

С 346.29  
Л - 883

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



4973 / 2-78

P4 - 11794

Г.И.Лыкасов

СЕЧЕНИЯ ИСПУСКАНИЯ НЕЙТРОНОВ  
В  $p-d$  И  $d-d$  СОУДАРЕНИЯХ  
ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

**1978**

P4 - 11794

Г.И.Лыкасов

СЕЧЕНИЯ ИСПУСКАНИЯ НЕЙТРОНОВ  
В  $p-d$  И  $d-d$  СОУДАРЕНИЯХ  
ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Лыкасов Г.И.

P4 - 11794

Сечения испускания нейтронов в p-d и d-d соударениях при низких энергиях

Систематизированы и обобщены данные о сечении выхода нейтронов в реакции p-d соударения при энергиях протонов  $E_p = 10 \div 100$  МэВ.

Как известно, полная информация о сечении испускания нейтронов в d-d взаимодействиях при энергиях, меньших 200 МэВ, в литературе отсутствует. Поэтому в настоящей работе приводятся результаты расчета сечения образования нейтронов в d-d столкновениях при энергиях начальных дейтронов  $E_d = 30 \div 200$  МэВ.

Результаты работы представляют интерес для прикладных целей.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Lykasov G.I.

P4 - 11794

Cross Sections of Neutron Emission in the p-d and d-d Collisions at Low Energies

The data on the cross section of neutron yield in the p-d collision reaction at the  $10 \div 100$  MeV proton energies are systematized and generalized. There is no total information on the cross section of neutrons in the d-d interactions at energies less than 200 MeV available. Therefore the results of calculation of neutron cross section in the d-d collisions at initial energies  $E_d = 30 \div 200$  MeV are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В настоящем сообщении систематизированы и обобщены экспериментальные данные о сечениях испускания нейтронов в p-d и d-d взаимодействиях при энергиях, меньших 200 МэВ. Эти результаты могут представлять интерес для ряда прикладных целей.

Полная информация о сечении выхода нейтронов в реакции  $pd \rightarrow nX$   $\sigma_{pd}^{(n)}$  во всем интервале энергий  $E_p = 10 \div 100$  МэВ в литературе отсутствует. Имеются лишь данные о полном  $\sigma_{pd}^{tot}$  /1, 2/ и дифференциальном упругом /3/  $d\sigma_{pd}^{el} / d\Omega$  сечениях p-d рассеяния. Поскольку при указанных энергиях налетающих протонов основной вклад в сечение  $\sigma_{pd}^{(n)}$  реакции  $pd \rightarrow nX$  дает канал  $pd \rightarrow ppn$ , то искомое сечение  $\sigma_{pd}^{(n)}$  можно представить как разность полного  $\sigma_{pd}^{tot}$  и упругого  $\sigma_{pd}^{el}$  сечений, т.е.

$$\sigma_{pd}^{(n)} = \sigma_{pd}^{tot} - \sigma_{pd}^{el} \quad /1/$$

При использовании выражения /1/, данных о  $\sigma_{pd}^{tot}$  /1, 2/ и интегрировании дифференциального сечения  $d\sigma_{pd}^{el} / d\Omega$ , значения которого приведены в работе /3/, вычислялась зависимость  $\sigma_{pd}^{(n)}$  от энергии налетающего протона.

На рис. 1 приведена кривая энергетической зависимости сечения испускания нейтронов в реакции  $pd \rightarrow nX$  в области энергий  $E_p = 10 \div 100$  МэВ. Погрешность вычисления, с учетом ошибок экспериментальных данных, не превышает 10%.

Кривую энергетической зависимости сечения выхода нейтронов в реакциях d-d столкновений, исходя из данных, имеющихся в литературе, во всей области энер-

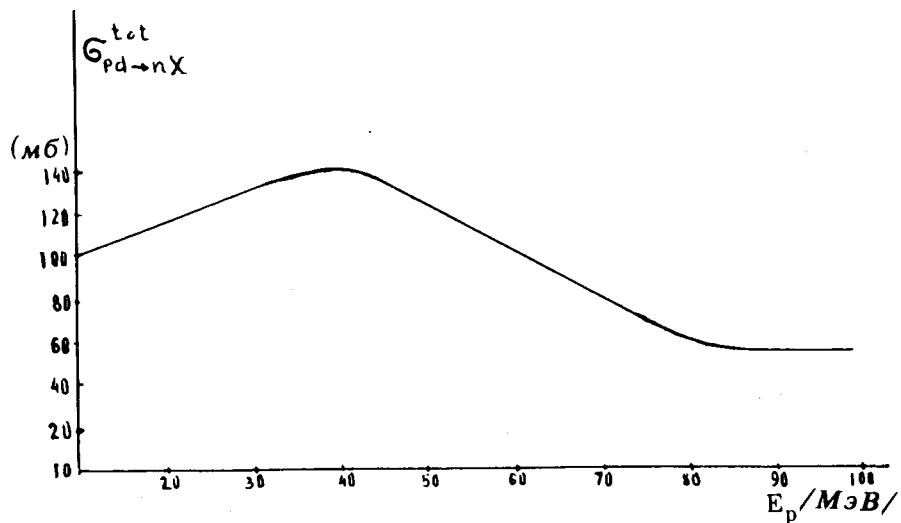


Рис. 1

гий дейтронов  $E_d = 1 \div 200$  МэВ построить, к сожалению, нельзя. Имеются лишь данные о сечениях испускания нейтронов в реакциях  $dd \rightarrow n \text{ } ^3\text{He}$  и  $dd \rightarrow npd$  при энергиях  $E_d = 1,43 - 25,3$  МэВ <sup>[4,5]</sup>. Пренебрегая вкладами других каналов из-за их малости при таких энергиях, сечение выхода нейтронов в реакции  $dd \rightarrow nX$  при  $E_d = 1,43 \div 25,3$  МэВ можно представить как сумму сечений образования нейтронов в указанных реакциях.

