

с 343e

M-198

12/I-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P3 - 3079



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

К. Малушинска , М. Пшитула , И.В. Сизов

УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ
ИЗ РЕАКЦИИ $C^{12} (t,n)N^{14}$

1966

Угловые распределения нейтронов из реакции $C^{12}(t,n)N^{14}$

На электростатическом генераторе, ускоряющем ионы трития, измерены энергетические спектры и угловые распределения трех групп нейтронов из реакции $C^{12}(t,n)N^{14}$, соответствующих основному и первым двум возбужденным состояниям конечного ядра N^{14} .

Измерения выполнены при $E_t = 1,7$ Мэв методом толстослойных ядерных фотоэмульсий. Приводится сравнение угловых распределений нейтронов группы n_1 (2,31 Мэв состояние N^{14}) с угловыми распределениями протонов из реакции $C^{12}(t,p)C^{14}$ для основного состояния C^{14} . Угловые распределения протонов и нейтронов для соответствующих состояний конечных ядер очень сходны.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1966.

Angular Distributions of Neutrons from the $C^{12}(t,n)N^{14}$ Reaction

The energy spectra and angular distributions of three groups of neutrons from the $C^{12}(t,n)N^{14}$ reaction which correspond to the main and two first excited states of a final N^{14} nucleus have been measured using electrostatic generator accelerating the H^3 ions.

The measurements were performed by the nuclear photoemulsion method at $E_t = 1.7$ MeV. The angular distributions of the n_1 group neutrons (2.31 MeV state N^{14}) are compared to that of protons from the $C^{12}(t,p)C^{14}$ reaction for the main state C^{14} . The proton-neutron angular distributions for the corresponding states of final nuclei are similar.

Preprint, Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1966.

РЗ - 3079

4710/1 нр.
К. Малушинска*, М. Пшитула*, И.В. Сизов

УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ
ИЗ РЕАКЦИИ $C^{12} (t,n)N^{14}$

* Лодзинский государственный университет П.Н.Р.

В последние годы опубликовано несколько работ, посвященных исследованию реакций типа (t, n) на легких ядрах^{/1-9/}, но ни в одной из них не измерялись угловые распределения отдельных групп нейтронов, соответствующих различным состояниям конечного ядра. В то же время анализ таких реакций с целью получения спектроскопических характеристик ядер, участвующих в реакции, а также сведений о механизме ядерных процессов требует детальных измерений всех возможных каналов реакции.

В случае реакций, идущих через образование составного ядра, необходимы измерения функций возбуждения с достаточно хорошим энергетическим разрешением для различных групп испускаемых частиц. Изучение механизма взаимодействия предполагает измерения угловых распределений продуктов ядерных реакций.

В ряде предшествующих работ, выполненных в Объединенном институте ядерных исследований^{/10-13/}, были проведены детальные исследования реакций трития с углеродом в диапазоне энергий 0,3-1,8 мэв. Измерялись дифференциальные сечения как функция угла и энергия бомбардирующих частиц и полные сечения для следующих каналов реакции: $C^{12}(t, p)C^{14}$; $C^{12}(t, \alpha)F^{11}$; $C^{12}(t, \alpha_1)V^{11*}$, а также упругое рассеяние ядер трития на углероде. Используя литературные данные позволяют несколько расширить область энергий ускоренных частиц^{/14/}.

Теоретический анализ реакций трития с углеродом в области малых энергий бомбардирующих частиц (сравнимых с высотой барьера) осложняется сильными искажающими кулоновскими эффектами. Более точно интерпретируются угловые распределения протонов из реакции $C^{12}(t, p)C^{14}$ на основе теории двойного срыва при $E_t = 5,5$ Мэв^{/15/}.

При более низких энергиях в функциях возбуждения проявляется четкая

резонансная структура, что может указывать на преобладающий механизм составного ядра. Попытки анализа полных сечений и угловых распределений протонов из реакции $C^{12}(t, p)C^{14}$ и α -частиц из реакции $C^{12}(t, \alpha)B^{11}$ по резонансной теории ядерных реакций были предприняты в работе /18/ с учетом интерференции трех изолированных уровней составного ядра N^{15} . Для такого анализа необходимы данные по всем возможным каналам реакций трития с углеродом, в том числе и канала (t, n) .

