

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
2023 г.

Направление ПФНИ

1.3.5. Оптика и лазерная физика

- 1.3.5.1. Взаимодействие лазерного излучения с веществом, в том числе в сверхсильных полях; создание лазеров сверхкоротких сверхмощных импульсов излучения
- 1.3.5.2. Перспективные методы оптических квантовых вычислений и квантовых коммуникаций
- 1.3.5.5. Физика лазеров и лазерных материалов; нелинейные оптические явления

ПРОЕКТ

■ **Интерференционные эффекты и эффекты, связанные со столкновениями, для атомов газа, взаимодействующих с излучением.**

(№ АААА-А21-121021800168-4)

Руководитель проекта: академик Шалагин Анатолий Михайлович

Список исполнителей проекта

- Акад. Шалагин Анатолий Михайлович - руководитель
- в.н.с., д.ф.-м.н. Ильичев Леонид Вениаминович (лаб. 02)
- в.н.с., д.ф.-м.н. Насыров Камиль Ахметович (лаб. 02)
- в.н.с, д.ф.-м.н. Пархоменко Александр Иванович (лаб. 02)
- г.н.с, д.ф.-м.н. Чаповский Павел Львович (лаб. 02)
- м.н.с. Томилин Владимир Александрович (лаб. 02) (молодой)
- н.с. Ростом Айхам М. (лаб. 02) (молодой)
- ст. инженер Ильичева Елена Викторовна (лаб. 02)

Пункты плана на 2022 г.

Блок 1: *Исследование ядерных спиновых изомеров молекул при возбуждении их колебательно-вращательных переходов мощным излучением параметрического генератора света (ПГС) в среднем ИК диапазоне.*

Отв. исполнитель – г.н.с., д.ф.-м.н. П.Л. Чаповский

Блок 2: *Расширение новой концепции описания квантовых систем с причинными петлями с отдельных кубитов на системы квантовой оптики – многофотонные состояния электромагнитных мод с взаимодействиями между ними.*

Отв. исполнитель – г.н.с., д.ф.-м.н. Л.В. Ильичев,

исп.: н.с., к.ф.-м.н. В.А. Томилин, н.с., к.ф.-м.н. А.М. Ростом

Блок 3. *Теоретическое исследование работы усилителя лазерного излучения на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой.* Отв. исполнитель – акад. А.М. Шалагин, исполнители: в.н.с., д.ф.-м.н. А.И. Пархоменко, в.н.с., д.ф.-м.н. К.А. Насыров

Показатели

- Общее число участников проекта 8
- Научных работников 7
- Количество публикаций:
 - а)статьи в журналах 9
 - б)доклады на конференциях 3
- Участие в грантах, проектах 0
- Педагогическая деятельность 4

Список публикаций

Научные журналы

1. Чаповский П.Л. Разлет ультрахолодных бозонов из магнитной ловушки. Комментарий к статье Кузнецова Е.А., Кагана М.Ю. «Симметричный подход в задаче о расширении газов в вакуум»// ЖЭТФ, т. 164, № 2, с. 186-189 (2023). DOI: 10.31857/S0044451023080035
2. Shepelin A.V., Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Photonic Mode in a Causal Loop: Comparison of D-CTC and S-CTC Models // Gravitation and Cosmology, 2023, V.29(2), P.121
DOI: 10.1134/S0202289323020111
3. Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Trainable unravelling for quantum state discrimination // Cybernetics and Physics, 2023, V.12(2), P.152 DOI:10.35470/2226-4116-2023-12-2-152-156
4. Rostom A.M., Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Geometric model of quantum navigation during (anti-search on a plane // [arXiv: 2311.07516](https://arxiv.org/abs/2311.07516) [quant-ph] DOI:10.48550/arXiv.2311.07516
5. Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Unravelling-based (auto)control of back-action in atomic Bose-Einstein condensate (принята к печати в Frontiers of Physics).
6. Rostom A.M., Il'ichov L.V. Prompt eavesdropping detection in quantum key distribution using entangled coherent states // (на рецензировании в Phys. Rev. A)
7. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Усилитель лазерного излучения на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой // Оптика и спектроскопия. 2023. Т. 131, № 9. С. 1241–1248.
DOI: 10.61011/OS.2023.09.56611.4682-23
8. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Лазерная генерация без инверсии населенностей в «красном» крыле D_1 -линии атомов щелочных металлов при резонансной диодной накачке // Автометрия. 2023. Т. 59, № 6. С. 52 – 65. DOI: 10.15372/AUT20230606
9. Насыров К.А. Особенности магнитооптических спектров флуоресценции при поглощении поляризованного излучения на переходе на второй резонансный уровень в атомах щелочных металлов// Автометрия, 2023 т. 59, № 2, С. 103-109. DOI: 10.15372/AUT20230211

Доклады на конференциях

- 1) Коптюг И.В., Кононенко Е.С., Буруева Д.Б., Чаповский П.Л. Ядерные спиновые изомеры H_2 (и не только) для высокочувствительных спектроскопических и томографических приложений ЯМР // Всероссийская конференция Физика ультрахолодных атомов 18–20 декабря 2023 года, Новосибирск, Институт лазерной физики СО РАН, пленарный доклад.
- 2) Ростом А.М., Ильичев Л.В. Оперативное обнаружение подслушивания при квантовом распределении ключей с использованием запутанных когерентных состояний // Всероссийская конференция Физика ультрахолодных атомов 18–20 декабря 2023 года, Новосибирск, Институт лазерной физики СО РАН, пленарный доклад.
- 3) Томилин В.А., Ростом А.М., Ильичев Л.В. Геометрическая фаза как основа перспективного квантового гироскопа // Всероссийская конференция Физика ультрахолодных атомов 18–20 декабря 2023 года, Новосибирск, Институт лазерной физики СО РАН, пленарный доклад.

