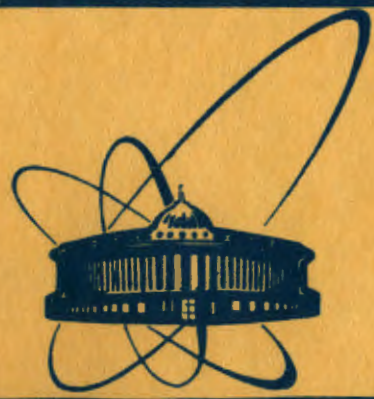


12/ХИ-83



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

6389/83

P2-83-656

Н.С.Амелин, В.С.Барашенков, Н.В.Славин

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ
ИНКЛЮЗИВНЫХ СЕЧЕНИЙ
РОЖДЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТИЦ
В НЕУПРУГИХ N-N И π -N СТОЛКНОВЕНИЯХ

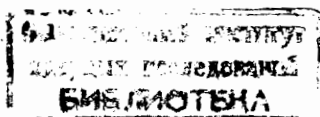
1983

Для описания дифференциальных одночастичных инклюзивных сечений образования нуклонов и π -мезонов в неупругих N-N и π -N столкновениях при высоких энергиях в работах^{/1-3/} были предложены феноменологические выражения, аналитическая структура которых определялась с учетом известных теоретических моделей, а численные коэффициенты подбирались из эксперимента. Полученные выражения не только аккумулируют большой объем экспериментальной информации в широкой области энергий T от пяти до нескольких тысяч ГэВ^{*}, но и позволяют рассчитывать интегральные характеристики вторичных частиц, анализировать свойства лидирующих частиц^{/4/} и т.д. С помощью этих выражений можно получать оценки для тех областей кинематических переменных, где еще нет измерений, а применяя метод Монте-Карло, - моделировать отдельные акты неупругих столкновений^{/5/}.

Однако полученные в работах^{/1-3/} выражения относятся к суммарным "послераспадным" характеристикам и могут использоваться лишь на достаточно больших расстояниях от мишени.

Цель данной работы - показать, что при соответствующем выборе коэффициентов полученные в работах^{/1-3/} выражения можно применять и для описания спектров резонансных частиц. Мы ограничимся резонансами Δ , ρ и ω , которые вплоть до очень высоких энергий рождаются с большими сечениями и для которых имеются экспериментальные данные.

*) Далее мы всюду будем рассматривать систему центра масс и использовать стандартные обозначения: S - квадрат полной энергии сталкивающихся частиц в системе центра масс; p_x и p_y - продольная и поперечная составляющие импульса резонансной частицы в этой системе координат; $E = (p_x^2 + p_y^2 + m_R^2)^{1/2} = (sx^2/4 + p_x^2 + m_R^2)^{1/2}$ - соответствующая энергия резонанса, m_R - его масса; $x = 2 \cdot p_x / \sqrt{s}$, $x_1 = 2 \cdot p_x / \sqrt{s}$; T - кинетическая энергия налетающей частицы в лабораторной системе координат.



Для описания спектров "сохраняющихся" резонансных частиц можно использовать выражение, полученное в [1/ж]:

$$E \frac{d^3\sigma}{d^3p} \left[\frac{M\delta}{\Gamma_{\text{ЭВ}}^2/c^3} \right] = \begin{cases} a(1+b|x|)s^{c-x} s^{0.27} \left(\frac{1-|x|}{(p_1^2 + \mu^2)^d} \right)^{fR_1^2} e^{g|x|} + us^v(1-|x|)e^{-5Rp_1^2} & 0 < |x| < 0.7, \\ A|t| \frac{(1-|x|)^{1-\alpha t}}{(m_\pi^2 - t)^2} e^{Rt} + \sum_{i=1}^4 G_i \left(\frac{s}{s_0} \right)^{-\alpha_i} (1-|x|)^{\beta_i - \beta_i t} e^{R_i t} & 0.7 \leq |x| < 1, \end{cases} \quad (I)$$

где $t = -p_1^2|x| - (1-|x|) \cdot (m_R^2/|x| - m_a^2)$. Здесь m_R и m_a - массы частиц в инклюзивной реакции $a + b \rightarrow R + \dots$, $s_0 = 1 \text{ ГэВ}^2$, m_π - масса π -мезона.