В работе /1/ измерялась функция возбуждения реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$ под углом 0° в диапазоне энергий тритонов 0,35–2,4 Мэв. Для ряда энергий указанного диапазона были измерены угловые распределения нейтронов. Примененный в работе метод регистрации нейтронов (всеволоновой счетчик) не обеспечивал разделение отдельных групп нейтронов, соответствующих различным состояниям конечного ядра N^{14} , по этой причине угловые распределения нейтронов получались усредненными по всем возможным группам нейтронов и не отражали особенностей, связанных с механизмом взаимодействия.

В настоящей работе измерены угловые распределения трех групп нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$, соответствующих переходам на основное и возбужденные состояния N^{14} с энергией возбуждения 2,31 и 3,95 Мэв (рис.1) при $E_t = 1,7$ Мэв.

Техника эксперимента

Спектр нейтронов из реакции измерялся с помощью ядерных фотоэмульсий. Использовались эмульсии типа Я-2 толщиной 200 микрон и размерами 20x20 мм.

Эмульсии, обернутые черной бумагой, помещались в специальные алюминиевые рамки, которые устанавливались на кольце под строго фиксированными углами. В центре кольца располагалась углеродная мишень на подложке из нержавеющей стали.

Под углом 135° относительно падающего пучка ионов трития располагался кремниевый полупроводниковый детектор, регистрирующий α -частицы из реакции $C^{12}(t, \alpha)B^{11}$. Толщина углеродной мишени определялась по выходу α -частиц и составляла $0,065 \text{ мг/см}^2$ с точностью $\pm 15\%$. Мишень бомбардировалась ионами трития со средним током 1,2 мка. Полный заряд на мишень составлял 30,5 мкул.

Плоскость кольца с установленными на нем ядерными эмульсиями была смещена относительно направления пучка ионов трития так, что угол между направлением вылета нейтронов из мишени и плоскостью эмульсии составлял $\approx 3^\circ$.

Для определения спектра нейтронов измерялись следы протонов отдачи в эмульсиях, лежащие в пирамиде с половинным углом при вершине 10° .

Результаты измерений

Энергетические спектры нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$, измеренные для десяти углов, приведены на рис. 2. Три группы нейтронов n_0, n_1, n_2 , соответствующие переходам на основное и два первых возбужденных состояния конечного ядра N^{14} , хорошо выделяются. Фон, обусловленный возможными загрязнениями мишени, нейтронами из подложки или из реакции $T(t, 2n)He^4$ из-за набивки трития в подложку мишени, оказался пренебрежимо малым. Возможно, что часть фона в области между группами n_1 и n_2 можно объяснить неупругим рассеянием нейтронов на подложке мишени с возбуждением уровня в Fe 0,845 Мэв.

Статистика отсчетов для отдельных групп нейтронов составляет 100-700 следов (лишь в одном случае было измерено 72 следа). Всего было измерено около 7000 следов.

На рис. 3, 4, и 5 даны угловые распределения (в относительных единицах) соответствующих групп нейтронов, преобразованные в с.д.м. Указанные на рисунках ошибки меняются от 5 до 14,5% и являются среднеквадратичными ошибками. В них учитываются статистические ошибки и ошибки, связанные с неопределенностью выделения пика соответствующей группы нейтронов.

Сплошной линией на рис. 3, 4, 5 показаны результаты подгонки угловых распределений в виде разложения по полиномам Лежандра.

Проведенные исследования показывают резкое изменение формы угловых распределений для различных групп нейтронов. Поскольку основное состояние C^{14} и первое возбужденное состояние N^{14} являются членами одного и того же триплета по изотопическому спину, интересно сопоставить угловые распределения протонов из реакции $C^{12}(t, p)C^{14}$ и нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$, измеренные при одной и той же энергии. Результаты такого сравнения приведены на рис. 2. В обоих случаях наблюдается определенное сходство в форме

угловых распределений и проявляются черты, свойственные реакциям двойного срыва.

Детальный анализ требует измерений угловых распределений нейтронов в широком интервале энергий и получения абсолютных значений дифференциальных и полных сечений.

