

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

Московского государственного  
университета имени М.В.Ломоносова

профессор А. А. Федянин



*А. А. Федянин*

2018 г.

### О Т З Ы В

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертацию **НАУМЕНКО** Михаила Алексеевича «Исследование особенностей ядерных реакций с участием легких ядер в нестационарном подходе», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Для современного состояния ядерной физики характерным является проведение интенсивных экспериментальных и теоретических исследований ядерных реакций с легкими слабосвязанными ядрами. Во многом интерес к таким реакциям определяется тем, что они не только являются способом получения новых ядер, удаленных от линии  $\beta$ -стабильности, но и служат источником новой информации об их свойствах и структуре. К одному из наиболее важных и интенсивно исследуемых процессов, характерных для реакций с участием слабосвязанных ядер, следует отнести передачу нуклонов. Интерес к этому процессу обусловлен тем, что в качестве продуктов нуклонных передач могут образовываться новые нейтронно-избыточные и протонно-избыточные ядра, а анализ соответствующих

экспериментальных данных позволяет получить важную информацию о механизмах и динамике протекания ядерных реакций. Решение всего этого круга задач немислимо без развития новых модельных представлений о процессе нуклонной передачи и разработки соответствующих методов теоретического моделирования реакций с легкими ядрами. Причем, очень важно, чтобы новые методы моделирования учитывали особенности структуры конкретных ядер - участников процесса столкновения. Именно такие исследования, актуальные для современной ядерной физики, и были выполнены Науменко Михаилом Алексеевичем в рамках его диссертационной работы.

В своей диссертационной работе Науменко М. А. развивает известный и хорошо зарекомендовавший себя микроскопический подход к описанию процесса малонуклонных передач, основанный на использовании нестационарного уравнения Шредингера для моделирования эволюции волновых функций для нуклонов внешних оболочек у сталкивающихся ядер. Достоверность выводов диссертационной работы подтверждается сравнением результатов расчетов с экспериментальными данными. В целом хорошее согласие между ними было получено по сечениям образования изотопов  $^{44,46}\text{Sc}$  в реакции  $^3\text{He} + ^{45}\text{Sc}$ ,  $^{196,198}\text{Au}$  в реакции  $^3\text{He} + ^{197}\text{Au}$ ,  $^{46}\text{Sc}$  в реакции  $^6\text{He} + ^{45}\text{Sc}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  в реакции  $^6\text{He} + ^{64}\text{Zn}$  и  $^{196,198}\text{Au}$  в реакции  $^6\text{He} + ^{197}\text{Au}$ . Таким образом, используемые в диссертации методы численного моделирования процессов малонуклонных передач имеют практическую ценность и могут быть полезны при теоретических исследованиях механизмов реакций с легкими слабосвязанными ядрами и планировании соответствующих новых экспериментальных исследований (например, в ОИЯИ, НИИЯФ МГУ или НИЦ «Курчатовский институт»). Практическую значимость имеют и разработанные в диссертации параллельные вычислительные методы для расчета свойств основных состояний ядер  $^3\text{He}$ ,  $^6\text{He}$  и ряда других легких и кластерных ядер на основе фейнмановских

континуальных интегралов.

К наиболее интересным физическим исследованиям, результаты которых представлены в диссертации Науменко М. А., следует отнести изучение зависимости влияния процессов перераспределения нейтронов на полные сечения реакций с легкими слабосвязанными ядрами  ${}^6\text{He}$  и  ${}^9\text{Li}$  при энергиях столкновения в диапазоне 5–60 А МэВ. На основе решения нестационарного уравнения Шредингера был проведен расчет эволюции волновых функций внешних нейтронов ядер-снарядов  ${}^6\text{He}$  и  ${}^9\text{Li}$  в процессе столкновения с ядрами-мишенями  ${}^{28}\text{Si}$  и рассчитана поправка к оптическому потенциалу, зависящая от энергии и учитывающая перераспределение нейтронов ядер-снарядов в процессе столкновения с ядрами-мишенями. Это позволило наглядно объяснить усиление полного сечения реакции  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  по сравнению с полным сечением реакции  ${}^4\text{He} + {}^{28}\text{Si}$ , а также  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  по сравнению с  ${}^{6,7}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$ . Получено хорошее согласие расчетов с экспериментальными данными.

Тем не менее, диссертация не свободна от некоторых недостатков, в качестве которых можно отметить некоторую небрежность в обсуждении результатов теоретического анализа экспериментальных данных. Например, при обсуждении результатов анализа сечений образования  ${}^{198}\text{Au}$  в реакции  ${}^3\text{He} + {}^{197}\text{Au}$  (рис. 2.14) автор сделал вывод о “хорошем согласии с экспериментальными данными”. Между тем, как амплитуда сечений, так и наклон их энергетической зависимости лишь приблизительно воспроизводят соответствующие экспериментальные данные. Скорее здесь автору следовало бы более детально обсудить возможные причины несоответствия расчетов и эксперимента. Другой пример, на стр. 84 диссертации сделано утверждение, что при энергиях ниже кулоновского барьера результаты расчета сечения передачи нейтрона для изотопа  ${}^{46}\text{Sc}$  существенно превышают экспериментальные данные. Однако, в тексте диссертации не приведена экспериментальная информация о соответствующих сечениях при энергиях

ниже кулоновского барьера (см. рис. 2.13).

В дополнение, диссертация только бы выиграла, если автор обсудил бы возможность обобщения метода расчета свойств легких ядер, основанного на использовании континуальных интегралов, на случай учета трехчастичного нуклон-нуклонного взаимодействия, которое, по современным представлениям, оказывает заметное влияние на свойства основных состояний легких ядер и некоторые характеристики  $Nd$ -рассеяния.

Подчеркнем, что сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационной работы.

Диссертация Науменко М. А. представляет собой завершенную работу, выполненную на высоком научном уровне и открывающую новые перспективы в теоретическом изучении механизмов ядерных реакций с легкими слабосвязанными ядрами. Практическая ценность исследований, проведенных в рамках настоящей диссертации, также несомненна, так как ее результаты могут быть использованы при планировании новых экспериментов, а теоретические подходы, развиваемые в рамках диссертационной работы, могут быть использованы и в смежных областях современной ядерной физики. Текст диссертационной работы написан ясным и четким языком, хорошо оформлен, расположение материала компактно и продумано, так что работа легко читается. Материалы диссертационной работы в достаточной мере опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК, и были представлены на большом ряде авторитетных международных совещаний и конференций. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует паспорту специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Таким образом, диссертационная работа Науменко Михаила Алексеевича «Исследование особенностей ядерных реакций с участием легких ядер в нестационарном подходе», полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени кандидата физико-математических наук, установленным "Положением о порядке присуждения ученых степеней", утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842 (ред. от 28.08.2017). Сам же Науменко Михаил Алексеевич заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Материалы диссертации были заслушаны на научном семинаре отдела ядерных реакций Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ) 12 апреля 2018 г. Настоящий отзыв был рассмотрен и одобрен на заседании совета отдела ядерных реакций 17.04.2018, протокол № 3.

Директор НИИЯФ МГУ  
профессор



М.И.Панасюк

Отзыв составил:

Заместитель директора НИИЯФ МГУ  
по научной работе,  
доктор физико-математических наук  
Тел.: +7 (495) 939-24-65  
e-mail: eremenko@sinp.msu.ru



Д.О.Еременко

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

Адрес организации:

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Тел.: +7 (495) 939-10-00

e-mail: info@rector.msu.ru