

С357  
К-14

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

*На правах рукописи*

Ю. М. КАЗАРИНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ  
С ЭНЕРГИЯМИ 380 и 580 МЭВ  
ПРОТОНАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,  
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

*Москва—1956 г.*

АКАДЕМИЯ НАУК СССР ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Москва, Д-57, п/я 1326

=====

Институт ядерных проблем АН СССР направляет Вам для ознакомления автореферат кандидатской диссертации тов. Казаринова Ю. М. на тему "Исследование рассеяния нейтронов с энергиями 380 и 580 Мэв протонами".

Защита назначена на апрель месяц 1956 года.

Ваши замечания по автореферату просьба сообщить в адрес Института.

Зам. Директора Института ядерных  
проблем АН С С С Р

доктор физико-математических наук



В. П. ДЖЕЛЕПОВ

" 4 " марта 1956 года.

Исх. 544-699

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

*На правах рукописи*

Ю. М. КАЗАРИНОВ

C351

УС-14

ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ  
С ЭНЕРГИЯМИ 380 И 580 МЭВ  
ПРОТОНАМИ

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,  
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК



Москва — 1956 г.

## Введение

Развитие техники ускорения заряженных частиц сделало возможным проведение опытов по изучению рассеяния нуклонов нуклонами при энергиях, превышающих 100 Мэв. В этой области энергий длина волны де Бройля  $\lambda$ , соответствующая относительной скорости движения сталкивающихся нуклонов, меньше радиуса действия ядерных сил, и характер рассеяния в заметной степени определяется взаимодействием нуклонов в состояниях с высокими значениями орбитального момента  $l \gg 1$ . Особый интерес при этом приобретают опыты по рассеянию нейтронов протонами, благодаря тому, что  $(n-p)$  — рассеяние является единственным источником информации о взаимодействии двух нуклонов в состояниях системы с полным изотопическим спином  $T=0$ .

Первые же опыты по изучению  $(n-p)$  — столкновений, проведенные на высоких энергиях, дали ряд интересных сведений. Было обнаружено, например, что силы носят обменный характер. Причем оказалось, что при энергии нейтронов 90 Мэв<sup>1</sup> обычные и обменные силы дают вклад одного порядка. Таким образом, гипотеза о существовании обменных сил получила экспериментальное подтверждение.

За последние несколько лет были опубликованы результаты целого ряда экспериментов по исследованию  $(n-p)$  — столкновений при энергиях нуклонов вплоть до 400 Мэв<sup>2</sup>. Предлагаемая работа посвящена изучению упругого рассеяния нейтронов со средней энергией 380 и 580 Мэв протонами и является итогом исследований, проведенных в Институте ядерных проблем АН СССР в 1951—1955 гг. Диссертация состоит из 4-х разделов. Первые два раздела содержат сведения, полученные в опытах при энергии нейтронов 380 и 580 Мэв. В третьем разделе проводится обсуждение экспериментальных данных о рассеянии нуклонов нуклонами с точки зрения современных теоретических представлений. В четвертом разделе формулируются итоги работы и выводы.



## Метод измерения дифференциальных сечений упругого (n-p) — рассеяния и постановка опыта

Определение дифференциальных сечений (n-p) — рассеяния проводилось методом измерения рассеяния пучка нейтронов заданной энергии на мишени (рассеивателе) из водородосодержащего вещества. В силу известных методических трудностей, связанных с регистрацией рассеянных нейтронов, изучение углового распределения последних заменялось, как это делается обычно, исследованием углового распределения протонов отдачи. Такая замена возможна благодаря тому, что при упругих (n-p) — столкновениях каждому нейтрону, рассеянному на угол  $\theta$  (лаб. сист.) соответствует протон отдачи, вылетающий под углом  $\phi$  к направлению нейтронного пучка. Угол рассеяния  $\theta$  и угол отдачи  $\phi$  в силу законов сохранения энергии и импульса связаны однозначно.

Протоны отдачи, вылетающие из рассеивателя под углом  $\phi$  к направлению нейтронного пучка, регистрировались детектором. Эффект, создаваемый углеродом, присутствующим в рассеивателе из парафина, определялся измерением числа протонов отдачи, вылетающих в аналогичных условиях из рассеивателя, изготовленного из чистого графита, и вычитался. Разность в числе протонов отдачи  $N_p(\phi)$ , определенная таким образом, является результатом рассеяния нейтронов на протонах, содержащихся в рассеивателе. Нетрудно показать, что величина этой разности будет пропорциональна дифференциальному сечению рассеяния нейтронов протонами. Таким образом, измерения разности  $N_p(\phi)$  в области углов от  $0^\circ$  до  $70^\circ$  позволило определить дифференциальные сечения упругого рассеяния нейтронов протонами в относительных единицах для указанного интервала углов. Определение абсолютных сечений производилось нормировкой кривой к полному сечению упругого (n-p) — рассеяния. Величины полных сечений были определены на основании данных работ<sup>3, 4, 5</sup> и оказались для энергии 380 и 580 Мэв равными  $(34 \pm 2)$  и  $(26,0 \pm 3) \cdot 10^{-27}$  см<sup>2</sup>, соответственно.

