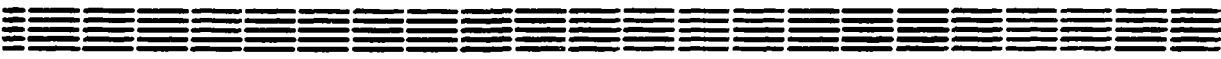


Преприят ЕФИ-1249(35)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Ե. Ա. ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ, Ա. Ր. ԲԱԳԴԱՏԱՐՅԱՆ, Դ. Լ. ԲԱՅՏՅԱՆ,
Դ. Տ. ՎԱՐՏԱՆՅԱՆ, Ա. Ր. ՎՕՏԿԱՆՅԱՆ, Ն. Կ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ,
Տ. Դ. ԿՆՅԶՅԱՆ, Ա. Դ. ՄԱՐԴԱՐՅԱՆ, Դ. Դ. ՄԱՐԻԿՅԱՆ,
Ա. Կ. ՓԱՅՅԱՆ

ПОЛНОЕ СЕЧЕНИЕ ФОТООБРАЗОВАНИЯ АДРОНОВ НА ЯДРАХ
 ^{235}U В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ ФОТОНОВ (0,3-3,5) ГЭВ,
ПОЛУЧЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕМ СЕЧЕНИЯ ФОТОДЕЛЕНИЯ

Ե.Ա.ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Ա.Բ.ԲԱՂՎԱՍԱՐՅԱՆ, Հ.Լ.ԲԱՅԱՓՅԱՆ,
Ն.Ղ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ս.Գ.ԿՆՅԱԶՅԱՆ, Ա.Բ.ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ,
Գ.Գ.ՄԱՐԻԿՅԱՆ, Ա.Կ.ԳԼԿՅԱՆ, Ա.Բ.ՈՍՅԱՆՅԱՆ,
Հ.Ս.ՎԱՐԳՄԱՆՅԱՆ

235 Ա միջուկների վրա ՀԵԻՐՈՆՆԵՐԻ ՓՈՏՈՆՈՒՄԱՆ ԿԱՐՎԱԾՔՆԵՐԸ
ԼՐԻՎ ԿՏՐՎԱԾՔՆԵՐԸ ՓՈՏՈՆՆԵՐԻ /0,3-3,5/ ԳԷՎ ՏԻ-
ՐՈՒՅՑՈՒՄ՝ ՍՏԱՅՎԱԾ ՓՈՏՈԾՆՄԱՆ ԿՏՐՎԱԾՔՆԵՐԻ ՉԱՓՈՒՄԻՑ

Բերված են հաղորդների²³⁵ Ա միջուկների վրա ֆոտոառաջացման
կարվածքները /0,3-3,5/ ԳԷՎ էներգիաների տիրույթում, որոնք ստացվել
են ֆոտոններով նշված ուղանի ֆոտոնեղքման շաղման եզանակով: Բաժան-
ման բեկորների զրանցման համար օգտագործվել է ցածր մնշման բազմա-
շերտ համամասնիկային խցիկ: Մինչև 500 ՄԷՎ ֆոտոնների էներգիաների
տիրույթում ստացված կարվածքները ցույց են տալիս նոր շարժումների
մեհրաձեռտոլթյուն, իսկ 1 ԳԷՎ-ից բարձր էներգիայի տիրույթում՝ հաս-
տատում են էկրանավորման զոյուլթյունը հաղորդների ֆոտոնման լրիվ
կարվածքի վարքում: Էկրանավորման սլաբմետրի միջին արժեքը ֆոտոնների
/_-3,5/ ԳԷՎ էներգիայի տիրույթում ստացվել է 0,974 ± 0,005:

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1990

E.A.ARAKELIAN, A.R.BAGHDASSARIAN, G.L.BAYATIAN,
I.K.GRIGORIAN, S.G.KNIAZIAN, A.T.MARGARIAN, G.G.MARIKIAN,
A.K.PAPIAN, G.S.VARTANIAN, A.R.VOSKANIAN

