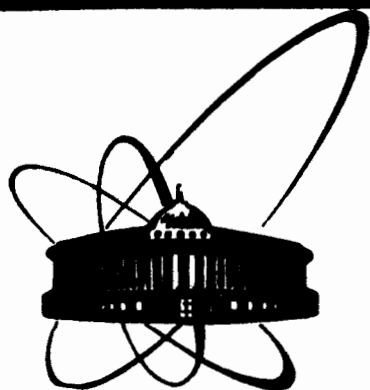


87-932

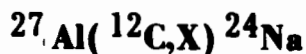


сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

P1-87-932

Ц.Дамдинсурэн, В.М.Дьяченко\*, А.Дука-Зойоми,  
Я.Климан, П.Козма, Б.Тумэндэмбэрэл

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ



ПРИ ЭНЕРГИИ 3,65 ГэВ/нуклон

---

\*Московский государственный университет  
им. М.В.Ломоносова

1987

Определение полных сечений реакций типа частица /ядро/ +  $^{27}\text{Al} \rightarrow ^{24}\text{Na} + \text{X}$  имеет большое практическое значение для мониторингирования пучков ускоренных частиц и ядер активационным методом<sup>/1/</sup>.

Преимущество использования при мониторинговании алюминиевых фольг связано с тем, что образующийся при активизации радионуклид натрий-24 характеризуется удобным периодом полураспада  $T_{1/2} = 15,02$  ч/ и большими относительными выходами  $\gamma$ -квантов, сопровождающих  $\beta$ -распад при энергиях 1368,5 и 2754,0 кэВ<sup>/2/</sup>, что значительно упрощает измерения и анализ экспериментальных данных.

Сечение реакции  $^{27}\text{Al} (^{12}\text{C}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$  определялось по измерениям наведенной  $\gamma$ -активности<sup>/3/</sup> алюминиевых мишеней (толщиной 6,5, 13,0 и 19,5 мг/см<sup>2</sup> соответственно), каждая из которых при облучении размещалась между двумя защитными алюминиевыми фольгами, компенсирующими вылет образующихся радиоактивных ядер из мишеней. Мониторирование первичного пучка осуществлялось методом, описанным в работе<sup>/4/</sup>, с использованием вращающейся фотозульсии и ионизационных камер КНТ-8, регистрирующих вторичные нейтроны, образующиеся в конверторе. Измеренные с помощью этого метода изменения потока ядер  $^{12}\text{C}$  во время активации алюминиевых фольг приведены на рис.1. Интегральный поток ядер углерода за время облучения измерен с точностью порядка 5%.

Наведенная  $\gamma$ -активность мишеней измерялась спектрометром с полупроводниковым  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором рабочим объемом 45 см<sup>3</sup> /разрешение ~3,0 кэВ для  $E_\gamma = 1332,5$  кэВ/, прокалиброванным с помощью эталонных  $\gamma$ -источников. Число радиоактивных ядер, образующихся в облученных мишенях, определялось по формуле<sup>/5/</sup>:

$$N_0 = \frac{\lambda t_1}{(1 - e^{-\lambda t_1}) e^{-\lambda t_2}} \frac{S_0}{(1 - e^{-\lambda t_3}) S_1} \cdot A_1 \cdot t_1,$$

где  $t_1$  - время облучения мишени,  $t_2$  - время перерыва между облучением и измерением спектра,  $t_3$  - время набора  $\gamma$ -спектра облученной мишени,  $t_1$  - время набора  $\gamma$ -спектра эталонного источника,  $\lambda$  - постоянная распада,  $S_0$  - площадь выделенного пика  $\gamma$ -спектра мишени,  $S_1$  - площадь соответствующего пика эталонного источника,  $A_1$  - активность источника. На рис. 2

