

И Н С Т И Т У Т Ф И З И К И В Ы С О К И Х Э Н Е Р Г И Й

И Ф В Э 84-1
ОНФ SERP-E-114



А.П.Бугорский, А.А.Волков, В.И.Кочетков,
В.И.Курбаков, А.И.Мухин, Ю.М.Свиридов

ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВЫХОД ОДИНОЧНЫХ ПРЯМЫХ МЮОНОВ
И СЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОЧАРОВАННЫХ ЧАСТИЦ
В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 70 ГэВ

Серпухов 1984

А.П.Бугорский, А.А.Волков, В.И.Кочетков,
В.И.Курбаков, А.И.Мухин, Ю.М.Свиридов

ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВЫХОД ОДИНОЧНЫХ ПРЯМЫХ МЮОНОВ
И СЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОЧАРОВАННЫХ ЧАСТИЦ
В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 70 ГэВ

Направлено в ЯФ

Аннотация

Бугорский А.П., Волков А.А., Кочетков В.И., Курбаков В.И., Мухин А.И., Свиридов Ю.М.

Ограничение на выход одиночных прямых мюонов и сечение образования очарованных частиц в протон-ядерных взаимодействиях при энергии 70 ГэВ. Серпухов, 1984.

11 стр. с рис. (ИФВЭ ОНФ 84-1, SERP-E-114).

Библиогр. 28.

В работе проведено сравнение выходов прямых мюонов в pFe-взаимодействиях при энергии 70 ГэВ с ожидаемым вкладом мюонов от процессов образования мюонных пар. Показано, что вклад этих процессов составляет $(82 \pm 4 \pm 12)\%$ в среднем в области $0,09 \leq x_F \leq 0,6$. Получены модельно-зависимые ограничения на сечение образования очарованных частиц.

Abstract

Bugorsky A.P., Volkov A.A., Kochetkov V.I., Kurbakov V.I., Mukhin A.I., Sviridov Yu.M.

Limits for Prompt Muon Yields and Charmed Particle Production Cross-Section in Proton-Nuclear Interactions at 70 GeV. Serpukhov, 1984.

p. 11. (INEP 84-1, SERP-E-114).

Refs. 28.

Prompt muon yields measured in pFe-collisions at 70 GeV are compared with the expected contribution from the dimuon hadronic production. This contribution is shown to be equal to $(82 \pm 4 \pm 12)\%$ on the average for the x_F region of $0.09 \leq x_F \leq 0.6$. Model-dependent limits on charmed particle production cross-section are also obtained.

I.

Цель настоящей работы – получить оценку выхода в протон-ядерных взаимодействиях при энергии 70 ГэВ одиночных прямых мюонов. Под "прямыми" понимаются мюоны, образующиеся непосредственно в первичном взаимодействии либо при распаде короткоживущей ($c\tau \ll 1$ см) частицы. В частности, одиночные прямые мюоны образуются в полулептонном распаде очарованных частиц:



Выходы мюонов при взаимодействии протонов с железной мишенью были измерены в ходе эксперимента по поиску прямых нейтрино^{/1/}. По постановке это эксперимент с полным поглощением протонного пучка и адронного каскада в массивной протяженной мишени-поглотителе.

Постановка эксперимента, аппаратура для измерения мюонных потоков, методика обработки данных и учета фона подробно описаны ранее^{/4/}. Выведенный из ускорителя протонный пучок (интенсивность до $2 \cdot 10^{12}$ протонов, длительность 3 мкс) поглощался в массивной мишени-поглотителе. Использовались три стальные мишени различной эффективной плотности ρ_i , $\rho_{Fe}/\rho_1 = 1,0$ (сплошная мишень), $\rho_{Fe}/\rho_2 = 2,0$ и $\rho_{Fe}/\rho_3 \approx 3,5$, где ρ_{Fe} – плотность стали. Мишени размещались (поочередно) перед стальным мюонным фильтром. Плотность потока мюонов в 13 разрезах фильтра, задающих пороговую энергию регистрации мюонов, измерялась системой ионизационных камер^{/5/}; численным интегрированием определялся поток внутрь круга радиусом 70 см в каждом разрезе $I_i(z_j)$, где i – номер мишени, j – номер разреза. Точность измерения потоков с мишеней 2 ($\rho_{Fe}/\rho_2 = 2$) и 3 ($\rho_{Fe}/\rho_3 \approx 3,5$) относительно потока с мишени 1 ($\rho_{Fe}/\rho_1 = 1$) составила, соответственно, 3 и 7%. Неопределенность абсолютной нормировки потоков (в единицах мюон/протон) определяется точностью абсолютной градуировки ионизационных камер (3%^{/6/}) и измерения интенсивности протонного пучка и не превышает 5%.

В этих условиях фоном для выделения процессов образования одиночных прямых мюонов являются:

а) распады долгоживущих "родителей" (π , K, Λ , ...) на пути до ядерного взаимодействия ($20 \div 25$ см в железе);

б) образование мюонных пар протонами и вторичными адронами^{2, 3/}; мюоны, образующиеся в этом процессе, — это, по определению, также прямые мюоны.

Данная работа включает два этапа. На первом этапе разделяются выходы мюонов от процесса (а) и всех прямых мюонов. Это разделение возможно благодаря использованию в эксперименте трех мишеней с различной эффективной плотностью, что позволяет применить методику экстраполяции к бесконечной плотности мишени. Некоторые результаты такого анализа, касающиеся общих характеристик образования прямых мюонов, опубликованы ранее^{4/}. На втором этапе, составляющем основное содержание настоящей работы, вклад процесса (б) в выходы прямых мюонов определяется расчетным путем на основе анализа существующей экспериментальной информации об образовании мюонных пар адронами.

II.

Как было сказано выше, применение мишеней различной эффективной плотности дает возможность использовать для выделения сигнала прямых мюонов $I_{\text{пр}}(z_j)$ на фоне мюонов от распадов долгоживущих "родителей" (в основном π - и K-мезонов) $I_{\text{расп}}(z_j)$ метод экстраполяции к бесконечной плотности мишени. Для этого измеренные в каждом разрезе зависимости $I_i(z_j)$ от $(\rho_{\text{Fe}}/\rho_i)$ фитируются прямой:

$$I(z_j) = I_{\text{пр}}(z_j) + (\rho_{\text{Fe}}/\rho_i) I_{\text{расп}}(z_j)$$

и определяются искомые параметры $I_{\text{пр}}(z_j)$ и $I_{\text{расп}}(z_j)$.

Мишени-поглотители содержали, соответственно, 190, 94 и 37 см стали. Поэтому в измеренные потоки $I_i(z_j)$, $i = 2, 3$, вносились поправки, обусловленные различием энергетического и геометрического аксептансов аппаратуры для различных мишеней. Эти поправки были рассчитаны несколькими способами. Они максимальны для первого разреза и быстро уменьшаются с увеличением глубины в фильтре. Полученные в результате различных методов обработки значения $I_{\text{пр}}(z_j)$ совпадают в пределах 5% (в первом разрезе неопределенность $I_{\text{пр}}(z_1)$ составляет 10%).

В определенные методом экстраполяции величины $I_{\text{пр}}(z_j)$ дают вклад мюоны, образовавшиеся в результате взаимодействия протонов с веществом в канале до мишени-поглотителя^{4/}. Этот вклад, по оценкам, составляет от 6 до 40% в зависимости от глубины в фильтре с неопределенностью $\approx 50\%$.

Полная ошибка в величине потоков прямых мюонов составляет, в зависимости от энергии, от 7 до 35% (11% в первом разрезе). Полученная зависимость потоков прямых мюонов от глубины в фильтре приведена на рис. 1. Диапазон поперечных импульсов мюонов составляет $0 \leq P_{\perp} \leq 1$ ГэВ/с.