THE TOTAL CROSS SECTION OF HADROPRODUCTION ON ^{235}U NUCLEI IN
THE PHOTON ENERGY RANGE 0.3-3.5 GeV OBTAINED BY MEASURING
THE PHOTOFISSION CROSS SECTION

The cross section of hadroproduction on ^{235}U nuclei in the energy range 0.3-3.5 GeV obtained by measuring the uranium photofission by tagged photons is presented. A multilayer low-pressure proportional chamber has been used to detect the fission products. In the photon energy range up to 500 MeV the obtained cross sections indicate the necessity for new measurements, and in the energy range higher than 1 GeV confirm the existence of shadowing in the total cross section of hadron photoproduction. The mean shadowing parameter in the photon energy range 2-3.5 GeV is obtained to be 0.974 ± 0.005 .

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1990

УДК 539.172.3:546.791

Е.А. АРАКЕЛЯН, А.Р. БАГДАСАРЯН, Г.Л. БАЯТЯН,
Г.С. ВАРТАНЯН, А.Р. ВОСКАНЯН, Н.К. ГРИГОРЯН,
С.Г. КНЯЗЯН, А.Т. МАРГАРЯН, Г.Г. МАРИКЯН,
А.К. ПАПЯН

ПОЛНОЕ СЕЧЕНИЕ ФОТООБРАЗОВАНИЯ АДРОНОВ НА ЯДРАХ
 ^{235}U В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ ФОТОНОВ (0,3-3,5) ГЭВ,
ПОЛУЧЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕМ СЕЧЕНИЯ ФОТОДЕЛЕНИЯ

В работе приведены сечения фотообразования адронов на ядрах ^{235}U в области энергии (0,3-3,5) ГэВ, полученные методом измерения фотоделения урана мечеными фотонами. Для регистрации осколков деления использована многослойная пропорциональная камера низкого давления. В области энергии фотонов до 500 МэВ полученные сечения указывают на необходимость нового измерения, а в области энергии выше 1 ГэВ подтверждают существование экранирования в поведении полного сечения фотообразования адронов. Среднее значение параметра экранирования в области энергии фотонов (2-3,5) ГэВ получено равным $0,974 \pm 0,005$.

Ереванский физический институт

Ереван 1990

Введение

Взаимодействие фотонов с ядрами в области энергии (0,3 - 3,5) ГэВ интересно тем, что охватывает как резонансную область, так и область появления экранирования в полном сечении фотообразования адронов.

В резонансной области взаимодействие фотонов с ядром происходит через возбуждение связанных в ядре нуклонов и образование барионных резонансных состояний [1]. Исследования в этой области позволяют получить информацию о взаимодействии барионных резонансов с протонами [2].

В области более высоких энергий проявляется адроноподобный характер фотонного взаимодействия. В области энергии $\geq 1,5$ ГэВ модель доминантности векторных мезонов предсказывает экранирование в поведении полного сечения фотопоглощения, подтвержденное экспериментально [3]. Однако величина экранирования, полученная в различных работах [4-7], противоречива и количественно не совпадает с теоретическими предсказаниями.

Измерения полного сечения фотоделения на ядре урана, проведенные на монохроматичном пучке фотонов в области энергии

(20 - 110) МэВ в Сакле [8] и в области (120 - 460) МэВ в Бонне [9], показали, что сечения фотоделения совпадают с сечением адронного фотопоглощения, т.е. делимость ядра урана для $E_\gamma > 40$ МэВ равняется единице. Это дает основание провести измерения полного сечения фотообразования адронов в области более высоких энергий методом измерения сечения фотоделения ядра урана. Такой метод имеет два основных преимущества по сравнению с прямым измерением сечения фотопоглощения. Это, во-первых, нечувствительность к электромагнитному фону, т.к. при образовании электрон-позитронных пар ядро не получает импульса, достаточного для процесса деления; и, во-вторых, отсутствие систематических ошибок, связанных с геометрией детекторов, регистрирующих осколки деления, так как угловое распределение осколков имеет слабую зависимость от энергии первичных фотонов.

