

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5164 / 82

25/10-82

1-82-553

М.Х.Аникина, Г.Л.Варденга, А.И.Голохвастов,
А.А.Кузнецов, Ю.Лукстыньш, П.К.Маньяков,
Э.О.Оконов, С.А.Хорозов

СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ЯДЕР НЕОНА С ЯДРАМИ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1982

Измерение сечений неупругого взаимодействия ^{22}Ne /4,1 ГэВ/с на нуклон/ с ядрами С, Al, Cu, Pb было выполнено на пучке медленного вывода синхрофазотрона ОИЯИ. Схема измерения приведена на рис.1. Сцинтилляционный счетчик S_1 ($30 \times 40 \times 1 \text{ мм}^3$) предназначен для идентификации пучковых частиц по заряду и для управления схемой линейных ворот. Счетчик S_2 , расположенный за мишенью, регистрирует энергию, выделенную в сцинтилляторе ($150 \times 150 \times 10 \text{ мм}^3$) вторичными частицами /либо ядром неона, если оно прошло через мишень без взаимодействия/. Амплитудное разрешение счетчика S_2 /полная ширина на половине высоты/ для ядер неона было около 15%.

Возможность измерения сечений неупругого взаимодействия ядер неона в такой постановке эксперимента основана на том, что энерговыделение в S_2 от ядер неона существенно больше, чем от продуктов взаимодействия ядра в мишени. Так, например, 10 быстрых однозарядных частиц выделяют энергию ~ 20 МэВ, 5 двухзарядных ~ 40 МэВ, в то время как ядро неона теряет ~ 200 МэВ. Из возможных продуктов взаимодействия в мишени наибольшие потери энергии / ~ 160 МэВ/ имеют быстрые фрагменты неона с $z = 9$. Однако относительная частота таких реакций мала /см.ниже/, а амплитудное разрешение счетчика S_2 позволяет разделить пики, соответствующие $z = 9$ и $z = 10$. В случае, когда ни одна из вторичных частиц не попала в S_2 , анализатор дает отсчет в "нулевой канал".

Введем следующие обозначения:

N_0 - число отсчетов во всех каналах /включая "нулевой"/ в эксперименте с мишенью,

N'_0 - то же в эксперименте без мишени,

N - число отсчетов в пике, соответствующем $z = 10$, в эксперименте с мишенью,

N' - то же в эксперименте без мишени.

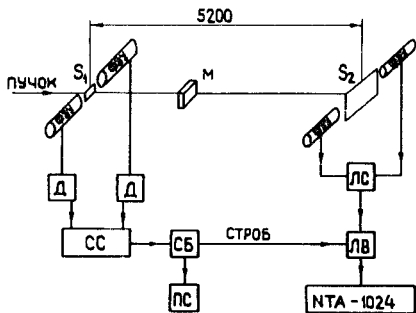


Рис.1. Схема измерения сечений. S_1 , S_2 - сцинтилляционные счетчики, М - мишень, Д - дискриминатор, СС - схема совпадений, СВ - система временной блокировки, ЛС - счетчик импульсов, ЛВ - линейный сумматор, ЛВ - линейные ворота, NTA-1024 - амплитудный анализатор.

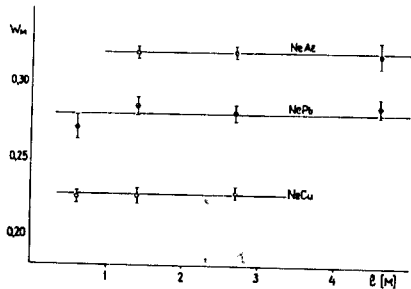


Рис.2. Величина W_M /см.формулу /1/ в тексте/, полученная при разных расстояниях между мишенью и счетчиком S_2 .

Тогда вероятность W_M взаимодействия ядра-снаряда в мишени

$$W_M = \frac{W_{B3} - W_{\Phi}}{1 - W_{\Phi}} \quad /1/$$

Здесь

$$W_{B3} = \frac{N_0 - N}{N_0}, \quad W_{\Phi} = \frac{N'_0 - N'}{N'_0}.$$

Значения сечений неупругого взаимодействия, полученные по экспериментальным спектрам в разных вариантах определения величины $N(N')$ /аппроксимация левой стороны пика кривой Гаусса, выбор в качестве границы между пиками, соответствующими $z = 9$ и $z = 10$, минимума числа отсчетов и др./, различаются между собой не более чем на 1,5%. Правильность процедуры нахождения величины $N(N')$ подтверждается также отсутствием зависимости величины W_M от расстояния между мишенью и счетчиком S_2 /рис.2/. Изменение телесного угла счетчика относительно мишени приводит к изменению спектра потерь энергии от вторичных частиц /за счет изменения числа частиц, попадающих в S_2 / и - в случае некорректной процедуры определения величины $N(N')$ - к зависимости ее от телесного угла. Рис.2 демонстрирует отсутствие указанного эффекта.

В сечения неупругого взаимодействия, полученные по найденной величине W_M /формула /1//, должна быть введена поправка, учитывающая то обстоятельство, что счетчик S_2 регистрирует фрагменты ^{22}Ne с $z = 10$ /т.е. ^{21}Ne , ^{20}Ne , .../ так же, как и непровазимодействовавшие в мишени ядра ^{22}Ne . Эта поправка была введена в предположении, что вероятность потери одного нейтрона /или нескольких нейтронов/ ядром неона близка к вероятности потери одного протона /или одного протона и нескольких нейтронов/, т.е. что сечение процесса $^{22}\text{Ne}_{10} \rightarrow ^{21}\text{Ne}_{10}$, $^{20}\text{Ne}_{10}$, ... приблизительно равно сечению процесса $^{22}\text{Ne}_{10} \rightarrow ^{21}\text{F}_9$, $^{20}\text{F}_9$, На основании оценки выхода изотопов фтора, сделанной по полученным в эксперименте спектрам, в сечения неупругого взаимодействия были введены следующие поправки: + (2,5 ± 1,5) % для легких (C, Al) и + (1,5 ± 1,0) % для тяжелых (Cu, Pb) мишеней.

