alagoas • O estudo do comportamento crítico de modelos de não equilíbrio é algo em crescente desenvolvimento e tem atraído a atenção de vários pesquisadores em todo o mundo. Estes modelos procuram representar vários fenômenos que ocorrem na natureza, como, por exemplo, epidemias, reações químicas, incêndios florestais, etc. O que motiva o estudo destes modelos é o fato deles possuírem certas propriedades universais expressas pelos seus expoentes críticos. Esse fato levou os pesquisadores a agrupar estes modelos em classes de universalidades. Atualmente duas classes de universalidades estão bem estabelecidas, são elas: "directed percolation" (DP) e "parity-conserving" (PC) que juntas englobam uma grande variedade de modelos. Exceções a DP e PC tem sido observado em alguns modelos com reação-difusão de partículas, como é o caso, por exemplo, do processo de contato por par com difusão (PCPD). O PCPD tem apresentado comportamento crítico novo e muitos pesquisadores defendem que ele forme uma nova classe de universalidade. Motivados pelo comportamento singular do PCPD estudamos um processo epidêmico difusivo com cura de pares. Nosso modelo é definido em uma rede unidimensional, onde seus sítios são preenchidos aleatoriamente com uma quantidade variável de indivíduos sadios e infectados que ficam livres para transitarem pelo sistema. Na contaminação, indivíduos sadios tornam infectados com uma certa taxa, se no sítio onde estão, tiver pelo menos um indivíduo infectado e na cura, pares de indivíduos infectados tornam saudáveis espontaneamente. O modelo exibe uma transição de fase contínua apresentando o valor de um dos expoentes críticos inconsistente com os das classes de universalidades DP, PC e PCPD.

[04/11/05 - P350]

**SIMULAÇÃO DA DISSEMINAÇÃO DE UM PARASITA ARBÓREO POR UM VETOR EM UM PEQUENO MUNDO.,** ANTÔNIO JOSÉ DA COSTA SAMPAIO, , DIEGO ARAUJO FROTA, UVA - CE

- *Brasil* • O Nosso modelo trabalha em uma grade quadrada, onde é feito, inicialmente, uma distribuição em alguns sítios com árvores frutíferas, sensíveis ao ataque de um parasita arbóreo, transportado por um vetor (pássaro ou morcego). As regiões com árvores sensíveis ao parasita estão intermediadas com regiões vazias e com regiões com outras árvores não sensíveis. Iniciamos o processo com algumas dessas plantas sensíveis contaminadas e um único vetor, que voa sobre os sítios da grade de forma aleatória a procura de frutos para comer. O vetor, na procura por alimento, pousa sobre árvores com frutos sem o parasita ou com o parasita. Numa árvore contaminada o vetor terá chance de carregar sementes do parasita. A seguir o vetor empreende um vôo aleatório em busca de mais alimento e procura regiões onde tenha maior quantidade de frutos e bons frutos. Chegando em regiões desse tipo, ele aleatoriamente pousa em árvores para alimentar-se, e se a árvore estiver contaminada, o vetor tem uma probabilidade maior de contaminar-se e de disseminar a praga em outras plantas. Consideramos o vetor livre da contaminação logo que ele libera o mecanismo de contaminação do parasita para uma planta sadia ou já contaminada. Consideramos que, árvores contaminadas, tendem a não produzir frutos e, com o espalhamento da doença, regiões com disseminação maior do parasita, terão menores chances de receber visita do vetor, que também contribui para o nascimento de novas árvores sadias. O vetor sobrevoa toda a área (64x64) em um tempo de 6.000 passos de tempo.

[04/11/05 - P351]

**A Complexa Rede de Movimentos Migratórios do Brasil: Caracterização e Modelagem,** FERNANDA REGEBE CASTRO, *CEPPEV - Centro de Pesquisa e pós-Graduação da Fundação Visconde Cairu*, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, *Laboratório de Física Nuclear Aplicada - Universidade Federal da Bahia* • Este trabalho caracteriza o movimento migratório do Brasil representando-o como uma Rede Complexa. São utilizados como dados para a pesquisa as migrações ocorridas dentro do Território Nacional, podendo ser inter-municipais, inter-estaduais ou inter-regionais. Os mesmos foram obtidos através dos Microdados do Censo Demográfico de 2000 do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A rede é construída de forma que os 5 507 municípios brasileiros representam os nós e os movimentos populacionais são representados pelas arestas, ou seja, caso um indivíduo em anos anteriores ao censo pertencesse a outro município os nós que representem os municípios anterior e atual são conectados. Do total de municípios, apenas 832 participaram no processo migratório, seja imigrando ou emigrando. A rede foi caracterizada mediante o cálculo do coeficiente de aglomeração médio 0,33, caminho mínimo médio de 2,79 e um grau médio de 3,60. A função de distribuição de graus na rede apresenta um decrescimento em forma de lei de potência, caracterizando uma rede não aleatória com propriedades de uma rede de mundo pequeno e livre de escala. Além da rede obtida como resultado dos dados do IBGE também propomos, neste trabalho, um modelo computacional capaz de gerar

redes similares a real. O modelo tem como hipótese a proposta de “Migração Seletiva” defendida por Alcino e Rezende (2002), que estabelece que o emigrante deixa um déficit em seu município de origem e o imigrante um superávit onde chega, e que os municípios escolhidos para migração são aqueles com maior superávit. Foi utilizado um modelo probabilístico para a geração da rede e os resultados obtidos para  $1 \times 10^3$  cidades e  $9 \times 10^6$  iterações caracterizaram uma rede também não aleatória com índice de Aglomeração Média de 0,98, também muito conectada com Caminho Mínimo Médio igual a 1,03. Conclui-se que a utilização das redes complexas é capaz de levantar informações de comportamento de movimentos migratórios, caracterizando-os sob diversos aspectos em diversos períodos de tempo, gerando assim informações podem ajudar em decisões estratégicas das cidades envolvidas.

[04/11/05 - P352]

**Dobramento de Membranas Lácteas Induzido por Confinamento Espacial,** R. CÁSSIA-MOURA, *DCF-Biofísica, UPE - PE - Brasil*, M. A. F. GOMES, R. E. DE SOUZA, I. R. TSANG, *Dep. de Física, UFPE - PE - Brasil* • O estudo de transições envolvendo do-

bramento de membranas é objeto de um grande interesse teórico e experimental, bem como ao nível da pesquisa de novos materiais. Essas transições fazem parte de muitos processos físicos desde o domínio de baixas energias da matéria condensada macia até o domínio de altíssimas energias das teorias de cordas. Matematicamente, esse tipo de transição generaliza, para o caso de uma variedade com a topologia do plano, fenômenos importantes que ocorrem nas áreas de dobramento de proteínas e da física estatística de caminhadas aleatórias. Neste trabalho estudamos, em particular, o processo de dobramento que ocorre quando membranas lácteas (ML) inicialmente em fase planar são confinadas mecanicamente em três dimensões. Examinamos cerca de uma centena de ML construídas no estado plano, em forma circular, e com diâmetro  $\phi$  variando no intervalo 2 – 30cm.

Quando confinadas em três dimensões, tais membranas se configuram em glóbulos cujos raios  $R$  escalam como  $R \sim \phi^\alpha$ , onde  $\alpha = 0,61 \pm 0,03$ , imediatamente após o confinamento e  $\alpha = 0,65 \pm 0,02$ , depois de um período de estabilização de algumas horas até duas semanas. Esses dois resultados indicam que as membranas se distribuem de forma compacta em 3D, com dimensões  $D = 3,3 \pm 0,14$  e  $D = 3,1 \pm 0,08$ , respectivamente. Técnicas não-invasivas de obtenção de imagens por ressonância magnética nuclear também foram utilizadas com o objetivo de se examinar a estrutura 3D dos glóbulos.

[04/11/05 - P353]

**Análise do discurso utilizando redes complexas.,** GESIANE MIRANDA TEIXEIRA, *Centro de Pesquisa e Pós-Graduação da Fundação Visconde de Cairu - CEPPEV*, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, *Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • Os padrões de comunicação são dependentes de interações dinâmicas entre as palavras, que seguem regras gramaticais e semânticas com estilos específicos. O comportamento padrão emergente pode ajudar a explicar a dinâmica observável na



comunicação. Esse trabalho tem por objetivo levantar as características do discurso de diversos indivíduos utilizando os índices provenientes da teoria das redes complexas: número de vértices ( $N$ ), diâmetro ( $D$ ), coeficiente de aglomeração ( $C$ ), caminho mínimo médio ( $C_m$ ) e grau médio ( $k$ ). Trata-se da caracterização do conhecimento declarativo, de como as informações na mente são organizadas em um discurso, utilizando redes complexas. A população utilizada na análise do discurso constou de 5 indivíduos, 3 do gênero feminino e 2 do masculino de distintos níveis de escolaridade e faixa etária. As redes foram construídas considerando como vértices as palavras com conceito agregado, eliminando as palavras gramaticais. Vértices se relacionam entre si, por meio de arestas, se as palavras relacionadas a estes vértices, fazem parte de uma mesma sentença, formando um clique. Caso uma palavra seja referenciada em outras sentenças ela servirá de elo entre os outros cliques. Com o objetivo de obter um número estatisticamente significativo de vértices na rede, o tempo de duração estipulado para coleta foi de, aproximadamente uma hora. As redes geradas apresentaram em média 500 vértices e os resultados obtidos para os índices foram:  $D = 4$ ,  $C = 0,7$ ,  $C_m = 2$  e  $k = 20$ , apresentando uma distribuição de graus em forma de lei de potência. Estes resultados são similares aos obtidos para textos escritos (Caldeira, et al, 2005), o que representa um resultado surpreendente, pois na oralidade, as idéias formadas pelas palavras são relatadas na hora, em tempo real e, portanto, não permitem uma “maquiagem” do texto. As idéias não permitem a criação de um rascunho para depois se obter o texto formalizado, como acontece com o texto escrito. Logo podemos sugerir uma universalidade no processo de organização mental na faculdade da linguagem escrita e oral.

[04/11/05 - P354]

**Lei de Escala para um Crescimento de Superfície Invasivo**, LINCOLN MOURA, ANTONIO FERNANDES SIQUEIRA, *Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA* • O crescimento de uma interface entre um meio residente e um meio invasivo é analisado. Um modelo Monte Carlo é usado com o propósito de descrever o processo em que uma espécie invasora  $A$  penetra um substrato  $S$ . No modelo o substrato é definido por um conjunto das espécies  $S$ , dispostas nos sítios de uma tira de largura  $L$  infinitamente longa. Os sítios do substrato podem ser ocupados por indivíduos  $A$ , com probabilidade  $p_A$ , e que penetram através da face exterior do substrato, definida pela largura  $L$ . A interface de crescimento, é então caracterizada pela lei de escala  $t \exp \alpha$ , onde  $t$  é o tempo de invasão. Os diferentes expoentes da lei de escala, em diferentes regimes temporais ( $t \rightarrow 0$  e  $t \rightarrow \infty$ ), são obtidos e comparados com aqueles para processos do tipo  $DB$  (deposição balística) e modelo de Eden.

[04/11/05 - P355]

**Modelo para Sistemas Magnéticos com Flutuação de Spins**, FRANCISCO A. G. ALMEIDA, CLÁUDIO A. MACEDO, *Universidade Federal de Sergipe* • O fenômeno de flutuação de spin ocorre em compostos de metais de transição e de terras-raras, nos quais certas características do nível de Fermi ocasionam instabilidades das confi-

gurações da carga e do momento magnético. Esses sistemas são frequentemente estudados por modelos itinerantes, como o modelo de Hubbard e o modelo de Falicov-Kimball. Neste trabalho, nós exploramos a possibilidade de estudar as propriedades termodinâmicas de sistemas magnéticos com flutuações de spin usando um modelo no qual as instabilidades das configurações da carga e do momento magnético são consideradas pela repulsão coulombiana entre dois elétrons que ocupam o mesmo sítio ( $U$ ) e pela interação de *exchange* entre momentos magnéticos instantâneos localizados em sítios primeiros-vizinhos ( $J$ ). Nosso modelo possui simetria de partícula-buraco em todas as dimensões para qualquer rede e quando o potencial químico ( $\mu$ ) é  $U/2$  o número de elétrons é igual ao número de sítios. O limite de  $U \rightarrow \infty$  e a densidade de elétrons ( $\rho$ ) é 1 reproduz o modelo de Ising, e o caso em que  $U \rightarrow \infty$  e  $\rho < 1$ , resulta no modelo de Ising diluído. Além disso, no caso  $J = 0$ , o limite atômico do modelo de Hubbard é obtido. Para uma rede unidimensional, no limite termodinâmico, calculamos analiticamente a função de grande partição exata desse modelo e através dela, derivamos diversas propriedades termodinâmicas tais como energia interna, calor específico, entropia, dupla ocupação e funções de correlação spin-spin. Os resultados mostram absoluta consistência com as propriedades esperadas de um sistema com flutuação de spins e com os limites correspondentes aos dos modelos de Ising e de Hubbard.

[04/11/05 - P356]

**Non-Markovian Fokker-Planck equation: solutions and first passage time distribution**, P. CARLOS A. JR., , *UFRN - UEPB - Brasil*, P. C. DA SILVA, L. R. DA SILVA, L. S. LUCENA, *UFRN - RN - Brasil*, E. K. LENZI, P. R. DE SOUZA, *UEM - PR - Brasil* • We investigate new solutions and the first passage time distribution for an anomalous diffusion process governed by a generalized non-Markovian Fokker-Planck equation by using the green function approach. In our analysis, we also consider the presence of external forces and absorbent (source) terms. In addition, we show that a rich class of diffusive processes, including normal and anomalous ones, can be obtained from the solutions found here.

[04/11/05 - P357]

**Complex Systems with Delayed Feedback**, ASKERY CANABARRO, IRAM GLÉRIA, MARCELO LYRA, *UFAL* • In this work we present a great variety of systems which can be modelled with retarded differential equations. We focus on infections due to pathogenics agents in humans. Our models take in account the delayed time which the immune system lacks to mount the organism defense. We model the cellular immune response using a set of non-linear delayed differential equations. We observe that the stationary solution becomes unstable above a critical immune response time. The exponents characterizing the approach to this bifurcation point as well as the critical slow dynamics are obtained. In the periodic regime, the minimum virus load is substantially reduced with respect to the stationary solution. Further increasing the delay time, the dynamics display a series of bifurcations evolving to a chaotic regime characterized by a set of 2D portraits.

[04/11/05 - P358]

**On the properties of an immune network model,** HALLAN SOUZA E SILVA, RITA MARIA ZORZENON DOS SANTOS, *Departamento de Física - UFPE - Brasil* • Some years ago a cellular automata model [1, 2, 3] was proposed to describe the evolution of the immune repertoire (B cells) and was able to reproduce immunization and aging experiments performed with mice [4]. In this model, clones of B cells and antibodies are associated to points of a d-dimensional shape-space representing different protein shapes (fingerprints of different clones). The interactions among different populations are due to the complementarities of their characteristic proteins (shapes), following the ideas of Jerne immune network theory [5]. In the regions of the parameter space that this model reproduces the mice experiments, the model behaves like a multi-connected network. Here we characterize the cellular automata model, by analyzing the behavior of the usual quantities adopted to characterize a complex network: the degree distribution, the average clustering coefficient and other quantities of interest.

[1] Stauffer, D. and Weisbuch, G., *Physica A* 180, 42 (1992).

[2] Zorzenon dos Santos, R.M. and Bernardes A. T., *Physica A* 219, 1 (1995).

[3] Bernardes A. T. and Zorzenon dos Santos, J. *Theor. Biol.* 186, 173 (1997).

[4] Zorzenon dos Santos, R.M. and Bernardes A. T., *Phys. Rev. Lett* 81, 3034 (1998).

[5] Jerne, N.K., *Ann. Immunol. Rev.* 110, 63 (1974).

[04/11/05 - P359]

**Rede Complexa aplicada à publicação de artigos científicos da Universidade federal de Alagoas e da Universidade Federal de Pernambuco,** PATRICIA A. CARVALHO, MARCELO L. LYRA, *Departamento de Física da Universidade Federal de Alagoas* • Através do estudo sobre redes complexas, analisamos a conectividade dos professores dos Departamentos de Física da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) na colaboração de artigos científicos. Para isso, coletamos os nomes de todos os professores sob titulação de doutores e/ou PhD(s) de cada universidade, pesquisando as conexões entre eles em relação a artigos publicados. Para cada professor, calculamos o número de conexões ( $K$ ), as distâncias entre os componentes ( $L$ ), a distância média relativa ( $\langle L_R \rangle$ ) e o grau de agrupamento ( $C_i$ ). Além disso, calculamos o número médio de conexões ( $\langle K \rangle$ ), a distância média geral ( $\langle L \rangle$ ) entre os professores e o valor médio do grau de agrupamento ( $\langle C \rangle$ ). Os resultados obtidos mostram que o comportamento assintótico das grandezas acima possui decaimento tipo lei de potência. Em particular, para a distribuição de probabilidades de conectividades superiores que a conectividade acumulada, o expoente obtido foi de 0.96(18) para UFAL e -2.08(16) para UFPE. Para a distribuição de probabilidades de coeficientes de agregação maiores que coeficiente de agregação acumulado, o expoente obtido foi de 1.60(12) para UFAL

e 1.97(11) para UFPE. Estes resultados indicam que a rede de colaborações de artigos científicos do Departamento de Física da UFAL apresenta um comportamento hierárquico, diferentemente da rede do Departamento de Física da UFPE onde um comportamento hierárquico parece não ser predominante.

[04/11/05 - P360]

**Um modelo para a disseminação espaço-temporal da tuberculose,** TIAGO DA ROCHA MACEDO, RITA MARIA ZORZENON DOS SANTOS, *Departamento de física - Universidade Federal de Pernambuco*, ANTONIO RUFFINO-NETTO, *Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP* • No Brasil, a incidência total de casos de TB é de 40 casos por 100000 habitantes e a incidência de bacilíferos (estágio altamente contagioso da doença) é de 25 casos por 100000 habitantes, taxa esta um pouco superior a do Estado de Pernambuco e muito similar a do Estado de São Paulo (23/100000 e 25/100000 respectivamente). Com base nestes dados e na existência de sete estágios clínicos da doença, buscamos descrever através de modelo de autômatos celulares, a prevalência da tuberculose na população levando em conta o crescimento populacional. Neste modelo cada indivíduo é descrito por um autômato de nove estados, representando os diferentes estágios clínicos da doença (infectado A, infectado B, doente, bacilífero, bacilífero crônico, reinfectado e cicatrizado), além do estado virgem de infecção, e o correspondente ao óbito. A disseminação da doença se dá por contacto em função de interações locais entre indivíduos, com probabilidades baseadas em dados ambulatoriais. As taxas de natalidade e mortalidade da cidade simulada correspondem às taxas médias da cidade de Ribeirão Preto (SP). Resultados preliminares indicam que após um período transiente, o processo de disseminação atinge um estado estacionário endêmico onde as taxas de incidência estão em bom acordo com as taxas observadas neste tipo de comunidade.

Referências:

[1] Ruffino-Netto A., *Informe Epidemiológico do SUS*. Brasília: , v.10, n.3, p.129 - 138, 2004.

[2] Ruffino-Netto A. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* , v.35, n.1, p.51 - 58, 2002.

[04/11/05 - P361]

**Efeito das redes small-world direcionadas no modelo de Potts,** HELTON OLIVEIRA DA SILVA, EDINA MARIA DE SOUSA LUZ, *Universidade Estadual do Piauí-Uespi*, F.W.S LIMA, *Universidade Federal do Piauí-UFPI* • Neste trabalho estudamos o modelo ferromagnético de Potts com q-estados em redes small-world direcionadas bidimensionais. Estas redes diferem das redes small-world não direcionadas no sentido de que cada sítio da rede pode fazer no máximo quatro ligações de longo alcance, que são escolhidas aleatoriamente com uma probabilidade  $p$ , porém cada sítio pode receber várias outras ligações de longo alcance, ou seja cada sítio escolhe quatro vizinhos e poderá ser escolhido como vizinho por vários sítios. Utilizando as redes small-world direcionadas, investigamos o efeito das ligações direcionadas no modelo ferromagnético de Potts para vários valores de  $q$ . Utilizando o método Monte Carlo, verificamos que a pre-

sença dessas ligações não mudam o caráter das transições de fase para  $q$  menor ou igual a 3, onde as transições de fase são de segunda ordem. No entanto observamos que para  $p$  diferente de 0 e  $q$  maior ou igual a 4 os expoentes críticos que encontramos são diferentes dos expoentes críticos encontrados para a rede quadrada. Palavras-chave: Modelo de Potts, redes small-world, simulação Monte Carlo, expoentes críticos

[04/11/05 - P362]

**MODELO DO VOTO DA MAIORIA EM REDES SMALL-WORLD DIRECIONADA,** DELSON LOPES DA CUNHA, EDINA MARIA DE SOUSA LUZ, *Universidade Estadual do Piauí - PI - Brasil*, F.W.S. LIMA, *Universidade Federal do Piauí - UFPI* • A rede small world direcionada é construída a partir de uma rede quadrada com sítios ligados aos seus quatro vizinhos mais próximos. Cada ligação é trocada por uma ligação de longo alcance com o sítio escolhido aleatoriamente, com uma probabilidade  $p$ . Na rede small world direcionada cada sítio possui no máximo quatro vizinhos de longo alcance e podendo ser, no entanto vizinho de vários. Nesta rede estudamos o modelo do voto da maioria, que é um modelo de não equilíbrio, com simetria “up-down”. Investigamos o efeito das ligações direcionadas no comportamento crítico desse modelo. Calculamos a magnetização em função do parâmetro de ruído  $q$  e encontramos que o valor crítico de  $q$  aumenta com o crescimento da probabilidade de  $p$ . Notamos que a partir de  $p \geq 0.3$  os valores de  $q_c$  são aproximadamente iguais, o que difere de resultados já obtidos para as redes small-world não direcionadas, onde foi encontrada que para  $p \geq 0.75$  todas as curvas colapsam na curva para  $p = 0.75$ . Determinamos ainda o comportamento da curva crítica e os valores dos expoentes críticos  $\gamma/\nu$  e  $\beta/\nu$  para determinados valores de  $p$  e encontramos que os mesmos diferem dos expoentes críticos para o modelo de Ising.

**Palavras-chave:** Redes Small-World, Simulação Monte Carlo, Expoentes Críticos

[04/11/05 - P363]

**Propriedades magnéticas de nanotubos de Hubbard,** DÉBORA M. ANDRADE, CLÁUDIO A. MACEDO, *UFS - SE - Brasil* • Os nanotubos são estruturas de forma cilíndrica que podem ser visualizados como uma rede bidimensional enrolada. Os parâmetros estruturais influenciam fortemente suas propriedades termodinâmicas. O método da integral funcional torna possível a determinação da função de partição de sistemas magnéticos no limite termodinâmico, e conseqüentemente possibilita determinar suas propriedades termodinâmicas. Além disso, aplicado a nanotubos, este método possibilita a visualização concreta da meta-estabilidade magnética, fenômeno que ainda conta com uma descrição insipiente na literatura. Neste trabalho, utilizando o método da integral funcional, calculamos a magnetização, a energia livre funcional e determinamos diversos diagramas de fases magnéticas para nanotubos de diferentes diâmetros gerados a partir de uma rede quadrada com o modelo de Hubbard. Os diagramas de fases obtidos são equi-

valentes aos do método Hartree-Fock e relacionam valores críticos de propriedades como temperatura, número médio de elétrons por sítio e energia de interação coulombiana. Derivamos uma expressão analítica para a energia de interação coulombiana crítica em função da temperatura no caso meio cheio. Os resultados mostram que os nanotubos normalmente possuem propriedades magnéticas e elétricas distintas das redes geradoras planas, porém, a medida que cresce o número de sítios em volta do perímetro circular do nanotubo, os diagramas de fases se aproximam cada vez mais do caso da rede plana, como esperado. Nos nanotubos com quatro sítios em volta de seu perímetro circular, os de menor diâmetro tratados neste trabalho, foram observados estados meta-estáveis, assim como duas possíveis curvas de magnetização devido à existência desses estados.

[04/11/05 - P364]

**Modelagem de Redes Sociais: Eleições,** PABLO ABREU DE MORAIS, LUIS EDUARDO ARA-RIPE, RAIMUNDO NOGUEIRA COSTA FILHO, *UFC - CE - Brasil* • Uma rede social é definida como um agrupamento de pessoas em torno de interesses comuns. As redes sociais têm sido alvo de intensos estudos de comunidades científicas nos últimos anos devido ao fato de que sua topologia se assemelha muito à topologia de redes encontradas em Biologia (redes de cadeia alimentar), Matemática (teoria de grafos) e Física (redes neurais). O grande interesse nesse tipo de rede é a sua estrutura, pois sabendo-a, podemos verificar como a topologia das redes sociais afeta a propagação de uma informação ou de uma doença. Temos dois objetivos básicos nesse trabalho, que são: Fazer um estudo estatístico dos dados eleitorais com o intuito de descobrir propriedades estatísticas relevantes e fazer simulações numéricas usando-se de uma linguagem de programação adequada, nesse caso, o Fortran 77, para reproduzir o resultado eleitoral. Do ponto de vista estatístico, temos interesse na distribuição de votos dos candidatos mais votados e na distribuição de votos das urnas, ou seja, como os votos se distribuem entre os candidatos em cada urna. Para fazer as simulações montaremos uma rede onde cada sítio da mesma é um eleitor. O estado (opinião) de cada eleitor depende do estado (opinião) dos outros eleitores, desse modo, temos um modelo de formação de opinião. A influência que um sítio exerce nos demais é proporcional a distância, assim, os sítios sofrem maior influência dos seus vizinhos do que dos demais sítios. O tipo de rede e de interação ainda não foram definidos. Depois de feita a rede, estudaremos sua topologia para ver se assemelha-se com a topologia de redes naturais. Depois de feito isso, veremos se as propriedades dessa rede afeta o resultado das eleições.

[04/11/05 - P365]

**Difusão de um fio numa cavidade bidimensional com obstáculos,** VALDEMIRO DA PAZ BRITO, MAYCON DE SOUSA ARAÚJO, LORENE MARANHÃO DA SILVA THÉ, *UFPI*, MARCELO ANDRADE DE FILGUEIRAS GOMES, *UFPE*, CÁSSIA CRISTINA DONATO, *UnB* • Estuda-se a injeção contínua de um fio dúctil de  $Sn_{0,60}Pb_{0,40}$  (com calibre  $\zeta = 1,5mm$ ) ao longo do diâmetro de uma cavidade circular plana de raio  $75mm$  e altura  $\zeta =$

1, 5mm, a qual possui  $n$  obstáculos circulares de tamanho  $\zeta$ . O regime de injeção é o de velocidade uniforme da ordem de  $v \approx 1\text{cm/s}$ . A existência de obstáculos modifica a topologia da cavidade e introduz uma dificuldade crescente para o seu preenchimento. Ao cabo de um certo intervalo de tempo o processo de empacotamento do fio na cavidade é sustado quando a densidade média das interações de auto-exclusão fio-fio alcança um limiar, o qual acarreta uma instabilidade no processo de injeção do fio. Experimentalmente é encontrado que a taxa máxima de ocupação da cavidade pelo fio decai com a lei de potência  $\sigma \sim n^{-0,60}$ . Um método heurístico baseado em argumentos muito gerais de mecânica dos meios contínuos indica que  $\sigma \sim n^{-\alpha}$ , onde  $\alpha = 0,50$  (dentro de incerteza de 5% a 10%) é independente de  $v$ . A difusão medida pelo deslocamento quadrático médio do fio,  $\langle x^2 \rangle$ , transversalmente ao eixo de injeção também decai como uma lei de potência do tipo  $\langle x^2 \rangle \sim n^{-\beta}$ , de tal forma que  $\langle x^2 \rangle \sim \sigma^{(\beta/\alpha)}$ , com  $(\beta/\alpha) = 1,0$ . Uma vez que  $\sigma$  escala linearmente com o tempo ( $t$ ), obtemos  $\langle x^2 \rangle \sim t$ , configurando-se então uma dinâmica difusiva de tipo browniano para esse processo fortemente dependente de interações de auto-exclusão.

[04/11/05 - P366]

**ON THE ANALYSIS OF THE PARASITARIA TIME SERIES OF MALARIA PATIENTS,** PRISCILA C. SILVA, ROGÉRIO MENDES DA SILVA, ANA RAFAELLA DE OLIVEIRA MARTINS, SÉRGIO COUTINHO, RITA MARIA ZORZENON DOS SANTOS, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife* • Malaria is one of the worldwide fatal infectious diseases nowadays. Despite of the efforts in the last decades to develop better control strategies, new drugs and vaccines, the increasing rate of the annual number of cases is a matter of worry of the World Health Organization. Little is known about the dynamics of the interaction between the parasite and the host and why the infected individual does not develop immunity against the parasite after multiple exposures. In this work we search for common patterns that reflect similarities or dissimilarities on the daily parasitemia time series obtained for 92 malaria patients. Since these series are short and have different lengths we first search for sets of parameters that would allow to reduce and unify the parameter space for all series. Then, unsupervised clustering methods are applied to investigate data similarities and to separate the patients in distinct groups.

[04/11/05 - P367]

**Monte Carlo simulation of a two-dimensional plane rotator model,** LIDIANE SILVA ARAÚJO COSTA, ADAUTO JOSÉ FERREIRA DE SOUZA, *Universidade Federal Rural de Pernambuco* • A two-dimensional plane rotator spin model is simulated by employing the multiple clusters Swendsen-Wang Monte Carlo technique. The system is described by the Hamiltonian<sup>1</sup>

$$\mathcal{H} = -J_1 \sum_{\langle i,j \rangle} \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j - J_2 \sum_{\langle i,j \rangle} (\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j)^2.$$

In addition to the familiar integer vortices, this model possesses half-integer vortex excitations as well. The system

exhibits three low-temperature phases that may be identified by the behavior of suitably defined two-point correlation functions. The half- and integer-vortex densities as a function of temperature are calculated for several values of the parameter  $\alpha = J_2/J_1$ . The phase boundaries are determined and the nature of the phase transitions is investigated.

[1] D.H. Lee and G. Grinstein, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 541, (1985).

[04/11/05 - P368]

**Formação de opinião em redes sociais,** PABLO DE ABREU MORAES, RAIMUNDO NOGUEIRA DA COSTA FILHO, *Universidade Federal do Ceará* • Uma rede social é definida como um agrupamento de pessoas em torno de interesses comuns. As redes sociais têm sido alvo de intensos estudos da comunidade científica nos últimos anos devido ao fato de que sua topologia se assemelha muito às redes encontradas em biologia (redes de cadeia alimentar), matemática (teoria de grafos) e física (redes neurais). O grande interesse nesse tipo de rede é a sua estrutura, pois a topologia dessas redes afeta a propagação de uma informação ou de uma doença, por exemplo. Isso é importante no sentido de verificar se as propriedades dessa propagação assemelham-se com as propriedades topológicas de redes naturais. Neste trabalho pretendemos gerar uma rede social a partir dos dados obtidos nas eleições municipais de 2004. O objetivo é analisar o processo eleitoral do ponto de vista de uma rede social.

[04/11/05 - P369]

**Simulação Monte Carlo em sistemas carregados,** ALEXANDRE DIEHL, ERNESON ALVES DE OLIVEIRA, *UFC - CE - Brasil* • Suspensões coloidais são soluções de macropartículas na presença de um solvente formado por moléculas menores. As flutuações eletrônicas na superfície dos colóides induzem forças atrativas, fazendo com que os colóides se aglomerem, precipitando-se sob o efeito das forças gravitacionais. Afim de estabilizar a suspensão, fornecemos carga às partículas, sintetizando o colóide com alguns grupos de ácidos em sua superfície. A repulsão coulombiana resultante produziria a pressão osmótica necessária para evitar a aglomeração e, conseqüentemente, a precipitação. Uma aplicação destes colóides carregados estabilizados seria na biologia, mais precisamente na simulação do DNA. O objetivo deste projeto de pesquisa consistiu na determinação da carga efetiva em sistemas contendo colóides. Quando em solução, contendo micropartículas carregadas de carga oposta, também chamadas de contraíons, os colóides induzem forte correlação eletrostática nestas entidades. Assim, espera-se que a carga elétrica do colóide seja redefinida, em função da condensação dos contraíons sobre a sua superfície. Neste trabalho propomos um novo critério para condensação, chamado de critério dinâmico, onde um contraíon é considerado condensado quando  $U \leq -\chi K$ , onde  $U$  e  $K$  são as energias eletrostática e cinética, respectivamente, e  $\chi$  é uma constante de proporcionalidade. A metodologia empregada consistiu em simulação Monte Carlo de um colóide cilíndrico encerrado numa cavidade contendo uma solução de contraíons. Os resultados indicam

que este novo critério é capaz de descrever corretamente a carga efetiva. Apresentaremos o desenvolvimento teórico do problema eletrostático, expondo suas soluções, conhecidas como soluções de Poisson-Boltzmann e comparando com os resultados de simulação Monte Carlo.

[04/11/05 - P370]

**Caracterização Crítica do Modelo Baxter-Wu Spin-1**, MARIA LÚCIA DE MORAES COSTA, JOÃO ANTONIO PLASCAK, *Universidade Federal de Minas Gerais*  
 • O modelo Baxter-Wu Spin-1 é uma extensão para o comportamento multicrítico do modelo Baxter-Wu[1]. O Spin-1 apresenta a interação de tripleto estendida sobre a rede triangular bidimensional e a interação anisotrópica de spin único. Seu diagrama de fases tem um ponto pentacrítico separando linhas de transições contínuas e descontínuas, conforme Grupo de Renormalização Fenomenológico e Invariância Conforme[2]. Entretanto sua Classe de Universalidade é desconhecida. Estudamos a Distribuição de Probabilidades[3] da magnetização por sítios para avaliar as transições contínuas, e usamos Mistura de Campos[4] para determinar a linha de 1<sup>a</sup> ordem e o ponto multicrítico.

Para sistemas físicos grandes e finitos exibindo transições críticas, verifica-se uma relação de Escala de Tamanho Finito para a Distribuição de Probabilidades do Parâmetro de Ordem[3]. Esta relação é apresentada como  $P(m) = b P^*(\tilde{m})$ , com  $b = (b_0 L^{\beta/\nu})$ ,  $L$  o tamanho linear da rede cristalina,  $b_0$  uma constante,  $\beta$ ,  $\nu$  expoentes críticos e  $\tilde{m} = b m$ . Exatamente em  $T_c$ ,  $P^*(m)$  é uma *função de escala universal* característica da Classe de Universalidade. Já a Mistura de Campos foi elaborada na determinação de pontos multicríticos em fluidos[4]. O método define uma variável  $q = E_2 - sE_1$ , sendo  $E_1$  e  $E_2$  os termos das energias e  $s$  o parâmetro de mistura. Uma distribuição normalizada de  $P(q)$  permite distinguir a transição descontínua, exibindo dois picos simétricos exatamente na transição.

Usamos o método sugerido em [5] para avaliar a distribuição  $P(m)$ , determinando a *criticalidade* ( $T_c$ , expoentes e distribuição crítica) analisando a própria distribuição na região crítica. Determinamos  $P^*(m)$  para o BW Spin-1 e verificamos que a mesma é idêntica a do BW original. Obtivemos a linha descontínua e uma estimativa precisa do ponto multicrítico, determinando, assim, o diagrama de fases do BW Spin-1. Para aplicar os métodos acima descritos, realizamos simulações de MC, usando o algoritmo de Metropolis e o Histograma[6] para redes com  $18 \leq L \leq 54$ , considerando  $10^6$  configurações.

Referências: [1]- R.J. Baxter, F. Wu, *Phys. Rev. Lett.* **31** (1973); [2]- M.L.M. Costa, J.C. Xavier, J.A. Plascak, *Phys. Rev. B* **69**, (2004); [3]- K. Binder, *Z. Phys. B* **43**, 119-40 (1981); [4]- A.D. Bruce, *J. Phys. C* **14**, (1981); [5]- P.H.L. Martins, J.A. Plascak, *Braz. J. Phys.* **34**, (2004); [6]- M.E.J. Newman, G.T. Barkema, *Monte Carlo Methods in Statistical Physics*, (Clarendon Press, Oxford, 1999).

[04/11/05 - P371]

**FÔNONS EM UMA SUPER-REDE LINEAR QUASE-PERÍODICA**, JONAS DA SILVA NASCIMENTO, U. L. FULCO, *UFPI*, M. S. VASCONCELOS, *CEFET-MA* • Nas últimas três

décadas, houve uma revolução na ciência dos materiais com a fabricação de estruturas artificiais do tipo super-redes. Elas são estruturas compostas de camadas alternadas de diferentes materiais com propriedades físicas diferentes. Acompanhando os avanços nessa área, um outro tipo de estrutura artificial vem recentemente despertando um grande interesse entre os pesquisadores da área: as estruturas quase-periódicas. Elas são estruturas em que algumas de suas propriedades físicas são organizadas de acordo com uma sequência matemática, em lugar de organizadas periodicamente. Basicamente elas são formadas por "blocos de construção" (A e B), cada um deles tendo um ou mais camadas de diferentes materiais e diferentes espessuras. A primeira destas estruturas foi desenvolvida por Merlin et al. que criou uma super-rede quase-periódica de acordo com a sequência de Fibonacci. As estruturas quase-periódicas podem ser definidas como sistemas intermediários entre cristais perfeitamente periódicos e sistemas randômicos ou sólidos amorfos. Um dos seus aspectos mais importantes é o fato de excitações elementares, propagando-se nestas estruturas, apresentarem um rico espectro fractal ou multifractal, com leis de escalas e perfis auto-similares inerente ao material estudado[1]. Motivados por estas recentes pesquisas, neste trabalho usamos o modelo da cadeia linear[2] em super-redes quase-periódicas de Fibonacci para estudar o comportamento dos fônons. A super-rede de Fibonacci pode ser criada de acordo com a regra de inflação:  $A \rightarrow AB$  e  $B \rightarrow BA$  (começando com A). Em nosso modelo, consideramos uma cadeia de osciladores harmônicos clássicos, acoplados, para descrever os materiais constituintes da super-rede. Em seguida, escrevemos a equação de movimento para os osciladores em cada material, e usando o método da matriz transferência e o teorema de Bloch, encontramos uma relação de dispersão implícita para os fônons. Resultados numéricos são apresentados e algumas análises fractais destes espectros, tais como lei de escalas e auto-similaridade, são realizadas e seus aspectos discutidos.

[1] M. S. Vasconcelos and E. L. Albuquerque, *Phys. Rev. B* **57**, 2826(1998), M. S. Vasconcelos, P. W. Mauriz, E. L. Albuquerque, *Physica A* **294**, 403(2001). [2] E. L. Albuquerque, P. Fulco, D. R. Tilley, *Revista Brasileira de Física*, Vol. 16, n<sup>o</sup> 3, 1986

[04/11/05 - P372]

**A Fractal Space-filling Complex Network**, D. J. B. SOARES, D. A. MOREIRA, G. CORSO, *UFRN*, J. RIBEIRO FILHO, A. A. MOREIRA, *UFC* • We study in this work the properties of the  $Q_{mf}$  network which is constructed from an anisotropic partition of the square, the multifractal tiling. This tiling is built using a single parameter  $\rho$ , in the limit of  $\rho \rightarrow 1$  the tiling degenerates into the square lattice that is associated with a regular network. The  $Q_{mf}$  network is a space-filling network with the following characteristics: it shows a power-law distribution of connectivity for  $k > 7$  and it has a high clustering coefficient when compared with a random network associated. In addition the  $Q_{mf}$  network satisfies the relation  $N \propto \ell^{d_f}$  where  $\ell$  is a typical length of the network (the average minimal distance) and

$N$  the network size. We call  $d_f$  the fractal dimension of the network. In the limit case of  $\rho \rightarrow 1$  we have  $d_f \rightarrow 2$ .

