

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

Кафедра квантовой оптики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дополнительные главы квантовой оптики

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3

профиль

Оптика

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

д.ф.-м.н., Л.В. Ильичев

Заведующий кафедрой квантовой оптики ФФ

д.ф.-м.н., академик РАН А.М. Шалагин





Новосибирск 2020

Содержание

| | |
|--|----|
| Аннотация | 3 |
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы..... | 5 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы | 6 |
| 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося | 6 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий..... | 7 |
| 5. Перечень учебной литературы | 9 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся | 10 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | 10 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине | 11 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине | 11 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине..... | 11 |

Аннотация
к рабочей программе дисциплины «Дополнительные главы квантовой оптики»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Оптика**

Дисциплина «Дополнительные главы квантовой оптики» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профили подготовки «Оптика» и «Лазерная физика» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Дополнительные главы квантовой оптики» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина реализуется в третьем семестре в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Оптика» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) и в составе модуля «Лазерная физика» в качестве дисциплины по выбору.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь 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.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Владеть знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Основными задачами, стоящими перед изучением данной дисциплины является углубленное изучение теоретических вопросов квантовой оптики, развитие практических навыков решения задач в области квантовой оптики, применения квантово-оптических методов в системах анализа вещества, передачи и обработки информации, в технологических и измерительных оптических системах, формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах квантовой оптики, её связи с лазерной физикой, проблемах приложения квантово-оптических методов исследования в науке и технике, Формирование у аспирантов представления о теоретических основах квантово-оптических методов обработки информации (квантовые вычисления и квантовая коммуникация), об основных идеях и достижениях в этой области.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код | Компетенции, формируемые в рамках дисциплины |
|--|--|
| УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | |
| УК-1.1 | Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. |
| УК-1.2 | Уметь 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. |
| УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития | |
| УК-5.1 | Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач. |
| УК-5.2 | Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования. |
| УК-5.3 | Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования. |
| ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | |
| ОПК-1.1 | Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности. |
| ОПК-1.2 | Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования. |
| ОПК-1.3 | Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи. |
| ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки. | |
| ПК-1.1 | Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. |
| ПК-1.2 | Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. |
| ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки. | |
| ПК-2.1 | Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. |
| ПК-2.2 | Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дополнительные главы квантовой оптики» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профили подготовки «Оптика» и «Лазерная физика» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Дополнительные главы квантовой оптики» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилям подготовки «Оптика» и «Лазерная физика».

Основными задачами, стоящими при изучении данной дисциплины является углубленное изучение теоретических вопросов квантовой оптики, развитие практических навыков решения задач в области квантовой оптики, применения квантово-оптических методов в системах анализа вещества, передачи и обработки информации, в технологических и измерительных оптических системах, формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах квантовой оптики, её связи с лазерной физикой, проблемах приложения квантово-оптических методов исследования в науке и технике, Формирование у аспирантов представления о теоретических основах квантово-оптических методов обработки информации (квантовые вычисления и квантовая коммуникация), об основных идеях и достижениях в этой области.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины
Дополнительные главы квантовой оптики:

Кандидатский экзамен по модулям Оптика и Лазерная физика.

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|-------------------------------------|-------------|--|----------------------|----------------------|---|--|---|--|-------|--------------------------|----------------------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий | Самостоятельная работа, не включая период сессии | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Кандидатский экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 3 | 108 | 32 | | | 22 | 52 | | | 2 | | |
| Всего 108 часов /3 зачетных единицы | | | | | | | | | | | |

| |
|---|
| из них: - контактная работа 56 часов - в интерактивных формах 22 часа |
| Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2 |

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

| № п/п | Раздел дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | | Консультации перед экзаменом | Промежуточная аттестация (в часах) |
|-------|---|-----------------|--|-----------------|----------------------|---|---|---|------------------------------|------------------------------------|
| | | | Всего | Аудиторные часы | | | Сам. работа во время занятий (не включая период сессии) | Сам. работа во время промежуточной аттестации | | |
| | | | | Лекции | Практические занятия | Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. | Инженерия состояний типа «кошки Шредингера» | 1-2 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 2. | Приготовление «кошки Шредингера» в дисперсионном режиме взаимодействия атома и поля | 3 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 3. | Приготовление «кошки Шредингера» методами керровской нелинейности | 4 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 4. | Сверхточные фазовые измерения с зацепленными состояниями | 5-6 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 5. | Сжатые состояния; двухмодовый сжатый вакуум | 7-8 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 6. | Метрология со сжатыми состояниями | 9-10 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 7. | Квантовые изображения, квантовая голография | 11-12 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 8. | Слабые измерения | 13 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 9. | Фаза в квантовой оптике | 14-15 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 10. | Геометрическая (топологическая) фаза в оптике | 16 | 4 | 2 | | | 2 | | | |
| 11. | Научные доклады обучающихся по тематикам их | 1-16 | 66 | 12 | | 22 | 32 | | | |

| | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|----|-----|----|--|----|----|--|---|
| | научных исследований | | | | | | | | |
| 12. | Зачет | 17 | 2 | | | | | | 2 |
| Всего | | | 108 | 32 | | 22 | 52 | | 2 |

