

**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

Оптические измерения 2

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (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 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
6	36	10	16		8				2	
Всего 36 часов /1 зачетная единица из них: - контактная работа 28 часов Компетенции ПК-1										

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

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 (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	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.	6
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 итоговой аттестации по дисциплине.	8

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

Дисциплина «Оптические измерения 2» представляет собой вторую часть курса об источниках, приёмниках оптического излучения, методах характеристики оптического излучения, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области оптики

Дисциплина (курс) «Оптические измерения 2» имеет своей целью дать обучающимся базовые знания о методах анализа свойств оптического излучения привить навыки и умения в проведении различных оптических измерений и работы в современной лаборатории оптического профиля или лаборатории, где используются оптические методы исследования (уровень бакалавриата, профиль подготовки «общая физика»).

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать основы методов измерения спектральных, поляризационных свойств, методов измерения пространственного распределения поля. В том числе, интерферометрические методы измерений, классические спектральные приборы, новейшие методы комплексной характеристики спектрально-временной динамики.</p> <p>Уметь осуществлять расчёты простых оптических систем, выбирать прибор для анализа спектральных, поляризационных свойств оптического излучения, адекватный задаче, осуществлять настройку оптических приборов.</p> <p>Владеть навыками чтения специализированной литературы по современной оптической приборной базе.</p>

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области оптики и фотоники. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, связанные с популярными новейшими методами оптических измерений, используемых в текущей профессиональной научной литературе. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками (электродинамика, статистическая физика и т.д.) и спецкурсами, параллельно излучающимися по данной специальности (физика лазеров), а также лабораторными работами, выполняемыми в рамках отдельного спецпрактикума.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Оптические измерения 2» реализуется в весеннем семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. курс «Оптические измерения 2» является базовой дисциплиной в образовательной бакалаврской программе по оптике; изложение материала опирается на знание студентами общей физики, основ электромагнитной теории света, основ атомной и молекулярной физики; обеспечена логическая связь «Оптических измерений» с курсами «Физика лазеров» и «Физическая оптика». Он должен предшествовать выполнению квалификационной работы бакалавра по данной специализации, т.к. дает бакалавру необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований, связанных с анализом оптического излучения.

Курс предназначен для бакалавров, область будущей профессиональной деятельности которых включает:

- исследования процессов взаимодействия света с веществом;
- разработку оптических методов для научных исследований;
- научные исследования, метрология и производственная деятельность с использованием оптического излучения;
- научная, техническая, технологическая и инженерная деятельность в области квантовой и нелинейной оптики, а также оптоэлектроники.

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

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 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	36	10	16		8				2	
Всего 36 часов /1 зачетная единица, из них:										
- контактная работа 28 часов										
Компетенции ПК-1										

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, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: выборочный опрос, контрольные работы.

Итоговая аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу (36 часов):

- занятия лекционного типа – 10 часов;
- практические занятия – 16 часов;

- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 8 часов;
- итоговая аттестация (дифференцированный зачет.) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 28 часов.

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

Дисциплина «Оптические измерения 2» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 6 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Измерение спектра излучения Форма контроля –выборочный опрос	1-9	12	4	6	2	
2	Комплексные методы характеристики излучения Форма контроля –выборочный опрос	10-12	12	4	6	2	
3	Измерение поляризации Форма контроля –выборочный опрос	13-14	5	1	2	2	
4	Измерение пространственных характеристик излучения Форма контроля –выборочный опрос	15-16	5	1	2	2	
7	Дифференцированный зачет	17	2				2
Всего			36	10	16	8	2

Программа и основное содержание лекций (10 часов)

Раздел 1. Измерение спектров излучения (4 часа)

Основные типы спектральных приборов. Призма. Преломление в плоскости главного сечения. Дисперсии. Разрешающая способность. Астигматизм и кривизна спектральных линий. Типы призм. Дифракционная решётка. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП), основные характеристики, аппаратная функция. Разрешающая способность реального ИФП.

