



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIII Международная научная конференция
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»

The XIII International Scientific Conference
for Students and Young Scientists
«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»



12th April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2018»
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS
of the XIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2018»**

2018 жыл 12 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-997-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2018

экспериментальном комплексе «Гроза». // Журнал технической физики. -2007. -Том 77, Вып.11. - С.109-114.

4. Морзабаев А.К., Махмутов В.С., Гиниятова Ш.Г. и др. Детектор космических лучей CARPET // Вестник КазНИТУ.- Алматы. -2017. №3. -С. 505-509.

5. Морзабаев А.К., Махмутов В.С., Гиниятова Ш.Г., Шаханова Г.А. Исследование вариаций космических лучей в ноябре 2016 г. по экспериментальным данным детектора CARPET (Астана). Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. -2017. №2 (112) –С. 142-146.

6. Morzabaev A., Giniyatova Sh., Shakhanova G., Makhmutov V. et al. Анализ вариации космических лучей, зарегистрированные в январе-феврале 2017 года на детекторе CARPET(ASTANA). X Международная научная конференция «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент». Алматы, -2017. -С. 48-51.

УДК 539.1.07

ОСОБЕННОСТИ ЛЕГКИХ СЛАБОСВЯЗАННЫХ ЯДЕР ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Алина Рита Ажимуратовна

Магистрант Международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологии ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – Кутербеков К.А.

Исследование взаимодействия тяжелых ионов, в их числе легких слабосвязанных (кластерных и экзотических) ядер, в настоящее время является актуальной и активно развивающейся областью современной ядерной физики [1, 2]. Изучение свойств ядерной материи в экстремальных состояниях дает важную информацию о свойствах микромира, что позволяет также моделировать различные процессы в ядерной астрофизике.

В настоящее время, экспериментальные данные по взаимодействию легких слабосвязанных ядер, полученные с использованием передовой ускорительной техники (пучков с радиоактивными ядрами), являются основным источником новой непосредственной информации о структуре (структурных характеристиках) ядер и механизмах ядерных реакций [3].

Исследование особенностей взаимодействия нейтроноизбыточных изотопов ядер He и Li в настоящее время представляет значительный интерес. Малое количество протонов Z и нейтронов N, а также широчайший диапазон величин их отношение N/Z [0,5-3,0] и [1-2,67] для изотопов ${}^4\text{He}$ и ${}^{6-11}\text{Li}$ соответственно создают уникальные условия для тестирования различных микроскопических моделей ядерных реакций. Одними из фундаментальных измеряемых физических величин, которые могут быть доступны для измерения экспериментально, являются величины полных сечений реакций σ_R . Существенный интерес представляет энергетическая зависимость сечения реакции $\sigma_R(E)$, в частности, особенности функции энергетической зависимости. Так, в работе [4] были измерены величины сечения реакции ${}^6\text{He} + {}^{\text{nat}}\text{Si}$ и на основании этого получено указание на существование «бампа» - локального превышения над теоретическими предсказаниями величины сечения в области значений энергии 10-20 А МэВ. Настоящая работа является продолжением данных исследований и представляет результаты измерений сечений реакции ${}^6\text{He} + {}^{\text{nat}}\text{Si}$ и ${}^9\text{Li} + {}^{\text{nat}}\text{Si}$ проведенных по модифицированной трансмиссионной методике, а также результаты их теоретического анализа.

Эксперимент проводился на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА на пучке циклотрона У-400М Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова ОИЯИ. Вторичный пучок продуктов реакции фрагментации пучка ${}^{11}\text{Be} = 32$ МэВ ускорителя У-400 ЛЯР ОИЯИ формировался и отчищался магнитной системой ахроматического фрагмент-сепаратора АКУЛИНА [5], которая оснащена восьмиметровой времяпролетной транспортной линией (TOF) для идентификации частиц (рисунок 8). На выходе фрагмент-сепаратора пучок представлял

смесь частиц ${}^6\text{He}$, ${}^8,9\text{Li}$ интенсивностью $Y \sim 10^3 \text{ c}^{-1}$. Величина интенсивности ограничивалась во избежание эффекта наложения импульсов в dE -детекторах телескопа. Время-пролетный детектор образуется из двух однотипных модулей, размещенных на прямолинейном участке сепаратора $F3-F4$, образуя базу измерений. Детектор позволяет измерить время пролета каждого проходящего иона пучка и идентифицировать его по методу dE - TOF , с возможностью отбраковки событий наложения ионов в одном микробанке. Основными примесями вторичного пучка были ионы дейтерия и трития.

