

**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:	Общая физика
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра общей физики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет
- 3 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 4 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 150 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 90 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 135 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 315, всего зач. ед.: 7

Программу составили:

Ю.Р. Аланакян, д-р физ.-мат. наук, профессор

Г.Р. Локшин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры общей физики 06.03.2020

Аннотация

Курс разделен на четыре модуля в которых рассматриваются ключевые понятия и методы термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и квантовой физики как часть курса общей физики, читаемого студентам МФТИ.

Модуль термодинамики содержит в себе следующие темы: основные понятия молекулярной физики, термодинамические процессы, первое начало термодинамики, второе начало термодинамики, энтропия, термодинамические функции и их свойства, фазовые переходы, реальные газы, элементы теории вероятностей, распределения Максвелла и Больцмана, основы статистической физики, теория теплоёмкостей, флуктуации, элементы физической кинетики, броуновское движение, явления переноса в разреженных газах и поверхностные явления.

Модуль электричества и магнетизма содержит в себе следующие темы: электрическое поле, принцип суперпозиции, поле диполя, теорема Гаусса, потенциал, проводники в электрическом поле, метод изображений, электрическое поле в веществе, энергия электрического поля, магнитное поле тока, теорема о циркуляции, магнитное поле в веществе, движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, электромагнитная индукция, теорема взаимности, магнитная энергия, переходные процессы в электрических цепях, вынужденные колебания, метод комплексных амплитуд, модулированные колебания, уравнения Максвелла, спектральный анализ в линейных системах, электромагнитные волны в волноводах, резонаторы и плазма.

Модуль оптики содержит в себе следующие темы: геометрическая оптика и элементы фотометрии, интерференция волн, дифракция волн, разрешающая способность оптических инструментов, элементы фурье-оптики, элементы голографии, дисперсия, фазовая и групповая скорости, поляризация света, элементы кристаллооптики, рассеяние света и нелинейные оптические явления.

Модуль квантовой физики содержит в себе следующие темы: корпускулярные свойства электромагнитных волн, волновые свойства частиц, соотношение неопределенностей, формализм квантовой механики, потенциальные барьеры, потенциальные ямы, квазиклассическое приближение, осциллятор, водородоподобные атомы, колебательные и вращательные спектры молекул, магнитный момент, спин, тонкая и сверхтонкая структура атома водорода, тождественность частиц, обменное взаимодействие, сложные атомы, атом в магнитном поле, эффект Зеемана, ядерные модели, радиоактивность альфа, бета, гамма, ядерные реакции, оценка сечений, фундаментальные взаимодействия, элементарные частицы, законы излучения АЧТ, спонтанное и вынужденное излучение, излучение, правила отбора, ЭПР и ЯМР.

Курс содержит в себе обсуждение физических вопросов, разбор задач, демонстрации физических экспериментов. Для успешного освоения онлайн-курса слушателю желательно знать курс общей физика «Механика» и владеть основами математического анализа, геометрии, уметь дифференцировать и интегрировать.

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 общезначимой 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
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений

ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

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 расчеты;

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	Основные понятия молекулярной физики	1	2		3
2	Термодинамические процессы. Первое начало термодинамики	1	2		3
3	Второе начало термодинамики. Энтропия.	1	2		3
4	Термодинамические функции и их свойства	1	2		3
5	Фазовые переходы	1	2		3
6	Реальные газы	1	2		3
7	Элементы теории вероятностей	1	2		3
8	Распределения Максвелла и Больцмана	1	2		3
9	Основы статистической физики	1	2		3
10	Теория теплоемкостей	1	2		3
11	Флуктуации	1	2		3
12	Элементы физической кинетики	1	2		3
13	Броуновское движение. Явления переноса в разреженных газах	1	2		3
14	Поверхностные явления	1	2		3
15	Обсуждение вопросов.	1	2		3
16	Электрическое поле. Принцип суперпозиции.	1	2		3
17	Поле диполя. Теорема Гаусса.	1	2		3
18	Потенциал. Проводники в электрическом поле. Метод изображений.	1	2		3
19	Электрическое поле в веществе.	1	2		3