Л и т е р а т у р а

1. П.И. Вацет, Л.Я. Колесников, С.Г. Тонапетян. ЖЭТФ, 40, 1257 (1961).
2. А.К. Вальтер, П.И. Вацет, Л.Я. Колесников, С.Г.Тонапетян, К.К. Чернявский, А.И. Шпетный. ЖЭТФ, 40, 1237 (1961).
3. А.К. Вальтер, П.И. Вацет, Л.Я. Колесников, С.Г. Тонапетян, К.К. Чернявский, А.И. Шпетный. Укр. Физ. журнал, т. VI, № 4, 457 (1961).
4. А.К. Вальтер и др. АЭ, т. 10, вып. 6, 577 (1961).
5. П.И. Вацет, Л.Я. Колесников, С.Г. Тонапетян. Ядерная физика, т. 1, вып. 5, 809 (1965).
6. В.И. Серов, Б.Я. Гужовский. АЭ, т. 12, вып. 1, 5, (1962).
7. N. Jamie, Phys. Rev. 96, 41 (1955).
8. N. Jamie, V. C. Diven, Nucl. Sci. Eng. 17, N 3, 433 (1963)
9. Leland Phys. Rev. 82, 559 (1951).
10. Б. Кюн, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. Препринт ОИЯИ Р-830, Дубна 1961. ЖЭТФ, 43, 1660 (1962).
11. К. Недведюк, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. Препринт ОИЯИ 886, Дубна 1962; ЖЭТФ, 44, 1450 (1963).
12. К. Недведюк, В.И. Салацкий, И.В. Сизов, В.И. Фурман. Препринт ОИЯИ, Р-1098, Дубна 1962.
13. А.В. Громов, К. Кашлик, А.П. Кобзев, К. Недведюк, С.С. Паржицкий, В.И. Салацкий, В.И. Фурман. Препринт ОИЯИ 1684, Дубна 1964.
14. G. D. Gutsche, H. D. Hofstadter, L. M. Cameron, R. L. Johnston Phys. Rev. 125, 648 (1962).
15. A. A. Jaffe, F. S. Barrus, P. D. Forsyth, J. Muto, I. J. Tayler and S. Ravataram Proc. Phys. Soc. 76, N 492, 414 (1960).
16. А.В. Громов, И.В. Сизов, В.И. Фурман. Программа и тезисы докладов XV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра. Изд. "Наука" М.-Л. 1965, стр. 127.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1966 г.

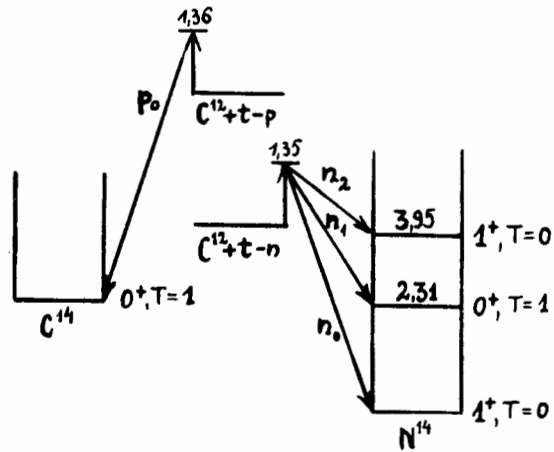


Рис. 1. Схема уровней ядер C^{14} и N^{14} и исследуемые переходы в реакциях трития с углеродом. Энергии возбуждения указаны в Мэв.

