



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

---

К. Недведюк, В.И. Салацкий, И.В. Сизов

986

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $C^{12} (t, \alpha) B^{11}$   
ЖЭТФ, 1963, т. 44, в. 5, с. 1450-1455 -

К. Недведюк, В.И. Салацкий, И.В. Сизов

986

1474/2 мр.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $C^{12} (t, \alpha) B^{11}$

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

### А н н о т а ц и я

Измерены дифференциальные сечения реакций  $C^{12}(t, \alpha_0)B^{11}$  и  $C^{12}(t, \alpha_1)B^{11*}$  под углом  $90^\circ$  в лабораторной системе координат в диапазоне энергий 0,3 - 1,2 Мэв. В выходе  $\alpha$ -частиц, соответствующих образованию остаточного ядра  $B^{11}$  в основном и первом возбужденном состоянии, наблюдаются резонансы при  $E_T = 0,66$  и 1,10 Мэв.

### *Abstract*

The differential cross sections for the reactions  $C^{12}(t, \alpha)B^{11}$  and  $C^{12}(t, \alpha)B^{11*}$  have been measured at  $OP\ 90^\circ$  in the lab. system in the energy range of 0.3 - 1.2 MeV.

In the first reaction the resonance is observed at  $E = 0.66$  MeV and in the second one it occurs at  $E = 1.10$  MeV.

Настоящая работа является продолжением детального исследования взаимодействия ядер трития с углеродом при низких энергиях бомбардирующих частиц с целью получения данных для изучения механизма этих реакций. В работе<sup>/1/</sup> по исследованию реакции  $C^{12}(t, p)C^{14}$  была установлена сложная зависимость угловых распределений протонов от энергии бомбардирующих частиц. Было отмечено, что даже при сравнительно низких энергиях реакция не может быть полностью описана с точки зрения составного ядра, а имеется определенный вклад прямых процессов.

Естественно предположить, что и в других реакциях трития с углеродом механизм реакции может оказаться сложным.

Действительно, в опубликованной недавно работе<sup>/2/</sup> по исследованию дифференциальных сечений реакций трития с углеродом указывается на сложный характер угловых распределений  $\alpha$ -частиц из реакций  $C^{12}(t, \alpha)B^{11}$  в диапазоне энергий от 800 до 2025 КэВ.

В данной работе эксперименты выполнены при более низких энергиях бомбардирующих ионов трития и ставят своей задачей получение данных о дифференциальных сечениях этих реакций при энергиях ниже кулоновского барьера ядер для трития.

### Техника эксперимента

Ионы трития, ускоренные электростатическим генератором, пройдя первый магнитный анализатор, бомбардировали тонкую углеродную мишень. Мишень изготовлялась по методу описанному в работе<sup>/3/</sup>, испарением графита в вакууме на стеклянную пластинку. Для съема углеродной пленки со стеклянной пластинки последняя покрывалась тонким слоем стирального порошка "Новость", легко растворимого в воде.

Мишень устанавливалась в камере, ранее применявшейся в работе<sup>/4/</sup>, под углом  $45^\circ$  относительно падающего пучка ионов трития. Для регистрации  $\alpha$ -частиц применялся кремниевый поверхностно-барьерный полупроводниковый детектор, изготовленный в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Импульсы от детектора после усиления анализировались пятидесятиканальным амплитудным анализатором.

Относительный выход  $\alpha$ -частиц из реакции в зависимости от энергии бомбардирующих частиц был измерен на твердых углеродных мишенях. Толщина углеродных пленок для разных серий измерений составляла от  $15 \text{ мкг/см}^2$  до  $25 \text{ мкг/см}^2$ . Абсолютные значения дифференциальных сечений были получены на газовых мишенях с наполнением  $CH_4$  и  $CO_2$ . Технический метан и углекислый газ очищались от возможных примесей путем перегонки при низких температурах. Давление газа в мишени составляло около 60 мм рт.ст. и измерялось ртутным манометром. Входное окно мишени заклеивалось

тонкой слюдяной пленкой примерно  $0,13 \text{ мг/см}^2$ . Потери энергии в окне мишени измерялись с помощью второго магнитного анализатора, установленного за камерой мишени.

На газовой мишени при тех же условиях был сделан контрольный эксперимент — определение дифференциального сечения реакции  $D(t, \alpha) n$ . Результат хорошо совпал с данными, приведенными в литературе.

Толщина углеродных пленок находилась из сравнения выхода  $\alpha$ -частиц из реакции на твердой и газовой мишени при одинаковых энергиях взаимодействующих частиц. Потери энергии в них определялись по кривой тормозной способности углерода.

В реакции  $C^{12}(t, \alpha) B^{11}$  наблюдались две группы  $\alpha$ -частиц, соответствующие образованию остаточного ядра в основном и первом возбужденном состоянии. На рис. 1 приведены типичные спектры  $\alpha$ -частиц, измеренные на газовой мишени. Для лучшего отделения группы  $\alpha$ -частиц, соответствующих образованию  $B^{11}$  в первом возбужденном состоянии с энергией возбуждения  $2,13 \text{ МэВ}$ , амплитудным анализатором измерялась начальная часть спектра заряженных частиц в растянутом масштабе. При этом импульсы от  $\alpha$ -частиц основной группы регистрировались в последнем канале анализатора импульсов. На рис. 2 показана начальная часть спектра.

### Результаты измерений

На рис. 3 приведена зависимость дифференциального сечения реакции  $C^{12}(t, \alpha) B^{11}$  от энергии тритонов под углом  $90^\circ$  лабораторной системы. Кривая характеризуется довольно четко выраженным максимумом при  $E_T = 0,66 \pm 0,01 \text{ МэВ}$ , что может быть связано с уровнем составного ядра  $N^{16}$  с энергией возбуждения  $15,38 \pm 0,01 \text{ МэВ}$ .

Как видно из рис. 3, точки, соответствующие измерениям на газовых мишенях в районе пика  $660 \text{ КэВ}$ , лежат, как правило, внутри кривой, проведенной по экспериментальным точкам, полученным на твердых мишенях. По-видимому, ширина этого максимума по измерениям на газовой мишени получается несколько меньше. Такое небольшое расхождение в ширине максимума можно объяснить тем, что используемые в опытах газовые мишени были примерно в 5 раз тоньше, чем твердые. Измерения с наполнениями мишени  $CH_4$  и  $CO_2$  хорошо согласуются в пределах ошибок эксперимента.

Особое внимание было уделено измерениям при энергиях в районе  $1,1 \text{ МэВ}$ . В отличие от реакций  $C^{12}(t, p) C^{14}$  и  $C^{12}(t, \alpha_1) B^{11*}$  в этой области энергий, зависимость дифференциального сечения реакции  $C^{12}(t, \alpha) B^{11}$  не имеет максимума.

На рис. 4 даны дифференциальные сечения реакции  $C^{12}(t, \alpha_1) B^{11*}$ . В зависимости дифференциального сечения от энергии наблюдается быстрый рост при энергиях от  $420 \text{ КэВ}$  до  $660 \text{ КэВ}$ . В области энергий  $660\text{--}900 \text{ КэВ}$  сечение остается почти постоянным со слабо выраженными максимумами при  $E_T = 670$  и  $850 \text{ КэВ}$ . При энергии  $1,1 \text{ МэВ}$  наблюдается резкий резонанс, который можно приписать уровню составного ядра  $N^{15}$ , с энергией возбуждения  $15,74 \text{ МэВ}$ .

Ниже дается таблица значений дифференциальных сечений реакций  $C^{12}(t, a_0) B^{11}$  и  $C^{12}(t, a_1) B^{11*}$ , взятых с экспериментальных кривых, с указанием среднеквадратичных ошибок.

