

**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 электроники**



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ 1**

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**
Профиль: **Общая и фундаментальная 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	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	108	32	32		42			2		
Всего	108	32	32		42			2		
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-2										

Ответственный за образовательную программу
профессор, д.ф.-м.н.

С.В. Цыбуля

Новосибирск 2022

Содержание

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

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

Курс «Теоретические основы квантовой электроники 1» является базой, необходимой для изучения всех специальных курсов кафедры квантовой электроники: «статистическая оптика», «нелинейная фотоника», «лазерная спектроскопия», «оптоэлектроника», «экспериментальные методы квантовой электроники», «прикладная оптика».

Целью учебного курса «Теоретические основы квантовой электроники 1» является дать студентам углубленные знания тех разделов электродинамики и квантовой механики, которые являются базовыми в квантовой электронике:

- научить студентов основным методам, применяемым в задачах квантовой электроники;
- подготовить студентов к освоению специальных дисциплин в области квантовой электроники, квантовой оптики и лазерной физики;
- подготовить студентов к исследовательской работе в этих областях.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-2 Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК -2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные представления о распространении волн в анизотропных и диссипативных средах, основы нелинейной оптики (генерация второй гармоники и самофокусировка), теоретические основы и базовые представления научного исследования в области квантовой электроники, знать основные представления о распространении волн в анизотропных и диссипативных средах, основы нелинейной оптики (генерация второй гармоники и самофокусировка), кинетические уравнения для матрицы плотности атома в электромагнитном поле, теорию генерации лазерного излучения.</p> <p>Уметь решать задачи по распространению волн в анизотропных, нелинейных и диссипативных средах, проводить научные изыскания в области квантовой электроники, уметь проводить научные изыскания в области квантовой, оценивать изменения в области квантовой электроники в связи с новыми разработками.</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		Владеть методами работы с необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в области квантовой электроники, владеть математическим аппаратом квантовой электроники.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретические основы квантовой электроники 1» представляет собой годовой курс, читаемый на 3-ом курсе физического факультета НГУ в 5 семестре. Программа обучения на кафедре квантовой электроники предусматривает получение студентами базовых знаний по физике и технике лазерных систем, а также необходимых умений и навыков практической работы в области современных высоких технологий. Особое внимание при этом уделяется основам квантовой электроники, статистической и квантовой оптике, нелинейной оптике, лазерной спектроскопии, оптоэлектронике, экспериментальным методам квантовой электроники, прикладной оптике.

При изучении теоретических основ квантовой электроники из физических дисциплин является обязательным знание основ классической и квантовой механики, электродинамики и статистической физики. Все эти дисциплины изучаются на младших курсах в рамках цикла общих естественнонаучных дисциплин.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

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	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
5	108	32	32		42			2			
Всего	108	32	32		42			2			
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы, из них:											
- контактная работа 66 часов											
Компетенции ПК-2											

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические

занятия, самостоятельная работа студента, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: работа обучающегося на практических занятиях.

Промежуточная аттестация: – зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачетные единицы:

- занятия лекционного типа – 32 часа;

- практические занятия – 32 часа;

- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 42 часа;

- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, практические занятия, зачет) составляет 66 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого 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)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электромагнитные волны в свободном пространстве	1-2	12	4	4	4	
2	Поляризация.	3	8	2	2	4	
3	Суперпозиция плоских волн	4	8	2	2	4	
4	Импульс электромагнитного поля	5-6	12	4	4	4	
5	Распространение ЭМ волн в средах	7-9	16	6	6	4	
6	Дисперсия света	10-11	12	4	4	4	
7	Анизотропные среды.	12-13	12	4	4	4	
8	Нелинейная оптика. Домашнее задание	14-16	26	6	6	14	
9	Зачет	17	2				2
	ВСЕГО		108	32	32	42	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

1. Электромагнитные волны в свободном пространстве. (4 часа)

Распространение ЭМ волн в свободном пространстве, вывод уравнений. Уравнение Максвелла. Описание распространения ЭМ волн на примере плоской волны. Описание ЭМ волны комплексным вектором. Определение интенсивности и плотность энергии световой волны в комплексной форме.

2. Поляризация. (2 часа)

Линейная, круговая, эллиптические поляризации световой волны. Циркулярные компоненты вектора поляризации. Пространственное сложение волн с различной поляризацией.

3. Суперпозиция плоских волн. (2 часа)

Сложение волн с различными частотами. Описание биения.

4. Импульс электромагнитного поля. (4 часа)

Математическое описание ЭМ импульса произвольной пространственной и временной формы. Скорость распространения импульса. Гауссов пучок.

5. Распространение ЭМ волн в средах. (6 часов)

Электромагнитные волны в изотропном диэлектрике. Плоская волна в однородной изотропной среде. Отражение и преломление волн. Эффект полного внутреннего отражения. Угол Брюстера.