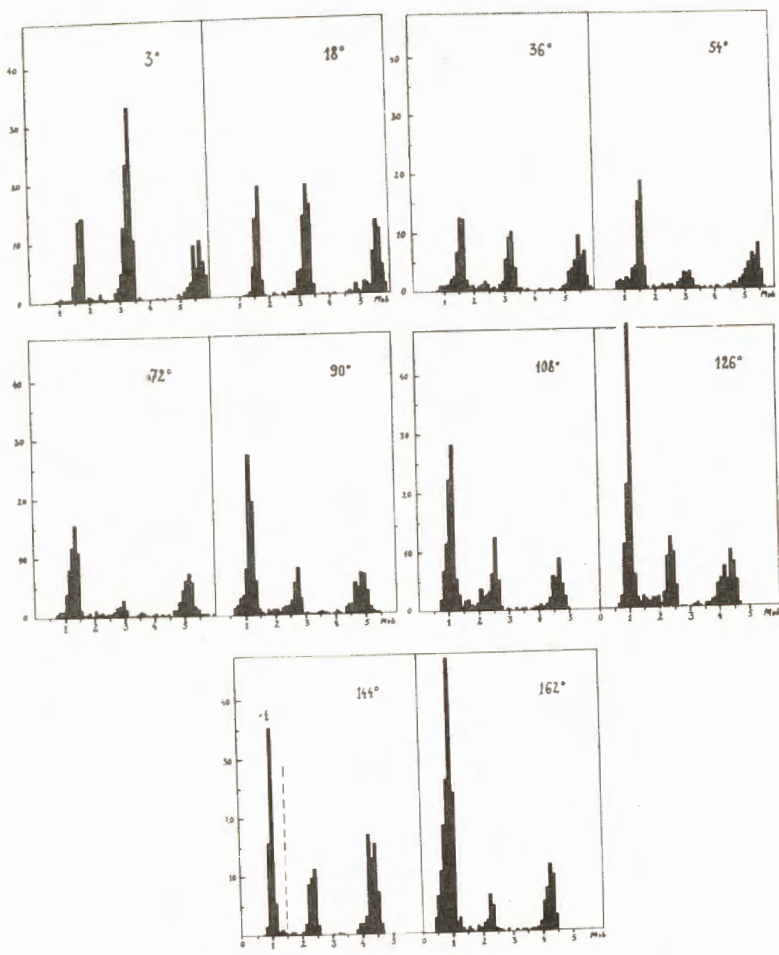


Рис. 2. Спектры нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$ для различных углов вылета, измеренные при $E_t = 1,7$ Мэв.

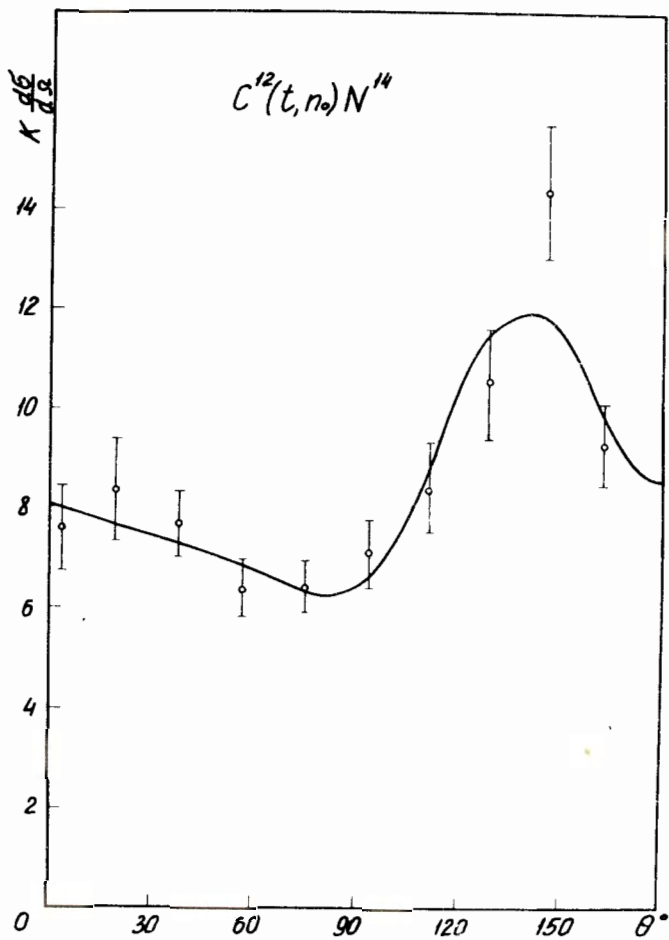


Рис. 3. Угловые распределения нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14}$.