Методика измерений

Измерения проведены на меченом фотонном пучке электронного канала ускорителя ЕРФИ [10-12]. Экспериментальная установка (рис. I) аналогична установке, использованной нами в эксперименте по электроделению ядра урана (^{238}U) [12]. В настоящем эксперименте камера низкого давления (КНД), использованная для регистрации осколков деления [13], размещена после магнита системы мечения, а перед магнитом стоит радиатор в виде алюминиевой фольги толщиной $0,015 X_0$ для образования тормозных фотонов.

Угловая расходимость и размеры фотонного пучка для выбранных осколков элементов канала определены как расчетным путем, так и

экспериментально, с использованием пучкового детектора в виде многопроволочной пропорциональной камеры. В течение эксперимента размеры пучка оставались в пределах $\sim 0,8$ см по горизонтали и ~ 1 см по вертикали, а угловая расходимость ~ 2 мрад.

Фотоны, энергия которых определяется счетчиками системы мечения (T_i T'_i) [11], бомбардируют урановую мишень (^{235}U), вставленную в КНД [13]. Мишень содержит 40 слоев урана общей толщиной 42 мг/см^2 . Вследствие неупругого взаимодействия фотонов образуются осколки деления, регистрируемые КНД. Совпадение сигналов КНД и счетчиков i -го канала T_i T'_i при отсутствии сигнала от ливневого детектора ЛД соответствует случаю деления ядра фотоном i -й энергии. Параллельно измеряется также их случайное совпадение. Полное число фотонов i -й энергии, падающих на мишень, определяется совпадением сигналов ливневого детектора и счетчиков i -го канала системы мечения. Гарантом корректности определения полного числа фотонов служило регулярное измерение известного сечения образования электрон-позитронных пар на ядре урана. С этой целью использован сцинтилляционный счетчик X, размещенный перед ливневым детектором. Квантометр использовался для контроля основного электронного пучка. При такой методике эксперимента особо важное значение принимает точное определение эффективности КНД. Эффективность относительно регистрации тяжелых осколков деления после их выхода из мишени проверена до и после эксперимента методом, описанным в работе [13]. В зависимости от времени наполнения КНД эффективность колебалась от 85 до 95%. Уменьшение эффективности, обусловленное поглощением осколков деления в мишени при косых углах вылета, оценено в 5%. Эффективность КНД учтена при определении пол-

ного сечения фотоделения ядер урана. Учтена также эффективность ЛД, полученная во время эксперимента с помощью сцинтилляционного счетчика X измерением числа совпадений сигналов i -го канала системы мечения и счетчика X при отсутствии сигнала ЛД от числа фотонов i -й энергии, падающих на мишень.

Результаты измерений и их обсуждение

Полное сечение фотообразования адронов определяется по выражению

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{1}{N_0} \frac{M_i}{N_i},$$

где N_0 - число ядер урана на см^2 мишени, N_i - число фотонов i -й энергии, попавших на мишень, M_i - число случаев деления ядер урана фотонами соответствующей энергии.

Полученные сечения приведены в таблице. Ошибки только статистические.

На рис.2 наши результаты приведены совместно с аналогичными результатами работ [9,14,15], полученными для ядра ^{238}U . С целью уменьшения статистических ошибок некоторые наши результаты объединены. В области энергии фотонов до 500 МэВ полученные нами сечения усреднены по энергиям. Представленные нами два значения сечения в этой области согласуются с результатами работы [14] и значительно ниже сечений, полученных в Бонне [9], так что в этой области энергии требуются новые измерения с хорошим энергетическим разрешением меченых фотонов. В области более высоких энергий наши результаты в пределах ошибок согласуются с результатами работы [15].

На рис.3 полученные нами сечения для энергии фотонов > 1 ГэВ

приведены в виде σ_{tot}/A . Для сравнения приведены также полученные нами сечения образования адронов виртуальными фотонами для ядра ^{238}U [12]. Штриховая кривая соответствует полному сечению фотообразования адронов на нуклоне. В отличие от результатов с виртуальными фотонами, показывающих отсутствие экранирования, результаты с реальными фотонами указывают на экранирование, величина которого видна из рис.4, где приведена энергетическая зависимость величины $A_{эфф}/A$. Эффективное число нуклонов $A_{эфф}$ вычислено с использованием сечений на нуклонах, взятых из работ [16,17]. Для среднего значения параметра экранирования α , определяемого из соотношения $A_{эфф} = A^\alpha$, в области энергии $2 < E < 3,5$ ГэВ для реальных фотонов было получено $\alpha = 0,974 \pm 0,005$, тогда как для виртуальных фотонов $\alpha = 0,99 \pm 0,01$. На рис.5 приведена A-зависимость результатов измерений в Даресберри и Дези [3]. Наши данные для $A = 235$, усредненные в энергетических областях (1,65 - 3,05) ГэВ и (2,75 - 3,5) ГэВ, повторяют ход приведенной в [3] A-зависимости.