[04/11/05 - P373]

**Fractalidade de Suturas em Amonitas Jurássicas,**

A. A. FERREIRA, J. K. P. MOREIRA, S. A. SERAFIM, J. B. S. OLIVEIRA, R. B. SILVA, I. S. QUEIROZ JR., *Departamento de Física - UERN / Departamento de Informática - CEFET/RN* • A natureza não se apresenta como muitas vezes a representamos, em formas simples. Muitas de suas exuberantes formas são complexas, e outras tantas se mostram em dimensões fracionárias. Não sabemos ao certo porque a natureza é fractal, mas podemos nos questionar em que a fractalidade influenciou na evolução ou no desaparecimento de algumas espécies de seres vivos. Neste trabalho, determinamos a dimensão fractal de um tipo de amonita que existiu no período jurássico. A fractalidade destas amonitas podem ter algumas aplicações à palontologia, como a análise morfológica da espécie. Esta análise pode identificar espécies a partir de determinadas características, como a sutura de sua concha. A medição da dimensão fractal da uma idéia do grau de irregularidade da sutura, pode estar relacionado à força empregada para que a concha se mantenha fechada, com a profundidade em que vive, ou com a defesa contra os predadores. Para determinar a dimensão fractal usamos um método simples que mede a inclinação de uma curva, através do comprimento entre pontos da sutura em diversas escalas em um gráfico dilog, representando certo grau de auto-similaridade. Pretendemos mostrar com isso que a dimensão fractal presente na natureza pode ser determinada por métodos simples, além disso, pode revelar características que ajudam o paleontólogo na diferenciação entre espécies.

[04/11/05 - P374]

**Análise Topológica de Redes de Ligações de Hidrogênio na Água,**

JULIANA ANGEIRAS, FRANCISCO BRADY, RICARDO LONGO, *Universidade Federal de Pernambuco* • A análise das propriedades topológicas locais e globais das redes de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água geradas a partir de simulações com o método de Monte Carlo (MC-NPT), utilizando o modelo de cinco sítios (TIP5P) para descrever as interações intermoleculares, indica o aparecimento de padrões típicos de pequenos-mundos (small-world), isto é, alto grau de aglomeração local e pequenos tamanhos de ilhas, para simulações em condições próximas da supercrítica. Em condições ambiente, estas redes não apresentam estes padrões, pois observa-se altos coeficientes de agregação e a percolação do sistema. Com o objetivo de determinar as condições básicas para o aparecimento de padrões de pequenos-mundos, realizamos simulações computacionais MC-NPT nas condições normais (298 K e 1 atm) para a água, mas alteramos as cargas dos sítios (H e L) que descrevem as interações intermoleculares, de tal maneira a diminuir, de forma controlada, a formação das ligações de hidrogênio. Espera-se que a introdução deste fator de amortecimento das interações eletrostáticas cause o aparecimento de padrões de pequenos-mundos de forma súbita. A análise das propriedades topológicas em função deste fator de amortecimento poderá fornecer informações

importantes sobre os regimes de percolação, de pequenos-mundos e aleatório, bem como a transição entre estes regimes. Resultados preliminares indicam que a diminuição do fator de amortecimento de 1,0 até 0,92 não causa mudanças significativas na topologia das redes de ligações de hidrogênio, havendo a percolação do sistema. Contudo, a diminuição deste fator para 0,88 causa mudanças na percolação pela caixa de simulação e a diminuição para 0,86 causa o aparecimento de padrões característico de pequenos-mundos, em que se observa a formação de inúmeras ilhas de tamanhos variados. Refinamentos desta transição e análises detalhadas da sua natureza estão sendo realizadas.

[04/11/05 - P375]

**Processos de Reação-Difusão com Aniquilação em Redes Sem Escala.,**

WHITTEMBERG DA SILVA OLIVEIRA, PAULO HENRIQUE RIBEIRO BARBOSA, FRANCISCO FERREIRA BARBOSA FILHO, *UFPI - PI - Brasil* • Estudamos um modelo de sistema sujeito a processos de reação-difusão do tipo aniquilação de pares ( $A + A \rightarrow 0$ ), envolvendo uma única espécie de partícula, em redes sem escala. A evolução do sistema é dado pelo conjunto de regras: (a) partícula difunde-se para um dos  $k$  sítios vizinhos com igual probabilidade, (b) se o sítio alvo estiver ocupado ocorre aniquilação, (c) se o sítio alvo estiver vazio, esta partícula se difunde para o mesmo. Para um dado valor de  $\gamma$  fixamos o número máximo de ligações que um sítio pode estabelecer com seus vizinhos como sendo  $N = 10^6$  e determinamos  $k$ , o número de ligações que cada sítio da rede pode apresentar, usando um gerador de números aleatórios e a lei de potência  $P(k) \sim k^{-\gamma}$ . O valor de  $k$  pode variar de 1 a  $N$ . Como para redes regulares analisamos o comportamento da densidade de partículas  $\rho(t)$  em função do tempo. Analisamos a evolução temporal da densidade de partículas para diferentes valores de  $\gamma$  e valores de  $\rho$  e a distribuição espacial das mesmas. Observamos que os resultados apresentam padrões de comportamento diferentes daqueles observados para redes regulares [1].

[1] L. K. Gallos and P. Argyrakis, Phys. Rev. Lett. 92, 138301 (2004). Agradecemos o CNPq pelo apoio (IC)

[04/11/05 - P376]

**Comportamento do calor específico de Super-redes Semicondutoras Quasiperiódicas,**

ISAIAS PEREIRA COELHO, CLAUDIONOR BEZERRA, UFRN, DORY HÉLIO ANSELMO, UERN • O estudo do calor específico em sistemas quasiperiódicos tem atraído a atenção de muitos pesquisadores nos últimos oito anos. Por exemplo, os comportamentos do calor específico de várias excitações elementares (magnons, polaritons, etc) em super-redes quasiperiódicas são conhecidos na literatura. Este interesse vem do fato do calor específico destas estruturas desordenadas apresentar oscilações log-periódicas em baixas temperaturas. Além disso, o calor específico apresenta um comportamento específico dependendo da seqüência quasiperiódica utilizada na construção da estrutura. Apesar de todo este interesse de pesquisa, pouca atenção foi dispensada ao estudo do calor específico de estruturas semicondutoras qua-

siperiódicas. Neste trabalho estudamos o perfil fractal do espectro de energia dos modos de volume de fônons ópticos, semelhante ao conjunto de cantor, em super-redes semicondutoras quasi-periódicas tipo Fibonacci, Thue-Morse e período duplo. O método empregado para obtenção dos nossos resultados numéricos baseia-se no tratamento analítico via matriz transferência, o que simplifica bastante a álgebra do problema. A partir dos resultados das bandas de volume, investigamos o comportamento termodinâmico do sistema, em particular o comportamento do calor específico. Nossos resultados numéricos mostram as oscilações log-periódicas que são características do calor específico, assim como as peculiaridades associadas a cada seqüência quasiperiódica utilizada na construção da super-rede. Comparações com o calor específico de outras excitações elementares também serão feitas.

[04/11/05 - P377]

**Estudo do Modelo de Potts de Não-Equilíbrio na rede de Apollonian,** LENILSON T. BRITO, U. L. FULCO, UFPI, D. J. B. SOARES, UFC •

Estudos recentes, mostram que sistemas descritos por redes complexas são modelos plausíveis para caracterização da natureza das interações e de suas propriedades universais, que é fundamental para descrição desses últimos. As classes de universalidade são caracterizadas por um pequeno número de parâmetros que permitem compreender porque sistemas diferentes apresentam as mesmas propriedades críticas. Um importante modelo na física estatística de equilíbrio é o modelo de potts com  $q$  estados que pode ser usado para descrever uma larga classe de sistemas físicos. As dinâmicas e propriedades de não-equilíbrio de sistemas de muitos corpos tem sido intensivamente estudadas com particular interesse nas transições de fase de não-equilíbrio, que pode apresentar um estado estacionário de tais sistemas. Neste trabalho, estudamos o modelo de potts de não-equilíbrio na rede de apollonian (em que existe uma transição de fase contínua). O modelo de potts no equilíbrio é definido pela Hamiltoniana:

$$H = - \sum_{\langle i,j \rangle} \delta_{\sigma_i, \sigma_j},$$

onde  $\sigma_i$  assume valores:  $0, 1, \dots, q-1$ , que representam os estados possíveis que o sítio pode ter. A soma acima é feita somente aos pares  $(i,j)$  que são primeiros vizinhos. Para estudar o modelo de potts de não-equilíbrio com  $q$  estados absorventes, nós podemos fazer uma transformação na dinâmica de metrópolis: quando todos os vizinhos de um dado sítio estão no mesmo estado que este sítio, então este não pode mudar seu estado, mas se pelo menos um de seus vizinhos estiverem em um estado diferente este sítio será atualizado a probabilidade  $\min\{1, \exp(-DE/T)\}$  onde  $T$  é a temperatura. Queremos verificar o comportamento crítico do modelo de potts não-equilíbrio na rede de Apollonian para observar se ocorre mudança na classe de universalidade.

[04/11/05 - P378]

**COMPORTAMENTO DE UM METAMAGNETO EM CAMPO MAGNÉTICO ALEATÓRIO,** A. WEIZENMANN, M. GODOY, A.S. DE ARRUDA, Departamento de Física da Universidade Federal de Mato Grosso, D. F. DE ALBUQUERQUE,

Departamento de Matemática da Universidade Federal de Sergipe • Estudamos o diagrama de fase de um Metamagneto de Ising em um campo magnético uniforme e aleatório, através da aproximação de campo médio via princípio variacional de Bogoliubov e da expansão de Landau. O metamagneto considerado é constituído por  $N$  spins (de Ising) ocupando os sítios de uma rede cúbica simples, onde os spins primeiros vizinhos estão conectados pela interação antiferromagnética e os spins segundos vizinhos pela interação ferromagnética. Portanto, cada spin está sujeito a duas diferentes interações. Desta forma há uma competição que tende a orientar os spins antiferromagneticamente ou outra de alinhar ferromagneticamente. Neste contexto, somente com as interações de troca (ferro e antiferro) sendo consideradas, existe uma temperatura de transição de fase conhecida como a temperatura de Néel ( $T_N$ ). A aplicação de um campo magnético uniforme introduz uma transição de fase de segunda ordem que termina em um ponto tricrítico. Assim o sistema exhibe comportamento tricrítico. A introdução dos campos magnéticos (uniforme e aleatório) submete os spins a mais fontes de competições. O campo magnético uniforme tende a alinhar os spins na direção de uma das sub-redes enquanto o campo aleatório favorece a desordem. Portanto, em uma certa temperatura finita a maioria dos spins nos sítios da sub-rede A estão alinhados paralelamente com o campo magnético uniforme e os da sub-rede B estão alinhados antiparalelamente. Tomando um spin na sub-rede B, uma vez que os seus vizinhos mais próximos têm o alinhamento influenciado pelo campo magnético aleatório, esse spin inverte mais facilmente o seu alinhamento de antiparalelo para o alinhamento paralelo. Este fato dá origem a um novo fenômeno, chamado de fenômeno de reentrância. O completo diagrama do sistema é apresentado, mostrando o comportamento tricrítico e fenômeno de reentrância para determinados valores do campo magnético aleatório, acima de um certo valor crítico. Em particular, se o modelo exhibe uma transição em campo aleatório zero, então a distribuição bimodal nunca destrói esta transição de primeira ordem, em contradição ao caso de uma distribuição trimodal.

[04/11/05 - P379]

**Simulações de Monte Carlo de um metamagneto de Ising num campo uniforme e aleatório,** A. WEIZENMANN, M. GODOY, A. S. DE ARRUDA, Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso • Simulações de Monte Carlo foram usadas para determinar o diagrama de fases de um metamagneto de Ising na presença simultânea de um campo magnético uniforme e de um campo magnético aleatório. O modelo consiste de um metamagneto de spin  $1/2$  dividido em duas sub-redes quadradas idênticas e com interações entre spins primeiros vizinhos do tipo antiferromagnética ( $J_1 < 0$ ) e entre spins segundos vizinhos do tipo ferromagnética ( $J_2 > 0$ ). Para o campo magnético aleatório usamos uma distribuição do tipo bimodal. Em trabalhos anteriores que empregam aproximações de campo médio, os autores mostraram que o diagrama de fases e o ponto tricrítico

do modelo depende da distribuição que governa o campo aleatório. Calculamos a magnetização staggered e o cumulante de Binder de quarta ordem para determinar os pontos críticos. O diagrama de fases, campo uniforme  $h$  versus temperatura  $T$ , obtidos aqui apresenta linhas de transições contínuas e de primeira ordem, corroborando os resultados obtidos pelas teorias de campo médio. As linhas de transições de fases, incluindo o ponto tricrítico, foram obtidas para vários valores do campo aleatório.

[04/11/05 - P380]

**Caos através da quase periodicidade em circuitos de Matsumoto-Chua sincronizados,** ELINEI PINTO DOS SANTOS, IBERÊ CALDAS, *UFPA-SANTARÉM, IF.USP* • Sistemas caóticos caracterizam-se pela dependência sensível às condições iniciais e, apesar desta característica, estes sistemas acoplados adequadamente podem ser sincronizados de tal forma a apresentarem o mesmo comportamento dinâmico no tempo. Há várias rotas para o caos que os sistemas não lineares apresentam para desenvolverem este comportamento indeterminístico. Neste trabalho usaremos como protótipo numérico o sistema composto de três equações não lineares que descrevem o circuito elétrico de Matsumoto-Chua forçado externamente por um forçamento senoidal. O forçamento externo introduz mais um novo grau liberdade ao sistema. Dessa forma, além dos movimentos periódicos e caóticos que o sistema sem perturbação pode gerar, este novo sistema perturbado pode apresentar movimentos quase periódicos onde destacamos três rotas para o caos através de quase periodicidade que o mesmo apresenta: rota de Curry-Yorke, quebra abrupta de toro e dobramento de toro (dobramento de período). Nosso objetivo principal é verificar numericamente de que forma dois sistemas forçados acoplados interagem e se no processo de sincronização os mesmos seguem a mesma rota para o caos que exibiam antes da aplicação do acoplamento entre eles. Acoplamos os circuitos com o método de realimentação, o qual pode ser considerado como um controle de *feedback* negativo, como o método de controle proposto por Pyragas. Verificamos através do cálculo numérico do Lyapunov condicional que a segunda variável do sistema de M-C é a mais adequada para se introduzir o acoplamento visando a sincronização. Os sistemas sincronizados com os mesmos parâmetros acoplados unidirecionalmente ou bidirecionalmente apresentam e seguem as mesmas rotas para o caos que aquelas sem acoplamento. Experimentamos ainda sincronizar um sistema com forçamento e outro sem, variando um único parâmetro (g). A variação deste parâmetro no sistema sem perturbação externa gera diferentes atratores caóticos. No acoplamento unidirecional (um mestre e outro escravo) sem variação de parâmetro, verificamos que ambos seguem a mesma rota, onde o acoplamento faz o papel físico da perturbação externa no sistema autônomo. Para o mesmo acoplamento e circuitos com parâmetros diferentes e ainda um com perturbação senoidal (mestre) e outro sem (escravo), verificamos, que os circuitos seguem a mesma rota, porém seus atratores caóticos são diferentes no espaço de fase, neste caso o

acoplamento introduz a quase periodicidade no circuito escravo e esta rota para o caos se mostra como um grande forçamento externo que domina a dinâmica dos circuitos.

## INS - Instrumentação

[04/11/05 - P381]

**CONSTRUÇÃO DE UM CALORIMETRO ÓTICO PARA MEDIDA DE CALOR ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO  $\rho C$  EM SÓLIDOS,** LAERSON DUARTE DA SILVA, , ALEXANDRE SALES VASCONCELOS, MIGUEL LOURENÇO NETO, RENILTON CORREIA DA COSTA, RODRIGO JOSÉ DA SILVA LIMA, JOSÉ SUASSUNA FILHO, *Universidade Federal de Campina Grande* • Propriedades físicas dos materiais polímeros são estreitamente relacionados com sua história térmica nos processos de produção. Por exemplo, muitas características destes materiais dependem da maneira como foram termicamente tratados e do grau de cristalinidade térmica alcançado. Deste modo, a difusividade térmica  $\alpha = \frac{KT}{\rho C}$ , a condutividade térmica  $KT$  e o calor específico volumétrico  $\rho C$  são parâmetros termodinâmicos fundamentais no controle da qualidade de qualquer produto plástico. A Espectroscopia Fotoacústica fornece a difusividade térmica do material. Portanto, se  $\rho C$  for medido, a condutividade térmica  $KT$  pode ser diretamente inferida e o material fica completamente caracterizado termicamente. Neste trabalho a montagem e operação de uma célula calorimétrica é descrita para a medida do calor específico volumétrico  $\rho C$  em sólidos, onde  $\rho$  é a densidade e  $C$  é a capacidade térmica do material. Nossa célula é similar a outras citadas na literatura. Suas componentes básicas são: **a)** O corpo da célula, um vaso cilíndrico de aço inoxidável com  $\sim 15\text{cm}$  de altura e  $8\text{cm}$  de diâmetro, dotadas de 2 janelas óticas que permitem direcionar um feixe de luz na amostra, posicionada no centro da célula. **b)** Porta-amostra uma haste de material isolante, presa na base da célula e que se estende até seu centro. **c)** Um termopar, preso na face traseira da amostra, para monitorar variação de temperatura. **d)** Uma bomba mecânica de vácuo para limpeza e isolamento térmico da célula. **e)** A fonte de luz, um laser convencional de  $He - Ne$ . **f)** Um multímetro de bancada, acoplado a um microcomputador via interface *RS232* para coleta e tratamento dos dados experimentais. Quando o feixe de luz laser incide pela amostra provoca aquecimento em sua superfície frontal. O calor se difunde para a superfície traseira provocando uma variação de temperatura. A temperatura final é dada por  $T(t) = A \pm B \exp[-K_1(t - K_2)]$  para as fases aquecimento (-) e resfriamento (+), onde  $A$ ,  $B$ ,  $K_1$  e  $K_2$  são parâmetros de ajuste. A temperatura deve ser dada em *Kelvin* e o tempo  $t$  em segundo.  $A = \frac{2H}{\rho C}$  e  $H = 4\sigma T_0^3$ , onde  $T_0$  é a temperatura ambiente,  $\sigma$  é a constante de *Stefan - Boltzmann* e  $\rho$  é a espessura da amostra. Se a espessura for conhecida, o ajuste dos dados experimentais  $T$  versus  $t$  fornece a medida de  $\rho C = \frac{2H}{A}$ . Nosso calorímetro ótico foi testado para amostras de PET com espessuras  $12\mu\text{m}$  e  $50\mu\text{m}$ . O valor medido de  $\rho C$  foi encontrado de acordo com o previsto na literatura.



[04/11/05 - P382]

**Interface de aquisição de imagens e peso sincronizados,** LEONARDO SILVA BORGES, LUIZ CARLOS SIMÕES, UFBA • A interface foi elaborada a partir de uma necessidade de um projeto maior. Consiste em um hardware microcontrolado capaz de controlar a aquisição de dados de uma célula de carga em sincronismo com o as imagens de uma camera CCD, onde os valores de peso tem correspondencia com as imagens da camera. Antes da transmissão das imagens a camera emite um pulso de tensão negativa por um período de aproximadamente 2mS (dependendo da camera). O hardware microcontrolado recebe um sinal de interrupção sempre que a camera envia um "começo de frame", liberando o sinal da camera para a placa de captura e iniciando a aquisição com o ADS7804 (conversor AD de 12 bits). Para cada frame uma sequencia de dados de peso é adquirida. Os softwares do microcontrolador AT89S8252 e do computador possuem um "buffer circular" para evitar a perda de dados em função do escalonamento do processo. O buffer do software do computador utiliza uma função que faz com que o kernel do sistema operacional (Linux) crie um outro buffer de 256 caracteres, este buffer faz leitura independente da porta serial em camada 2, otimizando a aquisição. Não há sistema de verificação (pooling), todo o software é orientado a eventos liberando o processador para que possa adquirir as imagens que necessitam de mais tempo de CPU. A transmissão é feita pela porta serial a 115200 bauds. Este sistema possibilita o desenvolvimento de estudos dinâmicos da variação de peso (ou qualquer outra grandeza mensurável) em função das variações de imagens, será utilizado para o estudo da restaurabilidade e compressão de mantas ou películas submetidas pressões estáticas ou variantes no tempo.

[04/11/05 - P383]

**Desenvolvimento de um sistema de monitoramento para reatores fotocatalíticos,** LUIZ CARLOS SIMOES, ANA CAROLINA DOS S. SILVA, EMERSON ANDRADE SALES, IURI PEPE, UFBA • Em reações químicas que utilizam a luz como ativador do fotocatalisador, o monitoramento da radiação que inside na amostra é de fundamental importância para controle dos parâmetros da reação. Neste sentido, desenvolvemos um equipamento capaz de medir a quantidade de luz que chega na amostra. O equipamento consiste de uma bancada em granito, duas fontes de luz utilizando lampadas dicroica, dispostas sobre trilhos para ajuste do foco, um sensor de luz do tipo LDR (light dependent resistor) posicionado sobre o eixo de um motor de passo, em uma haste. Este equipamento permite a medida da luz que chega ao centro do reator, varrendo um angulo de 360 graus. Também foi desenvolvida uma interface para aquisição dos dados e controle do motor, com dois canais de conversão analogico-digital de 12 bits de resolução, controlada por um computador pessoal. A rotina de trabalho deste equipamento é pre estabelecida e controlada por um programa desenvolvido em Microsoft Visual Basic, permitindo ao usuaria escolher o tempo de medida, o intervalo entre as medidas e monitorar a intensidade de luz que chega a amostra dentro do reator.

[04/11/05 - P384]

**MODELAGEM DA CURVA DE P-V PULMONAR, DAIANE CARDOSO OLIVEIRA,** FRANCISCO SALES ÁVILA CAVALCANTE, FRANCISCO WALBER FERREIRA DA SILVA, *Universidade Estadual do Ceará* • Durante o ciclo respiratório numa respiração basal (ou em repouso), a inspiração é um trabalho ativo por envolver trabalho muscular e, conseqüentemente, gasto energético. Já a expiração é passiva, sem gasto energético, pois é decorrente da retração das fibras elásticas pulmonares. A pressão motriz do sistema respiratório, gerada pela contração muscular durante a inspiração em condições normais, necessita vencer forças elásticas e resistivas para conseguir encher os pulmões. Entretanto, os pulmões e as outras estruturas do sistema respiratório possuem propriedades mecânicas distintas que caracterizam o ciclo respiratório. Assim, no sistema respiratório, a relação pressão-volume apresenta-se como a característica mais mensurável e com melhores índices de reprodutibilidade e confiabilidade. Tipicamente, o volume é medido por porcentagem da capacidade total pulmonar e a pressão associada à expansão do pulmão é avaliada como a diferença entre a pressão das vias respiratórias e a da cavidade pleural, sendo denominada pressão transpulmonar. A inclinação da curva pressão-volume ou relação entre a variação do volume gasoso mobilizado e a pressão motriz necessária para mantê-lo insuflado é conhecida por complacência do sistema respiratório. A relação pressão-volume do pulmão é altamente não-linear e apresenta diferenças no ramo inspiratório e expiratório. Esse comportamento configura a histerese pulmonar que representa a dissipação de energia no processo respiratório. Atualmente, duas hipóteses são sugeridas para a explicação da histerese pulmonar: a disposição das moléculas de surfactante durante a insuflação e desinsuflação pulmonar e a morfologia do alvéolo. Neste trabalho realizamos a modelagem da curva de pressão-volume incluindo a não linearidade associada à matriz de fibras de colágeno e o termo dissipativo responsável pela histerese. A modelagem é realizada utilizando-se um sistema massa-mola amortecido, sendo os parâmetros do modelo ajustados para dados experimentais obtido em pulmões isolados.

[04/11/05 - P385]

**DETECÇÃO FOTO-TÉRMICA DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO NO VISÍVEL E NO INFRAVERMELHO DE SUPERFÍCIES OPTICAMENTE SELETIVAS,** DENIS G. F. DAVID, *Laboratório de Propriedades Óticas - Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia*, ANTÔNIO ÉRICO B. A. SOARES, *Laboratório de Energia Solar e Fotoacústica - Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana* • O principal objetivo de nosso trabalho é desenvolver e estudar camadas finas de óxidos ou sulfetos metálicos ou de polímeros condutores, em substratos quer seja de metal (chapa absorvedora), ou de vidro (janela), com propriedades óticas favorecendo a armadilha dos raios infravermelhos nos painéis solares térmicos. Com efeito, esses materiais avançados permitirão um me-

lhor desempenho no processo da conversão foto-térmica. Para estudar as propriedades de absorção da luz por esses materiais em função do comprimento de onda, tentamos utilizar a fotoacústica, mas não deu certo por causa da rápida difusão do calor nos substratos metálicos e das muito pequenas variações de temperatura obtidas. Nessas condições, optamos pela realização de ciclos de iluminação mais longos de maneira a obter variações de temperatura na amostra detectáveis.

Basicamente, a amostra está colocada no lugar da fenda de um monocromador de luz. O seu aquecimento pelo feixe de luz monocromática é medido através de transistores de tipo SMD, um dele solidário da amostra, o outro medindo a temperatura ambiente. Trata-se então de um método térmico diferencial. A duração da iluminação varia entre 10 e 40 segundos, duração compatível com o tempo de resposta da amostra. Utilizamos um método de acumulação do sinal foto-térmico para aumentar sensivelmente a razão sinal/ruído. Em seguida, o coeficiente de absorção da luz pela amostra é calculado a partir do sinal foto-térmico, por um método de mínimos quadrados. Varrendo o comprimento de onda da luz, obtivemos assim espectros de absorção pela amostra razoáveis. Apresentaremos esse método de detecção como também alguns espectros, até 2,5  $\mu\text{m}$ , obtidos com o monocromador previamente desenvolvido na UEFS.

[04/11/05 - P386]

**CONSTRUÇÃO DE UM RADIÔMETRO AUTÔNOMO E AUTOMÁTICO PARA MEDIÇÃO REMOTA DA INSOLAÇÃO,**  
ANTÔNIO ÉRICO B. A. SOARES, GERMANO PINTO GUEDES, *Laboratório de Energia Solar e Fotoacústica - Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana*, DENIS G. F. DAVID, *Laboratório de Propriedades Óticas - Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • Um dos objetivos do Laboratório de Energia Solar da UEFS e do Laboratório de Propriedades Óticas da UFBA é de implantar uma rede de radiômetros no interior da Bahia com a meta de realizar um mapeamento do potencial energético solar desta região. Para isto, foi necessário automatizar o radiômetro desenvolvido na UEFS de modo a realizar esse mapeamento com a intervenção humana mínima, utilizando o telefone e o protocolo de transmissão de dados pela Internet, os dados convergindo assim diariamente até os laboratórios. A automatização do radiômetro foi realizada através da utilização de um micro-controlador com memória flash de 2 kbytes para sua programação. Os sinais dos sensores são digitalizados com um ADC serial de 4 canais e 8 bits de resolução. As medidas são armazenadas em uma memória flash com acesso serial de 1Mbits, suficiente para a gravação de uma semana de dados (essa memória podendo ser aumentada se for necessário). Um relógio fornece um sinal para datar os dados com precisão. Por enquanto, a leitura dos dados se faz através de uma porta serial necessitando a ligação do radiômetro a um computador portátil, mas estamos estudando a transmissão diária destes dados por rádio, abrindo o caminho para transmitir seus dados até uma base ligada à rede telefônica. Além da insolação, o instrumento desenvol-

vido fornece também uma medida da temperatura ambiente, da pressão atmosférica e da taxa de umidade local, o transformando em uma base meteorológica autônoma.

[04/11/05 - P387]

**DETECÇÃO NO INFRAVERMELHO PARA MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES ÓTICAS DE ÓXIDOS E SEMICONDUTORES,**  
MARCUS VINICIUS SANTOS DA SILVA, IURI MUNIZ PEPE, DENIS G. F. DAVID, *Laboratório de Propriedades Óticas - Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • A espectroscopia de materiais no infravermelho pode trazer informações interessantes para o estudo de novos materiais, particularmente os óxidos que apresentam um momento dipolar elétrico não nulo. Esses óxidos são de grande interesse tanto para a construção de dispositivos semicondutores, quanto para suas aplicações em energia solar. A fim de realizar espectros de transmissão e de reflexão até 15  $\mu\text{m}$ , desenvolvemos uma fonte de radiação infravermelha, um monocromador do tipo Czerny-Turner, e um detector infravermelho piroelétrico original.

A fonte de radiação infravermelha foi construída em torno de um mini-forno composto de um cilindro de alumínio formando um cone emissor de tipo corpo negro, aquecido por uma resistência elétrica bobinada. A temperatura é medida e controlada a nível da cavidade por um termopar de tipo K. Ela pode ser regulada até 400°C. O monocromador de luz é composto de dois espelhos de diâmetro igual a 60 mm e de distância focal igual a 150 mm. A dispersão da luz é feita por uma rede de difração de 600, 300 ou 75 traços/mm, permitindo trabalhar do próximo infravermelho até o infravermelho longo. A detecção infravermelha é realizada com um detector piroelétrico sensível até 15  $\mu\text{m}$ ; trata-se de um detector diferencial que necessita, para detectar o infravermelho, o deslocamento do feixe de luz na sua frente. O sinal resultante, modulado com baixa frequência (0,5 a 1 Hz), é detectado de maneira síncrona, através de sua multiplicação por um sinal de referência. Essa operação é feita depois da digitalização dos dois sinais por ADCs. Apresentaremos esse novo espectrômetro, como também os primeiros resultados obtidos com ele.

[04/11/05 - P388]

**DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E DE AQUISIÇÃO DE UM ESPECTRÔMETRO FUNCIONANDO NO INFRAVERMELHO,**  
ANTONIO CARLOS DOS SANTOS LACERDA JR., THIERRY JACQUES LEMAIRE, *Laboratório de Instrumentação - Departamento de Física - Universidade Estadual de Feira de Santana*, DENIS G. F. DAVID, *Laboratório de Propriedades Óticas - Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia* • A fim de automatizar um espectrômetro infravermelho que estamos construindo para estudar superfícies opticamente seletivas, desenvolvemos um dispositivo eletrônico controlado por um computador tipo PC, através da porta paralela. Basicamente, esse dispositivo realiza duas funções: (i) a varredura do comprimento de onda do monocromador através de um motor de passo e de uma corrente deslocando o braço da rede de

difração, (ii) a conversão dos sinais analógicos oriundos dos detectores de luz por um conversor analógico digital de tipo serial.

O programa de controle e de aquisição foi escrito em BASIC, na forma de uma rotina principal e de várias sub-rotinas. O menu oferece uma página de configuração do espectrômetro, uma página de aquisição e uma página para salvar os espectros. No caso de uma detecção com um simples detector, com chopper e lockin ou não, a aquisição é um processo direto: varredura do comprimento de onda e aquisição do sinal do detector, com uma eventual acumulação do sinal destinada a melhorar a razão sinal / ruído. No caso da utilização de um detector piroelétrico, o processo de aquisição é um pouco mais complexo porque envolve uma detecção síncrona do sinal modulado à baixa frequência (0,5 a 1 Hz). No caso da detecção foto-térmica, a aquisição comporta duas fases: aquisição do sinal foto-térmico, seguido pelo cálculo do coeficiente de absorção. Apresentaremos os algoritmos utilizados no processo de aquisição, como também alguns espectros obtidos com esse espectrômetro.

[04/11/05 - P389]

**CONSTRUÇÃO DE UM MEDIDOR DE POTÊNCIA ELÉTRICA DE LÂMPADAS INCANDESCENTES ATRÁVES DE MÉTODOS CALORIMÉTRICOS**, MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE, VANESSA PEREIRA DA SILVA, ELIALDO ANDRIOLA MACHADO, *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB*, AMILTON SALES DE MELO, *Universidade*

*Estadual da Paraíba* • Apesar do vasto conhecimento acumulado pela humanidade ao longo de sua caminhada no tempo, principalmente no que se refere aos avanços tecnológicos de cada era e onde a Física está inserida como parte importante nesses processos, percebe-se que atualmente o ensino de tal ciência nas escolas, sejam elas públicas ou privadas, não consegue mostrar a importância desse ramo do conhecimento humano nas conquistas científicas do mundo moderno. Assim sendo, a experimentação pode aproximar o ensino de ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para aquisição de conhecimentos e para o desenvolvimento mental dos alunos. Dessa forma, a experimentação deve ser usada como instrumento que propicie a construção e a aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Portanto, o objetivo desse trabalho é o de mostrar alguns procedimentos relativamente simples de como se construir um medidor de potência elétrica de lâmpadas incandescentes através de métodos calorimétricos. A construção do medidor de potência consta-se de três etapas, a saber: confecção do medidor, calibração do medidor e determinação da constante de transformação. O medidor de potência tem como elemento sensível um reservatório de água com capacidade de 300ml. Através de leituras de pares de temperaturas - inicial e final - ou seja, da variação de temperatura, determina-se a potência da lâmpada, desde que seja, inicialmente, determinada a constante de calibração. Observa-se que o medidor de potência apresenta menor erro para lâmpada com potência efetiva nominal (valor fornecido pelo fabricante) maior. Os

erros podem estar associados à precisão do termômetro e o tempo de resposta do mesmo, uma vez que estas características influenciam na determinação da potência da lâmpada a ser analisada. Utilizando um termômetro mais preciso possivelmente estes erros irão diminuir, sendo que os demais erros são compensados na constante de calibração. Dois pontos básicos que podem ser enfatizados neste trabalho são a instrumentalização e o emprego de materiais de baixo custo. Sendo que o primeiro ponto utiliza, observa e controla um fenômeno e o segundo permite a experimentação distante dos laboratórios tradicionais ou sofisticados. O interessante é que com o medidor de potência há a possibilidade de que sejam trabalhados, em sala de aula, alguns conceitos físicos envolvendo a termodinâmica e o eletromagnetismo, procurando mostrar por meios de experiências simples que os conhecimentos em Física são importantes no desenvolvimento científico e tecnológico de qualquer nação.

[04/11/05 - P390]

**DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMO PARA DETECÇÃO DE PARÂMETROS QUE AUXILIEM A CLASSIFICAÇÃO DE TUMORES EM BENIGNOS OU MALIGNOS**, EVERTON RODRIGUES DA SILVA, FRANCISCO LUIZ DOS SANTOS, *Universidade Católica de Pernambuco*

• Diversas técnicas de diagnóstico e tratamento de tumores estão sendo realizadas, outras estão em fase de estudo, e observamos que a tendência é a confluência de diversas áreas do conhecimento para otimizar o controle do câncer. Naturalmente a Física e a Computação são campos de extrema importância para atingir esse fim. Este trabalho utiliza-os como contribuição na classificação dos tumores, em benigno ou maligno, sem utilizar métodos invasivos. A idéia central do trabalho é investigar parâmetros geométricos que possam ser utilizados nessa classificação e extraí-los computacionalmente. Foi realizada a investigação de parâmetros das imagens que poderiam ser significativos às classificações dos tumores e desenvolvemos um algoritmo, utilizando a linguagem de programação C++, que os extrai computacionalmente. A escolha dos parâmetros levou em consideração a maior irregularidade do tumores malignos em relação aos benignos. O primeiro foi uma relação borda-área denominada de "C", o segundo foi a regularidade da borda do tumor, "R", e o terceiro foi a dimensão fractal de uma figura plana, "D". A importância do fator "C" está no fato que imagens com porosidades, descontinuidades e invaginações, tendem a ter borda maior e área menor do que se fossem mais regulares. Já o fator "R", que é dado pela razão entre o menor raio da borda e o maior raio da borda, tem sua eficiência baseada no fato que tumores benignos tendem a ser mais esféricos, com "R" tendendo para o valor 1 e já os tumores malignos são mais irregulares, com "R" mais próximo de 0. Por fim, utilizamos o fator "D" porque a dimensão fractal fornece uma medida quantitativa do grau de irregularidade da borda de um objeto e os tumores malignos tendem a ser mais irregulares. Extraímos os parâmetros de diversas imagens de mamografias, comparamos os resultados

e chegamos basicamente as seguintes conclusões: 1) os tumores malignos, em geral, apresentam um "C" alto, diferentemente dos benignos; 2) os valores da dimensão fractal não apresentaram um padrão que nos permitisse classificar os tumores, porém, talvez este parâmetro seja relevante ao ser analisado conjuntamente com os outros; 3) a regularidade mostrou-se como o parâmetro mais eficaz na distinção dos tumores, pois, pelo menos em tumores de mamas, os benignos apresentaram visivelmente um "R" bem mais próximo de 1 do que os malignos.

[04/11/05 - P391]

**Desenvolvimento de um automontador de baixo custo para deposição de filmes.**, MANOEL CARVALHO CASTRO JUNIOR, CARLOS WILLIAM DE ARAUJO PASCHOAL, *Universidade Federal do Maranhão* • O uso de materiais que podem ser modificados molecularmente vem crescendo muito nos últimos anos devido às suas inúmeras propriedades físicas e aplicações tecnológicas. Entre esses materiais temos os filmes finos, que são constituídos basicamente de finas camadas sobremontadas de polímeros. A manipulação da formação das multicamadas é motivo de várias pesquisas cujo objetivo é viabilizar uma forma comercialmente viável de sobrepor os polímeros. Para a construção de sistemas de multicamadas, temos basicamente duas técnicas: Langmuir-Bodgett (LB) e *layer by layer* (LBL). A primeira vem sendo muito utilizada, pois permite a construção e controle de multicamadas com a espessura da ordem de nanômetros, além de possibilitar a orientação das multicamadas. Entretanto, essa técnica apresenta problemas quanto à velocidade de formação das camadas, pois pode ser demasiadamente lenta, além de exigir um ambiente de trabalho extremamente limpo e isolado, comprometendo sua viabilização comercial. A técnica LBL, que vem sendo mais freqüentemente utilizada, apresenta como característica primordial a deposição de camadas em um substrato sólido. Para esta técnica, é exigido um aparato experimental bem menos sofisticado que a técnica LB, além de baixo custo financeiro, apresentando resultados com qualidade comparável aos da primeira técnica. Como principal desvantagem desse tipo de metodologia, temos o excessivo número de repetições do processo de deposição de camadas, gerando um grande problema ao se empregar essa técnica manualmente, pois seriam necessárias, em muitos casos, várias horas para a formação de filmes com multicamadas. Como solução para esse tipo de problema, temos o uso de automontadores. Neste trabalho apresentamos a construção de um automontador de baixo custo. Esse automontador foi contruído, basicamente, com materiais presentes em aparelhos inutilizados. Para o controle mecânico do automontador, foi desenvolvido um circuito de comunicação entre o aparato mecânico e o computador via porta paralela. Todo o processo é controlado por um software desenvolvido em ambiente Visual Basic, com diversas variáveis de entrada de controle como: tempo de deposição, tempo de lavagem, tempo de secagem e número de deposições.

[04/11/05 - P392]

**CRIADO-MUDO TERMOELÉTRICO RE-**

**FRIGERADO POR CÉLULAS PELTIER**, MÁRCIO VALÉRIO DE ARAÚJO, ERIC P. MOREIRA, NEYMAR PEREIRA DA COSTA, CARLOS CHESMAN, *UFRN - RN - Brasil* • Nesse trabalho estaremos apresentando um criado-mudo refrigerado usando placas Peltier, também chamadas de bombas de calor de estado sólido ou RET. O RET trata-se de um dispositivo semicondutor que usa o efeito Peltier para trocar calor. As células Peltiers que usamos só foram desenvolvidas nos últimos anos, pois são montadas a partir de pastilhas semicondutoras tipo N e P ordenadas eletricamente em série e termicamente em paralelo, maximizando a potência de esfriamento e formando um arranjo de duas placas planas e paralelas entre si. Essas placas Peltier possuem dimensões reduzidas (alguns centímetros), são leves e silenciosas, e extremamente precisas no controle de temperatura. Submetendo ao arranjo uma corrente DC, ele proporciona um fluxo de calor da placa fria para a placa quente. A placa Peltier foi montada em um dissipador térmico para efetivar a troca de calor, fazendo refrigerar a parte interna do criado-mudo e aquecendo a parte externa em contato com o dissipador. Apresentaremos gráficos das medidas de temperatura demonstrando a eficiência do novo produto, tanto do ponto de vista científico como tecnológico.