6. Дисперсия света. (4 часа)

Коэффициент поглощения и показатель преломления. Групповая скорость пакета. Распространение света в средах с различной групповой скоростью, в том числе с отрицательной скоростью. Дисперсия света на примере ансамбля классических осцилляторов.

7. Анизотропные среды. (4 часа)

Распространение плоской волны в анизотропной среде. Распространение волн в одноосных кристаллах. Обыкновенная и необыкновенные волны, их энергия. Суперпозиция волн в одноосных кристаллах. Волновой пакет в анизотропной среде. Электрооптические эффекты. Оптическая активность.

8. Нелинейная оптика. (6 часов)

Распространение ЭМ волн в нелинейных средах. Среда с линейной, квадратичной и кубической восприимчивостью. Генерация второй гармоники. Самофокусировка ЭМ волны в нелинейных средах.

Программа практических занятий (32 часа)

1. Плоская монохроматическая волна (4 часа)

2. Поляризация плоской волны (2 часа)

3. Комплексная форма записи поля (2 часа)

4. Биения. Волновой пакет. Гауссов пучок (4 часа)

5. Плоская волна в однородной изотропной среде. Отражение и преломление волн (6 часов)

6. Коэффициент поглощения и показатель преломления. Ансамбль классических осцилляторов (4 часа)

7. Плоская волна в анизотропной среде. Волновой пакет в анизотропной среде. Оптическая активность (4 часа)

8. Генерация второй гармоники. Самофокусировка (6 часов)

Самостоятельная работа студентов (42 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Решение задач	14
Самостоятельное изучение материалов теоретических занятий, подготовка к практическим занятиям	28

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература:

1. Бакланов Е. В. Физические основы теории лазеров. Новосибирск: НГТУ, 2011.

5.2. дополнительная литература:

2. Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика. М., Наука, 2004.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М., Физматлит, 2003.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. М., Физматлит, 2002.
5. Риле Ф. Стандарты частоты. Принципы и приложения. М., Физматлит, 2009
6. Ярив А. Квантовая электроника. М., Сов. Радио, 1980
7. Звелто О. Принципы лазеров. М., Мир, 1990

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Дополнительные учебно-методические материалы не требуются.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

NIST Atomic Spectra Database https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

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 MSOffice, MathLab.

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

Для реализации дисциплины «Теоретические основы квантовой электроники 1» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, 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.

Реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения (платформа ZOOM), где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины (используется PowerPoint);

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.

Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Оценочным средством для текущего контроля успеваемости в части самостоятельной работы является регулярная сдача-приемка домашних заданий. Успешная сдача домашних заданий является обязательным условием для зачета.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области экспериментальных методов квантовой электроники в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в устной форме.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка «зачтено» ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня и означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать основные представления о распространении волн в анизотропных и диссипативных средах, основы нелинейной оптики (генерация второй гармоники и самофокусировка), теоретические основы и базовые представления научного исследования в области квантовой электроники, знать основные представления о распространении волн в анизотропных и диссипативных средах, основы нелинейной оптики (генерация второй гармоники и самофокусировка), кинетические уравнения для матрицы плотности атома в электромагнитном поле, теорию генерации лазерного излучения.</p>	<p>Проведение контрольных работ, зачет.</p>
<p>ПК-2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уметь решать задачи по распространению волн в анизотропных, нелинейных и диссипативных средах, проводить научные изыскания в области квантовой электроники, уметь проводить научные изыскания в области квантовой, оценивать изменения в области квантовой электроники в связи с новыми разработками. Владеть методами работы с необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в области квантовой электроники, владеть математическим аппаратом квантовой электроники.</p>	<p>Проведение контрольных работ, зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Теоретические основы квантовой электроники 1».

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	ПК 2.2	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 2.3	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)	ПК 2.3	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.

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

Задачи

1. Найти поляризационную конфигурацию поля, образованную встречными плоскими волнами равной интенсивности с ортогональными линейными поляризациями
2. Найти поляризационную конфигурацию поля, образованную встречными плоскими волнами равной интенсивности с противоположными круговыми поляризациями.
3. Рассмотреть эллиптически поляризованную волну в комплексной форме. *Выразить амплитуду поля через четыре параметра $E, \varepsilon, \varphi, \psi$, где E – модуль амплитуды поля, φ – общая фаза, ψ – угол между направлением большей полуоси эллипса и осью x , ε – отношение полуосей эллипса*
4. Рассмотреть задачу о движении одномерного волнового пакета гауссовой формы в среде с дисперсией $\omega = ck + gk^2$, где g - константа. Показать, что скорость переноса энергии совпадает с групповой скоростью. Определить скорость расплывания пакета.
5. Рассмотреть задачу отражения волнового пакета гауссовой формы от слоя среды с дисперсией, приводящей к отрицательной групповой скорости волнового пакета.

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.