20	Энергия электрического поля.	1	2		3
21	Магнитное поле тока. Теорема о циркуляции.	1	2		3
22	Магнитное поле в веществе.	1	2		3
23	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	1	2		3
24	Электромагнитная индукция. Теорема взаимности.	1	2		3
25	Магнитная энергия.	1	2		3
26	Переходные процессы в электрических цепях.	1	2		3
27	Вынужденные колебания. Метод комплексных амплитуд.	1	2		3
28	Модулированные колебания. Уравнения Максвелла.	1	2		3
29	Спектральный анализ в линейных системах.	1	2		3
30	Электромагнитные волны в волноводах. Резонаторы, Плазма.	1	2		3
31	Геометрическая оптика и элементы фотометрии.	1	1		2
32	Интерференция волн.	2	2		1
33	Дифракция волн.	1	1		2
34	Разрешающая способность оптических инструментов.	2	2		1
35	Элементы фурье-оптики.	1	1		2
36	Элементы голографии.	2	2		1
37	Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.	1	1		2
38	Поляризация света. Элементы кристаллооптики.	2	2		1
39	Рассеяние света.	1	1		1
40	Нелинейные оптические явления.	2	2		2
41	Корпускулярные свойства электромагнитных волн	1	1		2
42	Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей	1	1		2
43	Формализм квантовой механики. Потенциальные барьеры	1	1		2
44	Потенциальные ямы. Квазиклассическое приближение. Осциллятор	1	1		2
45	Водородоподобные атомы. Колебательные и вращательные спектры молекул	1	1		2
46	Магнитный момент. Спин. Тонкая и сверхтонкая структура атома водорода	1	1		2
47	Тождественность частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы	1	1		2
48	Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.	1	1		2
49	Ядерные модели	1	1		2
50	Радиоактивность. Альфа, бета, гамма	1	1		2
51	Ядерные реакции. Оценка сечений	1	1		2
52	Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы	1	1		2
53	Законы излучения АЧТ	1	1		2

54	Спонтанное и вынужденное излучение	1	1		2
55	Излучение, правила отбора. ЭПР и ЯМР	1	1		2
Итого часов		60	90		135
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		315 час., 7 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основные понятия молекулярной физики

Макроскопические параметры, термодинамическая система, термодинамические параметры, термодинамическое равновесие. Нулевое начало термодинамики. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.

2. Термодинамические процессы. Первое начало термодинамики

Изменения состояния термодинамического тела (системы). Квазистатические равновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Работа, внутренняя энергия, теплота. Первое начало термодинамики.

3. Второе начало термодинамики. Энтропия.

Циклические процессы. Тепловые машины. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина и тепловой насос. Второе начало термодинамики. Термодинамическое определение энтропии. Энтропия идеального газа.

4. Термодинамические функции и их свойства

Термодинамические потенциалы: внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, энергия Гиббса. Преобразования термодинамических функций. Соотношения Максвелла.

5. Фазовые переходы

Классификация фазовых переходов (I и II рода). Условия равновесия фаз для переходов I рода. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Кривая фазового равновесия «жидкость–пар», зависимость давления насыщенного пара от температуры. Фазовые диаграммы. Тройная точка. Диаграмма состояния «лёд–вода–пар». Критическая точка.

6. Реальные газы

Газ Ван-дер-Ваальса как модель реального газа. Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса и их связь с изотермами реальной системы. Правило Максвелла (правило рычага). Критические параметры и приведённое уравнение состояния.

7. Элементы теории вероятностей

Дискретные и непрерывные случайные величины, плотность вероятности. Условие нормировки. Средние величины и дисперсия. Независимые случайные величины. Нормальный закон распределения как предел распределения для суммы большого числа независимых слагаемых. Зависимость дисперсии суммы независимых слагаемых от их числа.

8. Распределения Максвелла и Больцмана

Распределение Максвелла: распределения частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Максвелла по энергиям. Распределение Больцмана в поле внешних сил. Барометрическая формула.

9. Основы статистической физики

Фазовое пространство, макро- и микросостояния, статистический вес макросостояния. Статистическое определение энтропии. Аддитивность энтропии независимых подсистем. Закон возрастания энтропии. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Распределение Гиббса–Больцмана для идеального газа. Понятие о каноническом распределении Гиббса.

10. Теория теплоёмкостей

Закон равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Теплоёмкость кристаллов (закон Дюлонга–Пти). Элементы квантовой теории теплоёмкостей. Замораживание степеней свободы, характеристические температуры. Зависимость теплоёмкости $\square\square\square\square\square\square\square\square$ газов от температуры.

11. Флуктуации

Связь вероятности флуктуации с изменением энтропии системы. Флуктуации аддитивных величин, зависимость флуктуаций от числа частиц. Флуктуация числа частиц в выделенном объёме. Флуктуация энергии системы в жёсткой термостатированной оболочке. Флуктуация объёма в изотермическом и адиабатическом процессах. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов.

12. Элементы физической кинетики

Столкновения. Эффективное газокINETическое сечение. Длина свободного пробега. Распределение молекул по длинам свободного пробега. Число столкновений молекул в единице объёма. Явления молекулярного переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость. Законы Фика, Фурье и Ньютона. Коэффициенты переноса в газах.