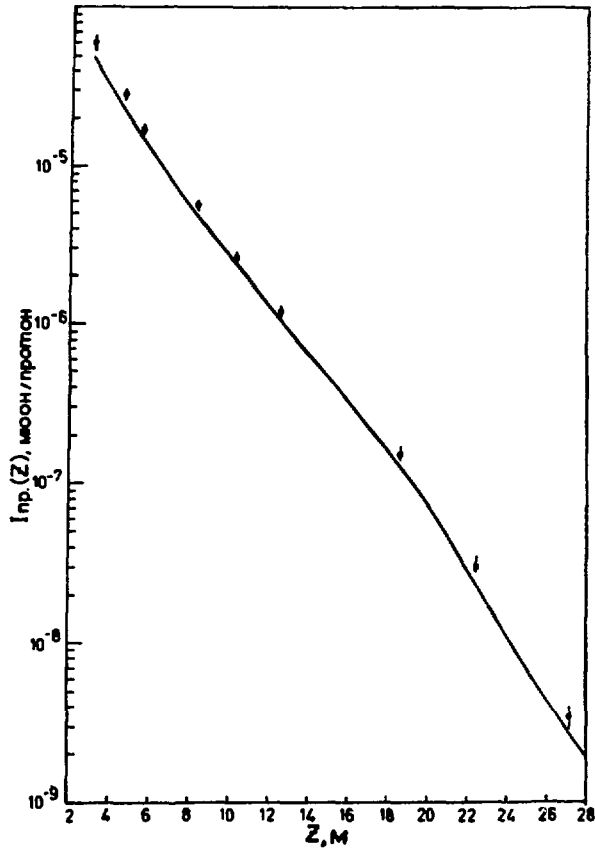


Рис. 1. Зависимость от глубины в фильтре измеренных потоков прямых мюонов $I_{пр}(Z_i)$ (точки) и расчетных потоков мюонов от процессов образования пар (кривая).

III.

Мюонные пары в условиях нашего эксперимента могут образовываться в результате трех процессов:

- А - взаимодействия первичных протонов;
 - Б - взаимодействия вторичных адронов;
 - В - конверсии в пару $\mu^+\mu^-$ γ -квантов от распада π^0 -мезонов.
- В нашем анализе использованы следующие исходные условия:

1. Для дифференциальных сечений образования пар используется параметризация, полученная в работе /7/ для случаев рождения пар протонами и π^+ -мезонами с импульсом 150 ГэВ/с на бериллии в виде

$$E d\sigma/d^3p = a(M)(1 - x_F)^{c(M)} \exp(-b(M)P_{\perp}), \quad (2)$$

где M — масса пары. Измерения, на основании которых были получены параметры формулы (2), в наибольшей степени перекрывают необходимую для нашего случая область переменных M , x_F и P_{\perp} :

$$M \geq M_{\text{пор}} \approx 0,21 \text{ ГэВ}/c^2, \quad x_F \geq 0,1 \quad \text{и} \quad 0 \leq P_{\perp} \leq 1 \text{ ГэВ}/c.$$

Форма дифференциального спектра пар в области $(\rho - \omega)$ - и ϕ -мезонов изучалась также в эксперименте^{/8/} по образованию мюонных пар протонами с импульсом 70 ГэВ/с на бериллии. Полученные в этой работе значения параметров c и b совпадают в пределах ошибок с измеренными в работе^{/11/}. Систематическая неопределенность экспериментальных данных^{/7/} оценивается авторами в 10%.

2. Принимается гипотеза фейнмановского скэйлинга, т.е. независимости инвариантного сечения $E d\sigma/d^3p$ образования пар данной массы в области $M \leq 1,1 \text{ ГэВ}/c^2$ от энергии первичного адрона*). Это предположение было выдвинуто и проверено в работах^{/9, 10/} для диапазона энергий протонов 28–400 ГэВ и π -мезонов 16–225 ГэВ. Показана справедливость гипотезы скэйлинга с точностью до систематических неопределенностей экспериментальных данных ($\approx 10\%$).