Схема опыта представлена на рис. 1. Хорошо коллимированный пучок нейтронов падал на рассеиватель. Вылетающие при этом из рассеивателя протоны отдачи регистрировались телескопом из трех счетчиков (детектор). Контроль за изменением интенсивности пучка осуществлялся с помощью монитора, в качестве которого использовался либо телескоп, аналогичный детектору, либо висмутовая камера. Размеры измерительной установки обеспечивали угловое разрешение  $2 \div 3^\circ$ .

Нейтронный пучок, использованный в опытах, получался в результате обменного рассеяния протонов на бериллиевой мишени. При этом для получения нейтронов со средней энергией

$E_n = 380$  и  $580$  Мэв использовались протоны, ускоренные до энергий 460 и 680 Мэв, соответственно.

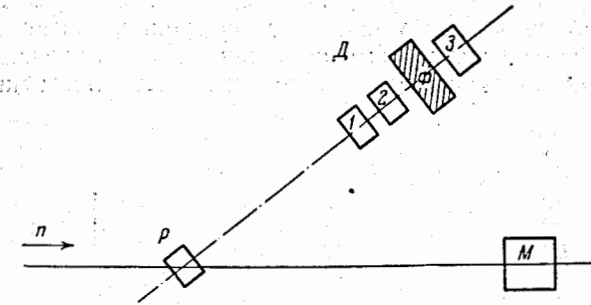


Рис. 1. Схема опыта

n — нейтронный пучок; p — рассеиватель; М — монитор; Д — детектор; 1, 2, 3 — сцинтилляционные счетчики; Ф — фильтр

Энергетическое распределение нейтронов в пучке имело максимум в первом случае при энергии 390 Мэв, во втором — при энергии 600 Мэв. Полуширина энергетического распределения в обоих случаях составляла примерно 130 Мэв.

В качестве рассеивателей были использованы диски из парафина и графита равной тормозной способности для протонов отдачи. Рассеиватели были подобраны таким образом, что при выбранных размерах эффект (число протонов отдачи) линейно зависел от толщины рассеивателя и наряду с этим получалось хорошее соотношение между эффектом и фоном.

Детектором протонов отдачи служила телескопическая система из трех счетчиков, включенных на совпадение. Энергетический порог детектора задавался медным или вольфрамовым фильтром, помещенным между вторым и третьим счетчиком телескопа. Толщина фильтра выбиралась таким образом, чтобы в опытах при энергии нейтронов 380 и 580 Мэв обеспечить порог детектора 300 и 450 Мэв, соответственно. Высокий энергетический порог детектора давал возможность исключить эффект, создаваемый нейтронами меньших энергий, которые в достаточно большом количестве присутствовали в пучке.

Для проведения первых опытов ( $E_n = 380$  Мэв) в телескопе использовались пропорциональные счетчики. При работе на высшей энергии ( $E_n = 580$  Мэв) пропорциональные счетчики были заменены сцинтилляционными.

## Результаты

Результаты измерений были исправлены на поглощение протонов в фильтрах. Кроме того, в данные, полученные при энер-

гии нейтронов 580 Мэв, были внесены поправки на примесь заряженных  $\pi$ -мезонов, которые наравне с протонами регистрировались детектором\*. Величины поправок определялись экспериментально. Полученные дифференциальные сечения были пересчитаны в систему координат, связанную с центром инерции сталкивающихся наклонов, и представлены на рис. 2.

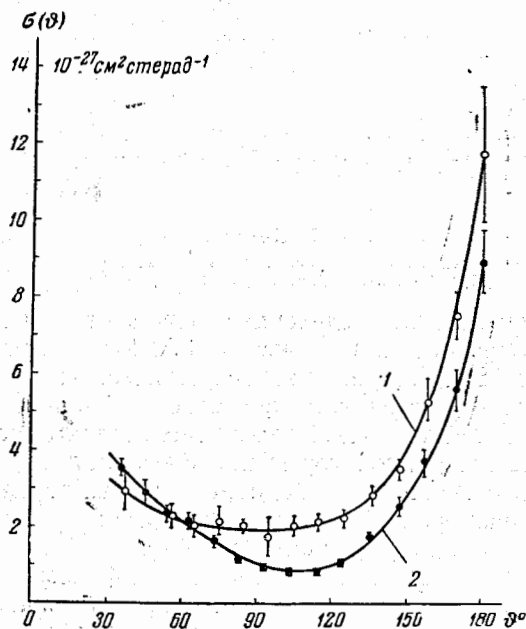


Рис. 2. Зависимость дифференциальных сечений рассеяния нейтронов протонами от угла рассеяния  
1— $E_n = 380$  Мэв; 2— $E_n = 580$  Мэв

На графике указаны стандартные статистические ошибки в определении углового распределения протонов отдачи. В эти ошибки не включены погрешность определения полного сечения и некоторая неопределенность в нормировке ( $\sim 10\%$ ) из-за отсутствия точных сведений о характере  $\sigma_{np}(\vartheta)$  в области  $\vartheta \leq 35^\circ$  (система ц. и.).