13. Броуновское движение. Явления переноса в разреженных газах

Броуновское движение макроскопических частиц. Закон Эйнштейна–Смолуховского для смещения броуновской частицы. Связь подвижности частицы и коэффициента диффузии облака частиц (соотношение Эйнштейна).

14. Поверхностные явления

Поверхностные явления. Краевые углы, смачивание и несмачивание. Формула Лапласа. Свободная и внутренняя энергия поверхности.

15. Обсуждение вопросов.

Предоставление темы вопроса по выбору. Обсуждение вопроса по выбору. Презентация вопроса по выбору.

Семестр: 2 (Весенний)

16. Электрическое поле. Принцип суперпозиции.

Электрические заряды и электрическое поле. Закон сохранения заряда. Напряжённость электрического поля. Закон Кулона. Система единиц СГСЭ. Принцип суперпозиции. Электрическое поле диполя.

17. Поле диполя. Теорема Гаусса.

Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме в интегральной и дифференциальной формах. Её применение для нахождения электростатических полей.

18. Потенциал. Проводники в электрическом поле. Метод изображений.

Потенциальный характер электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь напряжённости поля с градиентом потенциала. Граничные условия на заряженной поверхности. Уравнения Пуассона и Лапласа. Единственность решения электростатической задачи. Метод «изображений».

19. Электрическое поле в веществе.

Проводники в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Граничные условия на поверхности проводника и на границе двух диэлектриков.

20. Энергия электрического поля.

Энергия электрического поля и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Взаимная энергия зарядов. Энергия диполя в электрическом поле. Энергетический метод вычисления сил в электрическом поле.

21. Магнитное поле тока. Теорема о циркуляции.

Магнитное поле постоянного тока в вакууме. Вектор магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Закон Био–Савара. Магнитное поле равномерно движущегося точечного заряда. Виток с током в магнитном поле. Магнитный момент тока. Теорема о циркуляции магнитного поля в вакууме и её применение к расчету магнитных полей.

22. Магнитное поле в веществе.

Магнитное поле в веществе. Магнитная индукция и напряжённость поля. Вектор намагниченности. Токи проводимости и молекулярные токи. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Граничные условия на границе двух магнетиков. Применение теоремы о циркуляции для расчёта магнитных полей.

23. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Определение удельного заряда электрона. Эффект Холла, влияние магнитного поля на проводящие свойства сред.

24. Электромагнитная индукция. Теорема взаимности.

Закон электромагнитной индукции и ЭДС в движущихся и неподвижных проводниках. Правило Ленца. Относительный характер электрического и магнитного полей. Коэффициенты само- и взаимной индукции. Процесс установления тока в цепи, содержащей индуктивность. Теорема взаимности.

25. Магнитная энергия.

Магнитная энергия и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Энергетический метод вычисления сил в магнитном поле. Подъёмная сила электромагнита.

26. Переходные процессы в электрических цепях.

Квазистационарные процессы. Колебания в линейных системах. Колебательный контур. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность. Энергетический смысл добротности. Правила коммутации. Методы расчёта переходных процессов.

27. Вынужденные колебания. Метод комплексных амплитуд.

Комплексная форма представления колебаний. Векторные диаграммы. Комплексное сопротивление (импеданс). Правила Кирхгофа для переменных токов. Работа и мощность переменного тока. Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Амплитудная и фазовая характеристики. Резонанс.

28. Модулированные колебания. Уравнения Максвелла.

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Граничные условия. Ток смещения. Материальные уравнения. Волновое уравнение. Электромагнитные волны в однородном диэлектрике, их поперечность и скорость распространения.

29. Спектральный анализ в линейных системах.

Спектральный анализ линейных систем. Колебательный контур как спектральный прибор. Частотная характеристика и импульсный отклик. Квадратичное детектирование модулированных сигналов.

30. Электромагнитные волны в волноводах. Резонаторы. Плазма.

Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Дисперсионное уравнение. Критическая частота. Понятие об объёмных резонаторах. Элементы физики плазмы. Дебаевский радиус экранирования. Плазменные колебания, плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Электромагнитные волны в плазме.

Семестр: 3 (Осенний)

31. Геометрическая оптика и элементы фотометрии.

Принцип Ферма, законы преломления и отражения, граничные условия, формулы Френеля, угол Брюстера. Геометрические аберрации. Современные применения геометрической оптики в пределе коротких длин волн.

32. Интерференция волн.

Принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн. Видимость полос, ширина полосы. Просветление оптики. Статистическая природа излучения квазимонохроматической волны. Временная когерентность, функция временной когерентности, связь со спектральной интенсивностью (теорема Винера–Хинчина) и с видимостью.

33. 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. Использование зонных пластинок для фокусировки рентгеновского излучения. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона.

34. Разрешающая способность оптических инструментов.

Спектральные приборы: призма, дифракционная решётка, интерферометр Фабри–Перо. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии, угловая дисперсия. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа.

35. Элементы 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). Теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции.

36. Элементы голографии.

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

37. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.

Дисперсия показателя преломления, классическая теория дисперсии, нормальная и аномальная дисперсии. Затухающие волны, закон Бугера. Показатель преломления плазмы. Радиоволны в ионосфере и дальняя радиосвязь. Метаматериалы – среды с отрицательными ϵ и μ , достижения в создании метаматериалов. Групповая скорость.

38. Поляризация света. Элементы кристаллооптики.

Кристаллооптика: поляризация света. Естественный свет. Дихроизм, поляроиды, закон Малюса. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах, разложение волны на обыкновенную и необыкновенную. Взаимная ориентация векторов k , E , D , B , направление вектора Пойнтинга, боковой снос световых пучков в кристаллах.

39. Рассеяние света.

Эффективное сечение рассеяния, диаграмма направленности, их зависимость от длины волны и от размера рассеивающих частиц, Рэлеевское рассеяние (рассеяние на флуктуациях плотности). Поляризация рассеянного света. Рэлеевское рассеяние как главная причина затухания световой волны в световодах.

40. Нелинейные оптические явления.

Нелинейная поляризация среды. Оценки интенсивности световой волны, при которых наблюдаются нелинейные эффекты, исходя из значений внутриатомных полей. Наведенное двулучепреломление. Генерация второй гармоники, фазовый синхронизм. Симметричные соображения, невозможность генерации второй гармоники в средах с центром инверсии.

Семестр: 4 (Весенний)

41. Корпускулярные свойства электромагнитных волн

Основные экспериментальные результаты по внешнему фотоэффекту. Гипотеза Эйнштейна относительно квантов света (фотонов). Уравнение Эйнштейна и объяснение фотоэффекта. Импульс фотона. Эксперимент Комптона по рассеянию рентгеновских лучей на лёгких ядрах.

42. Волновые свойства частиц. Соотношение неопределённостей

Гипотеза де Бройля о волновых свойствах материальных частиц – корпускулярно-волновой дуализм. Длина волны де Бройля нерелятивистской частицы. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона по дифракции электронов. Критерий квантовости системы. Соотношения неопределенностей (координата-импульс; энергия-время). Виртуальные частицы.

43. Формализм квантовой механики. Потенциальные барьеры

Операторы координаты, импульса, потенциальной и кинетической энергии системы, гамильтониан. Собственные функции и собственные значения. Уравнение Шредингера. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке конечной высоты, прохождение частицы над ямами и барьерами конечной ширины, эффект Рамзауэра.

44. Потенциальные ямы. Квазиклассическое приближение. Осциллятор

Бесконечно глубокая потенциальная яма. Состояния частицы в одномерной симметричной потенциальной яме конечной глубины. Связанные состояния в такой яме. Уровни энергии одномерного гармонического осциллятора.

45. Водородоподобные атомы. Колебательные и вращательные спектры молекул

Модели атома Томсона и Резерфорда. Закономерности оптических спектров атомов. Движение в кулоновском поле. Феноменологическая теория Бора. Спектр атома водорода и водородоподобных атомов, главное квантовое число, кратность вырождения, изотопический сдвиг.

46. Магнитный момент. Спин. Тонкая и сверхтонкая структура атома водорода

Магнитный орбитальный момент электронов, гиромангнитное отношение, магнетон Бора. Опыт Штерна—Герлаха, спиновый g-фактор Гипотеза Уленбека и Гаудсмита о спине электрона. Опыт Эйнштейна—де Гааза. Векторная модель сложения спинового и орбитального моментов электрона, оператор полного момента импульса, фактор Ланде.

47. Тожественность частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы

Тожественность частиц, симметрия волновой функции относительно перестановки частиц, бозоны и фермионы, принцип Паули. Обменное взаимодействие. Сложные атомы. Самосогласованное поле. Электронная конфигурация атома. Правило Маделунга—Клечковского.

48. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.