[04/11/05 - P393]

**Construção de um Intrumento para Determinar a Condutividade Térmica do Solo**, SIMONE VICENTE DE OLIVEIRA, JOSÉ FIDELES FILHO, MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREITAS, SOETÂNIA SANTOS DE OLIVEIRA, THIAGO SILVA ARAÚJO, *Universidade Estadual da Paraíba* • As propriedades térmicas dos sólidos são influenciadas, dentre outros fatores, pela temperatura. Foram coletadas amostras de solo na EMBRAPA/Algodão em Campina Grande-PB, nas profundidades de 02, 05, 10, 20, 30, 50 e 100cm, sendo classificado como Regosolo de textura arenosa. Após a coleta, as amostras foram lacradas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Física II do CCT/UEPB, onde foi determinado a condutividades térmica ( $k$ ), através do intrumento construído que consiste de um fluxo radial de calor utilizando tubos de metais concêntricos. A difusividade térmica ( $D$ ) foi determinada através da capacidade térmica ( $C_v$ ) e da densidade do solo ( $\rho$ ). Objetivou-se contruir um instrumento para determinar a condutividade térmica do solo e comparar os resultados obtidos em laboratório com os resultados em condições de campo. Foram obtidos valores de condutividades térmica entre  $1,91 \cdot 10^{-3}$  e  $6,39 \cdot 10^{-3} \frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$ , sendo à profundidade de 100cm superior a 58,8% em relação a profundidade de 05cm, e o teor de umidade presente no solo variou entre 7,32 e 11,39%. A difusividade Térmica apresentou valores entre 2,05 e  $5,23 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ , não sendo compatíveis com os dados obtidos pelos métodos da amplitude e fase. O instrumento construído pode ser utilizado para determinar a condutividade térmica do solo, a qual deve ser determinada em uma única profundidade, devido à não homogeneidade do perfil do solo. (PIBIC/CNPq/UEPB)

Palavras Chave: Fluxo Radial, Condutividade Térmica,

Difusividade Térmica

[04/11/05 - P394]

**Desenvolvimento de um controlador de temperatura para aplicações em experimentos de simulação do meio interestelar,**

JOSÉ JADSOM S. DE FIGUEIREDO, Departamento de Física, UFPB, João Pessoa PB Brasil, R. R. L. CAVASSO FILHO, M. G. P. HOMEM, A. NAVES DE BRITO, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), Campinas SP Brasil • O estudo dos compostos moleculares presentes o meio interestelar certamente é de grande importância, seja do ponto de vista astrofísico ou dentro do contexto da origem da vida [1]. Em vista disso está sendo desenvolvido no LNLS um trabalho de simulação que tem por objetivo o estudo dos processos fotoquímicos no meio interestelar [2]. Os experimentos estão sendo realizados na linha de luz D0-5A TGM que opera na região do ultravioleta de vácuo (12-300eV). As condições de temperatura, pressão e campo de radiação (ultravioleta) presentes no meio interestelar são simuladas permitindo que uma mistura de gases simples ( $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $CO$ ), seja simultaneamente irradiada e depositada sobre um porta-amostra mantido em torno de 30K por um criostato de ciclo fechado a hélio [2,3]. A pressão na câmara de alto-vácuo é mantida em torno de  $5 \times 10^{-8}$  mbar. Após o término do processo de irradiação e deposição, a amostra é aquecida lentamente até a temperatura ambiente permitindo que os radicais livres formados durante a irradiação se recombinem. Após o processo de aquecimento, o material não volátil produzido é analisado [2]. No entanto, tem-se observado que um controle adequado da temperatura durante o aquecimento da amostra é importante para obtenção dos resultados, particularmente na faixa de 100-150K, típica das nuvens difusas [1]. Neste trabalho, reportamos o desenvolvimento de um controlador de temperatura, baseado em uma arquitetura proporcional e integral (PI) que atua diretamente sobre o criostato. Uma descrição detalhada do controlador desenvolvido, dos resultados de simulação obtidos até o momento, bem como o contexto do trabalho desenvolvido dentro da física interestelar e das ciências da vida serão apresentadas durante a reunião.

Este trabalho esta sendo financiado pela FAPESP, CNPq e LNLS.

[1] J. M. Greenberg , Surface Science 500 (2002) 793-822. [2] M. G. P. Homem, C. R. Ponciano, R. R. T. Marinho, O. Björneholm, E. F. da Silveira, A. Naves de Brito, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, v. 24, n. 1 (2005) 28-30. [3] Y. J. Pendleton, S. A. Sandford, L. J. Allamandola, A. G. G. M. Tielens and K. Sellgren, The Astrophysical Journal 437 (1994) 683-696.

[1] J. M. Greenberg , Surface Science 500 (2002) 793-822. [2] M. G. P. Homem, C. R. Ponciano, R. R. T. Marinho, O. Björneholm, E. F. da Silveira, A. Naves de Brito, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, v. 24, n. 1 (2005) 28-30. [3] Y. J. Pendleton, S. A. Sandford, L. J. Allamandola, A. G. G. M. Tielens and K. Sellgren, The Astrophysical Journal 437 (1994) 683-696.

[04/11/05 - P395]

**Sistema Automatizado de Medidas para o laboratório de metrologia do CRCN/CNEN.,**

C.A. BENEVIDES, , ANDRÉ CARVALHO H. DE ARAÚJO, CRCN/CNEN, UNICAP • O presente trabalho mostra o desenvolvimento de um sistema de automação com o objetivo de diminuir as incertezas no processo de calibração e ensaios, aumentar o controle de segurança estabelecido

pelas normas de proteção radiológica como também otimizar o desempenho das atividades de um laboratório de metrologia. Foi desenvolvido um software capaz de realizar aquisições de dados dos seguintes instrumentos de medida: eletrômetro Nuclear Enterprises modelo Farmer2670, barômetro Druck modelo DPI740, termômetro HartScientific modelo HT1521, além do monitoramento dos sensores que indicam os estados da porta da sala de irradiação e da portinhola da fonte. Esse sistema possibilitou uma menor dispersão das medidas e um controle de exposição com uma resolução temporal superior ao do método de ensaio manual e, como o software pode emitir os relatórios de calibração e ensaio, a automação dessa etapa aumentou também a eficiência do serviço. Esse software foi desenvolvido usando a linguagem de programação C++ com o auxílio da biblioteca de programação gráfica Qt Designer, que é Livre e Gratuita apenas para desenvolvimento de ferramentas Livres e Gratuitas. A comunicação com os instrumentos é feita através da porta serial RS232 e a comunicação com os sensores é feita com a porta paralela LPT1.

[04/11/05 - P396]

**Bombas de Calor de estado sólido,**

ERIC PEREIRA MOREIRA, MÁRCIO VALÉRIO DE ARAÚJO, NEYMAR PEREIRA DA COSTA, CARLOS CHESMAN, UFRN - RN - Brasil • Vários equipamentos hoje em dia necessitam de sistemas de refrigeração mais eficientes, compactos e econômicos. A fim de solucionar esses problemas abordaremos um dispositivo pouco conhecido nomeado de bombas de calor de estado sólido. Tal sistema está sendo utilizado em projetos de aplicações nas mais diversas áreas da tecnologia atual. Por exemplo, no esfriamento de micro-processadores de computadores pessoais, em sistemas integrados de comunicações e em novos tipos de refrigeradores. Esse dispositivo é constituído basicamente de um ventilador, um dissipador térmico e uma célula peltier. Tais bombas de calor de estado sólidas têm o funcionamento bastante simples baseado no efeito peltier, ao passar corrente elétrica nos semicondutores tipo P e N, ligados em série, uma face será aquecida enquanto que a outra será esfriada. Esse efeito, descoberto inicialmente em metais, por volta de 1840, recebeu o nome de efeito Peltier, e com o uso de semicondutores o efeito é mais pronunciado. Apresentaremos uma análise de todos os componentes que formam o sistema de refrigeração em miniatura. Essa estrutura básica é usada para desenvolver novos protótipos de produtos comerciais.

Apresentaremos uma análise de todos os componentes que formam o sistema de refrigeração em miniatura. Essa estrutura básica é usada para desenvolver novos protótipos de produtos comerciais.

[04/11/05 - P397]

**Espectrometria de fontes radioativas com energia própria para calibrar um detector do tipo cintilador inorgânico,**

ALEXANDRE PARÍSIO, Universidade Católica de Pernambuco • As radiações ionizantes são de extrema importância na área industrial para a avaliação e controle de processos, bem como na área médica para o diagnóstico e a terapia de doenças. Em todas essas aplicações é necessário o uso de detectores de radiação que devem ser calibrados para garantir a eficiência na medição da radiação, tanto para fins de radioproteção como para pesquisa.

O objetivo deste trabalho é estabelecer uma reta de calibração para um detector cintilador inorgânico de iodeto de sódio ativado com tálio NaI(Tl), utilizando fontes de radiação com energia propícia para obter tal reta.

A detecção da radioatividade é baseada na interação da radiação com a matéria, sendo assim, os detectores constituem meios que absorvem a radiação. Os detectores de cintilação são baseados na detecção de radiação fluorescente. A absorção de um fóton de um MEV pelo detector cintilador resulta em 10000 excitações, que conseqüentemente dará origem a 10000 fótons de luz (radiação fluorescente). Essa radiação é detectada por um tubo fotomultiplicador, que transforma a luz incidente em pulsos elétricos, os quais são amplificados posteriormente. A amplitude do pulso é proporcional a energia depositada pela radiação incidente. O equipamento eletrônico associado ao detector usado neste experimento consiste de pré-amplificador, amplificador, medidor de tempo, analisador, contador de pulsos, medidor e registrador.

Com o auxílio de um analisador de altura de pulsos monocal, foram estabelecidas faixas de energia. Por ser um analisador monocal, as faixas foram irradiadas uma de cada vez, durante um certo intervalo de tempo. Dessa forma, foram obtidos espectros de seis fontes radioativas: Am - 241, Co - 137, Ba - 133, Na - 22, Cs - 137 e Mn - 54. Nos espectros foram identificados os fotopicos referentes a cada fonte, indicando a faixa em que se tem uma maior interação dos fótons com o meio detector. A partir desses espectros foi traçada uma reta de calibração (mv x energia em Kev) para o detector cintilador.

[04/11/05 - P398]

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CÉLULA ARTIFICIAL A PARTIR DO MODELO DE HODGKIN E HUXLEY PARA SIMULAÇÃO DOS ELEMENTOS PASSIVOS E ATIVOS DA MEMBRANA CELULAR.**, EDGLEI DE SOUSA MARQUES, FRANCISCO WALBER FERREIRA DA SILVA, RAFAEL TEIXEIRA EUFRÁSIO, FRANCISCO SALES ÁVILA CAVALCANTE, *Universidade Estadual do Ceará* • Em uma série de artigos publicados em 1952, Alan L. Hodgkin e Andrew F. Huxley apresentaram uma série de experimentos em que investigaram as correntes elétricas através da membrana do neurônio gigante da lula. Estes trabalhos culminaram com o desenvolvimento de um modelo matemático para descrever os fenômenos de condução e excitação elétrica nesse sistema. Em particular, o modelo de Hodgkin e Huxley (modelo H-H) descreve o comportamento das correntes iônicas de sódio e potássio através da membrana do neurônio, que são as responsáveis pela geração de potenciais de ação. As equações deste modelo, conhecidas como "equações de Hodgkin e Huxley" formam a base matemática para a descrição de uma variedade de fenômenos associados a tecidos excitáveis. A dinâmica do modelo H-H tem sido extensivamente estudada tanto do ponto de vista de suas implicações biológicas como do ponto de vista do tipo de soluções que esse modelo suporta. Circuitos elétricos, representando as propriedades passivas da membrana, podem ser construídos. Com o avanço da microeletrônica e o surgimento do microcontrolador, foram fortemente aumentadas as facilidades

de resolução de problemas pela diminuição dos circuitos eletrônicos e pelo aumento da capacidade de processamento. Seguindo essa linha, desenvolvemos um circuito baseado em microcontroladores da família 8051 que simula os elementos passivos e ativos de uma célula que se comporta de acordo com o modelo H-H. Os parâmetros de entrada (corrente ou tensão) das equações são inseridos por uma interface de entrada/saída acoplada ao microcontrolador. Os parâmetros de saída do microcontrolador são entregues a uma placa conversora analógica/digital em um microcomputador que possibilita a análise dos dados e obtenção dos gráficos da resposta de tensão ou corrente da célula artificial a estímulos.

[04/11/05 - P399]

**Uma alternativa de computação paralela usando o Mathematica**, JOSÉ BORBA DA SILVA JÚNIOR, ELDER ALPES DE VASCONCELOS, ERONIDES FELISBERTO DA SILVA JUNIOR, *Laboratório de Microeletrônica, Departamento de Física, UFPE* • Computação paralela corresponde à coordenação das atividades e troca de dados em um conjunto de processadores (denominados nós) com o objetivo de reduzir o tempo de execução de determinados algoritmos. O uso de tal ferramenta é feito em casos de elevadas quantidades de cálculo com a necessidade de rapidez nas respostas. Neste trabalho, será apresentada uma forma de paralelização entre computadores que se comunicam através da ethernet usando o protocolo de transferência TCP/IP. A execução do código em cada máquina é realizada pelo Mathematica (Wolfram Research) a partir de um servidor sob o gerenciamento de um programa em cada nó que recebe as notificações com relação ao monitoramento e correção de erros, verificação de desempenho, execução do código, etc. A coordenação das atividades entre os nós fica a cargo de um programa pré-processador no servidor, o qual distribui as partes do código contido em módulos a serem executados em cada nó. A troca de dados durante a execução é estabelecida de uma forma simples e eficiente sem a utilização de barreiras de sincronização para envio e recebimento de informações, como acontece, por exemplo, com o modelo BSP (Bulk Synchronous Parallel). Isso é feito através da atribuição de valores a variáveis especiais (declaradas como variáveis remotas) nestes módulos do código. O ganho de velocidade será demonstrado através de alguns exemplos de algoritmos de interesse em Física.

[04/11/05 - P400]

**Resolução do problema inverso associado à técnica de Tomografia por Impedância Magnética com o Método Simulated Annealing**, THIERRY J. LEMAIRE, HELCIMAR MOURA DE JESUS, *Laboratório de Instrumentação - Universidade Estadual de Feira de Santana* • Recentemente, uma nova técnica de imageamento de corpos condutores foi desenvolvida e é aplicada experimentalmente em medicina. Esta técnica, chamada Tomografia por Impedância Magnética (TIM), é baseada na determinação da condutividade elétrica dos objetos estudados como por exemplo os tecidos do corpo humano. Como é conhecido, o valor da condutividade destes tecidos varia numa escala de aproximadamente duas ordens de grandeza,

diferentemente do coeficiente de absorção de raios X por exemplo, propriedade aproveitado em tomografia de raios X, e que varia de um fator 2. A TIM permite portanto um maior contraste na distinção dos tecidos. O princípio da TIM é simples: uma fonte de corrente permite injetar uma corrente alternada no corpo, empregando dois eletrodos. A distribuição de corrente que circula no corpo humano gera um campo magnético que é medido num contorno (num plano) em torno da região estudada. Um modelo é invertido para poder determinar a distribuição de condutividade no plano que contém o contorno, permitindo assim discriminar os diversos tipos de tecidos e suas distribuições. Uma característica importante desta técnica é que ela não é invasiva e envolve equipamentos de baixos custos comparados com os convencionais (RMN, tomografia de raios X, ...). Ele é leve e não volumoso, permitindo em princípio a realização de equipamentos portáteis. Entretanto, a resolução da imagem bi-dimensional obtida com a TIM é ainda bem inferior à aquelas obtidas com outras técnicas. As equações que descrevem este fenômeno são simples mas o problema inverso associado é chamado mal condicionado. É portanto necessário investir nesta direção para encontrar algoritmos capazes de realizar esta tarefa com precisão e rapidez. Neste trabalho, o corpo considerado é um cilindro discretizado com 9 regiões (resolução fraca). Apresentamos simulações de inversões de dados artificiais, empregando a técnica de otimização Simulated Annealing, que conduzem a resultados satisfatórios. [1] S. Ahlfors, R.J. Ilmonemi, "Magnetic imaging of conductivity", In Proc. 14th Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (Paris), p. 1717-1718.

[04/11/05 - P401]

**ESTUDO DE NOVOS MATERIAIS POLIMÉRICOS E APLICAÇÃO A SENSORES: ESTUDO DE ELETROANTENOGRAMAS COMO SENSOR DE AROMA,** ROSA HELENA MONTEIRO DE OLIVEIRA, FRANCISCO LUIZ DOS SANTOS, *Universidade Católica de Pernambuco* • Sabemos que sensores naturais são os melhores sensores químicos encontrados. O sensor de odor é muito importante para os animais. Ele é usado para detectar alimentos, fugir de inimigos, enviar mensagens entre indivíduos da mesma espécie. A sensibilidade e o poder de especificidade é muito importante nos sensores artificiais. E alguns insetos têm essas características bem aguçadas. Testes (eletroantogramas) realizados com alguns desses insetos mostram que eles têm uma grande sensibilidade a feromônios exalados pelas fêmeas da mesma espécie. Nos insetos, os neurônios receptores de odor estão localizados em apêndices periféricos e assim podem ser manipulados independentemente do cérebro, podendo ser expostos e usados como base para estudar a plasticidade olfatória. Mas o que nos interessa é a grande sensibilidade desses sensores. Sabendo disso, usamos em nosso trabalho o órgão sensor dos insetos (antenas de barata) para detectar odores, com o propósito de, mais adiante, avaliar a possibilidade de utilizá-los como elemento ativo em nariz eletrônico. As experiências foram realizadas da seguinte maneira: Dois capilares de

Imm de circunferência interna (preenchidos com solução de Ringer) são transpassados na parede da caixa de acetato, de modo a ficarem justos à parede, para que não ocorra oscilação. Esses capilares tem suas extremidades, no interior da caixa, uma de frente para a outra. Um pedaço de fio de solda é introduzido no capilar, para que fique em contato com a solução, um em cada extremidade que está de fora da caixa. Cada fio é ligado, através de garras, a um terminal do multímetro. Uma antena deve ser retirada da barata, com a ajuda das pinças, e introduzida cada ponta dentro de uma extremidade do capilar (dentro da caixa), de modo que fique em contato com a solução. Liga-se o multímetro, na função ohmímetro, e ele dará o valor da resistência elétrica da antena. Depois que o sinal da resistência elétrica da antena da barata está estabilizado, injeta-se uma pequena quantidade da substância escolhida (a amônia, o álcool etílico e o clorofórmio) dentro da caixa de acetato, com a ajuda de uma seringa, através de um pequeno furo feito na tampa da caixa. Verificamos se há alguma mudança na resistência, indicando que a antena detectou a presença dessa substância.

[04/11/05 - P402]

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ELETROMECÂNICA DE MALHA POLIMÉRICA CONDUTORA COM APLICAÇÃO A SENSORES DE PULSAÇÃO.,**

KEYLA MARY CAVALHEIRO MENDONÇA, FRANCISCO LUIZ DOS SANTOS, *Universidade Católica de Pernambuco*

• Na correria do dia a dia, geralmente não nos damos conta dos objetos que nos cercam e um desses materiais é o plástico ou polímeros, que vêm sendo utilizados com um grau de frequência elevado. Uma nova classe de polímeros não-convencionais tem surgido com propriedades inusitadas como a condução de eletricidade, os chamados polímeros condutores. Nesse trabalho nos propomos a investigar propriedades mecânicas e elétricas de polímeros condutores que possam ser aplicadas a sensores de pulsação ou frequência de respiração. As propriedades focalizadas são os efeitos da pressão e alongação nas características elétricas de um sistema condutor constituído por um polímero convencional revestido por um polímero não-convencional. Inicialmente, realizamos um estudo sobre polímeros condutores, observando suas propriedades elétricas e mecânicas esse estudo inicial foi baseado em alguns artigos. Antes de fazer o crescimento de filme de polipirrol precisamos destilar o pirrol para purificá-lo. O monômero se oxida facilmente e normalmente se torna impuro após poucas horas de armazenamento na presença de oxigênio. Depois fizemos várias experiências, uma das foi a verificação da resistência elétrica variando com o peso em um pedaço de plástico polimerizado, após isso realizamos outra experiência em uma liga de borracha polimerizada para observarmos os parâmetros quando variava-se o peso suspenso por ela. A destilação a vácuo não é tão simples como uma destilação comum, mas o sistema especial para essa destilação facilitou bastante essa tarefa. Os resultados obtidos na experiência mostraram que quando utilizamos ligas de borrachas com espessuras diferentes

as resistências elétricas tinham valores notadamente diferentes. Portanto, concluímos que, quando menor a espessura da liga de borracha maior a resistência elétrica dela e vice-versa. Além disso, concluímos com a experiência da polimerização do plástico que quando maior o peso sobre ela maior sua resistência elétrica.

[04/11/05 - P403]

**Protótipo de um aerogerador de energia em mancais magnéticos com estator de espiras planares,** GEISE MARJORE FERREIRA MENDES, ANTONIO JOSÉ SILVA OLIVEIRA, *Departamento de Física - UFMA - Brasil*, CLOVIS BOSCO MENDONÇA OLIVEIRA, *Departamento de Engenharia Elétrica - UFRN - Brasil* • No presente trabalho apresentamos o desenvolvimento de um protótipo de um aerogerador de energia elétrica em mancais magnéticos, com espiras planares, evitando assim contatos mecânicos entre o rotor e o estator, através de rolamento ou bucha, reduzindo perdas no sistema, aumentando a eficiência do mesmo. Como se trata de um gerador eólico, o trabalho foi direcionado à aplicação da máquina síncrona como unidade geradora, devido às suas particularidades. O processo de levitação utilizado foi baseado em ímãs longitudinalmente distribuídos em uma base composta de quatro ímãs formando um colchão magnético para sustentação do rotor. Para entendermos as forças que mantêm o rotor suspenso e em equilíbrio estável, resolvemos o problema que envolve as forças entre dois dipolos. O conjunto foi pensado como a interação de dois pares de dipolos com outros dois, representando a base e o rotor respectivamente. Após a identificação dos principais parâmetros físicos da máquina síncrona, que é uma máquina de corrente alternada na qual a frequência da tensão induzida e a velocidade possuem uma relação constante, algumas modificações foram feitas já que se trata de um aerogerador em mancais magnéticos, uma delas foi a utilização de ímãs permanentes em vez de bobinas no rotor. O estator é composto por seis espiras na forma planar. Concluímos então que o melhor aerogerador em mancais magnéticos deverá ser máquinas síncronas com excitadores de ímãs permanentes. Realizamos também um estudo quantitativo do potencial eólico do Brasil e em particular, da nossa região onde concluímos que um sistema híbrido de geração de energia será o mais viável.

[04/11/05 - P404]

**O movimento de um pião sob campo magnético produzido por um disco condutor em rotação,** PAULO ROGÉRIO DIAS PINHEIRO, ANTONIO JOSÉ SILVA OLIVEIRA, *Departamento de Física - UFMA - Brasil* • O presente trabalho tem como essência abordar a aplicabilidade de transmissão de movimento sem contato mecânico de um corpo magnético colocado na presença de um disco condutor em rotação. O problema foi tratado como sendo uma carga se deslocando com velocidade  $v$  sobre uma placa condutora, analisando as forças de arrasto e de sustentação, segundo descrição dada por Maxwell. O surgimento dessas forças acontece porque as correntes de eddy que são induzidas na placa condutora, na presença da carga, atuam da mesma forma que uma "carga imagem". Para verificação das forças

de arrasto e sustentação foram construídos dois equipamentos compostos de um disco condutor em rotação e balança. Os dados experimentais das interações medidos, entre a placa e a carga, estão em boa concordância com modelo teórico utilizado. Como uma aplicação deste fenômeno, foi confeccionado um pião simétrico em uma base magnética e uma plataforma circular onde foi colocado o disco condutor. Quando o disco começa a girar as forças de arrasto e de sustentação atuam sobre o pião fazendo com que ele se movimente e se equilibre em torno do seu eixo de simetria e em torno da precessão.

[04/11/05 - P405]

**CONTRAÇÃO DE UM GERADOR DE FUNÇÕES PARA USO EM LABORATÓRIOS DE ENSINO EM FÍSICA,** BENTO F. DOS SANTOS JÚNIOR, COCHIRAN P. SANTOS, JORGE M. P. SANTANA JÚNIOR, *UFS - SE - Brasil* • O gerador de funções apresentado neste trabalho foi desenvolvido no Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe, cujo objetivo era atender as necessidades dos laboratórios de ensino em Física, ou seja, um aparelho que fornecesse ondas quadrática, senoidal e triangular, além de uma impedância de saída de quatro ohms. Além disso, este gerador possui uma varredura de frequência de dezesseis hertz até vinte quilohertz, pequena distorção nas formas de onda e amplitude de tensão de saída de cinco volts pp; é constituído por um circuito oscilador alimentado por uma fonte estabilizada de doze volts, o controle de frequência e varredura é realizado com o auxílio de dois potenciômetros e a amplificação de sinal é realizada por meio de dois transistores do tipo bc. Verificou-se que o mesmo é de grande utilidade nas experiências tais como: circuito RLC transiente, oscilações forçadas no circuito RLC, ondas estacionárias em um corda, tubo de Kundt, trombone de Quinck e eletroeletrônica em geral. Para finalizar, este aparelho é de baixíssimo custo em relação aos geradores convencionais encontrados no mercado, fácil manutenção e os componentes utilizados são de baixo custo e encontrados com facilidade no mercado de eletroeletrônicos. Com isso, o gerador de funções apresentado neste trabalho pode ser bem aproveitado em experimentos de ensino em Física.

[04/11/05 - P406]

**Um estudo da interação da luz laser com tecidos biológicos,** IÇAMIRA COSTA NOGUEIRA, CLÁUDIA ADRIANA DE SOUSA MELO, LÍGIA CRISTINA FERREIRA COSTA, *UFMA* • Neste trabalho estudamos a interação da luz laser com tecido biológico, através de imagens que mostraram a distribuição da luz nos tecidos. Utilizamos modelos matemáticos e programas computacionais para analisar o perfil de intensidade da luz no tecido. Em todos os tecidos verificamos que a luz espalhada apresentava uma isotropia espacial, semelhante a difusão, sugerindo um decaimento exponencial para a intensidade da luz. Assim, determinamos um coeficiente de penetração efetivo da luz, fundamental no estudo da propagação da luz no tecido. Os tecidos analisados foram: baço, fígado e músculo abdominal, para os comprimentos de onda: 488 nm, 514 nm e 630 nm. Verificamos que para os tecidos,



fígado e baço, nos comprimentos de onda, 488nm e 514 nm, quase toda luz é absorvida na superfície do tecido. Podemos ver que o comprimento de onda em 630 nm mostra o melhor coeficiente de penetração para estes tecidos. Já para o músculo abdominal, tecido que apresenta menor pigmentação, houve um alto índice de penetração, em todos os comprimentos de onda analisados, principalmente em 630 nm. Este resultado é um argumento importante para justificar a utilização de terapias que fazem uso da luz laser, neste comprimento de onda e na análise da penetração da luz em tecidos biológicos.

[04/11/05 - P407]

**Desenvolvimento de um medidor de kVp não invasivo microcontrolado,** IVAN CHISTENSEN NALI, CARLOS ALBERTO PELÁ, CIDRA-DFM-FFCLRP-USP, RENATO GLAUCO, PEDRO LEMOS MENEZES, *Laboratório de Instrumentação e Acústica - UNCISAL* • Os medidores de kVp não microcontrolados requerem que os cálculos das correções relacionadas ao feixe de raios X, sejam implementados na eletrônica associada, tornando esses medidores grandes e limitados. As correções devido à radiação característica, efeitos relativos à filtragem, mA e Distância Foco-Medidor requerem cálculos manuais para corrigir os valores das leituras mostradas no "display". Utilizando microcontroladores podemos substituir todos esses circuitos eletrônicos por relações matemáticas reduzindo o alto custo de desenvolvimento. O princípio da medida permanece o mesmo dos aparelhos antigos, ou seja, é utilizado o mesmo modelo físico simplificado do coeficiente de atenuação efetivo aumentando com a kVp, mas com todos os ajustes feitos automaticamente pelo algoritmo do microcontrolador.

Através dos conversores análogo-digitais de 12bits do microcontrolador Aduc812, são coletados os sinais analógicos vindos dos sensores, que são fotodiodos BPW34 com filtragens e ampliações específicas. Após a conversão análogo-digital desses sinais, o algoritmo implementado no microcontrolador aplica a curva de calibração e os fatores de correção. O resultado é mostrado em "display" digital.

Os valores dos filtros dos fotodiodos foram encontrados através de uma simulação. O protótipo foi exposto aos raios X operando em diferentes kVps com variação da filtragem do tubo e da distância foco-detector, apresentando imprecisão menor que 3

Também foram feitas medidas com tubos de raios X odontológicos monofásicos onde o protótipo também apresentou resultados satisfatórios.

A configuração dos ganhos foi mudada várias vezes para se obter valores de tensão compatíveis com a faixa de leitura do conversor análogo-digital.

Um resultado importante é que após 70kVp, com a produção de raio-X característico, a resposta passou a se comportar de forma não linear. Esse problema teve grande influência na determinação da curva de calibração, principalmente em relação ao grau do polinômio utilizado. Para corrigir esse efeito foram utilizadas inicialmente duas curvas uma na forma exponencial e outra como um polinômio de grau 3 que apresentou melhor ajuste dos pontos experimentais.

Como os melhores medidores encontrados comercialmente, nosso protótipo também possui um conjunto de informações de ajuda ao usuário para o caso de leituras incorretas do aparelho, para isso, foram adicionadas mensagens que são mostradas no "display" especificando o erro associado e sugerindo a solução como, por exemplo: "Sinal baixo, aumente o mA ou diminua a distância foco-detector".

Agradecimentos - FAPESP, FAPEAL e CNPq

[04/11/05 - P408]

**Controlando a dependência energética de câmaras de ionização de placas paralelas através da adição de alumínio no volume sensível,** VITOR M. GELONEZI, CARLOS ALBERTO PELÁ, CIDRA-DFM-FFCLRP-USP, RENATO GLAUCO, PEDRO LEMOS MENEZES, *Laboratório de Instrumentação e Acústica - UNCISAL* • As Câmaras de ionização preenchidas com ar são os instrumentos mais usados em dosimetria na área de radiodiagnóstico. Sua dependência energética para baixas energias é um fator limitante, prejudicando em alguns casos a qualidade das medidas. A resposta da câmara está diretamente relacionada com os materiais usados na janela de entrada. Dependendo da energia do fóton, uma parcela dos mesmos interage com a janela gerando elétrons dentro do volume sensível da câmara. Desta forma, pode-se manipular a configuração de materiais da janela de entrada para aumentar ou diminuir a quantidade de elétrons gerados e conseqüentemente a carga a ser coletada. Isto permite construir uma câmara com menor dependência energética e trazer maior confiabilidade às medidas. Para tal estudo construiu-se uma câmara de ionização de 10cc de placas paralelas, com janelas de entrada constituída de policarbonato e áreas variáveis de alumínio, acoplada a um eletrômetro construído e um eletrômetro Radcal modelo 9015 com uma câmara de 6cc, usado como referência e um equipamento de raios-X de radiodiagnóstico com filtração de 4,0 mm Al. Para adquirir os dados efetuou-se a exposição simultânea dos instrumentos a 1,00 m de distância da fonte com tempo de exposição 0,5 s, onde se variou a energia de 33,3 keV a 60,4 keV. Os resultados obtidos mostram que a razão entre a carga gerada pela câmara desenvolvida e o kerma obtido pela referência, cresce com o aumento da área de alumínio. Observa-se também que para uma área de alumínio fixa e energia variável, o valor da razão não é constante tendo um decréscimo com o aumento da energia. O aumento da razão carga/kerma está diretamente ligado à inserção de alumínio no volume sensível da câmara, pois para o intervalo de energia usado existe uma probabilidade muito maior de ocorrência do efeito fotoelétrico para o alumínio em relação ao policarbonato. A inserção de alumínio no volume ativo de uma câmara de ionização causa um aumento da carga coletada. A proporção deste aumento, dependente da energia e da área de alumínio, podendo ser controlado de modo a melhorar a resposta da câmara de ionização na faixa de radiodiagnóstico.

Agradecimentos - FAPESP, FAPEAL e CNPq

## MAT - Física dos Materiais

[04/11/05 - P409]

**Aplicação de Óxido de Zinco na Cosmética de Protetores Solares,** DAVI ALVES FREIRE, MARCELO ANDRADE MACÊDO, *Universidade Federal de Sergipe* • Estudos recentes revelam que o óxido de Zinco (ZnO) absorve a radiação UV. A adição desta partícula a protetores solares com a finalidade de otimizar seu efeito é possível graças ao fato do ZnO ser não-tóxico e não irritar a pele. O Óxido de Zinco foi obtido através da técnica inovadora de sol-gel protéico na presença do cloreto de potássio. Este procedimento foi adotado com o intuito de estudar a influência deste sal no tamanho da nanopó de ZnO. Neste procedimento, a água de coco depois de filtrada é misturada com o  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  à concentração de 0,4 mol/dm<sup>3</sup>. Cinco sois foram preparados com diversas concentrações de KCl, tais como: 0; 0,1; 0,5; 1 e 2 mol/dm<sup>3</sup>. Observando que para a concentração de 2 M a solução já apresentava sinais de saturação. Para desidratar os sois e obter o xerogel, eles foram colocados numa estufa por um período de 24 horas à 100 °C. Os xerogéis obtidos foram distribuídos em 5 recipientes diferentes segundo a sua concentração de cloreto de potássio. Para obter o nanopó o xerogel foi tratado a 500 °C e a 700 °C por 1 hora com taxa de aquecimento de 30 °C/min. Após todos esses procedimentos de obtenção da nanopartícula ainda efetuou-se a lavagem desta por 5 vezes afim de retirar o cloreto presente. A lavagem foi feita diluindo o nanopó em água destilada, após misturar bem deixamos em repouso para que houvesse precipitação. Após descartar o excesso de água a solução foi colocada na estufa a 100°C para secar. O óxido de zinco tratados a 700 °C apresentou uma maior homogeneidade em água destilada quando submetido ao procedimento de lavagem, comparada ao óxido de zinco tratados a 500°C para uma dada concentração. Observamos que conforme a concentração de cloreto de potássio aumentava, o xerogel tornava-se mais “explosivo” quando submetida a altas temperaturas no forno. Em análises de difratometria de raio X verificamos o tamanho do nanopó obtido.

[04/11/05 - P410]

**Produção e caracterização de cerâmicas de Germanato de Bismuto dopadas com Terras Raras,** GEANE DA CRUZ SANTANA, ANA CAROLINA SANTANA DE MELLO, MÁRIO ERNESTO GIROLDO VALERIO, ZÉLIA SOARES MACEDO, *Universidade Federal de Sergipe* • Este trabalho investiga o potencial de aplicação do material cerâmico de Germanato de Bismuto ( $Bi_4Ge_3O_{12}$  - BGO) dopado com os íons lantanídeos  $Nd^{3+}$  e  $Eu^{3+}$  como cintilador para uso em sensores industriais, equipamentos hospitalares e em física de altas energias. Entre as vantagens do uso das cerâmicas, podem ser citados os custos reduzidos de produção, a distribuição mais homogênea de dopantes na rede cristalina e a possibilidade de se produzir corpos cerâmicos de tamanhos e formas variados. A produção dos pós cerâmicos de BGO utilizou a rota de síntese de estado sólido, envolvendo a moagem dos reagentes e sua posterior calcinação a 800 °C por 8h em forno de atmosfera aberta. Após a síntese, os pós eram conforma-

dos por prensagem uniaxial e sinterizados a 840 °C / 10h. Para fins de estudos comparativos, foram produzidos pós cerâmicos puros e dopados com 1mol% de  $Nd^{3+}$  ou  $Eu^{3+}$  e 0,5mol% de  $Eu^{3+}$ . A análise estrutural dos pós calcinados e das cerâmicas sinterizadas foi realizada através da difratometria de Raios-X (XRD), e revelou a formação do  $Bi_4Ge_3O_{12}$  como fase cristalina única. A densidade dos corpos cerâmicos “a verde” e sinterizados foi acompanhada através dos métodos geométrico e de Arquimedes. Nestas medidas, observou-se que a densidade das cerâmicas evoluiu de um valor inicial de 60% até um valor final de 98% durante o processo de sinterização. A cerâmicas produzidas estão sendo testadas quanto à sua transparência, eficiência como cintilador e dano por adiação, três características essenciais para um bom cintilador. Através de medidas preliminares de termoluminescência, observou-se um pico de emissão em torno de 58 °C em todas as amostras testadas, e bandas de radioluminescência em torno de 450 nm na cerâmica pura, com bandas adicionais nos materiais dopados, indicando o aumento da cintilação devido à formação de novos centros de luminescência.

[04/11/05 - P411]

**Propriedades ópticas de óleos derivados do fruto da palma.,** EDSON CARLOS DE BARROS NUNES, SANCLAYTON G. C. MOREIRA, PETRUS ALCANTARA JR., *Grupo de Física de Materiais da Amazônia, Departamento de Física, Universidade Federal do Pará.* • O conhecimento do índice de refração e do coeficiente óptico de extinção dos materiais permite obter informações quanto à mudanças estruturais, ligações químicas e composição, sendo importante para delinear os possíveis usos desses materiais em processos e inovações tecnológicas. A medição do índice de refração de materiais é feita usando refratômetros do tipo Abbe ou Pulfrich, que funcionam com base na medida do ângulo de reflexão interna total. Nestes instrumentos, a luz incidente a partir do substrato forma, no interior do prisma, um contorno bem definido de claro e escuro que permite a medição do ângulo crítico entre o material e o prisma do instrumento e, permitem precisão de uma parte em dez mil. Usando um refratômetro de Abbe associado com um banho térmico com temperatura controlada, medimos a dependência do índice de refração com a temperatura de diferentes óleos extraídos dos frutos da palmeira de dendê (*Elaeis guineensis*), um dos produtos de maior importância na pauta de exportações do Estado do Pará. Os produtos caracterizados foram: óleo de palma, óleo de palmiste, oleína e estearina. Regressão linear aplicada aos gráficos do índice de refração em função da temperatura permite a determinação dos gradientes de temperatura dos índices. Também foram medidos os coeficientes de atenuação óptica dos óleos vegetais usando caminhos de 4,0 cm de comprimento e luz laser em 632,8 nm e 532 nm. Os resultados são importantes para subsidiar pesquisas futuras quanto a interação desses produtos com luz, e para a ampliação de um banco de dados para a classificação de óleos vegetais extraídos da flora amazônica quanto às suas propriedades físicas. Os óleos usados neste trabalho foram cedidos pela agroindústria AGROPALMA (Belém). Apoio financeiro: CNPq, SECTAM-PA e FINEP.

[04/11/05 - P412]

**Temperature dependence of the electrical properties of pisceos collagen membranes,** RICARDO MAGNO BARBOSA MENDES, CARLOS WILLIAM DE ARAUJO PASCHOAL, *Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão*, RAQUEL MARIA TRINDADE FERNANDES, CÍCERO WELLINGTON BRITO BEZERRA, *Departamento de Química, Universidade Federal do Maranhão* • Collagen is the material with more bioapplications, given its antigenicity associated with its biocompatibility, being employed in medicine, pharmaceutical industry, cosmetics, dentistry etc. In these areas, the collagen can be used as membranes, sponges, gel, coating of metals, synthetic polymers, injectable material and son on. Its well established that the basic unit of collagen, labeled tropocollagen, consists of three poly(amino acids). In the central region of tropocollagen, the three chains are wrapped into a triple helical conformation, where the presence of glycine in every three residues being a prerequisite for this conformation. Only the terminal regions of tropocollagen (telopeptides), containing about 20 amino acids, do not possess the triple helical conformation. The molecular weight of the Tropocollagen units, that possess a rod-like shape with a length of 280 nm and a diameter of 1.4 nm, is in the order of  $300.000 \text{ g.mol}^{-1}$ . Due to this configuration, the collagen is able to form organized assemblies in the extracellular space. Thus, there are several types of organization given several types of collagen, being the commonest where the adjacent molecules are aligned with respect to their neighbours, being stabilized by intramolecular covalent cross-links. This collagen arrangement is called type I and, due to this natural align, presents piezoelectricity. Collagen and your electric properties was extensively investigated. However, from a long time, the traditional source of collagen has been mammals wastes, mainly bovine and porcine skins and bones. More recently, there are an increasing in the interest in collagen and others biopolymers extracted from fishes. In this work, we investigated the extracted collagen of natatory bladders of tropical fishes, namely: *Arius parkeri* and *Cynoscion acoupa*, that are commonly found in the Brazilian coast. The extracted collagen was formatted in membranes and their electric properties was investigated by impedance spectroscopy in function of the temperature.

