

11  
1-39

23

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P - 422

Ю.К. Акимов, О.В. Савченко, Л.М. Сороко

РЕАКЦИЯ  $d+d \rightarrow \pi^0 + He^4$   
ПРИ ЭНЕРГИИ ДЕЙТРОНОВ 400 МЭВ  
*неЭТФ, 1960, т 38, в 1, с 304-306.*

P - 422

Ю.К. Акимов, О.В. Савченко, Л.М. Сороко

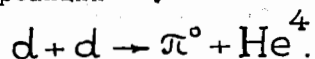
493/3

РЕАКЦИЯ  $d+d \rightarrow \pi^0 + He^4$   
ПРИ ЭНЕРГИИ ДЕЙТРОНОВ 400 МЭВ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

До настоящего времени все экспериментальные исследования по проверке принципа зарядовой инвариантности в процессах образования  $\pi$ -мезонов проводились путем сравнения двух зарядово-сопряженных реакций, сечения которых при сохранении полного изотопического спина должны находиться в определенном соотношении. Это относится к реакциям  $p+p \rightarrow d+\pi^+$  и  $n+p \rightarrow d+\pi^0$ , изученным при энергиях 400 Мэв<sup>/1,2/</sup> и 600 Мэв<sup>/3,4/</sup>, а также к реакциям  $p+d \rightarrow t+\pi^+$  и  $p+d \rightarrow He^3+\pi^0$ , которые сравнивались при энергиях 340 Мэв<sup>/5/</sup>, 450 Мэв<sup>/6/</sup> и 600 Мэв<sup>/7/</sup>.

Однако более прямой метод проверки принципа зарядовой инвариантности, свободный от каких-либо систематических ошибок, состоит в установлении степени запрета, вытекающего из сохранения изотопического спина в процессах образования мезонов. Так, например, запрет, обусловленный этой причиной, должен иметь место в реакции<sup>/8/</sup>.



/1/

Указанный процесс позволяет также произвести проверку гипотезы существования изотопически скалярного  $\pi^0$ -мезона, выдвинутой А.М. Балдиным<sup>/9/</sup> для устранения противоречий между данными по фоторождению  $\pi$ -мезонов вблизи порога и соотношением Пановского.

В работе приводятся первые данные об этой реакции, полученные на синхроциклотроне Лаборатории ядерных реакций при энергии дейтронов 400 Мэв. Измерения проводились на выведенном пучке дейтронов с интенсивностью около  $3 \cdot 10^{10}$  сек<sup>-1</sup>. Вторичные заряженные частицы, образованные в мишенях из тяжелого полиэтилена и углерода, выделялись латунным коллиматором, расположенным под углом  $5,6^\circ$  по отношению к пучку дейтронов, отклонялись магнитным полем на угол  $27^\circ$ , проходили через стальной коллиматор в защитной бетонной стене и регистрировались телескопом, составленным из шести сцинтилляционных счетчиков /рис.1/. Идентификация заряженных частиц, выбиваемых из мишени, производилась по эффективному импульсу, удельной ионизации и пробегу. Отбор частиц с определенным импульсом проводился с помощью электромагнита, полюсам которого была придана специальная форма для улучшения разрешающей способности. Разделение частиц по величине удельной ионизации

осуществлялось независимо в каждом из пяти первых счетчиков телескопа. Такой метод <sup>/10/</sup> позволял надежно выделять редкие процессы испускания частиц с высокой ионизацией на фоне постороннего излучения с меньшей ионизацией. Величина пробега частиц задавалась тормозящими фильтрами, помещенными перед пятым и шестым счетчиками телескопа, последний из которых включался на антисовпадения с первыми пятью для выделения частиц в заданном интервале пробега. В первых пяти счетчиках телескопа были использованы сцинтилляторы в виде пленок толщиной 0,5 мм, обеспечивающие регистрацию  $\alpha$  - частиц, начиная с энергии 80 Мэв. Калибровка шкалы дискриминатора производилась на пучке  $\alpha$  - частиц с энергиями 800, 700, 460 и 370 Мэв. Общий контроль аппаратуры и калибровка шкалы тока электромагнита в единицах Мэв/с производились путем регистрации ядер  $He^3$  от реакции  $d+d \rightarrow He^3+n$ . На рис. 2 приведен спектр масс частиц с эффективным импульсом  $\frac{p}{\Sigma} = 730$  Мэв/с, испущенных под углом  $5,6^\circ$  в лабораторной системе координат от мишени из тяжелого полиэтилена. На рис. 3 показана счетная характеристика телескопа в зависимости от порога дискриминатора, а также кривая выхода ядер  $He^3$  в зависимости от тока в отклоняющем электромагните для мишени из тяжелого полиэтилена и разность  $CD_2-C$ , соответствующая реакции  $d+d \rightarrow He^3+n$ . Аналогичным образом на мишени из тяжелого полиэтилена был измерен выход  $\alpha$ -частиц с эффективным импульсом 635 Мэв/с, соответствующим вылету  $\alpha$ -частиц от реакции /1/ для угла  $5,6^\circ$  в лабораторной системе, которому соответствует, примерно, изотропический угол в системе центра масс /рис.4/. На рис. 5 и 6 показаны условия регистрации этих  $\alpha$ -частиц по величине удельной ионизации, пробегу и току. Определение абсолютных сечений было произведено в тех же условиях путем регистрации дейтронов от реакции  $p+p \rightarrow d+\pi^+$ , сечение которой в настоящее время хорошо известно <sup>/11/</sup>. На рис. 7 показана счетная характеристика телескопа при регистрации дейтронов от этой реакции. Из результатов первых измерений следует, что с достоверностью 90% полное сечение реакции /1/