Энергия пучка варьируется магнитной системой фрагмент-сепаратора в пределах $E \sim (5-30) \text{ МэВ/нуклон}$ – без потери интенсивности. Дополнительное изменение энергии пучка с мелким шагом проводилось с помощью водородосодержащих CH_2 поглотителей и/или подборкой толщин детекторов dE_0 , dE_1 . Это позволяло изменять и измерять энергию частиц пучка в каждом событии пролета их в мишень.

Таким образом, частицы последовательно проходили через детекторы время пролетной системы TOF сепаратора АКУЛИНА, CH_2 поглотители, dE_0 , dE_1 и dE_{AK} – «идентификационные» и «активный коллиматор» детекторы телескопа, соответственно. Экспериментальная установка схематически представлена на рисунке 19.

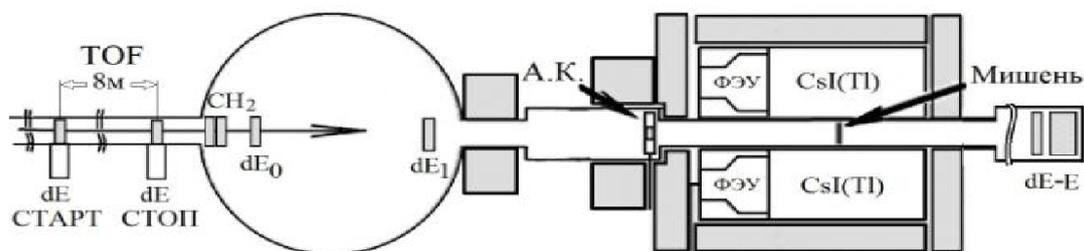


Рисунок 1 – Схема эксперимента по измерению ПСР с пучками ${}^8,9\text{Li}$ методом 4π-сцинтилляционного γ -спектрометра

Идентификация частиц пучка проводилась по энергетическим потерям частиц в данных детекторах и времени пролета T_{TOF} . На рисунке 2 представлены двумерные спектры $dE_0 \times dE_1$ (слева), $dE_0 \times T_{TOF}$ (центр) и $dE_0 \times dE_{AK}$ (справа). Контура в двумерных спектрах $dE_0 \times T_{TOF}$ и $dE_0 \times dE_{AK}$ определяли I_0 ансамбль событий падения ${}^8,9\text{Li}$ частиц на центр мишени.

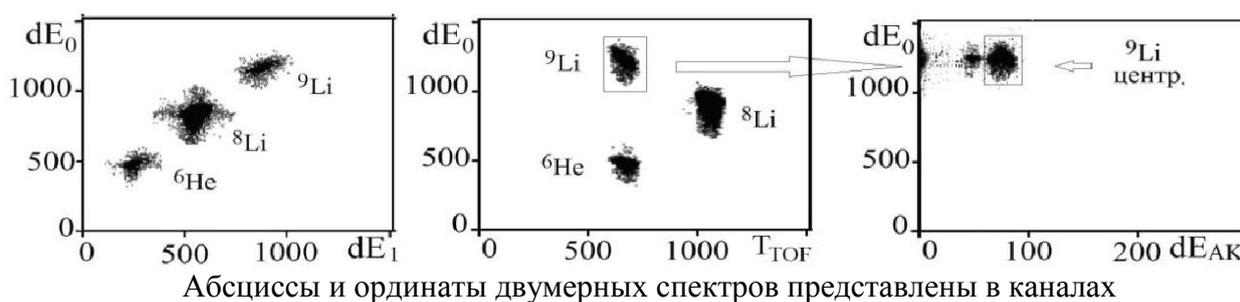


Рисунок 2 – Двумерные спектры идентификационных детекторов $dE_0 \times dE_1$, $dE_0 \times T_{TOF}$ и $dE_0 \times dE_{AK}$

Мишень dE (одновременно и dE Si-детектор толщиной 500 мкм) располагалась в центре чувствительной зоны γ -спектрометра, в то время как все другие dE -детекторы телескопа были окружены Рb-защитой и вынесены за чувствительную зону γ -спектрометра. За мишенью располагались dE_3 - и E - детекторы телескопа также в $(n-\gamma)$ -защите. Старт системы сбора производился для каждого события пролета частицы через dE_1 -детектор. Детекторы γ -спектрометра регистрировали нейтроны и γ -кванты – в совпадении с стартовым dE_1 -детектором. Количество событий реакции ΔR из предварительно выбранного ансамбля

событий I_0 определялось условием превышения порога регистрации в любом из γ -детекторов. Таким образом, величина ПСР вычислялась, согласно (29) из полученных в результате измерения величин I_0 и ΔR .