3. При переходе к железной мишени нашего эксперимента мы используем для всего диапазона масс $0,21 \leq M \leq 1,13 \text{ ГэВ}/c^2$ A -зависимость (A — атомный вес ядра мишени) сечения образования пар в области $(\rho - \omega)$ -мезонов ($0,65 \leq M \leq 0,93 \text{ ГэВ}/c^2$), измеренную в пучках протонов, нейтронов и π -мезонов^{/11, 12, 13/}. Полные сечения в этой области масс подчиняются зависимости $\sigma \sim A^{\alpha_0}$ с показателями α_0 , равными $\approx 0,69$ и $0,75$ в пучках нуклонов и пионов соответственно. Зависимость от атомного веса ядра мишени дифференциальных сечений может быть представлена в форме $d\sigma/dx_F \sim A^{\alpha(x_F)}$, причем $\alpha(x_F) > \alpha_0$ при малых $x_F \leq 0,3 - 0,4$ и $\alpha(x_F) < \alpha_0$ при $x_F \rightarrow 1$. Возможность распространения этих результатов на всю область масс в какой-то мере обосновывается тем обстоятельством, что вклад в расчетные потоки мюонов пар из интервала $(\rho - \omega)$ -мезонов составляет более 40% в первом разрезе и растет до $\approx 90\%$ в тринадцатом. Измеренная^{/9/} для всего диапазона $M < 1 \text{ ГэВ}/c^2$ как целого величина α_0 составила в протонном пучке $0,64 \pm 0,03$, но x_F -зависимость показателя α в области $\leq 0,6 \text{ ГэВ}/c^2$ исследована недостаточно. В работе^{/14/} показано, однако, что при определенных предположениях о характере взаимодействия адрона с ядром форма зависимости показателя α от x_F не связана с конкретным механизмом генерации лептонных пар.

4. Угловое распределение мюонов в системе центра масс пары изотропно^{/8, 11/}.

5. Спектры π^{\pm} -, K^{\pm} -мезонов, необходимые для расчета процессов Б и В (см. разд. III), определены ранее^{/4/}. Рассчитанные с этими спектрами потоки непрямых мюонов $I_{\text{расп}}(z_j)$ совпадают с полученными методом экстра-

*) Как показали расчеты, вкладом пар с массой $M > 1 \text{ ГэВ}/c^2$ в интересующей нас кинематической области можно пренебречь.

поляции с точностью в среднем $\approx 5\%$. Вклад вторичных нуклонов в образование пар оказался пренебрежимо мал.

6. Принимается, что сечение образования мюонных пар π^- , K^\pm -мезонами такое же, как в случае образования их π^\pm -мезонами.

7. Для расчета процесса В (см. разд. III) выходы π^0 -мезонов принимаются равными полусумме выходов π^+ - и π^- -мезонов^{/4/}, а вероятность конверсии γ -кванта в пару $\mu^+\mu^-$ в железе равной^{/7, 15/} $1,3 \cdot 10^{-5} \pm 30\%$.

8. Учитывается реальная форма протонного пучка на мишени, геометрия фильтра, потери энергии, многократное рассеяние и флуктуации пробега мюонов.

Результаты расчета показаны кривой на рис. 1, а в табл. 1 приведены неопределенности расчетных потоков мюонов от процессов образования мюонных пар.

Таблица 1

Источник	А	Б
1. Точность параметров формулы (2)	от 9 до 50%	13%
2. Неопределенность в А-зависимости	12%	12%
3. Замена мезонного каскада π^\pm -мезонами (пункт 6)	-	10%
Полная погрешность	(15-51)%	20%

Оценка погрешности, вносимой допущением (см. пункт 6), получена из анализа данных^{/11, 16, 17, 18/} по образованию пар π^\pm , K^\pm -мезонами с учетом их относительных выходов.

Неопределенность нормировки расчетных потоков, обусловленная систематическими неопределенностями экспериментальных данных^{/7/}, составляет 10%; неопределенность нормировки наших экспериментальных данных $\leq 5\%$.

В табл. 2 приведен относительный вклад рассмотренных процессов и полный вклад мюонных пар $R_{2\mu}(z_j)$ в потоки прямых мюонов в нашем эксперименте.

В табл. 2 $E_{\text{пор}}$ - это нижняя граница энергий мюонов, регистрируемых в данном разрезе (без учета флуктуаций пробега).

