

ISSN 2616-6836

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

**BULLETIN**

of the L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

**ВЕСТНИК**

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ** сериясы

**PHYSICS. ASTRONOMY** Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(123)/2018

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2018

Astana, 2018

*Бас редакторы*  
ф.-м.ғ. докторы  
**А.Қ. Арынгазин** (Қазақстан)

*Бас редактордың орынбасары*

**А.Т. Ақылбеков**, ф.-м.ғ.д., профессор  
(Қазақстан)

*Редакция алқасы*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Даулетбекова А.Қ.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Ержанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
<b>Жұмаділов Қ.Ш.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Здоровец М.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Қадыржанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Кутербеков Қ.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Лушик А.Ч.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Мырзақұлов Р.Қ.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Нұрахметов Т.Н.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Астана қ., Сатпаев к-сі, 2, 408 б.  
Тел.: (7172) 709-500 (ішкі 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Жауапты хатшы, компьютерде беттеген:*  
А. Нұрболат

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы.**  
**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК  
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен  
тіркелген. 27.03.2018ж. №16999-ж тіркеу куәлігі.

Тиражы: 20 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі, 12/1,  
тел.: (7172)709-500 (ішкі 31-428)

*Editor-in-Chief*  
Doctor of Phys.-Math. Sciences  
**A.K. Aryngazin** (Kazakhstan)

*Deputy Editor-in-Chief*

**A.T. Akilbekov**, Doctor of Phys.-Math. Sciences,  
prof. (Kazakhstan)

*Editorial board*

<b>Aldongarov A.A.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Balapanov M.Kh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Bakhtizin R.Z.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Dauletbekova A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
<b>Giniyatova Sh.G.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kadyrzhanov K.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Kainarbay A.Zh.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kuterbekov K.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Lushchik A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Estonia)
<b>Morzabayev A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Myrzakulov R.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Nurakhmetov T.N.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Sautbekov S.S.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Tleukenov S.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Useinov A.B.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Yerzhanov K.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD(Kazakhstan)
<b>Zdorovets M.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Zhumadilov K.Sh.</b>	PhD (Kazakhstan)

*Editorial address:* 2, Satpayev str., of.408, Astana, Kazakhstan, 010008  
Tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Responsible secretary, computer layout:*  
A.Nurbolat

**Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University.**  
**PHYSICS. ASTRONOMY Series**

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Circulation: 20 copies

Address of printing house: 12/1 Kazhimukan str., Astana, Kazakhstan 010008;

tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)

*Главный редактор*  
доктор ф.-м.н.  
**А.К. Арынгазин** (Казахстан)

*Зам. главного редактора*

**А.Т. Акилбеков**, доктор ф.-м.н.  
профессор (Казахстан)

*Редакционная коллегия*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Даулетбекова А.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Ержанов К.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Жумадилов К.Ш.</b>	доктор PhD (Казахстан)
<b>Здоровец М.</b>	к.ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кадыржанов К.К.</b>	ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кутербеков К.А.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.н., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Мырзакулов Р.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Нурахметов Т.Н.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Казахстан)

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2, каб. 408  
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Ответственный секретарь, компьютерная верстка:*  
А. Нурболат

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.**  
**Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 20 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажимукана, 12/1,  
тел.: (7172)709-500 (вн. 31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№2(123)/2018