Для прямого измерения величин полных сечений реакций разработана и реализована новая трансмиссионная методика с применением 4 π -сцинтилляционного γ -спектрометра. γ -спектрометр - собран из шести γ -детекторов, выполненных из неорганического сцинтиллятора CsI(Tl). Каждый детектор состоит из сцинтиллятора в виде прямой призмы высотой 14 см, в основание которой лежит правильный шестиугольник с радиусом описанной окружности 10 см, и фотоумножителя ФЭУ-110, оптически соединенного с торцом призмы CsI(Tl). Поверхность каждого сцинтиллятора отполирована и покрыта светоотражающей пленкой Tyvek® DuPont™, Wilmington, DE [6] толщиной 150 мкм в два слоя. Сцинтиллятор помещен в герметичный корпус из светозащитного пластика толщиной 1 мм. Такой метод позволил напрямую измерять и учитывать выход всех основных каналов ядерных реакций за счет их регистрации в полной геометрии. Благодаря этому обеспечена достоверность, обоснованность, малая погрешность и воспроизводимость экспериментальных результатов. Важнейшими характеристиками γ -спектрометра, определяющими его эффективность, являются световой выход и энергетический выход сцинтилляции. В нашем случае эффективность регистрации γ -квантов составляла 80%.

Измерения полных сечений реакций ${}^6\text{He}+\text{Si}$ и ${}^9\text{Li}+\text{Si}$ проводились на пучках, состоящих из смеси частиц ${}^6\text{He}$ и ${}^9\text{Li}$. Результаты измерения полных сечений реакций ${}^6\text{He}+\text{Si}$ и ${}^9\text{Li}+\text{Si}$ представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1.

Полные сечения реакции ${}^6\text{He}+\text{Si}$

Е, А МэВ	14,1 \pm 1,1	16,1 \pm 1,0	17,9 \pm 0,9	19,9 \pm 0,8	25,1 \pm 0,8
σ , мб	184 \pm 84	1711 \pm 76	1805 \pm 88	1629 \pm 79	1640 \pm 83

Таблица 2.

Полные сечения реакции ${}^9\text{Li}+\text{Si}$

Е, А МэВ	σ , мб	Е, А МэВ	σ , мб	Е, А МэВ	σ , мб
7,0 \pm 2,5	1720 \pm 113	16,5 \pm 1,4	1993 \pm 73	21,6 \pm 1,1	1979 \pm 68
11,5 \pm 1,8	2016 \pm 128	18,2 \pm 1,3	2102 \pm 108	23,7 \pm 1,0	1913 \pm 57
14,8 \pm 1,5	2045 \pm 148	19,6 \pm 1,2	2024 \pm 64	25,8 \pm 1,0	1838 \pm 65

Результаты работ по измерению полных сечений реакций ${}^6\text{He}+\text{Si}$ и ${}^9\text{Li}+\text{Si}$ представлены на рис.3. Для наглядности приведены также сглаживающие кривые, построенные с помощью кубических сплайнов [12]. Величины полных сечений реакций ${}^6\text{He}+\text{Si}$, измеренные с помощью модифицированной трансмиссионной методики многослойного телескопа, в пределах ошибок согласуются с результатами работ [2, 3] (см. рис. 3а), в которых измерения проводились посредством трансмиссионной методики многослойного телескопа. Сечение с ядром ${}^4\text{He}$ во всем исследованном диапазоне энергии, что может быть объяснено большими размерами ядра ${}^6\text{He}$. Проведенные в тех же условиях измерения сечения реакции ${}^9\text{Li}+\text{Si}$, как настоящей работы, так и работы [5], показали, что зависимость полного сечения реакции ${}^9\text{Li}+\text{Si}$ от энергии имеет ярко выраженную особенность. Превышение сечения ядер ${}^9\text{Li}$ по сравнению с ${}^7\text{Li}$ наблюдается в узком диапазоне энергий 10-30 А МэВ. Анализ данного эффекта с помощью микроскопического комплексного фолдинг- потенциала [13], а также в рамках оптической модели в работе [14] не позволил удовлетворительно объяснить наблюдаемые особенности поведения полного сечения в зависимости от энергии. В настоящей работе для расчета сечения реакции оптическая модель дополнена расчетами на

основе численного решения нестационарного уравнения Шредингера для внешних нейтронов ядер-снарядов.

