

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
 государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Согласовано, декан ФФ
 Блинов В.Е.
 подпись
 « 09 » 11 20 22 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ КВАНТОВОЙ ОПТИКИ

Научная специальность: 1.3 Физические науки

Направленность (профиль): Лазерная физика

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация(в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
По выбору	72	32				36	2			2	
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, в т.ч. - контактная работа 34 часа											

Разработчики:

д.ф-м.н., проф. Л.В. Ильичев

Заведующий кафедрой квантовой оптики ФФ

д.ф-м.н., академик РАН А.М. Шалагин

Ответственный за образовательную программу:

д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля







Новосибирск, 2022

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
1. Результаты освоения дисциплины	4
2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий	4
3. Содержание дисциплины	5
4. Перечень учебных и учебно-методических материалов, необходимых для изучения и освоения дисциплины (модуля)	5
5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	5
6. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)	6

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы квантовой оптики» реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) «Оптика» и разработана в соответствии с паспортом научной специальности «Оптика», Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа направлена на знакомство аспирантов с основами перспективных методов квантовой метрологии с использованием неклассических состояний света для сверхточных измерений.

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: квантовая механика, термодинамика, статистическая физика, молекулярная спектроскопия, основы квантовой оптики, современные проблемы квантовой оптики.

Цель курса: познакомить обучающихся с основами перспективных методов квантовой метрологии.

Задачи курса:

- сформировать представление у обучающихся о перспективных методах квантовой метрологии с использованием неклассических состояний света для сверхточных измерений.

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о перспективных методах квантовой метрологии.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 2 зачетные единицы (72 часа).

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы квантовой оптики» реализуется на физическом факультете как элективная дисциплина в рамках научной специальности 1.3 Физические науки Направленность (профиль) «Оптика» и разработана в соответствии с паспортом научной специальности «Оптика», Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем и федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Настоящая программа направлена на знакомство аспирантов с основами перспективных методов квантовой метрологии с использованием неклассических состояний света для сверхточных измерений.

Для начала обучения данной дисциплине необходима базовая подготовка по следующим разделам физики: квантовая механика, термодинамика, статистическая физика, молекулярная спектроскопия, основы квантовой оптики, современные проблемы квантовой оптики.

Цель курса: познакомить обучающихся с основами перспективных методов квантовой метрологии.

Задачи курса:

- сформировать представление у обучающихся о перспективных методах квантовой метрологии с использованием неклассических состояний света для сверхточных измерений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося.

Общий объем дисциплины – 2 зачетные единицы (72 часа).

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

1. Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины:

- знание профессиональных сведений о перспективных методах квантовой метрологии.

2. Трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет

№	Вид деятельности	Количество часов
1.	Лекции, час.	32
2.	Занятия в контактной форме, час. из них	34
3.	аудиторных занятий, час.	32
4.	в электронной форме, час.	
5.	консультаций, час.	
6.	промежуточная аттестация, час.	2
7.	Самостоятельная работа, час.	38
8.	Всего, час.	72

3. Содержание дисциплины

Лекции (32 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Инженерия состояний типа «кошки Шредингера»	4
Элементы рамзеевской интерферометрии	2
Сверхточные фазовые измерения с зацепленными состояниями	4
Дисперсионный режим взаимодействия атома с квантованным полем	2
Сжатые состояния; двухмодовый сжатый вакуум	4
Метрология со сжатыми состояниями	4
Квантовые изображения, квантовая голография	4
Слабые измерения	4
Фаза в квантовой оптике	2
Геометрическая (топологическая) фаза в оптике	2

Самостоятельная работа студентов (38 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	18
Подготовка реферата	18
Подготовка к дифференцированному зачету	2

4. Перечень учебных и учебно-методических материалов, необходимых для изучения и освоения дисциплины (модуля)

1. Е.В.Бакланов. Теоретические основы квантовой электроники. Новосибирск: НГУ. 2011г. (22)
2. Д.Р. Клаудер, Э. К.Г. Сударшан. Основы квантовой оптики. Москва: Мир, 1970 г. (9)
3. В.П. Шляйх. Квантовая оптика в фазовом пространстве. Москва: Физматлит, 2005г. (1)
4. Л.В. Тарасов. Введение в квантовую оптику. Москва: Высш. шк., 1987 г. (6)
5. Обзорные и учебные статьи по тематике курса с сайта <https://arxiv.org/quant-ph/>

5. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по

образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

6. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень результатов освоения дисциплины представлен в разделе 1.

