

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Волновая оптика
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра общей физики
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: В.Ф. Козлов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры общей физики 14.06.2023

Аннотация

Программа является составной частью курса общей физики, предназначенного для освоения студентами специальности "Информатика и вычислительная техника" Передовой инженерной школы РПИ. Она предполагает знакомство обучающихся с базовыми понятиями и результатами классической оптики. Изучение дисциплины начинается со знакомства студентов с такими базовыми понятиями, как продольная и поперечная волна, волновое уравнение, когерентность, дифракция, интерференция, граничные условия и др. Последовательно излагаются основы теории дифракционных явлений и их влияния на разрешающие способности различных оптических инструментов. Рассматриваются вопросы распространения волн в различных средах.

Завершается программа курса знакомством обучающихся с основами теории лазера. Программой предусматривается самостоятельное освоение студентами теоретической составляющей дисциплины с использованием электронных средств дистанционного обучения и рекомендованной в программе учебной литературы, овладение основными приемами самостоятельного решения задач по оптике на семинарах под руководством преподавателя и приобретение навыков проведения экспериментальных измерений и обработки их результатов, а также знакомство с современными измерительными устройствами в учебных лабораториях физики ИАЛТ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами базовых знаний в области оптических явлений для дальнейшего изучения других разделов физики и углубленного изучения фундаментальных основ оптики.

Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний в области оптики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- о фундаментальные законы и понятия оптики, а также границы их применимости;
- о принцип Ферма и законы геометрической оптики;
- о волновое уравнение, плоские и сферические волны, принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн;
- о временная и пространственная когерентность источника;
- о принцип Гюйгенса–Френеля, дифракция Френеля;
- о дифракция Фраунгофера на щели;
- о спектральные приборы и их основные характеристики;
- о принципы фурье-оптики, пространственное фурье-разложение, эффект саморепродукции;
- о теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции;
- о принципы голографии, условие Брэгга–Вульфа.
- о дисперсия света, фазовая и групповая скорости, классическая теория дисперсии;
- о поляризация света, естественный свет, явление Брюстера;
- о дихроизм, поляроиды, закон Малюса;
- о двойное лучепреломление в одноосных кристаллах, интерференционные явления в кристаллических пластинках, эффект Фарадея и эффект Керра.
- о нелинейные оптические явления, нелинейная поляризация среды, генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм, самофокусировка.

уметь:

- о применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач по оптике;
- о применять законы геометрической оптики при построении изображений в оптических системах;
- о решать уравнения Гельмгольца для случаев плоских и сферических волн;
- о использовать понятие о зонах Френеля и спирали Френеля при решении задач дифракции на экране с осевой симметрией
- о использовать метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение);
- о анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведенного анализа строить упрощенные теоретические модели физических явлений;
- о применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты;

владеть:

- о основными методами решения задач оптики;
- о основными математическими инструментами, характерными для задач оптики;

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Геометрическая оптика и элементы фотометрии.	4			2
2	Интерференция волн.	4			2
3	Дифракция волн.	4			2
4	Разрешающая способность оптических инструментов.	4			2
5	Элементы фурье-оптики.	4			2
6	Элементы голографии.	2			1

7	Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.	2			1
8	Поляризация света. Элементы кристаллооптики.	2			1
9	Рассеяние света.	2			1
10	Нелинейные оптические явления.	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 4 (Весенний)

1. Геометрическая оптика и элементы фотометрии.

Геометрическая оптика и элементы фотометрии. Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп. Элементы фотометрии. Яркость и освещённость изображения.

2. Интерференция волн.

Интерференция волн. Волновое уравнение, монохроматические волны, комплексная амплитуда, уравнение Гельмгольца, плоские и сферические волны. Принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн. Видность полос, ширина полосы. Статистическая природа излучения квазимонохроматической волны. Временная когерентность, функция временной когерентности, связь со спектральной интенсивностью (теорема Винера–Хинчина). Ограничение на допустимую разность хода в двухлучевых интерференционных схемах, соотношение неопределённостей. Интерференция при использовании протяженных источников. Пространственная когерентность, функция пространственной когерентности, связь с распределением интенсивности излучения по источнику $I(x)$ (теорема Ван Циттерта–Цернике). Ограничения на допустимые размеры источника и апертуру интерференции в двухлучевых схемах. Лазеры как источники когерентного излучения.