$$\sigma_+(d+d \rightarrow \pi^0 + He^4) < 1 \cdot 10^{-31} \text{ см}^2.$$

Полученная оценка показывает, что сечение реакции /1/ лишь в несколько раз превышает сечение электромагнитного процесса  $d+d \rightarrow \gamma + He^4$ ,

которое, согласно данным по обратной реакции  $\gamma + \text{He}^4 \rightarrow d + d$  /12/, составляет около  $10^{-32} \text{ см}^2$ , в то время как при отсутствии запрета в реакции /1/ сечения этих двух процессов могут отличаться в  $10^2$  раз.

Поскольку в условиях данных экспериментов могли также регистрироваться  $\alpha$ -частицы от реакции  $d + d \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$ , в которой происходит образование изотопически скалярного  $\pi^0$ -мезона, то полученную оценку полного сечения для реакции /1/ следует рассматривать как указание на то, что изотопически скалярного  $\pi^0$ -мезона с массой в интервале  $/135_{-35}^{+15} \text{ Мэв}$  не существует.

В работе было измерено также дифференциальное сечение реакции  $d + d \rightarrow \text{He}^3 + n$  для угла  $5,3^\circ$  в лабораторной системе, которое в системе центра масс равняется  $\frac{d\sigma}{d\Omega} /15,5^\circ/ = /3,8 \pm 0,5/ \cdot 10^{-29} \text{ см}^2 / \text{стерад}$ .

В дальнейших экспериментах с использованием разработанной аппаратуры и мишени из жидкого дейтерия, по-видимому, удастся продвинуться при оценке верхней границы сечения реакции /1/ по крайней мере на порядок и тем самым произвести прямое сравнение реакций  $d + d \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$  и  $d + d \rightarrow \gamma + \text{He}^4$  в одинаковых условиях.

Рукопись поступила в издательский отдел 26 октября 1959 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. A. Rosenfeld, Phys. Rev., 96, 139, 1954.
2. R. Hildebrand, Phys. Rev. 89, 1090, 1953.
3. Cn. Cohn, Phys. Rev., 105, 1582, 1957.
4. Флягин В.Б., Желепов В.П., Киселев В.С., Оганесян К.О., ЖЭТФ, 35, 854, 1958.
5. K. Bandtel, W. Frank, and B. Moyer, Phys. Rev., 106, 802, 1957.

6. A. Crewe, E. Garwin, B. Ledley, E. Lillethun, R. March, and S. Marcowitz, Phys. Rev. Letters, 2, 269, 1959.
7. D. Harting, J. C. Kluyver, A. Kusumegi, R. Rigopoulos, A. M. Sacks, G. Tibell, G. Vanderhaeghe, and G. Weber, Phys. Rev. Letters, 3, 52, 1959.
8. Липидус Л.И. ЖЭТФ, 31, 865, 1958.
9. Балдин А. и Кабир П. ДАН СССР, 122, 361, 1958.
10. Акимов Ю.К., Комаров Е.И., Савченко О.В., Сороко Л.М. ПТЭ /в печати/.
11. М.Г. Мещеряков, Б.С. Неганов. ДАН, СССР, 100, 677 /1955/.
12. А.Н. Горбунов, В.М. Спиридонов. ЖЭТФ, 33, 21, 1957.