МАЗМҰНЫ

**ФИЗИКА**

<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Ядролық физика эксперименттеріне жұқа қатты мақсаттарды қабылдау және қолдану	8
<i>Амангелді С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Мембраналық дистилляция процесіне арналған тректі мембраналарды кремний нанобөлшектерімен түрлендіру	15
<i>Жұмадилов Қ.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.Қ.</i> Тіс эмалін ЭПР әдісімен зерттеу арқылы уранөндіруші кәсіпорын қызметкерлерінің ішкі альфа-сәулелену дозасын бағалау	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> CRYSTAL бағдарламасын қолдана отырып ZnO-дағы зарядталған дефектілерді <i>ab-initio</i> есептеулер	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А., Оралбеков Н.Б.</i> ZnO кристалдарындағы акцепторлық қоспалардың зарядты өтілу деңгейлері. Бірінші қағидалардан есептеулер.	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Бериллий тотығы ұнтағы мен шликерлік құю әдісімен бериллий керамикасын алудың технологиялық ерекшеліктері	41
<i>Тогабаев Е.Т., Өтепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Минералданған суды тұссыздандырудың технологиялық сұлбасын өңдеу және қондырғының инженерлік есебінің материалдық балансын құрастыру	50

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.  
ASTRONOMY SERIES

№2(123)/2018

CONTENTS

PHYSICS	
<i>Amangeldi N., Temerbayev A.A., Aimagambetov A.S., Mauey B., Kok Ye., Yergaliuly G., Akylbekova A.A., Zhumasseit A.G</i> Producing and application of thin solid targets for nuclear physics experiments	8
<i>Amangeldi S.O., Korolkov I.V., Zdorovets M.V.</i> Modification of Track Membranes by Silicon Nanoparticles for Membrane Distillation	15
<i>Zhumadilov K.Sh., Abyshv B.K., Orazalina I.S., Isa Zh.K.</i> Estimates of doses of internal alpha-irradiation of uranium mining enterprise personnel by using EPR spectroscopy of tooth enamel	21
<i>Ybyraev N.S., Usseinov A.B., Akilbekov A.T., Zdorovets M.V., Oralbekov N.B., Dukenov A.B.</i> Ab-initio calculation of charged defects in ZnO using the program CRYSTAL	27
<i>Ybyrayev N.S., Usseinov A.B., Akylbekov A.T., Zdorovets M.V., Dukenov A.B., Oralbekov N.B.</i> Levels of the charge transition of acceptor impurities in ZnO crystals. Calculations from the first principles.	33
<i>Sattinova Z.K., Zhapbasbaev U.K., Ramazanova G.I., Asilbekov B.K., Omirbayeva A.O.</i> Technological peculiarities of obtaining of powders BeO and beryllium ceramics by method of casting slurry	41
<i>Togabayev E.T., Utepbergenova L.M., Moldabayeva G.N.</i> Development of technological desalination schememineralized water and material balance for engineering calculation of the installation	50

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№2(123)/2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА	
<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Получение и применение тонких твердотельных мишеней для ядерно-физических экспериментов	8
<i>Амангелди С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Модификация трековых мембран наночастицами кремния для мембранной дистилляции	15
<i>Жумадилов К.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.К.</i> Оценки доз внутреннего альфа-облучения персонала уранодобывающего предприятия по эмали зубов методом ЭПР спектроскопии	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> Ab-initio вычисления заряженных дефектов в ZnO с использованием программы CRYSTAL	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А.Б., Оралбеков Н.Б.</i> Уровни зарядового перехода акцепторных примесей в кристаллах ZnO. Расчеты из первых принципов	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Технологические особенности получения BeO и бериллиевой керамики методом шликерного литья	41
<i>Тогабаев Е.Т., Утепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Разработка технологической схемы обессоливания минерализованных вод и составление материального баланса для инженерного расчета установки	50

# ФИЗИКА



МРНТИ 29.15.39

Н. Амангелді<sup>1</sup>, А.А. Темербаев<sup>2</sup>, А.С. Аймаганбетов<sup>3</sup>, Б. Мауей<sup>4</sup>, Е. Көк<sup>5</sup>,  
Ғ. Ергалиұлы<sup>6</sup>, А.А. Ақылбекова<sup>7</sup>, А.Ғ. Жұмасейіт<sup>8</sup>

<sup>1234678</sup> *Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан*

<sup>12345</sup> *Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан*

(E-mail: <sup>1</sup> nur@mail.ru, <sup>2</sup> adastra.77@mail.ru, <sup>3</sup> az.aimagambetov@mail.ru,