3. Дифракция волн.

Дифракция волн. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция на тонком экране. Граничные условия Кирхгофа. Волновой параметр. Дифракция Френеля. Задачи с осевой симметрией, зоны Френеля, спираль Френеля. Зонные пластинки, линза. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона. Дифракция Фраунгофера. Световое поле в зоне Фраунгофера как преобразование Фурье граничного поля. Дифракция Фраунгофера на щели, дифракционная расходимость. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа. Поле в фокальной плоскости линзы.

4. Разрешающая способность оптических инструментов.

Разрешающая способность оптических инструментов. Спектральные приборы: призма, дифракционная решётка, интерферометр Фабри–Перо. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии, угловая дисперсия. Теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции. Полоса пропускания оптической системы, связь с разрешающей способностью. Разрешающая способность при когерентном и некогерентном освещении.

5. Элементы фурье-оптики.

Элементы фурье-оптики. Принципы фурье-оптики. Метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение), соотношение неопределённостей. Дифракция Френеля на периодических структурах (эффект саморепродукции). Область геометрической оптики.

6. Элементы голографии.

Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Разрешающая способность голограммы. Объёмная голограмма, объёмная решётка в регистрирующей среде, условие Брэгга–Вульфа.

7. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.

Дисперсия. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия света, фазовая и групповая скорости, формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Комплексный показатель преломления и поглощения света в среде. Затухающие волны, закон Бугера. Нормальная и аномальная дисперсии. Радиоволны в ионосфере и дальняя радиосвязь.

8. Поляризация света. Элементы кристаллооптики.

Поляризация света. Элементы кристаллооптики.. Поляризация света. Естественный свет. Явление Брюстера. Дихроизм, поляроиды, закон Малюса. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах. Интерференционные явления в кристаллических пластинках. Понятие об искусственной анизотропии. Эффект Фарадея и эффект Керра.

9. Рассеяние света.

Рассеяние света. Рэлеевское рассеяние (рассеяние на флуктуациях плотности). Эффективное сечение рассеяния. Поляризация рассеянного света.

10. Нелинейные оптические явления.

Нелинейные оптические явления. Нелинейная поляризация среды. Генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм. Самофокусировка.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

- Аудитория, оснащённая мультимедийным проектором и экраном
- Оборудование для демонстраций
- Учебные аудитории, оснащённые доской
- Доступ к библиотекам учебной технической литературы, в том числе электронным, необходимый для осуществления самостоятельной работы обучающихся

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Общий курс физики [Текст] : в 5 т. Т. 4 : Оптика : учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин .— / 2-е изд., испр. — М. : Наука, 1985 .— 752 с.
2. Основы физики. Курс общей физики [Текст] : в 2 т. Т. 1 : Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика : учебник для вузов / А. С. Кингсеп, Г. Р. Локшин, О. А. Ольхов .— М. : Физматлит, 2001 .— 560 с.
3. Оптика [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. И. Бутиков ; под ред. Н. И. Калитеевского .— М. : Высшая школа, 1986 .— 512 с.
4. Лабораторный практикум по общей физике [Текст] : в 3 т. Т. 2 : Оптика : учеб. пособие для вузов / под ред. А. В. Максимычева ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2014 .— 446 с.
5. Калашников Н.П., Смондырев М.А./Основы физики в 2-х томах М.-Лаборатория знаний, 2017

Дополнительная литература

1. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. С. Горелик ; под ред. С. М. Рытова .— 3-е изд. — М. : Физматлит, 2007 .— 656 с.
2. Оптика [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов / Г. С. Ландсберг .— 6-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2003 , 2006, 2010 .— 848 с.
3. Основы оптики [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / М. Борн, Э. Вольф ; пер. с англ. С. Н. Бреуса, А. И. Головашкина, А. А. Шубина ; под ред. Г. П. Мотулевич .— М. : Наука, 1970 .— 855 с.
4. Физическая оптика [Текст] : учебник для вузов / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин .— М : Изд-во МГУ, 2004 .— 656 с.
5. Методы решения задач в общем курсе физики. Оптика [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. П. Корявов .— М. : Студент, 2012 .— 344 с.
6. Волны. Дифракция. Пространственная фильтрация [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. Р. Локшин ; М-во образования и науки РФ, Фед. агентство по образованию, МФТИ .— М. : МФТИ, 2006 .— 160с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://mipt.ru/education/chair/physics/S_IV/Metod_4/— методический раздел сайта кафедры Общей физики
2. <http://lib.mipt.ru/catalogue/1412/?t=750> – электронная библиотека МФТИ, раздел «Общая физика»