При энергии  $E_d = 30 \div 200$  МэВ сечение испускания нейтронов в  $d-d$  столкновении вычислялось следующим образом.

В работе <sup>[2]</sup> показано, что при энергии начальных нуклонов  $E \geq 30$  МэВ полное сечение  $N-d$  рассеяния с точностью до глауберовской поправки, величина которой не превышает 10%, можно представить как сумму полных сечений  $p-p$  и  $p-n$  рассеяний. Этот экспериментальный факт был использован в настоящей работе для вычисления сечения испускания нейтронов в реакции  $dd \rightarrow nX$  при  $E_d \geq 30$  МэВ. Взаимодействие  $d-d$  можно представить как рассеяние слабо связанных нуклонов налетающего дейтрона с дейтроном-мишенью. Тог-

да с учетом глауберовской поправки  $R_G$  сечение выхода нейтронов в  $d-d$  реакции  $\sigma_{dd \rightarrow nX}^{tot}$  выразится через сечения образования нейтронов в  $p-d$  и  $n-d$  рассеяниях  $\sigma_{pd}^{(n)}$ ,  $\sigma_{nd}^{(n)}$  соответственно:

$$\sigma_{dd \rightarrow nX}^{tot} = \sigma_{pd}^{(n)} + \sigma_{nd}^{(n)} - R_G \quad /2/$$

Сечение  $\sigma_{pd}^{(n)}$  показано на рис. 1, а сечение  $\sigma_{nd}^{(n)}$  при таких энергиях складывается из сечений упругого  $n-d$  столкновения и рассеяния  $nd \rightarrow npn$ , т.е.

$$\sigma_{nd}^{(n)} = \sigma_{nd \rightarrow npn} + \sigma_{nd}^{el}$$

На рис. 2 приведены результаты вычисления сечения испускания нейтронов  $\sigma_{dd \rightarrow nX}^{tot}$  в реакции  $dd \rightarrow nX$

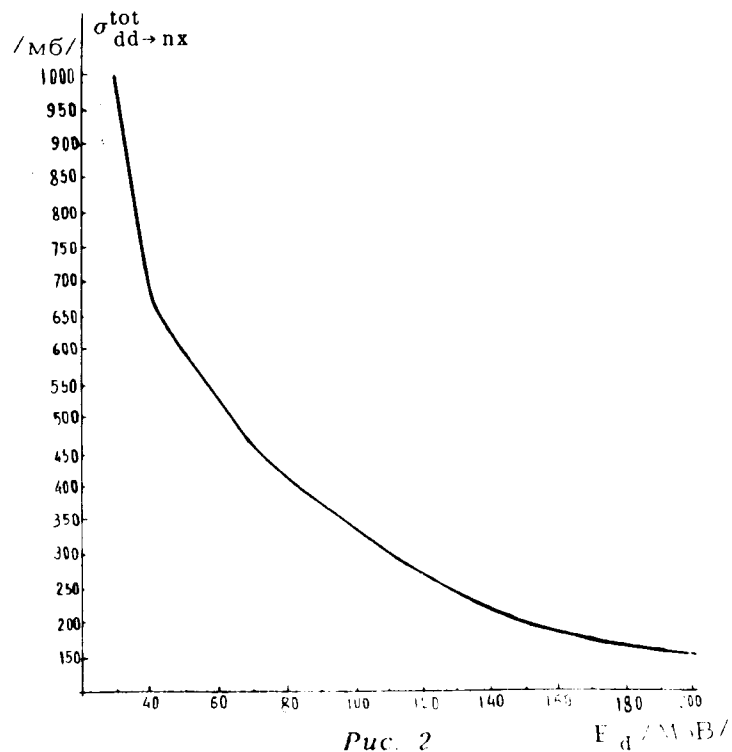


Рис. 2

при  $E_d = 30 \div 200$  МэВ. Ошибка значений этого сечения не превышает 30%.

При энергии налетающего дейтрона  $E_d = 1,43 \div 25,3$  МэВ, как указалось выше, сечение  $\sigma_{dd \rightarrow nX}$  можно восстановить, используя экспериментальные данные, приведенные в работах <sup>/4,5/</sup>.

Автор выражает благодарность Ю.М.Адо, В.С.Барашенкову, А.Г.Уфимцеву за стимулирующие обсуждения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Segrave John D. The Three-Body Problem. North-Holland, Amsterdam, 1970, p.42.*
2. *Riddle R.A.J. e.a. Nucl.Phys., 1973, 61, p.457.*
3. *Remler E.A., Miller R.A. Ann. of Phys., 1974, 82, p.189-247.*
4. *Brolley J.E. e.a. Phys.Rev., 1957, 107, p.820.*
5. *Lefevre H.W. e.a. Phys.Rev., 1962, 128, p.1328.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июля 1978 года.