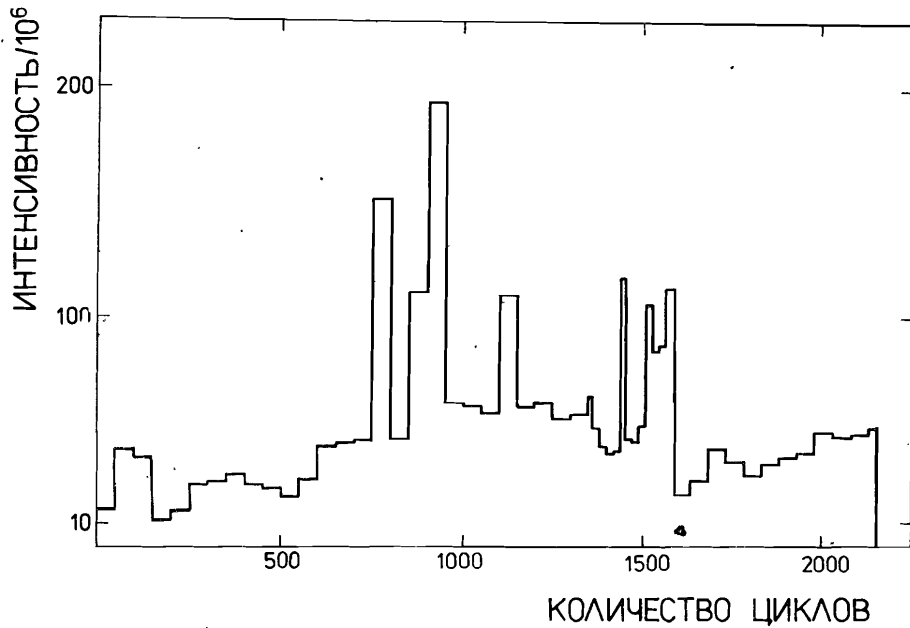


Рис. 1. Изменение интенсивности первичного пучка во время сеанса на ядрах углерода, измеренное по показаниям камеры КНТ-8, расположенной в конверторе в точке с координатами (Z, R) - (44,0).

для иллюстрации приведен спектр наведенной  $\gamma$ -активности облученной Al-мишени. Сечение исследуемой реакции определялось по наиболее интенсивной  $\gamma$ -линии ядра  $^{24}\text{Na}$  с энергией 1368,5 кэВ. Площадь этого основного пика ядра  $^{24}\text{Na}$  сравнивалась с площадью пика 1332,5 кэВ эталонного источника  $^{60}\text{Co}$ . Площади под спектральными линиями вычислялись с ошибкой, не превышающей 5%. Спектры облученной мишени и эталонного  $\gamma$ -источника измерялись в идентичных геометриях. С учетом этого различие эффективностей регистрации  $\gamma$ -линий 1368,5 кэВ ( $^{24}\text{Na}$ ) и 1332,5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) можно пренебречь.

Усредненное по всем измерениям полное сечение реакции  $^{27}\text{Al} \times (^{12}\text{C}, X)^{24}\text{Na}$  составляет  $19,0 \pm 1,5$  мбн. Эта величина коррелирует с полученным в работе [67] значением  $19,4 \pm 3,9$  мбн, измеренным при энергии ядер  $^{12}\text{C}$  2,1 ГэВ/нуклон. Отметим, что при энергии 1,0 ГэВ/нуклон было найдено значение сечения исследуемой реакции 24,5 мбн [7].

Чтобы сравнить результаты и проверить правильность нашего экспериментального подхода, мы тем же самым методом определили

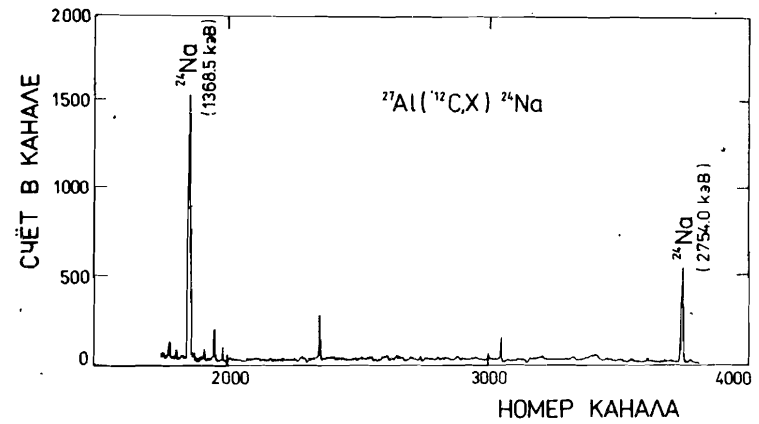
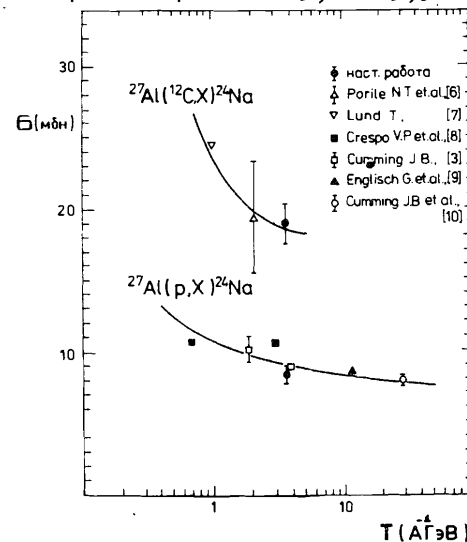


Рис. 2. Спектр  $\gamma$ -квантов  $^{24}\text{Na}$ , образующегося в реакции  $^{27}\text{Al}(^{12}\text{C}, X)^{24}\text{Na}$  при энергии 3,65 ГэВ/нуклон.