<sup>4</sup> bahytbek01@yandex.kz, <sup>5</sup> kuk.yesen@gmail.com, <sup>6</sup> gani\_ergaliuly@mail.ru,

<sup>7</sup> akylbekova.01@mail.ru, <sup>8</sup> abzal0707@gmail.com)

## Получение и применение тонких твердотельных мишеней для ядерно-физических экспериментов

**Аннотация:** Исследования структуры атомного ядра и механизмов ядерных реакций на современном этапе развития физики предъявляют повышенные требования к ядерным мишеням – одной из важнейших составляющих ядерно-физического эксперимента. Прецизионные измерения дифференциальных сечений таких реакций предполагают использование в экспериментах тонких самоподдерживающихся мишеней повышенной чистоты с точно определенным элементным составом, толщиной и однородностью. Экспериментальным путем в лаборатории физики твердого тела Междисциплинарного научно-исследовательского комплекса при ЕНУ им. Л.Н. Гумилева получены тонкие твердотельные мишени <sup>6</sup>Li, <sup>7</sup>Li для последующих применений в ядерно-физических экспериментах на ускорителе ДЦ-60. Мишень, толщина, качество изготовления являются чрезвычайно важными элементами для постановки экспериментов в ядерной физике. В работе описывается логически последовательная методика получения мишеней. Приведены краткие результаты облучения мишеней ускоренными тяжелыми ионами углерода при разных энергиях.

**Ключевые слова:** мишень, ВУП, камера, алунд, упругое рассеяние.

**Введение.** В настоящий момент повышенные требования предъявляются к ядерным мишеням одной из важнейших составляющих ядерно-физического эксперимента для исследования структуры атомного ядра и механизмов ядерных реакций. Можно выделить несколько важнейших направлений использования тонких мишеней в ядерно-физических экспериментах.

Уникальным инструментом изучения структуры атомных ядер являются реакции, проходящие с передачей нескольких нуклонов. Эти исследования открывают новые возможности для изучения механизмов ядерных реакций и получения спектроскопической информации о много нуклонных корреляциях в атомных ядрах. Измерения дифференциальных сечений таких реакций предполагают использование в экспериментах тонких самоподдерживающихся мишеней повышенной чистоты с точно определенным элементным составом, толщиной и однородностью.

Расширение исследований на пучках тяжелых ионов предъявляет очень жесткие требования к таким характеристикам мишеней как изменяемая в заданных пределах толщина, однородность по толщине и составу, химическая чистота, тип химического соединения и плоскостность. Создание тандемных ускорителей и расширение типов ускоряемых тяжелых ионов требует применения перезарядных мишеней [1].



При выборе материала для подложки мишени в первую очередь учитываются следующие факторы:

- материал подложки должен быть чистым и “мало фоновым“, то есть состоять из атомов, при облучении которых вероятность образования исследуемых продуктов реакции мала;
- ионизационные потери энергии продуктов реакции при их прохождении сквозь подложку не должны превышать потерь в самой мишени. То есть подложка должна быть очень тонкой и, в тоже время, иметь достаточную для проведения безаварийного эксперимента механическую, термическую и радиационную прочность;
- технология изготовления подложки должна быть (по возможности) простой, дешевой и доступной.

Как показывает практика, для изготовления сверхтонких подложек используется сравнительно небольшой набор технологий и веществ. Наибольшее распространение получили подложки из углерода (С), никеля (Ni) и алунда ( $Al_2O_3$ ). Для алундовых пленок, получаемых электрохимическим способом, типичные толщины подложек 0,03-0,07 ( $mg/cm^2$ ). В данной работе использовались подложки на основе соединения  $Al_2O_3$  и С углеродные подложки [2].

