

3/4-41

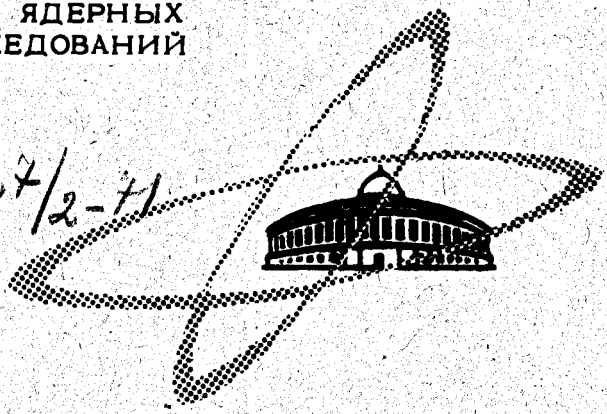
Д-82

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P2-5630

1327/2-71



О. В. Думбрайс

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА
ИЗОТОПИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ
В РЕАКЦИЯХ
С РОЖДЕНИЕМ ТРЕХ ЧАСТИЦ
И ВОЗМОЖНЫМ ОБМЕНОМ
ПОЛЮСОМ ПОМЕРАНЧУКА

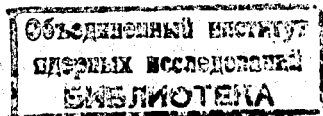
1971

P2-5630

О.В. Думбрайс

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА
ИЗОТОПИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ
В РЕАКЦИЯХ
С РОЖДЕНИЕМ ТРЕХ ЧАСТИЦ
И ВОЗМОЖНЫМ ОБМЕНОМ
ПОЛЮСОМ ПОМЕРАНЧУКА

Направлено в "Journal of Physics"



Думбрайс О.В.

P2-5630

Графический метод анализа изотопических соотношений в реакциях с рождением трех частиц и возможным обменом полюсом Померанчука

Применяется графический метод анализа изотопических соотношений между сечениями реакций с рождением трех частиц, в которых при высоких энергиях доминирующую роль может играть обмен полюсом Померанчука. В настоящее время из-за отсутствия достаточного количества экспериментальных данных по сечениям нельзя сделать общих заключений о справедливости гипотезы об обмене полюсом Померанчука.

**Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1971**

Dumbrais O.V.

P2-5630

Graphs for Studying Isotopic Relations in Reactions with Production of Three Particles and Possible Pomeranchuk Pole Exchange

Graphs are applied to the analysis of isotopic relations among cross sections for reactions with production of three particles and possible dominance of Pomeranchuk pole exchange at high energies. More experimental data are required to draw any general conclusions about the validity of this hypothesis.

**Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1971**

§1. Введение

Многие закономерности сильных процессов с рождением более чем двух частиц хорошо описываются динамическими моделями, основанными на представлении о мультiredжевском обмене ^{/1/}. Одной из основных концепций теории мультiredжевского обмена является гипотеза об обмене полюсом Померанчука. Несмотря на то, что в последнее время все очевиднее преобладает мнение о наличии такого обмена ^{/2/}, в целом роль полюса Померанчука в мультiredжевской схеме неясна. Поэтому исследование реакций, в которых в принципе возможен подобный обмен, представляет собой несомненный интерес. Этому вопросу посвящен ряд работ ^{/3-9/}.

В настоящей работе рассматриваются реакции, в которых рождаются три частицы. Эти реакции являются наиболее благоприятными для обмена полюсом Померанчука ^{/3/}.

Рассмотрим реакции типа:



При асимптотических энергиях ожидается, что диаграмма этой реакции будет иметь следующий вид (гипотеза об обмене полюсом Померанчука):

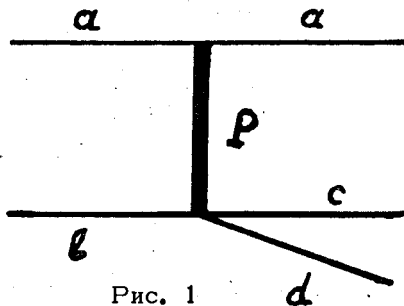


Рис. 1

В этом случае изотопспин подсистемы частиц (c , d) должен быть равен изотопспину исходной частицы b . Отсюда следуют простые соотношения ^{/3,8/} между различными изотопическими каналами реакций (1.1). Однако ясно, что при высоких, но не асимптотических энергиях, кроме рассмотренной диаграммы, в процесс (1.1) вносят вклад и другие диаграммы, приводящие к значению изотопспина (c , d), отличному от значения изотопспина частицы b . Поэтому более разумно ставить вопрос о зависимости от энергии величины отношения амплитуд, приводящих (c , d) в различные состояния изотопического спина. Для исследования этого вопроса очень удобен графический метод ^{/10/} анализа изотопических соотношений.

§2. Краткое описание метода

В случае наличия трех изотопически связанных процессов, амплитуды которых $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$ выражаются через две изотопические амплитуды A_1 , A_2 , всегда имеется "треугольное равенство":

$$\sum_{i=1}^3 \gamma_i A^{(i)} = 0, \quad (2.1)$$

где γ_i -некоторые действительные константы, выражающиеся через коэффициенты Клебша-Гордона. Из (2.1) следуют три обычные треугольные неравенства для $\gamma_1 \sqrt{\sigma^{(1)}}$, $\gamma_2 \sqrt{\sigma^{(2)}}$, $\gamma_3 \sqrt{\sigma^{(3)}}$. Если одно из них возвести в четвертую степень, то получается следующее неравенство:

$$\gamma_1^4 (\sigma^{(1)})^2 + \gamma_2^4 (\sigma^{(2)})^2 + \gamma_3^4 (\sigma^{(3)})^2 - 2\gamma_1^2 \gamma_2^2 \sigma^{(1)} \sigma^{(2)} -$$
(2.2)

$$- 2\gamma_1^2 \gamma_3^2 \sigma^{(1)} \sigma^{(3)} - 2\gamma_2^2 \gamma_3^2 \sigma^{(2)} \sigma^{(3)} \leq 0.$$

Отношения парциальных сечений к сумме всех трех сечений

$$y^{(i)} = \frac{\sigma^{(i)}}{\sum_{j=1}^3 \sigma^{(j)}} \quad (2.3)$$

связаны между собой следующим образом:

$$\sum_{i=1}^3 y^{(i)} = 1. \quad (2.4)$$

Это дает нам возможность использовать для анализа (2.4) треугольник, подобный диаграмме Далица. Действительно, $y^{(i)}$ могут быть представлены графически в виде расстояний до сторон равностороннего треугольника. Неравенство (2.2) (изотопинвариантность!) тогда эквивалентно условию, что точка должна находиться внутри эллипса, форма которого определяется константами γ_i . С практической точки зрения, однако, более удобно использовать вместо эллипса круг, который вписан в треугольник с высотами

$$h_i = D \Gamma^2 (\Gamma^2 - \gamma_i^2)^{-1}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.5)$$

где D — диаметр круга, а

$$\Gamma^2 = \gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2. \quad (2.6)$$

При этом физическая интерпретация $y^{(1)}$ (2.3) несколько усложняется:

$$y^{(1)} = \frac{h_1 \sigma^{(1)}}{\sum_{j=1}^3 \sigma^{(j)}} . \quad (2.7)$$

Зато появляется возможность ввести комплексную z - плоскость, где $z = 0$ совпадает с центром вписанного в треугольник круга, а уравнение $|z| = 1$ соответствует самому кругу. Реальная ось направлена к точке, где одна из изотопических амплитуд, например Λ_2 , равна нулю, мнимая ось ортогональна реальной оси и направлена к точке, где $\Lambda_1 = \Lambda_2$.

В явном виде:

$$\operatorname{Re} z = \frac{|\Lambda_1|^2 - |\Lambda_2|^2}{|\Lambda_1|^2 + |\Lambda_2|^2} , \quad (2.8)$$

$$\operatorname{Im} z = \frac{2 \operatorname{Re} \Lambda_1 \Lambda_2^*}{|\Lambda_1|^2 + |\Lambda_2|^2} . \quad (2.9)$$

Точка, полученная на основе экспериментальных данных о трех сечениях, на диаграмме однозначно определяет z . Таким образом, положение точки дает информацию об относительной величине амплитуд Λ_1 и Λ_2 и о величине интерференционного члена.

§3. Реакции $Kd \rightarrow KNN$ и $Nd \rightarrow NNN$

В этом случае $y_1 = y_2 = y_3 = 1$, $h_1 = h_2 = h_3 = 3/2$. (Здесь и далее $D = 1$). Соответствующая диаграмма изображена на рис. 2. В случае справедливости гипотезы о доминирующей роли полюса Пеме-

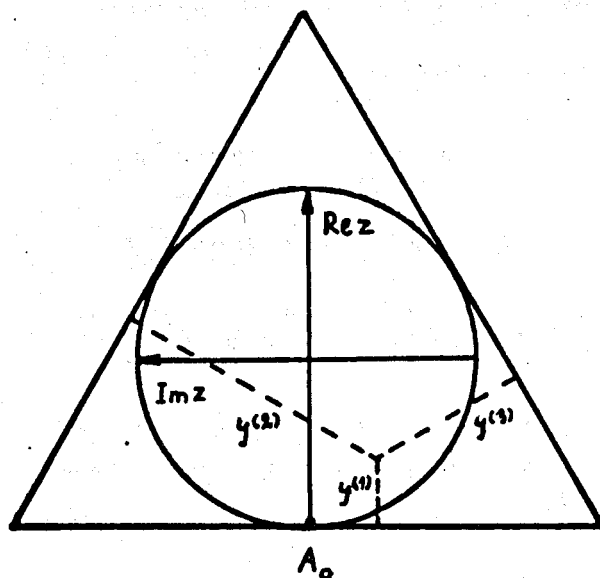


Рис. 2. Диаграмма для реакций $Kd \rightarrow KNN$ и $Nd \rightarrow NNN$.

ранчука при высоких энергиях точки, полученные на основе (2.7), должны были бы с ростом энергии стремиться к A_0 - точке, соответствующей наличию только одной изотопической амплитуды A_0 . К этому классу реакций относятся:

$$K^+d \rightarrow K^0 pp, \quad K^-d \rightarrow \bar{K}^0 nn, \quad pd \rightarrow npp, \quad (3.1)$$

$$K^+d \rightarrow K^+pn, \quad K^-d \rightarrow K^-np, \quad pd \rightarrow ppn, \quad (3.2)$$

$$K^+d \rightarrow K^+np, \quad K^-d \rightarrow K^-pn, \quad pd \rightarrow pnp. \quad (3.3)$$

84. Реакции $KN \rightarrow K\pi N$, $KN \rightarrow K\Sigma K$,

$NN \rightarrow N\pi N$, $NN \rightarrow N\Sigma K$ и $\pi d \rightarrow \pi NN$

Рассмотрим, например, реакции

$$K^+ p \rightarrow K^+ \pi^0 p, \quad pp \rightarrow p \Sigma^0 K^+, \quad pp \rightarrow p \pi^0 p, \quad (4.1)$$

$$K^+ p \rightarrow K^0 (\pi^+ p)^{x/}, \quad pp \rightarrow n \Sigma^+ K^+, \quad pp \rightarrow n (\pi^+ p)^{x/}, \quad (4.2)$$

$$K^+ p \rightarrow K^+ (\pi^+ n)^{x/}, \quad pp \rightarrow p \Sigma^+ K^0, \quad pp \rightarrow p (\pi^+ n)^{x/}. \quad (4.3)$$

Для этого случая $\gamma_1 = \sqrt{2}$, $\gamma_2 = \gamma_3 = 1$, $h_1 = 2$, $h_2 = h_{32} = 4/3$.
 Диаграмма приведена на рис. 3. На ней нанесены экспериментальные

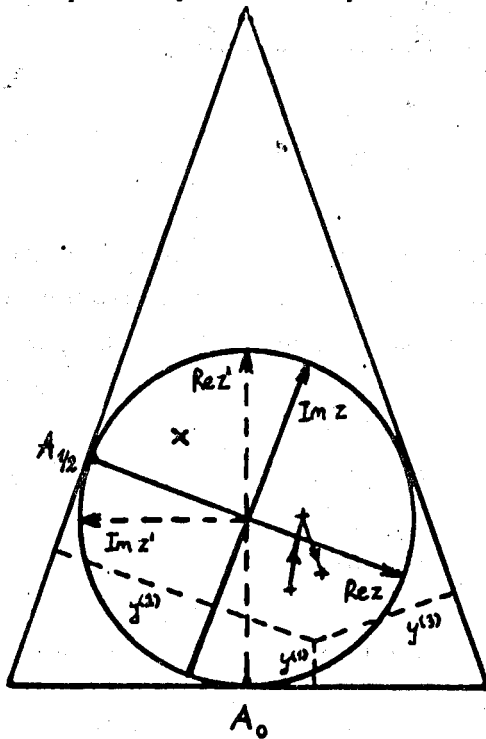


Рис. 3. Диаграмма для реакций $KN \rightarrow K\pi N$, $KN \rightarrow K\Sigma K$, $NN \rightarrow N\pi N$, $NN \rightarrow N\Sigma K$ и $\pi d \rightarrow \pi NN$. Плоскость z' соответствует реакции $\pi d \rightarrow \pi NN$.
 x - точка для $pp \rightarrow N\pi N$ при 19 ГэВ/с^{14/}; $+$ - точки для $pp \rightarrow N\Sigma K$ при 3,67 ГэВ/с^{11/}; 4,95 ГэВ/с^{12,13/} и 6,00 ГэВ/с^{14/}.

^{x/} Скобки означают, что π^+ и протон (нейтрон) летят в одну сторону. Об экспериментальной возможности разделения подобных каналов см. подробнее, например, в ^{14/}.

точки /11-14/ для реакций $pp \rightarrow N\pi N$, $K^+p \rightarrow K\pi N$ и $pp \rightarrow N\Sigma K$.

Точка $A_{1/2}$ соответствует наличию только амплитуды, приводящей систему $\pi N (\Sigma K)$ в состояние с изотопспином $1/2$.

§5. Реакции $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ и $\pi N \rightarrow \pi\Sigma K$

Примерами этих реакций являются:

$$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \Sigma^0 K^+ , \quad \pi^+ p \rightarrow \pi^+ (\pi^0 p)^{x/} , \quad (5.1)$$

$$\pi^+ p \rightarrow \pi^0 \Sigma^+ K^+ , \quad \pi^+ p \rightarrow \pi^0 (\pi^+ p)^{x/} , \quad (5.2)$$

$$\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \Sigma^+ K^0 , \quad \pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n . \quad (5.3)$$

В этом случае $\gamma_1 = \gamma_2 = \sqrt{2}$, $\gamma_3 = 1$, $h_1 = h_2 = 5/3$, $h_3 = 5/4$.
 Диаграмма приведена на рис. 4.

§6. Реакции $pp \rightarrow N\rho\Delta$, $pp \rightarrow N\pi\Delta$, $KN \rightarrow K\rho\Delta$ и $KN \rightarrow K\pi\Delta$

Рассмотрим, например,

$$pp \rightarrow n \rho^0 \Delta^{++} , \quad (6.1)$$

$$pp \rightarrow p \rho^- \Delta^{++} , \quad (6.2)$$

$$pp \rightarrow p \rho^0 \Delta^+ . \quad (6.3)$$

^{x/} Скобки означают, что π^0 и p , π^+ и p летят в одну сторону. Сравни с примечанием на стр. 8.

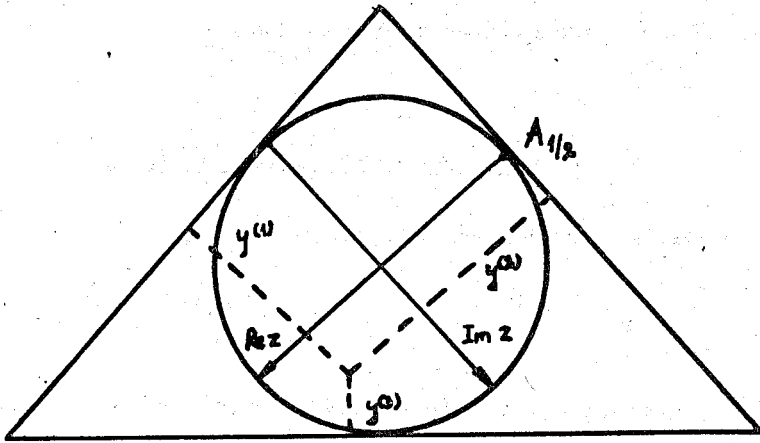


Рис. 4. Диаграмма для реакций $\pi N \rightarrow \pi \pi N$ и $\pi N \rightarrow \pi \Sigma K$.

Этот случай отличается от предыдущих тем, что имеются еще другие каналы ($pp \rightarrow p\pi^+\Delta^0$ и $pp \rightarrow p\pi^+\Delta^+$) рассматриваемых реакций, выражающиеся через $A_{1/2}$ и $A_{3/2}$. Это приводит к некоторым усложнениям при построении диаграммы. Не вдаваясь в подробности /10/, отметим, что в этом случае

$$y^{(1)} = \frac{10 \sigma^{(1)}}{3(3\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)} + 3\sigma^{(3)})}, \quad y^{(2)} = \frac{5 \sigma^{(2)}}{2(3\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)} + 3\sigma^{(3)})},$$

$$y^{(3)} = \frac{30 \sigma^{(3)}}{7(3\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)} + 3\sigma^{(3)})},$$

а отношение сторон треугольника соответствующей диаграммы на рис.5 равно 3:3:4; прямая, до которой измеряется расстояние $y^{(3)}$, делит пополам короткую сторону треугольника и отсекает одну треть длинной стороны.

