

# Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 — 1971

УДК 539.17

Е. А. РОМАНОВСКИЙ, А. В. СПАССКИЙ, Т. И. СПАССКАЯ,  
И. Б. ТЕПЛОВ

## УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ ИЗОТОПАМИ ХРОМА И ВАНАДИЯ

Измерены угловые и энергетические зависимости упругого рассеяния протонов на изотопах хрома и ванадия в диапазоне энергии 2,8—6,3 Мэв.

В последние годы выполнено большое число работ по упругому рассеянию протонов на средних ядрах и проведен анализ полученных данных по оптической модели. Показано (см., например, [1]), что при  $E_p > 10$  Мэв угловые распределения упругого рассеяния и поляризации хорошо описываются с помощью усредненных параметров оптического потенциала, единых для всех ядер с  $A > 40$ . В то же время при меньших энергиях протонов использование усредненных параметров оптического потенциала для вычисления угловых распределений сечений упругого рассеяния не позволяет получить удовлетворительного согласия с экспериментальными распределениями [2]. Для этой области энергий существенным оказывается рассеяние с возбуждением уровней составного ядра, влияние  $(p, n)$  канала на канал упругого рассеяния.

В работе [3] с целью изучения особенностей взаимодействия протонов с  $E_p < 10$  Мэв со средними ядрами проведено изучение поляризации протонов при упругом рассеянии на ванадии, некоторых изотопах хрома, никеля и кобальте. Измеренные угловые распределения поляризации усреднялись по интервалам 300 и 600 кэв с целью погашения вкладов от интерференционных членов, связанных с возбуждением в составных ядрах аналоговых резонансов. Для последующего анализа по оптической модели таких усредненных угловых распределений поляризации необходимы данные по сечениям упругого рассеяния, измеренные с низким энергетическим разрешением.

Настоящая работа посвящена измерению угловых и энергетических распределений протонов при упругом рассеянии на  $^{50}\text{Cr}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Cr}$  и  $^{51}\text{V}$  в диапазоне энергий 2,8—6,3 Мэв. Ранее упругое рассеяние протонов ядрами Cr и V исследовалось при  $E_p = 3,5$ —6,4 Мэв [4],  $E_p = 5,4$  и 6,8 Мэв [5],  $E_p = 5,25$  Мэв [6] и  $E_p = 6,9$  Мэв [2].

Работа проводилась на 120-сантиметровом циклотроне НИИЯФ МГУ. Протоны, ускоренные до энергии 6,3 Мэв, фокусировались квадрупольными линзами, отклонялись на угол  $15^\circ$  и попадали в камеру рассеяния. Способ изменения энергии и схема расположения и пере-

мещения детектора описаны в работах [7]. Для регистрации рассеянных протонов использовался диффузионно-дрейфовый полупроводниковый детектор толщиной  $\sim 0,025$  мм. Угловое разрешение детектора составляло  $\sim 3^\circ$ .

В качестве мишеней использовались фольги из изотопов  $^{50}\text{Cr}$  (обогащение 87,7%),  $^{52}\text{Cr}$  (98,6%),  $^{53}\text{Cr}$  (92,8%),  $^{54}\text{Cr}$  (79,7%) и естественного  $^{51}\text{V}$  толщиной 1,4 мг/см<sup>2</sup>; 2,5 мг/см<sup>2</sup>; 2,16 мг/см<sup>2</sup>; 2,3 мг/см<sup>2</sup>; 1,4 мг/см<sup>2</sup> соответственно. На рис. 1 представлен типичный спектр протонов, ассянных яд ом  $^{50}\text{Cr}$  под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 160^\circ$ . Энергетически разброс протонов в мишени, связанный с немонохроматичностью ускоренного пучка протонов, статистическим характером потерь энергии в тормозящих фольгах и конечной толщиной мишени, составлял  $\sim 200$  кэв для  $E_p = 6,3$  Мэв и  $\sim 300$  кэв для  $E_p = 3$  Мэв. Для про-