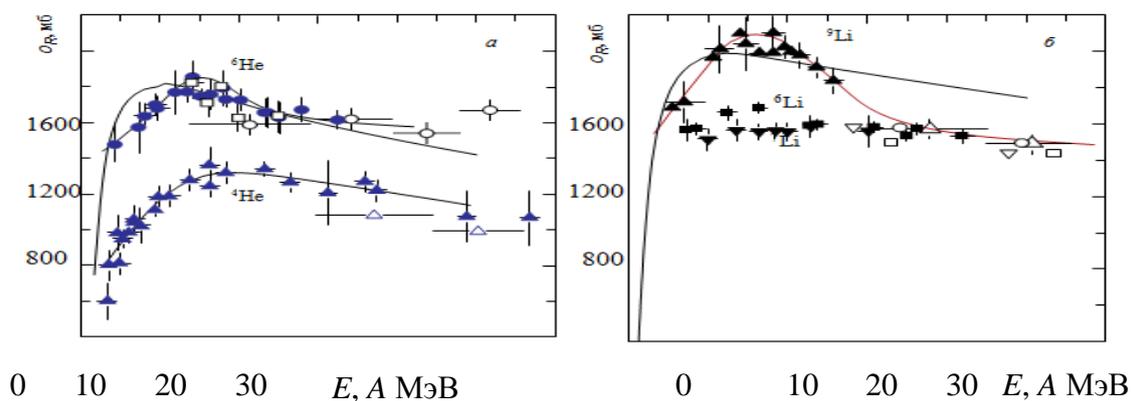


Рис. 3. Полные сечения реакций $\sigma_R(E)$ $^{4,6}\text{He}+\text{Si}$ (а) и $^{6,7,9}\text{Li}+\text{Si}$ (б) в зависимости от энергии налетающих частиц

Экспериментальные данные по взаимодействию слабосвязанных ядер, полученные с использованием передовой ускорительной техники (вторичных пучков с радиоактивными ядрами), являются основным источником новой непосредственной информации о структурных характеристиках ядер и механизмах ядерных реакций в области низких энергий.

Структурные особенности легких ядер с большим избытком нейтронов заметным образом проявляются в их функциях возбуждения сечений взаимодействия. Особый интерес к их экспериментальному изучению связан со стремлением обнаружить новые характерные особенности в энергетической зависимости полных сечений реакций.

Список использованных источников

1. Satchler G.R. Direct Nuclear Reactions. – New York – Oxford: Oxford University Press.–1983; Барретт Р., Джексон Д. Размеры и структура ядер // Киев: Наукова думка. –1981. –420 С.
2. Tanihata I., Hamagaki H., Hashimoto O. et.al. Measurements of interaction cross sections and nuclear radii in the light p-shell region // Phys. Rev. Lett. –1985. –V. 55. – P. 2676; Tanihata I. Nuclear studies with secondary radioactive beams // Nucl. Phys. –1988. – V. A488. – P. 113 – 126.
3. Penionzhkevich Yu. E., Sobolev Yu. G. Total reaction cross section excitation function studies for ^6He interaction with ^{181}Ta , ^{59}Co , $^{\text{nat}}\text{Si}$, ^9Be nuclei. // Exotic Nuclei // Proceeding. VII International Symposium on Exotic Nuclei EXON-2014 (Kaliningrad. Russia. 08-13 September 2014). New Jersey. London. Singapor: Word Scientific. –2015. – P.3 – 759. Пенионжкевич Ю. Экзотические ядра. // Природа. №11 (1143) –2010–С.3–13
4. Соболев Ю.Г. и др. Энергетическая зависимость полного сечения реакции $^{4,6}\text{He}$ и $^{7}\text{Li}+^{28}\text{Si}$ при $E=5\text{-}50\text{МэВ/нуклон}$ // Изв.РАН. Сер. физ. 2005. Т. 69, вып.11.С.1603-1607.
5. Rodin A.M. et. al. Status of ACCULINA Beam Line // Nucl. Instr. Meth. B. 2003. V. 204. P. 114-118
6. Tyvek DuPont, Wilmington, DE // <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibers-nonwovens/protective-fabrics/brands/tyvek.html>
7. Марчук Г. И., Методы вычислительной математики (Наука, Москва, 1980)
8. Лукьянов К. В., Земленая Е. В., Лукьянов В. К. и др., Изв. РАН. Сер. Физ. 72, 382 (2008) [Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 72. 356 (2008)]
9. Кабдрахимова Г. Д., Соболев Ю. Г., Кухтина И. Н. и др., Яф 80, 33 (2017) [Phys. Atom. Nucl. 80, 32 (2017)].