Выражение (I) применимо также для описания спектров резонансов R'_a и R'_b в реакциях $a + b \rightarrow R'_a(R'_b) + \dots$, отличающихся только одним кварком от частицы a (например, Δ^{++} в $p+p \rightarrow \Delta^{++} + \dots$) или частицы b (Δ^{++} в $\pi + p \rightarrow \Delta^{++} + \dots$ при $x < 0$) соответственно.

Формула (I) может быть использована и для описания спектров мезонных резонансов ρ^0 и ω в области $x > 0$ в π - p столкновениях. Значения коэффициентов для всех этих реакций приведены в табл. I и 2.

Инклюзивные спектры "несохраняющихся" резонансных частиц (т.е. частиц, отличающихся кварковым составом от первичных частиц a или b , например, ρ^+ в $p+p$ или π^- в столкновениях) можно аппроксимировать выражением, полученным в работе [2/]:

$$E \frac{d^3\sigma}{d^3p} \left[\frac{M\delta}{\Gamma_{\text{ЭВ}}^2/c^3} \right] = a(1+|x|)b \left[\frac{p_1^2 s^c (1+|x|)}{(p_1^2 + 1)^4} e^{-Rp_1^2} + \frac{ds^f(1-|x|)}{(|x|+1)^g} e^{-hp_1^2} \right]. \quad (2)$$

Но теперь $R = 0.75 \text{ (ГэВ/с)}^2$, а коэффициенты b и h могут зависеть от квадрата полной энергии s . Значения остальных коэффициентов указаны в табл. 3.

Для p - p взаимодействия в табл. 3 приведены коэффициенты для спектра ρ^0 -мезонов. Эти коэффициенты можно использовать и для аппроксимации инклюзивных сечений ρ^\pm и ρ^- -мезонов при T порядка нескольких

*) "Сохраняющейся" резонансной частицей мы называем резонанс R_a в реакции $a+b \rightarrow R_a + \dots$, вылетающий в переднюю полусферу ($x > 0$) и имеющий тот же кварковый состав, что и налетающая частица a (например, ρ^+ в реакции $\pi^+p \rightarrow \rho^+ + \dots$), а также резонанс R_b в реакции $a+b \rightarrow R_b + \dots$, вылетающий в заднюю полусферу ($x < 0$) и имеющий тот же кварковый состав, что и частица-мишень b (Δ^+ в p - p столкновениях).

десятков ГэВ, поскольку экспериментальные данные при $T=23 \text{ ГэВ}$ [6,22/] показывают, что спектры этих частиц не зависят от знака их заряда, а данных для больших значений T пока неизвестно.

В случае π - p взаимодействия выражение (2) пригодно для описания спектров мезонных резонансов в области $x < 0$ и Δ -резонансов в области $x > 0$.

Что касается ω -мезона, то известные экспериментальные данные позволяют определить коэффициенты лишь для некоторых частных случаев.

Для Δ^+ - и Δ^0 -частиц практически нет экспериментальных данных. Приведенные в табл. I-3 коэффициенты позволяют получить лишь грубо-ориентировочную оценку сечений рождения этих частиц.

Табл. 4 и рис. I, 2 иллюстрируют степень согласия с экспериментом сечений рождения резонансов и их средних множественностей, рассчитанных с помощью аппроксимирующих выражений (I) и (2). В пределах экспериментальных точностей согласие вполне удовлетворительное.

Рис. 3-5 показывают точность аппроксимации дифференциальных распределений Δ^{++} -частиц. На рис. 6-10 приведены дифференциальные распределения для ρ -мезонов. Как и в случае интегральных величин, аппроксимирующие выражения хорошо описывают экспериментальные данные.