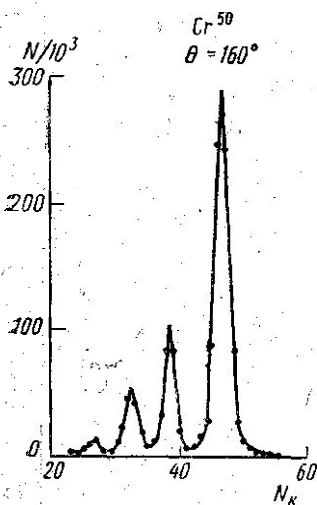


Рис. 1. Спектр протонов, рассеянных  $^{50}\text{Cr}$  под углом  $160^\circ$

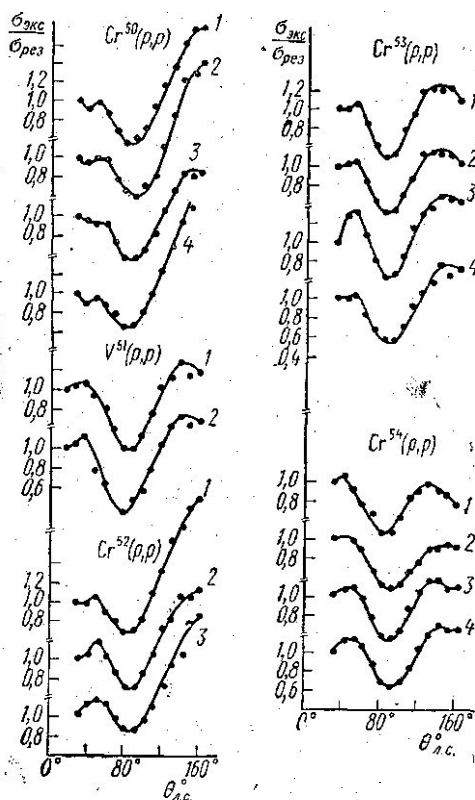


Рис. 2. Угловые зависимости  $\sigma(\theta)/\sigma_{\text{эл}}(\theta)$  для протонов, упруго рассеянных на ядрах. Для  $\text{Cr}^{50}$  (p, p): 1 — 6,25, 2 — 6,10, 3 — 5,96, 4 — 5,80 Мэв; для  $\text{Cr}^{53}$  (p, p) обозначения те же; для  $\text{V}^{51}$  (p, p): 1 — 6,25 и 2 — 5,96 Мэв; для  $\text{Cr}^{52}$  (p, p): 1 — 6,10; 2 — 5,96; 3 — 5,80 Мэв; для  $\text{Cr}^{54}$  (p, p): 1 — 6,25, 2 — 6,10, 3 — 5,96, 4 — 5,80 Мэв

верки аппаратуры проводились контрольные измерения с мишенью из золота. Измерялись угловые распределения и энергетические зависимости сечения упругого рассеяния протонов. В пределах 2% сечения укладывались на соответствующие резерфордские зависимости.

Дифференциальные сечения упругого рассеяния протонов на ядрах  $^{50}\text{Cr}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Cr}$ ,  $^{51}\text{V}$  для различных энергий протонов в интервале 5,8—6,25 Мэв представлены на рис. 2. Измерения проводились в интервале углов  $32$ — $162^\circ$ . Максимальная статистическая ошибка измерений составляла  $\sim 3\%$ .

Энергетические зависимости сечений упругого рассеяния протонов на этих же ядрах для углов рассеяния  $\theta_{\text{лаб}}=92^\circ$  и  $\theta_{\text{лаб}}=132^\circ$ , измеренные в интервале 3,0—6,3 Мэв, показаны на рис. 3.

Из рис. 2 видно, что для ядер  $^{50}\text{Cr}$  и  $^{52}\text{Cr}$  угловые распределения для всех энергий имеют одинаковую форму, однако отличаются несколько друг от друга величиной сечений. Функции возбуждения (см. рис. 3) для этих изотопов при  $\theta_{\text{лаб}}=132^\circ$  имеют немонотонный ход с энергией. Для ядер  $^{51}\text{V}$ ,  $^{53}\text{Cr}$  и  $^{54}\text{Cr}$ , как это было показано ранее (см., например, [5]), в области больших углов рассеяния не наблюдается увеличения сечения с ростом угла рассеяния. Функции возбуждения для  $^{51}\text{V}$  и  $^{54}\text{Cr}$  при  $\theta_{\text{лаб}}=92^\circ$  и  $132^\circ$  монотонно изменяются с энергией,