Раздел 2. Комплексные методы характеристики излучения (4 часа)

Автокоррелятор частотно-разрешенного стробирования для изучения ультракоротких импульсов. Системы FROG и SPIDER.

Раздел 3. Измерение поляризации (1 часов)

Матрицы Джонса. Измерение поляризации. Сфера Пуанкаре.

Раздел 4. Измерение пространственных характеристик излучения (1 час)

Гауссовы пучки. Негауссовы пучки. Измерение волнового фронта.

Программа практических занятий (16 часа)

Раздел 1 (6 часов)

Основные характеристики щелевых спектральных приборов: дисперсия, угловое увеличение, нормальная ширина щели. Дифракционные явления в спектральном приборе. Теоретическая и реальная разрешающая способность. Аппаратная функция. Освещение щели. Светосила по освещённости и по потоку.

Образование дифракционной картины в приборе с решёткой. Спектроскопические характеристики решётки: дисперсия, разрешающая способность, область дисперсии, коэффициент отражения, поляризующее действие, «духи». Вогнутые решётки. Голографические решётки.

Элементы общей теории интерферометров при точечном источнике света. Интерференционные полосы равного наклона и равной толщины. Типы приборов высокой разрешающей силы и их основные свойства.

Спектрометры с интерференционной селективной амплитудной модуляцией – принцип действия, разрешающая способность, оптические схемы.

Пространственная и временная когерентность. Интерферометры и интерферометрические измерения. Фурье-спектрометр. Автокорреляционная функция и ее измерение.

Раздел 2 (6 часов)

Оптический векторный анализатор. Поляризационные измерения. Оптическая рефлектометрия. Временная линза.

Гетеродинамирование. Гетеродинный анализатор оптического спектра. Гомодинамирование оптического сигнала. Измерение ширины линии

Раздел 3 (2 часа)

Способы управления поляризацией.

Раздел 4 (2 часа)

Методы вычисления расходимости пучка.

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. М.: Наука, 2006.
3. Андреев А.Н., Гаврилов Е.В., Ишанин Г.Г. ред. Шидловская Н.И. - Оптические измерения, Логос, 2012
4. Hui, Rongqing_ O'Sullivan, Maurice - Fiber Optic Measurement Techniques-Elsevier (2009)

5.2. Дополнительная литература

1. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. Техника и практика спектроскопии. М.: Наука, 1972, 1976.
2. Лебедева В.В. Техника оптической спектроскопии. М.: Изд. МГУ, 1977, 1986.
3. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. Л.: Наука, 1979.

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

Необходимости в дополнительных учебно-методических материалах нет.

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

Не используются.

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 «Оптические измерения 2» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, 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 может осуществляться с применением электронного обучения на платформах Zoom, Google Meet, Discord с использованием презентаций или онлайн трансляции

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 итоговой аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента проводится следующими видами контроля: контрольные вопросы по пройденному на лекциях материалу, задания для самостоятельного решения с последующим разбором на практических занятиях.

Итоговая аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности свободно владеть знаниями в области измерений оптических характеристик и использовать их в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированный зачете. Зачет проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение итоговой аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать основы методов измерения спектральных, поляризационных свойств, методов измерения пространственного распределения поля. В том числе, интерферометрические методы измерений, классические спектральные приборы, новейшие методы комплексной характеристики спектрально-временной динамики.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.

<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь осуществлять расчёты простых оптических систем, выбирать прибор для анализа спектральных, поляризационных свойств оптического излучения, адекватный задаче, осуществлять настройку оптических приборов.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
<p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Владеть навыками чтения специализированной литературы по современной оптической приборной базе.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Оптические измерения 2».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	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 1.2	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)	ПК 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.
-----------------------------------	--------	--	--	--	---

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

Пример задания для самостоятельного решения

Определить набор приборов и методов, подходящих для наиболее полного описания свойств излучения полупроводникового перестраиваемого узкополосного лазера

Пример контрольной работы.