[04/11/05 - P413]

**Propriedades ópticas do composto BaTi(BO3)2 nas fases vítrea e cristalina,** EDUARDO HENRIQUE ALBUQUERQUE DO NASCIMENTO, THIAGO HENRIQUE SOARES DA SILVA, NIVEA FERNANDA CORREA, CARLOS ALBERTO CARNEIRO FEITOSA, *UFMA - MA - Brasil* • Vidros e cristais boratos podem ser utilizados em diversas aplicações em óptica devido a alta polarizabilidade dos grupos aniônicos boratos, existentes nesses materiais. O borato BaTi(BO3)2 pode ser sintetizado nas fases vítrea ou cristalina, possibilitando o estudo da influência da estrutura, cristalina ou amorfa, nas suas propriedades. Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo entre

algumas propriedades ópticas das fases vítrea e cristalina do composto BaTi(BO3)2. A fase vítrea foi obtida por fusão da mistura dos óxidos BaO, TiO2 e B2O3 a 1100°C, seguida por um resfriamento rápido, enquanto que a fase cristalina foi obtida por tratamento térmico da amostra vítrea a 700°C. As amostras vítrea e cristalina foram caracterizadas pela técnica de reflectância difusa na região do visível e do ultravioleta. A amostra vítrea também foi caracterizada pela técnica de transmissão óptica. A partir dessas medidas foram obtidos o comprimento de onda de corte na região do ultravioleta e a respectiva energia da borda de absorção para as fases vítreas e cristalinas. As diferenças encontradas podem ser explicadas pela presença de grupos aniônicos contendo o elemento titânio que estão apenas na amostra vítrea. Na amostra cristalina a coordenação do elemento titânio é 6, enquanto que na amostra vítrea existe a possibilidade do titânio ter coordenação 4, 5 ou 6.

[04/11/05 - P414]

**COMPARAÇÃO DO POTENCIAL DE MEMBRANA NO MODELO DE INTEGRAÇÃO-E-DISPARO PASSIVO COM DADOS EXPERIMENTAIS EM CÉLULAS NERVOSAS,** KÁRCIA MANOELA, FRANCISCO WALBER FERREIRA DA SILVA, JOSÉ HENRIQUE LEAL CARDOSO, FRANCISCO SALES ÁVILA CAVALCANTE, *Universidade Estadual do Ceará* • A maioria das células animais mantém uma diferença de potencial elétrico através de suas membranas celulares, denominada potencial de membrana, que é essencial para que algumas células exerçam determinadas funções no organismo. Os neurônios são células que permitem uma variação nesse potencial de membrana, produzindo impulsos nervosos ou potenciais de ação, em resposta a estímulos. Os potenciais de ação formam a base do transporte de sinais elétricos neste tipo de células. Os mecanismos biofísicos responsáveis pela atividade neuronal são bem compreendidos atualmente e, assim, fornecem uma base para a construção de diversos tipos de modelos neuronais. Neste trabalho, estudou-se um modelo bastante simples e de grande utilidade no estudo do comportamento de uma célula nervosa em resposta a determinado estímulo: o modelo de integração-e-disparo passivo. neste modelo, o fenômeno da adaptação da frequência de disparo é incorporado através da introdução de um termo de condutância para o potássio. Foram realizados experimentos em que se aplicou um pulso de corrente constante (clampeamento de corrente) em células nervosas do gânglio cervical superior de ratos, tendo sido realizada a parametrização do modelo de modo a ajustar sua saída aos dados experimentais.

[04/11/05 - P415]

**Pigmentação Cerâmica com Zn0.9Ni0.1O,** ALLAN DURVAL PINTO ROCHA, MARCELO DA ANDRADE MACÊDO, *Universidade Federal de Sergipe* • O óxido de zinco (ZnO) tem uma grande importância na produção de pigmentação cerâmicas, através de sua dopagem com metais de transição. Diferentes processos já foram utilizados com sucesso para obtenção de pós de óxido de zinco. Neste trabalho o nanopó foi obtido por um novo processo chamado de "sol-gel protéico", que consiste

em dissolver  $Zn(NO)_2 \cdot 6H_2O$  e  $Ni(NO)_2 \cdot 6H_2O$  em água de coco filtrada. Em seguida a mistura foi aquecida por 24 h a 100 °C para obter o xerogel e triturada para ser calcinado a 1200 °C por 1h, obtendo-se assim nanopó de  $Zn_{0.9}Ni_{0.1}O$ . Analisou-se o nanopó por meio de difração de raios-X, com um passo de 0,02°, um tempo de medida de 5s por passo e dentro de um intervalo angular de 30 a 70°. Os resultados obtidos ficaram de acordo com o banco de dados. Pelo difratograma de raios-X foi possível perceber um deslocamento de 0,07° para a direita no maior pico que se encontrou em 43,286°, o que também havia sido relatado em artigos anteriores. Isto está correlacionado ao fato que o íon de Ni é menor do que o íon do Zn. Após efetuado o refinamento vimos que  $a = 3,25095$   $b = 3,25095$   $c = 5,20068$ , enquanto antes era  $a = 3,24982$ ,  $b = 3,24982$ ,  $c = 5,20661$  ( $a, b, c$  são coordenadas espaciais da célula unitária); o volume foi igual a 47,600, antes era 54,700; a densidade foi igual a 5,6778 g/cc, antes era 6,8090 g/cc; o "gof" (goodness of fit) foi de 2,18 e que havia duas fases 86,6

[04/11/05 - P416]

#### USO DE TLD PARA ANÁLISE DE DOSE SUPERFICIAL E EM PROFUNDIDADE EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA,

CRISTYANE S. S. OLIVEIRA, ROBERTA P. MORAIS, DIVANÍZIA N. SOUZA, *Universidade Federal de Sergipe*

• Na odontologia tem-se observado uma crescente preocupação relacionada aos métodos empregados em radiologia diagnóstica, principalmente no que se refere aos equipamentos. As radiografias intrabucais são realizadas com frequência, pois elas permitem a visão em conjunto dos elementos dentais da região de incidência e tecido ósseo adjacente. Embora as doses recebidas por pacientes submetidos a estas radiografias sejam consideradas baixas, estas doses e as características dos equipamentos empregados devem ser investigadas. Neste trabalho foram realizadas análises dosimétricas com o uso da técnica de termoluminescência para estudo das características dos feixes de raios X empregados em radiografias intrabucais utilizando dosímetros termoluminescentes (TLD), câmara de ionização e filmes radiográficos de dimensões grandes. Nas avaliações das doses foi utilizada uma câmara de ionização de placas paralelas Radcal Corp. 2025C e TLD de  $CaSO_4:Dy$  + Teflon, produzidos IPEN/CNEN/SP. Foram obtidas curvas de emissão termoluminescentes dos dosímetros expostos a diferentes tempos de irradiação, previamente determinados para indivíduos de sexo feminino e masculino em cada região intrabucal. As regiões intrabucais analisadas foram a periapical do dente incisivo, molar e pré-molar e a região oclusal. Não foram feitas análises em pessoas, as regiões foram simuladas por meio de um aparato de acrílico. O uso de absorvedores no simulador possibilitou o conhecimento das doses em profundidade no tecido bucal dos pacientes. Os valores de kerma no ar foram obtidos com as câmaras posicionadas na saída do cone localizador do feixe. As áreas integradas das curvas de emissão de cada uma das regiões intrabucais de pacientes do sexo masculino e feminino mostraram valores coerentes em relação aos obtidos com a câmara

de ionização e pelos dois métodos eles apresentaram-se diretamente proporcionais ao tempo de exposição. As análises com filmes possibilitaram a avaliação do espalhamento do feixe de radiação no aparato simulador.

[04/11/05 - P417]

#### Comportamento fluorescente da hidroxiapatita dopada com $Cr^{3+}$ ,

TATIANA SANTOS DE ARAUJO,

MÁRIO E. G. VALERIO, *UFS - SE - Brasil*, *UFS - SE - Brasil*

• A hidroxiapatita (HAP,  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) tem sido extensivamente investigada por sua larga aplicação no campo da medicina e da odontologia, como um substituto ósseo e dentário em implantes. Isso se deve principalmente pela sua alta compatibilidade e osteointegração, cuja composição química é similar à dos ossos e dentes. Apesar do sistema biológico de cada ser humano responder a presença de um corpo estranho de diferentes formas e em diferentes velocidades, é possível compreender os processos que ocorrem na interface do material com os tecidos vivos. Dentro desse contexto o trabalho enfoca o desenvolvimento de nanocristais de hidroxiapatita usando o método de precipitação química para aplicação em biosensores como marcadores fluorescentes. A inclusão do  $Cr^{3+}$  de forma controlada permite potencializar a capacidade de sensoriamento do material e torna possível o estudo da sua reabsorção e liberação no tecido humano. A escolha do cromo trivalente baseou-se em sua baixa toxicidade e em sua fluorescência. O Nacional Research Council (NRC) recomenda uma ingestão diária de  $Cr^{3+}$  segura e adequada de 50-200  $\mu g$ /dia. A sua baixa toxi-

dade se deve, em parte, a dificuldade de penetração celular, pois o cromo trivalente forma complexos octaédricos, que não podem penetrar facilmente os canais celulares. O comportamento fluorescente do  $Cr^{3+}$  na estrutura da HAP é analisado através da técnica de espectrofluorimetria, onde a luminescência é gerada pela excitação com luz. Os resultados asseguraram a incorporação do dopante na matriz no estado  $3+$  e revela suas transições eletrônicas. Os espectros de emissão-excitação mostram duas principais emissões em 454 e 464 nm. A primeira é relativa a transição  ${}^4T_1 \rightarrow {}^4A_2$ , enquanto a segunda é devido à transição  ${}^2T_2 \rightarrow {}^4A_2$ . Embora, dentro do nosso conhecimento, nunca tenha sido reportado na literatura o estudo da fluorescência do  $Cr^{3+}$  na HAP os resultados comprovam o sucesso do material como possível marcador fluorescente biocompatível.

[04/11/05 - P418]

#### MONITORAMENTO DE SISTEMAS DE ESTERILIZAÇÃO DE ÁGUA MINERAL USANDO DOSÍMETROS DE UV,

CRISTYNE SILVA SANTOS DE OLIVEIRA, SUELLEN

MARIA VALERIANO NOVAIS, MARCELINO VICENTE DE ALMEIDA DANTAS, ZÉLIA SOARES MACEDO, *Universidade Federal de Sergipe*

• As águas minerais são aquelas que por sua composição química ou características físico-químicas são consideradas benéficas à saúde. Entretanto, o processo de industrialização de água mineral tem observado a incidência de algas no produto envasado, o que não impede que estas propriedades benéficas sejam mantidas, mas que interfere na estética do produto (água

verde). Uma forma de eliminar a presença de algas nos garraões é a irradiação com luz Ultravioleta (UV) em um comprimento de onda de 254 nm, classificada como UV-C. Esta energia provoca a quebra do DNA dos microorganismos, que se tornam inativos e não se multiplicam. O objetivo do presente trabalho, realizado em parceria com uma empresa de água mineral, é determinar as condições ideais de irradiação da água já envasada, para eliminação total de algas presentes no produto. A primeira etapa do trabalho consistiu na produção de compósitos e cerâmicas com propriedades dosimétricas para a faixa de energia desejada. Os materiais utilizados foram compósitos topázio-vidro e cerâmicas de Bi<sub>2</sub>GeO<sub>20</sub>. A termoluminescência destes materiais foi medida após irradiação com uma lâmpada de UV-C de 15W, por diferentes períodos de tempo. Durante a irradiação foram testados materiais de diferentes garrafas de água mineral, para saber o coeficiente de atenuação desse material para a radiação UV. Foi feita também a irradiação diretamente na água a diferentes profundidades para se determinar a atenuação da radiação UV pela água. Os compósitos topázio-vidro apresentaram um pico termoluminescente estável em torno de 170 °C, linearmente dependente da dose recebida, e por isso foram escolhidos como dosímetro nos testes realizados. Os testes de atenuação revelaram que apenas alguns materiais plásticos das garrafas permitem a passagem da luz em 254 nm. Com os resultados, foi possível propor à empresa um sistema de lâmpadas UV capaz de eliminar completamente as algas, quantificando-se o número de lâmpadas a ser utilizado, a potência das lâmpadas e o tempo de exposição do produto à radiação. O uso específico das garrafas que permitam a passagem de UV também foi recomendado à empresa.

[04/11/05 - P419]

**Caracterização de Cristais de Epóxido da Chalcona por Espectroscopia Raman,** R.R.F.BENTO, J.A. LIMA JR., P.T.C.FREIRE, *Depto. de Física - UFC*, M.C. MATTOS, M.C.F. OLIVEIRA, R.V.S. MAMEDE, *Depto. de Química - UFC* • Os epóxidos são materiais de partida para uma grande variedade de compostos químicos, tais como: glicóis, álcoois, compostos carbonílicos, aminas, compostos olefínicos, polímeros do tipo "poliésteres", poliuretanas e epoxi-resinas. Devido a essa grande versatilidade, os epóxidos participam de uma grande variedade de reações de relevância industrial, como por exemplo na produção de plastificantes, estabilizadores e elastômeros, como aditivos na indústria de lubrificantes, como herbicidas e na modificação de odores florais na indústria de perfumaria. Neste trabalho os modos vibracionais de um cristal de epóxido da chalcona são investigados por espectroscopia Raman à temperatura ambiente. Medidas de espalhamento Raman realizadas com um laser de argônio emitindo na linha 488 nm e a luz analisada por um espectrômetro T64000 da Jobin-Yvon com detecção CCD são apresentadas. A geometria de espalhamento escolhida foi a de retroespalhamento com a luz entrando na face de maior dimensão e com polarização ao longo do maior eixo. O objeto inicial deste trabalho é a identificação destas bandas (no estado sólido, em

particular, porque podemos fazer o experimento com luz polarizada) e numa segunda etapa o objetivo é se tentar a manipulação desta molécula, adicionando-se grupos funcionais em sua estrutura.

[04/11/05 - P420]

**Estudo da estrutura do antimônio depositado nas faces (100),(110) e (111) de Prata via Teoria do Funcional da Densidade,** ALCEMIRA CONCEIÇÃO OLIVEIRA, CAIO MÁRIO CASTRO DE CASTILHO, FERNANDO DE BRITO MOTA, *Grupo de Física de Superfície e Materiais-Instituto de Física-UFBA* • Este trabalho tem como objetivo o estudo das estruturas formadas pelo antimônio depositado em Prata nas faces (100), (110) e (111) e comparar com os resultados obtidos experimentalmente. O método utilizado para este estudo é a simulação computacional via Teoria do Funcional da Densidade (*Density Functional Theory - DFT*), usando o código SIESTA (*Spanish Initiative for Electronic Simulation with Thousands of Atoms*) que parte do cálculo da densidade de carga, permitindo determinar propriedades de sistemas formados por um número elevado de átomos utilizando algoritmos baseado na formulação de Kohn-Sham para a auto-consistência. Obtendo-se desta forma as propriedades estruturais e eletrônicas de superfície. Foram efetuados cálculos para um sistema de Ag e Sb contendo oito camadas com uma otimização de 0,05eV/Å para a determinação de parâmetros, como o pseudopotencial, parâmetro de rede (referente à "caixa" do sistema) e testes com alguns potenciais de troca que se mostrem mais adequados às simulações para a estrutura de antimônio depositado em prata. Os cálculos efetuados com estes parâmetros foram utilizados para fazer o estudo da face (111) de Antimônio (substitucional) depositado em Prata, comparando com resultados obtidos para esta face via LEED e por outro método computacional [1,2].

[1] E.A.Soaes, C.Bitencourt, V.B. Nascimento, V.E. de Carvalho, C.M.C.de Castilho, C.F. McConville, A.V. de Carvalho, D.P.Woodruff, *Phys. Ver. B* 61 (2000) 13983.

[2] D.P Woodruff, J. Robinson, *Applied Surface science* 219 (2003) 1-10.

[04/11/05 - P421]

**Influência do oxigênio na obtenção da hexaferrita de bário,** SAULO SANTOS FORTES, MARCELO ANDRADE MACÊDO, *Universidade Federal de Sergipe* • A hexaferrita de bário tem atraído grande interesse para aplicação em máquinas elétricas, sensores, absorvedores e meio de registro magnético, além de servir de matéria prima para a fabricação de ímãs artificiais. Para a obtenção dessa hexaferrita de bário, buscou-se um procedimento eficiente, que reúna no material resultante características interessantes como boa magnetização e tamanho médio dos cristais adequado, e que o custo desse processo seja o menor possível. Foi utilizado então o processo sol-gel protéico, uma nova rota que utiliza a água de coco como solvente na preparação do xerogel. Através desse processo já foram produzidas, com sucesso, a própria BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, e também os compostos CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> na forma de filme fino. A preparação da amostra se deu misturando-se, em um recipiente contendo água

de coco, nitrato de ferro III nonahidratado com nitrato de bário. Em seguida, o gel obtido foi deixado em repouso em uma estufa a 100 graus Celsius para obter o xerogel. Prevendo perda de ferro durante o processo, a proporção Fe/Ba foi igual a 12, ou seja, 12 moles de ferro para cada mol de bário. O xerogel foi tratado termicamente a diferentes temperaturas, porém algumas amostras foram tratadas em atmosfera ambiente enquanto outras foram tratadas em atmosfera controlada, sob um fluxo de oxigênio de 2 l/min. A técnica utilizada para a caracterização dessas amostras foi a difratometria dos raios X. Resultados preliminares mostraram que nas amostras calcinadas em atmosfera ambiente houve a formação da hexaferrita de bário juntamente com a monoferrita de bário. Novas análises de difratometria dos raios X estão sendo realizadas e seus resultados comparados uns com os outros. Uma análise geral e conclusiva será apresentada no evento.

[04/11/05 - P422]

**Densidade de estados de fônon a baixa temperatura e dinâmica de grupo metil paracetamol.**, E. A. DE OLIVEIRA, A. P. AYALA, I. GUEDES, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, C.-K. LONG, A. I. KOLESNIKOV, *Argonne National Laboratory, Argonne* • Paracetamol (p-acetoxiacetanilide ou acetaminophen) foi preparado pela primeira vez em 1878 e é antipirético e analgésico mais amplamente usado no mundo. Apesar deste fato, seu espectro vibracional a baixa energia, ainda não foi bem estudado. Nessa região espectral são observados os modos libracionais do grupo metil. Os grupos metil provêm uma maneira para investigação do tunelamento coerente de prótons no estado sólido devido à indistinguibilidade dos três prótons e o pequeno momento de inércia do rotor molecular [1,2]. Além disso, pequenas moléculas, como o paracetamol, contendo grupos peptídicos têm sido muitas vezes estudadas como sistema modelo para polipeptídeos e proteínas. Neste trabalho, nós investigamos os espectros de Raman e inelástico de nêutrons a baixa temperatura do polimorfo monoclinico do paracetamol. As espectroscopias no infra-vermelho e Raman tem sido usadas para investigar o espectro de vibracional de alta energia [3] ou para distinguir entre os diferentes polimorfos [4]. A espectroscopia Raman nos proporciona uma excelente ferramenta para investigar os modos interno e libracionais do grupo metil devido a sua habilidade para observar modos vibracionais tanto a baixa como a alta energia. Ainda que não é possível detectar diretamente o tunelamento de prótons através desta técnica, algumas evidências da desordem induzida por este efeito pode ser obtida da largura de linhas das bandas. Todos os nossos resultados apontaram mudanças na dinâmica do grupo metil abaixo de 100 K. Os resultados obtidos por ambas as técnicas estão de acordo, confirmando que os modos vibracionais associados ao grupo de metil exibem anomalias com a dependência com a temperatura. Este comportamento é discutido em termos do rotor clássico e/ou quântico ao grupo metil.

[1] M.R. Johnson, M. Prager, H. Grimm, M.A. Neumann, G.J. Kearley, C.C. Wilson, *Chem. Phys.* 244 (1999) 49. [2] M. Prager, A. Heidemann, *Chem. Rev.* 97 (1997) 2933. [3] I. G. Binev, P. V. Boyadjieva, and Y. I. Binev,

*J. Molec. Struct.* 447 (1998) 235. [4] N. Al-Zoubi, J.E. Koundourellis, S. Malamataris, *J. Pharm. Biomed. Anal.* 29 (2002) 459.

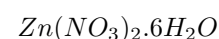
[04/11/05 - P423]

**Síntese e caracterização da perovskita  $Ba_2LaZrO_{5.5}$  em forma de nanopartículas**, LAURA TERESA CORREDOR BOHÓRQUEZ, JOSE ALBINO DE AGUIAR, *Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Física, Laboratório de Supercondutividade e Materiais Avançados* • O composto  $Ba_2LaZrO_{5.5}$  pertence ao tipo perovskita cúbica complexa, que tem sido investigada recentemente pela possível aplicação dele como substrato para supercondutores de alta temperatura, sendo produzido por várias técnicas, tais como reação de estado sólido, sol-gel, spray pirólisis e alguns métodos químicos, entre eles síntese por combustão. Os melhores resultados tem sido obtidos mediante uma técnica modificada deste método, onde o combustível é substituído por amônia, e o agente complexante por ácido cítrico, em vez de uréia e PVA respectivamente. Neste trabalho, é usado este método variando a razão molar ácido cítrico: cátions, obtendo resultados que envolvem um melhoramento da natureza de fase única da amostra. Todas as amostras foram analisadas estruturalmente por difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura MEV, observando que o produto da combustão é sinterizado na reação sem necessidade da etapa de calcinação. O tamanho do cristalito foi calculado pela fórmula de Scherrer, e foram efetuadas análises DTA e TGA para garantir a ausência de matéria orgânica presente na amostra produzida. Os produtos da combustão foram prensados em pastilhas de 12 mm de diâmetro aproximadamente, sinterizados a temperaturas entre 900°C e 1300°C, e caracterizados estruturalmente. Foi observado que é possível obter-se a amostra em fase única em temperaturas da ordem de 1200°C, mais baixas do que as necessárias usando reação de estado sólido. Conclui-se que o método utilizado melhora as propriedades do composto, incrementando a densidade do composto sinterizado usando temperaturas mais baixas e em menor tempo.

Trabalho financiado pelo CNPq e CTPETRO/FINEP.

[04/11/05 - P424]

**OBTENÇÃO DO ÓXIDO DE ZINCO ATRAVÉS DA ÁGUA DE COCO EM PÓ**, NILSON FERREIRA, MARCELO MACÊDO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe*, JOSÉ A. C. DE PAIVA, *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará* • Nos últimos anos houve um grande aumento na preparação de pós de óxidos através do processo sol-gel protéico utilizando a água de coco como solvente. Neste trabalho utilizou-se a água de coco em pó (ACP) misturada com nitrato de zinco hexahidratado



e concentração 0,5 mol/L para preparar cinco soluções de 0,02 L de 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0% em massa de ACP em relação ao nitrato de zinco. As soluções foram postas na estufa durante 24 horas a 100 °C para que houvesse desidratação dos sois e obtenção dos seus respectivos xerogéis.

Cada xerogel foi tratado a 500, 600 e 700 °C durante 1 hora e transformados em nanocristais. Após este procedimento, os pós foram lavados em água destilada e postos em repouso para que decantassem, em seguida, retirou-se o excesso de água. Logo após a precipitação, cada amostra foi levada a estufa a 100 °C para secar. Em seguida, verificou-se através de difratometria de raios-X o aumento da cristalinidade dos materiais com o aumento da temperatura.

[04/11/05 - P425]

**VIBRATIONAL SPECTROSCOPY STUDY OF (1-x)PMN-xPT CERAMIC,** J. A. LIMA JR., P.T.C. FREIRE, A. G. SOUSA FILHO, W. PARAGUASSU, J. MENDES FILHO, *Universidade Federal do Ceará - UFC*, M.H. LENTE, D. GARCIA, J.A. EIRAS, D. GARCIA, *Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR* • Relaxors like  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$  (PMN) and  $Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$  (PZT) have important technological applications in electronic field such as piezoelectric transducers, non-volatile ferroelectric memories and so on. These materials, differently from other ferroelectrics that present a well-defined phase transition, have a diffuse phase transition and dielectric dispersion and this is an interesting point in the relaxors study. Usually these relaxors exhibit a perovskite form characterized by the general chemical formula  $ABO_3$ , where A is a monovalent, divalent or trivalent metal and B is a pentavalent, tetravalent or trivalent element. One relevant feature of both PMN and PZT is that they exhibit an increase in their piezoelectric properties when doped, specially with  $PbTiO_3$ . These modifications are more crucial near to the morphotropic phase boundary (MPB). As a consequence to understand the material in this region is an important step in order to learn about its properties. In this work we used Raman Spectroscopy in the temperature range 10 K-295 K with the purpose to gain insights in the phase diagram of (1-x)PMN-xPT ( $x = 0.3, 0.375$  and  $0.4$ ) and to establish more accurately its MPB.

[04/11/05 - P426]

**Nanotubos de carbono metálicos interagindo com 1,2-diclorobenzeno.,** EDUARDO COSTA GIRÃO, ANTÔNIO GOMES DE SOUZA FILHO, JOSUÉ MENDES FILHO, *Universidade Federal do Ceará - UFC*, SOLANGE BINOTTO FAGAN, *UNIFRA - RS* • Desde sua descoberta, em 1991, os nanotubos de carbono têm atraído crescentes esforços em pesquisa no mundo inteiro. Tais tubos apresentam características singulares entre os nanomateriais, como a forte relação entre suas propriedades geométricas e eletrônicas. Além disso, os nanotubos sofrem consideráveis perturbações em sua estrutura eletrônica, quando da aproximação de determinadas moléculas. Tal fato possibilita a utilização destas estruturas na construção de nanosensores, ou em métodos de extração de moléculas tóxicas. Por outro lado, este último é um problema antigo: substâncias de grande toxicidade, utilizadas industrialmente e que se acumulam no ciclo biológico. Entre estas há o 1,2-diclorobenzeno (DCB), um potencial carcinogênico para os rins e fígado, que é utilizado na fabricação de solventes e corantes, além de se

bioacumular na natureza. Resultados experimentais de DCB interagindo com nanotubos de carbono de parede simples (SWNT) estimulam o uso destes últimos em um novo método de extração do DCB de soluções aquosas, em lugar do carvão ativado, por exemplo. De modo a dar embasamento teórico e a entender o funcionamento da interação tubo-molécula, realizamos simulações *ab initio* baseadas na teoria do funcional da densidade (DFT), utilizando o código SIESTA. Utiliza-se pseudopotenciais de Troullier-Martins, além da base dupla-zeta+polarização e da aproximação da densidade local para o termo troca-correlação. Foram feitos cálculos do DCB interagindo com os tubos (5,5) e (6,0), que são metálicos. Compara-se também estes com cálculos feitos para o tubo (8,0), de modo a compreender a dependência da interação entre os sistemas com as propriedades eletrônicas dos SWNT, assim como verificar a influência da curvatura do tubo.

[04/11/05 - P427]

**Evolução microestrutural de um aço inoxidável austenítico AISI 321 submetido a tratamentos térmicos de sensibilização.,** JANILSON DOS SANTOS COELHO, (ORIENTADORA) REGINA CÉLIA DE SOUSA, *Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Departamento de Física - DEFIS, Laboratório de Caracterização Microestrutural de Materiais - LCMM* • Janilson dos Santos Coelho e Regina Célia de Sousa LCMM, DEFIS, UFMA

Os aços inoxidáveis austeníticos quando submetidos a determinadas temperaturas podem ter sua resistência à corrosão diminuída. O gradiente dessa diminuição está relacionado com tempo de exposição, faixa de temperatura de exposição e, principalmente, a composição do aço. Neste trabalho foi utilizado um aço inoxidável austenítico AISI 321, que se encontrava na forma de tubo com 1,0 cm de espessura de onde foram retiradas as amostras. Destas, três foram colocadas em um forno mufla na temperatura de sensibilização de 60 °C, por 15, 30 e 60 minutos, respectivamente, sendo em seguida resfriadas ao ar. Outras 05 na temperatura de solubilização entre 800 e 1200 °C, por 30 minutos, sendo em seguida temperadas em água. Com o objetivo de verificar os efeitos do tratamento de solubilização sobre o tratamento de sensibilização, a amostra solubilizada a 900 °C, por 30 min, foi sensibilizada a 600 °C, por 60 min. Todas essas amostras foram embutidas, lixadas e polidas. As amostras sensibilizadas, após o polimento, foram atacadas eletroliticamente segundo a norma ASTM A 262, prática A. Com o objetivo de revelar os contornos de grãos austeníticos, as amostras solubilizadas foram atacadas eletroliticamente com uma solução de ácido nítrico. Para aquisição das imagens e caracterização das microestruturas foi utilizado um sistema de análise de imagens. As micrografias revelam que o aço AISI 321 sensibiliza para tempo de 15 min, com microestrutura classificada como dual, passando a ditch para o tempo de 60 min. As micrografias das amostras que foram solubilizadas revelaram que a distribuição de tamanho de grãos permanece relativamente homogênea, com tamanho de grãos médio aproximadamente constante e igual 20 milímetros, até a temperatura de 1100 °C. Acima dessa temperatura, ocorre o aparecimento da recristalização se-

cundária. O tratamento de solubilização foi eficiente em eliminar a sensitização do aço em estudo para 600 oC, durante 60 min. Mesmo sendo um aço estabilizado, o AISI 321 é sensitizado a 600 oC, para  $t = 15$  min., sendo que a sensitização aumenta com o aumento do tempo de tratamento térmico. O comportamento do crescimento de grãos com a temperatura revela que para temperaturas menores que 1100 oC, os contornos de grão são ancorados por partículas de TiC. O tratamento térmico de solubilização a 900 oC, por 30 min, é capaz de eliminar a sensitização do material em estudo, a 600 oC durante 60 min.

[04/11/05 - P428]

**Caracterização de Materiais utilizando a Difração de Raios-X.**, ISRAEL AUGUSTO M. BORGES, JOAQUIM BONFIM S. MENDES, ANDRÉ LUIS M. SILVA, TIAGO GONÇALVES SANTOS, ENRIQUE PETER RIVAS PADILLA, JORNANDES JESUS CORREIA, *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -Ba-Brasil* • Caracterização de Materiais utilizando a Difração de Raios-X.

Na pesquisa relacionada a ciências dos materiais, uma das técnicas mais utilizadas para a caracterização estrutural e microestrutural de materiais é à análise por difração de raios-x. No caso da análise estrutural, esta técnica permite-nos verificar a qualidade da amostra através da observação dos picos dos difratogramas. Desta forma, todos picos têm que coincidir com o difratograma do composto preparado. No caso de apresentar picos extras, isto indicará a presença de outras fases (material que sobrou ou que foi formado no processo), indicando a pobre qualidade da amostra. A qualidade da amostra é sumamente importante para uma posterior caracterização pelas diferentes técnicas, já que permite-nos afirmar que as propriedades das amostras analisadas refletem o composto a estudar. A análise por raios x baseia-se no fenômeno de difração pelo fato de que o seu comprimento de onda é da mesma ordem de grandeza que o espaçamento entre os átomos da estrutura cristalina. Um difratograma é único para cada tipo de material e é obtido, incidindo um feixe de raios-x em um material, sendo que este irá se formar pela contribuição dos diversos planos cristalográficos. Nosso trabalho compreende o estudo das cerâmicas manganitas, as quais têm propriedades de magnetoresistência e magnetocalóricas. O objetivo principal é relacionar os parâmetros estruturais com aquelas propriedades, principalmente com a temperatura onde os efeitos são máximos. Para isto precisamos fazer um estudo detalhado daqueles parâmetros, o qual será realizado mediante o programa DBWS, o qual efetua o refinamento estrutural utilizando o método Rietveld. Como resultado obteremos informações sobre os parâmetros de rede e as posições atômicas. Estes resultados serão inseridos no programa GSAS para encontrar os ângulos de ligação entre os átomos e as distâncias inter-atômicas, além disso, desenharemos a estrutura o qual nos permitirá observar o grau de distorção. Segundo a literatura, estes parâmetros desempenham um papel muito importante para explicar as interações magnéticas presentes nas manganitas.

[04/11/05 - P429]

**BENZONITRILA INTERAGINDO COM O NANOTUBO METÁLICO (5,5),**

JOSÉ JÚNIOR ALVES DA SILVA, JOSUÉ MENDES FILHO, SILVETE GUERINI, ANTÔNIO GOMES SOUZA FILHO, *UFC - CE - Brasil* • Atualmente estamos presenciando um surpreendente e contínuo avanço, tanto científico como tecnológico, na área de nano materiais, com desenvolvimento de novos compostos baseados em estruturas alotrópicas do carbono. Os nanotubos de carbono fazem parte de um grupo especial dessas estruturas, pois apresentam propriedades mecânicas e eletrônicas de grande interesse científico e tecnológico. O enorme potencial de interação dessas estruturas com diversas moléculas e suas possíveis aplicações é a principal motivação para realização deste trabalho, onde estudamos a interação do nanotubo metálico (5,5) com a molécula benzonitrila usando cálculos de primeiros princípios. Os nanotubos de carbono também têm sido estudados como uma opção para adsorver moléculas orgânicas tóxicas e outros poluentes. Analisamos detalhadamente as propriedades estruturais, eletrônicas e químicas de uma molécula de benzonitrila interagindo com os nanotubos de carbono de uma única camada. Para tanto, utilizamos uma abordagem teórica fazendo uso da teoria do funcional da densidade(DFT). Os cálculos de energia total foram realizados com o uso do código SIESTA, o qual representa o estado da arte em termos de cálculos computacionais. Estudamos duas diferentes configurações estruturais para a molécula de benzonitrila aproximando-se do nanotubo de carbono condutor (5,5): i) o plano da molécula paralelo ao eixo do nanotubo; ii) o plano da molécula perpendicular ao eixo do nanotubo. Após a otimização do sistema, analisamos a estrutura de bandas e o *contour plot* da densidade total de cargas. Observamos que a maior interação ocorre quando a molécula aproxima do tubo com o plano perpendicular ao eixo do nanotubo.

[04/11/05 - P430]

**Electronic structure and optical properties of pure Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxide**, JEANDERSON DE MELO DANTAS, MILAN LALIC, *Departamento de Física, UFS* • Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is important ceramic oxide with high melting point, low coefficient of expansion and small thermal conductivity. When doped, the material is widely used in photo-voltaic devices, lasers and magnetic recording devices. Depending on type and concentration of dopants, it exhibits various colors and luminescent properties, being of interest for jewel industry as well (most cited example is Cr-doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: a famous ruby).

Our long-term objective is to study theoretically the electronic and optical properties of various doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> systems, in order to support the experimental investigation which is taking place at our department. As a first step, we present here precise description of these properties in the pure Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compound, calculated by the first-principles, density-functional based, full potential linear augmented plane wave (FP-LAPW) method, as embodied in WIEN2k computer code.

The calculations were carefully performed and checked to lead to convergency. They included full optimization of all atomic positions within the crystalline primitive cell, as well as the relaxation of the lattice parameters of the compound. Thus all the results refer to optimized crystal-



line structure of  $Al_2O_3$ , which corresponds to minimum of energy in calculations.

The resulting density of states (DOS) and the structure of the bands are analyzed and compared with experimental data and previous theoretical studies (when available). The nature of the Al-O bonds is discussed in terms of the electronic density between the atoms. Imaginary part of dielectric tensor is calculated, and compared with the experimental optical absorption spectrum. On the basis of these calculations, refractive index and extinction coefficient of the pure  $Al_2O_3$  are estimated. Finally, connection between the electronic and optical properties of the material is discussed, and various experimental data are interpreted in terms of calculated electronic structure.

[04/11/05 - P431]

**CARACTERIZAÇÃO DE CONCHAS DO MOLUSCO PERNA PERNA POR MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA: MATERIAIS NANOBIESTRUTURADOS DE  $CaCO_3$ ,** FRANCISCO LOPES LAVÔR NETO, LINO MARTINS DE HOLANDA JÚNIOR, JOSÉ ALEXANDER DE KING FREIRE, VALDER NOGUEIRA FREIRE, *Universidade Federal do Ceará* • O estado de Santa Catarina é o maior produtor dos moluscos *Perna perna*. O seu uso é restrito ao consumo humano e suas conchas, que não servem para este fim, geram uma grande quantidade de resíduos. Esses resíduos geram um grande problema ambiental e para isso soluções são necessárias. A maioria das conchas dos moluscos é composta por cristais de aragonita ( $CaCO_3$ ) e por uma matriz de proteínas polissacarídeas. Esses cristais de aragonita formam blocos que são unidos entre si por uma matriz protéica. A junção desses blocos forma camadas de aragonita. Esse composto polímero/cerâmico é bem estruturado e com propriedades mecânicas de alta qualidade. Estudos precedentes mostram que essas características da concha são governadas unicamente por sua microestrutura. Neste contexto, nós usamos a técnica de Microscopia de Força Atômica (AFM) para estudar as nanoestruturas das conchas *in natura*, tratadas termicamente à temperaturas em um intervalo de 100 - 900°C, e tratadas quimicamente com ácido acético ( $CH_3COOH$ ), água deionizada ( $H_2O$  - MilliQ) e hidróxido de sódio ( $NaOH$ ). Este trabalho tem como finalidade buscar aplicações para este material no campo de materiais nanobioestruturados. As imagens do Microscópio de Força Atômica (AFM) revelaram estruturas de nanogrãos nos blocos de aragonita, do lado interno da concha. Observou-se que o tratamento químico e térmico destruiu a cola protéica que fica entre os blocos de aragonita como foi observado nas imagens. Ambos os processos dependem da concentração das soluções químicas e das temperaturas de tratamento. As amostras termicamente tratadas acima de 500°C tornaram-se frágeis. As análises das mudanças topológicas observadas nas imagens de AFM das conchas do molusco *Perna perna*, quimicamente e termicamente tratadas, são uma maneira de conectar as características físicas das conchas desse molusco com a estrutura cristalina e amorfa desse material.

[04/11/05 - P432]

**CARACTERIZAÇÃO ÓTICA DE FILMES SEMICONDUTORES DE SULFETO DE CÁDMIO, CdS, CRESCIDOS PELA TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO EM BANHO QUÍMICO,** JOÃO GUILHERME NOGUEIRA MATIAS, *Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Estadual Vale do Acaraú*, MARCOS ANTÔNIO ARAUJO SILVA, *Departamento de Física - Universidade Federal do Ceará*

• Filmes semicondutores de sulfeto de cádmio, CdS, têm sido pesquisados em virtude de seu potencial uso como janela ótica em células fotovoltaicas de heterojunção. Um destes tipos de célula, a CdS/CdTe, já foi produzida com eficiência de 16%, comparáveis às células de silício.

A técnica de crescimento por deposição em banho químico é bastante usada por ser uma técnica simples, acessível, de baixo custo, e, capaz de produzir filmes de diferentes espessuras sobre vidros condutores ou não condutores. Seu potencial uso para a produção de células de grandes áreas, com vistas à produção industrial, tem incentivado os estudos na otimização do crescimento por esta técnica. O objetivo deste trabalho é caracterizar através de medidas óticas, filmes de sulfeto de cádmio, CdS, crescidos pela técnica de deposição em banho químico. Relacionando as propriedades óticas com os parâmetros de crescimento, procurar-se-á então otimizar o crescimento dos filmes.

Os filmes de CdS foram crescidos no Laboratório de Materiais e Optoeletrônica do Departamento de Física da UFC, sob a responsabilidade de Araújo Silva. A solução base para o banho é aquosa, contendo uma fonte de cádmio ( $0,003M CdSO_4$ ), uma fonte de enxofre ( $0,06M S(NH_2)_2$ ), e mais  $0,02M NH_4NO_3$ ,  $2,3M NH_3$ , EDTA e Triton X100. Os parâmetros a serem investigados neste trabalho são as concentrações variáveis de EDTA e a presença, ou não, do Triton X100.