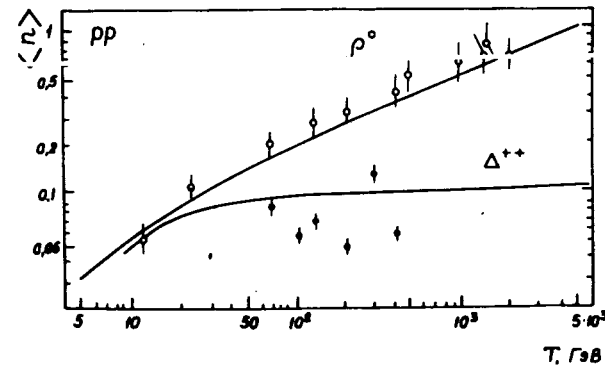


Рис. I. Средняя множественность Δ^{++} и ρ^0 резонансов в неупругих p - p столкновениях. Кривые - расчет, точки - экспериментальные данные из работ [6,7,9-32/].

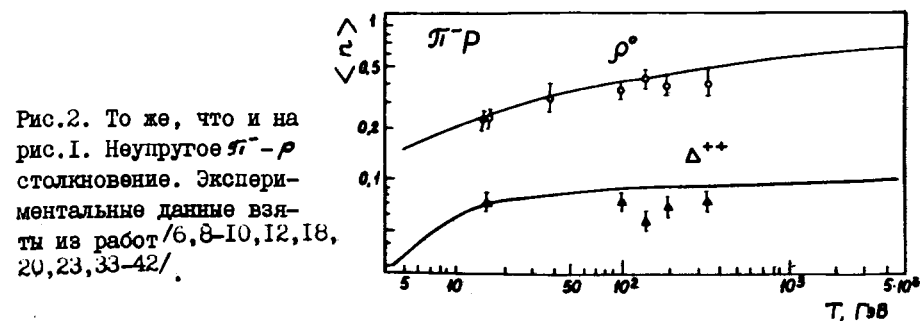


Рис. 2. То же, что и на рис. I. Неупругое π^- - p столкновение. Экспериментальные данные взяты из работ [6,8-10,12,18,20,23,33-42/].

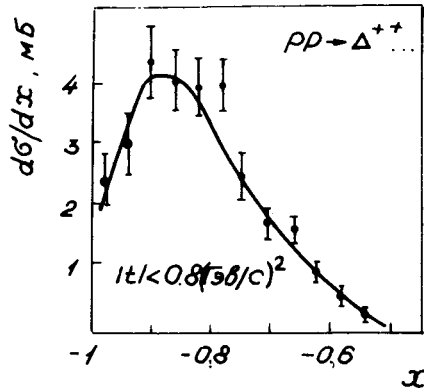


Рис.3. Инклюзивное $d\sigma/dx$ распределение для Δ^{++} -резонансов в p - p столкновениях при $T=68$ ГэВ для области $|t| < 0.8$ (ГэВ/с)². Экспериментальные точки взяты из работы /7/.

Рис.4. Инклюзивное $d\sigma/dx$ -распределение для Δ^{++} -резонансов в π - p столкновениях при $T=15$ и 100 ГэВ. Кривые - расчет, гистограммы - опыт /8,41/.

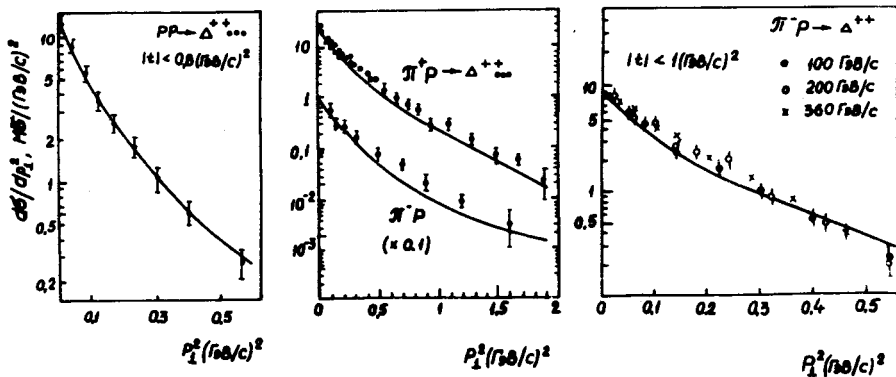
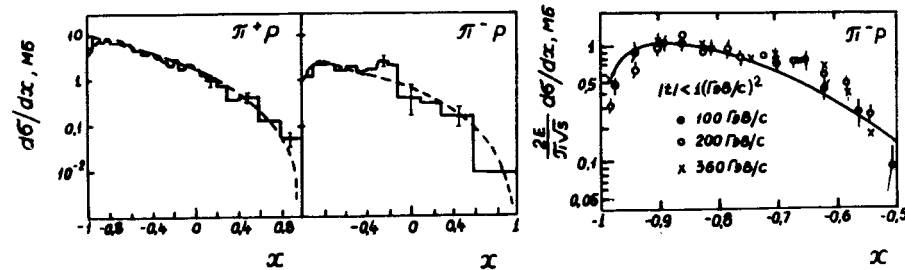


Рис.5. Распределение по p_1^2 для Δ^{++} -резонансов в p - p столкновениях при $T=68$ ГэВ и в π - p -столкновениях при $T=15$ и 100 ГэВ. Экспериментальные точки из работ /7,8,41/.

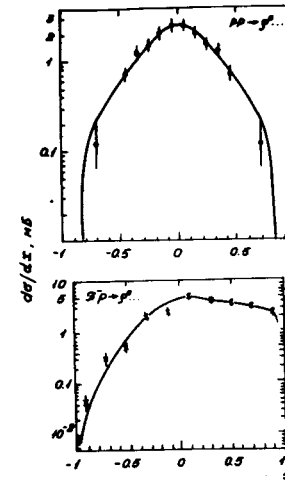


Рис.6. Инклюзивное $d\sigma/dx$ распределение для ρ^0 -мезонов в p - p столкновениях при $T=11$ ГэВ и π - p -столкновениях при $T=15$ ГэВ. Экспериментальные точки взяты из работ /9-II/.

Рис.7. Распределение по p_{\perp}^2 для ρ^0 -мезонов в p - p столкновениях при $T=11$ ГэВ и π - p столкновениях при $T=15$ ГэВ. Точки - эксперимент /9-II/.

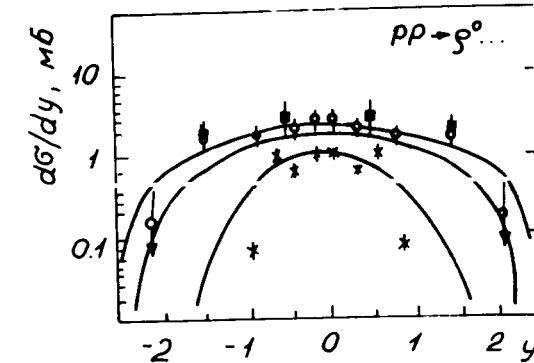


Рис.8. Распределение по быстрой $y=0.51 \ln \frac{E+E_n}{E-E_n}$ для ρ^0 -мезонов в p - p столкновениях. Значками $\times, \circ, \blacksquare$ нанесены экспериментальные точки /9/ соответственно для $T=11, 68, 200$ ГэВ.