Данные настоящей работы частично перекрываются с результатами работы /2/ для области энергий 0,8 - 1,2 Мэв/. Мы не можем проводить детального сравнения наших экспериментальных результатов с литературными данными, поскольку последние представлены графиками мелкого масштаба и не указаны ошибки эксперимента. С той точностью, с которой можно получить данные из этих графиков, результаты обеих работ совпадают.

В заключение авторы выражают благодарность Ф.Л. Шапиро, за полезные советы в обсуждении полученных результатов, Г.Н. Флерову и его сотрудникам за предоставление полупроводниковых детекторов, А.П. Кобзеву за участие в экспериментах и обработке данных и группе обслуживания электростатического генератора.

#### Л и т е р а т у р а

1. Б. Кюн, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. Препринт Объединенного института ядерных исследований, Р-830 /1961/.
2. G.D. Gutsche, H.D. Holmgren, L.M. Cameron and R.L. Johnston. Phys.Rev. v. 125, N 2, 642 (1962).
3. G. Dearnaley. Rev. Sci. Instr. 31, N 2, 197 (1960).
4. А.М. Говоров, Ли-Га-Ен, Г.М. Осетинский, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. ЖЭТФ, т. 41, 703 /1961/.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 мая 1962 года.

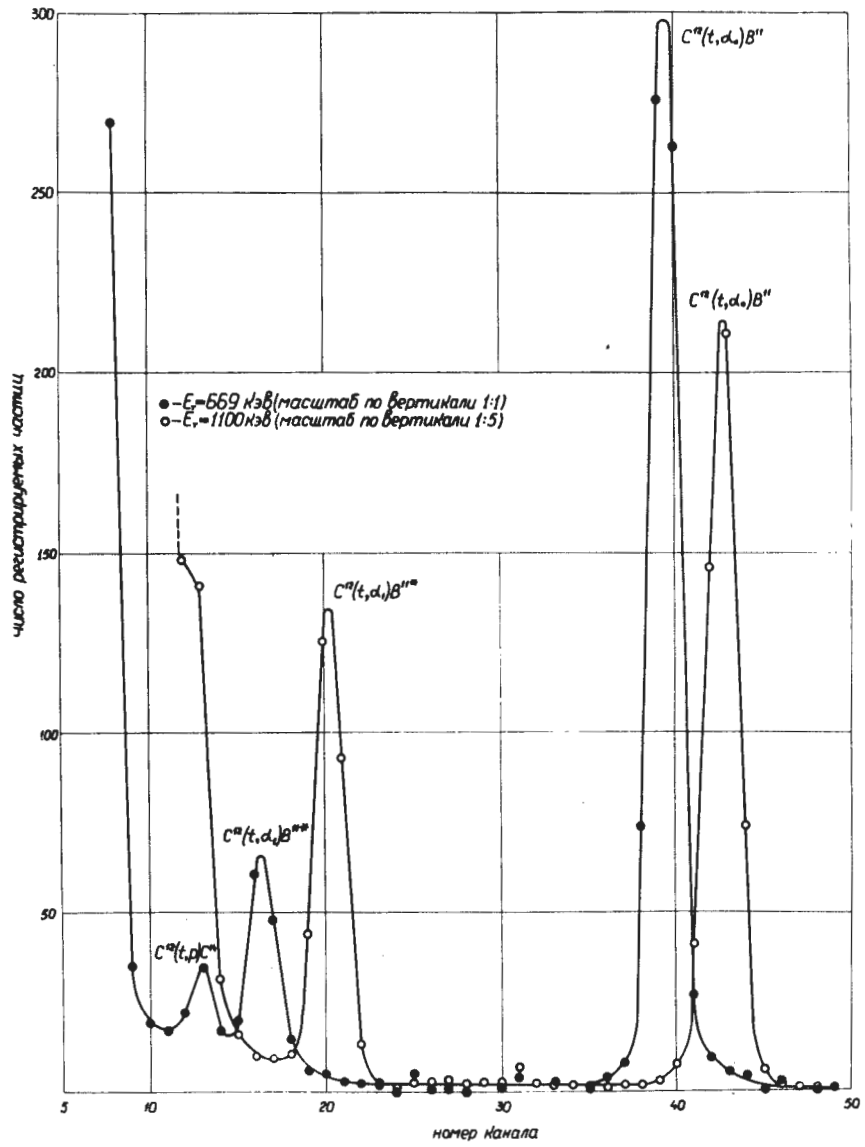


Рис. 1. Спектры частиц из газовых мишеней, наполненных метаном.