Для изготовления алундовых пленок используются образцы определенной формы, вырезанные из алюминиевой фольги. В целях очистки от внешних загрязнений, образцы кипятят 5 минут в растворе азотной кислоты  $HNO_3$  (65%), после чего промывают сначала в проточной воде, после в дистиллированной и просушивают, осторожно ставя ребром на чистую поверхность.

Для формирования слоя  $Al_2O_3$  в электролит (25г аммония лимоннокислого двухзамещенного на 0,5л воды) опускают мишень, закрепленную на штативе. Подают напряжение от 70 до 90 вольт (соответственно для тонких и толстых мишеней) (Рисунок 1). Далее следует промывка и просушка.

Чтобы оставить на подложке слой  $Al_2O_3$  только с одной стороны, мишень помещают в специально изготовленную форму с отверстием (рисунок 2), в которое заливают плавиковую кислоту (HF) на 3 минуты. С помощью держателя, промывают сначала форму, затем вынимают подложку и держа ребром к струе также промывают в проточной, дистиллированной воде.

И последний этап: мишень помещают в соляную кислоту HCl до тех пор, пока её центр не станет прозрачным, тем самым удаляя слой алюминия. Очень осторожно промывают, с помощью фильтра слегка убирают капли воды и помещают в специальный ящик для просушки.



Рисунок 1 – Электролитическая ячейка, предназначенная для нанесения слоя  $Al_2O_3$

При изготовлении подложек для мишеней лития на основе соединения  $Al_2O_3$ , используются индивидуальные средства защиты и соблюдаются все меры безопасности при работе с химическими веществами, электрическими приборами [3].

Так как литий - сильно окисляющийся элемент, при напылении использовалась специально изготовленная шлюзовая камера, из нержавеющей стали, которая позволяет сохранять



Рисунок 2 – Форма, предназначенная для удаления слоя  $Al_2O_3$  плавиковой кислотой с одной стороны образца

мишени в вакууме при перемещении их из ВУП (ВУП – вакуумный универсальный пост) в экспериментальную установку[4].

Перед напылением проводят приблизительные расчеты, позволяющие оценить массу вещества (в данном случае лития), которая потребуется для изготовления данной мишени с определенной толщиной.

Для этого выясняется отношение распределения вещества в камере (полусфера) к сегменту подложки, на которую напыляют исследуемый элемент. Из данного соотношения выводится пропорция, с помощью которой и находится нужная масса вещества, помещаемая в середину лодочки (изготовленной из танталовой фольги).

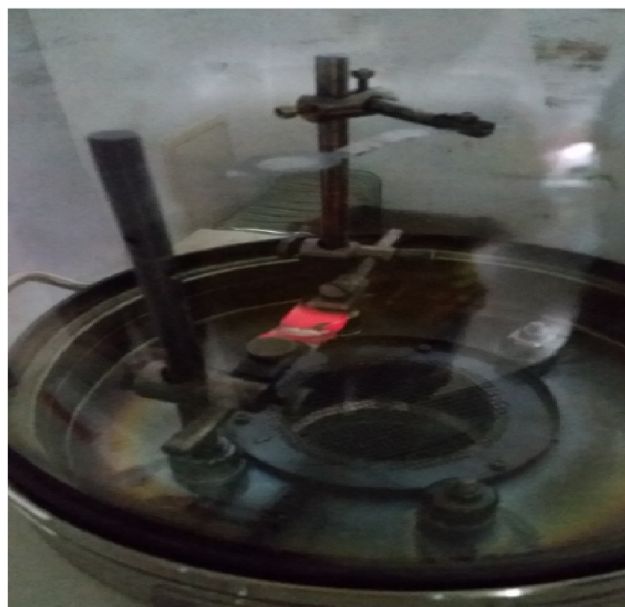


Рисунок 3 – Прогревание танталовой «лодочки».