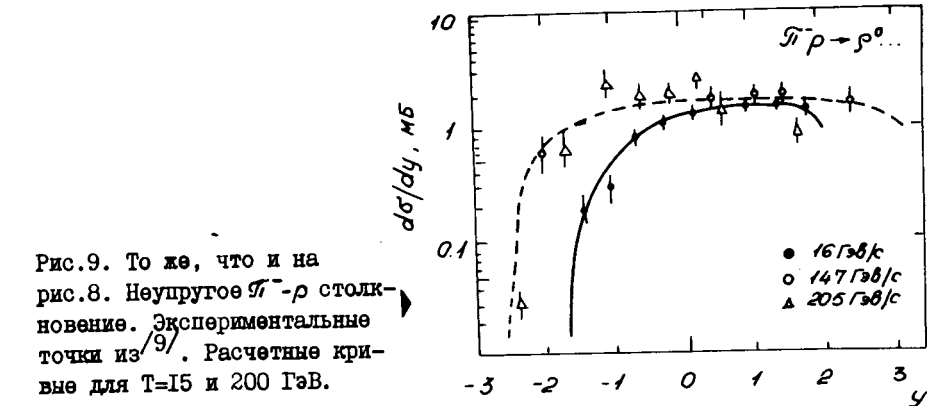


Рис.9. То же, что и на рис.8. Неупругое π - p столкновение. Экспериментальные точки из /9/. Расчетные кривые для $T=15$ и 200 ГэВ.

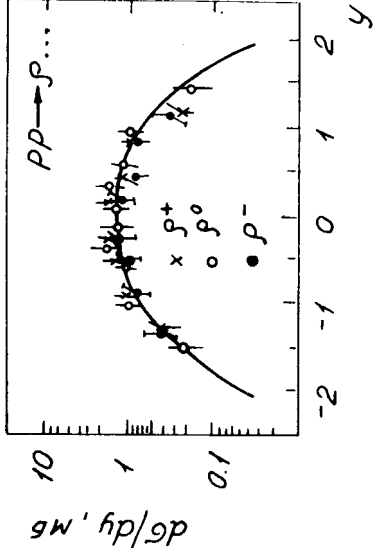


Рис. 10. Распределение по быстроте $y = 0.5 \ln \frac{E+p_z}{E-p_z}$ для p^+ , p^0 , p^- - мезонов в p-p столкновениях при $\sqrt{s} = 23$ ГэВ. Опытные данные из [6, 23].

Таблица 1
Значения коэффициентов для спектров "сохраняющихся" и "несохраняющихся" резонансных частиц, описываемых формулой (1) в области $|x| < 0.7$.

Реакция	Коэффициент										ν
	a	b	c	d	f	g	μ^2	u	v		
$X < 0.7 $	$pp \rightarrow \left\{ \begin{matrix} \Delta^+ \\ \Delta^0 \\ \Delta^{++} \end{matrix} \right\} \dots$	22.	0.	3.3	0.09	5.4	1.77	0.1	- 1.		
		I.	20.								
$X > -0.7$	$\pi^+ p \rightarrow \Delta^{++} \dots$	0.3	0.1	- 0.2	4.05	1.5	5.9	1.2	6.5	- 0.5	
		4.6	0.	4.4	0.07	5.1	1.4	3.2	- 0.5		
$X < 0.7$	$\pi p \rightarrow \left\{ \begin{matrix} p_{\text{сохр}} \\ p^0 \\ \omega \end{matrix} \right\} \dots$	0.95	0.8	- 0.04	5.4	0.25	1.0	0.65	- 0.025		
		0.5	0.5	0.15							

Таблица 2

Значения коэффициентов для спектров "сохраняющихся" и "несохраняющихся" резонансных частиц, описываемых формулой (1) в области $|x| \geq 0.7$