В результате проведенного анализа были получены следующие величины сечений неупругого взаимодействия:

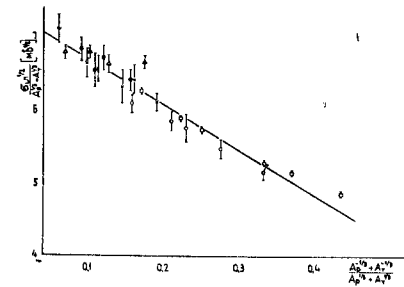


Рис.3. Экспериментальные данные по сечениям неупругого взаимодействия: ● - ^{22}NeA /данная работа/, ◊ - NeA , × - CA /4/, Δ - OA /3/, □ - PA /5/. Прямая линия - формула /2/ с параметрами $R_0 = 1,30$ Фм и $\beta = 0,93$.

$$\begin{aligned} \sigma_{in}(^{22}\text{Ne C}) &= 1060 \pm 50 \text{ мб}, \\ \sigma_{in}(^{22}\text{Ne Al}) &= 1520 \pm 70 \text{ мб}, \\ \sigma_{in}(^{22}\text{Ne Cu}) &= 2150 \pm 100 \text{ мб}, \\ \sigma_{in}(^{22}\text{Ne Pb}) &= 3900 \pm 200 \text{ мб}. \end{aligned}$$

В работе /1/ уже отмечалось, что аппроксимация сечений неупругого взаимодействия ядер с ядрами формулой из работы /2/

$$\sigma_{in} = 10 \pi R_0^2 (A_P^{1/3} + A_T^{1/3} - \beta)^2,$$

где R_0 /ферми/ и β - свободные параметры, σ_{in} - в мб, не является полностью удовлетворительной. Лучше описывает зависимость сечений от атомных весов A_P и A_T сталкивающихся ядер формула, приведенная в /3/:

$$\sigma_{in} = 10 \pi R_0^2 [A_P^{1/3} + A_T^{1/3} - \beta (A_P^{-1/3} + A_T^{-1/3})] \quad /2/$$

На рис.3 приведены экспериментальные данные по сечениям неупругого взаимодействия $^{22}\text{Ne} + A$ вместе с данными других работ. Величины, отложенные по осям координат, выбраны так, чтобы зависимость $\sigma_{in}^{1/2} (A_P^{1/3} + A_T^{1/3})$ от $(A_P^{-1/3} + A_T^{-1/3}) / (A_P^{1/3} + A_T^{1/3})$ была линейной /в соответствии с формулой /2//. Рис.3 показывает, что приведенные экспериментальные данные по сечениям неупругого взаимодействия ядер с ядрами за исключением точки $^{16}\text{O} + \text{C}$ из /3/ хорошо описываются формулой /2/ с параметрами $R_0 = 1,30$ Фм и $\beta = 0,93$. Сечения неупругого протон-ядерного взаимодействия, начиная с $A \sim 20$, также неплохо описываются формулой /2/ /см.рис.3/.

Приведем еще практически удобные степенные аппроксимации сечений неупругого взаимодействия ядер ^4He , ^{12}C и ^{22}Ne с ядрами:

$$\sigma_{in}(^4\text{HeA}) = 112 A^{0,57},$$

$$\sigma_{in}(^{12}\text{CA}) = 244 A^{0,47},$$

$$\sigma_{in}(^{22}\text{NeA}) = 380 A^{0,42}$$

Эти аппроксимации в интервале изменения A от 1 до ~ 200 согласуются с экспериментальными данными с точностью около 5%.

Авторы благодарны дирекции ЛВЭ и особенно И.Н.Семенюшкину за внимание к работе, персоналу отдела синхрофазотрона за обеспечение надежной работы ускорителя, а также Н.Н.Графову и В.П.Садилкову за большую помощь в подготовке и проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА,

1. Хорозов С.А. ОИЯИ, 1-80-879, Дубна, 1980.
2. Bradt H.L., Peters V. Phys.Rev., 1950, 77, p.54.
3. Heckman H.H. et al. Phys.Rev., 1978, C17, p. 1735.
4. Aksinenko V.D. et al. Nucl.Phys., 1980, A348, p.518.
5. Бобченко Б.М. и др. ЯФ, 1979, 30, с.1553.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июля 1982 года.

Аникина М.Х. и др.

1-82-553

Сечения неупругого взаимодействия ядер неона с ядрами

Описана методика измерения сечений неупругого взаимодействия ядер ^{22}Ne с ядрами. При 4,1 ГэВ/с на нуклон для сечений взаимодействия на ядрах C, Al, Cu, Pb получено соответственно: 1060 ± 50 мб, 1520 ± 70 мб, 2150 ± 100 мб, 3900 ± 200 мб. Приводятся аппроксимации зависимости сечений неупругого взаимодействия от атомных весов сталкивающихся ядер.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Anikina M.Ch. et al.

1-82-553

The Cross Sections of Inelastic Interaction
of Neon Nuclei with Nuclei

The cross sections of inelastic interaction of ^{22}Ne with C, Al, Cu and Pb targets have been measured at an incident momentum of 4.1 GeV/c per nucleon. The following results have been obtained: 1060 ± 50 mb; 1520 ± 70 mb; 2150 ± 100 mb and 3900 ± 200 mb, respectively. The approximation of the dependence of the cross sections on the mass numbers of interacting nuclei and the measurement procedure are presented.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.