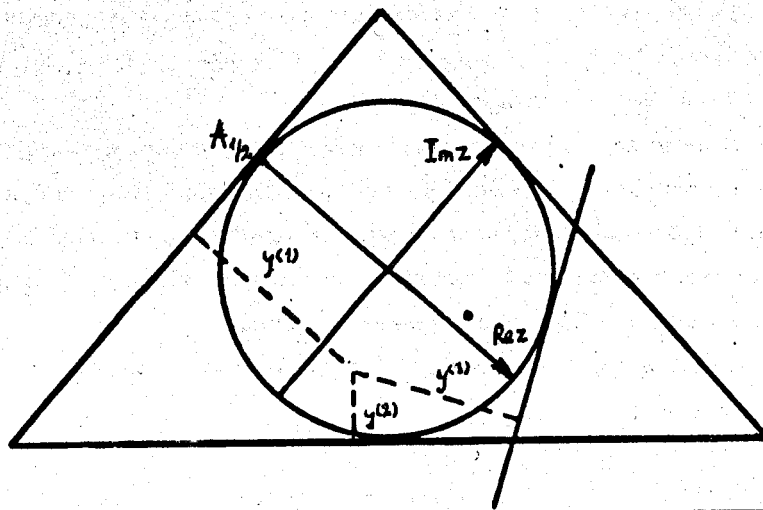


Рис. 5. Диаграмма для реакций $pp \rightarrow N'p \Delta$, $pp \rightarrow N \pi \Delta$, $KN \rightarrow K'p \Delta$ и $KN \rightarrow K \pi \Delta$. ● - точка для $pp \rightarrow N'p \Delta$ при 19 Гэв/с^{/15/}.

На диаграмме нанесена одна экспериментальная точка^{/15/} для реакции $pp \rightarrow N'p \Delta$ при 19 Гэв/с.

87. Обсуждение

К сожалению, большинство рассмотренных диаграмм остались пустыми, так как не существует экспериментальных данных по сечениям соответствующих процессов при высоких энергиях.

Положение точки для реакции $pp \rightarrow N \pi N$ при 19 Гэв/с (рис.3) явно указывает на преобладающую роль амплитуды $A_{1/2}$:

$|A_{1/2}|^2 / |A_{3/2}|^2 \approx 3$, что может быть проинтерпретировано как наличие значительного вклада диаграммы, соответствующей обмену полюсом Померанчука (рис. 1).

Несколько неожиданным является положение точки (рис. 5) для процесса $p p \rightarrow N p \Delta$ при 19 ГэВ/с, которое указывает на доминирующую роль амплитуды $A_{3/2}$: $|A_{1/2}|^2 / |A_{3/2}|^2 \approx \frac{1}{3}$, а не $A_{1/2}$, как можно было бы ожидать.

Надо надеяться, что в ближайшем будущем появятся измерения сечений рассмотренных реакций при высоких энергиях, можно будет "заполнить" диаграммы и сделать более определенные выводы о справедливости или несправедливости гипотезы об обмене полюсом Померанчука в мультиреджевской схеме при высоких энергиях.

Выражаю благодарность М.И. Подгорецкому за полезные замечания.

Л и т е р а т у р а

1. H.M.Chan Proc. 14 th Intern. Conf. on High Energy Physics, Vienna (1968), p. 391.
2. L. Van Hove. CERN^hPreprint TH. 1178 (1970).
3. H. Satz. Phys. Lett., 29B, 38 (1969).
4. H. Böggild et al., Phys. Lett., 30B, 369 (1969).
5. H. Satz. Nucl. Phys., B14, 366 (1969).
6. A. Bialas et al., Nucl. Phys., B11, 479 (1969).
7. S. Pokorski and H. Satz. Nucl. Phys., B19, 113 (1970).
8. О.В. Думбрайс. ЯФ, 12, 386 (1970).
9. K. Kajantie and S. Papageorgiou. Nucl. Phys., B22, 31 (1970).
10. N.A. Törnqvist. Phys. Rev., 161, 1581 (1967).
11. R.I. Louttit et al., Phys. Rev., 123, 1465 (1961).
12. E. Bierman et al., Phys. Rev., 147, 922 (1966).
13. I. Sondhi. Phys. Lett., 26B, 645 (1968).
14. W. Chinowsky et al., Phys. Rev., 165, 1466 (1968).
15. H. Böggild et al., Proc. of the Lund Intern. Conf. on El. Particles, Lund (1969), p. 178.

Рукопись поступила в издательский отдел