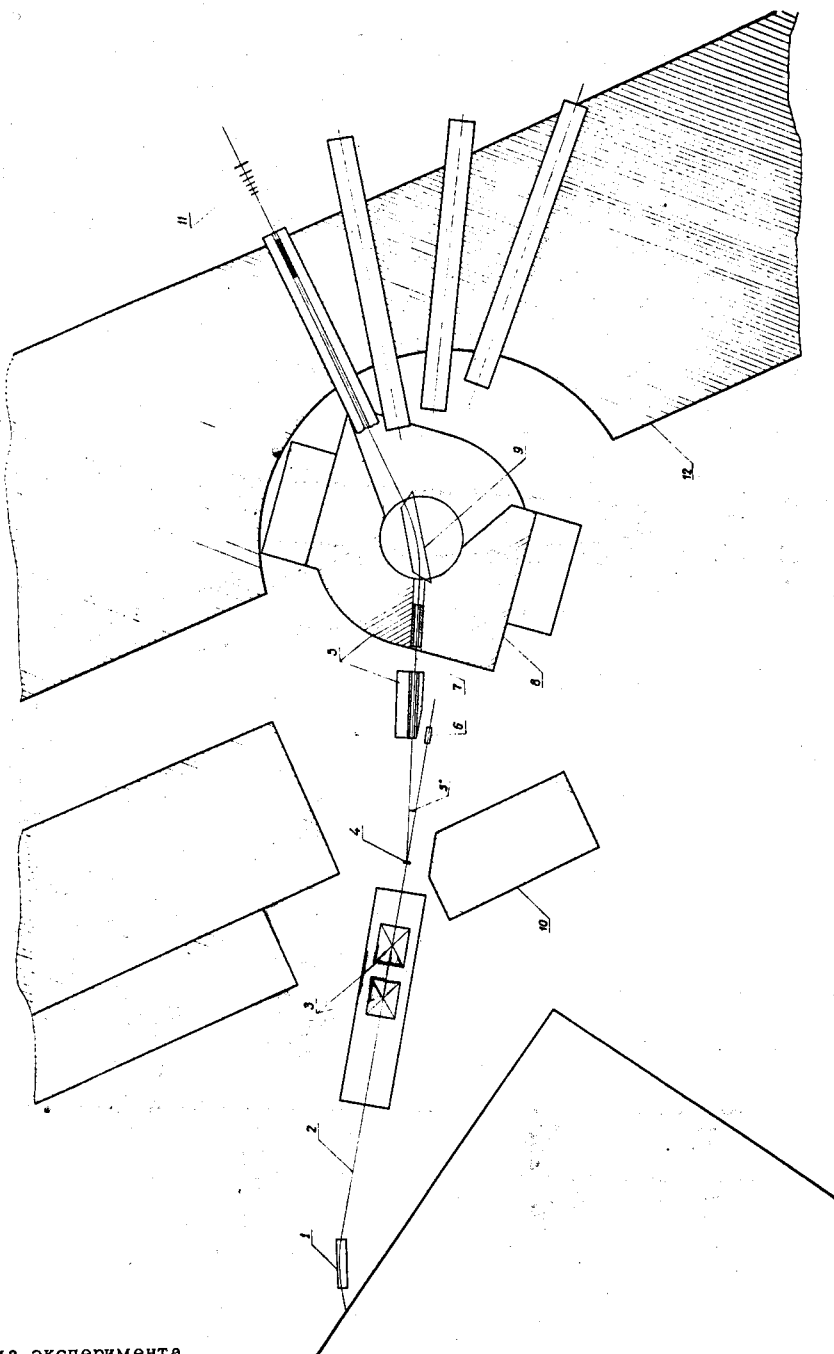


Рис. 1. Схема эксперимента.  
1 - отклоняющие насадки, 2 - неполяризованный пучок дейтронов, 3 - магнитные квадрупольные линзы, 4 - мишень из тяжелого полиэтилена или углерода, 5 - свинцовая защита, 6 - монитор, 7 - траектория вторичных заряженных частиц, 8 - отклоняющий электромагнит, 9 - фокусирующая насадка, 10 - бетонная защита, 11 - телескоп из шести сцинтилляционных счетчиков, 12 - защитная стена.