Программа курса лекций

Тема 1 (2 часа) Инженерия состояний типа «кошки Шредингера». Представление кинетического уравнения потери квантов фотонной модой в интегральной форме. Доказательство универсальности эволюции когерентного состояния при потере любого фиксированного числа фотонов. Демонстрация радикального отличия при замене когерентного состояния на «кошку Шредингера». Состояния Юрке-Столера как частный случай «кошки Шредингера». Схема приготовления произвольной суперпозиции когерентных состояний из состояния Ю.-С. И когерентного состояния регистрацией одного фотона. Понятие о нелокальных «кошках Шредингера» и схема их приготовления.

Тема 2 (2 часа) Приготовление «кошки Шредингера» в дисперсионном режиме взаимодействия атома и поля. Дисперсионный режим модели Джейнса-Каммингса. Приготовление состояния «кошки Шредингера» фотонной моды при пост-селекции состояния атома после его взаимодействия с модой. Схема организации нужного измерения состояния атома при пост-селекции. Понятия о $\pi/2$ - и π -импульсах.

Тема 3 (2 часа) Приготовление «кошки Шредингера» методами керровской нелинейности. Понятие о многокомпонентных «кошках Шредингера». Приближённое дискретное преобразование Фурье состояний моды. Трансформация когерентного состояния в керровской среде. Исследование состояния на различных этапах цикла трансформации. Способы визуализации процесса трансформации состояния моды. Понятие о P-, W- и Q-функциях.

Тема 4 (2 часа) Сверхточные фазовые измерения с зацепленными состояниями. Схема Ароша и Раймона сверхточных измерений с нелокальными «кошками Шредингера». Фазовые измерения с интерферометром Маха-Цандера и входным NOON –состоянием. Понятие о гейзенберговском пределе точности фазовых измерений в сравнении со стандартным квантовым пределом.

Тема 5 (2 часа) Сжатые состояния; двухмодовый сжатый вакуум. Понятие о «сжатом» свете. Квадратуры и соотношение неопределённости для них. Пример механического квантового осциллятора. Перестройка его состояния при быстром изменении жёсткости. Одномодовые и двухмодовые сжатые состояния. Способы их получения и взаимная трансформация. Понятие о сжатом вакууме.

Тема 6 (2 часа) Метрология со сжатыми состояниями. Задачи метрологии на примере автономной навигации. Гиометрия на эффекте Саньяка. Фазовые измерения со сжатым вакуумом на входе в интерферометр Маха-Цандера. Использование двухмодового сжатого вакуума на входе в интерферометр. «Шумовая» квантовая гиометрия. Достижение гейзенберговского предела. Информация Фишера и предел Крамера-Рао в квантовой метрологии. Перспективы использования сжатого света в интерферометре LIGO.

Тема 7 (2 часа) Квантовые изображения, квантовая голография. Получение изображений в бифотонном свете. Квантовая голография. Традиционная квантовая поляриметрия и квантовая «поляриметрия в шумах».

Тема 8 (2 часа) Слабые измерения. Эксперименты с пред- и пост-селекцией квантовых состояний. Физический смысл мнимой части слабого значения. Иллюстрация в системе «трёх коробок». Парадокс «жестокое короля». Регистрация оптического спинового

эффекта Холла методом слабых измерений.

Тема 9 (2 часа) Фаза в квантовой оптике. «Наивный» подход Дирака к понятию фазы в квантовой механике. Подходы Пегга-Барнета и Сускинда-Глоговера. Эрмитовы операторы косинуса и синуса фазы. Состояние фотонной моды с определённой фазой. Супероператор квантовой фазы по Масаси Бану.

Тема 10 (2 часа) Геометрическая (топологическая) фаза в оптике. История понятия геометрической фазы в классической и квантовой оптике. Фаза Рытова-Владимирского и фаза Панчаратнама. Идея М. Берри. Геометрическая фаза когерентного состояния и способ её переноса на атомарный конденсат Бозе-Эйнштейна. Операционный подход к понятию геометрической фазы и его обобщение на фазу смешанных состояний. Интерференционный способ её наблюдения.