Но так как литий предрасположен к окислению и хранится в специальном масле, перед взвешиванием его очищают (механически, протирают спиртом) и по массе берут немного больше, т.к. идеального вакуума создать невозможно, и оксидная пленка (термически устойчивая) все равно остается в виде белого налёта. Подложку закрепляют с помощью зажимов на высоте  $\sim 100$  мм от лодочки.

После откачки воздуха, на лодочку подается небольшой ток накала через лабораторный трансформатор переменного напряжения. Ток накала увеличивается постепенно, разогрев



Рисунок 4 – Напыление лития на подложку с мишенью

лодочки и лития происходит медленно и равномерно и при определенной температуре металл плавиться, а затем полностью испаряется, осаждаясь на подложке.

С помощью шлюзовой камеры изготовленная мишень, отсекается от основной камеры, оставаясь в вакууме и не окисляясь.



Рисунок 5 – Вакуумный универсальный пост и шлюзовая камера

Измерение толщин изготовленных подложек и мишеней осуществлялось на ускорительном комплексе УКП-2-1 [5].

Хорошо известно, что реакция  $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{27}\text{Si}$  при  $E_{p, \text{рез}} = 992$  кэВ имеет узкий и большой резонанс, т.е. выход гамма квантов на много больше, чем при других энергиях протонов. Этот принцип и положен в основу определения толщин пленок. При прохождении через слой лития протоны теряют частично энергию и резонанс этой реакции, которая происходит на алундной ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) пленке или на тонкой алюминиевой фольге (которая ставится позади литиевой мишени), смещается (рисунок 7). Затем, используя табличные значения тормозных величин  $S(E_p)[\text{МэВ} \cdot \text{см}^2 / \text{г}]$ , определяется толщина исследуемой пленки.

Такой метод позволял определять толщины мишеней в интервале 10 - 1000 мкг/см<sup>2</sup> с погрешностью не более 5%. На рисунке 7 показаны результаты измерений толщин пленок  $^6\text{Li}$  [6].

Определение изотопного состава мишени лития (процентное соотношение  $^6\text{Li}$  и  $^7\text{Li}$ ) также проводилось на ускорительном комплексе УКП-2-1. Для этого была изготовлена мишень LiF на подложке из окиси алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Литий в этом соединении был природным с известным изотопным составом ( $^6\text{Li} - 7,42\%$ ;  $^7\text{Li} - 92,58\%$ ).

Полученные литиевые мишени  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$  были применены в ходе ядерно-физических экспериментов на циклотроне ДЦ-60 Астанинского филиала РГП «Институт ядерной физики» для исследований структуры ядра, с помощью бомбардирующего пучка тяжелых ионов углерода  $^{12}\text{C}$  при энергиях 1.25, 1.5 и 1.75 МэВ/нуклон [7]. В результате получены энергетические спектры продуктов ядерных взаимодействий с помощью ядерной электроники и программы WinE\_dE.