Однокровные для всех реакций	$x \geq 0.7 $					$x \leq -0.7$					$x \geq 0.7$						
	α_i	β_i	γ_i	R_i	G_i	α_i	β_i	γ_i	R_i	G_i	α_i	β_i	γ_i	R_i	G_i		
A	0	0	0	0.4	0.8	0.6	-0.7	1.5	-0.3	0.18	-0.9	0.6	-0.37	0.6	0.68	-0.1	
																	24,5; 1.2*
R	0	0	0	0.01	0.26	0.7	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	
																	4
α	0.4	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	
																	0.4
I	0	0	0	0.4	0.8	0.6	-0.7	1.5	-0.3	0.18	-0.9	0.6	-0.37	0.6	0.68	-0.1	
																	0.4
2	0	-0.5	0.85	0.003	-0.9	-	-	-	-	0.004	-0.75	0.001	-0.7	0.001	-0.67	0.001	-0.62
3	0.5	-0.5	1.5	-	-	-	-	3	0.4	8	4.6	4.	6.	4.	6.	4.	6.
4	0	-1.	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

***) для $pp \rightarrow \Delta^0 \dots$

****) для $pp \rightarrow \Delta^+ \dots$

Таблица 3

Значения коэффициентов для спектров "несограниченных" резонансных частиц, описываемых формулой (2)

Реакция Коефф.	-1 < x < 1		x > 0		x < 0
	$\rho \rho^0 \rightarrow \rho^+ \rho^- \rightarrow \rho^+ \rho^0 \dots$	$\rho^+ \rho^- \rightarrow \rho^+ \rho^- \dots$	$\rho^+ \rho^- \rightarrow \Delta^{++} \dots$	$\rho^+ \rho^- \rightarrow \Delta^{++} \dots$	$\rho \rho \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \rho_{\text{сomp}} \\ \rho^0 \\ \omega \end{array} \right\} \dots$
a	0.3	1.6	1.0	0.4	1.9 (1,6)
b	0.2	4.	3.	3.	3.
c	0.41	0.	0.	-0.07	0.
d	0.75	1.1	4.1	5.4	1.1
e	0.43	-0.11	-0.32	-0.37	-0.01
g	-3.0	-3.0	-2.	-1.	-3.
h	2.0 ± 0.2	5.	8.	7.	5.

ж) Коэффициент для реакции $\pi p \rightarrow \omega \dots$

Таблица 4

Сечения образования мезонных резонансов в $\pi^+ p$ столкновениях при $T = 15$ ГэВ

$\sigma_{\text{инкл.}}(\text{мб})$	Частица			
	ρ^0	ρ^+	ρ^-	ω
опыт /36/	4.8 ± 0.4	5.3 ± 0.9	2.3 ± 0.5	4.0 ± 0.7
расчет	4.95	5.43	2.2	3.94

Литература

1. Barasheńkov V.S., Slavin N.V. Acta Phys. Pol. B12, N6, p.563, 1981.
2. Barashenkov V.S., Slavin N.V. Acta Phys. Pol. B12, N10, p. 951, 1981.
3. Barashenkov V.S., Slavin N.V. Acta Phys. Pol. B12, N10, p.959, 1981.
4. Barashenkov V.S., Slavin N.V. Acta Phys. Pol. B14, N2, p.89, 1983.
5. Славин Н.В. ОИЯИ, В1-2-82-744, Дубна, 1982.
6. Гришин В.Г. Инклюзивные процессы в адронных взаимодействиях при высоких энергиях, Энергоиздат, М., 1982.
7. Аммосов В.В. и др. ИФВЭ, М-19, Серпухов, 1975, № 24, 1976, с.59.
8. Bartke J. et al. Nucl. Phys., B137, N3, p.189, 1978.
9. Вёскманн К. Процессы множественного рождения и инклюзивные реакции при высоких энергиях, Серпухов, 1977, с.38.
10. Вёскманн К. et al. Nucl. Phys. B166 N2, p. 278, 1980.
11. Karimäki V. et al. Report Univ. of Helsinki, HU - p - 189, Helsinki, 1980.
12. Brick D. et al. Phys. Rev. D21, p. 632, 1980.
13. Dao F.T. et al. Phys. Rev. Lett., 30, p. 34, 1973.
14. Brick D. et al. Phys. Rev. Lett. 31, p.488, 1973.
15. Barish S.J. et al. Phys. Rev. D12, p.1260, 1975.
De Brion J.P. et al. Phys. Rev. Lett. 34, p.910, 1975.

