

**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
ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА 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 итоговой 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	12
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа /2зачетных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции: ПК-1										

Ответственный за образовательную программу:
д.ф.-м.н., проф.

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.	3
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.	Ошибка! Закладка не определена.
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.	8
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.

Дисциплина (курс) «Физическая оптика 2» имеет своей целью овладение основами физики распространения электромагнитных волн оптической области спектра в однородных и неоднородных, включая эффекты, связанные с молекулярным рассеянием света и уширением спектральных линий, а также элементы статистической оптики.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>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>	<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 основные принципы распространения плоских волн в молекулярных газах, с учётом их рассеяния и уширения спектральных линий; основные понятия статистической оптики; основные отличия детерминистического и статистического подходов в оптике на конкретных примерах.</p> <p>Уметь применять полученные знания при решении задач, чтении научной литературы и при работе в оптических лабораториях.</p> <p>Владеть навыками расчёта эффектов уширения спектральной линии излучения, навыками расчёта преобразований распределений плотностей вероятности при преобразовании случайных переменных, навыками расчёта статистических характеристик случайных переменных и процессов.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Курс «Физическая оптика 2» является основной базовой дисциплиной в образовательной бакалаврской программе по оптике; изложение материала опирается на знание студентами основ электромагнитной теории света и квантовой механики, а также основ статистического метода описания оптических явлений. Обеспечена логическая связь курса «Физическая оптика» с курсами «Физика лазеров», «Оптические измерения» и «Нелинейная спектроскопия».

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

- исследования процессов взаимодействия света с веществом;
- разработку, исследование, модификацию и применение лазерных и оптических систем, а также устройств для управления оптическим излучением;
- 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. 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.

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 итоговой 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	12
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа /2зачетных единицы, из них:										
- контактная работа 36 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, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения с последующим разбором на практических занятиях, выборочный опрос, степень активности и самостоятельности при решении задач;
- итоговая аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы:

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- итоговая аттестация (консультации, подготовка, экзамен) – 22 часа.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, консультация и экзамен) составляет 36 часов.

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

Дисциплина представляет собой полугодовой курс, читаемый в 7 семестре физического факультета НГУ. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ 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.	Вводная часть: Молекулярная оптика <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	1	6	2	2	2	
2.	Рэлеевское рассеяние света в газе <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	2	8	2	2	4	
3.	Флуктуационная теория рассеяния <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	3	8	2	2	4	
4.	Спектр рассеянного света и уширение спектральных линий <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	4-7	6	2	2	2	
5.	Вводная часть в основы статистического подхода в оптике <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	8-9	6	2	2	2	
6.	Случайные процессы <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	10-16	16	6	6	4	
7.	Консультации		2				2
8.	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18
9.	Экзамен		2				2
Итого:			72	16	16	18	22

Программа и основное содержание лекций (18 часов)

Раздел 1. Вводная часть: Молекулярная оптика (2 часа)

Предмет молекулярной оптики. Излучение осциллятора. Мультиполи излучения. Ангармонический осциллятор.

Раздел 2. Рэлеевское рассеяние света (2 часа)

Рэлеевское рассеяние (интенсивность для газа). Коэффициент ослабления.

Раздел 3. Флуктуационная теория рассеяния света, спектр рассеянного света и уширение спектральных линий (4 часа)

Спектр рассеянного излучения. Рассеяние на флуктуациях давления. Рассеяние на флуктуациях энтропии, концентрации и анизотропии. Молекулярное рассеяние света поверхностями, кристаллами, вблизи точек фазовых переходов. Спектр колебаний, случайно ориентированных по фазе и частоте. Корреляционная функция. Теорема Винера-Хинчина. Модель фазовой мгновенной модуляции. Модель сильных столкновений.

Раздел 4. Основы статистического подхода в оптике. Случайные процессы (6 часов)

Случайные переменные: основные понятия. Случайные процессы. Преобразования плотностей вероятностей. Фазоры. Понятия стационарных и эргодических случайных процессов. Поляризованное и неполяризованное тепловое излучение. Частично поляризованное излучение.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятие 1. (2 часа) Решение задач на поле диполя, обладающего различной поляризацией (в общем случае – эллиптической). Квадрупольное и магнито-дипольное излучение в дальней зоне.

Занятие 2. (4 часа) Решение задачи на симметрические свойства рассеянного излучения. Рассмотрение эффектов рассеяния света, связанных с ангармонизмом классического осциллятора.

Занятие 3. (4 часа) Решение задачи о рассеянии линейно поляризованного света на различных диэлектрических частицах, в частности, на хаотически ориентированных анизотропных малых частицах. Коэффициент деполяризации.

Занятие 4. (2 часа) Вычисление коэффициента экстинкции при рассеянии света на флуктуациях плотности и флуктуациях температуры газа.

Занятие 5. (2 часа) Вычисление корреляционных функций и спектра рассеяния в случаях доплеровского уширения и столкновительного уширения линии.

Занятие 6. (6 часов) Решение задач на преобразования случайных переменных и плотностей вероятности. Вычисление статистических характеристик случайных переменных при различных плотностях распределения вероятности. Решение задач о частично поляризованном излучении.