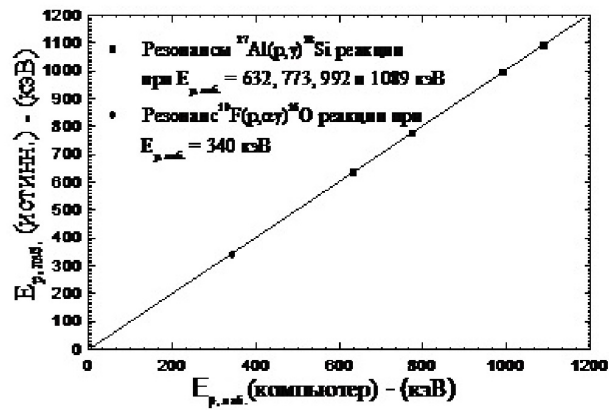


Рисунок 6 – Калибровочная прямая ускорителя УПП-2-1

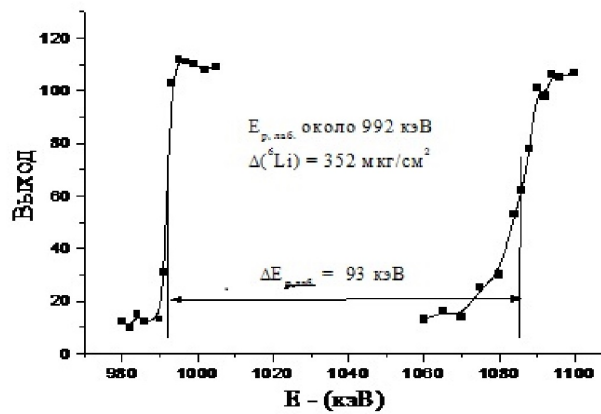


Рисунок 7 – Смещение резонанса реакции  $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$  (при  $E_p = 992\text{кэВ}$ ), обусловленное потерей энергии протонами при прохождении слоя  $^6\text{Li}$

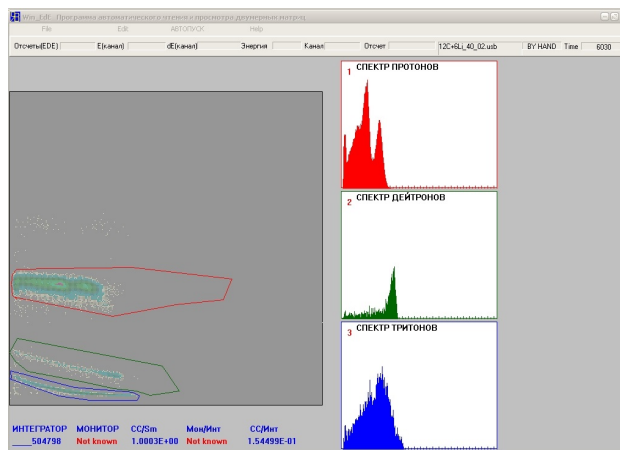


Рисунок 8 – Спектр по упругому рассеянию  $^6\text{Li}$  ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ )  $^6\text{Li}$  при энергии 1,5 МэВ/нуклон

### Список литературы

- 1 Юзерацкая Г.Н. Тонкопленочные мишени для ядерно-физических экспериментов: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. – Киев, 1992.
- 2 Керимкулов Ж.К. Исследование механизмов формирования сечений рассеяния дейтронов и альфа-частиц на ядрах  $^6\text{Li}$ : дис. канд. физ.-мат. наук. - Алматы, 2010.

Н. Амангелді<sup>1 2</sup>, А.А. Темербаев<sup>1 2</sup>, А.С. Аймаганбетов<sup>1 2</sup>, Б. Мауей<sup>1</sup>, Е. Көк<sup>2</sup>, Ғ. Ерғалиұлы<sup>1</sup>,  
А.А. Ақылбекова<sup>1</sup>, А.Ғ. Жұмасейіт<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана Қазақстан

<sup>2</sup> Ядролық Физика Институты, Алматы Қазақстан

### Ядролық физика эксперименттеріне жұқа қатты дене нысандарды алу және қолдану

**Аннотация:** Атом ядросының құрылымы мен ядролық реакциялардың механизмдерін физика дамуының заманауи кезеңінде зерттеуі ядролық физика экспериментінде басты бір рөлді атқаратын ядролық нысанамен жұмыс жасауға жоғары талап қойылады. Айтылатын реакциялардың дифференциалдық қимасының дәлме-дәл өлшеуі дәл анықталған элементтік құраушылар, қалыңдығы мен біртектілігінен тұратын жиілігі жоғары өз-өзін қамтамасыз етіп отыратын жіңішке нысаналарды экспериментте қолдануды білдіреді. Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Пәнаралық зерттеу кешенінің қатты дене физикасы зертханасында эксперименталды түрде ДЦ-60 үдеткіші бойынша ядролық физика эксперименттерінде кейінгі қолдану үшін <sup>6</sup>Li, <sup>7</sup>Li жұқа қатты дене нысандар жасалды. Нысананың қалыңдығы және жасалу сапасы ядролық физикадағы эксперименттерді қою үшін өте маңызды болып табылады. Нысананы алу үшін логикалық тұрғыдан рет ретімен жасалу әдісі көрсетілген. Әр түрлі энергиялардағы үдетілген көміртегі иондарымен нысананы сәулелендірудің қысқаша мәліметтері келтірілген.