Заключение

Использование многослойной пропорциональной камеры низкого давления для регистрации осколков деления ядра урана в эксперименте по измерению сечения деления ядра мечеными фотонами позволило получить значения полного сечения фотообразования адронов в широкой области энергии фотонов (0,3 - 3,5) ГэВ без систематических ошибок, связанных с большим для тяжелых ядер электромагнитным фоном и геометрией детектора. В области энергии фотонов до 500 МэВ полученные нами сечения указывают на необходи -

ность нового измерения, а в области энергии выше 1 ГэВ подтверждают существование экранирования в поведении полного сечения фотообразования адронов. Среднее значение параметра экранирования в области энергии фотонов (2 - 3,5) ГэВ получается равным $0,974 \pm 0,005$.

Таблица

Энергия	0,51	0,55	0,70	1,14	1,46	1,65	1,85	2,25	2,65	2,75	3,04	3,14
Фотон	0,44	0,66	0,89	1,25	1,53	1,79	1,98	2,57	2,81	2,94	3,24	3,45
Полное сечение	55,82 ± 0,6	38,31 ± 0,79	34,91 ± 1,08	30,56 ± 2,89	33,3 ± 2,67	32,94 ± 1,76	33,74 ± 1,75	27,03 ± 1,67	24,73 ± 1,44	23,98 ± 1,82	27,85 ± 1,94	22,6 ± 1,67

