

УТВЕРЖДАЮ:

Вице-директор ОИЯИ

Профессор \_\_\_\_\_ Иткис М.Г.

« 13» апреля 2017 года

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Объединенного института ядерных исследований на диссертационную работу Джилавяна Леонида Завеновича «Фотоядерные исследования в области гигантских резонансов в прямых и обратных реакциях», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Исследования гигантских резонансов в атомных ядрах развиваются более пятидесяти лет во многих мировых научных центрах, включая Объединенный институт ядерных исследований. Это связано с тем, что гигантские резонансы отражают одно из основных свойств ядерной материи, а именно, коллективные движения нуклонов в ядерной среде. Для понимания природы этого явления, прежде всего, необходимы эксперименты с различными налетающими частицами. Диссертационная работа Л.З. Джилавяна посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию гигантских резонансов в прямых и обратных фотоядерных реакциях. Эксперименты проводились на пучках электронов, позитронов, тормозных и аннигиляционных фотонов, а также заряженных ионов. Автором выполнена теоретическая интерпретация полученных данных на основе феноменологической модели, объясняющей зависимость измеряемых сечений и выходов фотоядерных реакций с заселением различных изомерных состояний ядер от мультипольности фотопоглощения в области гигантских резонансов. Большинство представленных в диссертации результатов получено впервые. Это относится как к экспериментальным, так и теоретическим данным. Диссертация имеет большое практическое значение. Полученные автором методические результаты по созданию позитронных пучков, диагностики электронных пучков на основе переходного излучения в оптическом диапазоне и другие используются в различных научных центрах соответствующего профиля, например, в Новосибирском институте ядерной физики. Диссертация соответствует критериям актуальности, новизны и практической значимости, а также достоверности полученных данных.

Диссертация объемом в 264 страницы состоит из введения, шести глав и заключения. Она содержит также два приложения и список литературы из 416 наименований. В нее включено 15 таблиц и 102 рисунка.

Во введении описано краткое общее содержание работы, сформулированы основные цели, обоснована актуальность и научная новизна и практическое значение проведенных исследований.

Первая глава посвящена описанию экспериментальных методов, используемых на ускорителе ЛУЭ-100 ИЯИ РАН, включая транспортировку, формирование и диагностику пучков электронов с энергией до 100 МэВ. Здесь же приведены результаты измерений сечений многократного рассеяния электронов с энергией 50 МэВ на фольгах Ве, Nb и Та, согласующиеся с теорией Мольера.

Вторая глава включает в себя решение вопросов, связанных с измерением коэффициента  $e^-/e^+$  конверсии при энергии электронов от 25 до 60 МэВ. В результате на электронном ускорителе получен пучок позитронов с энергией от 6 до 70 МэВ и током порядка 1 нА. Здесь же приведены результаты использования этого пучка для калибровок рентгеновских эмульсий, а также сцинтилляционных и черенковских детекторов.

В третьей главе описаны методики, разработанные автором для проведения фотоядерных экспериментов с помощью реальных (тормозных и аннигиляционных) и виртуальных фотонов, получаемых при рассеянии электронов и позитронов на ядрах. Впервые установлено, что природа систематических ошибок в структурах сечений фотоядерных реакций связана с использованием метода обработки данных с использованием спектра тормозных фотонов Шиффа в отличие от спектра Сельцера и Бергера. Впервые разработан метод расчета потоков и спектров тормозных фотонов для толстых радиаторов, позволяющий измерять относительно малые сечения, результаты подтверждены экспериментальными данными.

В четвертой главе приведены результаты исследования изовекторных гигантских резонансов в реакциях с квазимонохроматическими фотонами, полученными методом аннигиляции позитронов на ЛУЭ-100 ИЯИ РАН. Получены данные по сечениям реакций  $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)$  и  $^{238}\text{U}(\gamma, f)$  в области гигантских резонансов.

Пятая глава содержит описание феноменологической модели, разработанной автором для описания изовекторных дипольных и квадрупольных резонансов в реакциях с тормозными и виртуальными фотонами. В частности, для ядер  $^{115}\text{In}$  исследовано поведение и структура сечения реакции  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^{115\text{m}}\text{In}$  при энергии фотонов от 4 до 46 МэВ. Сравнение выходов реакций  $^{197}\text{Au}(\gamma, n)^{196\text{m.g}}\text{Au}$  и  $^{197}\text{Au}(e^-, (e^-)'n)^{196\text{m.g}}\text{Au}$  позволило выделить вклад изовекторного квадрупольного резонанса в ядре  $^{197}\text{Au}$ . В этой же главе обсуждаются прикладные задачи наработки изотопов для ядерной медицины, а также детектирования изотопов углерода и азота с помощью фотоядерных методов.