**Түйін сөздер:** нысана, ВУП, камера, алунд, серпімді шашырау.

N. Amangeldi<sup>1 2</sup>, A.A. Temerbayev<sup>1 2</sup>, A.S. Aimaganbetov<sup>1 2</sup>, B. Mauey<sup>1 2</sup>, Ye. Kok<sup>2</sup>,  
G. Yergaliuly<sup>1 2</sup>, A.A. Akylbekova<sup>1</sup>, A.G. Zhumasseit<sup>1</sup>

<sup>1</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup> Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

### Producing and application of thin solid targets for nuclear physics experiments

**Abstract:** Investigations of the structure of the atomic nucleus and the mechanisms of nuclear reactions at the present stage of the development of physics impose increased requirements for nuclear targets, one of the most important components of the nuclear-physical experiment. Precision measurements of the differential cross sections of such reactions assume the use of thin, self-sustaining targets of enhanced purity with precisely defined elemental composition, thickness, and uniformity in the experiments. Experimentally in the laboratory of solid state physics of the Interdisciplinary Research Complex at the L.N. Gumilyov ENU named after was obtained thin solid targets <sup>6</sup>Li, <sup>7</sup>Li for subsequent applications in nuclear physics experiments at the accelerator DC-60. The target, thickness, and manufacturing quality are extremely important elements for setting up experiments in nuclear physics. The paper describes a logically consistent technique for obtaining targets. Brief results of target irradiation with accelerated heavy carbon ions at different energies are given.

**Keywords:** Target, VUP, chamber, alundum, elastic scattering.

## References

- 1 Yuzerashchaya G.N. Tonkoplenochnyye misheni dlya yaderno-fizicheskikh eksperimentov [Thin-film targets for nuclear physics experiments], Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchionoy stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [The dissertation author's abstract on competition of a scientific degree of the candidate of physical and mathematical sciences] (1992, Kiev)
- 2 Kerimkulov Zh.K. Issledovaniye mekhanizmov formirovaniya secheniy rasseyaniya deytronov i al'fa-chastits na yadrakh <sup>6</sup>Li [Investigation of the mechanisms for the formation of cross sections for the scattering of deuterons and alpha particles by nuclei of <sup>6</sup>Li], Dissertatsiya na soiskaniye stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [Thesis for the degree of candidate of physical and mathematical sciences] (2010, Almaty)

### Сведения об авторах:

Амангелді Н. - доцент кафедры ядерной физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Темербаев А.А. - старший преподаватель кафедры ядерной физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Аймаганбетов А.С. - докторант PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Мауей Б. - докторант PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Көк Е. - инженер, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан.

Ерғалиұлы Ғ. - преподаватель кафедры ядерной физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Ақылбекова А.А. - магистрант кафедры ядерной физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Жұмасейіт А.Ғ. - магистрант кафедры ядерной физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, пр. Абылай Хана 2/1, Астана, Казахстан.

Amangeldi N. - Assistant professor of the Department of Nuclear Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

Temerbayev A.A. - Senior Lecturer of the Department of Nuclear Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

Aimaganbetov A.S. - PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

Mauey B. - PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

Kok Ye. - engineer, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

*Yergaliuly G.* - Lecturer of the Department of Nuclear Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University , Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

*Akylbekova A.A.* - master student of the Department of Nuclear Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

*Zhumasseit A.G.* - master student of the Department of Nuclear Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University , Abylai Khan Ave. 2/1, Astana, Kazakhstan.

*Поступила в редакцию 15.05.2017*