

**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 1**

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 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	12	
<b>6</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>6</b>					<b>2</b>	
Всего 72 часа /2зачетных единицы из них: - контактная работа 66 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. ....	4
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. ....	8
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 1» имеет своей целью овладение основами физики распространения электромагнитных волн оптической области спектра в однородных и неоднородных, изотропных и анизотропных средах.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> 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><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p><b>Знать</b> основные принципы распространения плоских волн в однородных и изотропных средах и их преломления на плоской границе раздела сред, понятие монохроматической электромагнитной волны и тензора диэлектрической проницаемости, методы Френеля-Кирхгофа и Рэлея в описании дифракции, основы оптики анизотропных сред.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания при решении задач, чтении научной литературы и при работе в оптических лабораториях.</p> <p><b>Владеть</b> навыками расчёта оптических схем, включающих анизотропные среды.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Курс «Физическая оптика 1» является основной базовой дисциплиной в образовательной бакалаврской программе по оптике; изложение материала опирается на знание студентами основ электромагнитной теории света и квантовой механики; обеспечена логическая связь «Физической оптики» 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 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 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
<b>6</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>6</b>				<b>2</b>	
Всего 72 часа /2 зачетных единицы, из них:										
- контактная работа: 66 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 и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения с последующим разбором на семинарах, выборочный опрос, степень активности и самостоятельности при решении задач;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 32 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 6 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 2 часа.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 66 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 6 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 во время за- нятий (не включая пе- риод сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Вводная часть</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	1-3	12	6	6		
2	<b>Плоские волны в однородной изотропной среде</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	4-5	8	4	4		
3	<b>Отражение и преломление волн на плоской границе</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	6-8	18	6	6	6	
4	<b>Распространение волн в неоднородных средах</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	9-10	8	4	4		
5	<b>Дифракция</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	11-12	8	4	4		
6	<b>Кристаллооптика</b> <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	13-16	16	8	8		
7	Дифференцированы зачёт	17	2				2
<b>ВСЕГО</b>			<b>72</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

### Программа и основное содержание лекций (32 часа)

#### Раздел 1. Вводная часть (2 часа)

О специализации. Содержание курса “Физическая оптика”. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Модель гармонического осциллятора. Линейные материальные уравнения для стационарной среды. Монохроматические поля. Диэлектрическая проницаемость. Плотность энергии, поток энергии. Диссипация и испускание энергии в феноменологической теории. Общие представления о нелинейных явлениях.

#### Раздел 2. Плоские волны в однородной изотропной среде (4 часа)

Плоские монохроматические волны. Дисперсионные соотношения. Однородные и неоднородные волны. Поляризация волн. Распространение группы волн в непоглощающей среде. Укороченные уравнения для медленных амплитуд.

#### Раздел 3. Отражение и преломление волн на плоской границе (4 часа)

Граничные условия. Теорема единственности. Геометрические законы отражения. Формулы Френеля. Отражение и преломление в случае поглощающих сред.

#### **Раздел 4. Распространение волн в неоднородных средах (6 часов)**

Волновое уравнение для неоднородных сред. Слой Рэлея. Приближение геометрической оптики в одномерной задаче. Трёхмерная векторная задача в приближении геометрической оптики. Искривление лучей, вращение поляризации.

#### **Раздел 5. Дифракция (8 часов)**

Метод параболического уравнения. Метод Кирхгофа-Френеля. Зоны Френеля и Фраунгофера. Метод Рэлея. Дифракция на локализованной неоднородности. Природные дифракционные и другие природные оптические явления.

#### **Раздел 6. Кристаллооптика (8 часов)**

Линейные материальные уравнения анизотропных сред. Свойства тензора диэлектрической проницаемости (поглощающие и непоглощающие, оптически активные и неактивные среды). Плоские монохроматические волны в анизотропных однородных средах. Симметрия кристаллов и тензора диэлектрической проницаемости. Уравнение Френеля. Поверхность нормалей. Оптические оси второго рода (бинормали). Одноосные кристаллы. Эллипсоид нормалей. Лучевая скорость. Теорема обращения. Пространственная дисперсия. Оптическая активность. Нормальные плоские волны в оптически активной среде.

### **Программа практических занятий (32 часа)**

**Занятие 1. (2 часа)** Решение задач на соотношения длины волны видимого диапазона с размерами других объектов: атомов, длины свободного пробега и т.д. Задача на оценку интенсивности световой волны, при которой проявляются нелинейные эффекты в среде вдали и вблизи от резонанса.

**Занятие 2. (2 часа)** Решение задач, связанных с вектором Умова-Пойнтинга. Из простых соображений о море Дирака получить оценку для интенсивности лазерного пучка, необходимой для рождения электрон-позитронной пары из вакуума.

**Занятие 3. (2 часа)** Решение задачи о линейном изотропном осцилляторе при действии на него некоторой вынуждающей силы  $\mathbf{F} = e\mathbf{E}(t)$ . Рассмотреть решение двумя способами: методом Лагранжа и методом функции Грина. При этом, учесть диссипацию энергии осциллятора линейную по скорости.

**Занятие 4. (2 часа)** Задачи на диэлектрическую проницаемость для неподвижного и подвижного атома в модели Лоренца.

**Занятие 5. (2 часа)** Задачи на поляризацию света.

**Занятие 6. (2 часа)** Рассмотрение электромагнитных полей, состоящих из  $N \gg 1$  плоских волн с эквидистантными частотами.

**Занятие 7. (2 часа)** Задачи на расчёт критической длины расплывания импульсов света при распространении через среду (в рамках модели Лоренца) для трех режимов: а) вблизи резонанса, б) область низких частот, в) область высоких частот.

**Занятие 8. (2 часа)** Решение задачи одисперсии групповой скорости в случае гауссова импульса.

**Занятие 9. (2 часа)** Рассмотрение законовотражения плоской монохроматической волны от плоского зеркала, движущегося со скоростью  $\mathbf{v}$  в вакууме.

**Занятие 10. (4 часа)** Рассмотрение особенностей преломления плоской монохроматической волны при переходе из среды с  $\varepsilon_1, \mu_1 > 0$  в среду с  $\varepsilon_2, \mu_2 < 0$ . Рассмотрение особенностей отражения и преломления при учёте поглощения во второй среде.

**Занятие 11. (4 часа)** Расчёт приближённых выражений для коэффициентов отражения и преломления в окрестности специальных углов (в частности, в условиях квазинормального падения на границу, в условиях падения вблизи угла Брюстера и т.п.).

**Занятие 12. (6 часа)** Рассмотрение задач, часто встречающихся на практике и связанных с дифракцией света на отверстиях в экранах, в том числе на периодических структурах.

**Занятие 13. (2 часа)** Рассмотрение задач, связанных с распространением света в анизотропных средах.

### Самостоятельная работа студентов (6 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Решение задач для самостоятельного разбора	6

### 5. Перечень учебной литературы.

#### 5.1. Основная литература

1. Раутиан С.Г. Введение в физическую оптику. Москва: URSS, 2009.
2. Сивухин Д.В. Лекции по физической оптике. Новосибирск: НГУ, 1968.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970.
4. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004.
5. Вайнштейн Л.А., Собельман И.И., Юков Е.А. Возбуждение атомов и уширение спектральных линий. М.: Наука, 1979.

#### 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. Фабелинский И.Л. Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965.

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

По курсу существует оригинальный учебник С.Г. Раутиана «Введение в физическую оптику» 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 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 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 промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной 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.

#### ***Промежуточная 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 1». Оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачёте. Зачёт проводится в конце семестра в зачётную сессию по билетам в устной форме. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.



**Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины**

**Таблица 10.1**

<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	<b>Знать</b> основные принципы распространения плоских волн в однородных и изотропных средах и их преломления на плоской границе раздела сред, понятие монохроматической электромагнитной волны и тензора диэлектрической проницаемости, методы Френеля-Кирхгофа и Рэлея в описании дифракции, основы оптики анизотропных сред.	Проведение опроса, дифференцированный зачет
<b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных исследований в избранной области	<b>Уметь</b> применять полученные знания при решении задач, чтении научной литературы и при работе в оптических лабораториях.	Проведение опроса, дифференцированный зачет
<b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<b>Владеть</b> навыками расчёта оптических схем, включающих анизотропные среды.	Проведение опроса, дифференцированный зачет.

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физическая оптика 1».**

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 задачи 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

#### Примеры заданий для самостоятельного решения:

1. Показать, что вектор  $\mathbf{S} = (c/4\pi)[\mathbf{E} \times \mathbf{H}]$  описывает плотность потока энергии э/м поля.
2. Бегущая волна в декартовом базисе имеет вид:  $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = E_x \mathbf{e}_x \cos(\omega t - \mathbf{kr}) + E_y \mathbf{e}_y \sin(\omega t - \mathbf{kr})$ .