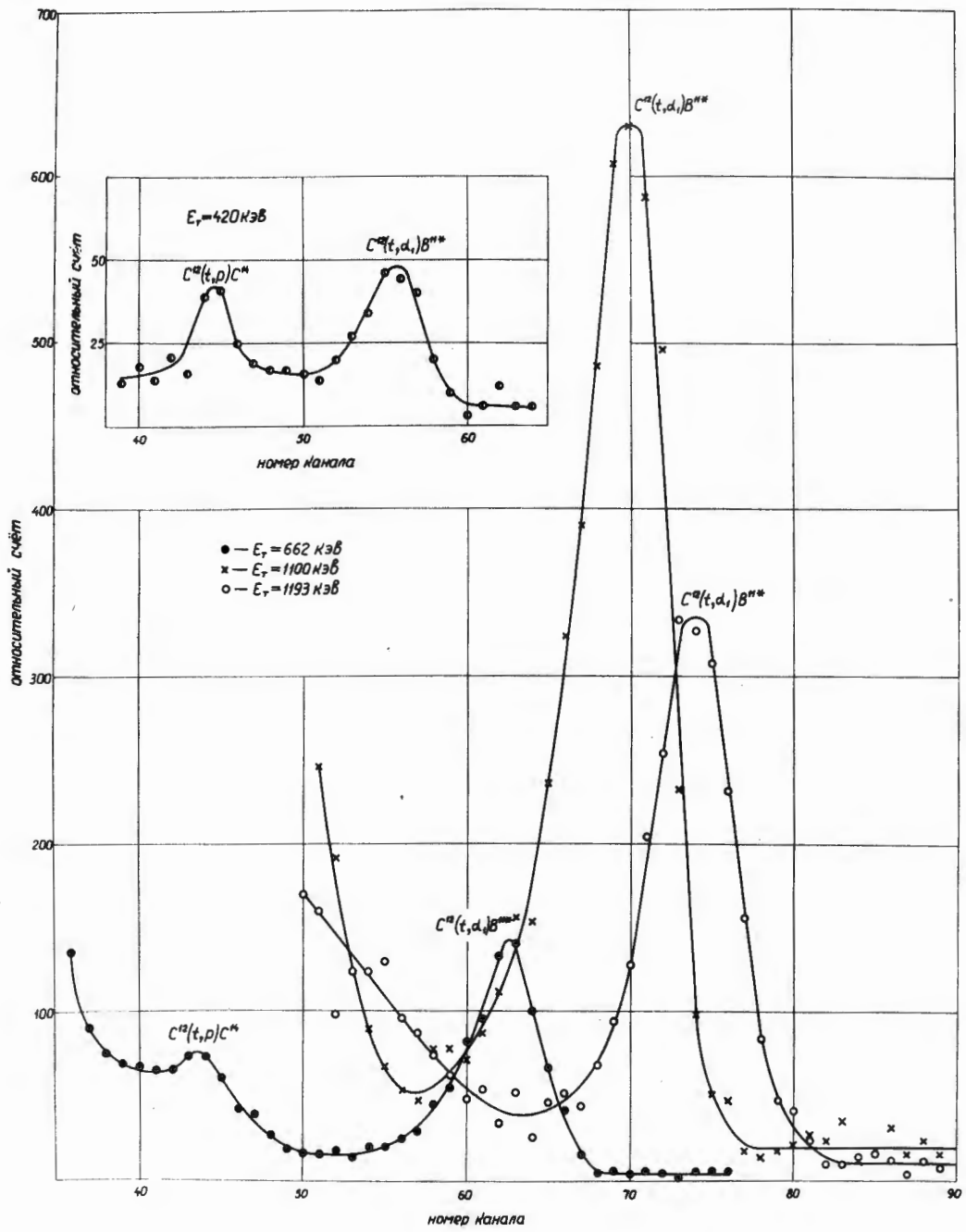


Рис. 2. Спектры частиц из твёрдых углеродных мишеней без подложки.