значение полного сечения реакции  $^{27}\text{Al}(p, X)^{24}\text{Na}$  при энергии протонов 3,65 ГэВ. В этом эксперименте были облучены идентичные алюминиевые мишени, и использована та же самая мониторинговая система, измерения  $\gamma$ -квантов проводились с использованием той же аппаратуры, в тех же геометрических условиях. Интегральная интенсивность пучка протонов, определенная методом, предложенным в работе [4], составляла  $4,5 \cdot 10^{11}$ . Сечение реакции  $^{27}\text{Al}(p, X)^{24}\text{Na}$  при энергии 3,65 ГэВ, усредненное по всем измерениям, составляет  $8,3 \pm 0,7$  мбн. Оно коррелирует с приведенными ранее в работах [8, 37] значениями 10,7 и 9,0 мбн при энергиях протонов 3,0 и 3,9 ГэВ соответственно. Ход энергетических зависимостей полных сечений реакций  $^{27}\text{Al}(p, X)^{24}\text{Na}$



в диапазоне энергий  $0,7 \div 28,0$  ГэВ [8, 8-10] показан на рис. 3, где также приведены имеющиеся значения сечений реакции  $^{27}\text{Al}(^{12}\text{C}, X)^{24}\text{Na}$ .

Рис. 3. Сечение реакций  $^{27}\text{Al} \times (^{12}\text{C}, X)^{24}\text{Na}$  и  $^{27}\text{Al}(p, X)^{24}\text{Na}$  в зависимости от энергии налетающих частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ритсон Д. Экспериментальные методы в физике высоких энергий, М.: Наука, 1964.
2. Reus U., Westmeier W. - Atomic Data and Nuclear Data Tables, 1983, 29, p.1-406.
3. Cumming J.B. - Ann.Rev.Nucl.Sci., 1963, 13, p.261.
4. Дьяченко В.М. и др. Сообщение ОИЯИ, 13-87-371, Дубна, 1987.
5. Кондратьев В.П., Краснов Л.В. - ЯФ, 1984, т.40, с.1371.
6. Porile N.T., Cole G.D., Rudy C.R. - Phys.Rev., 1979, C19, p.2288.
7. Ссылка [7] в: MaGaughey P.L. et al. - Phys.Rev., 1985, C31, p.896.
8. Crespo V.P., Alexander J.M., Hyde E.K. - Phys.Rev., 1963, 131, p.1765.
9. Englisch G., Yu Y.W., Porile N.T. - Phys.Rev., 1974, C10, p.2281.
10. Cumming J.B., Agoritsas V., Wittkover R. - Nucl.Instr. Meth., 1981, 180, p.37.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1987 года.

Дамдинсүрэн Ц. и др.  
Измерение полного сечения реакции  $^{27}\text{Al} (^{12}\text{C}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$   
при энергии 3,65 ГэВ/нуклон

P1-87-932

Приведены результаты измерения полного сечения реакции  $^{27}\text{Al} (^{12}\text{C}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$  при энергии 3,65 ГэВ/нуклон. Мониторирование потока ускоренных ядер осуществлялось методом, основанным на регистрации нейтронов, образующихся в конверторе под действием первичного пучка. Кроме того, тем же самым экспериментальным методом было измерено полное сечение реакции  $^{27}\text{Al} (\text{p}, \text{X}) \text{X}$   $^{24}\text{Na}$  при той же самой энергии. Полученные значения сечений  $19,0 \pm 1,5$  мбн и  $8,3 \pm 0,7$  мбн в случае ядер углерода и протонов соответственно сравниваются с имеющимися данными при других энергиях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Damdinsuren C. et al.  
Total Cross Section Measurement of the Reaction  
 $^{27}\text{Al} (^{12}\text{C}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$  at 3.65 GeV/nucleon

P1-87-932

The results of the total cross section measurement of the reaction  $^{27}\text{Al} (^{12}\text{C}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$  at 3.65 GeV/nucleon are presented. The beam flux has been monitored by means of the detection of neutrons formed in interaction of primary beam with a converter. Moreover, the cross section of the  $^{27}\text{Al} (\text{p}, \text{X}) ^{24}\text{Na}$  reaction at 3.65 GeV has also been measured by the same experimental technique. The values of cross sections  $19.0 \pm 1.5$  mb and  $8.3 \pm 0.7$  mb for  $^{12}\text{C}$ -ions and protons, respectively, are compared with previous data at other energies.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987