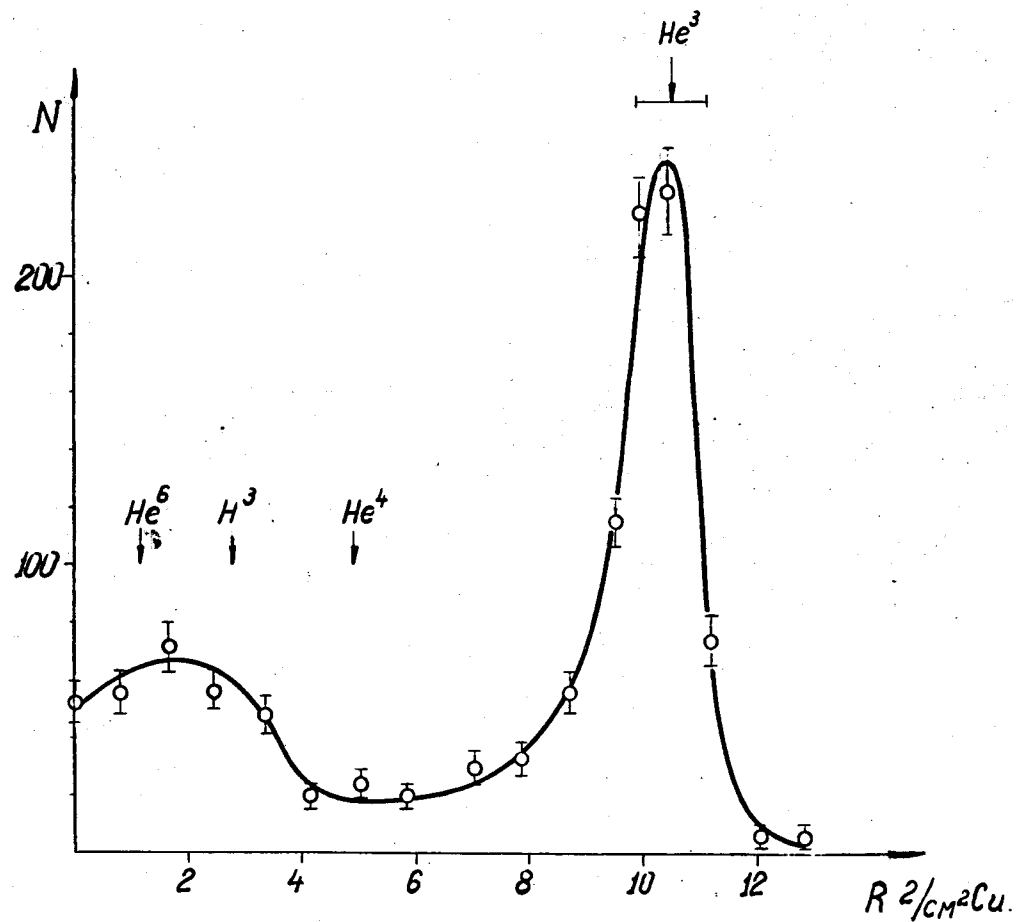


Рис. 2. Спектр масс частиц от соударений  $\text{CD}_2 - \text{C}$ , испущенных под углом  $5,6^\circ$  в лабораторной системе координат. Стрелками указаны расчетные значения средних пробегов различных частиц.