Характер полученных зависимостей  $\sigma_{np}(\vartheta)$  дает возможность утверждать, что в области энергий от 380 до 580 Мэв, так же как и при меньших энергиях взаимодействий нейтрона с протоном, существенную роль играют обменные силы. При этом

\* Оценки показали, что величина этой поправки при энергии нейтронов 380 Мэв мала, и потому экспериментальные данные в этом случае на примесь  $\pi$ -мезонов не исправлялись.

обменные и обычные силы в полное сечение упругого ( $p-p$ )—рассеяния дают вклад одного порядка. Результаты указывают также на то, что при увеличении энергии от 380 до 580 Мэв картина рассеяния существенно меняется. Так при энергии 580 Мэв асимметрия кривой  $\sigma_{np}(\vartheta)$  относительно угла  $\vartheta = 90^\circ$  становится заметной даже в области углов весьма близких к  $90^\circ$ . Анизотропия рассеяния увеличивается. Отношение сечений  $\sigma_{np}(180^\circ)/\sigma_{np}(90^\circ)$  составляет при энергиях 380 и 580 Мэв величину  $6 \pm 1,1$  и  $9 \pm 1,2$ , соответственно.

Анализ полученных данных и сравнение их с результатами экспериментов по рассеянию нуклонов нуклонами, проведенных в области энергий от 90 до 400 Мэв, позволяет сделать ряд заключений:

1. Совокупность известных экспериментальных данных о характере упругого рассеяния нуклонов нуклонами и характере поляризационных явлений не противоречит гипотезе изотопической инвариантности.

2. В области энергий нуклонов от 260 до 580 Мэв состояния ( $p-p$ ) системы с полным изотопическим спином  $T=0$  и  $T=1$  в дифференциальное сечение рассеяния на углы, близкие к  $90^\circ$ , дают вклад одного порядка. Это обстоятельство может указывать на то, что взаимодействие в обоих состояниях ( $T=0$  и  $T=1$ ) одинаково интенсивно. Следует заметить, однако, что убедительные доказательства этого предположения можно, по-видимому, получить только при проведении полного фазового анализа.

3. Вклад в рассеяние от интерференции волн, соответствующих состояниям  $T=1$  и  $T=0$ , существенно зависит от энергии. Так при энергии 90 Мэв, когда рассеяние описывается только  $S$ ,  $P$ , и  $D$  волнами, этот вклад практически отсутствует, и кривая  $\sigma_{np}(\vartheta)$  симметрична относительно угла  $\vartheta = 90^\circ$ . С повышением энергии роль интерференции возрастает, и кривая  $\sigma_{np}(\vartheta)$  становится заметно асимметричной. Таким образом, эта интерференция, по-видимому, есть результат взаимодействия нуклонов в состояниях с  $l > 2$ .

4. Отсутствие релятивитской теории рассеяния не дает возможность провести строгую интерпретацию полученных данных. Однако на основании существующих представлений по характеру угловых распределений  $\sigma_{np}(\vartheta)$  можно указать максимальное значение орбитального момента, соответствующего наивысшему состоянию, в котором при данной энергии осуществляется заметное взаимодействие. Это позволяет, воспользовавшись понятием прицельного параметра, весьма грубо оценить эффективные размеры области взаимодействия.

5. Вопреки изотропии ( $p-p$ )—рассеяния в области энергий 300–400 Мэв, зависимость от угла рассеяния той части диффе-

ренциального сечения  $\sigma_{\text{по}}(\theta)$ , которая соответствует интерференции волн  $T=1$  и  $T=0$ , а также величина интерференции указывают на то, что при упругих столкновениях протонов с протонами существенную роль в указанной области энергий играет взаимодействие в состояниях  $(p \rightarrow p)$  — системы с  $l > 2$ . В связи с этим возникают сомнения в правильности результатов работ, в которых при проведении фазового анализа в этой области энергий учитываются S, P и D волны<sup>6, 7</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. I. Hadley, E. Kelly, C. Leith, E. Segre, C. Wiegand and H. York Phys. Rev. 75, 351.
2. A. J. Hartzler and R. T. Siegel Phys. Rev. 95, 185.
3. В. П. Джелелов, Б. М. Головин, В. И. Сатаров ДАН (в печати).
4. В. П. Джелелов, В. И. Сатаров, Б. М. Головин ЖЭТФ, 29, 369.
5. В. П. Джелелов, В. Б. Флягин и К. О. Оганесян ЖЭТФ (в печати).
6. R. M. Thaler and I. Bengtson Phys. Rev. 94, 679.
7. C. A. Klein Nuovo Cimento 2, 38.



Подп. в печать 18/II-1956 г. Формат бум.  $60 \times 92 \frac{1}{16}$ . Бум. л. 0,25. Печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,5  
Тираж 135 экз. Т-01487. Тип. зак. 3065

2-я типография Издательства Академии наук СССР  
Москва, Шубинский пер., д. 10