Как видно из рис. 1, образование мюонных пар хорошо воспроизводит форму зависимости потоков прямых мюонов от глубины в фильтре. В пределах ошибок доля мюонов от пар $R_{2\mu}(z_j)$ (табл. 2) не зависит от глубины в фильтре и составляет в среднем по двенадцати первым разрезам $(82 \pm 4)\%$. С учетом неопределенностей в нормировке потоков эта величина равна $(82 \pm 4 \pm 12)\%$ и указывает на доминирующую роль электромагнитных процессов в образовании прямых мюонов в нашем эксперименте.

Вклад процессов образования пар в выходы прямых мюонов в протон-ядерных взаимодействиях был определен экспериментально при энергии протонов 205^{/19/} и 350 ГэВ^{/20/}.

Таблица 2

Номер разреза	$E_{\text{пор}}$, ГэВ	Процесс (разд. III)			Суммарный вклад пар
		а)	б)	в)	
1	6,0	$0,48 \pm 0,11$	$0,27 \pm 0,07$	$0,04 \pm 0,015$	$0,79 \pm 0,13$
3	8,3	$0,57 \pm 0,10$	$0,18 \pm 0,04$	$0,03 \pm 0,01$	$0,78 \pm 0,11$
4	10,0	$0,67 \pm 0,12$	$0,15 \pm 0,04$	$0,03 \pm 0,01$	$0,85 \pm 0,12$
6	14,0	$0,74 \pm 0,14$	$0,04 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,14$
7	17,0	$0,88 \pm 0,17$	-	-	$0,88 \pm 0,17$
8	20,2	$0,88 \pm 0,17$	-	-	$0,88 \pm 0,17$
10	29,2	$0,85 \pm 0,21$	-	-	$0,85 \pm 0,21$
11	35,1	$0,76 \pm 0,19$	-	-	$0,76 \pm 0,19$
12	42,2	$0,76 \pm 0,29$	-	-	$0,76 \pm 0,29$
13	51,0	$0,34 \pm 0,22$	-	-	$0,34 \pm 0,22$

На рис. 2 приведено сравнение полученной нами оценки с результатами этих работ.

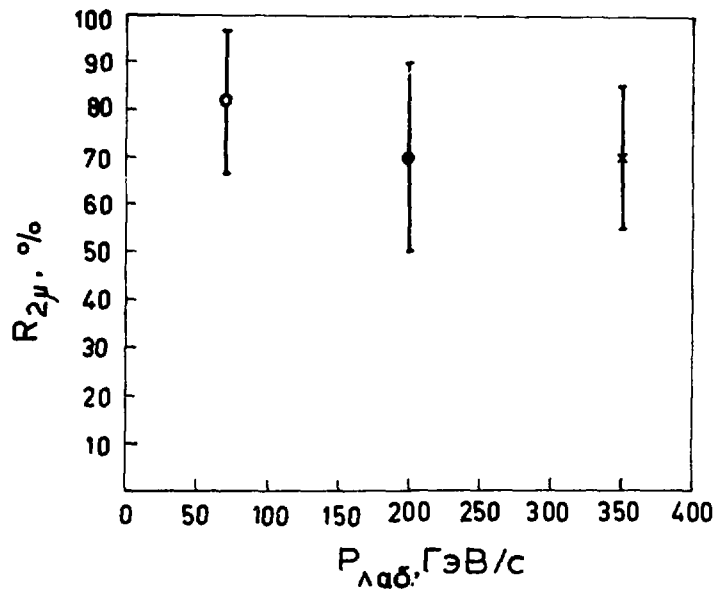


Рис. 2. Вклад мюонных пар $R_{2\mu}$ в выходы прямых мюонов в рFe - взаимодействиях в зависимости от импульса протонов. о - наша оценка, е - работа/19/, х - работа/20/. Показаны полные ошибки с учетом систематических неопределенностей.

IV.

Ограничение на сечение образования очарованных частиц может быть получено, исходя из возможного, в пределах неопределенностей нашего анализа, избытка прямых мюонов над вкладом мюонных пар в измеренные потоки. В первом разрезе верхняя граница потока одиночных мюонов составляет (на 90%-ном уровне достоверности) $2,7 \cdot 10^{-5}$ мюон/протон.