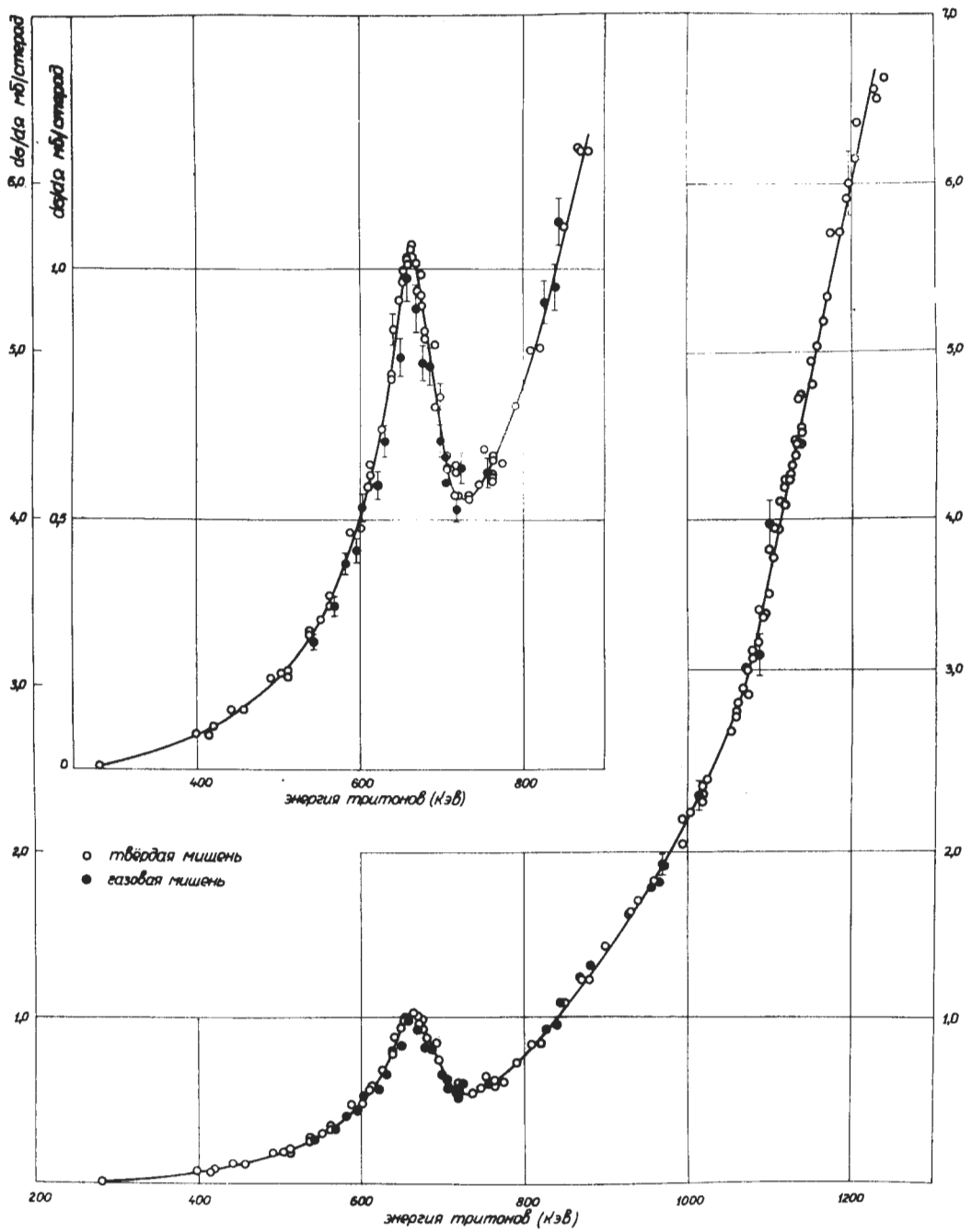


Рис. 3 Дифференциальное сечение реакции  $C^{14}(t, \alpha)B^{11}$  под углом  $90^\circ$  в лабораторной системе