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Литература, рекомендуемая к курсу, доступна в электронном виде (см. п.[1,2] перечня ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)), так что студенты могут читать учебники прямо со своих планшетов.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс «Волновая оптика», должен не только изучить общие физические законы и понятия, но научиться применять их на практике.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- подготовку к контрольной работе, сдаче заданий, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения и проводить все необходимые вычисления, доводя задачу до конечного ответа. Задача считается решённой, если она содержит обоснованное решение: ссылки на применяемые физические законы и корректные выкладки, а также правильный численный ответ (если в задаче есть числовые данные).

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с основными понятиями и законами, которыми будет посвящено занятие, и решить задачи, предусмотренные для подготовки по теме семинара.

В курсе «оптика» широко используются понятия и методы математического анализа. Если студент сталкивается с математическим понятием, которое еще не было изучено в рамках упомянутых математических курсов, он должен предварительно ознакомиться с соответствующим разделом математики самостоятельно. Необходимый минимум математических сведений излагается как на лекциях, так и в основной учебной литературе, рекомендуемой для изучения данной дисциплины.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде контрольной работы, на которой студенту предлагается решить пять задач по пройденным темам в формате, аналогичном письменному экзамену. Для проверки знаний, а также понимания и владения материалом, в процессе сдачи заданий преподаватель может задавать студенту дополнительные теоретические вопросы по программе курса или давать для решения дополнительные задачи. Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

На письменном экзамене студенту предлагается решить 5 задач. Тематика задач полностью соответствует программе курса, однако все задачи письменного экзамена являются полностью оригинальными. На экзамене студентам разрешено пользоваться любой справочной или учебной литературой. Такая форма экзамена исключает бездумное заучивание законов и направлена на проверку глубины понимания материала и способности самостоятельно применять физические законы в нестандартной ситуации.

Помимо изучения разделов «оптика», обозначенных в программе курса, студенту рекомендуется самостоятельно изучать различные вопросы, относящиеся к общей физике, возможно выходящие за рамки программы, расширяя таким образом свой физический кругозор. На экзамене студенту предлагается в качестве одного из пунктов билета выбрать и рассказать любой заранее подготовленный теоретический или экспериментальный вопрос, имеющий отношение к пройденному курсу (это может быть либо углубленное изложение одного из вопросов программы курса либо вопрос, не затрагиваемый в программе курса, который однако может быть рассмотрен в рамках изученного курса), продемонстрировав таким образом способность самостоятельно разбираться в различных вопросах и задачах физики, основываясь на применении единых общезначимых законов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Программная инженерия передовая инженерная школа радиолокации, радионавигации и программной инженерии кафедра общей физики
курс:	2
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	В.Ф. Козлов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Волновая оптика» обучающийся должен:

знать:

- о фундаментальные законы и понятия оптики, а также границы их применимости;
- о принцип Ферма и законы геометрической оптики;
- о волновое уравнение, плоские и сферические волны, принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн;
- о временная и пространственная когерентность источника;
- о принцип Гюйгенса–Френеля, дифракция Френеля;
- о дифракция Фраунгофера на щели;
- о спектральные приборы и их основные характеристики;
- о принципы фурье-оптики, пространственное фурье-разложение, эффект саморепродукции;
- о теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции;
- о принципы голографии, условие Брэгга–Вульфа.
- о дисперсия света, фазовая и групповая скорости, классическая теория дисперсии;
- о поляризация света, естественный свет, явление Брюстера;
- о дихроизм, поляроиды, закон Малюса;
- о двойное лучепреломление в одноосных кристаллах, интерференционные явления в кристаллических пластинках, эффект Фарадея и эффект Керра.
- о нелинейные оптические явления, нелинейная поляризация среды, генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм, самофокусировка.