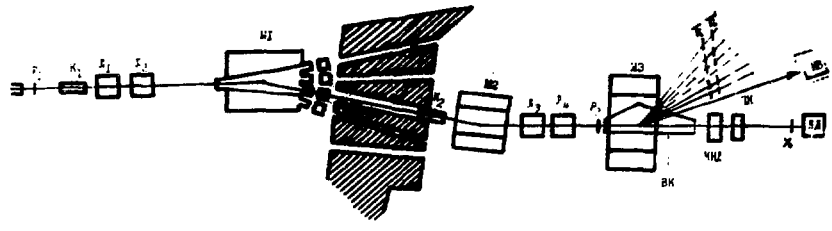


Рис. I

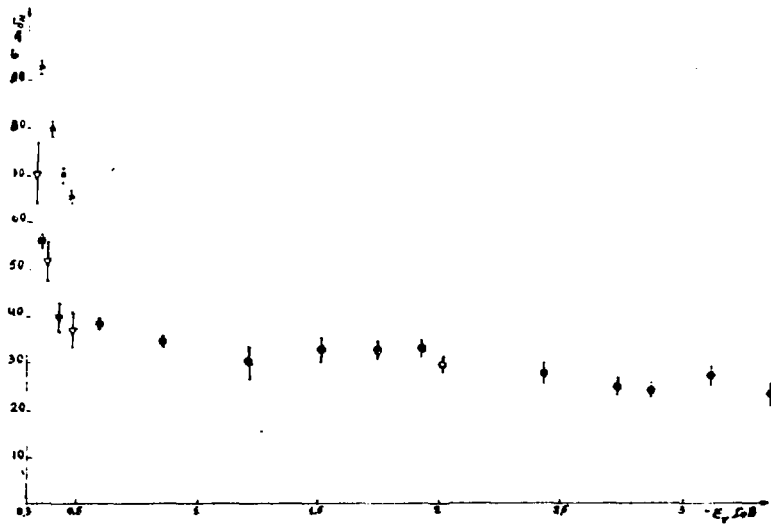


Рис. 2

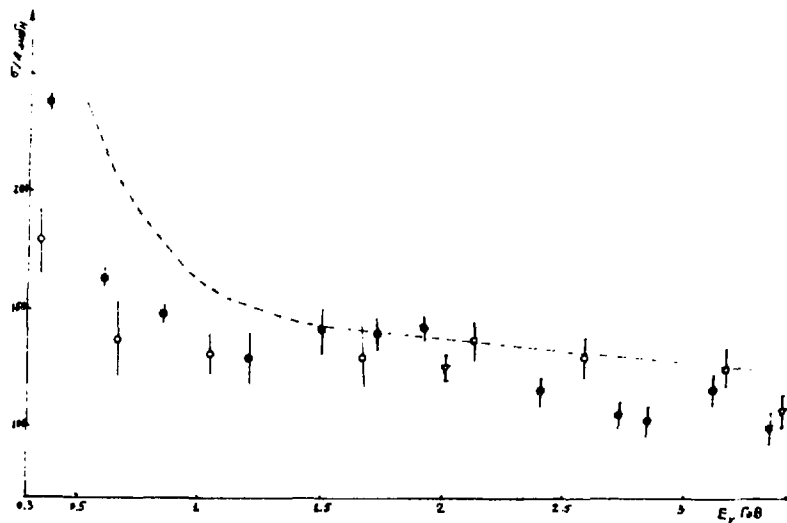


Рис. 3

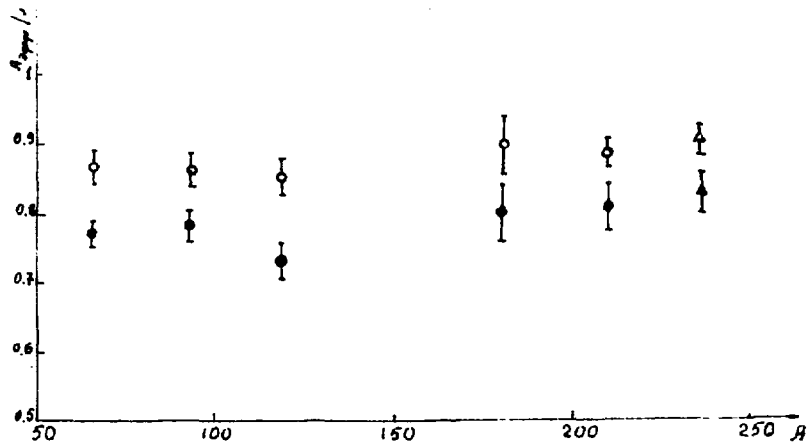
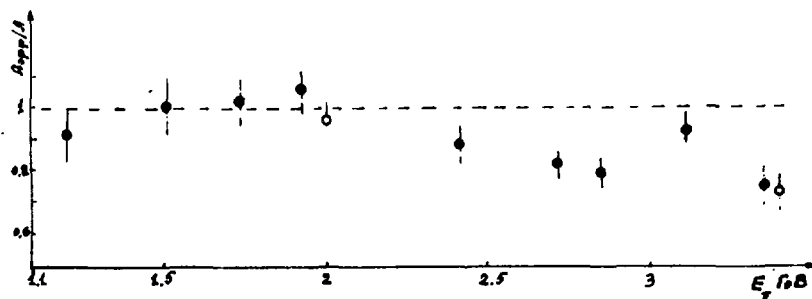


Рис. 5

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схематическое изображение экспериментальной установки:

P_1, P_2 - радиаторы, K_1, K_2 - коллиматоры, $L_1 - L_4$ - квадрупольные линзы, $M_1 - M_3$ - магниты, КИД - пропорциональная камера низкого давления, T_1, T_1' - фотоскоп системы мечения, ВК - вакуумная камера, ПК - пропорциональная камера, X - сцинтилляционный счетчик, ЛД - ливневой детектор, КВ - квантометр.

Рис.2 Энергетическая зависимость полного сечения фотообразования адронов для ядра:

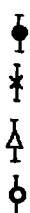




 - наши результаты для ядра ^{235}U ,

 - [9]

 - [15] для ядра ^{238}U ,

 - [14] .