Рассматривалось некоррелированное образование $D\bar{D}$ -мезонов и $\Lambda_c^+ \bar{D}$ -пар с инклюзивным сечением

$$E_c d\sigma/d^3 p_c \sim (1 - |x_F|)^n \exp(-3P_{\perp}).$$

Усредненная по выходам D^+ - и D^0 -мезонов вероятность полуплептонного распада $D \rightarrow K(K^*)\mu\nu$ принималась равной 8% и соотношение выходов $K: K^* = 3:2/21/$. Вероятность распада $\Lambda_c^+ \rightarrow \mu X$ равна 4,5%/22/; рассматривался только трехчастичный канал $\Lambda_c^+ \rightarrow \mu^+\nu\mu^0$. Энергетический спектр мюона в системе покоя $D(\Lambda_c)$ рассчитывался в соответствии с работами/23, 24, 25/, а угловое распределение предполагалось изотропным. Оценки сечения на ну-клоне получены в двух предположениях: $\sigma_{c\bar{c}} \sim A^{0,72}$ (см. работу/26/) и $\sigma_{c\bar{c}} \sim A^{1,0}$.

Полученные верхние границы сечения образования очарованных частиц приведены в табл. 3. Диапазон значений показателя n охватывает величины, полученные в экспериментах при более высоких энергиях по изучению образования прямых нейтрино/27/ и одиночных мюонов/28/.

Таблица 3

		$D\bar{D}, n_D = n_{\bar{D}}$				$\Lambda_c^+ \bar{D}$
n		3	4	5	6	$n_{\Lambda_c} = 2, n_{\bar{D}} = 4$
$\sigma_{c\bar{c}}$, мкб нукл	$\sim A^{0,72}$	52	61	67	76	58
	$\sim A^{1,0}$	17	20	22	25	19

Приведенные оценки находятся в согласии с результатом параллельного эксперимента по поиску прямых нейтрино/1/. Интерпретация данных этого эксперимента в рассматриваемой здесь модели образования $D\bar{D}$ -пар приводит (для линейной зависимости сечения от атомного веса ядра мишени и значения n , равного, например, 3) к оценке