уметь:

- о применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач по оптике;
- о применять законы геометрической оптики при построении изображений в оптических системах;
- о решать уравнения Гельмгольца для случаев плоских и сферических волн;
- о использовать понятие о зонах Френеля и спирали Френеля при решении задач дифракции на экране с осевой симметрией
- о использовать метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение);
- о анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- о применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты;

владеть:

- о основными методами решения задач оптики;
- о основными математическими инструментами, характерными для задач оптики;

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Волновая оптика» осуществляется по желанию студента в форме дифференцированного зачета (в противном случае студенту выставляется в зачетной ведомости «не явился»). Зачет должен проводиться с учетом текущей успеваемости и сдачи заданий, предусмотренных программой дисциплины.

Прием дифференцированного зачета проводится в виде устного собеседования преподавателя-семинариста со студентами учебной группы в специально назначенное время. Каждому студенту предлагается вопрос из программы курса и 1-2 несложные задачи на понимание материала.

Список вопросов дифференцированного зачета:

1. Волновое уравнение. Монохроматические волны. Комплексная амплитуда. Уравнение Гельмгольца.
2. Монохроматические волны. Комплексная амплитуда. Уравнение плоской и сферической волн. Принцип суперпозиции, интерференция.
3. Интерференция монохроматических волн. Интерференция плоской и сферической волн. Ширина интерференционных полос. Видность полос.
4. Влияние немонохроматичности света на видность интерференционных полос. Функция временной когерентности. Связь времени когерентности с шириной спектра. Соотношение неопределённостей.
5. Видность интерференционных полос и ее связь со степенью когерентности при использовании квазимонохроматических источников света. Оценка максимального числа наблюдаемых полос. Максимально допустимая разность хода в интерференционных опытах.
6. Апертура интерференционной схемы и влияние размеров источника на видность интерференционных полос. Функция пространственной когерентности. Радиус пространственной когерентности.
7. Максимально допустимая разность хода волн в интерференционных опытах и её связь со временем когерентности.
8. Радиус пространственной когерентности и ограничение на допустимые размеры источника в интерференционных опытах.
9. Принцип Гюйгенса-Френеля. Количественная формулировка принципа Гюйгенса-Френеля. Волновой параметр как критерий подобия дифракционных явлений.
10. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Спираль Френеля.
11. Зонная пластинка Френеля. Идеальная линза. Фокусировка света.
12. Волновой параметр. Условие наблюдения дифракции Френеля и Фраунгофера. Критерий геометрической оптики.
13. Дифракция Фраунгофера. Связь с преобразованием Фурье. Дифракция Фраунгофера на щели и круглом отверстии. Поле в фокальной плоскости линзы.
14. Дифракция Фраунгофера в оптических приборах. Разрешающая способность телескопа и микроскопа. Критерий Релея.
15. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность и область дисперсии. Разрешающая способность призмы.
16. Дифракция Фраунгофера на решетке: положение и интенсивность главных максимумов, их ширина и максимальный порядок.
17. Интерферометр Фабри-Перо как оптический резонатор. Разрешающая способность интерферометра, связь с добротностью.
18. Дифракция Френеля на периодических структурах. Эффект саморепродукции.
19. Поле в фокальной плоскости линзы. Связь с преобразованием Фурье.

20. Дифракция на амплитудной и фазовой синусоидальной решетке.
21. Голлография. Голлограмма точечного источника (голлограмма Габора). Разрешающая способность голлограммы. Голлограмма с наклонным опорным пучком.
22. Объемная голлограмма. Восстановление изображения объемной голлограммой, условие Брегга-Вульфа.
23. Электромагнитные волны на границе раздела двух диэлектриков. Явление Брюстера. Зависимость энергетических коэффициентов отражения R_{\perp} и R_{\parallel} от угла падения (качественно).
24. Способы получения линейно-поляризованного света. Дихроизм. Поляроиды. Закон Малюса.
25. Электромагнитные волны в одноосных кристаллах. Обыкновенная и необыкновенная волны. Кристаллические пластинки $\lambda/2$ и $\gamma/4$.
26. Двухлучепреломление. Интерференция поляризованных волн.
27. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости. Формула Релея. Классическая теория дисперсии. Аномальная дисперсия. Дисперсия в ионосфере и металлах.