Рис.3 Энергетическая зависимость полного сечения фотообразования адронов, приведенного на один нуклон :




----- - соответствует измерениям на протоне и нейтроне [17, 16] ,

 - наши результаты для реальных фотонов ^{235}U ,

 - для виртуальных фотонов ^{238}U ,

 - [15] .

Рис.4 Эффективное число нуклонов в зависимости от энергии фотонов:




 - наши результаты для реальных фотонов ^{235}U ,

 - [15] .

Рис.5 Эффективное число нуклонов в зависимости от атомного числа ядер:

светлые точки - для энергии фотонов (1,65-3,05) ГэВ,

темные точки - - - - - (2,75-3,95) ГэВ,

Δ - наши результаты,

\circ - [3] .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kisslinger L.S., Wang W.L. *Phys. Rev. Lett.*, 1973, v.30, p. 1071.
2. Oset E., Weise W. *Phys. Lett.*, 1980, 94 B, p.19.
3. Bauer T.H., Spital R.D., Yennie D.R., Pipkin F.M. *Rev. Mod. Phys.* , 1978, v.50, p. 261.
4. Caldwell D. O., Cumalat Y.P., Eisner A.M. et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1979, v.42.
5. Баятян Г.Л., Вартанян Г.С., Григорян Н.К. и др. Научное сообщение БФН-72(74), Ереван, 1974.
6. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Вартанян Г.С. и др. Научное сообщение БФН-275(50)-77, Ереван, 1977.
7. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Вартанян Г.С. и др. ЯФ, 1983, т.38, вып.10, с.980.
8. Lepretre A., Bergere R., Bourgeois P. et al. *Nuclear Physics* n2, 1987, p.533.
9. Ahrens I., Arends I., Bourgeois P. et al. *Phys. Lett.* 146B, n5, 1984, p. 303.
10. Баятян Г.Л., Вартанян Г.С., Гишян С.А. и др. Научное сообщение БФН-545(32)-82, Ереван, 1982. Изв. АН Арм.ССР, Физика, 1984, т.19, вып.2
11. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Вартанян Г.С. и др. Научное сообщение БФН-733(48)-84, Ереван, 1984.
12. Аракелян Е.А., Багдасарян А.Р., Баятян Г.Л. и др. ИФ, 1989, т.49, вып.6.

13. Аракелян Е.А., Баятян Г.Л., Григорян Н.К. и др. Научное сообщение ЕФИ-1000(50)-87, Ереван, 1987.
14. Bellini V. et al. Nuovo Cimento 55, 1980, p.182.
15. Michalowski S., Andrews D., Eickmeyer Y. et al.
Phys. Rev. Lett., 1977, v.39, p. 737.
16. Armstrong T.A., Hegg W.R., Lewis G.M., et al.
Nucl. Phys., 1972, v. 41 B, p.445.
17. Armstrong T.A., Hegg W. R., Lewis G.M. et al
Phys. Rev., 1972, v D5, p. 1640.

Рукопись поступила 2 апреля 1990 г.

Э. А. АРАКЕЛЯН, А. Р. БАГДАСАРЯН, Г. Л. БАМТЯН, Г. С. ВАРТАНЯН,
А. Р. ВОСКАНЯН, Н. К. ГРИГОРЯН, С. Г. КНЯЗИН, А. Т. МАРГАРЯН,
Г. Р. МАРКМИ, А. К. ПАЛАН

ПОЛНОЕ СЕЧЕНИЕ ФОТООБРАЗОВАНИЯ АДРОНОВ НА ЯДРАХ ^{235}U В
ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ ФОТОНОВ (0,3-3,5)ГЭВ, ПОЛУЧЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕМ
СЕЧЕНИЯ ФОТОДЕЛЕНИЯ

Редактор Л. П. Лукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

Подписано в печать 26/III-90г.

Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,8

Тираж 299 экз. ц. 10 к.

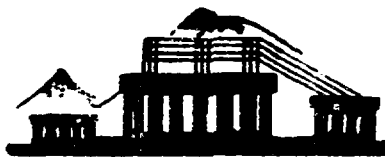
Зак. тип. № 314

индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул. Братьев Алиханян, 2

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Alikhanian Brothers 2,
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