$$\sigma_{D\bar{D}}(\nu_{пр}) = (15 \pm 11) \text{ мкб/нуклон.}$$

В заключение авторы выражают благодарность В.В.Аммосову, А.С.Вовенко, В.Н.Горячеву, В.В.Лопину за полезные обсуждения, Л.А.Клименко и В.И.Полетаеву за помощь в проведении измерений, Т.В.Невской за подготовку рукописи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asratyan A.E., Epstein V.Sh., Fakhrutdinov R.M. et al. - *Phys. Lett.*, 1978, 79B, No. 4, 5, p. 497.
2. Bodek A. - Preprint UR-730, Univ. of Rochester, 1979; *Proc. of American Inst. of Physics Conference*, 1980, No. 59, p. 211.
3. Stroynovsky R.S. - *Phys. Rep.* 1981, 71, p. 1.
4. Бугорский А.П., Бовенко А.С., Волков А.А. и др. - *ЯФ*, 1979, 30, вып. 3(9), с. 702.
5. Bugorsky A.P., Goryachev V.N., Kochetkov V.I. et al. - *Nucl. Inst. Meth.*, 1977, 146, p. 367.
6. Бельков А.А., Бугорский А.П., Кочетков В.И. и др. - Препринт ИФВЭ 82-99, Серпухов, 1982.
7. Anderson K.J., Henry G.G., Mc Donald K.T. et al. - *Phys. Rev. Lett.*, 1976, 37, No. 13, p. 799; *ibid.*, p. 803.
8. Antipov Yu.M., Bessubov V.A., Budanov N.P. et al. - *Phys. Lett.*, 1982, 110B, No. 3, 4, p. 326; Антипов Ю.М., Беззубов В.А., Буданов Н.П. и др. - *ЯФ*, 1982, 36, вып. 6 (12), с. 1426.
9. Morse W.M., Lai K.-W., Larsen R.C. et al. - *Phys. Rev.*, 1978, D18, No. 9, p. 3145; Grannan D.M., Kasha H., Lauterbach M.J. et al. - *Ibid.*, p. 3150.
10. Barger V., Gottschalk T., Phillips R.J.N. - *Phys. Rev.*, 1978, D18, No. 7, p. 2308.
11. Binkley M., Gaines I., Peoples J. et al. - *Phys. Rev. Lett.*, 1976, 37, No. 10, p. 571.
12. Branson J.G., Sanders G.H., Smith A.J.S. et al. - *Phys. Rev. Lett.*, 1977, 38, No. 23, p. 1331; *ibid*, p. 1334.
13. Антипов Ю.М., Беззубов В.А., Буданов Н.П. и др. - Препринт ИФВЭ 82-137, Серпухов, 1982.
14. Лысаков Г.И., Шерхонов Б.Х. - Препринт ОИЯИ, P2-83-400, Дубна, 1983.
15. Tsai Yung-Su.-*Rev. Mod. Phys.*, 1974, 46, p. 815.
16. Alspector J., Borenstein S., Strand R.C. et al. - *Phys. Lett.*, 1979, 81B, No. 3, 4, p. 397. Reese C., Le Britton J., Mc Cal et al. - *Phys. Lett.*, 1979, 85B, No. 4, p. 427.
17. Bunnell K., Duong-van M., Kogan E. et al. - *Phys. Rev. Lett.*, 1978, 40, No. 3, p. 136; Haber B., Kogan E., Bunnell K. et al. - *Phys. Rev.*, 1980, D22, No. 9, p. 2107.
18. Denisov S.P. - Preprint IHEP 76-154, Serpukhov, 1976; *Proc. of XVIII International Conference on High Energy Physics.*, Tbilisi, 1976, v. 11, p. N 31.
19. Branson J.G., Sanders G.H., Smith A.J.S. et al. - *Phys. Rev. Lett.*, 1977, 38, No. 9, p. 457.

20. Ritchie J.L., Bodek A., Coleman R.N. et al. - **Phys. Rev. Lett.**, 1980, 44, No. 4, p. 230.
21. Trilling G.H. - **Phys. Reports**, 1981, 75, p. 59.
22. Vella E., Trilling G.H., Abrams G.S. et al. - **Phys. Rev. Lett.**, 1982, 48, No. 22, p. 1515.
23. Hinchliffe I., Llewellyn-Smith C.H. - **Nucl. Phys.**, 1978, B114, No. 1, p. 45.
24. Berger E.L., Clavelli L., Wright N.R. - **Preprint ANL-HEP-PR-82-32**, 1982.
25. Buras A.J. - **Nucl. Phys.**, 1976, B109, No. 3, p. 373.
26. Ball R.C., Coffin C.T., Gustafson H.R. et al. - **Preprint UMHE 83-13, UWEX 83-234**, 1983.
27. Fritze P., Grassler H., Hasert F.J. et al. - **Phys. Lett.**, 1980, 96B, No. 3, 4, p. 427;
Jonker M., Panman J., Udo F. et al. Ibid., p. 435;
Abramowicz H., de Groot J.G.H., He J.T. et al. - Z.Phys. C., 1982, 13, p. 179;
Ball R.C., Coffin C.T., Gustafson H.R. et al. - Phys. Rev. Lett., 1983, 51, No. 9, p. 743.
28. Ritchie J.L., Bodek A., Breedon R. et al. - **Phys. Lett.**, 1983, 126B, No. 6, p. 499.

Рукопись поступила 28 ноября 1983 года.

Цена 13 коп.

Индекс 3624

А.П.Бугорский и др.

Ограничение на выход одиночных прямых мюонов и сечение образования очарованных частиц в протон-ядерных взаимодействиях при энергии 70 ГэВ.

Редактор В.В.Герштейн. Технический редактор Л.П.Тимкина.
Корректор Т.Д.Галкина.

Подписано к печати 09.12.83. Т-22781. Формат 70x100/16.

Офсетная печать. Индекс 3624. Цена 13 коп.

Заказ 62. 0,87 уч.-изд.л. Тираж 230.

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов
Московской обл.