16. Lockman W. et al. Proc. of the XVIII Intern. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, 1976.
17. Ward D.R. et al. Nucl. Phys. B141, p. 203, 1978.
18. Лиходед А.К., Шляпников П.В. УЖН, т.124, 1978, с.3.
19. Blobel V. et al. Phys. Lett, B48, p.73, 1974.
20. Winkelmann F.C. et al. Phys. Lett, B56, p.101, 1975.
21. Deutschmann M. et al. Nucl. Phys. B103, p.426, 1976.
22. Singer R. et al. Phys. Lett, B60, p.385, 1976.
23. Böckmann K. et al. Nucl. Phys. B140, p.235, 1978.
24. Albrow M.G. et al. Nucl. Phys. B155, N1, p.39, 1979.
25. Higgins P.D. et al. Phys. Rev. D19, N1, p.65, 1979.
26. Suzuki A. et al. Lett. Nuovo Cim. 24, N13, p.449, 1979.
27. Kichimi H. et al. Phys. Rev., D20, N1, p.37, 1979.
28. Suzuki A. et al. KEK Preprint 80-3, 1980.
29. Schouten M. et al. Z. Phys. C9, p.93, 1981.
30. Drijard D. et al. Z. Phys. C9, p.293, 1981.
31. Bakken V. et al. Nuovo Cim. A70, N2, p.105; A72, N4, p.377, 1982.
32. Akesson T. et al. Nucl. Phys. B203, N1, p.27, 1982.
33. Bartke J. et al. Nucl. Phys. B107, N1, p.93, 1976.
34. Ангелов Н.С. и др. Труды XV Международной конференции по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976; ОИЯИ, PI-10616, Дубна, 1977.
35. Bartke J. et al. Nucl. Phys. B118, p.360, 1977.
36. Grässler H. et al. Nucl. Phys. B132, p.1, 1978.
37. Biswas N.N. et al. Phys. Rev. D16, p.2090, 1977.
38. Schmitz P. et al. Nucl. Phys. B137, p.13, 1978.
39. Brick D. et al. Phys. Rev. D18, N9, p.3099, 1978.
40. Barreiro F. et al. Phys. Rev. D17, N3, p.681, 1978.
41. Higgins P.D. et al. Phys. Rev. D19, p.731, 1979.
42. Ангелов Н.С., Гришин В.Г., Кватадзе Р.А. ЯФ, 33, вып.6, 1981, с.1539.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 сентября 1983 года

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
D1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D11-80-13	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
D4-80-271	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D4-80-385	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
дк-01-545	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D10,11-81-622	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D17-81-758	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-82-27	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
P18-82-117	Труды I Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D2-82-568	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
D9-82-664	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D3,4-82-704	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Амелин Н.С., Барашенков В.С., Славин Н.В. P2-83-656
Феноменологическая аппроксимация инклюзивных сечений рождения резонансных частиц в неупругих N-N и π -N столкновениях

На основе гипотезы масштабной инвариантности и модели полюсов Редже получены феноменологические выражения для дифференциальных одночастичных сечений образования барионных (Δ^+ , Δ^0 , Δ^{++}) и мезонных (ρ^+ , ρ^0 , ω) резонансов в неупругих N-N и π -N столкновениях при высоких энергиях. Эти выражения хорошо описывают известные экспериментальные данные в широкой области кинематических переменных примерно от 10 до нескольких тысяч ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Amelin N.S., Barashenkov V.S., Slavin N.N. P2-83-656
Phenomenological Approximation of the Inclusive Resonance Production Cross Section in Inelastic N-N and π -N Collisions

Using the considerations connected with the scaling hypothesis and the Regge pole model the phenomenological expressions for differential single-particle inclusive cross section of Δ -, ρ - and ω -resonances in inelastic N-N and π -N collisions at high energy are obtained. These expressions describe the known experimental data in a wide energy region from 10 to several thousand GeV.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой