Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 6

ФИЗИКА

Член-корреспондент АН СССР М. Г. МЕЩЕРЯКОВ,
Б. С. НЕГАНОВ, Л. М. СОРОКО и И. К. ВЗОРОВ

АНОМАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СЕЧЕНИЯ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПРОТОНОВ ПРОТОНАМИ В ОБЛАСТИ 460—660 МЭВ

Существующие опытные данные о рассеянии протонов протонами свидетельствуют о том, что дифференциальное сечение в системе центра масс слабо убывает с возрастанием энергии от 150 до 350 Мэв и практически остается постоянным в диапазоне углов рассеяния от 90° до $\sim 15°$ ([1-4]).

Эксперименты, выполненные в нашей лаборатории при еще больших энергиях ([5,6]), позволили обнаружить заметное изменение в свойствах (p — p)-рассеяния. Оказалось, что с увеличением энергии от 460 до 660 Мэв дифференциальное сечение для угла рассеяния 90° уменьшается от величины $3{,}5 \cdot 10^{-27}$ до $2{,}1 \cdot 10^{-27}$ см^2/стерад, а отношение дифференциальных сечений под углами 30 и 90° составляет $\frac{\sigma(30°)}{\sigma(90°)} = 1{,}14 \pm 0{,}06$ при $E = 460$ Мэв и $\frac{\sigma(30°)}{\sigma(90°)} = 2{,}7 \pm 0{,}2$ при $E = 660$ Мэв. Изменение сечения с углом было также обнаружено и при энергиях 429 и 435 Мэв ([7,8]).

Представляет интерес выяснить, каким образом с увеличением энергии от 460 до 660 Мэв изменяются свойства (p — p)-рассеяния. Чтобы получить ответ на этот вопрос, мы измерили в указанной области энергий дифференциальное сечение (p — p)-рассеяния для углов 30 и 90°. В опыте использовался выведенный из синхроциклотрона неполяризованный пучок протонов с энергией 660 Мэв. Получение протонов нужной энергии достигалось помещением перед коллиматором парафиновых поглотителей. Для того чтобы ослабить размытие пучка, обусловленное многократным рассеянием протонов в поглотителях, длина коллиматора была выбрана равной 320 см. Интенсивность пучка протонов контролировалась ионизационной камерой, наполненной аргоном. Наблюдение следов протонов в фотографических пластинках, чувствительных к частицам с минимальной ионизацией, позволило оценить возрастание тока ионизационной камеры из-за присутствия в пучке вторичных заряженных частиц. Величина этой поправки к значению тока составляет $\sim 1\%$.

Так же как и в ([5]), рассеянные протоны и протоны отдачи одновременно регистрировались при помощи сопряженных телескопов. В большей части опытов телесный угол, внутри которого наблюдались рассеянные протоны, был равен $4{,}37 \cdot 10^{-4}$ стерад. Угловое разрешение аппаратуры в системе центра масс составляло $\pm 2°$ для $\theta = 90°$ и $\pm 3{,}0°$ для $\theta = 30°$. При всех энергиях измерение дифференциальных сечений проводилось в строго идентичных условиях за исключением только того, что с изменением энергии первичных протонов приходилось слегка изменять углы Φ_1 и Φ_2, под которыми телескопы помещались на противоположных сторонах пучка. Эти углы находились из соотношения $\operatorname{ctg} \Phi_1, \operatorname{ctg} \Phi_2 = 1 + E/2Mc^2$. Для

определения числа совпадений, обусловленных упругим (p — p)-рассеянием, применялся обычный метод вычитания с использованием парафинового и графитового излучателей. Эффект от графитового излучателя, эквивалентного по числу ядер углерода парафиновому, составлял 5% числа совпадений от водорода. При обработке результатов измерений принимались во внимание рассеяние и поглощение первичных и рассеянных протонов в излучателе и в счетчиках (кристаллы толана). Путем сравнения результатов, полученных при разной интенсивности пучка, были найдены поправки на просчеты числа совпадений. Исключались также совпадения, вызванные частицами от реакции $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$.

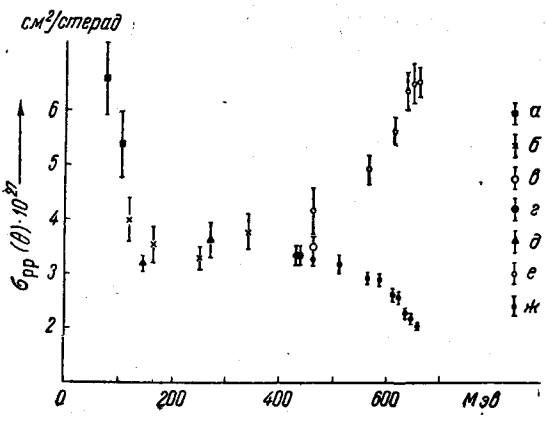


Рис. 1. Дифференциальное сечение для углов рассеяния 30 и 90° в зависимости от энергии падающих протонов. *а* — [1] — 90°, *б* — [2] — 90°, *в* — [5] — 90°, *г* — [7] — 90°, *д* — [8] — 90°, *е* — данная работа, 30°, *ж* — данная работа, 90°

Количественное влияние всех поправок на конечный результат не превышало 10%. Рассмотрение всех поправок и слабых аппаратурных эффектов, которые необходимо было учитывать при анализе экспериментальных данных, имеет особое значение, если учесть характер затруднений и помех, встречающихся в подобных экспериментах с частицами высоких энергий.

Статистическая ошибка измерений под углом 90° не превышает 3%. Рассмотрение всех других источников погрешностей показывает, что абсолютные значения дифференциальных сечений измерены с неопределенностью ~5% под углом 90° и ~8% под углом 30°.

Найденные в настоящих опытах дифференциальные сечения (p — p)-рассеяния для углов 30 и 90° приведены на рис. 1. Там же показаны ранее опубликованные данные для угла рассеяния 90° и энергий в области 75—460 Мэв. Из полученных данных видно, что дифференциальное сечение $\sigma(90°)$ для угла рассеяния 90° слабо изменяется с увеличением энергии от 460 до 560 Мэв. С дальнейшим возрастанием энергии величина $\sigma(90°)$ начинает все более резко убывать. Так, при изменении энергии от 610 до 657 Мэв величина $\sigma(90°)$ уменьшается от $2{,}63\cdot10^{-27}$ до $2{,}05\cdot10^{-27}$ см²/стерад. Что же касается дифференциального сечения для угла рассеяния 30°, то оно с увеличением энергии от 460 до 657 Мэв возрастает в ~1,6 раза. Значение отношения $\frac{\sigma(30°)}{\sigma(90°)}$, приведенное в табл. 1, также показывает, что отступление от изотропности (p — p)-рассеяния быстрее всего происходит в области 560—660 Мэв.

Заслуживает особого внимания то обстоятельство, что наблюдающаяся вплоть до 560 Мэв слабая зависимость величины $\sigma(90°)$ от энергии сменяется резким падением $\sigma(90°)$ именно в области 560—660 Мэв, которой соответствует полная кинетическая энергия в системе центра масс около 260—300 Мэв. Известно, что при этих энергиях сечение образования нейтральных π-мезонов γ-квантами на протонах, равно как и сечение рассеяния π-мезонов протонами, имеет широкий резонансного типа максимум. В один ряд с этими процессами, повидимому, следует поставить и упругое рассеяние протонов протонами. Немонотонное изменение сечений рассеяния и фото-

Таблица 1

Значения $\frac{\sigma(30°)}{\sigma(90°)}$ для (p—p)-рассеяния в интервале энергии от 460 до 660 Мэв

Энергия, Мэв	460	562	610	634	645	657
$\frac{\sigma(30°)}{\sigma(90°)}$	$1{,}26 \pm 0{,}15$	$1{,}67 \pm 0{,}15$	$2{,}16 \pm 0{,}15$	$2{,}77 \pm 0{,}20$	$2{,}97 \pm 0{,}25$	$3{,}20 \pm 0{,}20$

рождения мезонов на нуклонах феноменологически интерпретировалось при помощи предположения о существовании возбужденных состояний нуклонов, предсказываемых мезонной теорией в приближении сильной связи ([9–11]).

В рамках этих представлений обнаруженное в настоящих опытах резкое изменение $\sigma(90°)$ с энергией в области 560—660 Мэв можно рассматривать как указание на возникновение в тесных (p — p)-соударениях резонансного взаимодействия между протонами. При решении вопроса о справедливости этого предположения большое значение должны иметь опыты по определению в области 500—700 Мэв поведения сечений процессов образования положительных и нейтральных π-мезонов в (p — p)-соударениях.

Наблюдаемое сильное уменьшение дифференциального сечения рассеяния протонов протонами на большие углы при возрастании энергии от 460 до 660 Мэв может быть обусловлено дальнейшим возрастанием в этой области энергий сечений процессов образования π-мезонов. Действительно согласно имеющимся данным, полное сечение (p — p)-взаимодействия составляет $\sim 28 \cdot 10^{-27}$ см^2 при $E = 460$ Мэв и $\sim 41 \cdot 10^{-27}$ см^2 при $E = 660$ Мэв, тогда как полное сечение упругого рассеяния при этих энергиях равно, соответственно, $22 \cdot 10^{-27}$ см^2 и $23 \cdot 10^{-27}$ см^2 ([5,6]). Отсюда видно, что суммарный вклад процессов $p + p \to \pi^+ + n + p$, $p + p \to \pi^+ + d$ и $p + p \to \pi^0 + 2p$ в полное сечение (p — p)-взаимодействия возрастает с $\sim 20\%$ при 460 Мэв до $\sim 40\%$ при 660 Мэв, в то время как полное сечение упругого (p — p)-рассеяния в пределах ошибок эксперимента остается при этом постоянным. Тот факт, что с ростом сечений образования мезонов наступает все более сильное отклонение от изотропности упругого (p — p)-рассеяния, можно поэтому качественно понять, если принять во внимание, что неупругие процессы всегда сопровождаются анизотропным упругим рассеянием, сосредоточенным преимущественно в области малых углов.

Институт ядерных проблем
Академии наук СССР

Поступило
4 XI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] R. Birge, V. Kruse, N. Ramsay, Phys. Rev., **83**, 274 (1951). [2] O. Chamberlain, E. Segré, C. Wiegand, ibid., **83**, 923 (1951). [3] O. Towler, ibid., **85**, 1024 (1952). [4] C. Oxley, R. Schamberger, ibid., **85**, 416 (1952). [5] М. Мещеряков, Н. Богачев, Б. Неганов, Е. Пискарев, ДАН, **99**, № 6 (1954). [6] Н. Богачев, И. Взоров, ДАН, **99**, № 6 (1954). [7] W. Mott, R. Sutton, J. Fox, J. Kane, Phys. Rev., **90**, 712 (1953). [8] J. Marshall, L. Marshall, V. Nedzel, ibid., **92**, 834 (1953). [9] K. Brueckner, ibid., **86**, 106 (1952). [10] K. Brueckner, K. Watson, ibid., **86**, 923 (1952). [11] И. Тамм, Ю. Гольфанд, В. Файнберг, ЖЭТФ, **26**, 649 (1954).