Теоретический материал курса освещается в ходе практических занятий. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся дополнительные индивидуальные консультации.

Индивидуальная работа с преподавателем

| Перечень работ | Объем, час |
|--|------------|
| Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов. | 22 |

Самостоятельная работа обучающихся

| Перечень занятий на самостоятельную работу аспирантов | Объем, час |
|--|------------|
| Самостоятельная подготовка к практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных. Подготовка к практическим занятиям. Решение практических заданий. | 20 |
| Подготовка доклада по одной из тем лекций | 32 |

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Е.В. Бакланов. Теоретические основы квантовой электроники: учебное пособие / Е.В. Бакланов; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. квантовой электроники. - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2011. - 103.

5.2 Дополнительная литература

2. Ильичёв Л.В. Элементы квантовой метафизики, ч. 2, НГУ, 2006-2012 (текст учебного пособия размещён на странице кафедры Квантовой оптики).
3. Шляйх В.П. Квантовая оптика в фазовом пространстве. М.: Физматлит, 2005
4. Ильичёв Л.В. Основы квантовой оптики: Курс лекций (электронный текст). Новосибирск: НГУ-ИАиЭ СО РАН, 2019, 115 с. (предоставляется преподавателем).
5. J. Dressel et al. *Colloquium: Understanding quantum weak values: Basics and applications*, <https://arxiv.org/abs/1305.7154>.
6. R.G. Torrom et al. Introduction to quantum radar, <https://arxiv.org/abs/2006.14238v1>.
7. К. Хелстром Квантовая теория проверки гипотез и оценивания. Москва: «Мир», 1979.
8. Kok Chuan, Tan and Hyunseok, Jeong Nonclassical Light and Metrological Power: An Introductory Review, <https://arxiv.org/abs/1909.00942v1>.

5.3 Литература для самостоятельного изучения

9. Карасёв В.П., Масалов А.В. Состояния неполяризованного света в квантовой оптике. Опт. и спектр., т.74, вып.5, 1993, с.928-936.
10. Килин С.Я. Квантовая оптика (поля и их детектирование). Минск: Наука і Тэхника, 1990.
11. Н.-А. Bachor and Т.С. Ralph A Guide to Experiments in Quantum Optics. WILEY-VCH Verlag, 2004
12. S. Haroche, J.-M. Raimond Exploring the Quantum. Oxford University Press, 2006

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов: библиотека НГУ, тексты в сети Интернет, страница Кафедры на сайте ИАиЭ СО РАН: <https://www.iae.nsk.su/ru/departments/2015-12-07-09-12-47>

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;
- Электронный справочник по "Оптике когерентного излучения" (с разделом "4.2. Цифровая голография") <http://optics.sinp.msu.ru/co/toc.html>
- Ресурсы Энциклопедия фотоники: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет аспиранта в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга Springer Materials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II.).
6. БД Scopus (Elsevier).
7. Архив электронных препринтов (arXiv.org e-Print archive) <https://arxiv.org/list/quant-ph/>

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной 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.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся 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».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и проверки заданий для самостоятельного решения. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Оптические стандарты частоты

Таблица 10.1

| Код компетенции | Результат обучения по дисциплине | Оценочное средство |
|--|--|---|
| УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | | Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет |
| УК-1.1 | Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. | |
| УК-1.2 | Уметь 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. | |
| УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития | | Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет |
| УК-5.1 | Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач. | |
| УК-5.2 | Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования. | |
| УК-5.3 | Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования. | |
| ОПК-1. | Способность самостоятельно осуществлять научно- | Работа на |

| | | |
|--|---|---|
| исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | | практических занятиях Представление доклада Зачет |
| ОПК-1.1 | Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности. | |
| ОПК-1.2 | Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования. | |
| ОПК-1.3 | Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи. | |
| ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки. | | Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет |
| ПК-1.1 | Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. | |
| ПК-1.2 | Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. | |
| ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки. | | Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет |
| ПК-2.1 | Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. | |
| ПК-2.2 | Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. | |

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции | | | |
|--|---|--|---|---|--|
| | | Не сформирован (не зачтено) | Пороговый уровень (зачтено) | Базовый уровень (зачтено) | Продвинутый уровень (зачтено) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полнота знаний | УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1 | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительно е количество негрубых ошибок. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и |

| | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|--|---|
| | | | | несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. |
| Наличие умений | УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2 | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки. | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок. |
| Наличие навыков (владение опытом) | УК 5.3 ОПК 1.3 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры тем докладов по дисциплине
«Дополнительные главы квантовой оптики»

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.

10. Гейзенберговский предел в квантовой метрологии.

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