Medidas de difração de raios-x foram feitas confirmando a deposição do CdS. Os filmes crescidos com uma maior concentração de EDTA apresentaram maiores tamanhos de grãos, dando-os uma maior cristalinidade.

A caracterização ótica dos mesmos foi feita usando-se medidas de transmissão e absorção da luz, no Laboratório de Espectroscopia do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UVA. Foi usado o espectrofotômetro modelo 1200, da marca SPEKOL, na região UV-Visível, (300 nm - 600 nm). Resultados preliminares indicam que os filmes de CdS produzidos apresentam transição ótica direta com energia da banda proibida ("gap") da ordem de 2,4 eV. Este valor está de acordo com o reconhecido na literatura para o CdS tipo "bulk", e, com os valores determinados para filmes crescidos por outras técnicas, (2,42 eV).

Conclusões preliminares indicam que a técnica de deposição em banho químico produz filmes de CdS com propriedades óticas semelhantes às daqueles produzidos por técnicas mais sofisticadas, sendo que a um custo muito mais baixo.

[04/11/05 - P433]

**Recombinação Cinética em Célula Solar de  $TiO_2$ ,** J. S. AGNALDO, J. B. V. BASTOS, J. C. CRESSONI, G. M. VISWANATHAN, *Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas* • A Célula solar de Grätzel é

conhecida como dye sensitized solar cell (DSSC), consiste de uma superfície nanoporosa semicondutora de  $\text{TiO}_2$  que possui largo bandgap associado a um corante orgânico e um composto eletrólito contendo íons de iodo[1]. Os elétrons do corante são excitados com luz e ganham energia o suficiente para serem ejetados para a banda de condução do filme de  $\text{TiO}_2$ . Este processo eletroquímico é regenerativo e perde parte da energia produzida devido à recombinação de cargas no eletrólito. Compreender o processo de recombinação é um passo importante para a construção de células mais eficientes. Nós estamos desenvolvendo algoritmos computacionais de simulação para compreender as várias fases do movimento do elétron dentro da célula. Os resultados preliminares, obtidos de um modelo do autômato celular (AC) que imita o funcionamento de uma DSSC, são mostrados. No modelo do AC, o elétron submete-se a uma caminhada aleatória através do espaço discretizado que contém os ingredientes básicos da célula real. Estes estudos numéricos serão utilizados na construção de DSSC e em nosso laboratório.

[1]. B. O'Regan, M. Grätzel, *Nature*, **53**, 737(1991).

[04/11/05 - P434]

**CARACTERIZAÇÃO POR MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA DOS AÇOS AISI 301 LN e 304 DEFORMADOS A FRIO,** MARCELO DA SILVA PIRES, FRANCISCO NEUTON CLEMENTE DE OLIVEIRA JÚNIOR, RICARDO PIRES DOS SANTOS, JOSÉ ALEXANDER DE KING FREIRE, VALDER NOGUEIRA FREIRE, *Laboratório de Microscopia Atômica, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, MACELO PINHEIRO MENDES, PAULO MARIA DE OLIVEIRA SILVA, *Laboratório de Caracterização de Materiais (LACAM), Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Federal do Ceará*

• O objetivo deste trabalho é caracterizar, por microscopia de força atômica (Atomic Force Microscopy-AFM), a microestrutura dos aços AISI 301 LN e 304 deformados a frio. AFM é um dos tipos de microscopia de varredura por sonda (Scanning Probe Microscopy-SPM) e consiste basicamente em uma ponta com diâmetro de 100 a 800Å que interage com os átomos da superfície da amostra, deflexionando a haste que a sustenta conforme a força de interação. A deflexão é detectada através de um sistema ótico utilizando um laser e um arranjo de fotodiodos. Os aços inoxidáveis austeníticos são amplamente empregados na fabricação de chapas e tubulações das indústrias alimentícia e petrolífera. A técnica de AFM pode ser aplicada na visualização da microestrutura desses metais, sendo possível observar, por exemplo, o contorno de grão (interface de relativa desordem estrutural na região que separa dois cristais de orientação diferente). Esses tipos de aços são suscetíveis à transformação martensítica por tensão, sobretudo o 301 e o 304. Sabe-se que a fração de volume de martensita satura com o aumento da tensão em aços inoxidáveis austeníticos. Nesse trabalho, amostras de folhas dos aços AISI 301 LN (baixo teor de carbono, adicionado de nitrogênio) e AISI 304 foram deformadas a frio (tiveram sua espessura reduzida por meio de tração), polidas e atacadas quimicamente para análise em AFM. Utilizou-se

o modo de contato em medidas de altura, deflexão e força lateral (atrato) para avaliar os aspectos da superfície e sua microestrutura. As imagens obtidas permitiram diferenciar a fase austenítica da martensítica, formada pela deformação.

[04/11/05 - P435]

**A Função Correlação de Pares e o Estudo de Defeitos Cristalinos: Um Modelo Simples com Falha de Empilhamento.,** DIONICARLOS SOARES DE VASCONCELOS, AURINO RIBEIRO FILHO, BÁRBARA MARCELA DOS SANTOS BASTOS, CLEITON CAVALCANTE QUEIROZ, *Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia* • A função Correlação de Pares foi usada, pela primeira vez na Cristalografia, por Patterson para estudar estruturas perfeitas e ilimitadas. Posteriormente foi generalizada por Hosemann e Bagchi para estruturas com irregularidades chamadas de paracristais ou quasicristais. A presença de defeitos nas estruturas cristalinas provoca mudanças significativas nas propriedades cristalinas e o estudo dos mesmos torna-se de fundamental importância para a sociedade moderna dependente, cada vez mais, dos avanços tecnológicos. A presença de defeitos pode ser estudada a partir da análise dos perfis de difração de Raios-X e, por outro lado, a simulação computacional é ferramenta indispensável para descobrir os diferentes tipos de defeitos responsáveis, presentes nas estruturas cristalinas. Neste trabalho estudamos a relação entre os perfis de difração e a presença de defeitos estruturais em cristais, a partir da abordagem cinemática, uma vez que a mesma, usada com sucesso ao longo do tempo na determinação de estruturas cristalinas, é a mais adequada para o estudo de defeitos. Tal estudo se constitui um campo de pesquisa promissor para estabelecer a relação “quadro de defeitos-perfil observado”, apesar das limitações e dificuldades, inerentes da técnica de difração de Raios-X. Dentro da abordagem cinemática, a Função Correlação de Pares ou Função-Q, mostra-se mais geral e apropriada para tratar os defeitos em função do seu caráter estatístico. Estudaremos, por simulação computacional, a partir de um modelo simples de cristal com célula cúbica simples, a presença de falhas de empilhamento, com probabilidade de escorregamento dos planos cristalinos para duas possíveis situações de equilíbrio em, apenas, uma. direção.

[04/11/05 - P436]

**Membrana de Quitosana Dopada com Óxido de Zinco,** MARCELO ANDRADE MACÊDO, MATHEUS AUGUSTO L. DA SILVEIRA, *UFS - SE - Brasil*

• O óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ) tem uma grande importância na produção de tintas anti-corrosivas, pigmentação de cerâmicas, catalises, absorvedores de radiação ultravioleta (UV) e etc. Neste trabalho deu-se destaque para sua aplicação como absorvedores de UV. Sabe-se que o óxido de zinco em relação aos absorvedores de UV tem uma capacidade muito grande de reter a radiação ionizante de 200 a 400 nm onde está incluído a radiação do tipo UVA (320-380nm) e UVB (280-320nm). Sabendo-se que o mesmo acontece com a Quitosana, então, este trabalho teve como objetivo a obtenção de uma membrana de Quitosana dopada com óxido de zinco. Para isso foi utilizado

o processo sol-gel protéico, que consiste na simples dissolução de sais inorgânicos ou orgânicos em água de coco. Com a obtenção dos nanopós foi possível estudar a ação absorvedora do UV comparada com a ação absorvedora da Quitosana pura, foi utilizado neste trabalho a Quitosana comercial. Para caracterizar este material foram utilizadas a difratometria de raios-X e a espectroscopia na região do UV-visível (UV-vis).

[04/11/05 - P437]

**A Função Correlação de Pares e o Estudo de Defeitos Cristalinos: um Modelo Simples com Falhas de Empilhamento e Tensões Internas.,**

**DIONICARLOS SOARES DE VASCONCELOS, AURINO RIBEIRO FILHO, Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia**

• A presença de defeitos nas estruturas cristalinas provoca mudanças significativas nas propriedades físicas dos materiais. A estrutura cristalina pode ser alterada por diferentes tipos de defeitos desde as distorções por tensões internas, por falhas de empilhamento, por substituições de elementos ou inclusão de elementos extras à composição bem como por vacância devido à falta de elementos em pontos da sua rede cristalina. A presença de defeitos nas estruturas cristalinas provoca mudanças significativas nos perfis de difração e a análise dos mesmos pode levar a descobrir os diferentes tipos de defeitos responsáveis, por tais mudanças, no quadro de difração. Assim, conhecer o quadro de defeitos presentes em uma determinada estrutura, através da análise do seu perfil de difração é de fundamental importância para se estabelecer uma correspondência do mesmo com as novas propriedades físicas dos materiais e, desta forma, fornecer subsídios à indústria para a sua utilização prática que atenda à demanda social. Utilizando a abordagem cinemática, uma vez que a mesma, usada com sucesso ao longo do tempo na determinação de estruturas cristalinas, é a mais adequada para o estudo de defeitos. Dentro da abordagem cinemática, a Função Correlação de Pares ou Função-Q, mostra-se mais geral e apropriada para tratar os defeitos em função do seu caráter estatístico. Neste trabalho, utilizando um modelo simples de cristal com célula cúbica simples, estudaremos a presença de tensões internas e de falhas de empilhamento, com probabilidade de escorregamento dos planos cristalinos, para duas possíveis situações de equilíbrio e em duas direções. Para isso nos valeremos da simulação computacional, hoje considerada ferramenta indispensável para o estudo das diversas ciências.

[04/11/05 - P438]

**ANÁLISE DA TERMOLUMINESCENTE**

**TERMOLUMINESCENTE DA AMAZONITA,**

**BRUNO CÉSAR DA ROCHA FARIAS SANTANA, DIVANIZIA DO NASCIMENTO SOUZA, Universidade Federal de Sergipe**

• A dosimetria termoluminescente utiliza a emissão de luz termicamente estimulada em materiais aquecidos a certa temperatura. Com esse aquecimento, os elétrons capturados são liberados com respectiva emissão de luz, que é proporcional a dose de radiação recebida. Assim, uma vez emitido o sinal termoluminescente (TL), o material não mais a emitirá até que seja novamente irradiado. Com isso, é possível construir uma curva de emissão TL em função da temperatura, chamada curva

de emissão. Essa curva é composta por vários picos, os quais são ocasionados por algum tipo de defeito na rede cristalina do material. A intensidade desses picos ou a área abaixo de suas curva é proporcional à dose recebida pelo material. Nesse trabalho, utilizamos esse princípio para caracterizar o sinal TL da amazonita que é um mineral pertencente ao grupo dos feldspatos. As amostras aqui analisadas eram de coloração verde. Os cristais foram triturados e peneirados, sendo selecionado o pó com diâmetro entre 63 e 150  $\mu\text{m}$ . A amazonita apresentou um sinal termoluminescente intenso, tanto na forma natural como quando irradiada com uma fonte de beta de estrôncio e/ou tratada termicamente. O estudo do sinal TL quando o material foi submetido a tratamentos térmicos por 30 min nas temperaturas de 400, 500, 600, 700, 800 e 900 $^{\circ}\text{C}$  mostrou que, após a irradiação, a intensidade dos picos TL é diretamente proporcional à temperatura dos tratamentos para os cristais tratados de 400 $^{\circ}\text{C}$  à 800 $^{\circ}\text{C}$  e à dose de radiação absorvida. O sinal TL das amostras tratadas a 900 $^{\circ}\text{C}$  mostrou-se menos intenso que nas amostras tratadas a 800 $^{\circ}\text{C}$ . As amostras tratadas apresentaram dois picos TL bem definidos em 120 e 220 $^{\circ}\text{C}$  e uma banda de emissão TL entre 250 e 400 $^{\circ}\text{C}$ . Estes resultados indicam a possibilidade do uso em dosimetria das radiações ou datação arqueológica.

[04/11/05 - P439]

**OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE CERÂMICAS VERMELHAS DE ITABAIANA - SERGIPE,**

**MÁRCIO FONTES ANDRADE, ZÉLIA SOARES MACEDO, Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe**

• A indústria cerâmica representa hoje grande parte do setor produtivo de Sergipe, sendo de interesse da mesma a inovação dos processos de produção, através da incorporação de novas tecnologias. Adicionalmente, a necessidade de certificação torna necessário um melhor controle de processo de produção e do produto final. Diversos fatores, desde a composição das argilas até o processo de secagem e queima, podem influenciar a qualidade final do produto. O objetivo deste projeto, realizado em parceria com uma indústria cerâmica de Itabaiana-SE, é fazer um diagnóstico do processo produtivo e propor soluções, viáveis dentro da realidade local, que tragam uma melhora real na qualidade do produto. A indústria-parceira utiliza argila de duas jazidas distintas, e fornos a lenha com controle manual de temperatura. Diversos parâmetros, como granulometria, densidade, porosidade, perda ao fogo, absorção de água e retração linear, foram estudados em peças sinterizadas tanto na indústria quanto em ensaios de laboratório. Estes parâmetros guardam forte dependência com a composição da matéria prima e com o ciclo de queima das peças. As técnicas experimentais empregadas foram a difratometria de raios-X (DRX), análise térmica diferencial (DTA) e análise termogravimétrica (TG) para se determinar a porcentagem de minerais e de material orgânico na matéria prima. Peneiras analíticas foram empregadas na classificação granulométrica do material, e os valores de densidade, porosidade e absorção de água

foram obtidos através do método de Arquimedes. Com os resultados obtidos foi possível determinar a temperatura ideal de sinterização das peças (800°C), e a proporção ideal de argilas das duas diferentes jazidas. Com isso, a empresa pôde reduzir o tempo de queima das peças, o que se traduz em economia de tempo e combustível.

[04/11/05 - P440]

**O USO DAS TÉCNICA DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X E MICROSCOPIA ÓPTICA NA CARACTERIZAÇÃO DAS PASTAS DE CIMENTO PORTLAND COM ADITIVO POLIMÉRICO A BASE DE EPÓXI,** BENTO F. DOS SANTOS JR, RODRIGO V. CONCEIÇÃO, MÁRIO E. G. VALÉRIO, *UFS - SE - Brasil*, ANTONIO C. F. CONCEIÇÃO, *UN/SEAL - Petrobrás* • No presente, empregou-se a técnica de Difractometria de Raios-X e Microscopia Óptica no acompanhamento da evolução das fases cristalinas durante o processo de endurecimento e cura do Cimento Portland Classe G com adição de dez por cento de resina epóxi em seu processo de mistura. Seguindo as normas da NBR, corpos de prova foram produzidos no formato cilíndrico de cinco centímetros de diâmetro por dez centímetros de altura. As medidas de Difractometria de Raios-X (XRD) foram realizadas num intervalo de cinco a sessenta em dois theta, em modo de varredura contínua e com uma velocidade de dois graus por minuto. O intervalo de varredura foi escolhido por conter o maior número de reflexões das principais fases que participam do processo de endurecimento e cura do cimento Portland. Um porta-amostra especial, para as medidas de XRD, foi desenvolvido para acomodar a amostra durante todo processo de endurecimento e cura. Durante a fase de endurecimento, as medidas foram feitas inicialmente em intervalos de três a cinco minutos, depois de trinta em trinta minutos, de hora em hora, e após o endurecimento, ocorrido nas primeiras vinte e quatro horas, as medidas foram feitas de vinte e quatro em vinte e quatro horas. Observou-se a decréscimo, quase que instantâneo, da fase do aluminato de cálcio e aparecimento da fase do aluminato de cálcio hidratado e o aparecimento de novas fases cristalinas durante o processo de cura. Foi verificada a presença das fases do silicato de cálcio, do silicato de cálcio hidratado, do silicato de cálcio potássio, da alumina e da calcita após processo de cura. Além destas fases, estão sendo verificadas outras, tais como óxido de silício, óxido de cálcio entre outras. O teste de Microscopia Óptica foram realizados pelo método da reflexão. Com isso, foi observado a água penetrando nos poros do gel de cimento durante o endurecimento do mesmo. (Apoio CNPq, CAPES e FINEP/CT-PETRO)

[04/11/05 - P441]

**Modos Normais de Vibração de Cristais de Menthol por Espectroscopia Raman,** R.R.F.BENTO, J.A. LIMA JR., P.T.C.FREIRE, *Depto. de Física - UFC*, M.C.F. OLIVEIRA, M.C. MATTOS, *Depto. de Química - UFC*, J. MAFEZOLI, *Unifor* • O menthol,  $C_{10}H_{20}O$ , é uma substância cristalina branca, derivada do óleo da planta piperita de mentha. Possui a propriedade de ser solúvel em álcool

etílico, éter e clorofórmio, podendo ser utilizado como anestésico local. Tem um odor e um gosto agradáveis, e foi usado por muitos anos em uma larga variedade de produtos que variam das preparações farmacêuticas aos alimentos. Por conta disto, muitas investigações de suas propriedades físicas e químicas estão registradas na literatura. Apresentamos neste trabalho resultados de espectroscopia Raman do cristal de menthol à temperatura ambiente. As medidas de espalhamento Raman foram realizadas com um laser de argônio emitindo na linha 488 nm e a luz analisada por um espectrômetro T64000 da Jobin-Yvon com detecção CCD. A geometria de espalhamento escolhida foi a de retroespalhamento com a luz entrando na face de maior dimensão e com polarização ao longo do maior eixo. O objetivo deste trabalho é realizar uma tentativa de identificação dos modos normais de vibração do cristal de menthol, através do conhecimento de vibrações similares em moléculas ou estruturas mais simples.

[04/11/05 - P442]

**Luminescência de nanocompósitos ouro/polímero condutor,** ANA CLARA R. SALAZAR, JAYME D. RIBEIRO-FILHO, CLÉCIO G. DOS SANTOS, CELSO P. DE MELO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil* • Embora dominada pelo homem desde a antiguidade para a coloração de vidros e cerâmicas, por exemplo, a preparação de colóides de ouro se tornou especialmente de interesse com o desenvolvimento recente das nanociências e das nanotecnologias. Devido a efeitos associados ao confinamento quântico, nanopartículas de ouro podem apresentar propriedades espectroscópicas especiais e intensa luminescência. Neste trabalho relatamos resultados de controle da emissão da fluorescência de micro e nanopartículas de ouro estabilizadas por um envoltório de cadeias de polímeros condutores. As nanopartículas de interesse foram preparadas pela utilização de um agente estabilizante (MPS, ou 3-mercaptopropil-trimetoxisilano), na presença do  $HAuCl_4$ , o agente redutor escolhido, e usando o álcool etílico como solvente. Polímeros condutores como a polianilina, o polipirrol e o polietilenedioxitiofeno (PEDOT) foram ainda incorporados à solução de modo a que suas cadeias pudessem envolver as micro e nanopartículas metálicas, contribuindo para uma estabilização adicional das partículas em suspensão. Variando as concentrações relativas e o tempo de agitação, diferentes amostras foram preparadas seguindo um esquema de planejamento fatorial. Em cada caso, uma marcante luminescência foi identificada, em um comportamento não anteriormente relatado na literatura. Os resultados correspondentes serão mostrados, destacando aqueles casos em que tais nanocompósitos Au/(polímero condutor) possam ser utilizados em diferentes dispositivos. Atualmente, estamos aprimorando o controle sobre os fatores de preparação que melhor determinam as propriedades luminescentes. [Apoio: CNPq]

[04/11/05 - P443]

**Preparação e caracterização por difração de raio-x e microscopia eletrônica do composto  $Ca_{0,5}LaBa_{1,5}Cu_3O_{7-\delta}$  dopado com CuS,**

ROBSON P. B. M. FILHO, LUIS G. R. PITTA, J. ALBINO AGUIAR, *DF/UFPE* • Os supercondutores de alta temperatura crítica (High Temperature Superconductors – HTSC) a base de óxido de cobre têm sido amplamente estudados através do efeito de substituição e/ou dopagem. A supercondutividade nesses compostos é localizada nas camadas bidimensionais de  $\text{CuO}_2$ . A dopagem com óxidos de metais da série 3-d revela que é possível obter um aumento da corrente crítica mesmo quando se tem um decréscimo na temperatura crítica ( $T_c$ ). Neste trabalho, estudamos o efeito da substituição do  $\text{CuO}$  por  $\text{CuS}$ , em diferentes gradientes, no composto  $\text{Ca}_{0.5}\text{LaBa}_{1.5}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (CLBCO). Este sistema (CLBCO) é obtido através da substituição mútua do Ca e do La no sítio do TR e do Ba do composto TR-123. O CLBCO é isomórfico à estrutura tetragonal do composto TR-123 com os sítios do TR e do Ba sendo ocupados por uma mistura dos íons Ca, La e Ba, e respeita a simetria do grupo espacial  $P4/mmm$  com temperatura de transição supercondutora de 78K.

As amostras foram preparadas por reação do estado sólido usando-se óxidos e sulfetos metálicos com alto grau de pureza. As amostras foram caracterizadas estruturalmente por difração de raio-x (DRX) com análise de Rietveld, microestruturalmente por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e por estudo de dispersão de energia de raios-x (EDX).

O EDX revela a presença de impurezas, em pequena concentração, e que o  $\text{CuS}$  é incorporado no composto.

Apoio: UFPE/PIBIC/CNPq

[04/11/05 - P444]

**Preparação e caracterização de óxidos baseados em terras raras com estrutura perovskita cúbica complexa.**, LUIS G. R. PITTA, ROBSON P. B. M. FILHO, J. ALBINO AGUIAR, *DF/UFPE* • Recentemente, uma grande variedade de óxidos, semicondutores ou até mesmo condutores iônicos, com estrutura perovskita do tipo  $\text{ABO}_3$  e  $\text{A}_2\text{BB}'\text{O}_6$  têm sido utilizados como sensores de gases. O uso de perovskitas como “narizes eletrônicos” é viável pois esses materiais apresentam estabilidade térmica e química e significativa variação de sua resistência elétrica em função da quantidade de gás absorvido. Preparamos por reação de estado sólido óxidos baseados em terras raras, potenciais sensores de gases. Esses óxidos possuem estrutura perovskita cúbica complexa do tipo  $\text{REX}_2\text{MO}_6$  (RE - metais terras raras, X- Ba, Sr, Ca, e M- Nb, Sb, Hf, Zr, Sn ). A caracterização estrutural foi feita através de difração de raios-x (DRX) utilizando-se radiação  $\text{K}_\alpha$  do Cu a temperatura ambiente e a caracterização microestrutural foi feita através de microscopia eletrônica. Os espectros de raio-x das amostras preparadas se assemelham com o espectro teórico, evidenciando a obtenção da estrutura perovskita desejada. A análise por microscopia eletrônica revelou que algumas amostras preparadas possuem estrutura porosa - um indicio para utilização do material como sensor de gás. Estamos desenvolvendo, portanto, um sistema com atmosfera

controlada onde faremos medidas de resistividade na presença de diferentes gases determinando a viabilidade de utilização do material como sensor de gases.

Apoio: UFPE/PIBIC/CNPq

## SEM - Semicondutores

[04/11/05 - P445]

**Propagação de Polárítions em Cilindros Coaxiais de Múltiplas Camadas Semicondutoras**, ELONEID NOBRE, J. S DE SOLSA, GIL FARIAS, RICARDO MORETZSOHN, ANTÔNIO NEVES, *UFC - CE - Brasil* • A relação de dispersão  $\omega \times k$  inerente a um sistema constituído de ondas eletromagnéticas propagando-se por um meio possibilita descrever dinamicamente o sistema identificando as respostas características do mesmo. Quando o meio em questão é polarizável elétrica ou magneticamente pela radiação eletromagnética transportada e tem algum dos seus graus de liberdade internos excitados surgem modos híbridos denominados polárítions. A partir do estudo desses modos híbridos muitas informações sobre a estrutura do meio material no qual esses modos ocorrem podem ser extraídas. Este trabalho pretende analisar a relação de dispersão dos modos volumétricos de polárítions propagando-se em um cabo coaxial muito longo formado por duas camadas de material dielétrico separadas por um meio óticamente inerte e envolvendo um núcleo também inerte. Os dielétricos são isotrópicos e lineares e o meio óticamente inerte é considerado o vácuo. A radiação incidente está na faixa das regiões de frequência do infravermelho. Resultados numéricos são obtidos para cilindros compostos por CdTe e GaAs com raios em escala nanométrica (abaixo de 200 nm). Foram levados em consideração os efeitos de retardamento no desenvolvimento das equações de Maxwell para obtenção da relação de dispersão.

[04/11/05 - P446]

**Anel Quântico em uma superfície esférica e o efeito da curvatura sobre suas propriedades magneto-eletrônicas**, CLÁUDIO B. S. FURTADO, ANIBAL L.S. NETTO, *UFPB - PB - Brasil* • O estudo de anéis quânticos tem tido aplicações tecnológicas em Óptica, optoeletrônica, criptografia quântica e computação quântica. Por serem sistemas multiconexos, é possível analisar fenômenos como efeito Aharonov-Bohm ou a fase de Berry, por exemplo. Certas propriedades magneto-eletrônicas ocorrem em virtude do confinamento de portadores na direção radial que há nestes sistemas físicos. Em nosso trabalho obtemos o espectro de energia para um anel quântico sobre uma superfície esférica, analisando o efeito da curvatura da superfície sobre os autovalores de energia. Observamos que para campos magnéticos pouco intensos a degenerescência dos níveis é levantada, enquanto que para valores altos desses campos formam-se subbandas de Landau. Observamos também que a curvatura da superfície diminui o período e a amplitude das oscilações do momento magnético e das correntes persistentes.

[04/11/05 - P447]

**Excitons em Pontos Quânticos Tipo-I e Tipo-II**  
*Si/Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>*, J. COSTA E SILVA, A. CHAVES, J. A. K. FREIRE, V. N. FREIRE, M. H. DEGANI, G. A. FARIAS, *Universidade Federal do Ceará* • Nos últimos anos, sistemas semicondutores *Si/Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>* têm atraído grande interesse devido seu potencial de aplicações em circuitos eletrônicos de alta velocidade, bem como os novos dispositivos opto-eletrônicos. Hetero-estruturas *Si/Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>* podem apresentar o alinhamento de banda tipo-I, onde os portadores estão confinados espacialmente no mesmo material, ou tipo-II, onde os portadores estão confinados em materiais diferentes, dependendo da fração molar *x*, aumentando a possibilidade de uso destes materiais [1]. Pontos quânticos são estruturas de baixa dimensionalidade que confinam os portadores em seu interior e são também chamados de átomos artificiais, pois o confinamento desses portadores lembra os elétrons em um átomo [2].

Neste trabalho calcularemos os níveis de energia do buraco pesado (hh) e a energia total do exciton em pontos quânticos elipsoidais *Si/Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>* tipo-I e tipo-II usando a teoria da massa efetiva e o método proposto por M. H. Degani, que consiste em analisar a propagação da função de onda em tempos imaginários [3]. Observamos que a energia total do exciton sofre poucas alterações quando consideramos uma variação no raio da base do semi-elipsóide que forma o ponto, já quando variamos a altura geométrica do ponto a energia se altera bastante. Devido à incerteza nos formatos dos pontos quânticos publicados na literatura, fizemos uma comparação entre as energias obtidas usando geometrias elipsoidal e piramidal e vimos que a geometria influencia fracamente os resultados.

[1] C.Penn, F. Schaffler e G. Bauer, Phys. Rev. B 59, 13314 (1999).

[2] S. Tarucha, D. G. Austing, T. Honda, R. Van der Hage e L. P. Kouwenhoven, J. Appl. Phys. 36, 3917 (1997).

[3] M. H. Degani, Phys. Rev. B 66, 233306 (2002).

[04/11/05 - P448]

**EFEITO DA TERAPIA COM MICROCORRENTES ASSOCIADA AO LASER DE BAIXA POTÊNCIA SOBRE O PROCESSO INICIAL DA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS**, JORGE L. R. OLIVEIRA, DANIEL SONNEWEND, RENATA A. NICOLAU, SANDRA BUSLIK, RENATO A. ZÂNGARO, MARCOS T. T. PACHECO, *Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D), Laboratório de Biomodulação Tecidual (BIOTEC), Univap* • Recentes estudos indicam que os lasers de comprimento de onda e densidade de energia específica modulam o metabolismo do tecido conjuntivo pelos fibroblastos da pele. As microcorrentes são correntes polarizadas que utilizam baixíssima amperagem, acelerando em até 500% a produção do trifosfato de adenosina, sendo essa molécula a grande responsável pela síntese protéica e regeneração tecidual devido a sua participação em todos os processos energéticos celulares. O objetivo deste estudo foi comparar o efeito da terapia com laser de baixa potência (TLBP) associada à terapia com microcorrentes sobre o

processo de reparação de feridas cutâneas. Para tal foram empregados 18 ratos Wistar machos (250 g), divididos em 3 grupos (n = 6): Grupo controle (Ct), Grupo tratado com microcorrentes a 30  $\mu\text{A}$  + laser (30 $\mu\text{A}$ +L) e Grupo tratado com Microcorrentes a 160  $\mu\text{A}$  (160  $\mu\text{A}$ +L). Após anestesia foi realizada uma incisão circular de 8 mm de diâmetro no dorso dos animais. Os animais dos grupos 30 $\mu\text{A}$ +L e 160 $\mu\text{A}$ +L foram expostos a microcorrentes (MTC PAIN OUT 4001®-Dentoflex) por um período de 30 minutos imediatamente pós-lesão. Após esse período os animais destes grupos foram expostos a laserterapia (Aparelho Km2000) por 78 segundos. Foi utilizado um aparelho laser de GaAlAs com densidade de energia de 2 J/cm<sup>2</sup>, potência de 0,02 W e comprimento de onda 656,25 nm, sobre a lesão, numa área de 0,78 cm<sup>2</sup>. Os animais do grupo controle não sofreram nenhum tipo de terapia pós-cirúrgica, sendo mantidos como controle. A região lesada dos animais foi fotografada diariamente, para posterior análise digital das imagens (diâmetro da lesão). O grupo 30 $\mu\text{A}$  +L, comparado aos grupo Ct, apresentou diferenças significativas quanto à redução do diâmetro da lesão nos período de 168 horas (p<0,05). Para tal evento o processo de contração da ferida ocorreu mais precocemente em relação aos demais grupos, inferindo a aceleração nos eventos celulares anteriores a este período, ou seja, biomodulação do processo inflamatório e início da proliferação tecidual. Concluiu-se que a TLBP associada à terapia com microcorrentes (dosimetria empregada para o grupo 30 $\mu\text{A}$ +L) promoveu aceleração do processo de cicatrização.

[04/11/05 - P449]

**O Papel do Confinamento no Efeito Stark de Sistemas Quânticos Si/SiO<sub>2</sub>**, E. L. DE OLIVEIRA, J. S. DE SOUZA, V. N. FREIRE, *UFC - CE - Brasil* • O efeito do campo elétrico nas propriedades óticas e eletrônicas dos sistemas de baixa dimensionalidade como os poços (QWs), fios (QWIs) e pontos quânticos (QDs) foram investigados intensamente nestes últimos anos, devido suas diversas possibilidades de aplicação no campo optoeletrônica, pois a forma e o tamanho destas estruturas afeta as propriedades óticas e eletrônicas devido às diferenças no grau de confinamento.

O objetivo deste trabalho é investigar o comportamento qualitativo do efeito Stark no confinamento quântico (QCSE) em sistema de baixa dimensionalidade de Si/SiO<sub>2</sub> comparando o efeito do grau de confinamento, que tem grandes conseqüências nas diferentes propriedades do QW, QWI e do QD e conseqüentemente no desenvolvimento de dispositivos optoeletrônicos cujo funcionamento baseia-se inteiramente em fenômenos quânticos. A abordagem usada neste trabalho consiste no cálculo analítico da estrutura eletrônica e a estimativa do efeito do campo elétrico usando-se a teoria de perturbações independente do tempo. Nos resultados mostram que para o QW as correções de primeira e segunda ordem são suficientes pra explicar o efeito a propriedades eletrônicas desta estrutura quando submetidas à campos elétricos externos. No caso do QWI e QD, estes apresentam comportamento bastante diferenciado em relação ao QW, no qual as correções de segunda ordem do campo elétrico

se anulam. Tais resultados são comparados com cálculos inteiramente realizados via simulações numéricas.

[04/11/05 - P450]

**SPACE CHARGE LAYER DYNAMICS AT OXIDE-SEMICONDUCTOR INTERFACES UNDER OPTICAL MODULATION: THEORY AND EXPERIMENTAL STUDIES BY NON-CONTACT PHOTOCARRIER RADIOMETRY,**

**JERIAS BATISTA,** *Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão,* **ANDREAS MANDELIS,** *Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Canada,* **JÜRGEN GIBKES,** **MICHAEL PAWLAK,** **JOSEF PELZL,** *Institut für Experimentalphysik III, Festkörperspektroskopie, Ruhr-Universität Bochum, Germany* •

The dynamic theory of the optically modulated space charge layer (SCL) resulting from band-bending at a Si - SiO<sub>2</sub> interface was developed in terms of the density of interface charges occupying bandgap energy states. Expressions were derived for these interface charge densities, interacting with the free carrier-density-wave generated in the SCL and in the quasi-neutral region (bulk) by an intensity-modulated super-bandgap laser. The residual and modulated interface charge coverage affects the band-edge-to-impurity state recombination and the concomitant near-infrared photon emission comprising the photo-carrier radiometry (PCR) signal. The PCR theory incorporating these effects was further developed. It was found to involve the dc, fundamental, and entire harmonic spectrum of the excitation frequency as a result of the optical modulation of the curvature of the energy bands and the SCL width at the interface. PCR was used experimentally with a harmonically modulated low-power laser pump and a superposed dc super-bandgap optical bias (a secondary laser beam) to control and monitor the space-charge-layer width in oxidized p-Si - SiO<sub>2</sub> and n-Si - SiO<sub>2</sub> interfaces (wafers) exhibiting charged interface-state related band-bending. The application of the theory to the experiments yielded the various transport parameters of the samples as well as depth profiles of the SCL exhibiting complete (p-type Si) or partial (n-type Si) band-flattening, to a degree controlled by the widely different minority carrier capture cross-section at each interface. The uncompensated charge density at the interface was also calculated from the theory.

[04/11/05 - P451]

**Deep subsurface electronic defect image contrast and resolution amplification in Si wafers using infrared photocarrier radiometry,**

**JERIAS BATISTA,** *Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão,* **ANDREAS MANDELIS,** **DERRICK SHAUGHNESSY,** **BINCHENG LI,** *Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada* • Bulk lifetime and surface recombination velocity are the most commonly used parameters for detection and characterization of defects in Si wafers, particularly those induced by metallic contamination. Several different methods have been developed to monitor either absolute values of minority carrier lifetime and surface recombination velocity or their relative changes induced by

the presence of defects. These methods usually consist of the injection of excess carriers and the measurement of some quantity related to the free carrier dynamics. For instance, the surface photovoltage (SPV) method measures the bending of the energy bands (or surface potential) upon illumination; the photo-conductance (PCD) method measures the intensity decay of a microwave due to changes in the IR absorption coefficient after cessation of the excitation; the ELYMAT technique measures the photocurrent collected by a semiconductor-metal contact; A photocarrier radiometry technique using a secondary sub-bandgap dc light source is introduced, along with the first applications to deep subsurface electronic defect analysis in Si wafers. It is shown that the use of a dc light source in addition to the modulated laser beam enhances drastically the potential of the technique in resolving low-level damage otherwise virtually indistinguishable by conventional photothermal techniques. Using the new methodology, the overall contrast enhancement was about 386 percent for amplitude and 5586 percent in phase over conventional photocarrier radiometry.

[04/11/05 - P452]

**Efeitos de Assimetria em Estados Quânticos com base no Modelo de Barreira de Potencial com Interfaces Parabólicas,**

**SAMIR SILVA COUTINHO,** **MARIA CONSUELO ALVES LIMA,** *Universidade Federal do Maranhão* •

O presente trabalho tem como objetivo descrever modelos de interfaces de barreiras de potencial formadas por estruturas semicondutoras do tipo AB/(A,C)B. Inicialmente, investigou-se alguns modelos de interfaces semicondutoras, reportadas na literatura, com o propósito de compreender as propriedades eletrônicas das referidas estruturas. Sabe-se que as interfaces em heteroestruturas não são abruptas em escala atômica e, conseqüentemente, produzem efeitos adicionais nas propriedades estruturais. Tais efeitos são resultados de imperfeições interfaciais, em uma ou duas camadas atômicas, caracterizando as chamadas interfaces não-abruptas. Com o propósito de descrever as propriedades dessas estruturas, considerando interfaces não-abruptas, propomos um modelo de barreira com interfaces parabólicas, onde analisamos dois casos em particular: variação na massa efetiva dos portadores de cargas sendo constante e a variação na massa efetiva com interfaces parabólicas. Para o caso onde a variação na massa efetiva é constante as soluções da equação de Schrödinger foram expressas em termos de funções analíticas conhecidas, enquanto que para o caso da massa efetiva variável as soluções da equação de Schrödinger foram obtidas numericamente. Considerando alguns parâmetros experimentais específicos, encontrados na literatura, as soluções dos modelos propostos foram utilizadas para se calcular a probabilidade de partículas serem transmitidas, considerando a influência das interfaces sobre as propriedades de transmissão de portadores. Acredita-se que o modelo pode contribuir para um entendimento maior sobre as propriedades eletrônicas das heteroestruturas semicondutoras, uma vez que o domínio dessas propriedades é de grande utilidade no desenvolvimento e otimização de dispositivos eletrônicos, tanto em escala micro como nanométrica.

[04/11/05 - P453]

**Stress and its Role on Nanowire Growth and MOS Technology,** F.R. P. DOS SANTOS, JORGE A. A. FOTIUS, ELDER A. DE VASCONCELOS, ERONIDES F. DA SILVA JR., *UFPE-PE-Brasil* • Film deposition processes employed in the manufacture of semiconductors, MEMS, thin film filters and other devices generate stress in both the substrate and the deposited film. Excessive film stresses can lead to deformation, cracking, delamination, shorts and other failures that can render a device unusable. Accurate assessment of the deformation caused by film stress is critical for developing controllable processes and producing high quality devices. Moreover, stress-driven mechanisms have been proposed to play a key role in a nanowire growth method discovered recently. Recently, Prokes and Arnold [1] reported the growth of nanowires and suggested a stress-driven mechanism for nanowire growth. Upon heating, due to the difference in thermal expansion coefficients, the native oxide layer is under tensile stress and the underlying Si region is under compressive stress. The compressive stress is relieved locally by stress cracks. The stress gradient leads to silicon atom flux to these crack regions, leading to silicon wire growth. In this work, we will review briefly basic concepts of stress, its measurement and implications for oxidation, nanowire growth and MOS technology and show how we used a Dektak 6M BenchTop Surface Profiler to perform contact stylus measurements of step height, bow, planarity, roughness and stress on various layers and surfaces, such as: oxidized Si, wet etched Si and nanostructured porous silicon layers. [1] S. M. Prokes, S. Arnold, Appl. Phys. Letters 86 (2005)193105. (CNPq-NanoSemiMat 550.015/01-9,CAPES-PRODOC 188/03)

[04/11/05 - P454]

**Densidade de estados eletrônicos pelo método da condutância: implementação e aplicações.,** JORGE A. A. FOTIUS, , ELDER A. DE VASCONCELOS, ERONIDES F. DA SILVA JR., *Departamento de Física - UFPE* • Os estados eletrônicos de interface ocorrem devido aos defeitos de posicionamento atômico na interface entre o óxido e o semicondutor e pela presença de impurezas, gerando centros de captura de carga. Devido a isso, estados quânticos de energia são inseridos na banda proibida do semicondutor, permitindo uma maior facilidade de comunicação elétrica entre as bandas de valência e condução. Dependendo do potencial de superfície, essa comunicação pode variar o estado da carga nesses estados (Qit) capturando ou emitindo portadores. A existência de Qit depende de vários parâmetros das etapas de fabricação dos dispositivos MOS. A neutralização efetiva de Qit é executada por processos de recozimento pós-metalização, nos quais o dispositivo é submetido a ambientes com gases e aquecido a temperaturas em torno de 450 graus Celsius. Atualmente, estão sendo pesquisados novos materiais para os dielétricos dos dispositivos MOS. Para pesquisar esses novos materiais, necessitamos de métodos de caracterização de Qit que sejam mais informativos que o método tradicional da capacitância versus tensão (C x V). Neste trabalho, discutiremos a teoria envolvida e as diferentes propostas de

implementação do método da condutância. Mostraremos um sistema de medidas que combina medidas de capacitância versus tempo (C x t), capacitância versus frequência (C x f), condutância versus tensão (G x V) e condutância versus frequência (G x f), com o qual é possível calcular a densidade de defeitos na interface e as constantes de tempo associadas. O sistema foi desenvolvido a partir da combinação de programas escritos em HP-VEE, Labtalk Origin e Mathematica. Discutiremos também a natureza microscópica dos estados de interface para óxido de silício sobre Si e sobre SiC e para os óxidos de alta constante dielétrica.