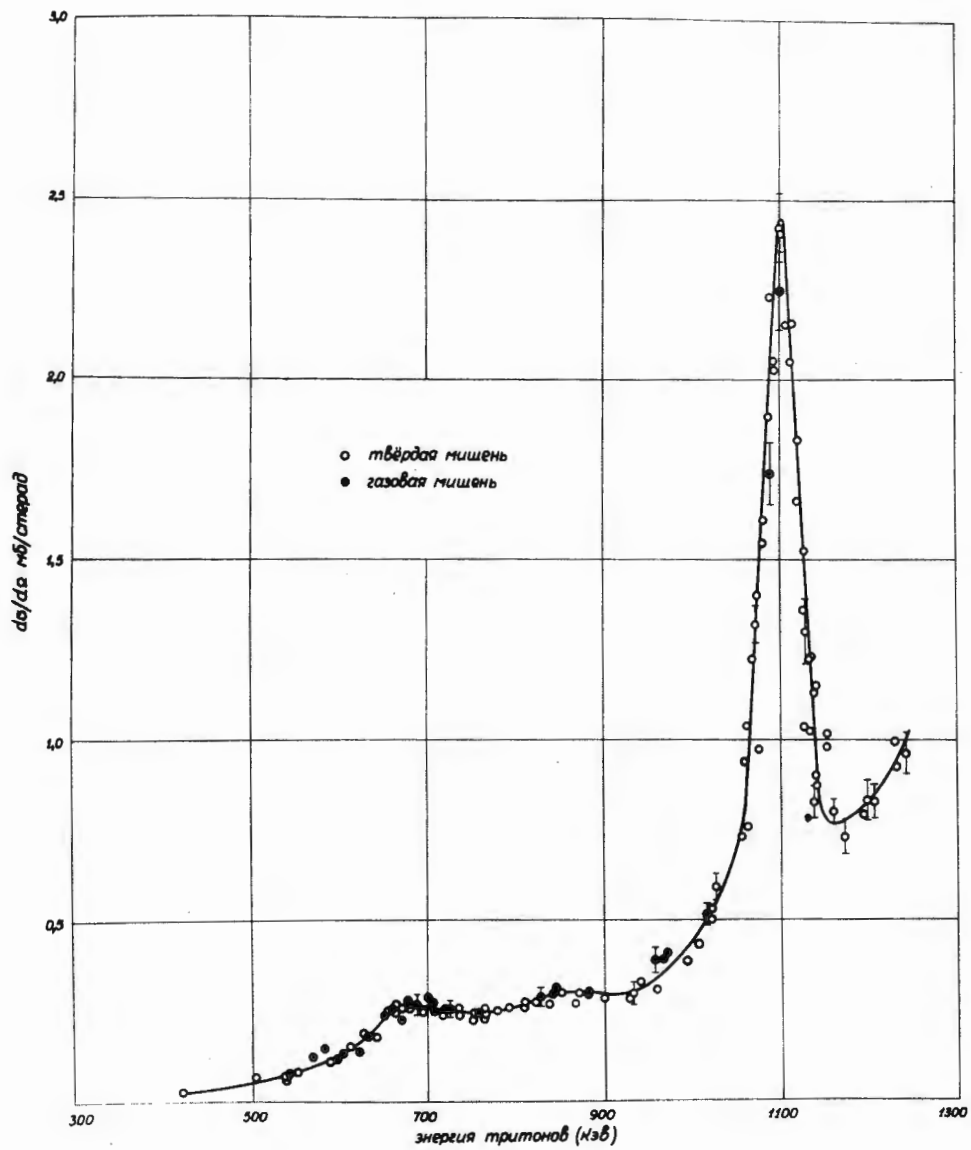


Рис. 4. Дифференциальное сечение реакции  $C^{12}(t, d)B^{11}$  в лабораторной системе.

Дифференциальные сечения реакций  $C^{12}(t, \alpha_0)B^{11}$   
и  $C^{12}(t, \alpha_1)B^{11*}$  под углом  $90^\circ$ .

$E_T,$ кэВ	$\sigma$ $C^{12}(t, \alpha_0)B^{11}$ мбарн стерад	$\sigma$ $C^{12}(t, \alpha_1)B^{11*}$ мбарн стерад	$E_T,$ кэВ	$\sigma$ $C^{12}(t, \alpha_0)B^{11}$ мбарн стерад	$\sigma$ $C^{12}(t, \alpha_1)B^{11*}$ мбарн стерад
280 $\pm$ 6	0,008 $\pm$ 0,001	-	730 $\pm$ 13	0,55 $\pm$ 0,02	0,25 $\pm$ 0,02
400 $\pm$ 8	0,07 $\pm$ 0,004	-	750 $\pm$ 14	0,58 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02
420 $\pm$ 8	0,09 $\pm$ 0,006	0,028 $\pm$ 0,004	800 $\pm$ 14	0,76 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,02
450 $\pm$ 9	0,12 $\pm$ 0,007	0,034 $\pm$ 0,005	844 $\pm$ 15	1,03 $\pm$ 0,04	0,30 $\pm$ 0,02
500 $\pm$ 10	0,18 $\pm$ 0,010	0,051 $\pm$ 0,008	900 $\pm$ 16	1,42 $\pm$ 0,05	0,29 $\pm$ 0,02