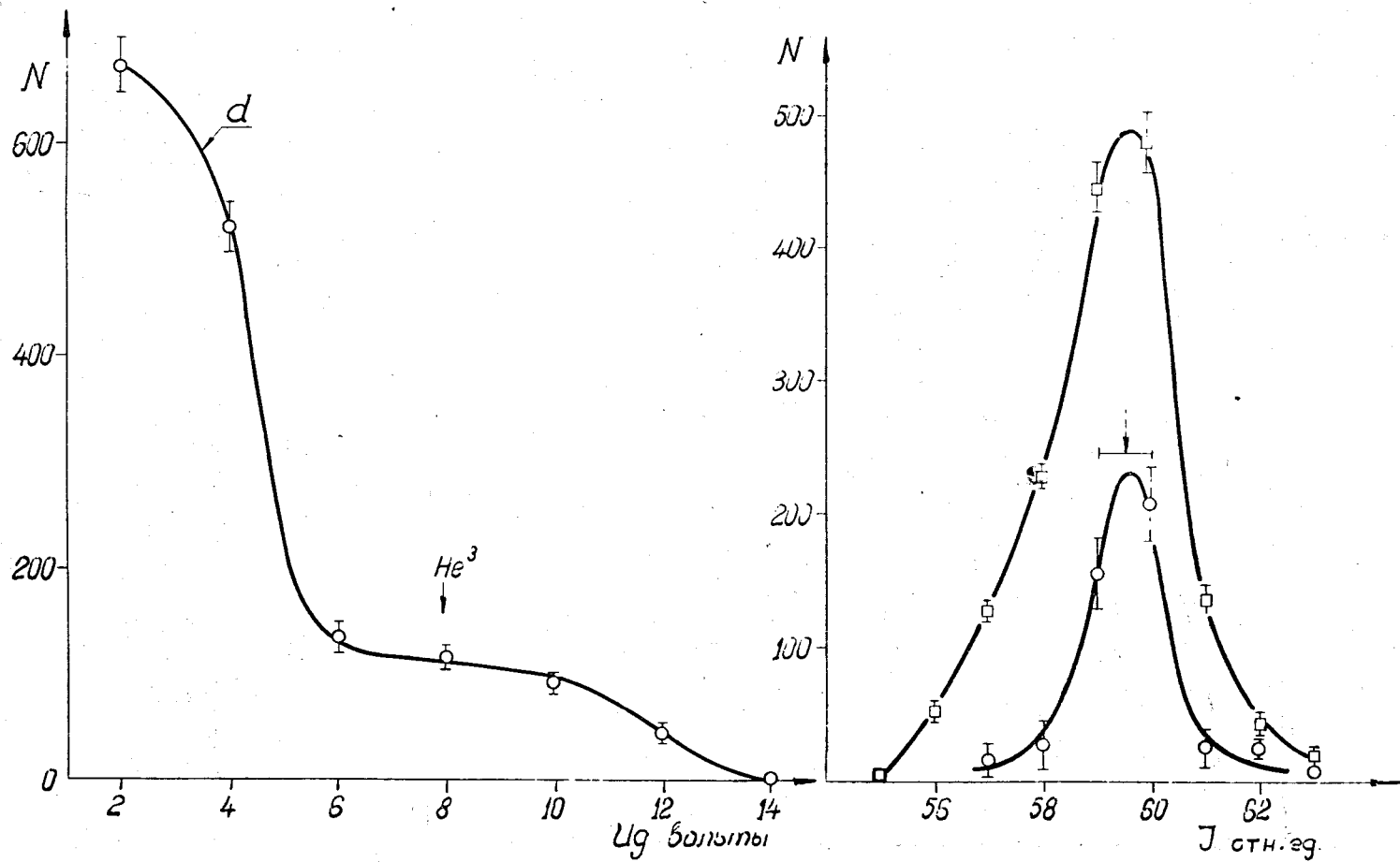


Рис. 3. Счетная характеристика телескопа с включенным счетчиком антисовпадений при толщине поглотителя  $10,5 \text{ г/см}^2 \text{ Cu}$  в зависимости от порога дискриминатора при регистрации ядер  $He^3$  от  $d+CD_2$  соударений и выход ядер  $He^3$  в зависимости от тока электромагнита;  $\square$  - от мишени из тяжелого полиэтилена;  $\circ$  - разность  $CD_2 - C$ . Стрелкой указано расчетное значение положения пика ядер  $He^3$  от реакции  $d+d \rightarrow He^3+n$ .