Ниже приведены примеры простых задач, решение которых необходимо для получения положительной оценки:

- Найти угол падения света на границу раздела вода/масло, при котором возникает полное отражение. Коэффициент преломления воды $n_{\text{в}} = 4/3$, масла $n_{\text{м}} = 1.5$. Из какой среды должен падать свет?
- К тонкой рассеивающей линзе с фокусным расстоянием $f = -120$ см, прислонен тонкий сегмент стеклянной сферы, имеющей радиус $R = 40$ см. Найти фокусное расстояние получившейся составной линзы, если коэффициент преломления стекла $n = 1.5$.
- Найти суммарную интенсивность двух когерентных, одинаково поляризованных пучков света, если интенсивность первого равна I_0 , второго — $4I_0$, а разность хода между ними составляет $\lambda/6$.
- Найти расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга, если ширина интерференционных полос равна $\Delta x = 1$ мм, интервал между щелями $d = 1$ мм, используется монохроматический свет с $\lambda = 500$ нм.
- При каких расстояниях между щелями в опыте Юнга можно увидеть интерференцию на экране, если угловой размер источника равен 10^{-4} рад. Свет считать монохроматическим с $\lambda = 500$ нм.
- Найти количество полос которые можно наблюдать в интерференционном опыте, при использовании дуплета натрия (длины волн: 5890 и 5896 ангстрем) в качестве источника света.
- Найти радиус третьего светлого кольца Ньютона, для света с $\lambda = 500$ нм, при использовании плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R = 1$ м.
- Отверстие диаметром $D = 1$ мм освещается плоскопараллельным светом с $\lambda = 500$ нм, создавая на экране, на расстоянии $L = 0.1$ м, дифракционное пятно. Определить число открытых зон Френеля.
- Отверстие с приложенной к нему линзой освещается пучком света с интенсивностью I_0 . В отверстие умещается две с половиной зоны Френеля, если смотреть из фокуса. Найти интенсивность света в нем.

- Щель шириною $d = 0.1$ мм освещается параллельным светом с $\lambda = 500$ нм. К ней приложена линза с фокусным расстоянием $f = 30$ см. Найти ширину наиболее яркой полосы на экране расположенном в фокальной плоскости.
- Отверстие радиуса R освещено пучком света с длиной волны λ . На каком расстоянии L должна находиться точка наблюдения, что бы дифракцию можно было считать Фраунгоферовой? (ответ предоставить в виде « L много больше (меньше) такого-то характерного размера»)
- При повороте кристалла во вращающемся рентгеновском спектрографе отраженный максимум в первый раз возникает при угле скольжения 30° . Постоянная решетки кристалла равна $d = 0.2$ нм. Найти длину волны изучаемого рентгеновского излучения.
- В двойной звездной системе находящейся от нас в 200 св. годах ($1 \text{ св. год} \approx 10^{13} \text{ км}$), расстояние между двумя белыми звездами ($\lambda = 500$ нм) составляет 1 млрд. км. Каким должен быть диаметр зеркала космического телескопа, что бы их можно было различить?
- Образец, исследуемый под микроскопом, находится на расстоянии 3 мм от его объекта, имеющего диаметр 8 мм. Каково минимальное расстояние, разрешаемое микроскопом?
- Как изменится интенсивность света в фокусе тонкой линзы, если вдвое увеличить ее диаметр?
- Сформулируйте критерий Релея.
- Для пучка света с $\lambda = 500$ нм первый максимум дифракционной решетки находится на 30° . Какой должна быть минимальная ширина пучка света падающего на решетку, чтобы можно было различить линии желтого дуплета натрия (длины волн: 5890 и 5896 ангстрем)?
- В районе длин волн желтого дуплета натрия (длины волн: 5890 и 5896 ангстрем) стекло, из которого изготовлена призма, имеет закон дисперсии $n(\lambda) = 1.5 + A \cdot \lambda$, где $A = 6 \cdot 10^{-5} \text{ нм}^{-1}$. Каким должно быть минимальное основание призмы, чтобы можно было различить дуплет?
- Расстояние между зеркалами в интерферометре Фабри-Перо $L = 5$ мм. Каким должен быть коэффициент отражения зеркал, чтобы можно было различить две близкие спектральные линии с $\lambda_1 = 6000$ и $\lambda_2 = 6000.01$ ангстрем?
- Расстояние между зеркалами в интерферометре Фабри-Перо $L = 1$ см, фокусное расстояние линзы $f = 20$ см. Интерферометр прозрачен для параллельных лучей с $\lambda = 500$ нм. Найти для этой длины волны радиус 2-ого кольца в фокальной плоскости линзы.
- Амплитудный коэффициент пропускания голограммы Габора зависит от радиуса как $t(r) = A + B \cos(Cr^2 + \varphi)$, где A, B, φ – некоторые константы, а $C = 6.28 \cdot 10^8 \text{ м}^{-2}$. На каком расстоянии от голограммы будут находиться изображения, если ее осветить параллельным светом с $\lambda = 500$ нм?
- Амплитудную решетку с функцией пропускания $t(x) = \alpha + \beta \cos(ux) + \gamma \cos(2ux)$ освещают пучком света с длиной волны λ . За решеткой находится линза с фокус-