550 $\pm$ 11	0,30 $\pm$ 0,015	0,080 $\pm$ 0,008	950 $\pm$ 17	1,76 $\pm$ 0,06	0,34 $\pm$ 0,03
600 $\pm$ 11	0,51 $\pm$ 0,020	0,130 $\pm$ 0,013	1000 $\pm$ 17	2,15 $\pm$ 0,08	0,45 $\pm$ 0,04
620 $\pm$ 11	0,62 $\pm$ 0,025	0,16 $\pm$ 0,016	1050 $\pm$ 17	2,70 $\pm$ 0,10	0,68 $\pm$ 0,04
640 $\pm$ 12	0,80 $\pm$ 0,03	0,20 $\pm$ 0,025	1080 $\pm$ 17	3,20 $\pm$ 0,11	1,63 $\pm$ 0,10
660 $\pm$ 12	1,30 $\pm$ 0,04	0,25 $\pm$ 0,03	1102 $\pm$ 17	3,71 $\pm$ 0,13	2,45 $\pm$ 0,15
664 $\pm$ 12	1,04 $\pm$ 0,04	0,26 $\pm$ 0,03	1120 $\pm$ 17	4,12 $\pm$ 0,14	1,79 $\pm$ 0,10
676 $\pm$ 12	0,93 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,02	1160 $\pm$ 17	5,07 $\pm$ 0,18	0,76 $\pm$ 0,05
680 $\pm$ 12	0,87 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,02	1200 $\pm$ 18	6,00 $\pm$ 0,21	0,83 $\pm$ 0,05
700 $\pm$ 13	0,67 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,02	1230 $\pm$ 18	6,70 $\pm$ 0,24	0,94 $\pm$ 0,06
720 $\pm$ 13	0,55 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,02	1250 $\pm$ 19	-	1,03 $\pm$ 0,06