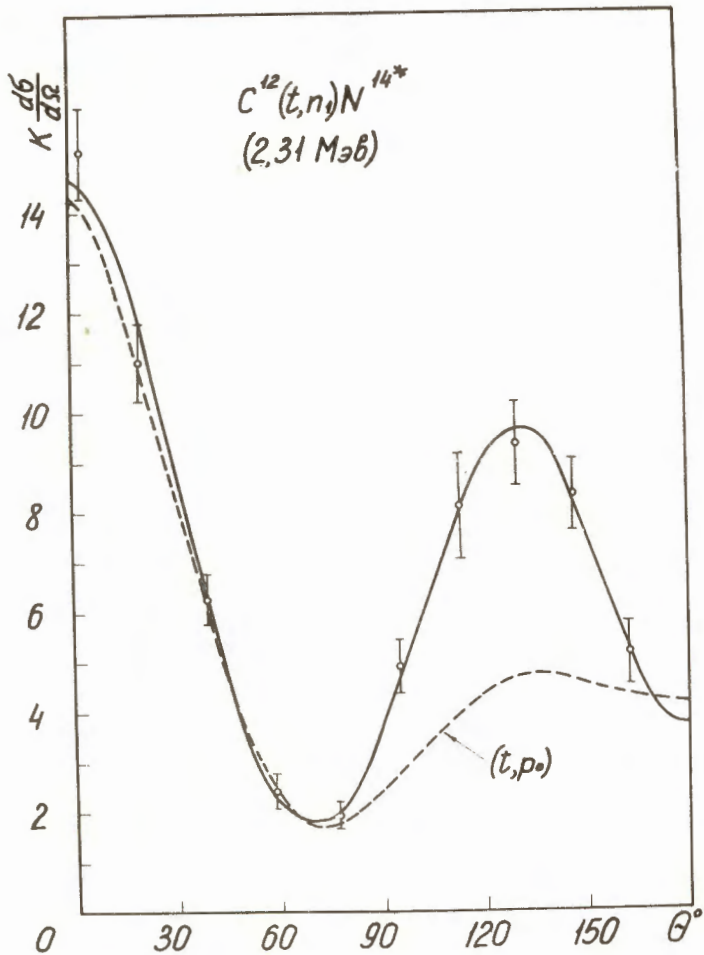


Рис. 4. Угловые распределения нейтронов из реакции $C^{12}(t, n)N^{14*}$ (состояние N^{14} 2,31 МэВ) и протонов из реакции $C^{12}(t, p_0)C^{14}$.

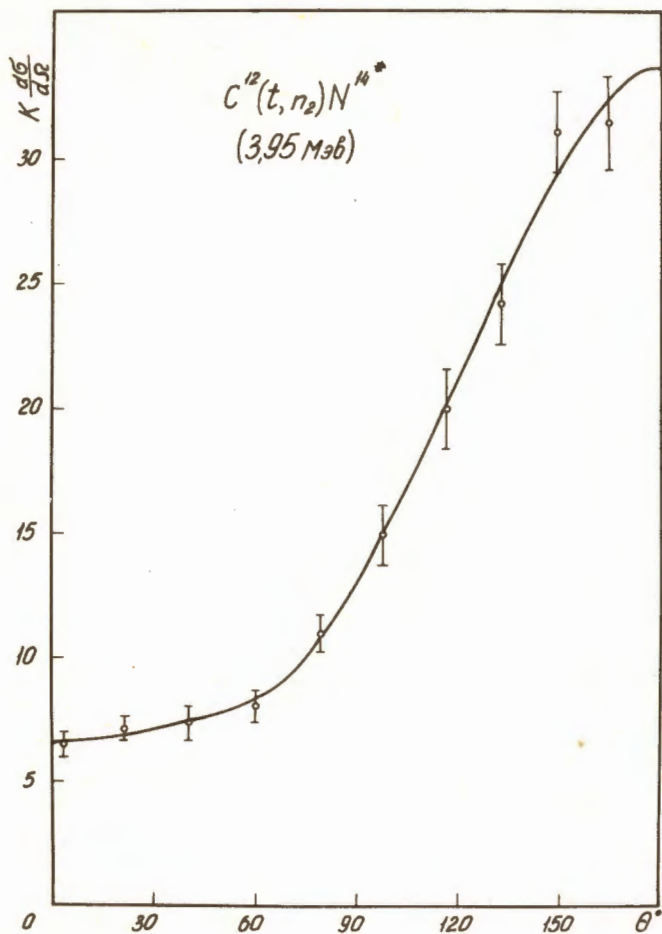


Рис. 5. Угловые распределения нейтронов из реакции $C^{12}(t, n_2)N^{14*}$ (состояние N^{14} 3,95 Мэв).