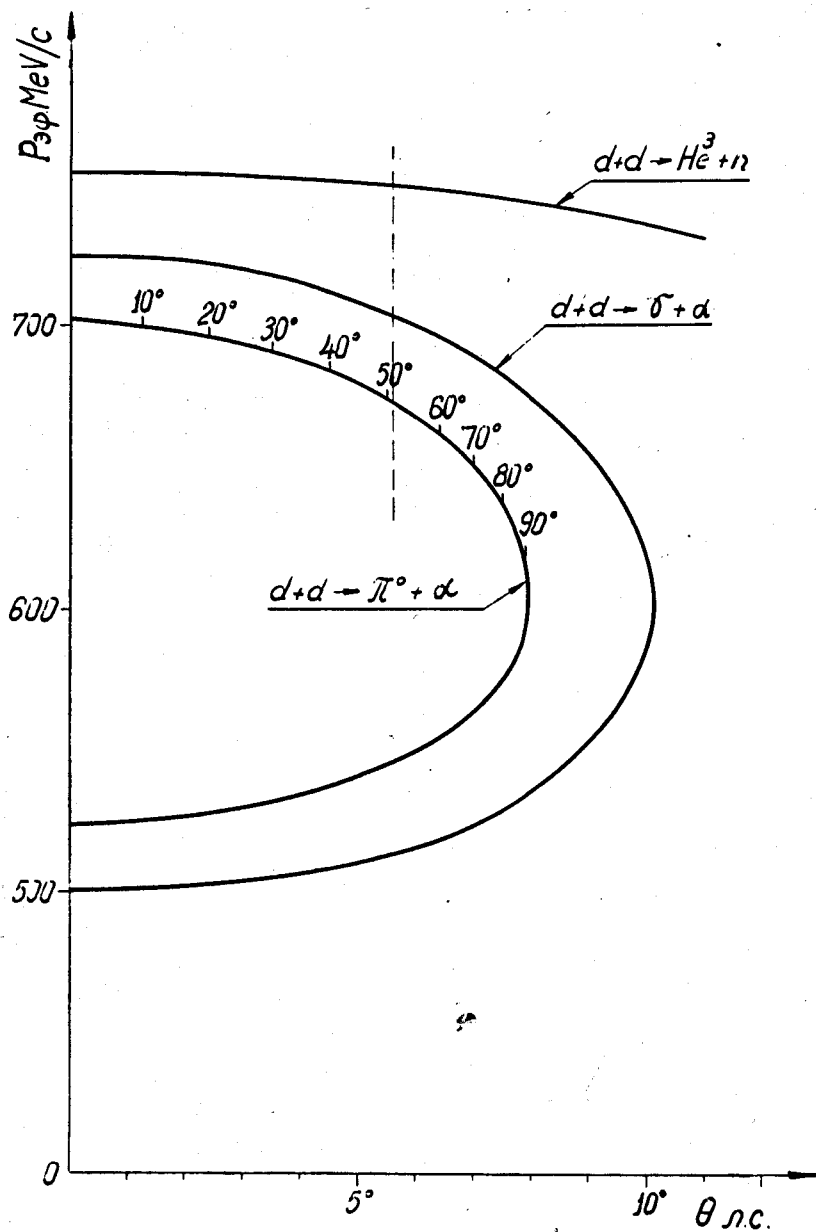


Рис. 4. Некоторые кинематические характеристики реакций  $d+d \rightarrow He^3+n$ ,  $d+d \rightarrow \gamma+\alpha$  и  $d+d \rightarrow \pi^0+\alpha$ . По оси абсцисс обозначен угол вылета тяжелых заряженных частиц в лабораторной системе, по оси ординат — эффективный импульс частиц  $P/Z$ , где  $Z$  — заряд частицы. Цифрами на внутренней "петле", указаны углы вылета  $\alpha$  — частиц в системе центра масс в реакции  $d+d \rightarrow \pi^0+\alpha$ .

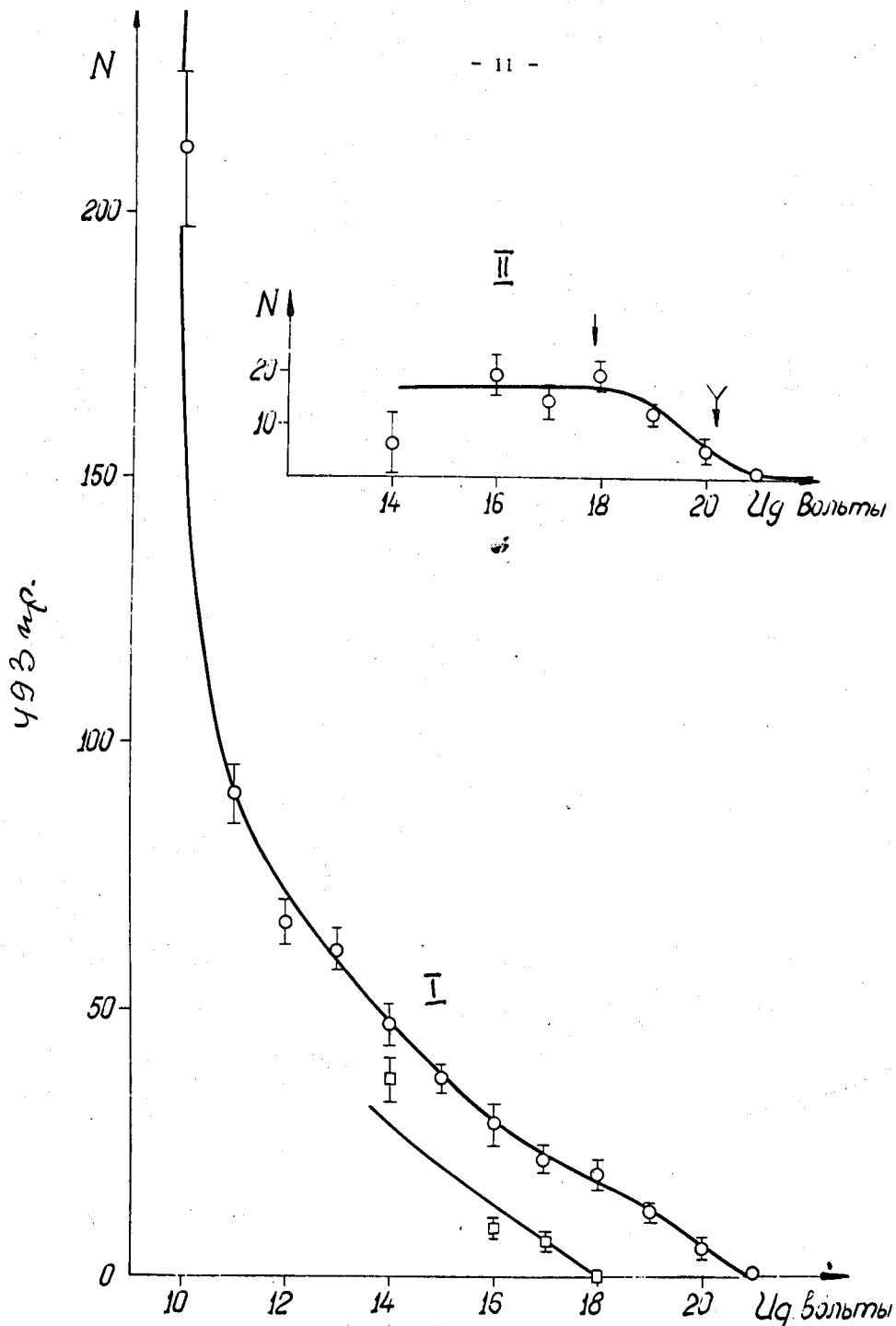


Рис. 5. Настройка аппаратуры для регистрации  $\alpha$ -частиц от реакции  $d+d \rightarrow \pi^0 + \alpha$ .