ным расстоянием f . Сколько полос будет на экране, расположенном в ее фокальной плоскости, и на каких расстояниях друг от друга?

- На экране получают изображение узкой щели, находящейся в 40 см от линзы с фокусным расстоянием 20 см. Найти период изображения, получившегося после того, как в фокальной плоскости расположили дифракционную решетку с плотностью штрихов 100 штрихов/мм.
- Естественный свет с интенсивностью I падает на систему из двух поляризаторов, скрещенных под углом 30° . Чему равна интенсивность прошедшего через поляризаторы света?
- Как поменяется видность интерференционной картины, если интерферирующие пучки неполяризованного света пропустить через поляризаторы, направления которых образуют угол 60° ?
- Коэффициенты преломления исландского шпата для обыкновенной и необыкновенной волны равны $n_o = 1.48$ и $n_e = 1.65$ соответственно. Какой должна быть минимальная толщина изготовленной из него двоякопреломляющей пластинки, чтобы она могла менять линейную поляризацию проходящего через нее света с длиной волны $\lambda = 680$ нм, на круговую?
- При каком угле падения отражённая волна будет полностью поляризована, если коэффициент преломления $n = 1.7$? Укажите направление поляризации.
- Вещество отражает 16 % нормально падающего света. Найти коэффициент преломления вещества.
- Запишите волновое уравнение в веществе с коэффициентом преломления n .
 - Известно, что фазовая скорость электромагнитной волны в некотором веществе зависит от длины волны как $v_{\text{ф}} = 0.5c + b \cdot (\lambda_0 - \lambda)$, где c – скорость света. Найти выражение для групповой скорости. Чему равен коэффициент преломления света с длиной волны λ_0 ?

4. Критерии оценивания

По результатам собеседования преподаватель выставляет студенту в ведомость оценку за дифференцированный зачет в соответствии с приведенными ниже критериями:

Оценка «**отлично (10)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и за её пределами, а также умение уверенно применять их на практике при решении несложных стандартных задач.

Оценка «**отлично (9)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении стандартных задач.

Оценка «**отлично (8)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении нестандартных задач, однако допустившему некоторые неточности при ответе.

Оценка **«хорошо (7)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и уверенное понимание материала учебной программы и умение свободно применять физические законы на практике при решении типовых задач.

Оценка **«хорошо (6)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при решении типовых задач.

Оценка **«хорошо (5)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и понимание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при решении типовых задач, однако допустил при ответе ряд грубых неточностей.

Оценка **«удовлетворительно (4)»** выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, допускавшему неточности в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность решать простые задачи и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«удовлетворительно (3)»** выставляется студенту, показавшему сильно фрагментарный характер знаний, допускавшему грубые ошибки в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность решать простые задачи и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«неудовлетворительно (2)»** или **«неудовлетворительно (1)»** выставляется студенту, который не знает значительную часть основного содержания программы, систематически допускает грубые ошибки при формулировании основных физических законов или не способен корректно применять физические законы даже для решения простых задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины. Запрещается пользоваться ноутбуками, смартфонами и учебниками.

В процессе ответа по билету преподаватель может задавать уточняющие вопросы. После ответа по билету он вправе задавать студенту любые дополнительные вопросы по программе курса.