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Решение задач, выданных для самостоятельного разбора	8
Подготовка к практическим занятиям	10
Подготовка к аттестации	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. **Вайнштейн Л.А., Собельман И.И., Юков Е.А.** Возбуждение атомов и уширение спектральных линий. М.: Наука, 1979.
2. **Гудмен Дж.** Статистическая оптика. М.: Мир, 1988.
3. **Рытов С.М.** Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. М.: Наука, 1976.
4. **Борн М., Вольф Э.** Основы оптики. М.: Наука, 1970.

5.2. Дополнительная литература

1. **Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.** Теория поля. М.: Наука, 1988.
2. **Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.** Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982.
3. **Раутиан С.Г.** Введение в физическую оптику. Москва: URSS, 2009.
4. **Сивухин Д.В.** Лекции по физической оптике. Новосибирск: НГУ, 1968.
5. **Фабелинский И.Л.** Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965.
6. **Ахманов С.А., Никитин С.Ю.** Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004.

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

По курсу существуют учебники, [1]-[3] в списке Основной литературы, с большим числом задач для самостоятельной работы.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- 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 «Физическая оптика» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля 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 может осуществляться с применением электронного обучения на платформе Zoom с использованием презентаций.

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, практические занятия, в ходе которых студенты самостоятельно решают задачи с последующим совместным разбором решения.

Итоговая аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Итоговая положительная оценка выставляется при освоении компетенций не ниже порогового уровня, включая знания и умения, формируемые курсом «Физическая оптика 2». Оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене, который проводится в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. 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 основные принципы распространения плоских волн в молекулярных газах, с учётом их рассеяния и уширения спектральных линий; основные понятия статистической оптики; основные отличия детерминистического и статистического подходов в оптике на конкретных примерах.	Проведение контрольных работ, экзамен.

ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь применять полученные знания при решении задач, чтении научной литературы и при работе в оптических лабораториях.	Проведение контрольных работ, экзамен.
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	Владеть навыками расчёта эффектов уширения спектральной линии излучения, навыками расчёта преобразований распределений плотностей вероятности при преобразовании случайных переменных, навыками расчёта статистических характеристик случайных переменных и процессов.	Проведение контрольных работ, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физическая оптика 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.	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

		Наличие гру- бых ошибок.			решению нестан- дартных задач.
--	--	-----------------------------	--	--	-----------------------------------

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

Примеры заданий для самостоятельного решения:

1. Найти угол к плоскости поляризации эллиптически поляризованного диполя, под которым его излучении выглядит циркулярно поляризованным.
2. Рассчитать доплеровскую ширину спектра генерации He-Ne лазера при комнатной температуре и длине волны генерации ≈ 630 нм.

Вопросы, выносимые на экзамен:

1. Спектр колебаний, случайно модулированных по фазе. Случайные реализации. Модель ступенчатой модуляции.
2. Интенсивность молекулярного рэлеевского рассеяния света идеальным газом.
3. Формулировка теории уширения спектральных линий на базе кинетического уравнения.
4. Доплеровское уширение спектра излучения, испускаемого и рассеиваемого идеальным газом.
5. Уширение спектральной линии вследствие чисто фазовой модуляции (без изменения скорости при столкновениях).
6. Соотношения между функцией распределения осцилляторов, функцией корреляции и спектральной плотностью излучения. Теорема Винера-Хинчина с доказательством.
7. Спектр излучения, рассеянного изотропной средой вследствие флуктуаций давления.
8. Рассеяние света вследствие флуктуаций энтропии. Форма спектра.
9. Интенсивность света, рассеянного газом изотропных частиц (по теории Рэля).
10. Кинетическое уравнение для функции распределения осцилляторов по фазам, координатам и скоростям.
11. Влияние упругих столкновений на доплеровское уширение спектральных линий. Эффект Дикке в модели сильных столкновений.
12. Спектр и поляризация излучения, рассеянного на флуктуациях плотности.
13. Дублет Мандельштама-Бриллюэна в спектре излучения, рассеянного жидкостью.
14. Форма контура спектральных линий при фазовой модуляции без изменения скорости при столкновениях с учетом поступательного движения атомов (контур Фойхта).
15. Функция корреляции волн, испускаемых движущимся дипольным осциллятором. Общее выражение.
16. Спектр колебаний при случайной мгновенной модуляции фазы (рассмотреть методом усреднения спектров случайных реализаций).
17. Уширение спектральной линии вследствие чисто фазовой модуляции (без изменения скорости при столкновениях).
18. Энергетические и поляризационные характеристики излучения дипольного осциллятора в дальней зоне.
19. Доплеровское уширение спектра излучения, испускаемого и рассеиваемого идеальным газом.
20. Уширение при взаимодействии $1/r^s$.

21. Фазоры. Основные постулаты теории и физические примеры. Свойства фазоров. Распределение вероятности для длины и фазы результирующего фазора.
22. Поляризованное и неполяризованное тепловое излучение; его статистические характеристики первого порядка.

Пример билета для экзамена:

1. Спектр излучения, рассеянного изотропной средой вследствие флуктуаций давления.
2. Поляризованное и неполяризованное тепловое излучение; его статистические характеристики первого порядка.
3. Практическое задание:
Задана случайная переменная x с однородным распределением в интервале $(-\pi/2, \pi/2)$.
Найти плотность распределения $\rho(y)$, если известна зависимость: $y=2\sin(x)-1$.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке:

МИНОБРНАУКИ РОССИИ	
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования	
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»	
(Новосибирский государственный университет, НГУ)	
Физический факультет	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____	
1
2
3
Составитель	_____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)
« ____ »	_____ 20 г.

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.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Физическая оптика 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