Кривая I - счетная характеристика телескопа от  $d+CD_2$  соударений при толщинах поглотителя;  $\phi$  -  $R = 0,5$  см Al;  $\square$  -  $R = 1,0$  см Al.

Кривая II - разность счета  $N/R = 0,5/ - N/R = 1,0/$ , соответствующая  $\alpha$ -частицам с эффективным импульсом 635 Мэв/с. Стрелкой указано расчетное значение величины порога дискриминатора для  $\alpha$ -частиц с импульсом 635 Мэв/с.

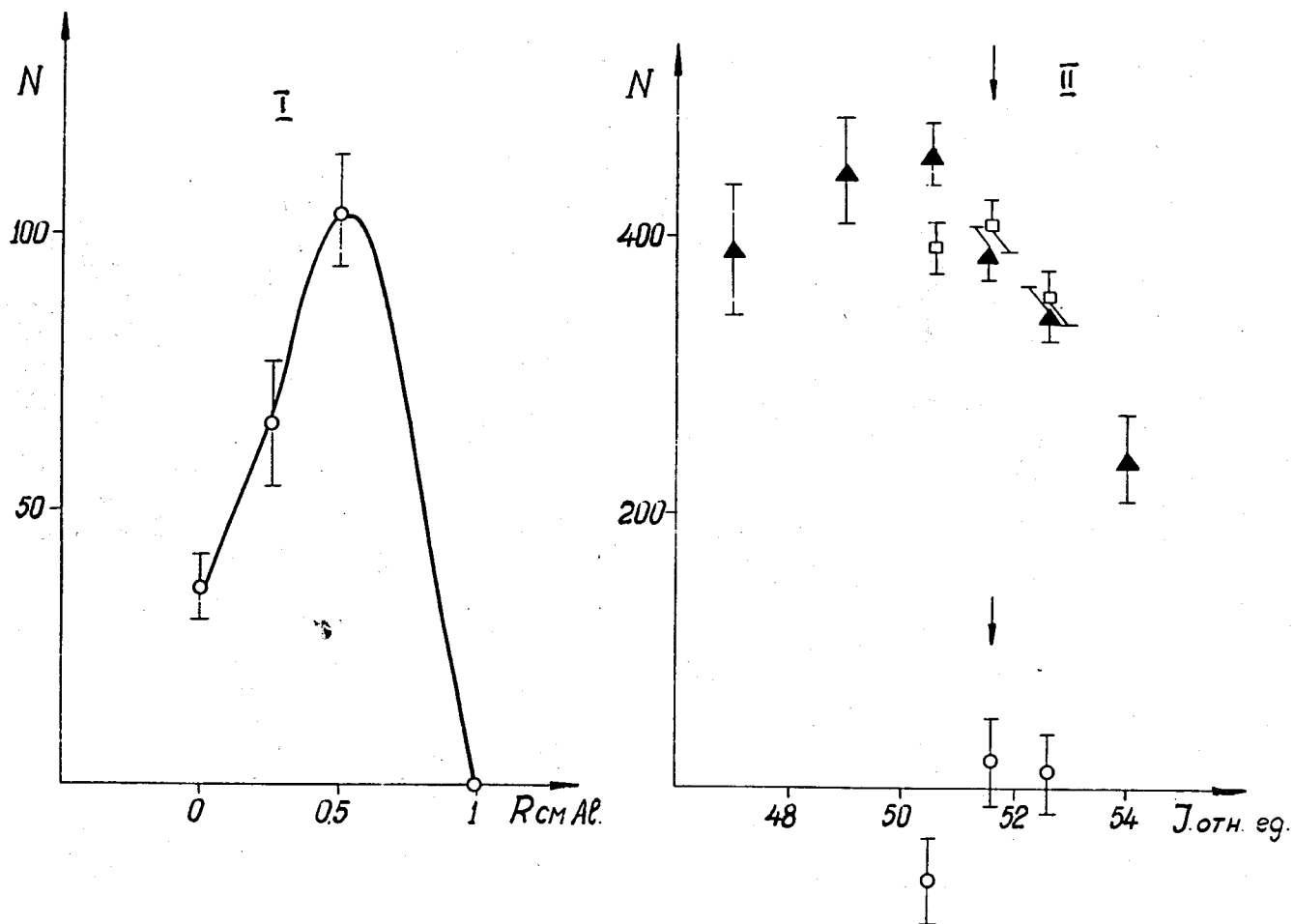


Рис. 6. 1. Счетная характеристика телескопа в зависимости от величины тормозящего фильтра для  $\alpha$ -частиц от  $d+CD_2$  соударений с импульсом 635 Мэв/с.

