

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук Новикова Николая Викторовича
на тему: «Сечения перезарядки и распределение по зарядам в пучках
ускоренных ионов, проходящих через газообразные и твердые мишени»
по специальности 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и
ускорительная техника»

Диссертационная работа Н.В.Новикова посвящена изучению явления перезарядки ионов в газообразных и аморфных твердых средах и развитию методов расчета зарядовых состояний ионов от бора до аргона.

Актуальность избранной темы обусловлена развитием ускорительной техники, сопровождающимся расширением круга используемых для ускорения ионов, в том числе радиоактивных ядер, а также важными применениями ускоренных ионов в микроэлектронике, медицине и для изготовления тонкопленочных фильтров. Поэтому изучение особенностей формирования зарядовых распределений и потерь энергии пучков ионов при их прохождении через различные среды и развитие соответствующих расчетных методов являются весьма важными.

Следует отметить высокую степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Они опираются на признанные теоретические подходы и эмпирические модели, используемые для квантового описания ион-атомных столкновений и прохождения заряженных частиц через вещество. Среди них можно упомянуть первое борновское приближение и метод Хартри-Фока.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждены согласием результатов проведенных автором расчетов с многочисленными экспериментальными данными.

Автором был предложен ряд новых моделей и методов для вычисления зарядовых распределений ионов от бора до аргона. Это, в частности, вычисление амплитуды захвата электрона с учетом кулоновского отталкивания между рассеянным ионом и остатком атома мишени, и получение в аналитическом виде хартри-фоковских волновых функций возбужденных состояний электронов в атомах. Новым является учет влияния плотности среды на сечения перезарядки ионов с зарядами ядер $Z > 5$. Большое практическое значение имеют разработанные автором научные информационные ресурсы Интернет: база данных по сечениям потери и захвата электронов ионами и равновесным зарядовым распределениям ионов, а также выложенная в открытом доступе компьютерная программа для расчета указанных сечений и параметров ионных пучков при их взаимодействии с различными материалами.

Вместе с тем хотелось бы высказать ряд замечаний к работе.

1. В главе 1 “Обзор методов оценки распределения ионов по зарядам” в пунктах 1.4–1.6 при перечислении методов расчета сечений потери и захвата электрона ионом с учетом оболочечной структуры иона и атома мишени не упомянут подход, основанный на численном решении нестационарного уравнения Шредингера, применение которого продемонстрировано в ряде работ, например, М.Е. Riley, В. Ritchie, Numerical time-dependent Schrödinger description of charge-exchange collisions. Phys. Rev. A, 1999, v. 59, P. 3544-3547; В.В. Самарин, С.М. Самарина, А.Г. Кадменский. Моделирование перезарядки и угловых распределений тяжелых ионов при осевом каналировании в тонком кристалле кремния. Поверхность. 2007. №4, с. 81-89.

Малость длины волны де Бройля позволяет использовать уравнения классической механики для описания рассеяние иона на атоме. Такой подход используется, например, при моделировании каналирования и других ориентационных эффектов в кристаллах. Расчеты захвата и потери электронов сводятся при этом к нахождению эволюции волновой функции электрона в переменном поле – сумме потенциалов (или псевдопотенциалов)

сталкивающихся иона и атома без необходимости использования значительного числа возбужденных состояний.

2. В работе в качестве ион - атомного потенциала использовался неэкранированный кулоновский потенциал. Более точные результаты дало бы использование поля ядра, экранированного имеющимися у иона электронами с экранировкой, например, в форме Мольера. Различие указанных потенциалов наиболее существенно для малых межъядерных расстояний и малых прицельных параметрах столкновения, для которых захват электрона происходит с наибольшей вероятностью.

3. Следовало бы более подробно пояснить расчетную схему, использованную для вычисления амплитуды перехода при захвате быстрым ионом одного электрона (начиная с формулы (2.4) на с. 65). Из-за малости волны де Бройля движущегося иона в амплитуде присутствуют быстро осциллирующие функции, вычисление интегралов от которых не простая задача. Следовало бы привести хотя бы некоторые детали вычислений.

4. В диссертации в качестве области интегрирования при вычислении амплитуды захвата электрона упоминается область взаимодействия иона с атомом. Было бы полезно привести оценки ее границ и конкретный пример для одной из пар ион-атом.

5. В работе желательно было бы привести графики зависимостей от глубины зарядовых фракций в дополнение к неравновесному среднему заряду (рис. 35 на с. 137) и к установившимся распределениям.

6. Работа написана хорошим языком, но содержит несколько опечаток, в частности, в названии книги ссылки 10.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.20 – «физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» (по физико-математическим

наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Новиков Н.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – «физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
Ведущий научный сотрудник Лаборатории ядерных реакций

Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований»

Самарин Вячеслав Владимирович

Контактные данные:

тел.: 7(496)2162023, e-mail: v-samarin@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Адрес места работы:

141980, (Московская обл.) г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6,
Объединенный институт ядерных исследований, лаборатория ядерных
реакций

Тел.: 7(496)2162023; e-mail: samarin@jinr.ru

Подпись сотрудника
ЛЯР ОИЯИ В.В. Самарина удостоверяю:
Ученый секретарь ЛЯР ОИЯИ



4

А.В. Карпов