Перейти в циклический базис и представить волну в виде:  $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = E_0 \mathbf{e} e^{-i(\omega t - \mathbf{kr})} + k.c.$ , где  $\mathbf{e}$  – комплексный единичный вектор поляризации, компоненты которого выражены через циклические орты:  $\mathbf{e}_{\pm 1} = \mp (\mathbf{e}_x \pm i \mathbf{e}_y) / \sqrt{2}$ .

#### Вопросы, выносимые на дифференцированный зачёт:

1. Материальное уравнение Максвелла для электрической индукции  $\vec{D}(t, \vec{r})$  в изотропной линейной среде с учётом пространственной и временной дисперсии. Функция влияния и её свойства. Записать это же уравнение, но для случая однородной стационарной среды.
2. Модель Лоренца. Основное уравнение этой модели и его вывод из законов механики для гармонического осциллятора. Из модели Лоренца получить формулу для функции влияния газа движущихся осцилляторов.
3. Описание усиления и поглощения света в среде классической оптикой. Связь поглощённой или усиленной оптической мощности в среде с диэлектрической проницаемостью и интенсивностью падающей волны.
4. Плоские монохроматические волны в однородных изотропных средах. Сравнить фазовые скорости однородной и неоднородной световых волн.
5. Квазимонохроматические поля и описание их поляризации с помощью матрицы когерентности. Поляризационный тензор и его свойства. Получить значение определителя поляризационного тензора (1) для полностью поляризованного света и (2) для неполяризованного (естественного) света. Определение степени поляризации  $P$ .

6. Поляризационный тензор. Представление его в виде суммы симметричной ( $\hat{S}$ ) и антисимметричной ( $\hat{A}$ ) частей. Единичный антисимметричный тензор (символ Леви-Чивита). Вывести вид симметричной и антисимметричной частей для поляризованного по кругу света.
7. Описание распространения квазимонохроматических импульсов света. Дисперсия групповой скорости и её роль в распространении света. Качественно описать процесс распространения световых импульсов в отсутствие дисперсии групповой скорости (что происходит с формой импульсов, групповая и фазовая скорости). Критическое расстояние и его определение.
8. Волновое уравнение для неоднородной среды и его вывод из уравнений Максвелла. Поляризационное слагаемое. Вид уравнения для одномерного случая. Слой Рэлея. Решения одномерного волнового уравнения для случаев сильной и слабой неоднородности слоя Рэлея.
9. Преломление плоской монохроматической волны на плоской границе раздела двух диэлектриков: получить соотношения для частот волн (падающей, отражённой и преломлённой) в двух средах, а также соотношение тангенциальных составляющих волновых векторов. Из этих соотношений вывести соотношение для угла отражения и угла падения.
10. Преломление плоской монохроматической волны на плоской границе раздела двух диэлектриков в случае, когда падающая волна однородна, а преломлённая волна – неоднородна. Требуется вывести выражения для вещественной и мнимой частей нормальной составляющей волнового вектора преломлённой волны ( $z$ -компоненты). В случае, когда для второй среды  $\epsilon''=0$ , вывести закон Снеллиуса, а также продемонстрировать возможность наблюдения полного внутреннего отражения.
11. Формулы Френеля в задаче о преломлении плоской монохроматической волны на плоской границе раздела двух диэлектриков: постановка задачи и вывод общих формул, пригодных как для однородных, так и для неоднородных волн. Записать эти же формулы для случая однородных волн, введя углы падения и преломления. Явление Брюстера.
12. Слой Рэлея: определение и вывод выражения для параметра  $p$ , характеризующего степень неоднородности слоя, связывающего его с показателями преломления двух других слоёв диэлектрика, между которыми расположен слой Рэлея. Получить выражения для амплитудного коэффициента отражения от слоя Рэлея при нормальном падении волны. Отдельно получить выражение для этого коэффициента в случае слабо неоднородного слоя Рэлея.

### Пример билета для зачёта:

1. Плоские монохроматические волны в однородных изотропных средах. Сравнить фазовые скорости однородной и неоднородной световых волн.
2. Волновое уравнение для неоднородной среды и его вывод из уравнений Максвелла. Поляризационное слагаемое. Вид уравнения для одномерного случая. Слой Рэлея. Решения одномерного волнового уравнения для случаев сильной и слабой неоднородности слоя Рэлея.
3. Практическое задание:

Напряженность поля изменяется по закону:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{A}_1(\mathbf{r}) \cos(\omega t) + \mathbf{A}_2(\mathbf{r}) \sin(\omega t),$$

где  $\mathbf{A}_{1,2}$  – произвольные векторы. Выразить эллиптичность поляризации волны через модули этих векторов и угол между ними.

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 1»  
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