11. Результаты измерений реакции  $d+d \rightarrow \pi^0 + He^4$ , полученные с помощью телескопа, настроенного на  $\alpha$ -частицы от этой реакции, вылетающие под углом  $5,6^\circ$  в лабораторной системе;  $\square$  -  $CD_2$ ;  $\blacktriangle$  -  $C$ ;  $\circ$  - разность счета  $CD_2 - C$ . Стрелкой показано рассчитанное по положению пика ядер  $He^3$  от реакции  $d+d \rightarrow He^3 + n$  значение тока электромагнита, соответствующее  $\alpha$ -частицам от реакции  $d+d \rightarrow \pi^0 + He^4$ .

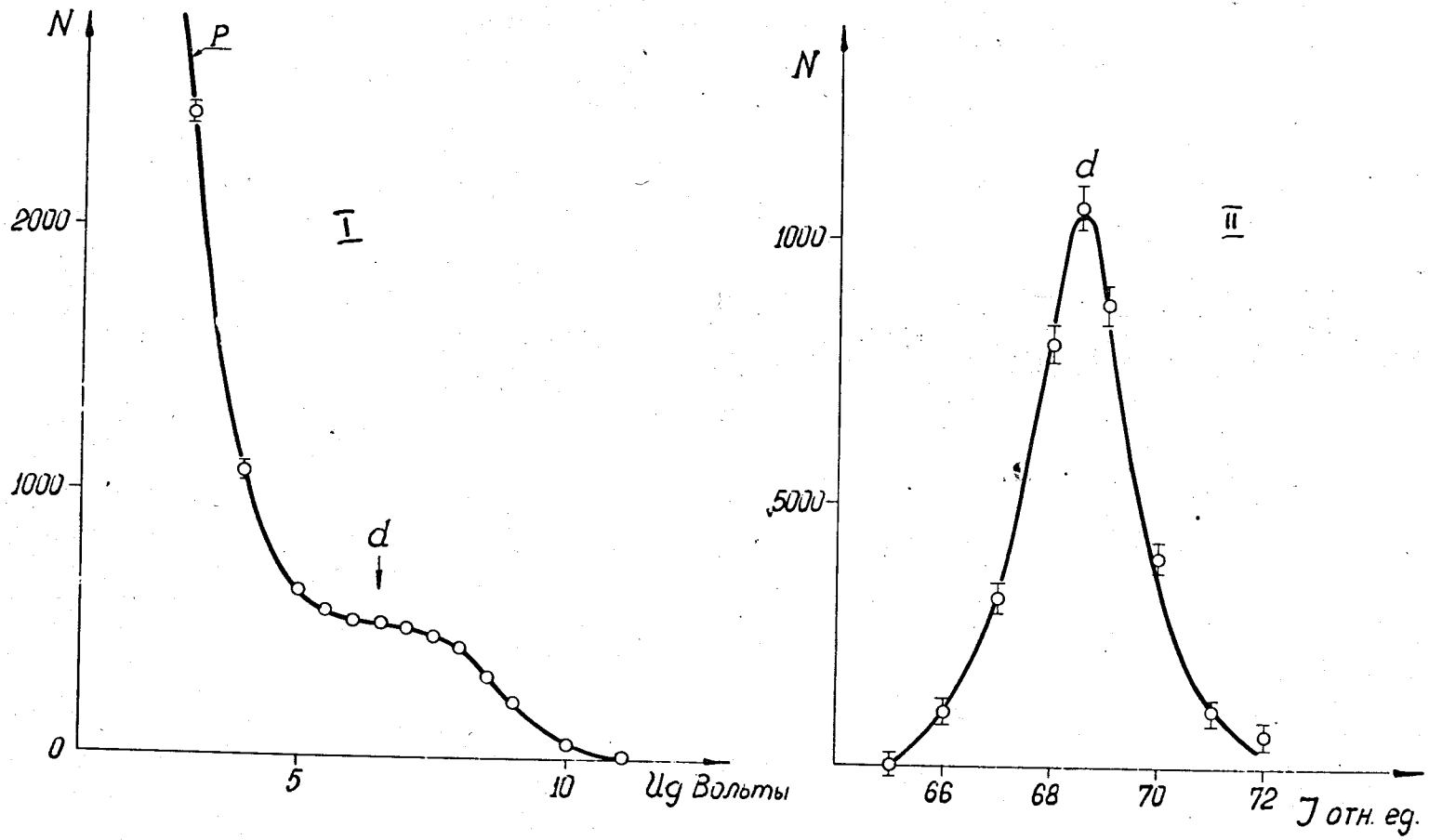


Рис. 7. Настройка аппарата при регистрации дейтронов от реакции  $p+p \rightarrow d + \pi^+$ .  
 Кривая I - счетная характеристика телескопа в зависимости от порога дискриминатора.  
 Кривая II - Счет телескопа в зависимости от тока электромагнита.