CNPq-NanoSemiMat 550.015/01-9, CAPES/PRODOC 188/03

[04/11/05 - P455]

**Processamento de Micro e Nanoestruturas por Plasma Reativo,** JORGE A. A. FOTIUS, , ELDER A. DE VASCONCELOS, ERONIDES F. DA SILVA JR., *Departamento de Física - UFPE* • Processos baseados em plasma são bastante comuns em micro e nanotecnologia, com os quais é possível realizar deposição e corrosão de estruturas diversas. Um sistema de corrosão por plasma é composto por uma bomba de vácuo mecânica, uma bomba de vácuo turbomolecular, uma fonte de rádio-frequência (RF) de alta potência, um casador de impedâncias e linhas de gases com controladores de fluxo de massa. O sistema é controlado por computador, o qual atua em placas de controle contendo relês e válvulas. O plasma utilizado é gerado por uma tensão RF aplicada a um gás ou a uma mistura gasosa sobre baixa pressão e como resultado, obtém-se uma nuvem que contém íons e elétrons. A corrosão por plasma pode ser bastante anisotrópica e seletiva, além de possuir a vantagem de não utilizar soluções líquidas, reduzindo os riscos de contato e outros danos físicos. Além disso, alguns materiais que possuem alta resistência à corrosão química, como o carbetto de silício, são mais facilmente corroídos através de plasma. O processo de corrosão por plasma depende de vários parâmetros, tais como: gases e materiais utilizados, pressão, potência de RF e tempo de aplicação. O processamento por plasma tornou possível o surgimento dos sistemas microeletromecânicos (MEMS), os quais integram elementos mecânicos, sensores e atuadores num mesmo substrato. O desenvolvimento das técnicas de fabricação e caracterização de sistemas MEMS tornou possível a fabricação de sistemas "lab-on-a-chip", contendo em um só circuito integrado todos os componentes de um laboratório de análises físico-químicas ou biológicas. Esse conceito é intensamente pesquisado nos países desenvolvidos e produtos comerciais já estão disponíveis. Os benefícios dos sistemas MEMS também são sentidos em campos como: guias de ondas integrados, bioeletrônica ou computação quântica (macromachined ion traps). Nesse trabalho, abordaremos diferentes aspectos da técnica de corrosão por plasma, partindo da montagem e calibração do sistema até sua aplicação para a fabricação de estruturas simples e investigações



sobre os efeitos do plasma sobre materiais e dispositivos.

CNPq-NanoSemiMat 550.015/01-9, CAPES/PRODOC 188/03

[04/11/05 - P456]

**Estudos das propriedades óticas em ligas quaternárias de nitretos dopados tipo-p,** SARA C. P. RODRIGUES, ERONIDES F. DA SILVA JR., *Departamento de Física- Universidade Federal de Pernambuco*, MARCEL N. D'EURYDICE, GUILHERME M. SIPAHI, *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo* • Os semicondutores III-V baseados nos nitretos são bastante utilizados em dispositivos optoeletrônicos que operam na faixa espectral do visível ao ultravioleta (UV). Recentemente foi mostrado as vantagens em utilizar camadas quaternárias de AlInGaIn, ao invés de GaN e AlGaIn, para a fabricação de estruturas quânticas de alta qualidade com forte emissão no UV em temperatura ambiente. Os diodos emissores de luz (LEDs) podem ser utilizados em lâmpadas incandescentes, sistemas de detecção baseados na fluorescência ou absorção, e aplicações que envolvam comprimentos de onda curtos e alta luminosidade [1]. Estes materiais quaternários baseados nos nitretos são interessantes, pois a energia do gap e o parâmetro de rede podem ser variados mudando a composição de In e Al. Todavia o controle de dopagem se torna difícil, pois a energia dos aceitadores torna-se mais profunda conforme se aumenta a concentração de Al na liga. Várias tentativas foram feitas para aumentar a eficiência da dopagem de aceitadores, usando poços quânticos e super-redes de AlGaInN/AlGaInN [2], aumentando em várias ordens de magnitude a condutividade tipo p. Contudo, do ponto de vista teórico, existem poucos estudos na literatura sobre as propriedades eletrônicas e óticas destes materiais. Neste trabalho iremos apresentar espectros de luminescência e absorção em múltiplos poços quânticos de InGaIn/AlInGaIn e AlInGaIn/InGaIn na fase wurtzita [3]. Os cálculos foram realizados através da solução autoconsistente da equação da massa efetiva de multibandas, dentro do modelo  $8 \times 8$  de Kane, com a equação de Poisson, adotando uma representação de ondas planas. Efeitos de troca-correlação e de tensão foram também considerados nos cálculos. Iremos discutir os efeitos, das composições de Al e In nas ligas, nas propriedades de emissão de luz branca nestes sistemas. Considerando a liga quaternária tanto na barreira como no poço, obtemos emissão de luz visível. Os resultados obtidos podem servir de guia para futuros experimentos envolvendo dispositivos de luz branca.

[1] S. C. P. Rodrigues, G. M. Sipahi e E. F. da Silva Jr. - *Microelec. J.* **36**, 434 (2005).

[2] M. N. d'Eurydice, G. M. Sipahi, S. C. P. Rodrigues e E. F. da Silva Jr. - *Microelec. J.* - *in press* (2005).

[3] S. C. P. Rodrigues, M. N. d'Eurydice, G. M. Sipahi e E. F. da Silva Jr. - *Thin Solid Films* - submetido (2005).

[04/11/05 - P457]

**ANÁLISE DA EMISSÃO ELETRO-MAGNÉTICA DE UM SISTEMA ELÉTRON-FÔNON EM SILÍCIO EXCITADO OPTICAMENTE,** CLEDSON SANTANA L. GONCALVES, JERIAS BATISTA, *Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão* • Nos últimos anos tem aumentado o interesse sobre grupos de técnicas experimentais que trabalham com conversão de energia óptica em calor ou em geração de portadores. Este interesse é ocasionado pelo fato de que essas técnicas funcionam como ferramenta de análise direta ou indireta de parâmetros físicos ligados às propriedades de natureza elétrica, eletrônica, óptica, acústica, térmica ou mesmo a combinação destas. Estas técnicas são conhecidas como técnicas fototérmicas e elas estão baseadas na interação onda-matéria. Uma dessas técnicas é a Radiometria Fototérmica Infravermelha (RFI), que está baseada na mudança da emissividade da amostra induzida pela presença de elétrons fotoexcitados, fenômeno ocasionado quando a amostra é iluminada por um laser. O sinal radiométrico é descrito por um modelo teórico composto por duas equações diferenciais relacionadas às componentes de plasma e térmica que compõem a radiação emitida. Para estudar o comportamento desse sinal foram feitas simulações da amplitude e fase do sinal. Estas simulações foram realizadas em um programa computacional em linguagem FORTRAN. A metodologia adotada foi a variação de um dos parâmetros físicos, enquanto os demais foram mantidos constantes. O objetivo do trabalho foi a descrição qualitativa do sinal radiométrico mediante variações nos parâmetros físicos e experimentais.

[04/11/05 - P458]

**Energias Relacionadas a Impurezas Hidrogenóides em Nanoestruturas Semicondutoras de GaAs/AlGaAs Sujeita a Campos Externos,** E. R. BARRETO, G. PEDREIRA, FABIO J. RIBEIRO, *Centro de Pesquisa e Pós-Graduação Visconde de Cairu - CEPPEV* • Muita atenção tem sido dispensada à nanotecnologia nos dias de hoje tanto por iniciativa dos dirigentes governamentais, quanto por iniciativa das instituições privadas, como por exemplo as indústrias de ponta, uma vez que as nanoestruturas, ou materiais nanoestruturados, apresentam um altíssimo potencial de aplicabilidade tecnológica, que vão desde nanosensores de gás, os quais podem ser construídos com nanotubos de carbono, até processadores quânticos, cujas arquiteturas também têm sido um alvo de grande interesse. Neste último ramo várias arquiteturas têm sido propostas para estes processadores. Dentre estas propostas estão os processadores formados por pontos quânticos constituídos de materiais semicondutores. E, ainda mais específico, devido à possibilidade de simular um sistema de dois níveis, existe a proposta de se utilizar na arquitetura dos processadores quânticos, pontos quânticos semicondutores na presença de impurezas hidrogenóides, uma vez que a transição entre os estados  $1s$  e  $2p+$  pode se dar na ordem de terahertz. Dentre os formalismos mais utilizados para se modelar teoricamente sistemas semicondutores está o formalismo da massa efetiva.

Neste formalismo, a presença de impurezas hidrogenóides nos sistemas de baixa dimensionalidade, tais como poços, fios e pontos quânticos, nos leva muitas vezes a situações que não são solúveis analiticamente. Uma das saídas mais comuns para solucionar a questão é a utilização de um método variacional, que deve ser incrementado numericamente e que tem como “ator” principal uma função de onda tentativa. Esta função de onda tentativa deve ser escolhida de maneira bem criteriosa, a fim de que o sistema quântico e as anisotropias neles causadas por eventuais campos externos, como por exemplo campos elétricos e magnéticos externos, sejam devidamente tratados. Isto é, a função de onda do sistema deve adequar às anisotropias causadas por campos externos, o que só é conseguido com uma escolha criteriosa para tal. Neste trabalho estamos interessados em calcular as energias de transição e a força do oscilador entre os estados  $1s$  e  $2p+$  de uma impureza hidrogenóide em poços e pontos quânticos de GaAs/AlGaAs, sujeitos a campos elétrico e magnético externos, fazendo um estudo criterioso quanto à escolha da função de onda tentativa. Como um dos resultados, mostramos que a escolha de uma função mais flexível, com a presença de três parâmetros variacionais, leva a resultados bem distintos para as energias de transição daqueles obtidos como uma função com um ou dois parâmetros apenas.

## Sessões Orais

### ATG - Física da Atmosfera e Geofísica

[04/11/05 - 15:30h - Sala 5]

**A FÍSICA DOS TSUNAMIS,** ALBERTO BRUM NOVAES, IF/UFBA • Os tsunamis se desenvolvem através de três estágios: geração, propagação e inundação. Uma perturbação sísmica no solo oceânico, tal como o movimento ao longo de uma falha geológica, provoca ascensão da água que se propaga através da superfície do oceano, nas regiões profundas, com velocidade de jato. Nas zonas costeiras provoca grandes inundações e destruição.

[04/11/05 - 16:00h - Sala 5]

**Análise da Climatologia Simulada Sobre a Região Norte do Nordeste do Brasil em Escala Espacial de Bacias Hidrográficas,** EMERSON MARIANO DA SILVA, DIEGO TIBÉRIO DE QUEIROZ MARTINS, UECE - Ceará - Brasil • O principal objetivo deste trabalho e a análise da climatologia de precipitação pluviométrica gerada por modelos numéricos de previsão, com vistas a detectar modos de variabilidade espaço/temporal em relação à observada, em áreas específicas dentro da região Norte do Nordeste do Brasil (NEB), como é o caso das Bacias Hidrográficas, que representam áreas estratégicas nessa região. Em adição, estabelecer as propriedades de suas séries temporais juntamente com um indicador do seu grau de previsibilidade. Os dados usados nesse estudo, tanto os simulados como os observados, foram obtidos no parque de processamento do Projeto Downsca-

ling, na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), por convênio de cooperação científica firmado com a Universidade Estadual do Ceará (UECE). Para a obtenção da climatologia de precipitação pluviométrica simulada (30 anos de simulação, de 1971 a 2000, para os meses de janeiro a junho, com 10 membros cada mês), sobre todo o NEB, foi usada a técnica de downscaling dinâmico, aninhando-se o Modelo Regional Espectral RSM97, ao Modelo de Circulação Geral da Atmosfera ECHAM4.5. Os resultados preliminares mostraram que a utilização da técnica de redução de escala da previsão de precipitação (downscaling dinâmico), com os referidos modelos aninhados, apesar de capturar a assinatura da precipitação durante o período chuvoso no NEB, que vai de fevereiro a maio, apresentou predominantemente um desvio “bias” úmido no total de precipitação da estação, ao longo de toda essa região, exceto em pequenas áreas do estado do Ceará e áreas do centro-oeste de Pernambuco.

[04/11/05 - 16:15h - Sala 5]

**Balanco hídrico dos reservatórios do semi-árido baiano, França e São José do Jacuípe, utilizando isótopos estáveis.,** DANILO RIBEIRO DE SÁ TELES, ADERVAL BARROS DA SILVA, ALEXANDRE BARRETO COSTA, MARIA DO ROSÁRIO ZUCCHI, CHRISTIAN PEREIRA LOPES DOS SANTOS, ANTONIO EXPEDITO GOMES DE AZEVEDO, CARLA BACELLAR PEDREIRA, AILTON DOS SANTOS JUNIOR, Laboratório de Física Nuclear Aplicada - UFBA, Superintendência de Recursos Hídricos SRH-BA • Neste trabalho utilizou-se a técnica da hidrologia isotópica, visando o monitoramento da evaporação e efeitos sazonais através de isótopos estáveis de hidrogênio e oxigênio nas águas superficiais e subterrâneas das barragens do França e São José do Jacuípe, localizadas na sub-bacia do rio Jacuípe, na região do semi-árido baiano. As análises isotópicas foram feitas a partir de amostras coletadas na região, entre outubro de 2003 a março de 2005, utilizando um espectrômetro de massa Delta Plus da Thermo Finnigan, e um reator H-Device. Os valores isotópicos das amostras dos reservatórios variaram de  $-35$  a  $+25$  para o  $\delta D$  e  $-4$  a  $+5$  para o  $\delta O^{18}$  valores estes que evidenciam uma forte ação evaporativa. A partir desses pode-se inferir mecanismos de evaporação e recarga dos reservatórios e sugerir uma possível conexão do reservatório França com aquífero. O ajuste linear dos dados de  $\delta D$  x  $\delta O^{18}$  indica uma inclinação de 6,3 para os dois reservatórios, valor este menor que o observado para a linha meteórica global e que corrobora com o valor da umidade e temperatura para a região. Um modelo do processo de evaporação deve ser aplicado e deverá ser feita uma comparação com os dados isotópicos obtidos experimentalmente.

[04/11/05 - 16:30h - Sala 5]

**AJUSTANDO OS ESPECTROS DE GOTÍCULAS DE NUVENS OBTIDAS NO EXPERIMENTO EMfN!-ESN,** CÍCERO FERNANDES ALMEIDA VIEIRA, JOÃO BOSCO VERÇOSA LEAL JR., CARLOS JACINTO DE OLIVEIRA, ALEXANDRE ARAUJO COSTA, Universidade Estadual do Ceará - UECE • O crescimento das gotículas de

nuvens é um dos principais problemas abordados em modelagem atmosférica de microfísica de nuvens, pois os processos envolvidos são bastante complexos e, na maioria dos casos, com efeitos ainda não determinados precisamente. Em modelos numéricos atmosféricos, a quantificação da precipitação depende diretamente de uma boa representação dos processos microfísicos envolvidos. Uma vez que a utilização da microfísica de forma parametrizada é computacionalmente dispendiosa, sua utilização não é viável para muitas aplicações, tais como previsões numéricas de tempo e clima em escalas globais. Então, a utilização de esquemas microfísicos de volume pode ser desejável, se eles são capazes de representar bem as características microfísicas das nuvens. Esses esquemas de volume envolvem soluções para a equação de crescimento de gotas, as quais são simplificadas pelo uso de uma função analítica simples e de fácil tratamento, mas que retrata de forma fiel os espectros de gotículas observados. A escolha dessas funções analíticas, as quais serão utilizadas para representar a função distribuição de gotículas, deve ser feita considerando quão bem esta função ajusta o espectro real de gotícula e quão complexo será o tratamento das equações microfísicas. Existem diversas funções aceitas atualmente pela comunidade científica, não havendo consenso em torno de uma única que represente todos os espectros. Este trabalho visa determinar qual função se ajusta melhor aos espectros de gotículas de nuvens obtidos durante a realização do experimento de microfísica EMfIN!, realizado no Ceará durante o mês de abril de 2002. De posse dessa função, juntamente com seus parâmetros, é possível ajustar melhor as condições iniciais dos modelos de previsão de tempo e clima e proporcionar resultados mais confiáveis para a sociedade.

[04/11/05 - 16:45h - Sala 5]

**Análise da variabilidade espaço-temporal da pluviometria da região sul do Nordeste através de redes de correlação.,** CHARLES NOVAES DE SANTANA, JOSÉ GARCIA VIVAS MIRANDA, ROBERTO FERNANDES SILVA ANDRADE, *Universidade Federal da Bahia* • Segundo Rosane Chaves (1999), a região sul do Nordeste brasileiro, compreendida entre as latitudes  $8^{\circ}S$  e  $19^{\circ}S$  e as longitudes  $37^{\circ}W$  e  $46^{\circ}W$ , apresenta como principal característica climática a alta variabilidade espacial e temporal da precipitação. O estudo dessa variabilidade pode ser feito através de ACP ("Análise de Cluster") ou análise de eventos extremos de precipitação. Propomos a análise da variabilidade pluviométrica desta região através de redes de correlação linear.

Utilizaram-se dados de precipitação diária, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), de 205 estações pluviométricas distribuídas na região sul do Nordeste brasileiro. Para cada par de estações, foi calculado o coeficiente de correlação linear ( $r$ ) da sequência temporal de dados de chuva. O coeficiente de correlação linear, ou coeficiente de correlação de Pearson, mede o grau de relação das variáveis na amostra, nesse caso o grau de relação da variabilidade pluviométrica de duas estações, variando entre  $-1$  e  $+1$ , forte correlação linear negativa e forte correlação linear positiva, respectivamente.

A partir dessas informações, foram construídas as redes de correlação linear da pluviometria da região sul do Nordeste para períodos determinados. Foram considerados vértices da rede as estações pluviométricas onde houve chuva no período analisado. Cada dois vértices relacionam-se entre si, através de arestas, se o valor absoluto do coeficiente de correlação linear das estações representadas por estes vértices for igual ou superior a 0.7. As redes geradas apresentam diferentes estruturas topológicas. Na maioria das vezes, exibem maior número de aglomerados de conexões entre os vértices que representam as estações do Leste e entre os vértices que representam as estações do Oeste da região estudada, o que está de acordo com as descrições climatológicas da variabilidade pluviométrica da região, encontradas na literatura.

Esta análise nos permite identificar a existência de dependência espacial entre as séries temporais de dados das estações em um determinado período. Permite inferir o comportamento de uma estação a partir do comportamento de uma ou mais estações a ela correlacionadas. Sugerimos que esse tipo de análise poderia ser usado em novos processos de construção de mapas pluviométricos ou no processo de alocação de estações pluviométricas.

## ENS - Ensino de Física

[04/11/05 - 15:30h - Sala 2]

**Concepções docentes a respeito do princípio de Arquimedes. Um estudo investigativo a respeito de um modelo ainda pouco compreendido.,**

GEORGE CASTRO, JOSÉ RICARDO ALENCAR, *Universidade Federal do Pará* • O trabalho a partir daqui apresentado tem por finalidade discutir as implicações do uso de modelos no ensino de física dentro de uma abordagem fechada e portanto não crítica por parte de quem ensina e de quem aprende, pois o que verificamos hoje é que o ensino de física nos mais variados níveis se dá através de modelagens estabelecidas e aceitas de maneira inquestionável por parte de professores e alunos. Em nosso trabalho tomamos como objeto de estudo o caso particular do princípio de Arquimedes, observamos as concepções dos professores de ensino médio a respeito deste princípio, concepções estas que se mostraram apenas uma reprodução do que aprenderam em seus respectivos cursos ou do que leram nos livros didáticos, o que nos dois casos vem quase sempre acompanhado de uma falta de reflexão a respeito da validade do modelo que norteia este princípio. A abordagem escolhida por nós executores deste trabalho foi a de fazer nossos investigados discutirem a validade do princípio de Arquimedes em diferentes situações expostas a eles na forma de um questionário que em um primeiro momento trazia oito ilustrações diferentes de situações limite da validade do princípio, nesta etapa o questionário era preenchido representado-se em cada situação as forças que atuavam em cada um dos corpos, onde em cada uma das oito ilustrações os corpos encontravam-se imersos ou parcialmente imersos de forma diferente. Em uma segunda etapa o questionário traçou um perfil do professor tentando enfatizar a sua formação acadêmica, sua experiência e suas bases de con-

sulta (livros, internet, periódicos, etc..) As literaturas indicadas pelos professores como fonte de referência foram todas por nós consultadas, é fato dizer que poucos professores tiveram acesso a situação limítrofe do princípio de Arquimedes, tendo por isso a maioria se equivocado na hora de representar as forças atuantes nos corpos imersos ou parcialmente imersos mostrados nas ilustrações. Percebemos nas respostas dos sujeitos pesquisados a falta de reflexão a respeito do modelo matemático discutido neste trabalho. Esta não discussão provavelmente acarreta uma perda para os alunos que freqüentam a disciplina física no nível médio lecionadas pelos mesmos professores e que como estes não terão uma maior compreensão das limitações de um modelo teórico feito sobre uma determinada situação. Ao não refletir o caráter provisório e representacional da ciência, professor e aluno perdem uma grande oportunidade de compreender a ciência como constructo humano, feito de paradigmas provisórios e sujeitos à evolução intelectual.

[04/11/05 - 16:00h - Sala 2]

**CINEMÁTICA NO TRILHO DE AR,** RODRIGO FASCELUAN DE MORAIS, MANOEL DEODATO DOS SANTOS, RAFAEL DE LIMA RODRIGUES, *UFCG-Cajazeiras* • O objetivo principal de nosso trabalho é desenvolver o raciocínio científico dos alunos, estimulando os seus sentidos críticos, sua criatividade e o seu poder de análise diante de um fenômeno físico. Os professores do Centro de Formação de Professores da UFCG Campus de Cajazeiras desenvolvem a maioria de seus projetos buscando propostas para melhorar a qualidade e a formação do professor nos ensinamentos fundamental e médio. Na primeira série do ensino médio se dá ênfase ao estudo de um dos assuntos mais antigos da ciência Física, a saber, a mecânica clássica ou mecânica newtoniana, que governa o movimento de um corpo macroscópico (corpo de dimensões visíveis com massas muito maiores do que a massa de um elétron e velocidades muito pequenas (em comparação a velocidade da luz no vácuo), fazendo parte também do conteúdo programático da disciplina de Física Geral I do curso de Licenciatura Plena em Ciências. Este curso funciona com as três habilitações: Biologia, Química e Matemática. A partir do período letivo de 2005.2 o referido curso implantou a habilitação em Física. O aluno tendo êxito no Vestibular da UFCG para o curso de ciências, após um ano ele fará uma opção para uma das quatro habilitações. A cinemática proporciona ao Professor de Física do Ensino Médio lecionar com aulas práticas utilizando materiais alternativos, com a teoria e a prática fazendo parte de um todo. Neste trabalho, utilizando um trilho de ar e recursos de informática investigamos a cinemática dos seguintes sistemas clássicos: plano inclinado, movimento retilíneo uniformemente variado e choque elástico em uma dimensão. O primeiro autor é monitor da disciplina de Física Geral I do Curso de Licenciatura Plena em Ciências, habilitação em Física.

[04/11/05 - 16:15h - Sala 2]

**Projeto de Cooperação entre a Vigilância Sanitária Municipal de Aracaju e o Departamento de Física da UFS,** SOUZA S.O., SOUZA, D.N.,

ALCANTARA M. C., DANTAS M. V. A., BARRETO M.F.A., *Depto. Física - Universidade Federal de Sergipe (DFI/UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil,* GÓES V. L. D., CARDOSO E. S. S., NOVAIS A. A., *Coordenadoria de Vigilância Sanitária / SE (COVISA)* • O cadastramento, a inspeção e o controle de unidades que utilizam fontes radioativas para diagnóstico e terapia são atividades que vêm sendo realizadas em Sergipe pelos técnicos do IRD/CNEN. É necessário incluir as ações da Vigilância Sanitária Estadual e Municipal como forma de garantir o controle sanitário dos estabelecimentos. Ainda há uma grande dificuldade para a execução dessas ações por parte da Coordenadoria de Vigilância Sanitária/SE (COVISA), por falta de pessoal e treinamento especializado e, também, por falta de equipamentos para a realização de testes de controle de qualidade exigidos na portaria do Ministério da Saúde 453/1998. Sendo assim, o presente projeto objetivou estabelecer as diretrizes, normas e procedimentos necessários a uma cooperação técnica mútua entre o Núcleo de Radiação Ionizante, pertencente à (COVISA), e o Departamento de Física (DFI) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Uma das atividades do projeto foi o desenvolvimento de um manual padronizado de cadastramento e inspeção de estabelecimentos de Radioterapia e Medicina Nuclear e de Radiologia Médica e Odontológica. Além disso, são compartilhados equipamentos e tecnologias relacionados à área de Física Médica. Inicialmente foram realizadas inspeções em clínicas que possuem aparelhos de raios X convencionais e mamógrafos. Os alunos puderam auxiliar os profissionais da COVISA detectando irregularidades, tais como falhas na proteção radiológica de pacientes e de técnicos e problemas nos equipamentos. Com este trabalho pretende-se viabilizar, para os profissionais da COVISA, cursos e treinamentos para a realização de testes de controle de qualidade em equipamentos que utilizam radiação ionizante, em contrapartida oferecer um campo de treinamento, formação e aperfeiçoamento profissional aos estudantes de Física Médica da UFS. Através dessa parceria os estudantes de Física Médica estão tendo acesso facilitado aos estabelecimentos de saúde, aprimorando seus conhecimentos alinhando a teoria à prática e a Vigilância Sanitária de Aracaju está aprimorando sua fiscalização nessa área. Esse projeto de parceria entre COVISA e o DFI representa um avanço de fundamental importância na análise da confiabilidade e segurança que estes estabelecimentos assistenciais de saúde apresentam para os usuários do sistema de saúde na cidade de Aracaju.

[04/11/05 - 16:30h - Sala 2]

**Medidor de Posição por Ultrassom para Bancada de Cinemática,** DR. ALAN FREITAS MACHADO, DR. ANDRÉ WIERMANN, *UERJ, ON* • No ensino da cinemática, a medição de corpos móveis em trilhos de baixo atrito é realizada com o auxílio de cronômetros ou de simples sensores de início e fim do trajeto, usualmente associados a um contador digital. Embora funcional, a simples detecção do movimento e a contagem do tempo total impõem algumas restrições nos experimentos que podem ser executados. A falta de um método para aproximação da velocidade instantânea,

dificuldade para medidas de aceleração e problemas com a repetibilidade dos testes são apenas alguns exemplos. O aumento do número de pontos medidos envolveria também em um aumento do número de sensores por bancada, resultando em maior custo do equipamento além do aumento da possibilidade de defeitos e falhas nos experimentos.

### Metodologia

Este instrumento tem a finalidade de medir continuamente a distância de um alvo móvel em movimento retilíneo sobre um trilho guia de baixo atrito. A medida da posição é feita por meio do tempo de trajeto de um sinal ultrassônico, que é emitido com regime pulsante em intervalos regulares, operando como um sistema de sonar. Diversos pulsos são emitidos e captados, permitindo o acompanhamento do movimento do corpo em estudo por todo o trajeto, gerando assim várias leituras de posição e tempo para análise do movimento.

Vantagens : um número relativamente grande, da ordem de dezenas de medidas, são obtidas em uma única "corrida", economizando tempo e assegurando homogeneidade estatística dos dados; apenas um conjunto sensor, sem partes móveis é necessário por equipamento.

### Descrição do sistema

Dois transdutores ultrassônicos piezoelétricos são montados lado a lado, operando como uma antena de sonar ou radar (ver figura abaixo). Um dos transdutores, atuando como emissor, recebe uma excitação elétrica na sua frequência de ressonância (40 kHz), por um tempo tal que permita o estabelecimento da vibração mecânica e a conseqüente emissão do sinal acústico ultrassônico por um certo número de ciclos.

Considerando a velocidade de propagação do som constante para uma dada temperatura, é possível calibrar o percurso em milímetros e gerar o cálculo das distâncias percorridas no tempo.

[04/11/05 - 16:45h - Sala 2]

### UMA ABORDAGEM LÚDICA PARA O ENSINO DA FÍSICA UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO, SÉRGIO RICARDO DA COSTA MYRRIA, CEFET-RN

• Devido às mudanças educacionais presentes atualmente no cenário da educação brasileira os professores procuram uma nova didática para o ensino diferente da proposta tradicional. A proposta deste trabalho é discutir a importância do resgate do lúdico no aprendizado escolar, principalmente no ensino da Física e uma ligação entre prazer e aprendizado utilizando materiais recicláveis que estão ao alcance de todos os alunos facilitando seu aprendizado e tornando as explicações científicas mais concretas. Para isso propõe-se o uso de atividades lúdicas com a utilização de materiais de baixo custo como estratégia pedagógica poderosa, despertando nos alunos um maior interesse de se apropriar do conhecimento. Deve-se deixar claro contudo, que não propomos a perseguição do lúdico como finalidade para o ensino. A atividade lúdica deve, juntamente com o educador, ser

vivenciada pelos alunos através de situações-problemas do seu dia-a-dia. Essas situações estão presentes nos desafios, nas montagens, na construção e discussão em grupo e nos jogos e brinquedos que envolvam conteúdos físicos. Os feitos destes desafios lúdicos partem da própria ação do sujeito e do acompanhamento de um orientador. Percebe-se claramente a elevação do caráter questionador dos alunos sempre auxiliado pela figura de um professor que transforma seu papel de "quem sabe mais" em "quem organiza", o que indica que tanto professor quanto aluno podem estar aprendendo e colaborando mutuamente. Pelos pontos apresentados pode-se observar que o aproveitamento da ludicidade no ensino da Física visa estabelecer uma nova relação com o conhecimento na escola, que não pode delimitar-se dentro de sua estrutura física e nos horários de aulas. Vai muito além da mesma com a leitura do mundo exterior às paredes da sala de aula. A abordagem lúdica sustenta, portanto, uma nova concepção de organização do ensino, interdisciplinar, onde a escola seja um banco de dados e um local de permanente pesquisa.

Palavras Chaves: ação pedagógica, interdisciplinar, lúdico, recicláveis.

### EST - Dinâmica de Sistemas Complexos e Percolação

[04/11/05 - 15:30h - Sala 1]

**Estudo da difusão de um fio injetado uniformemente em cavidades planas bidimensionais, VALDEMIRO DA PAZ BRITO, MANOEL DE CARVALHO VIEIRA, LORENE MARANHÃO DA SILVA THÉ, UFPI, MARCELO ANDRADE DE FILGUEIRAS GOMES, UFPE, CÁSSIA CRISTINA DONATO, UnB** • Fios injetados em cavidades bidimensionais formam padrões heterogêneos complexos sem simetrias evidentes, mas fortemente controlados por interações de autoexclusão e descritos por leis de escala robustas. Neste trabalho é apresentado um estudo da injeção contínua de um fio dúctil de  $S_{n_{0,60}}P_{b_{0,40}}$  (com calibre  $\zeta = 1,5mm$ ) ao longo do eixo de simetria direito-esquerdo de cavidades planas de formato circular ou quadrado de  $150mm$  de tamanho e altura  $\zeta = 1,5mm$ ; bem como de um fio de cobre (calibre  $\zeta = 1,0mm$ ) numa cavidade circular de  $200mm$  de diâmetro e altura  $\zeta = 1,0mm$ . O regime de injeção usado é o de velocidade uniforme da ordem de  $v \approx 1cm/s$ . Ao cabo de um intervalo de tempo  $t_{max}$ , a densidade média das interações de autoexclusão alcança um limiar, levando a uma instabilidade na injeção do fio a qual limita a fração máxima de ocupação da cavidade a um valor sensivelmente menor do que a unidade. A difusão aqui é dada pelo deslocamento quadrático médio do fio,  $\langle x^2 \rangle$ , devidamente normalizado e medido transversalmente ao eixo de injeção em diversos instantes. Os resultados experimentais confirmam argumentos de escala os quais indicam que  $\langle x^2 \rangle \sim t^\alpha$ , com  $\alpha \rightarrow 2$  no início da ocupação ( $t \lesssim 0,05t_{max}$ ) e  $\alpha \rightarrow 1$  (para  $t \gtrsim 0,05t_{max}$ ), independentemente de  $v$ . Ou seja, um comportamento balístico, no início do preenchimento, seguido de uma ocupação difusiva de tipo browniano. Em particular, este último

comportamento é também observado quando obstáculos de tamanho  $\zeta$  são diluídos nos interiores das cavidades [1].

[1] Veja *Difusão de um fio numa cavidade bidimensional com obstáculos*, EFNNE, 2005.

[04/11/05 - 15:45h - Sala 1]

**Teoria de Circuitos para o Regime de Bloqueio Coulombiano Dinâmico**, AILTON FERNANDES DE MACEDO JUNIOR, ANTONIO MURILO SANTOS MACÊDO, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco* • Efeitos de interação elétron-elétron em condutores mesoscópicos têm atraído interesse tanto teórico quanto experimental. Tais efeitos, combinados com a discreteza da carga e a coerência de fase, na presença de dinâmica caótica, fornecem uma grande variedade de fenômenos não triviais. Problemas de transporte na física mesoscópica são tratados com formalismo de Landauer-Büttiker, que trata a condução eletrônica como um problema de espalhamento, permitindo o cálculo de observáveis como a condutância e a potência do ruído de disparo. Recentemente, foi mostrado que os efeitos de interação coulombiana elástica podem ser incorporados no formalismo da matriz de espalhamento pela renormalização de certos autovalores de transmissão do sistema [1,2]. Por outro lado, no regime semiclássico não interagente, Nazarov introduziu a teoria de circuitos, um procedimento no qual o sistema mesoscópico é dividido em elementos discretos topologicamente classificados em terminais, nós e conectores. Define-se pseudopotenciais nos nós, pseudocorrentes nos conectores e regras de conservação da pseudocorrente em cada nó. Tal método fornece a relação pseudocorrente-voltagem do sistema e a densidade de autovalores de transmissão, permitindo o cálculo de observáveis. No entanto, o método de Nazarov encontra dificuldades na determinação da relação corrente-voltagem de um elemento arbitrário do circuito, problema originado na quebra da descrição semiclássica do transporte na proximidade de fronteiras e interfaces, situação na qual efeitos puramente quânticos tornam-se dominantes. Esta dificuldade foi recentemente removida pelo tratamento sistemático apresentado nas referências [3-5]. Nesta teoria de circuitos estendida a pseudocorrente é calculada diretamente a partir do modelo sigma não linear supersimétrico, permitindo uma descrição completa dos efeitos quânticos. Neste trabalho, estudamos os efeitos de interação nas propriedades de transporte de uma cavidade conectada a um certo número de guias no regime de bloqueio coulombiano dinâmico, onde os efeitos de interação são fracos devido à supressão do bloqueio coulombiano pelas flutuações de carga. Estudamos o regime semiclássico, combinando as equações de grupo de renormalização propostas em [1,2] com a versão entendida da teoria de circuitos de Nazarov.

[1] M. Kinderman and Yu. V. Nazarov, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 136802 (2003)

[2] D. A. Bagrets and Yu. V. Nazarov, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 236803 (2004)

[3] A. M. S. Macêdo, *Phys. Rev. B* **66**, 033306 (2002)

[4] A. L. R. Barbosa and A. M. S. Macêdo, *Phys. Rev. B* **71**, 235307 (2005)

[5] A. M. S. Macêdo and A. M. C. Souza, *Phys. Rev. E* **71**, 066218 (2005)

[04/11/05 - 16:00h - Sala 1]

**Distribuições de *betweenness* em modelos de redes complexas**, JOSÉ RIBEIRO FILHO, *UFC e UVA*, ANDRÉ AUTO MOREIRA, JOSÉ SOARES DE ANDRADE JR., *UFC* • Um sistema complexo pode ser descrito como um grande número de agentes individuais que interagem através de uma estrutura diversa de interações que, através de fenômenos cooperativos leva-o uma ordem global. Nos últimos anos, uma nova área de pesquisa em redes complexas tem como objetivo entender e modelar a estrutura das interações encontradas em diversos sistemas complexos. Uma rede complexa é uma descrição abstrata de um sistema onde cada um dos elementos interagentes é representado por um vértice de rede e as ligações entre os elementos representam as interações. Neste trabalho estudamos a distribuição de uma propriedade topológica dos vértices chamada *betweenness* que pode ser interpretada como uma medida da centralidade dos vértices da rede. Nós mostramos que as propriedades estruturais da rede influenciam fortemente a distribuição de *betweenness*. Finalmente investigamos como esta propriedade se relaciona com outras características locais dos vértices como o grau de conectividade.

[04/11/05 - 16:15h - Sala 1]

**Invasion Percolation Between two Sites**, A. D. ARAÚJO, T. F. VASCONCELOS, A. A. MOREIRA, J. S. ANDRADE JR., *Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará*, L. S. LUCENA, *Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte* • We investigate the process of invasion percolation between two sites (injection and extraction sites) separated by a distance  $r$  in two-dimensional lattices of size  $L$ . Our results for the non-trapping invasion percolation model indicate that the statistics of the mass of invaded clusters is significantly dependent on the local occupation probability (pressure)  $p_e$  at the extraction site. For  $p_e = 0$ , we show that the mass distribution of invaded clusters  $P(M)$  follows a power-law  $P(M) \sim M^{-\alpha}$  for intermediate values of the mass  $M$ , with an exponent  $\alpha = 1.39 \pm 0.03$ . When the local pressure is set to  $p_e = p_c$ , where  $p_c$  corresponds to the site percolation threshold of the lattice topology, the distribution  $P(M)$  still displays a scaling region, but with an exponent  $\alpha = 1.02 \pm 0.03$ . This last behavior is consistent with previous results for the cluster statistics in standard percolation. In spite of these discrepancies, the results of our simulations indicate that the fractal dimension of the invaded cluster does not depend significantly on the local pressure  $p_e$  and it is consistent with the fractal dimension values reported for standard invasion percolation. Finally, we perform extensive numerical simulations to determine the effect of the lattice borders on the statistics of the invaded clusters and also to characterize the self-organized critical behavior of the invasion percolation process.