В шестой главе приведены результаты измерений угловых и энергетических распределений фотонов, испускаемых в обратных фотоядерных реакциях  ${}^2\text{H}(d,\gamma){}^4\text{He}$  и  ${}^{32}\text{S} + {}^{27}\text{Al}$ . Измерения, которые проводились на тандеме в Legnaro (Италия), указали на существенный вклад D-волны в волновую функцию основного состояния ядра  ${}^4\text{He}$ . Получены новые данные о ширинах дипольных гигантских резонансов, построенных на возбужденных состояниях  ${}^{59}\text{Cu}$  при энергиях возбуждения до 77 МэВ и значениях спинов до  $38 \hbar$ .

В диссертации приведены важные методические и физические результаты, позволяющие говорить о разработке нового физического направления. Среди этих результатов можно выделить следующие:

- Разработана методика получения пучков квазимонохроматических аннигиляционных фотонов с энергией от 10 до 40 МэВ и интенсивностью до  $2 \cdot 10^5 \gamma/\text{с}$ , которая применена к исследованию фотоядерных реакций в области гигантских резонансов. Измерены сечения реакции  ${}^{63}\text{Cu}(\gamma,n){}^{62}\text{Cu}$  при энергиях фотонов (12÷25) МэВ и реакции фотоделения  ${}^{238}\text{U}(\gamma,f)$  при энергии фотонов 10 МэВ.
- Изучен вклад изовекторного квадрупольного гигантского резонанса в сечения фотоядерной реакции  ${}^{115}\text{In}(\gamma,\gamma'){}^{115\text{m}}\text{In}$  при энергии фотонов от 4 до 46 МэВ. Разработана феноменологическая модель  $\gamma$ -каскадов в ядрах. Показано, что изомерные отношения зависят от мультипольности взаимодействия. При большой разнице спинов изомерных и основных этих состояний (около  $10 \hbar$ ) E2 переходы при возбуждении ядер примерно на порядок более эффективны, чем E1 переходы. Из сопоставления выходов реакций  ${}^{197}\text{Au}(\gamma,n){}^{196\text{m,g}}\text{Au}$  и  ${}^{197}\text{Au}(e^-,e^-)n){}^{196\text{m,g}}\text{Au}$  проведено выделение вклада изовекторного E2 гигантского резонанса в ядре  ${}^{197}\text{Au}$ . Разработан метод выделения изовекторного E2 гигантского резонанса по асимметрии испускания нейтронов в  $(\gamma,n)$ -реакции на ядрах Рб. Получено экспериментальное подтверждение роли изотопического расщепления E1 гигантского резонанса при измерениях выходов  $(\gamma,p)$ -реакций на изотопах титана.
- Измерены энергетические спектры и угловые распределения фотонов из обратной фотоядерной реакции  ${}^2\text{H}(d,\gamma){}^4\text{He}$  и энергетические спектры фотонов из реакции  ${}^{32}\text{S}+{}^{27}\text{Al}$ . Получены указания на вклад D-волны в основном состоянии ядра  ${}^4\text{He}$ . Обнаружено уширение гигантских E1 резонансов, построенных на возбужденных состояниях ядра  ${}^{59}\text{Cu}$ , при больших вносимых в ядро моментах.
- На линейном ускорителе электронов ЛУЭ-100 проведены калибровки ядерных эмульсий, рентгеновских пленок, а также черенковских и сцинтилляционных

детекторов, используемых в исследованиях космических лучей и ядерной физике. Разработаны фотоядерные методы наработки радиоизотопов для медицины. Экспериментально получены и радиохимически выделены изотопы  $^{18}\text{F}$  и  $^{67}\text{Cu}$  из реакций  $^{23}\text{Na}(\gamma, \alpha n)^{18}\text{F}$  и  $^{68}\text{Zn}(\gamma, p)^{67}\text{Cu}$ . Исследованы особенности фотоядерного ( $^{12}\text{N}$ ,  $^{12}\text{B}$ )-активационного метода детектирования скрытых взрывчатых веществ и наркотиков по содержанию углерода и азота.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласием с литературными данными и не вызывает сомнения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 49 статьях. Они широко обсуждались на российских и международных конференциях. Диссертация Л.З. Джилавяна выполнена на высоком научном уровне, автором получены важные результаты, многие из которых являются пионерскими и представляют собой крупные достижения для исследований в области физики гигантских резонансов в атомных ядрах.