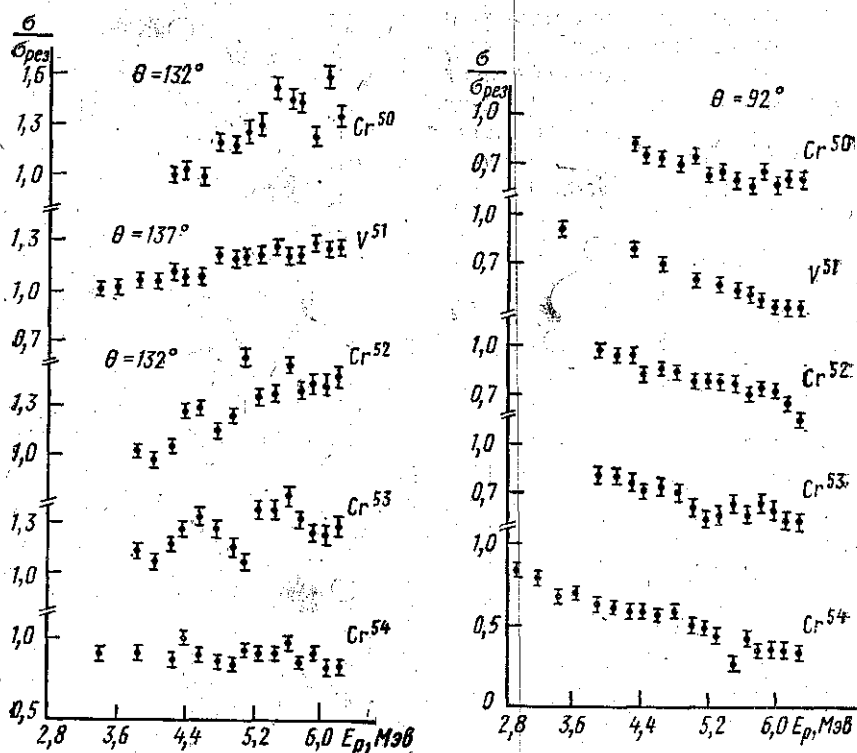


Рис. 3. Энергетические зависимости сечений упругого рассеяния протонов ядрами

для  $^{53}\text{Cr}$ , так же как и для  $^{50}\text{Cr}$  и  $^{52}\text{Cr}$  наблюдается существенная энергетическая зависимость сечений. Наиболее отчетливо это проявляется для  $\theta_{\text{лаб}}=132^\circ$ . Естественно предположить, что немонотонное изменение сечений упругого рассеяния под большими углами указывает на существенный вклад рассеяния с возбуждением в составных ядрах аналоговых состояний. Тот факт, что угловые распределения сечений упругого рассеяния, измеренные при  $5,8 < E_p < 6,3$  Мэв, слабо изменяют свою форму с энергией, а энергетические зависимости сечений в этом диапазоне энергий также не обнаруживают (кроме  $^{50}\text{Cr}$ ) сильных изменений с энергией, согласуется с результатами работы [3] по измерению поляризации протонов на ядрах  $^{51}\text{V}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ , в которой полученные распределения усреднялись по  $\Delta E=0,3$  и  $0,6$  Мэв.

В этой работе показано, что усредненные угловые распределения поляризации для этих ядер также слабо изменяются с энергией протонов. Это, вероятно, объясняется тем, что при рассеянии протонов с энер-

гией  $5,8 < E_p < 6,5$  Мэв на  $^{51}\text{V}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$  и при  $\Delta E \sim 0,3-0,6$  Мэв большинство эффектов, связанных с интерференцией вкладов в рассеяние от отдельных уровней составного ядра, с одной стороны, и с интерференцией сечений процессов через составное ядро и прямым механизмом рассеяния — с другой, в достаточной степени усредняются. Результирующие угловые распределения сечений упругого рассеяния представляют собой сумму сечений упругого рассеяния на ядерном потенциале и через возбуждение аналоговых состояний, а усредненные угловые распределения поляризации обязаны только оптической поляризации. Дальнейшие расчеты по оптической модели позволяют проверить правильность этого предположения.

В заключение авторы выражают благодарность А. П. Ключареву и В. Я. Головне за любезное предоставление мишеней из изотопов хрома, бригаде циклотрона за хорошую работу установки и Б. С. Галахматовой и Л. И. Никитиной за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Becchetti F. D., Greenlees G. W. Phys. Rev., 182, 1190, 1969.
2. Прокопченко В. С., Токаревский В. В., Щербин В. Н. «Изв. АН СССР», сер. физич., 34, 126, 1970.
3. Галахматова Б. С., Калачева З. Ф. и др. «Изв. АН СССР», сер. физич. (в печати).
4. Preskitt C. A., Alford W. P. Phys. Rev., 115, 389, 1959.
5. Вальтер А. К., Ключарев А. П. «Атомная энергия», 14, 48, 1963.
6. Bromley S., Wall N. Phys. Rev., 102, 1560, 1956.
7. Теплов И. Б., Фатеева Л. Н. ЖЭТФ, 48, 385, 1965; Теплов И. Б., Зазулин В. С., Фатеева Л. Н. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., 6, 3, 1963.

Поступила в редакцию  
19.6 1970 г.

НИИЯФ