

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Саакяна Сергея Арамовича «Экспериментальные исследования свойств газа ультрахолодных высоковозбужденных и частично ионизованных атомов лития-7» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы»

Диссертация Саакяна С.А. посвящена экспериментальному исследованию свойств ансамбля холодных высоковозбужденных атомов ${}^7\text{Li}$. Значительный исследовательский интерес к изучению ридберговских состояний атомов обусловлен возможностью их применения в качестве логических элементов квантовых компьютеров. Большое время жизни, огромный дипольный момент и поляризуемость позволяют использовать ридберговские атомы для измерения малых электрических и магнитных полей, а исследование взаимодействующих коллективов ридберговских атомов является одной из интересных задач фундаментальной физики.

В диссертации приводится подробное описание созданной экспериментальной установки для лазерного охлаждения и последующего захвата в магнито-оптическую ловушку атомов ${}^7\text{Li}$. Предложена новая оригинальная методика регистрации энергетических спектров ридберговских состояний атомов, основанная на регистрации изменения уровня флуоресценции ансамбля холодных атомов. Впервые получены значения энергий для различных nS -конфигураций в широком диапазоне значений главного квантового числа (n) – от $n=38$ до $n=165$.

Диссертационная работа Саакяна С.А. изложена на 104 страницах машинописного текста, содержит 58 рисунков и 3 таблицы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Список литературы содержит 85 наименований.

Во введении сформулированы цели диссертационной работы, обоснована ее актуальность. Кратко изложены полученные в диссертации результаты и положения выносимые на защиту.

В первой главе дано описание установки для охлаждения и захвата атомов лития. Кратко изложены основные принципы лазерного охлаждения. Подробно описаны вакуумная часть установки и системы стабилизации частот лазеров.

Во второй главе описаны экспериментальные методы с помощью которых исследовались характеристики ансамбля холодных атомов в магнито-оптической ловушке. Приведены результаты измерений концентрации атомов в ловушке в зависимости от величины градиента магнитного поля и отстройки частоты охлаждающего лазерного излучения на подуровнях основного состояния. Описаны результаты измерений распределения плотности и температуры ансамбля холодных атомов. Представлены измеренные значения скорости загрузки и времени жизни атомов в ловушке.

В третьей главе описана, разработанная в работе оригинальная методика диагностики энергетических спектров ридберговских атомов, которая не приводит к разрушению исследуемых ридберговских состояний. Приведен обзор экспериментальных методик возбуждения, детектирования и идентификации ридберговских переходов. Подробно описаны результаты измерений энергий ридберговских переходов для различных nS -конфигураций в широком диапазоне значений главного квантового числа. По полученным значениям энергий переходов рассчитан порог ионизации и квантовый

дефект S-состояния для атома ${}^7\text{Li}$. Проведено сравнение полученных результатов с другими работами.

Практическая ценность результатов диссертации определяется тем, что разработанная в данной работе методика регистрации энергетических спектров высоковозбужденных атомов универсальна для любых атомов, которые можно охладить и захватить в магнито-оптическую ловушку. Методика позволяет по результатам измерений значений энергий переходов с хорошей точностью рассчитать порог ионизации и квантовый дефект атома. В данной работе впервые были измерены энергии для различных nS-конфигураций в широком диапазоне значений главного квантового числа для атома ${}^7\text{Li}$. Эти результаты несомненно будут полезны при проведении дальнейших исследований. Стоит также отметить, что экспериментальная установка для охлаждения атомов ${}^7\text{Li}$ создана в России впервые.

В целом диссертационную работу можно охарактеризовать как экспериментальную работу высокого уровня, результаты которой соответствуют лучшим российским и мировым стандартам.

По диссертации можно сделать следующие замечания.

1. В диссертации не объясняется, чем обусловлен выбор атомов ${}^7\text{Li}$ для проведения исследований ридберговских состояний. Считаю, что в тексте диссертации следовало подробнее остановиться на описании проблем и задач физики ультрахолодной плазмы, для решения которых может быть использована созданная экспериментальная установка, а также обозначить направление дальнейших исследований.
2. В разделе, посвященном измерению частот ридберговских переходов (глава 3, 6 раздел), нет детального обсуждения причин, приводящих к искажению формы зависимости сигнала флуоресценции от отстройки частоты возбуждающего лазера. Нет объяснения причин, приводящих к большой ширине наблюдаемых ридберговских резонансов.
3. На фотографии ансамбля холодных атомов (рисунок 2.15) видно, что форма ансамбля не симметрична и незначительно вытянута в одном направлении. В тексте диссертации нет соответствующего пояснения.
4. На графиках 2.16 и 2.18 на оси абсцисс отложено время в секундах, тогда как должно быть в миллисекундах.
5. На схемах установки на рисунках 1.18 и 3.6 поляризационные делительные кубики и делительные пластинки обозначены англоязычными сокращениями PBS и BS, тогда как в подписях к рисункам и тексте сокращения русскоязычные – ПДК, ДП.
6. Нет единообразия в оформлении графиков – единицы измерения величин, отложенные по осям координат, приводятся то в квадратных скобках (например, рисунок 3.7), то в круглых скобках (рисунки 2.10, 2.11), то через запятую (рисунок 2.16).

Приведенные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общую положительную оценку диссертации С.А. Саакяна.

Результаты диссертации своевременно опубликованы в виде 6 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК и представлены лично автором на международных и российских конференциях по соответствующей тематике. Автореферат правильно и в полной мере отражает содержание диссертации. Личный вклад автора в

результаты, представленные в работе, не вызывает сомнений. Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.08 – «Физика плазмы».

Диссертация Саакяна Сергея Арамовича «Экспериментальные исследования свойств газа ультрахолодных высоковозбужденных и частично ионизованных атомов лития-7» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., ее автор, Саакян Сергей Арамович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы.

Официальный оппонент
к.ф.-м.н., младший научный сотрудник,
Лаборатории стандартов частоты ФИАН
119991 ГСП-1, г. Москва
Ленинский проспект, д.53
8(495)851-06-10, szibrov@yandex.ru

Зибров С.А.

Ученый секретарь ФИАН
к.ф.-м.н.
119991 ГСП-1, г. Москва
Ленинский проспект, д.53
scilpi@mail.ru, 8(499)132-62-06



Цвентух М.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)
119991 ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д.53
8(499)135-42-64, postmaster@lebedev.ru