Тем не менее, по диссертационной работе можно сделать замечания. Они касаются, в основном, структуры диссертации. Методическим вопросам уделено излишнее внимание. Первые три главы можно было бы сократить и объединить в одну главу. В тоже время глава 5 содержит как фундаментальные, так и прикладные результаты, которые лучше было бы разделить. Излишне детальный стиль изложения затрудняет чтение работы. В тексте имеются опечатки. Однако отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Автореферат диссертационной работы Л.З. Джилавяна в целом полно и правильно отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а сам Леонид Завенович Джилавян заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании Научно-технического совета Отделения ядерной физики Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований 6 апреля 2017 г., протокол № 6.

Отзыв составил  
старший научный сотрудник ЛНФ ОИЯИ  
доктор физико-математических наук

А. Б. Попов

Председатель НТС ОЯФ ЛНФ ОИЯИ, д.ф.-м.н.

А.Б. Попов

Дополнительная информация  
к отзыву на диссертацию Леонида Завеновича Джилавяна  
«Фотоядерные исследования в области гигантских резонансов в прямых и обратных  
реакциях», представленную на соискание ученой степени доктора  
физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и  
элементарных частиц  
ведущей организации

Объединенный институт ядерных исследований  
Международная Межправительственная Организация Объединенный институт ядерных  
исследований (ММО ОИЯИ)

Адрес: г. Дубна Московской области, ул. Жолио Кюри д.6, 141980 Россия.

Тел. +7 (49621) 65-059, Факс +7 (49621) 65-146; +7 (495) 632-78-80

Электронная почта: [post@jinr.ru](mailto:post@jinr.ru)

Сайт: [www.jinr.ru](http://www.jinr.ru)

Список работ, связанных с тематикой диссертации Л.З. Джилавяна

1. A. A. Sidorin, I. Meshkov, E. Ahmanova, M. Eseev, A. Kobets, V. Lokhmatov, V. Pavlov, A. Rudakov, S. Yakovenko, "The LEPTA Facility for Fundamental Studies of Positronium Physics and Positron Spectroscopy", *Materials Science Forum*, Vol. 733, pp. 291-296, 2013
2. 180 MW/180 KW Pulse Modulator for S-Band Klystron of LUE-200 Linac of IREN  
Installation of JINR  
*Kim Dong Su, Sumbaev A.P., Shvetsov V.N.*, *Physics of Particles and Nuclei, Letters*,  
Изд:JINR, 11, 5(189), 1040-1044, 2014
3. УСКОРИТЕЛЬ ЛУЭ-200 УСТАНОВКИ ИРЕН: СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ  
*Бечер Ю., Голубков Е.А., Егоров В.А., Зайцева Ю.К., Замрий В.Н., Каюков А.С.,  
Кобец В.В., Корокин А.Ж., Минашкин В.Ф., Павлов В.М. Пятаев В.Г., Репкин А.Н.,  
Скрыпник А.В., Сумбаев и др.*, *Physics of Particles and Nuclei, Letters*, ISSN:1814-  
5957, Изд:JINR, 11, 5(189), 1029-1039, 2014
4. J. Kvasil, V.O. Nesterenko, A. Repko, W. Kleinig, and P.-G. Reinhard,  
Deformation-induced splitting of isoscalar E0 giant resonance: Skyrme random-phase-  
approximation analysis,  
*Physical Review C*, ISSN:0556-2813, eISSN:1089-490X, Изд:American Physical  
Society, 94, 6, 064302(1-9), 2016
5. Н.Н. Арсеньев, А.П. Северюхин, Сепарабелизованное взаимодействие Скирма и  
характеристики гигантского дипольного резонанса, *Письма в ЭЧАЯ*, ISSN:1814-  
5957, eISSN:1814-5973, Изд:ОИЯИ, т.7, в.2,(2010) 193-199
6. E. B. Balbutsev, I. V. Molodtsova and P. Schuck, Nuclear Scissors Modes and Hidden  
Angular Momenta, *Physics of Atomic Nuclei*, ISSN:1063-7788, eISSN:1562-692X, V.80,  
1, (2017), 86-121