Блок 1. Отв. исполнитель – д.ф.-м.н. П.Л. Чаповский

По пункту плана: Исследование ядерных спиновых изомеров молекул при возбуждении их колебательно-вращательных переходов мощным излучением параметрического генератора света (ПГС) в среднем ИК диапазоне.

В 2023 году выполнялись эксперименты со спиновыми изомерами молекул этилена (C_2H_4) с помощью эффекта светоиндуцированного дрейфа (СИД). Для создания эффекта СИД в этом эксперименте использовано излучение CO_2 -лазера на линии 10P44 (длина волны 10.86 мкм) с мощностью 10 Вт. Для регистрации эффекта разделения изомеров использовалась синусоидальная модуляция на частоте 0.9 кГц частоты излучения зондирующего лазера симметрично относительно центра линии поглощения этилена, а синхронное детектирование поглощения осуществлялось на удвоенной частоте равной 1.8 кГц. Именно таким методом нами было зарегистрировано обогащение спиновых изомеров этилена. Эти первые эксперименты по обогащению спиновых изомеров этилена показали необходимость и возможность модернизации экспериментальной установки для усиления эффекта обогащения и увеличения точности регистрации.

Блок 2.

По пункту плана: Расширение новой концепции описания квантовых систем с причинными петлями с отдельных кубитов на системы квантовой оптики – многофотонные состояния электромагнитных мод с взаимодействиями между ними.

Отв. исполнитель – г.н.с., д.ф.-м.н. Л.В. Ильичев, исп.: н.с., к.ф.-м.н. В.А. Томилин, н.с., к.ф.-м.н. А.М. Ростом

- Предложена стратегия снижения вероятности ошибки декодирования при рассогласовании декодера и канала связи. Найдено уравнение для определения структуры оптимального распутывания.
- Показано, что обратная связь способна воздействовать на эволюцию квантовой системы. В конкретной модели атомарного конденсата Бозе-Эйнштейна это оказалось возможным благодаря возникновению перепутанности между его состоянием и состоянием зондирующего поля, фаза которого приобретает операторную природу в результате взаимодействия с конденсатом.
- Предложен принципиально новый взгляд на эффект спиновых корреляций, контролирующих относительное смещение агентов при их случайном блуждании: этот эффект можно трактовать как движение в пространствах положительной или отрицательной кривизны.
- Показано, что при оптимальных индивидуальных атаках получатель может обнаружить подслушивание без необходимости использования классической связи с передатчиком. Кроме того показано, что совместная атака в принципе является атакой с нулевой ошибкой, но, к счастью, это запрещено теоремой о запрете, вытекающей из природы нелинейности Керра.
- (Отражено в публикациях [2 – 6])

Блок 3.

По пункту Теоретическое исследование работы усилителя лазерного излучения на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой.

Исполнители: ~~акад. А.М. Шалагин, в.н.с., д.ф.м.н. А.И. Пархоменко.~~

■ На основе пятиуровневой модели атомов активной среды (рис. 1) разработана аналитическая модель усилителя лазерного излучения на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой. Если усиливаемое излучение достигает достаточно высокой интенсивности, исходные уравнения допускают простое аналитическое решение, из которого легко находятся все важнейшие характеристики усилителя и оптимальные параметры как рабочей среды, так и излучения накачки. При ширине спектра накачки 1 см^{-1} эффективность преобразования достигает 64% при интенсивности излучения накачки 1 кВт/см^2 . Более эффективной работе усилителя помогает зеркало, возвращающее обратно в ячейку прошедшее сквозь нее излучение накачки: с его помощью обеспечивается максимально полное использование накачки.

■ На примере D_1 -линии атомов щелочных металлов показана высокая эффективность (более 50%) генерации в красном крыле линии при резонансной диодной накачке. Оптимальное давление буферного газа 5 атм., интенсивность излучения накачки 5 кВт/см^2 при ширине спектра 1 см^{-1} . Частота лазерного излучения может перестраиваться на несколько десятков см^{-1} .

■ *(Отражено в публикациях [7, 8])*

Блок 3.

По пункту плана: Расчеты магнитооптических спектров флуоресценции при поглощении монохроматического излучения резонансного перехода на второй возбужденный уровень на примере атомов щелочных металлов.

Исп. в.н.с., д.ф.-м.н. К.А. Насыров

■ Развита математическая модель взаимодействия поляризованного излучения с атомами щелочных металлов на оптическом переходе на второй резонансный уровень в присутствии постоянного магнитного поля. На основе этой теории была разработана и протестирована численная модель для компьютерного моделирования такого рода взаимодействия. Был проведен цикл расчетов на примере атома ^{39}K . Показано, что как и в случае с оптическим переходом на первый резонансный уровень, формируется магнитооптический резонанс, однако контрастность его падает.

■ *(Отражено в публикации [9])*

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