6.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада по тематике, связанной с выполнением научной работы обучающегося, и проверку заданий для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета с оцениванием качества представленного реферата. Требования разработаны в соответствии со следующими документами:

- паспорт научной специальности Оптика,
- федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов).

Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется по пятибалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Описание критериев и шкал оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 6.1 Результаты освоения дисциплины

Результат освоения дисциплины	Оценочное средство
- знание профессиональных сведений о перспективных методах квантовой метрологии	Портфолио Дифференцированный зачет

Таблица 6.2 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	Шкала оценивания
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации 	<i>Отлично</i>

<p>основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Дифференцированный зачет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – знает актуальные исследования и критически анализирует результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – умеет ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования, – знает возможные направления профессиональной самореализации, - владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – точность и полнота выделения, классификации и систематизации основного смыслообразующего компонента из источников и литературы. <p>В докладах и выступлениях обучающийся мог допустить неточности, не влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Дифференцированный зачет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует в основном углубленные знания базовых понятий, моделей, гипотез и концепций, свободно владеет всеми основными разделами современной физики, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить незначительные неточности.</p>	<p><i>Хорошо</i></p>
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – не знает направления актуальных исследований, не составляет анализ результатов предшественников и современных достижений в области физики в применении к профессиональной области деятельности, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - ограниченно владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, 	<p><i>Удовлетворительно</i></p>

<p>В докладах и выступлениях обучающийся допускает неточности влияющие на суть доклада.</p> <p><u>Дифференцированный зачет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых(обсуждаемых) вопросов, –затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – допускает значительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы. 	
<p><u>Доклады и выступления</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие теоретического и фактического материала, подкрепленного ссылками на научную литературу и источники, – затрудняется в постановке задач научно-исследовательской деятельности, – затрудняется в выборе возможных направлений профессиональной самореализации, - не владеет приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач, – неподготовленность докладов и выступлений на основе предварительного изучения литературы по темам, неучастие в коллективных обсуждениях в ходе практического (семинарского) занятия. <p><u>Дифференцированный зачет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, – затрудняется в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – не отвечает на дополнительные вопросы. 	<p><i>Неудовлетво- -рительно</i></p>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (оценочные материалы)

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям РПД, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

I. Примерная тематика докладов и рефератов

1. Подход Пэйджа-Лампарда к понятию нестационарного спектра в сравнении с подходом Винера-Хинчина.
2. Модель Тависа-Каммингса.
3. Перспективы использования модели осциллятора Бейтмана в квантовой оптике.
4. Проявления топологической фазы квантованной моды поля
5. Получение изображений с использованием коррелированных фотонов.
6. Квантовая голография.
7. Квантовая эллипсометрия.
8. Фаза Панчаратнама и фаза Рытова-Владимирского (сходство и различие)
9. Интерферометрия Саньяка со сжатым вакуумом.

II. Перечень вопросов к дифференцированному зачету.

1. Способы приготовления произвольного состояния «кошки Шредингера» из состояния Юрке-Столера.
2. Интегральная форма уравнения релаксации квантованной моды при спонтанной потере фотонов. Форма статистики фотоосчётов.
3. Однофотонная инженерия «кошек Шредингера» с участием двух мод.
4. Получение состояния «кошки Шредингера» в дисперсионном режиме модели Джейнса-Каммингса.
5. Методика измерения атома в базисе суперпозиционных состояний.
6. Многокомпонентные «кошки Шредингера».
7. Генерация многокомпонентных «кошек Шредингера» средой с керровской нелинейностью.
8. Применение нелокальных «кошек Шредингера» для фазовых измерений.
9. Представление состояния моды с помощью P-, W- и Q-функций.
10. Рамзеевская спектроскопия.
11. Стандартный квантовый предел и предел Гейзенберга в метрологии.
12. Информация Фишера и неравенство Крамера-Рао.
13. Эффект Саньяка.
14. Квантовая гироскопия на двухмодовом сжатом вакууме.
15. «Слабые» измерения и «слабые» значения.
16. «Слабые» измерения в наблюдении оптического спинового эффекта Холла.
17. Специфическая интерференция между актами пре- и пост-селекции.
18. Квантовая метрология с пост-селекцией при нерегистрации слабой керровской нелинейности.
19. Синхронизация разнесённых в пространстве часов с помощью квантовой зацепленности.