

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
на диссертацию Порозовой Виктории Михайловны  
«Когерентное взаимодействие света с одиночными атомами и атомными ансамблями в условиях квантового вырождения»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика

**НАУЧНАЯ ОБЛАСТЬ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ РАБОТА**

В работе исследованы вопросы  
- взаимодействия света с низкотемпературным газом атомов и  
- лазерного охлаждения газа.

Первый вопрос интересен из-за коллективных эффектов взаимодействия, которые возникают, несмотря на то, что параметр Дике мал –  $n\lambda^3 \ll 1$ , где  $n$  – концентрация атомов,  $\lambda$  – длина волны света. Например, разреженный газ нейтральных атомов в поле резонансного излучения может вести себя как однокомпонентная плазма. Второй вопрос лежит в основе физики низкотемпературных газов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

1) Записано выражение для амплитуды рассеяния фотона на газе атомов с учётом многочастичного состояния газа.

2) Проведено упрощение этого выражения в приближении рассеяния на коллективе атомов при условии того, что все атомы описываются одинаковой 1-частичной волновой функцией центра массы атома.

3) Найден сдвиг в резонансе рассеяния относительно рассеяния на 1 атоме. Сдвиг связан с поляризацией газа, похож на сдвиг Лоренца-Лоренца, отличаясь от него знаком и коэффициентом.

4) Рассчитано рассеяние 1 фотона на волне материи в режиме резонансного рассеяния Брегга-Вульфа.

5) Смоделировано рамановское охлаждение единичного атома в 3-мерной гармонической дипольной ловушке под воздействием 3 пар охлаждающих лучей. Найдено, что для скорейшего уменьшения энергии атома каждая пара лучей должна воздействовать на суперпозицию собственных мод ловушки, а не на одну моду. Моделирование выполнено в сложном режиме, при котором нет возможности пренебречь фотонной отдачей.

**ЗАМЕЧАНИЯ**

1) По сдвигу резонанса поглощения, заменяющему сдвиг Лоренца-Лоренца:  
- не приведено объяснение причин изменения сдвига;  
- сдвиг отсутствует на графиках 3.2, 3.3;  
- сдвиг Лоренца-Лоренца для бозе-конденсата воспроизведён в статье [Ruostekoski, Javanainen, PRA 56, 2056 (1997)]; не указаны причины расхождения с этой статьёй.

2) О роли бозе-конденсации.  
В качестве одной из целей работы указан расчёт рассеяния на бозе-конденсате. В то же время из диссертации не ясно, в какой степени результаты являются следствием именно бозе-конденсации, а не следствием

- описания движения центра массы атома при помощи волновой функции и
- эффекта суперпозиции.

В пользу важности суперпозиции стоит отметить, что рассеяние Брегга-Вульфа может возникать и в неконденсированном газе, но с суперпозицией. Примером служит эксперимент группы Т.Слейтора [PRL 79, 784 (1997)], в котором рассеивающая система – газ неконденсированный плоских волн  $\Xi(z)=e^{ipz} + e^{ipz-i2kz}$ , где импульсы  $p$  распределены по Больцману.

3) По рассеянию на фрагментированном конденсате (раздел 3.2.1).

Описание атомной системы при помощи единой волновой функции (формула (3.3)), имеет вид  $\Xi(z)=e^{iqz} + e^{-iqz}$  противоречит утверждению о фрагментации конденсата. Фрагментация – это невозможность сконденсироваться в одно многочастичное состояние [Leggett, Rev. Mod. Phys. 73, 307 (2001)]. Эта  $\Xi(z)$  соответствует не фрагментации, а единому конденсату в возбуждённом состоянии.

4) По рассчитанной схеме рамановского охлаждения.  
Не указан параметр, по которому схема оптимальна.

## ВЫВОД

Сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертации В. М. Порозовой. Полученные в диссертации результаты являются новыми, значимыми и оригинальными в области физики низкотемпературных газов.

Несмотря на замечания результаты диссертации В. М. Порозовой являются новыми, значимыми и оригинальными в области физики низкотемпературных газов.

Представленная диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, её основные результаты полно отражены в научных трудах автора, опубликованных в ведущих научных журналах. Результаты докладывались автором на конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация В. М. Порозовой «Когерентное взаимодействие света с одиночными атомами и атомными ансамблями в условиях квантового вырождения» соответствует всем требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

Порозова Виктория Михайловна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «теоретическая физика» за расчёты рассеяния света и моделирование 3-мерного рамановского охлаждения.

Официальный оппонент

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий Лабораторией ультрахолодных квантовых систем ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН»

turlapov@appl.sci-nnov.ru, +7(831)416-4828  
603950, г. Нижний Новгород,  
БОКС-120, ул. Ульянова, 46.

Андрей Вадимович Турлапов

7 декабря 2020 года

Подпись Андрея Вадимовича Турлапова заверяю

В пользу важности суперпозиции стоит отметить, что рассеяние Брегга-Вульфа может возникать и в неконденсированном газе, но с суперпозицией. Примером служит эксперимент группы Т.Слейтора [PRL 79, 784 (1997)], в котором рассеивающая система – газ неконденсированный плоских волн  $\Xi(z)=e^{ipz} + e^{ipz-i2kz}$ , где импульсы  $p$  распределены по Больцману.

3) По рассеянию на фрагментированном конденсате (раздел 3.2.1).

Описание атомной системы при помощи единой волновой функции (формула (3.3), имеет вид  $\Xi(z)=e^{iqz} + e^{-iqz}$ ) противоречит утверждению о фрагментации конденсата. Фрагментация – это невозможность сконденсироваться в одно многочастичное состояние [Leggett, Rev. Mod. Phys. 73, 307 (2001)]. Эта  $\Xi(z)$  соответствует не фрагментации, а единому конденсату в возбуждённом состоянии.

4) По рассчитанной схеме рамановского охлаждения.

Не указан параметр, по которому схема оптимальна.

## ВЫВОД

Сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертации В. М. Порозовой. Полученные в диссертации результаты являются новыми, значимыми и оригинальными в области физики низкотемпературных газов.

Несмотря на замечания результаты диссертации В. М. Порозовой являются новыми, значимыми и оригинальными в области физики низкотемпературных газов.

Представленная диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, её основные результаты полно отражены в научных трудах автора, опубликованных в ведущих научных журналах. Результаты докладывались автором на конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация В. М. Порозовой «Когерентное взаимодействие света с одиночными атомами и атомными ансамблями в условиях квантового вырождения» соответствует всем требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

Порозова Виктория Михайловна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 «теоретическая физика» за расчёты рассеяния света и моделирование 3-мерного рамановского охлаждения.

Официальный оппонент

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий Лабораторией ультрахолодных квантовых систем ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН»

turlapov@appl.sci-nnov.ru, +7(831)416-4828  
603950, г. Нижний Новгород,  
БОКС-120, ул. Ульянова, 46.

Андрей Вадимович Турлапов

7 декабря 2020 года

Подпись Андрея Вадимовича Турлапова заверяю

308

16.12.2020г.