1. Определить постоянную, которую должна иметь решетка, способная давать инфракрасный спектр с длинами волн до 100 мкм.
2. Коллиматорная щель S , освещаемая источником света, помещается в главном фокусе линзы L с фокусным расстоянием 20 см. Пройдя через линзу, свет падает на дифракционную решетку, плоскость которой перпендикулярна к главной оптической оси линзы L . Число штрихов решетки $N = 1000$, ее период $d = 0,001$ см. Какова должна быть ширина коллиматорной щели x , чтобы была полностью использована разрешающая способность решетки в окрестности длины волны $\lambda = 5000$ А?
3. Если ширина линии лазерного диода (по уровню -20 дБ), измеренная когерентным гетеродинным детектированием, составляет 1 ГГц и если предположить, что сигнал и гетеродин имеют одинаковую ширину линии, какова ширина линии этого лазера по уровню 3 дБ?

Вопросы, выносимые на дифференцированный зачет

1. Классические спектральные приборы. Устройство приборов, настройка. Разрешающая способность, аппаратная функция, понятие нормальной ширины щели.
2. Фотометрические параметры классических спектральных приборов. Светосила по потоку и освещенности для линейчатого и сплошного спектров в зависимости от настройки прибора. Понятие оптимальной ширины щели. Принципы и способы освещения входного окна спектрального прибора.
3. Диспергирующие элементы классических спектральных приборов – призма. Способы использования призмы, предельная разрешающая способность призмного прибора, спектральные характеристики призмного прибора, область свободной дисперсии, кривизна изображения входной щели.
4. Диспергирующие элементы классических спектральных приборов – профилированная дифракционная решетка (эшелет). Спектральные характеристики дифракционной ре-

шетки, область свободной дисперсии, угловое распределение дифрагированного от решетки света, разрешающая способность прибора с дифракционной решеткой. Нормальный спектр. Управление яркостью дифракционной картины в заданном направлении. Кривизна изображения входной щели.

5. Диспергирующие элементы классических спектральных приборов – профилированная дифракционная решетка на сферической поверхности. Спектральные характеристики дифракционной решетки, угловое распределение дифрагированного от решетки света, понятие круга Роуланда, разрешающая способность прибора со сферической дифракционной решеткой, ограничения на размер сферической дифракционной решетки. Искажения изображения входной щели.
6. Увеличение светосилы классических спектральных приборов. Использование функциональных и кодирующих растров вместо входной и выходной щели. Способы построения растров кодирующих и декодирующих растров. Принципы построения функциональных растров. Одномерные и двумерных функциональные растры. Аппаратная функция прибора с функциональным растром. Устранение подложки из аппаратной функции.
7. Фурье-спектрометр, принцип работы, спектральные характеристики, область свободной дисперсии, аппаратная функция, разрешающая способность, аподизация, динамический Фурье-спектрометр, выигрыши по сравнению с классическими спектральными приборами.
8. Интерферометр Фабри-Перо, назначение, аппаратная функция, разрешающая способность, область свободной дисперсии, требования к оптическим элементам, точность юстировки.
9. Метод оптического смещения (гетеродинамирования). Спектр гетеродинного фототока, аппаратная функция. Метод оптического гомоденирования.
10. Измерение спектрально-временной динамики ультракоротких импульсов: автокоррелятор интенсивности и частотно-разрешенное оптическое стробирование (FROG)
11. Измерение поляризации. Параметры Стокса. Поляриметр.
12. Измерение пространственных характеристик лазерных пучков. Измерение качества пучка. Параметр качества пучка. Измерение волнового фронта пучка.

Пример билета

1. Дифракционная решетка как диспергирующий элемент.
2. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо как измерительный прибор.
3. Практическое задание: оценить разрешение Yokogawa 6370 OSA.

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

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Оптические измерения 2»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного