

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Д-450

Б.А.Шахбазян

АНАЛИЗ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
ПРОТОНА НА ПРОТОНЕ ПРИ 8,5 БЭВ

Дубна 1959 год

Д-450

Б.А.Шахбазян

526/5 mp.

АНАЛИЗ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
ПРОТОНА НА ПРОТОНЕ ПРИ 8,5 БЭВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

Выполнен фазовый анализ упругого рассеяния протона на протоне при 8,5 Бэв для модели чисто поглощающего нуклона с учетом взаимодействия спин-спин в приближении, использованном в работе /3/. Показано, что эта модель не объясняет результаты эксперимента.

Исследование упругого рассеяния протонов с энергией 8,5 Бэв на протонах показало, что дифференциальное сечение в системе центра масс не может быть согласовано с дифференциальным сечением, вычисленным по оптической модели чисто поглощающего нуклона /1/, /2/. Модель сферического однородного поглощающего и преломляющего нуклона с резкими границами удовлетворяет эксперименту при значениях оптического параметра $k = 1.5 \div 1.7 \cdot 10^{-13}$ см без учета спинов сталкивающихся нуклонов /2/.

Представляет интерес исследовать роль и величину вклада спиновых взаимодействий при упругом рассеянии протона на протоне при 8,5 Бэв. В простейшем виде это можно выполнить, предполагая фазы рассеяния чисто мнимыми и считая, что матрица реакции не зависит от полного момента количества движения J /3/.

Тогда различие в амплитудах рассеяния в синглетном и триплетном состояниях обязано спиновым взаимодействиям центрального характера, зависящим только от взаимной ориентации спинов нуклонов. В этих предположениях проведен фазовый анализ упругого рассеяния протона на протоне при 8,5 Бэв и

$$c_{\max} = 15.$$

Как и в /3/, попытаемся аппроксимировать экспериментальные точки кривую вида

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = (b^2 \omega^2 \theta + c^2) \left[\frac{1}{a^2 - \omega^2 \theta} - \frac{1}{a^2} \right]^2 \quad /1/$$

Связь между параметром a и верхними границами параметров b и c определяется условием^{1/}

$$0 \leq \eta_c \leq 1. \quad /2/$$

Согласно /3/

^{1/} В случае чисто мнимых фаз $\eta_l = e^{i2\delta_l}$; $\delta_l = i\chi_l$; $\chi_l \geq 0$

т. е. $0 \leq \eta_l = e^{-2\chi_l} \leq 1.$

$$\eta_l = 1 - 2k_0 Q_l''$$

$$Q_l'' = 2c \left[\frac{Q_l(a)}{a} - \frac{\delta_{l,0}}{a^2} \right] \quad l=0, 2, \dots, 14$$

/8/

$$\eta_l = 1 - \frac{2k_0}{\sqrt{3}} Q_l''$$

$$Q_l'' = 2b \left[Q_l(a) - \frac{\delta_{l,1}}{3a^2} \right] \quad l=1, 3, \dots, 15$$

k_0 - волновой вектор в системе центра масс. $Q_l(a)$ - функция Лежандра второго рода при значениях $a > 1$. Поскольку $Q_l(a)$ с возрастанием l , монотонно убывает, оставаясь при этом положительной, то условие /2/ прежде всего должно быть выполнено для $l = 0$ и $l = 1$ /функции $Q_{l=0+15}(a)$ всегда положительны/.

Найденные из этого условия b и c являются вместе с тем наибольшими из всех возможных, при данном a

$$c_{\max} \leq \frac{1}{4k_0 \left[\frac{Q_0(a)}{a} - \frac{1}{a^2} \right]}$$

/4/

$$b_{\max} \leq \frac{\sqrt{3}}{4k_0 \left[Q_1(a) - \frac{1}{3a^2} \right]}$$

Для каждого набора значений a, b, c /по /3/ вычислялись η_l и по /1/ $\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega}$, а также полные сечения упругого и неупругого взаимодействий по формулам

$$\sigma_{el} = \frac{\pi}{k_0^2} \sum_{l=0}^{15} (2l+1) Q_l'^2$$

$$\sigma_{it} = \frac{\pi}{4k_0^2} \sum_{\substack{l=0 \\ \text{неч}}}^{14} (2l+1) (1 - \eta_{l, \text{rem}}^2) + \frac{3\pi}{4k_0^2} \sum_{\substack{l=1 \\ \text{неч}}}^{15} (2l+1) (1 - \eta_{l, \text{неч}}^2).$$

/5/

На рис. 1 и 2 приведены значения σ_{et} и σ_{it} в зависимости от параметра a /и соответствующих ему значений b и c /. Из графиков следует, что лучше всего согласуется с экспериментальными значениями $\sigma_{et} = 8,8 \pm 0,8$ мб /2/ и $\sigma_{it} = 31$ мб /4/ набор параметров $a = 1.001$, $b = 1,73 \cdot 10^{-15}$ см, $c = 0,88 \cdot 10^{-15}$, при которых вычисленные значения составляют $\sigma_{et} = 8$ мб, $\sigma_{it} = 25,5$ мб и $\sigma_{it} = 33,5$ мб.

Однако, из рис. 3 следует, что ни один набор параметров / a, b, c /, в том числе и наилучшим образом удовлетворяющий экспериментальным значениям σ_{et} и σ_{it} , не удовлетворяет ходу дифференциального сечения в системе центра масс. Если же аппроксимировать экспериментальные точки кривую вида /1/ / $a = 1.01$ $b^2 = 41,7 \cdot 10^{-30}$ см²; $c^2 = 41,5 \cdot 10^{-30}$ см² /, то имеем $\eta_{e=0,24,6} < 0, |\eta_{e=0,24}| > 1$ и $\eta_{e=1,3} < 0$, что противоречит условию /2/. Для исследования влияния вида аппроксимирующей кривой был проведен фазовый анализ при помощи кривой вида

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \left[A^2 + B^2 \cos^2 \theta + c^2 \cos^4 \theta + D^2 \cos^6 \theta \right] \left[\frac{1}{a^2 - \cos^2 \theta} - \frac{1}{a^2} \right]^2 \quad /5/$$

$$c^2 = 2BD.$$

Тогда, условия /4/ примут вид

$$1 - \eta_{e_{rem}} = 4k_0 \left[\frac{Q_e(a)}{a} - \frac{\delta_{e,0}}{a^2} \right] A_{max} \leq 1 \quad /6/$$

$$1 - \eta_{e_{rem}} = \frac{4k_0}{\sqrt{3}} \left(\beta_{max} + a^2 \delta_{max} \right) \left[Q_{e_{rem}}(a) - \frac{2\delta_{e,1}}{3a^2} \right] - \frac{2k_0 \delta_{max}}{a^2 \sqrt{3}} \int_{-1}^1 x^3 P'_e(x) dx$$

Второй член в последнем неравенстве с возрастанием e убывает быстрее первого члена, так что $1 - \eta_{e_{rem}} > 0$ для всех $e = 1 \div 15$. Найденные из опыта коэффициенты $A = 3,38 \cdot 10^{-15}$ см, $B = 2 \cdot 10^{-15}$ см, $D = 8 \cdot 10^{-15}$ не удовлетворяют /6/ в противоречии с /2/.

Аналогичная ситуация имеет место и для аппроксимирующей кривой вида

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \alpha^2 \left(\frac{1}{a^2 \omega^2 \theta} - \frac{1}{a^2} \right)^2$$

/7/

$$\alpha = 8,68 \cdot 10^{-15} \text{ см.}$$

Таким образом, анализ позволяет утверждать, что результаты эксперимента ^{1,2/} невозможно описать моделью чисто поглощающего нуклона с учетом взаимодействия спин-спин в приближении ^{3/}.

Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую благодарность академику В.И.Векслеру за интерес к работе, П.К.Маркову, К.Д.Толстову, Э.Н.Цыганову, М.Г.Шафрановой, Р.М.Рыдину, Н.П.Клепикову, В.А.Шахбазяну за полезные дискуссии, а также коллективу сотрудников вычислительного бюро и машины "Урал" Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, принявших участие в вычислениях.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 декабря 1959 года.

Л и т е р а т у р а

1. В.Б. Любимов, П.К.Марков, Э.Н.Цыганов, Чжен Пу-ин, М.Г.Шафранова "Удругое рассеяние протона на протоне при энергии 8,5 Бэв". Препринт ОИЯИ.
2. П.К.Марков, Э.Н.Цыганов, М.Г.Шафранова, В.А.Шахбазян. Представлено на IX конференции по физике высоких энергий /доклад В.И.Векслера "Нуклон-нуклонное и пион-нуклонное взаимодействие"/.
3. D. Ito, S. Minami and H. Tanaka. Nuovo Cimento 8, 135, 1958.
4. Н.П.Богачев, С.А.Буятов, И.М.Граменицкий и др. "Взаимодействие протонов со свободными и квазисвободными нуклонами в фотоэмульсии". Препринт. Представлено на IX конференции по физике высоких энергий /доклад В.И.Векслера/.

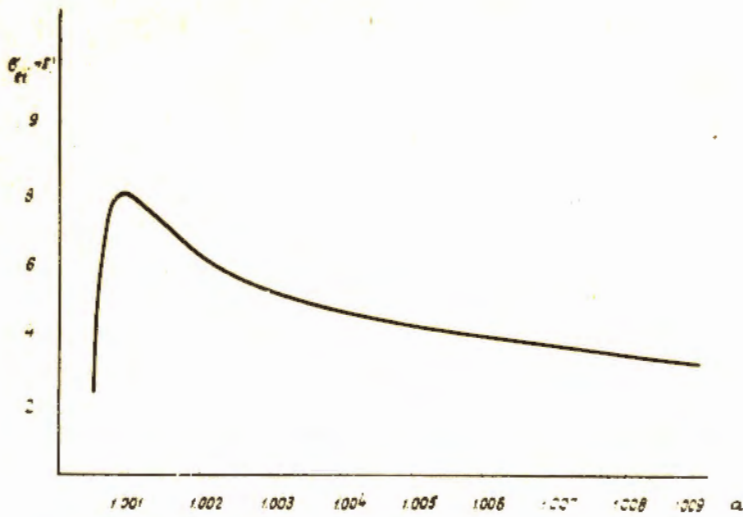


Рис. 1. Расчетные значения величины полного сечения упругого взаимодействия протона с протоном при 8,5 Бэв в зависимости от значений параметра a .

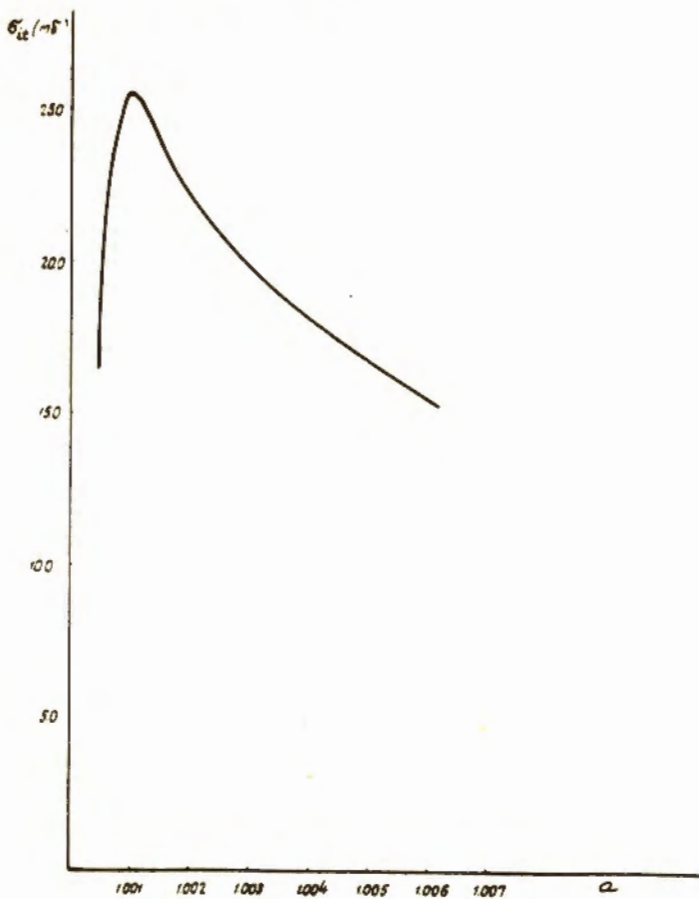


Рис. 2. Расчетные значения величины полного сечения неупругих взаимодействий протона с протоном при 8,5 Бэв в зависимости от значений параметра a .

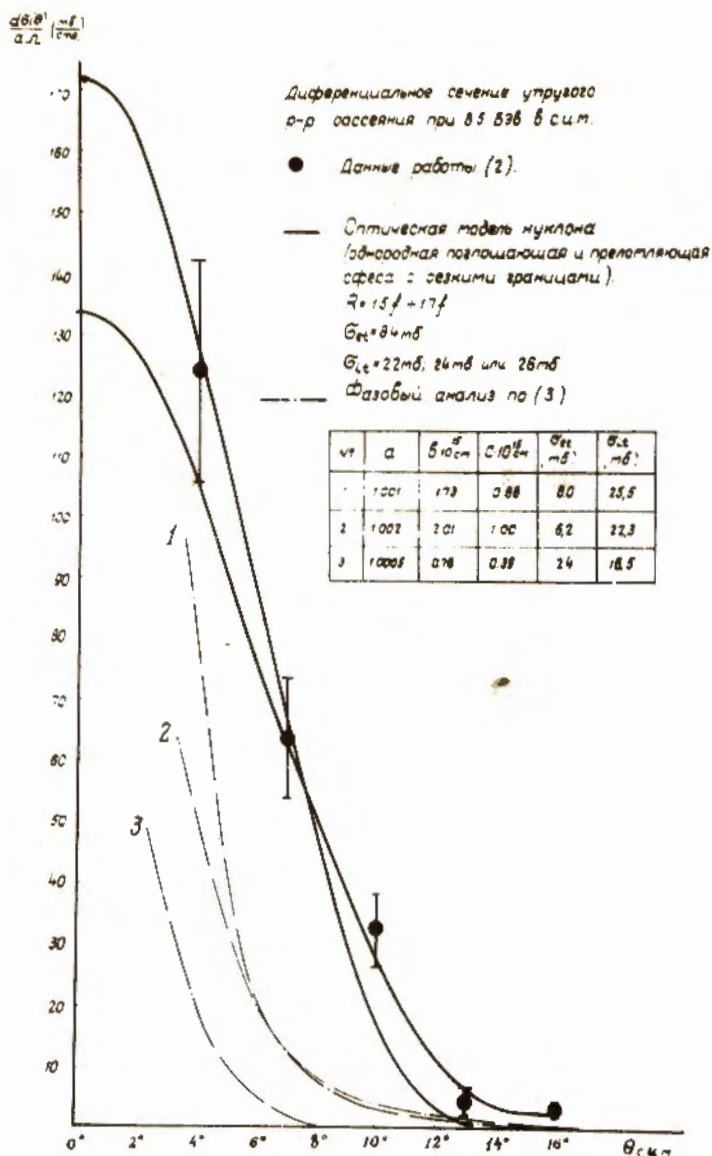


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные дифференциальные сечения упругого рассеяния протона на протоне при 8,5 Бэв в системе центра инерции.