[04/11/05 - 16:30h - Sala 1]

**Critical Properties of a ferromagnetic Ising model on the Sierpinski Carpet- Equilibrium and Nonequilibrium results,** CARLOS ARGOLO, ELDERKIN MACNADBAY, DELVIS BERTRAND, CEFET-AL-BRASIL, MARCELO LYRA, Ufal-Brasil, ANANIAS MARIZ, UFRN-BRASIL, SASUKE MIYAZIMA, Chubu University-Japão • We studied the phase transition and the critical behavior of a ferromagnetic Ising spin model on a Sierpinski Carpet. We determined Energy and Specific heat by Monte Carlo Simulation using Glauber dynamics. First, in the equilibrium, we obtained the phase transition temperature by the use of Binder Cumulant technique. Later we obtained the transition temperature by the short-time dynamics behavior. We compared our results that show the critical temperature  $T_c$  1.5, with other direct Monte Carlo Simulations and they agreed with some results and disagree with others ( $T_c$  2.0). We calculated the equilibrium critical exponents by two different methods: - In the equilibrium, we first obtained  $T_c$  and the exponents  $\nu$  and  $\beta$  - By short-time dynamics, we were also able to find  $T_c$  and the same  $\beta$  and  $\nu$  and also the dynamical exponent  $z$  separately. We also performed finite-size scaling studies. Finally, we explain the difference in results of the critical temperature in the literature.

[04/11/05 - 16:45h - Sala 1]

**Propriedades Críticas do Modelo de Ising Diluído em 2D com aplicação da Dinâmica de Tempos Curtos,** LURDIANA F. DA SILVA, U. L. FULCO, UFPI, F. D. NOBRE, CBPF • O modelo de Ising ferromagnético diluído por sítio tem atraído a atenção de muitos pesquisadores durante as últimas duas décadas. Um grande desafio na física dos sistemas desordenados, tanto do ponto de vista teórico como experimental, é o entendimento no comportamento desse modelo, principalmente, em relação ao tipo de influência (mudança) no comportamento crítico que um sistema puro pode apresentar quando introduzimos algum tipo de desordem. Um argumento heurístico proposto por Harris, indica que a desordem modifica (ou não) o comportamento crítico se no correspondente sistema puro o expoente crítico do calor específico  $\alpha$  é positivo (negativo). O modelo de Ising ferromagnético desordenado em duas dimensões tem sido o objetivo de muitas controvérsias, visto que em duas dimensões tem-se  $\alpha = 0$  para o sistema puro, representando um caso marginal. Muitos trabalhos sustentam o quadro conhecido como universalidade forte, reivindicando que a presença de desordem afeta as propriedades críticas do modelo apenas por um conjunto de correções logarítmicas para o comportamento do sistema puro; de fato tal quadro só é estritamente válido no limite de pouca desordem. Por outro lado, alguns trabalhos numéricos sugerem quantidades termodinâmicas que apresentam o comportamento de lei de potência usual de tal maneira que mantenha o quadro de universalidade fraca. Contudo, uma análise sistemática da escala de tamanho finito reivindica que uma discriminação clara entre os quadros de universalidade forte e fraca ainda não são possíveis com base nos dados disponíveis de sis-

temas finitos, o que sugere que esse tipo de problema continue sendo abordado. Neste trabalho, calculamos os expoentes  $\theta$ ,  $\lambda$ , e  $z$ , onde preparamos amostras com a magnetização inicial  $m_0 = 0.04, 0.03, 0.02, 0.01$ . Simulamos o sistema para uma rede quadrada de tamanho  $L = 128$  com as seguintes concentrações de sítios:  $p = 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00$ . O objetivo do nosso trabalho é verificar se aplicando a dinâmica de tempos curtos ao modelo de Ising ferromagnético diluído por sítio em duas dimensões os expoentes  $\theta$ ,  $\lambda$ , e  $z$  apresentam a mesma classe de universalidade do modelo de Ising puro e se a presença de desordem afeta as propriedades críticas do modelo.

## INS - Instrumentação

[04/11/05 - 15:30h - Sala 6]

**Desenvolvimento de um sistema para monitoramento de compressores alternativos,** LUIZ CARLOS SIMOES, JOSE DIVAL PASTOR RAMOS, IURI PEPE, UFBA • A busca por alternativas de metodologia de acompanhamento técnico e monitoramento de compressores alternativos vem motivando os profissionais do setor a buscarem novos recursos que tragam maior confiabilidade a este tipo de intervenção. O sistema digital de medida multicanal por nós desenvolvido permite que sejam medidas grandezas de diferentes naturezas (vibração, pressão, posição) simultaneamente. No sistema proposto são utilizados: um sensor de vibração do tipo piezoelétrico posicionado na lateral do cabeçote, um sensor de pulsação do tipo piezoelétrico fazendo a medida no interior do cilindro por meio de uma sonda e um tacômetro usado para mensurar o período e a posição do pistão. Para a digitalização dos sinais provenientes destes sensores foi utilizada uma interface de aquisição de dados previamente desenvolvida com dois canais de conversão analógico digital de 12 bits, utilizados para fazer a leitura dos sensores de pressão e vibração, e um canal de entrada digital, utilizado para fazer a leitura do sinal do tacômetro. O controle desta interface é feito por um computador pessoal, para o qual foi desenvolvido um software que além de fazer a aquisição dos dados, também faz o tratamento prévio dos dados. A análise e interpretação dos resultados foi feita no ambiente Microcal Origin.

[04/11/05 - 15:45h - Sala 6]

**CONTRIBUIÇÃO À IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE EM DIAGNÓSTICO POR IMAGEM EM UM HOSPITAL DE ILHÉUS.,** CARLOS HENRIQUE PIANEZZOLA, FERMIN G. VELASCO, AGNES M.F. FAUSTO, ANDERSON WILLIAM MOL, MÁRCIA R. ATTIE, ELIANA ALCÂNTARA LISBOA, PATRÍCIA C. OLIVEIRA, MARCOS ELY A. ANDRADE, CAMILA MESSIAS B. SANTOS, MURILO FAGUNDES DE CASTRO., Universidade Estadual de Santa Cruz • Este trabalho representa uma etapa na implantação de um programa de controle de qualidade em raios-X diagnóstico numa instituição pública de saúde. Foi avaliado o estado de funcionamento dos equipamentos

utilizados através de um conjunto de testes para investigar os parâmetros físicos do aparelho. Verificou-se a exposição à radiação das pessoas envolvidas no processo, através de levantamento radiométrico e investigou-se as doses recebidas pelos pacientes. Procura-se contribuir com os dados obtidos para o estabelecimento da dose recebida por paciente em exames radiológicos na região Nordeste do país. A ausência desse controle pode levar à exposição desnecessária e danosa de pacientes, trabalhadores e indivíduos do público. Como também induzir um diagnóstico errado, impreciso ou tardio, dificultando ou inviabilizando o tratamento.

Utilizando o protocolo de avaliação de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico foram feitos os cálculos, que foram comparados com os valores aconselhados pela portaria 453/98. Foram encontrados resultados adequados nos seguintes testes: sistema de colimação, reprodutibilidade da tensão do tubo, reprodutibilidade e linearidade da exposição e dose na entrada da pele. Os inadequados foram: exatidão do indicador da tensão do tubo e exatidão do tempo. O índice de rejeito dos filmes revelados foi de apenas 1,9%.

Foi verificado que a instituição não está adequada a princípios básicos de radioproteção. Percebemos uma deficiência dos técnicos de radiação e profissionais da área em relação ao conhecimento das diretrizes de proteção radiológica. Os resultados dos testes realizados indicam que alguns dos parâmetros medidos não estão em conformidade com os recomendados pelo protocolo utilizado e observa-se que o índice de rejeição é ótimo, porém incompatível com a não conformidade de alguns testes realizados, essenciais para uma imagem com qualidade. Isso indica que imagens com baixa qualidade estão sendo utilizadas para o diagnóstico, o que pode acarretar em um diagnóstico falho. No levantamento radiométrico os valores de exposição medidos demonstraram que o equipamento se encontra adequado, assim não oferecendo riscos de exposição desnecessária à radiação para a população e os profissionais envolvidos. Pode-se perceber a necessidade de intervenções para ajustes adequados com a finalidade de oferecer melhores condições para a obtenção de imagens diagnósticas.

[04/11/05 - 16:00h - Sala 6]

**Otimizando filtros para medidores não invasivos de potencial de pico de tubos de raios X de diagnóstico utilizando simulação computacional,** RENATO GLAUCO, PEDRO L. MENEZES, *Laboratório de Instrumentação e Acústica - UNCISAL*, CARLOS ALBERTO PELÁ, *CIDRA-DFM-FFCLRP-USP* • Sabe-se que existem limitações físicas e experimentais que impedem que um medidor de kVp não invasivo com um único par de filtros possa efetuar medidas em toda a faixa de radiodiagnóstico.

No mercado encontram-se equipamentos com um par de filtros, outros com 4 filtros e alguns com até 10 filtros de espessuras e materiais diferentes.

Com o objetivo de estabelecer critérios para a seleção de filtros para que isto não seja uma escolha totalmente arbitrária ou puramente experimental, foram feitas numerosas simulações cobrindo uma grande faixa de com-

binhões de filtros de cobre, kVps e filtrações totais de tubo. Através de simulação computacional, utilizando o modelo de produção de raios X de Birch and Marshall[1], foi desenvolvido um método gráfico para a escolha do número de filtros e suas espessuras para utilização em testes de qualidade em tubos de raios X de diagnóstico.

Durante o desenvolvimento destes equipamentos, inúmeras exposições devem ser feitas para encontrar um conjunto de filtros razoavelmente adequados. Com base em um critério relacionado com a resolução desejada, a faixa útil de leitura e a sensibilidade dos detectores utilizados, foi possível escolher a quantidade de filtros necessários e também a espessura de cada filtro sem a necessidade de um estudo experimental exaustivo.

Para uma resolução de 3 kVp imposta na simulação foram obtidos 4 filtros (0,5 mmCu, 1 mmCu, 2 mmCu e 5,5 mmCu) que permitiram calibrar um instrumento construído dentro da faixa que se estende de 45 a 145 kVp.

O instrumento desenvolvido, quando comparado com um divisor de tensão apresentou resultados satisfatórios (erro  $\leq 3\%$ ). A metodologia desenvolvida permitiu projetar um instrumento de medida de forma mais fundamentada, evitando desperdício de materiais e tempo com procedimentos de tentativa e erro.

De uma grande quantidade de pares de filtros testados por simulação, apenas uma pequena parte apresentou funcionalidade.

O critério de seleção de filtros desenvolvido neste trabalho pode ser aplicado para projetar medidores de kVp, onde pode-se escolher a faixa de trabalho e a resolução desejada para determinar as espessuras e a quantidade de filtros de cobre necessários.

[1]R. Birch and M. Marshall, "Computation of bremsstrahlung x-ray spectra and comparison spectra measured with a Ge(Li) detector.", *Phys. Med. Biol.* 24, 505-517 (1979).

Agradecimentos - FAPESP, FAPEAL e CNPq

[04/11/05 - 16:15h - Sala 6]

**Fluence to Effective Dose Conversion Coefficients for ISO configuration using GEANT4/MAX Model,** SILVIA PAGANINI, *Departamento de Física - CCT, Universidade Federal de Roraima*, EUDICE C. VILELA, *2 Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN / CNEN)*

• The healthy problem of 30% tumors increase observed statistically by European and American aircraft crews worry the CNEN Brazilian organ responsible for these aspects and treated with the GEANT4/MAX computation Model. For their radiation protection is necessary the prediction of the possible effective dose absorbed by aircraft workers due cosmic radiation, especially for high energy neutrons, nuclear particles more dangerous than others. The protection quantity effective dose is very important for establish maximum limit for human body exposure for people safety. This Model was created by the Regional Commission of Nuclear Science of Recife, Brazil, for future implementation with individual dosimeters by Brazilian aircrews. The Model is the coupling result of GEANT4 particles simulation toolkit with MAX voxel - based anthropomorphic phantom that follows the ICRP-89 (2003) recommendations. The GEANT4 com-



putational toolkit was supported by the world-wide collaboration of CERN/Switzerland International Laboratory of High Energy Particles Physics. A further confirmation of GEANT4 physics models validation is offered here by a perfect agreement of own fluence-to-effective dose Conversion Coefficients calculation with the literature using mono-energetic neutrons. The CCs are calculated for the energy interval from 20 MeV to 10 TeV for ISO irradiation of MAX. The CCs are calculated following the recommendations of ICRP-92 (2003).

[04/11/05 - 16:30h - Sala 6]

**O Laboratório de Energia Solar da UEFS,** GERMANO PINTO GUEDES, *Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, BR 116-Norte, Cidade Universitária, 44031-460, Feira de Santana - BA,* DENIS GILBERT FRANCIS DAVID, *Laboratório de Propriedades Ópticas - LaPO/UFBA* • Serão apresentadas as linhas de pesquisa básica e aplicada em energia solar desenvolvidas no Laboratório de Energia Solar (Labensol) da Universidade Estadual de Feira de Santana. O Labensol existe desde 2001 e, por sua proximidade e vocação para o semi-árido, tem como meta desenvolver e popularizar o uso da energia solar para promover a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida da população onde a intensa incidência solar durante longo período do ano possibilita o uso desta fonte de energia em diversas aplicações.

São os seguintes, os projetos em andamento: - modelização e construção de uma geladeira solar a álcool/carvão ativado e secadores solares para alimentos; - otimização de coletores solares térmicos planos e parabólicos para aquecimento de água e produção de vapor; - desenvolvimento de instrumentação (radiômetros e eletrônica associada) para solarimetria; - emprego da espectroscopia fotoacústica para o estudo de pigmentos absorvedores e superfícies opticamente seletivas; - estudo de modelos para descrever a irradiação solar na superfície da terra; - projetos em eletrônica para aquisição de dados e controle de processos em geral.

Muitos destes projetos são desenvolvidos em parceria com organizações não-governamentais, pesquisadores da UEFS (dos cursos de Engenharia de Alimentos e Biologia) e de outras universidades (UFBA e Universidade Salvador) além de convênios com empresas privadas projetos financiados pela FAPESB.

## MAT - Novos Materiais

[04/11/05 - 15:30h - Sala 3]

**Ingresso de Água em Zeólita Compactada: Um Estudo Através de Imagens por RMN,** EDUARDO N. DE AZEVEDO, , RICARDO E. DE SOUZA, MARIO ENGELSBERG, *Dep. de Física - UFPE - PE - Brasil,* MIRLA DE NAZARÉ DO N. MIRANDA, M. APARECIDA SILVA, *Faculdade de Eng. Química, UNICAMP - SP - Brasil* • Foram utilizadas Imagens por Ressonância Magnética Nuclear para estudar o ingresso de água em um sistema poroso formado por zeólita em pó compactada sob alta pressão. As medições foram realizadas de forma que a equação para difusão em uma dimensão é aproximada-

mente satisfeita. Os perfis de umidade medidos indicam um regime de sub-difusão, com uma variável de escala espaço-temporal  $\eta = \frac{x}{t^{\gamma/2}}$  com  $0 < \gamma < 1$ . Um modelo baseado na equação de difusão com derivada temporal fracionária foi adotado para analisar os dados dos perfis de umidade e gerar uma expressão que produz a dependência da difusividade generalizada com a concentração de água. Sistemas que exibem diferentes valores de  $\gamma$  indicam uma sistemática similaridade na dependência da difusividade com a umidade. Isto sugere que o modelo pode representar o processo físico básico envolvido no transporte de água nesse tipo de sistema.

[04/11/05 - 16:00h - Sala 3]

**PROPRIEDADES ÓPTICAS DE POLÍMEROS DOPADOS COM ÓLEO VEGETAL,** JURANEZ DANTAS, , JUSSARA ANGÉLICA DURÃES, MARIA MÁRCIA MURTA, MARIA JOSÉ ARAÚJO SALES, *Universidade de Brasília,* FREDERICO DA SILVA BICALHO, PETRUS ALCANTARA JR, JORDAN DEL NERO, CLÁUDIO MÁRCIO ROCHA REMÉDIOS, SANCLAYTON GERALDO CARNEIRO MOREIRA, *Universidade Federal do Pará* • O estudo de polímeros dopados com óleos vegetais tem crescido bastante devido a grande aplicação destes compostos na produção de plásticos com propriedades especiais tais como incorporar bandas de absorção e fotoluminescência ao mesmo. Neste trabalho incorporamos o óleo de linhaça à matriz polimérica do poliestireno em diversas concentrações diferentes. O óleo de linhaça é um óleo interessante por apresentar na sua composição ácidos graxos importantes como ômega 3 (54%), ômega 6 (24%), ácido oleico (19%), bem como o beta-caroteno entre outras substâncias que, por si só, já apresentam grande interesse devido suas propriedades ópticas. Incorporados na matriz polimérica, esses compostos alteram ou incorporam propriedades físicas ao plástico. Fizemos medidas de absorbância e fotoluminescência no óleo puro e nas amostras do polímero dopado com o óleo de linhaça nas diferentes concentrações. Para efetuar as medidas usamos um monocromador modelo 308i da ACTON, um fotodetector de silício e uma lâmpada de Xenônio com 75 W de potência. O espectro de absorbância no óleo puro apresenta uma larga banda na região do UV (entre 350 e 380 nm) que está em completo acordo com as presenças do ácido oleico, linoleico e linolênico. A fotoluminescência exibida pelo óleo é de grande intensidade e situa-se na região do azul tendo seu centro em torno de 470 nm. O sistema formado pelo polímero dopado com o óleo incorpora tanto as bandas de absorção existentes no óleo como seu efeito de fotoluminescência. No entanto, a banda de emissão da luminescência apresenta um deslocamento para a região do vermelho no espectro, em função da concentração e assume pequenas alterações na sua forma para as diferentes concentrações. Estamos testando também, a possibilidade da fabricação de LEDs orgânicos a partir desses compostos. 1 - Durães, J. A., Compostos Fotoprotetores-Síntese e caracterização de poliestireno o poli(metacrilato de metila) dopados com óleo de buriti. Dissertação de mestrado UNB (2004). 2 - Shogren RL, Petrovic Z, Liu ZS, et al. Biodegradation behavior of some vegetable oil-based polymers. JOUR-

NAL OF POLYMERS AND THE ENVIRONMENT 12 (3): 173-178 JUL (2004).

[04/11/05 - 16:15h - Sala 3]

**Investigation on the incorporation mechanism of the manganese ions in the KDP crystal structure by X-ray Multiple Diffraction with Synchrotron radiation,** CLÁUDIO MÁRCIO ROCHA REMÉDIOS, PETRUS ALCÂNTARA JR, JORDAN DEL NERO, SANCLAYTON GERALDO MOREIRA., *Universidade Federal do Pará*, FRANCISCO ERIVAN DE ABREU MELO, PAULO DE TARSO C. FREIRE, JOSÉ MARCOS SASAKI, JOSUÉ MENDES-FILHO, *Departamento de Física - Universidade Federal do Ceará* • The influence of doping introduced into the crystal lattice has been studied extensively in various ferroelectrics, in particular because they can improve physical properties of materials for technological applications. Additionally, certain transition metal ions incorporated into a crystal lattice often modify its growth. The optimization of size and shape is of fundamental importance in industrial crystallization. Some previous work has suggested that KDP monocrystal grown in the presence of manganese salts, permanganate and mixtures of them present different incorporation mechanism of ions manganese. In this work we have investigated KDP crystals doped with different mole concentrations of permanganate studied by an X-ray multiple diffraction technique using synchrotron radiation at room temperature. Our studies showed that the structures of the doped crystals are slightly distorted compared to the pure KDP crystal. The samples for X-ray multiple diffraction measurements in this work no presented habit modification and were prepared from one crystals grown from solutions at PH 3.8 doped with 1, 3 and 5 weight percent of manganese ions. Our results suggest that Mn ions take the position of K ions or of P by a substitutional incorporation mechanism for crystals grown from the solution containing 1 and 3 weight percent of manganese ions. Nevertheless for crystals grown from that containing 5 weight percent of manganese ions the analysis of the Renninger scans is consistent with the presence of the impurity atoms occupying interstitial crystallographic sites in the lattice. Since the solution concentration influence in the incorporation mechanism of the doping ion in the crystal structure.

[04/11/05 - 16:30h - Sala 3]

**Processamento e Estudo de Propriedades Elétricas e Magnéticas de  $\text{Ca}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ,** MANOEL ROBERVAL PIMENTEL SANTOS, LUCELINDO DIAS FERREIRA JUNIOR, ANTÔNIO SÉRGIO BEZERRA SOMBRA, *UFC - CE - Brasil* • Cerâmicas baseadas em materiais com estrutura perovskita são bastante conhecidas por suas altas constantes dielétricas, o que leva essa classe de material a um grande número de aplicações tecnológicas. Tais materiais são muito promissores para aplicação em capacitores, dispositivos microeletrônicos e de microondas, onde a miniaturização do dispositivo é crucial. Em 1943, o titanato de cálcio,  $\text{CaTiO}_3$ , com distorções ortorrômbicas da estrutura perovskita, foi observado da difração de raios-X por Naray-Szabo. O titanato de cálcio policristalino é mais freqüentemente usado na produção de capaci-

tores por apresentar alta constante dielétrica, alta perda e elevado coeficiente de temperatura de freqüência de ressonância. Já para a aplicação em filtros de microonda e ressoadores dielétricos os materiais cerâmicos devem ter alta constante dielétrica, baixa perda e coeficiente de temperatura de freqüência de ressonância estável. Sistemas cerâmicos obtidos pela dopagem do  $\text{CaTiO}_3$ , pela substituição de  $\text{Ca}^{2+}$  por íons trivalentes como  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$  e  $\text{Sm}^{3+}$ , podem ser aplicados para produzir filtros de microondas, pois a substituição do  $\text{Ca}^{2+}$  na rede cristalina do  $\text{CaTiO}_3$  produz redução na perda dielétrica. O  $\text{BiFeO}_3$  é um material ferroelétrico e antiferromagnético com uma temperatura de Neel de 643 K e é classificado como um material ferroeletrorromagnético. Materiais ferroeletrorromagnéticos são os que possuem propriedades ferroelétricas e ferromagnéticas na mesma fase. Por exemplo, eles apresentam uma magnetização espontânea a qual pode ser alinhada pela aplicação de um campo magnético e uma polarização espontânea que pode ser alinhada pela aplicação de um campo elétrico. No presente trabalho foram realizadas sínteses de  $\text{Ca}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$  ( $x = 0.0; 0.2; 0.4; 0.5; 0.6; 0.8; 1.0$ ) através de moagem e tratamento térmico. As amostras foram estudadas usando difração de raios-X, espectroscopia Mössbauer e medidas elétricas.

[04/11/05 - 16:45h - Sala 3]

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS PASTILHAS PELTIER,** CARLOS CHESMAN DE A. FEITOSA, ERIC P. MOREIRA, MARCIO V. DE ARAÚJO, NEYMAR P. DA COSTA, *Universidade Federal do Rio Grande do Norte* • Atualmente a tecnologia de semicondutores tem avançado muito desde o seu advento na década de 70 no que diz respeito a aplicações em dispositivos comerciais. Um destes dispositivos são as pastilhas Peltier. Estas pastilhas possuem a propriedade de transferir calor entre suas faces, produzindo o efeito termoelétrico proporcionando diferenças de temperatura de até 70 °C. Neste trabalho investigamos os blocos semicondutores do tipo P e N que compõem as pastilhas Peltier, estes blocos têm dimensões de 2mm de largura, 2mm de comprimento por 3mm de altura. Os blocos P e N são acoplados em um porta-amostra para investigar as propriedades elétricas, usando o método quatro-pontas. Essas pontas são cilíndricas e acopladas em pequenas molas que proporcionam um contato elétrico sem danificar a estrutura dos blocos semicondutores. Passando-se uma corrente elétrica nos eletrodos externos mede-se a diferença de potencial gerada nos eletrodos internos. O aparato experimental é composto por uma fonte de corrente e um multímetro digital. Todo o sistema de medida está interligado ao computador por interfaceamento GPIB, o que favorece a aplicação de instrumentação virtual, do qual obtemos curvas características de corrente elétrica em função da voltagem elétrica, curvas  $I \times V$ , caracterizando os semicondutores. Essas informações serão usadas para, no futuro, prepara amostras semicondutoras.

## OTI - Ótica Quântica

[04/11/05 - 15:30h - Sala 4]

**A new look at spontaneous emission,** MURRAY K. OLSEN, *University of Queensland* • The study of spontaneous emission has a long history, beginning with the famous Einstein A and B coefficients and the Wigner-Weisskopf law. Previous studies have considered atoms which are not within one de Broglie wavelength of each other, so that the fermionic or bosonic nature of the atoms need not be considered. This condition holds for dilute high-temperature atomic samples, but not for degenerate quantum gases. In particular, it does not hold for Bose-Einstein condensates and now that these are readily available in laboratories around the world, it is of some interest to develop methods which will allow for a full quantum treatment of both the atomic and electromagnetic fields. In this talk we demonstrate phase-space methods, using the positive-P and Wigner representations, for the treatment of spontaneous emission from two-level bosonic atoms. We use a simple model without spatial dependence of the atomic fields and without collisional and dipole-dipole interactions, although these can readily be included for larger atomic samples, along with other details which would be necessary to model a realistic experimental situation. The simplicity of our model allows us to consider different quantum states of the atomic fields and demonstrate clearly that correlations which can build up between the ground and excited states have a noticeable effect on the dynamics. We can also give a clear demonstration of the difference between the quantum mechanical predictions of the positive-P representation and an approximation which we derive from the Wigner representation.

[04/11/05 - 16:00h - Sala 4]

**Measuring the Wigner characteristic function of optical fields,** ARDILEY T. AVELAR, *Instituto de Física, Universidade de Brasília*, BÁSILIO BASEIA, *Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás*, JORGE M. C. MALBOUISSON, *Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia* • We present a proposal to measure directly the Wigner characteristic function for traveling modes of the electromagnetic field. Using Fourier transformation, we obtain in a simple way the Wigner function associated with the state, without a demanding data analysis. We employ a Mach-Zehnder interferometer fed by the vacuum and the one-photon state and including an auxiliary nonlinear medium in one arm. The Wigner characteristic function of the considered optical field is obtained directly from photon detection in the detectors placed in the output of the interferometer. The procedure is shown to work for both pure and mixed state of the field. Comparison with other proposals to reconstruct states of stationary fields and trapped atoms are discussed.

[04/11/05 - 16:15h - Sala 4]

**The atom-photon bound state in realistic photonic crystals,** F. C. MOREIRA, S.B. CAVALCANTI, UFAL, D. MOGLEVTSEV, *Instituto de Física/Academia*

*de Ciências da Bielo-Russia* • In this work we investigate the behavior of a two-level atom inside a three-dimensional photonic crystal within a full quantum optical formalism. We discuss the unusual properties of this type of system when the frequency of the atomic transition lies in a forbidden region of the electromagnetic modes within the crystal such as, the inhibition of the spontaneous emission and giant Lamb shift. We investigate the underlying mechanism of these phenomena by applying the method of the collective operators, which allows us to describe the fundamental properties of the atom-photon bound state. We study the spontaneous emission in a model photonic crystal with the isotropic and step-like density-of-states. We also study the properties of symmetric densities-of-states finally the realistic density-of-states, for a photonic crystal of a diamond structure. In the calculations we use different schemes of discretization, to find that, depending on the particular density-of-states, different schemes give different convergence rates and different types of errors arise due to the finite number of modes used in the calculations. We set up for three types of discretization: the equally spaced one, a recursive scheme where the local distance between two modes is inversely proportional to the density-of-states in that region and a rather specific one, based on the nodes of the Gauss-Jacobi quadrature. We show that for a given density-of-states, an adequate scheme of discretization can improve the quality of the solutions in a significant way. Furthermore, we show that one usually needs a few hundreds of points to model with good accuracy the model densities-of-states and one to three thousands points to model realistic distributions of modes. Real systems have losses, due to the finite size of the crystal, inter-atomic collisions, phonons and coupling to the external world, to name a few. We investigate how the atom-photon bound state is affected by atomic losses, modal losses and by dephasing. We develop approximate tools based on the collective operators method and demonstrate that the solutions given by these tools are in a very good agreement with a much more computationally intensive Monte-Carlo simulation. We find that the atom-photon bound state is sensitive to atomic losses, and more robust in respect to dephasing and modal losses.

[04/11/05 - 16:30h - Sala 4]

**A Young-Like Distributed Double Slit Using Classical Light,** I. VIDAL, D. P. CAETANO, E. J. S. FONSECA, J. M. HICKMANN, *Departamento de Física - Universidade Federal de Alagoas* • Currently there is a debate about the classical and nonclassical aspects of coincidence imaging. Based on the so-called ghost-imaging configuration, *Bennink et al.* [1] demonstrated coincidence imaging by using two classically correlated beams, reproducing the same behavior that had previously been demonstrated with quantum twin beams. On the other hand, it has been claimed that high resolution and high contrast ghost-imaging in both the near-field and far-field limits are signatures of the nonclassicality of this technique [2]. However, a recent result reveals that high spatial resolution in both limits is also possible using thermal-like light with classical intensity correlations [3].

In this work, we experimentally investigate the formation of interference patterns using a distributed object [4] using two classical light sources: pseudo-thermal and coherent. The different parts of our object are a single slit and a wire, each one in a different beam, arranged in such way that if they were spatially superimposed over each other they would form a double slit. The far-field limit is studied [5] by measuring the intensity correlation function of the scattered fields by each one of the parts. Our results show that the only classical correlations in the wavevector are needed to observe the interference fringes.

[1] R. Bennink *et al.*, Phys. Rev. Lett. 89, 11360 (2002).

[2] R. S. Bennik *et al.*, Phys. Rev. Lett. 92, 033601 (2004); M. D'Angelo *et al.*, Phys. Rev. Lett. 92, 233601 (2004).

[3] D. Magatti, *et al.*, quant-ph/0408021 (2004).

[4] I. Vidal *et al.*, *International Quantum-Electronics Conference, Technical Digest* (OSA, Washington, 2004), paper ITuM1.

[5] E. J. S. Fonseca *et al.*, *Optics and Photonics* (SPIE, San Diego - CA, 2005), Conference [5893-13] (invited).

[04/11/05 - 16:45h - Sala 4]

**Controle Temporal Coerente e Manipulação de Fase na Absorção de Dois Fótons com Pulsos Ultracurtos**, H. G. DE BARROS, W. LOZANO B., J. FERRAZ, S. S. VIANNA, L. H. ACIOLI, *Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil* • Controle coerente é a denominação dada ao conjunto de técnicas que permitem guiar um sistema quântico para um estado final desejado a partir da sua interação com a luz. Isto pode ser feito através da interferência quântica entre os diferentes caminhos que conectam os mesmos estados inicial e final. Vários esquemas têm sido investigados, cuja base é o controle da interação quântica pela manipulação das propriedades coerentes do campo elétrico. Um dos métodos de maior sucesso consiste em moldar a fase de um pulso de femtosegundos [1]. Outra técnica relacionada é o controle temporal coerente [2], que consiste em usar dois pulsos idênticos atrasados temporalmente para explorar diferentes caminhos quânticos, permitindo um maior grau de liberdade. Neste trabalho mostramos que a manipulação da fase do campo elétrico pode atuar de forma seletiva nos caminhos induzidos pelo controle temporal coerente. Nosso experimento consiste em enviar dois pulsos de femtosegundos, atrasados temporalmente através de um vapor de Rubídio, onde um destes pulsos tem uma fase adicional introduzida em parte de suas componentes espectrais. O par de pulsos é usado para excitar a transição de dois fótons 5S-7S. A influência da manipulação da fase na transição atômica é medida através da fluorescência do estado 6P em função do atraso temporal entre os pulsos, para diferentes posições no espectro da função de fase. Um bom acordo com os resultados experimentais é obtido a partir do cálculo da população total excitada na absorção de dois fótons, usando uma teoria de perturbação de segunda ordem e considerando a interferência entre os quatro possíveis caminhos quânticos. O controle seletivo é claramente demonstrado pela observação das interferências quânticas devido ao cancelamento dos

caminhos quânticos que levam às interferências ópticas.

Apoio. Os autores agradecem o suporte financeiro dado pelas agências CNPq e CAPES.

[1] D. Meshulach, and Y. Silberberg. Phys. Rev. A **60**, 1287 (1999)

[2] V. Blanchet, C. Nicole, M. A. Bouchene, and B. Girard. Phys. Rev. Lett. **78**, 2716 (1997)

## Palestra Plenária

### Palestra Plenária

[04/11/05 - 17:30h - Sala 1]

**A Questão Energética e a Fusão Nuclear Controlada**, RICARDO GALVÃO, *CBPF* • O esgotamento das fontes fósseis de energia, o crescimento da população mundial e a necessidade de um desenvolvimento sustentável, que permita diminuir substancialmente a emissão de poluentes para a atmosfera, representam um grande desafio quanto a disponibilidade de fontes de energia a partir da segunda ou terceira década deste século. Infelizmente esta questão é muito pouco compreendida pela sociedade e inadequadamente estudada pelos organismos governamentais. Faremos um pequeno resumo sobre o problema, tanto a nível nacional como mundial, discutindo as diferentes possibilidades para fontes primárias de energia que estão sendo consideradas, discutindo em maior detalhe a alternativa nuclear, em particular a oferecida pelo processo de fusão termonuclear controlada. Os desafios científicos e técnicos relacionados ao primeiro protótipo de um reator a fusão, o ITER, cuja construção em Cadarache, França, foi recentemente aprovada, serão discutidos.

## ÍNDICE

- A Filho, A. S. A., 61  
A Jr, P. C. A., 58, 153  
A Neto, M. A., 55  
A, B. M. F. A., 188  
A, D. M. V. A., 188  
A, N. A. A., 188  
Abagaro, B. T. O., 64  
Abreu, M. T., 57  
Acioli, L. H., 196  
Afonso, A., 138  
Agnaldo, J. S., 177  
Agra, J. T. N., 36, 37  
Aguiar, A. L., 72  
Aguiar, C. L. O., 79  
Aguiar, H. B., 84  
Aguiar, J. A., 58, 70, 174, 181  
Albuquerque, D. F., 103, 112, 159  
Albuquerque, D. S., 149  
Albuquerque, E. L., 4, 9, 19, 71, 107  
Albuquerque, R. M., 64  
Alcântara Jr, P., 194  
Alcântara Junior, P., 79  
Alcântara, M. C., 81  
Alcantara Jr, P., 43, 77, 78, 82, 193  
Alcantara Jr, P. A., 74, 90, 170  
Alencar, J. R., 187  
Alencar, J. R. S., 43  
Alencar, M. A. R. C., 10, 11  
ALEXANDRINO, J. C., 110  
Aligia, A. A., 113  
Allisson, D., 6, 142  
Almeida, ., 51  
Almeida, C. A. S., 118, 122  
Almeida, E. O., 80  
Almeida, F. A. G., 153  
Almeida, L. A., 25  
Almeida, L. E., 84  
Almeida, M. M., 128  
Almeida, M. P., 64  
Almeida, N. S. A., 71  
Alonso, R. E., 77  
Alves Júnior, C., 80  
Alves Junior, N., 57  
Alves Junior, S., 89  
Alves, Á. S., 47, 137, 142, 150  
ALves, C. A. P., 58  
Alves, E. O., 44  
Alves, M., 132  
Alves, M. T. S., 48  
ALVES, O. F., 42, 48, 85  
Alves, O. L., 114  
Alves, P. J. J. A., 140  
Alves, R. O., 23  
Alves, S. R. L., 112  
Alves, V. S., 25  
Amélia, M., 50  
Amador, A., 112  
Amaral, L. A. N., 92  
Andrade Filho, T. S., 129  
Andrade Júnior, J. S., 56, 104  
Andrade Jr, J. S. A., 6, 54, 190  
Andrade, A. A., 96  
Andrade, A. F., 99  
Andrade, D., 149  
Andrade, D. M., 155  
Andrade, J. E., 84  
Andrade, M. E. A., 191  
Andrade, M. F., 179  
Andrade, M. J. P., 14  
Andrade, R. F. S., 15, 54, 55, 111, 187  
Andrade, R. R. D., 139, 140  
Angélico, E. C., 74  
Angeiras, J., 158  
Anjos, A. J. S., 138  
Anselmo, D. H., 158  
Araújo Sobrinho, A., 6  
Araújo, ., 51  
Araújo, A. C., 141  
araújo, A. C., 149  
Araújo, A. C. H., 165  
Araújo, A. D., 54, 104, 190  
Araújo, C. A. A., 69  
Araújo, C. B., 10, 11  
Araújo, F. S., 47  
Araújo, I. G., 54  
Araújo, J. A. S., 20, 21, 115  
Araújo, J. C., 33  
Araújo, L. R. S., 66  
Araújo, L. S. M., 45, 46  
Araújo, M. S., 155  
Araújo, M. S. R., 111  
Araújo, M. T., 11  
Araújo, M. V., 164, 165, 194  
Araújo, P. B. M., 74  
Araújo, P. C., 137, 150  
ARAÚJO, T. S., 34  
Araújo, T. S., 164  
Araújo, V. H., 145  
Arapiraca, A. F. C., 4  
Araripe, L. E., 155  
Araujo, A. E. P., 70  
Araujo, C. B., 1, 10, 11, 89  
Araujo, M. T., 87, 89, 96  
Araujo, T. S., 114, 172  
Ardila, D. R., 86  
Argolo, C., 191  
Arruda, A. S., 35, 103, 112, 159  
Assis, J. G., 65  
Assis, J. N. M., 148  
ATAÍDE, J. S. P., 41, 42, 85  
Ataíde, A. R. P., 38, 51, 80  
Attie, M., 3, 126  
Attie, M. R., 191  
Auto, M. M. M., 101  
Avelar, A. T., 195  
Avila, J. F. M., 17  
Ayala, A. P., 77, 134, 174  
Azevedo, A., 51  
Azevedo, A. E. G., 186  
Azevedo, D. L., 127  
Azevedo, E. N., 193  
Azevedo, F. S., 59

- Azevedo, G. M., 101  
 Azevedo, R. L., 24  
 Azevedo, S., 8, 80, 99  
 Azevedo, W. M., 83
- B, G. K. B., 125  
 B, H. A. B., 125  
 B, W. L. B., 196  
 Béssa, C. H. G., 120  
 Bacelar, F. S., 111  
 Bagnato, V. S., 135  
 Bakke, K., 117  
 Bandeira, D., 57  
 Barba, J. J., 70  
 Barbosa Filho, F. F., 71, 158  
 Barbosa, D. B., 25, 63  
 Barbosa, J. I. L., 5  
 Barbosa, P. H. R., 71, 158  
 Barboza, C. A., 107  
 Barreto, C. L., 48, 141  
 Barreto, E. R., 185  
 Barreto, M. N., 26  
 Barros, A., 91, 149  
 Barros, H. G., 196  
 Barros, H. G. P. L. E., 98  
 Barticevic, Z., 106  
 Bartolo, L. D., 123  
 Basílio, F. S., 36, 37  
 Baseia, B., 195  
 Bassrei, A., 108  
 BASTOS FILHO, J. B., 13, 14  
 Bastos, B. M. S., 130, 178  
 BASTOS, H. F. B. N., 143  
 Bastos, J. B. V., 177  
 Bastos, W. B., 104  
 Batista Jr, J., 103  
 Batista, Í., 141  
 Batista, C. D., 113  
 Batista, J., 183, 185  
 Batista, P. P., 28, 29  
 Batista, S. F., 36  
 Bazeia Filho, D., 24  
 Bazeia, D., 2, 22, 26  
 Belian, M. F., 89  
 Belich Jr, H., 121  
 Bell, M. J. V., 88  
 Belo, E. A., 77–79  
 Benevides, C. A., 165  
 Benson, O., 17  
 Bento, E. P., 38, 130  
 Bento, I. C. V., 80  
 Bento, R. R. F., 80, 173, 180  
 Bernardino, L. M., 144  
 Bernardo, B. L., 132  
 Bertrand, D., 191  
 Bezerra, C., 158  
 Bezerra, C. W. B., 171  
 Bezerra, E. M., 100, 129, 132  
 Bezerra, G. A., 4, 73  
 Bezerra, J. R., 130  
 Bezerra, M. F. O., 13  
 Bezerra, S. H. O., 43  
 Bezerra, V., 118
- Bezerra, V. B., 93, 99, 115, 116, 120  
 Bezerra, V. B. B., 65  
 Bicalho, F. S., 78, 193  
 Boatner, L. A., 87  
 Bobev, S., 113  
 Bohórquez, L. T. C., 174  
 Bomfim, A. P. S., 73, 76  
 Borges, H. A., 116  
 Borges, I. A. M., 73, 176  
 Borges, L. S., 161  
 Botelho, M. A. B., 34, 109  
 Brady, F., 158  
 Braga, A. L. C., 79  
 Branco, N. S., 53  
 Brandi, H. S., 106  
 Brasil, D. L. B., 145  
 Brennand, E. G., 20  
 Brito, A. N., 3, 126, 131, 165  
 Brito, F. A., 2, 19–21, 24, 120  
 Brito, G. E. S., 136  
 BRITO, I. C., 133  
 Brito, L. T., 159  
 Brito, M. M. D. G., 89  
 Brito, P. C. A., 16  
 Brito, T. B., 87  
 Brito, V. P., 155, 189  
 Bueno, R. J., 146  
 Buriti, R. A., 27–30, 34, 109  
 Buslik, S., 182
- C, A. M. C., 188  
 C, D. C., 125  
 Cárdenas, J. R., 83  
 Cássia-Moura, R., 152  
 Cabral, H. J. R., 63  
 Cabral, L. R. E., 58, 70  
 Caetano, D. P., 97, 98, 105, 195  
 Caetano, E. W. S., 4, 18, 84, 107  
 Caires, M. S. S. P., 69  
 Caldas, I., 160  
 Caliri, L. L., 136  
 Camelo, H. N., 67, 76  
 Campos, M., 149  
 Campos, P. R. A., 7, 14  
 Canabarro, A., 153  
 Canuto, S., 12  
 Cardoso, A., 126  
 Cardoso, J. H. L., 171  
 Cardoso, M. H. B., 147  
 Carmona, H. A., 102  
 Carneiro, S., 21, 116  
 Carriço, A. S., 112  
 Carvalho, A., 99  
 Carvalho, J., 108  
 Carvalho, M. F., 128  
 Carvalho, P. A., 154  
 Cassanjes, F. C., 89  
 Castilho, C. M. C., 72, 173  
 Castro Junior, M. C., 164  
 Castro, A., 77  
 Castro, E., 149  
 Castro, F. R., 152  
 Castro, G., 187

- Castro, J. D. E., 63  
 Castro, L. M., 44–46, 68, 69, 143  
 Castro, M. F. C., 191  
 Castro, T. N., 43  
 Catunda, T., 88, 89, 96  
 Cavada, B. S., 4, 73, 75, 100  
 Cavalcante, A. C. S., 74, 75  
 Cavalcante, F. S. Á., 161, 166, 171  
 Cavalcante, H. L. D. S., 17  
 Cavalcante, N. J. N., 138  
 Cavalcanti, S., 100  
 Cavalcanti, S. B., 195  
 Cavalcanti, V. Y. S. L., 100  
 Cavasso Filho, R. R. L., 131, 165  
 Cescato, L., 70  
 Chaves Neto, A. M. J., 49, 143  
 Chaves, A., 182  
 Chaves, A. M., 35  
 Chaves, H. P. P. A., 101  
 Chaves, M. H., 74  
 Chavez-Cerda, S., 10, 105  
 Cheng, B. K., 92  
 Chesman, C., 113, 164, 165  
 Chevrollier, M., 100, 131  
 Christiansen, H. R., 21, 91  
 Cisne Júnior, R. L. C., 30, 52  
 Clemesha, B. R., 28, 29  
 Coêlho, E. C. S., 110  
 Coelho, I. P., 158  
 Coelho, J. S., 175  
 Conceição, A. C. F., 180  
 Conceição, C. M. S., 68  
 Conceição, R. V., 180  
 Cornejo, D. R., 66  
 Corrêa Júnior, G. B., 67  
 Correa, N. F., 171  
 Correia, A. R., 59  
 Correia, J. J., 40, 73, 176  
 Correia, N. S., 3, 126  
 Correia, P. S., 5  
 Corso, G., 59, 157  
 COSTA FILHO, R. N., 103  
 Costa Filho, R. N., 65, 66, 103, 155, 156  
 Costa, ., 51  
 Costa, A., 35  
 Costa, A. A., 186  
 Costa, A. B., 186  
 Costa, C. C., 111  
 Costa, C. L. S., 74  
 Costa, C. P., 44  
 Costa, E. F., 73  
 Costa, F. G. R., 101  
 Costa, J. C. P., 130  
 Costa, J. G. M., 74  
 Costa, L. C. F., 168  
 Costa, L. S., 3  
 Costa, L. S. A., 156  
 Costa, M. L. M., 157  
 Costa, M. V. G., 59  
 Costa, N. P., 164, 165, 194  
 Costa, R. A. B., 31  
 Costa, R. C., 36, 37, 125, 160  
 Costa, S. C. S., 132  
 Coutinho, S., 15, 156  
 Coutinho, S. S., 183  
 Coutinho-Filho, M. D., 93, 107  
 Cressoni, J. C., 111, 177  
 Crispino, L. C. B., 22, 40, 144, 145  
 Cronin, S., 94  
 Cruz, C. P. T., 59  
 Cruz, H. P., 14  
 Cuffini, S. L., 134  
 Cunha, A. R., 151  
 Cunha, D. L., 155  
 Cunha, F. G. C., 84, 90  
 Cunha, R. S., 134  
 Cunha, S. D., 7  
 cunha, V., 35  
 d'Eurydice, M. N., 185  
 D, G. V. L. D., 188  
 Dahia, F., 19  
 Damaceno, J. J. E. S., 40  
 Dantas, A. L., 112  
 Dantas, A. L. L., 136  
 Dantas, J., 193  
 Dantas, J. M., 176  
 Dantas, M. V. A., 172  
 Dantas, S. C., 133  
 David, D. G. F., 80, 161, 162, 193  
 Degani, M. H., 182  
 Delatorre, P., 4  
 Delben, G. J., 92  
 Deriglazov, A., 64  
 Deyperot, J., 67  
 Dias, A. S., 44  
 Dias, J. E. A., 144  
 Dias, P. K. S., 147  
 Dias, W. S., 69  
 Diehl, A., 156  
 Diniz Filho, H. M., 117  
 Diniz, E. M., 81, 82  
 Donato, C. C., 155, 189  
 Dresselhaus, M. S., 94  
 Drummond, A. L., 78  
 Duarte, R. P., 87  
 Duque, J. G. S., 70, 72  
 Durães, J. A., 78, 193  
 Echeverrygaray, S., 59  
 Eiras, J. A., 175  
 Ellena, J., 135  
 Engelsberg, M., 193  
 Esmeraldo, P. E. C., 102  
 Eufrásio, R. T., 43, 67, 76, 166  
 Evangelista, L. R., 61  
 F, C. A. F., 51  
 F, M. X. F., 151  
 Fagan, S. B., 72, 127, 175  
 Falcão-Filho, E. L., 11  
 Faria, G. V., 88  
 Faria, J. L. B., 35  
 Farias, B., 85, 86  
 Farias, G., 181  
 Farias, G. A., 71, 73, 75, 94, 100, 103, 182

- Farias, K. S., 64  
 Farias, T. M. B., 76  
 Fausto, A. M. F., 191  
 Feio, A. S., 132  
 Feitosa, C. A. C., 171  
 Feitosa, C. C. A., 194  
 Felix, P., 19, 38, 39  
 Fernandes, M. A. B., 33  
 Fernandes, R. M. T., 171  
 Fernandes, S. G., 116  
 Ferrari, G. G., 22  
 Ferraz, J., 196  
 Ferreira Jr, M. M., 2, 121, 122  
 Ferreira Junior, L. D., 194  
 Ferreira, A. A., 20, 21, 148, 158  
 Ferreira, A. G., 40  
 Ferreira, A. S., 111  
 Ferreira, D. N., 100, 131  
 Ferreira, L. S., 118  
 Ferreira, M. L. R., 43  
 Ferreira, N., 174  
 Ferreira, R. M. S., 33  
 Ferreira, U. V. S., 42  
 Ferreira, W. P., 103  
 Ferreira, W. S., 94  
 Ferrer, V., 35  
 FIDELES FILHO, J., 34  
 Fideles Filho, J., 109, 164  
 Figueiró, W. M., 34  
 Figueirêdo, P. H., 15  
 Figueira, M. S. F., 66  
 Figueiredo, J. J. S., 131, 165  
 Filgueiras, C., 64, 92  
 Filoche, M., 56  
 Fireman, E. C., 5  
 Fisk, Z., 113  
 Flores, M. Z. S., 4, 100, 132  
 Flores, W. H., 16  
 Fonseca, E. J. S., 195  
 Fonteles, F. S. N., 51  
 Formiga, J. B., 26  
 Fortes, S. S., 173  
 Fotius, J. A. A., 184  
 Fraga, W. B., 86, 87  
 Frazão, N. F., 50, 61  
 Freire, D. A., 170  
 Freire, F. C. M., 61  
 Freire, J. A. K., 73, 75, 94, 177, 178, 182  
 FREIRE, M. L. F., 42  
 Freire, M. L. F., 45, 142, 144, 163  
 Freire, P. T. C., 35, 74, 75, 80, 83, 102, 173, 175, 180, 194  
 Freire, T., 113  
 Freire, V. N., 4, 18, 73, 75, 84, 94, 100, 129, 132, 177, 178, 182  
 freire, V. N., 107  
 Freire, W. R. S., 24  
 Freitas, D. S., 90  
 Freitas, J. F. L., 96  
 Freitas, L. R., 132  
 Freitas, M. L. F., 164  
 Frischkorn, H., 32, 33  
 Frois, L. A., 48, 141  
 Frota, D. A., 30, 151  
 Fulco, U. L., 7, 71, 151, 157, 159, 191  
 Furtado, C., 23, 56, 99, 117  
 Furtado, C. B. S., 181  
 Götzinger, S., 17  
 Gadelha, H., 8  
 Galembeck, A., 11, 16, 89  
 Galvão, R., 196  
 Galvão, V. M., 112  
 Garcia, D., 175  
 Gelonezi, V. M., 169  
 Gerhardt, G., 59  
 Germano, M. G., 147  
 Gibkes, J., 183  
 Girão, E. C., 175  
 Gléria, I., 153  
 Glauco, R., 169, 192  
 Gobbi, A. L., 70  
 Godoy, M., 159  
 Gomes, A. S. L., 88, 96, 97, 106  
 Gomes, C. B. C., 22  
 Gomes, F. E., 29, 30  
 Gomes, F. K. F., 30  
 Gomes, M. A. F., 7, 152, 155, 189  
 Gomes, R. F., 16, 72  
 Gomes, R. R. M., 40  
 Gomes-Souza, D. H., 71  
 Goncalves, C. S. L., 185  
 Granjeiro, M. L., 32  
 GRITTA, D. H. S., 129, 133  
 Guedes, C. L. B., 13  
 Guedes, G. P., 80, 162, 193  
 Guedes, I., 77, 87, 174  
 Guerini, S., 77, 94, 127, 176  
 Guerini, S. C., 72  
 Guimarães Neto, J. M., 81  
 Guimarães, A. N., 46  
 Guimarães, E. S., 69  
 Guimarães, M. N., 128  
 GUSMÃO, A. M. S., 34  
 Hansen, A., 104  
 Heimer, M., 34, 109  
 Helayel-Neto, J. A., 121  
 Herrmann, H., 108  
 Herrmann, H. J., 104  
 Hickmann, J. M., 10, 11, 97, 98, 105, 195  
 Holanda Júnior, L. M., 177  
 Homem, M. G. P., 131, 165  
 Honorato, S. B., 134  
 Hora, C. E., 122  
 Jacinto, C., 89, 105  
 Japiassú, F., 141  
 Jaque, D., 89, 105  
 Jesuino, H. S., 20  
 Jesus, A. D. C., 22, 23, 91, 119  
 Jesus, H. M., 166  
 Jesus, J. C. O., 47, 137, 142, 150  
 Jiang, J., 94  
 Jiménez, R., 126  
 Joya, M. R., 80, 83



- Kaschny, J. R. A., 49  
 Kassab, L. R. P., 11  
 Khanna, F. C., 2  
 Klautau, A. B., 40, 67, 144, 145  
 Knobel, M., 70  
 Kobayashi, R., 11  
 Koiler, B., 1  
 Kolesnikov, A. I., 174  
 Kosack, F., 76  
 Krauter, P. D. S., 76  
 Kuhn, J., 92  
  
 L, E. C. L., 51  
 Lüthi, S. R., 88, 106  
 López-García, A., 77  
 Lacerda Jr, A. C. S. L., 150, 162  
 Lala, S. M., 94  
 Lalic, M., 8, 176  
 Latgé, A., 106  
 Lavôr Neto, F. L., 177  
 Leão, M. S. A. B., 25  
 Leal Jr, J. B. V. L., 186  
 LEITE, A. L. S., 32  
 Leite, F., 80  
 Leite, J. R. R., 17  
 Lemaire, T. J., 162, 166  
 Lemke, N., 59  
 Lemos, L. J. R., 121  
 Lemos, V., 77, 83, 94, 100, 132  
 Lente, M. H., 175  
 Lenzi, E. K., 58, 61, 153  
 Li, B., 183  
 Lima Jr, J. A. L., 83, 151, 173, 175, 180  
 Lima, A. A., 80  
 Lima, A. F., 62, 64  
 Lima, A. V., 24  
 Lima, C. L. S., 58  
 Lima, E., 17, 18  
 Lima, E. F., 42  
 Lima, F. T., 113  
 Lima, F. W. S., 57, 154, 155  
 Lima, J. O. G., 32, 33  
 Lima, L. M., 28, 29  
 Lima, M. C. A., 50, 140, 183  
 Lima, M. E. A., 111  
 Lima, R. J. C., 74, 75  
 Lima, R. J. S., 12, 123, 124, 160  
 Lima, R. M., 143  
 Lima, S. C., 49  
 Lima, W. J. M., 122  
 Lipovskii, A. A., 10  
 Lira, L. F. B., 16  
 Lisboa, E. A., 191  
 Lobão, T. P., 15  
 Lobo, T., 66  
 Lobo, T. P. S., 57  
 Lobos, A., 113  
 Loiola, N., 151  
 Long, C. -, 174  
 Longo, R., 158  
 Lopes, C., 26  
 Losano, L., 2  
 Lourenço Neto, M., 124, 160  
  
 Lozano, L., 22  
 LUCENA, J. S., 149  
 Lucena, J. S., 150  
 Lucena, L. S., 59, 104, 153, 190  
 Luz, E. M. S., 57, 58, 154, 155  
 Luz, M. G. E., 92  
 Lyra, M., 153, 191  
 Lyra, M. L., 7, 58-61, 70, 95, 107, 151, 154  
  
 M Filho, R. P. B. M., 181  
 Macêdo, A. M. S., 190  
 Macêdo, M., 174  
 MACêdo, M. A., 135  
 Macêdo, M. A., 16, 71, 83, 170, 171, 173, 178  
 Macedo Filho, R. B., 48  
 Macedo Junior, A. F., 190  
 Macedo, C. A., 72, 153, 155  
 Macedo, M. A., 84  
 Macedo, T. R., 154  
 Macedo, Z. S., 81, 114, 170, 172, 179  
 MACHADO JÚNIOR, G. M., 110  
 Machado, C. F. C., 45  
 Machado, D. A. F., 188  
 Machado, E. A., 31, 44, 163  
 Machado, L. E., 130, 131  
 Machado, M. A. D., 133  
 Maciel, G. S., 89  
 Macnadbay, E., 191  
 Madeiros, E. S., 80  
 Madejsky, R. K., 22  
 Mafezoli, J., 180  
 Maggiotto, S. R., 36  
 Maia Jr, F. F., 107  
 Maia Jr, F. F. M., 18, 100  
 Maia, T. A., 37  
 MAIONCHI, D. O., 103  
 Makiuchi, N., 3, 126  
 Malagutti Filho, W., 35  
 Malbouisson, A. P., 91  
 Malbouisson, J. M. C., 2, 195  
 Mamede, R. V. S., 173  
 Mandelis, A., 183  
 Maniero, A. M., 3, 130, 131, 134  
 Manoela, K., 171  
 Mansfield, A., 83  
 Marcassa, L. G., 136  
 Margulis, W., 106  
 Marinho, A. A. A., 42  
 Marino, E. C., 68  
 Mariz, A., 191  
 Mariz, A. M., 61  
 Mariz, T., 20, 119, 120  
 Marques, E. S., 43, 76, 166  
 Marques, G. A., 20, 21, 93, 115, 116  
 Marques, R., 6, 142  
 Martins, A. F. P., 59  
 Martins, A. R. O., 156  
 Martins, D. T. Q., 43, 67, 76, 186  
 Martins, J. E. S., 58  
 Martins, M. A. P., 118  
 Martins, M. C. M., 41  
 Martins, M. G. R., 130, 131  
 Martins, M. R., 119

- Mastroângelo, F., 150  
 Matias, J. G. N., 177  
 Matos, C. J. S., 96  
 Matos, M. J. S., 22  
 Mattos, M. C., 173, 180  
 Mauro, E. D., 13  
 Mauroy, B., 56  
 Mazali, I. O., 114  
 Mazzei, A., 17  
 Medeiros, A. F., 27–31, 34, 109  
 Medeiros, E. R. F., 27  
 Medeiros, F. F., 19  
 Medeiros, N. G. F., 55  
 Medeiros, S. K., 107  
 Medeiros, A. F., 29  
 Meira, K. W. A., 109  
 Meira, M. G. C., 31  
 Mello, A. C. S., 170  
 Mello, E. R. B., 91, 99, 120  
 Mello, G. F. P., 123  
 Melo, A. S., 163  
 Melo, C. A. S., 168  
 Melo, C. P., 2, 16, 95, 113, 180  
 Melo, F. A., 13  
 Melo, F. E. A., 80, 83, 194  
 Melo, G. R., 63  
 Mendes Filho, J., 32, 33, 77, 83, 94, 114, 126, 127, 175, 176  
 Mendes, G. M. F., 111, 168  
 Mendes, J. B. S., 40, 73, 176  
 Mendes, M. P., 178  
 Mendes, R. M. B., 171  
 Mendes-Filho, J., 194  
 Mendonça, A., 147  
 Mendonça, K. M. C., 167  
 Meneghetti, M. R., 10  
 Meneses, C. T., 16  
 Meneses, M. D. S., 7, 60  
 Menezes Neto, O. L., 76  
 Menezes, ., 125  
 Menezes, A. A., 105, 132  
 Menezes, G. F. F., 55  
 Menezes, J. W. M., 86, 87  
 Menezes, L. S., 10, 17  
 Menezes, P. L., 169, 192  
 Menezes, R., 22  
 Mesquita, M. E., 135, 136  
 Messaddeq, Y., 88  
 Messias, D. N., 88, 96  
 Mestnik Filho, J., 8  
 Miguel Júnior, F., 44  
 Militão, D. G., 73  
 Miranda Neto, J. A., 8  
 Miranda, A. C. S., 24  
 Miranda, D. C., 145  
 Miranda, J. A., 95  
 Miranda, J. G. V., 15, 36, 55, 57, 112, 152, 187  
 Miranda, M. N. N., 193  
 Mirantsev, L., 95  
 Mirantsev, L. V., 95  
 Miyazima, S., 191  
 Mocellin, A., 3, 126  
 Mogilevtsev, D., 195  
 Mol, A. W., 191  
 Monteiro, B. S., 14  
 Montenegro, F. C., 66, 67  
 MONTENEGRO, S. O., 42  
 Montenegro, S. O., 52  
 Montoro, L. A., 94  
 Morégula, A. A., 118  
 Moraes, A. P. A., 126  
 Moraes, F. J. S., 92, 127  
 Moraes, H. R., 58  
 Moraes, P. A., 156  
 Morais Filho, C. A. B., 88  
 Morais, F. V., 40  
 Morais, P. A., 155  
 Morais, R. F., 188  
 Morais, R. P., 172  
 Moreira, A. A., 54, 92, 157, 190  
 Moreira, D. A., 9, 61, 157  
 Moreira, E., 50, 61  
 Moreira, E. P., 164, 165, 194  
 Moreira, F. C., 195  
 Moreira, F. G. B., 14, 110  
 Moreira, J. K. P., 148, 158  
 Moreira, S. G. C., 43, 74, 77–79, 170, 193  
 Moreira, S. G. C. M., 79, 82  
 Moreira, S. G. M., 82, 194  
 Moreno, N. O., 71, 113  
 Moret, M. A., 15  
 Moretzsohn, R., 181  
 Moretzsohn, R. S., 101  
 Moshchalkov, V. V., 93  
 Mota, F. B., 72, 78, 173  
 Mouchereck, F. M. O., 121, 122  
 Moura, A. L., 96  
 Moura, F. A. B. F., 60, 70, 107  
 Moura, H. P., 35, 118  
 Moura, L., 153  
 Moura, R. N., 111  
 Moura, T. M., 116  
 Munarin, F. F., 103  
 Mundim, M. S. P., 3  
 Murta, M. M., 78, 193  
 Myrria, S. R. C., 189  
 N, D. N., 188  
 Nóbrega, J. A. E., 21  
 Nali, I. C., 169  
 Nascimento, C. E. J., 140  
 Nascimento, C. M., 10  
 Nascimento, E., 88  
 Nascimento, E. A., 37  
 Nascimento, E. H. A., 171  
 Nascimento, E. M., 70, 130  
 Nascimento, J. R., 20, 119, 120  
 Nascimento, J. R. S., 23  
 Nascimento, J. S., 157  
 Nascimento, K. S., 100  
 Nascimento, O. R., 13  
 Nascimento, P. L., 40  
 Nascimento, R. S., 139, 140  
 Nascimento, S. R. V., 63  
 Nascimento, V. A., 136  
 Nascimento, V. A. N., 137

- Nascimento, W. C. R., 97  
 NascimentoJunior, D., 58  
 Nelissen, K., 104  
 Nemes, M. C., 85  
 Nero, J. D., 43, 74, 77-79, 82, 129, 132, 193, 194  
 Nery, J. R. C., 35, 118  
 Netto, A. L. S., 181  
 Neuenschwander, R., 101  
 Neves, A., 181  
 Nicolau, R. A., 182  
 Nobre, E., 181  
 Nobre, E. F., 51, 101, 102  
 NOBRE, F. A. S., 32  
 Nobre, F. A. S., 63  
 Nobre, F. D., 191  
 Nogueira Jr, E. N., 15  
 Nogueira, I. C., 168  
 Nogueira, L. N., 49, 143  
 Novaes, A. B., 186  
 Novaes, R. C., 139  
 NOVAIS, É. R. P., 118  
 Novais, S. M. V., 172  
 Nunes, E. C. B., 82, 170  
  
 O, S. O., 125  
 O, S. S. O., 188  
 O, V. O., 125  
 Oliveira Júnior, F. N. C., 178  
 OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., 133  
 Oliveira Neto, M. L., 6  
 Oliveira, A. C., 85, 173  
 Oliveira, A. C. P., 151  
 Oliveira, A. J. S., 168  
 Oliveira, A. J. S. O., 111  
 Oliveira, A. L. C., 120  
 Oliveira, C. B. M., 111, 168  
 OLIVEIRA, C. C., 149  
 Oliveira, C. C., 150  
 Oliveira, C. J., 186  
 Oliveira, C. S. S., 172  
 Oliveira, D. C., 161  
 Oliveira, E. A., 156, 174  
 Oliveira, E. L., 18, 182  
 Oliveira, E. S., 22  
 Oliveira, E. T. M., 3, 126  
 Oliveira, I. N., 95  
 Oliveira, J. B. S., 158  
 Oliveira, J. C. T., 149  
 Oliveira, J. J., 101  
 Oliveira, J. L. R., 182  
 OLIVEIRA, L. C., 73  
 Oliveira, L. E., 106  
 Oliveira, M. A. L., 25, 136  
 Oliveira, M. C. F., 129, 173, 180  
 Oliveira, M. J., 35  
 Oliveira, M. R., 75  
 Oliveira, M. S., 74, 75  
 Oliveira, P. C., 17, 18, 105, 191  
 Oliveira, P. D. S. C., 114  
 Oliveira, R. H. M., 167  
 Oliveira, R. M., 95  
 Oliveira, S. B., 20  
 OLIVEIRA, S. S., 34  
  
 Oliveira, S. S., 164  
 OLIVEIRA, S. V., 34  
 Oliveira, S. V., 164  
 Oliveira, T. M., 4, 73  
 Oliveira, T. R., 10  
 Oliveira, V. M., 7  
 Oliveira, W., 64  
 Oliveira, W. S., 158  
 Olsen, M. K., 195  
 Orelana, M., 91  
 Orellana, M., 21  
 Oriá, M., 86, 100  
 Oriá, M. C. E. M., 85, 86  
 Oria, M., 131  
  
 Pacheco, M. T. T., 182  
 Pacobahyba, J. T. M., 53, 54  
 Padilha, I. T., 53  
 Padilla, E. P. R., 73, 176  
 Paganini, S., 192  
 Pagliuso, P. G., 113  
 Paiva, J. A. C., 72, 174  
 Paiva, R., 8, 80  
 Panis Filho, R. L., 59  
 Parísio, A., 165  
 Paraguassu, W., 175  
 Partoens, B., 103  
 Paschoal, A. R., 77  
 Paschoal, C. W. A., 48, 81, 82, 164, 171  
 Passos, E., 20, 23, 120  
 Paulino, A. R., 28, 29, 37-39  
 Paulino, A. R. S., 34  
 Paulino, I., 27, 28, 30, 37-39, 109  
 Pawlak, M., 183  
 Pedreira, C. B., 186  
 Pedreira, G., 185  
 Pedreira, V. S., 145  
 Pedrosa, I. A., 64  
 Peeters, F. M., 103, 104  
 Pelá, C. A., 169, 192  
 Pelzl, J., 183  
 Pepe, I., 161, 191  
 Pepe, I. M., 162  
 Pereira, B. G., 132  
 Pereira, D. P., 79  
 Pereira, J. M., 65  
 Pereira, J. M. C., 147  
 Pereira, L., 33  
 Pereira, L. J. M., 140  
 Pereira, M., 26  
 Pereira, M. G., 25  
 Pianezzola, C. H., 191  
 Piccinato, M. T., 13  
 Pigozzo, C., 21  
 Pinheiro Neto, F., 101  
 Pinheiro, A. G., 151  
 Pinheiro, F. A., 18  
 Pinheiro, J. R., 35  
 Pinheiro, K. M., 27  
 Pinheiro, L., 132  
 Pinheiro, P. R. D., 111, 168  
 Pinheiro-Jr, J. M., 2  
 Pinho, S. T. R., 57, 111

- Pinto, C. N., 64  
 Pinto, G. O., 142  
 Pinto, J. R. M., 49, 143  
 Pinto, T. C., 72  
 Pires, A. S. T., 68  
 Pires, C., 2, 117  
 Pires, M. S., 178  
 Pitta, L. G. R., 181  
 Pizani, P. S., 80, 83  
 Plascak, J. A., 68, 157  
 Pomponet Filho, B. J. S., 92  
 Ponce-Dawson, S., 112  
 Pontes, A. N., 49  
 Porsani, M. J., 34  
 Prudente, F. V., 3, 4, 126, 128, 134
- Q, M. A., 51  
 Queiroz Jr, I. S. Q., 148, 158  
 Queiroz, C. C., 130, 178  
 Queiroz, H., 2  
 Queiroz, S. L. A., 63
- R, F. R., 125  
 Rêgo, D. C. G., 57  
 Rabelo, W. R. M., 65  
 Ramos, A. C. A., 71  
 Ramos, E. R. F., 36, 135  
 RAMOS, E. S., 127, 129  
 Ramos, J. A. P., 44-46, 69, 143  
 Ramos, J. D. P., 191  
 RAMOS-DE-SOUZA, E., 110, 133  
 Raposo, E. P., 93  
 Raposo, J. F. P., 36  
 Rebelo, L. M., 73  
 Rebouças, G. O. G., 112  
 Rego, A. C. P., 101  
 Reis Júnior, J. A., 144  
 Reis, E. A., 57  
 Reis, L. B., 36  
 Remédios, C. M. R., 43, 78, 79, 82, 193, 194  
 Revzen, M., 2  
 Ribeiro Filho, A., 178, 179  
 Ribeiro Filho, J., 157, 190  
 RIBEIRO, C. A. L., 118  
 Ribeiro, C. A. L., 5, 99, 116  
 Ribeiro, F. J., 185  
 Ribeiro, J. W., 102  
 Ribeiro, L. R., 23  
 Ribeiro, L. S., 52  
 Ribeiro, M. B., 121  
 Ribeiro, R. F., 20, 117, 120  
 Ribeiro, S. J. L., 88, 89  
 Ribeiro, T. N., 147  
 Ribeiro, Y. H. L., 47, 150  
 Ribeiro-Filho, J. D., 180  
 Rivelino, R., 128  
 Rivelles, V. O., 119  
 Rocha, A. D. P., 171  
 Rodrigues, A. G., 65  
 Rodrigues, E. S., 51, 146  
 RODRIGUES, F. A. D., 32  
 Rodrigues, F. F. G., 74  
 Rodrigues, R. L., 64, 93, 120, 146, 188
- Rodrigues, S. C. P., 185  
 Rodriguez, E. A. V., 10  
 Romero Jr, W., 48  
 Romero Jr, W. R., 141  
 Romero Junior, W., 149  
 Romero, C., 26, 91  
 Romero, G. E., 21, 91  
 Romeu, M. C., 54  
 Rosa, K., 41  
 Rosa, W. O., 70  
 Rosolen, J. M., 94  
 Rosseto, R., 132  
 Ruffino-Netto, A., 154
- S Filho, P. B. S., 120  
 S Sobrinho, C. S., 86, 87  
 S, C. E. S. S., 188  
 S, G. F. T. S., 65  
 Sá, G. F., 89  
 Sátiro, C. V., 127  
 Sacramento, J. N., 65  
 Saito, R., 94  
 Salazar, A. C. R., 180  
 Sales, A. F. H., 51  
 Sales, E. A., 161  
 SALES, F. S., 42  
 Sales, F. S., 34  
 Sales, M. J. A., 78, 193  
 Salgado, A. C. B., 51  
 Salvador, C., 113  
 Sampaio, A. H., 100  
 Sampaio, A. J. C., 30, 52, 151  
 Sandoghdar, V., 17  
 Santana Júnior, J. M. P., 168  
 Santana, A. E., 2  
 Santana, B. C. R. F., 179  
 Santana, C. N., 187  
 Santana, G. C., 170  
 Santana, M. C., 15  
 Santana, M. J. C., 90  
 Santana, W. S., 137  
 Santiago, A. A. X., 75  
 Santiago, M. M. F., 32, 33  
 Santiago, T. M., 75  
 Santos Júnior, B. F., 147, 168  
 Santos Jr, B. F., 180  
 Santos Jr, L. A. C. S., 25  
 Santos Jr, S., 135  
 Santos Junior, A., 186  
 Santos, ., 125  
 Santos, A. P., 122  
 Santos, A. S., 73  
 Santos, B., 60  
 Santos, C. G., 180  
 Santos, C. M. B., 191  
 Santos, C. P., 168  
 Santos, C. P. L., 186  
 Santos, D. A. A., 84  
 Santos, D. S., 3, 126  
 Santos, E. J. G., 127  
 Santos, E. P., 160  
 Santos, E. R., 135, 136  
 SANTOS, E. S., 127, 133

- Santos, E. S., 48, 63  
 Santos, E. T. F., 108  
 Santos, F. A. P., 52  
 Santos, F. E. P., 67  
 Santos, F. L., 163, 167  
 Santos, F. R. P., 184  
 Santos, G. C., 92  
 Santos, H. N., 44, 145  
 Santos, J. J. R., 24  
 Santos, J. O., 51  
 Santos, K., 45  
 Santos, L., 59  
 Santos, L. C., 131, 136  
 SANTOS, M. A. B., 143  
 Santos, M. A. C., 13, 133, 135, 136  
 Santos, M. D., 146, 188  
 Santos, M. R. P., 194  
 Santos, N. S., 145  
 Santos, R. L. P., 45, 51  
 Santos, R. M. Z., 112, 154, 156  
 Santos, R. P., 73, 75, 178  
 Santos, R. R., 12  
 Santos, R. S., 40  
 Santos, S. G., 84  
 Santos, T. G., 73, 176  
 Santos, W. S., 136  
 Sapoval, B., 56  
 Sarmento, R. G., 69  
 Sarrao, J. L., 113  
 Sartori, C. S., 137  
 Sasaki, J. M., 16, 74, 75, 194  
 Sato, H. K., 31  
 Seixas, L., 117  
 Sena Filho, R. F., 66  
 Sena, A. R. S., 117  
 Serafim, S. A., 148, 158  
 Serra, K. C., 5  
 Serva, M., 7  
 Sesion Jr, P. D. S., 107  
 Seybold, H. J., 104  
 Shaughnessy, D., 183  
 Shchesnovich, V., 100  
 Shibli, S. M., 136  
 Silans, T. P., 86, 100, 131  
 Silva Filho, H. F., 50, 61, 140  
 Silva Filho, P. B., 146  
 Silva Júnior, F. M. E., 68  
 Silva Júnior, J. B., 166  
 Silva Júnior, L. C., 76  
 Silva Júnior, M. C., 51  
 Silva Jr, E. F. S., 83, 184, 185  
 Silva Junior, E. F., 166  
 Silva, ., 125  
 Silva, A. A., 23, 50  
 Silva, A. B., 186  
 Silva, A. C. S., 140, 161  
 Silva, A. L. M., 176  
 Silva, A. M., 42, 138  
 Silva, A. M. B., 11, 89  
 Silva, B. B. M., 130  
 Silva, C. C. S., 58, 93  
 Silva, C. R., 60  
 Silva, E. C. A., 68  
 Silva, E. D., 35  
 Silva, E. L. P., 142  
 Silva, E. M., 102, 186  
 Silva, E. N., 77  
 Silva, E. R., 163  
 Silva, F. M., 40, 42  
 Silva, F. W. F., 161, 166, 171  
 Silva, G. F. N., 111  
 Silva, H. H. B., 138  
 Silva, H. J. O., 62  
 Silva, H. O., 154  
 Silva, H. S. E., 81, 112, 154  
 Silva, I. L., 45, 50, 51, 115  
 Silva, I. P., 28, 34  
 Silva, I. S., 145  
 Silva, J. B., 20, 52  
 Silva, J. C., 2, 101  
 silva, J. C. E., 182  
 Silva, J. C. J., 20, 21  
 Silva, J. F. P. E., 119, 143  
 Silva, J. G., 46  
 Silva, J. H., 83  
 Silva, J. J. A., 176  
 Silva, J. R. P., 148  
 Silva, K. R. T., 47  
 Silva, L., 123  
 Silva, L. A., 77  
 Silva, L. B. M., 61  
 Silva, L. D., 125, 160  
 Silva, L. F., 191  
 Silva, L. M. A., 40  
 Silva, L. R., 7, 58, 60, 61, 104, 153  
 Silva, M. A., 193  
 Silva, M. A. A., 111, 177  
 Silva, M. C., 17, 18  
 Silva, M. F., 23, 26, 56  
 Silva, M. F. A., 119  
 Silva, M. G., 86, 87  
 Silva, M. G. A., 10  
 Silva, M. V. S., 162  
 Silva, O., 41, 102, 148  
 Silva, P. C., 58, 153, 156  
 Silva, P. M. O., 178  
 Silva, R., 47  
 Silva, R. B., 97, 158  
 Silva, R. C. F., 19, 38, 49  
 Silva, R. F., 28  
 Silva, R. I., 20, 40  
 Silva, R. M., 156  
 Silva, R. R., 141  
 Silva, S. B., 114  
 Silva, S. J. S., 143  
 Silva, T. G., 14  
 Silva, T. H. S., 171  
 Silva, U. C., 45  
 Silva, V. A., 112  
 Silva, V. P., 44, 115, 163  
 Silveira, A. F., 38, 42, 45, 47, 51, 144  
 Silveira, M. A. L., 178  
 Silvera, A. F., 144  
 Simões, L. C., 161  
 Simoes, L. C., 161, 191  
 Sipahi, G. M., 185

- Siqueira, A. F., 64, 153  
 Soares, A. É. B. A., 161, 162  
 Soares, C. D. V., 132  
 Soares, D. J. B., 7, 151, 157, 159  
 Soares, T. C., 121  
 Soares, W. C., 105  
 Sobral Júnior, G. A., 60  
 Sobreira, A. A. R., 23, 26, 115  
 Solé, J. G., 89, 105  
 Solsa, J. S., 181  
 Som, M. M., 118  
 Sombra, A. S. B., 86, 87, 194  
 Sonnewend, D., 182  
 Sorrentino, T., 85, 86  
 Sousa Filho, A. G., 175  
 Sousa, (. R. C., 175  
 Sousa, F. F., 52, 74  
 Sousa, J. J., 78  
 Sousa, J. M., 57  
 Sousa, J. R., 53–55  
 Sousa, J. S., 18, 94  
 Sousa, N. C. A., 44  
 Sousa, O. F., 55  
 Souto, A. N., 49, 62  
 Souza Filho, A. G., 94  
 Souza Filho, A. G., 72, 114, 126, 127, 175, 176  
 Souza, ., 125, 188  
 Souza, A. B., 89  
 Souza, A. J. F., 156  
 Souza, A. V. M., 48  
 Souza, C. O., 76  
 Souza, D. N., 133, 172, 179  
 souza, J. S., 182  
 Souza, L. B. F., 52, 63  
 Souza, M. A. F., 17, 18  
 Souza, M. J. N., 90  
 Souza, M. L. O., 20  
 Souza, M. W. S., 38  
 Souza, P. R., 153  
 Souza, R. E., 152, 193  
 Souza, R. F., 11  
 Souza, R. Z., 148  
 Souza, S. O., 73, 76  
 Spinelly, J. P., 25, 52, 91  
 Stilck, J. F., 55  
 Stivari, S. M. S., 36  
 Suassuna Filho, J., 12, 123–125, 160  
 Sundheimer, M. L., 97, 106, 114  
  
 Tadeu, Z., 141  
 Tagantsev, D. K., 10  
 Tahim, M. O., 118, 122  
 Takahashi, H., 27–30, 34, 109  
 Tashiro, M. L., 83  
 Tatumi, S. H., 76  
 Tavares, M. S., 121, 122  
 Tavares, R., 14  
 Teixeira, E. S., 5, 102  
  
 Teixeira, G. M., 152  
 Teixeira, V. S. C., 76  
 Teles, D. R. S., 186  
 Teles, T. N., 23, 119  
 Telles, E. M., 137  
 Thé, L. M. S., 155, 189  
 Thompson, J. D., 113  
 Tolentino, C., 17, 18  
 Torres, K. C., 37  
 Tsallis, C., 7  
 Tsang, I. R., 7, 152  
  
 Vaidya, A. N., 93  
 Valério, M. E. G., 180  
 Valeriano, A. P., 62  
 Valerio, M. E. G., 114, 170, 172  
 Vasconcelos, A. S., 160  
 Vasconcelos, D. S., 178, 179  
 Vasconcelos, E. A., 83, 110, 166, 184  
 Vasconcelos, K. C., 138  
 Vasconcelos, K. D. C. S. E. M. S., 59  
 Vasconcelos, M. S., 9, 68, 69, 157  
 Vasconcelos, T. F., 56, 190  
 Velasco, F. G., 191  
 Veras, R. R., 55  
 Vermelho, M. V. D., 11, 61, 87, 89, 96  
 Viana, B. C., 114  
 Viana, L. P., 57, 93  
 Vianna, J. D. M., 65, 130, 131  
 Vianna, R. O., 65  
 Vianna, S. S., 196  
 Vidal, E., 59  
 Vidal, I., 195  
 Vieira, C. F. A., 186  
 Vieira, M. C., 189  
 Vieira, M. S., 56  
 Vilela, E. C., 117, 192  
 Viswanathan, G. M., 7, 177  
 Vondel, J. V., 93  
  
 Watanabe, S., 76  
 Wegner, R. R., 12, 123, 124  
 Weid, J. P. V. D., 88  
 Weizenmann, A., 159  
 Wells Jr, P. R. W., 63  
 Wiermann, D. A., 188  
  
 Xavier Jr, I. M. X., 139  
  
 Yazdani, F., 114  
 Yednak, C. A. R., 61  
  
 Zângaro, R. A., 182  
 Zanetti, F., 92  
 Zebende, G. F., 15  
 Zlatev, S. I., 122  
 Zucchi, M. R., 186