Тожественность частиц, симметрия волновой функции относительно перестановки частиц, бозоны и фермионы, принцип Паули. Эффект Зеемана для случаев слабого и сильного магнитных полей на примере $3P-3S$ -переходов. Сверхтонкое взаимодействие. Понятие спина (спиральности) фотона, полный момент и четность

49. Ядерные модели

Эксперименты Резерфорда и Гейгера по рассеянию α -частиц в газах. Открытие нейтрона Чадвиком. Экспериментальная зависимость удельной энергии связи ядра от массового числа A . Модель Юкавы. Модель жидкой заряженной капли. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра. Оболочечная модель и магические числа в осцилляторе потенциала.

50. Радиоактивность. Альфа, бета, гамма

Закон радиоактивного распада, константа распада, период полураспада, среднее время жизни, вековое уравнение. Альфа-распад, закон Гейгера–Нэттола и его вывод (формула Гамова). Бета-распад, энергетический спектр бета-распада, гипотеза нейтрино и его опытное обнаружение, внутренняя конверсия электронов, К-захват. Гамма-излучение, изомерия ядер.

51. Ядерные реакции. Оценка сечений

Ядерные реакции: экзотермические и эндотермические реакции, порог реакции, сечение реакции (полное и парциальные сечения), каналы реакции, ширины каналов. Модель составного ядра Бора: классическое геометрическое сечение, поправки на волновой характер движения частиц, закон Бете на примере проникновения частицы в прямоугольную яму.

52. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы

Методы регистрации элементарных частиц. Открытие W- и Z- бозонов, t-кварка и бозона Хиггса. Стандартная модель. Законы сохранения и внутренние квантовые числа.

53. Законы излучения АЧТ

Формула Рэлея—Джинса и ультрафиолетовая катастрофа, формула Вина. Гипотеза Планка, распределение Планка. Закон смещения Вина. Равновесное излучение, как идеальный газ фотонов. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Ламберта и Стефана–Больцмана.

54. Спонтанное и вынужденное излучение

Двухуровневая квантовая система в поле равновесного излучения, принцип детального равновесия, спонтанные и индуцированные переходы, соотношения Эйнштейна. Прохождение излучения через среду, условие усиления (инверсная заселённость уровней).

55. Излучение, правила отбора. ЭПР и ЯМР

Ядерный и электронный магнитный резонанс (квантовомеханическая трактовка). Строгие и нестрогие правила отбора при поглощении и испускании фотонов атомами (на примере эффекта Зеемана и ЯМР).

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

- Лекционная аудитория, оснащённая мультимедийным проектором и экраном
- Оборудование для лекционных 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. 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.

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

1. http://mipt.ru/education/chair/physics/S_IV/Method_4/— методический раздел сайта кафедры Общей физики

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

Литература, рекомендуемая к курсу, доступна в электронном виде 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 общей физики, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

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 конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач.
- подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, дифференцированному зачёту, экзамену.

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

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра общей физики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет
- 3 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 4 (весенний) - Экзамен

Разработчики:

Ю.Р. Аланакян, д-р физ.-мат. наук, профессор
Г.Р. Локшин, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Общая физика» 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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Общая физика» осуществляется в форме зачета в 9 семестре и дифференциального зачёта в 10 и 11 семестрах. Зачёт включает в себя проверку выполнения домашних заданий и теоретических знаний студента. Список вопросов по теории приведён ниже:

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. Теорема Винера-Хинчина. Соотношение неопределённостей.
5. Видность интерференционных полос и её 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. Связь радиуса пространственной когерентности с угловым размером протяжённого источника. Теорема Ван-Циттерта-Цернике. Видность интерференционных полос при использовании протяжённых источников света. Звездный интерферометр Майкельсона.
8. Максимально допустимая разность хода волн в интерференционных опытах и её связь со временем когерентности.
9. Радиус пространственной когерентности и ограничение на допустимые размеры источника в интерференционных опытах.
10. Принцип Гюйгенса-Френеля. Количественная формулировка принципа Гюйгенса-Френеля. Волновой параметр как критерий подобия дифракционных явлений.
11. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Спираль Френеля. Пятно Пуассона и условия его наблюдения.
12. Зонная пластинка Френеля. Интенсивность света в фокусе зонной пластинки. Идеальная линза. Фокусировка света.
13. Волновой параметр. Условие наблюдения дифракции Френеля и Фраунгофера. Критерий геометрической оптики.
14. Дифракция Фраунгофера. Связь с преобразованием Фурье. Дифракция Фраунгофера на щели и круглом отверстии. Поле в фокальной плоскости линзы.
15. Дифракция Фраунгофера в оптических приборах. Разрешающая способность телескопа и микроскопа. Критерий Релея.
16. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность и область дисперсии. Разрешающая способность призмы.
17. Дифракция Фраунгофера на решетке: положение и интенсивность главных максимумов, их ширина и максимальный порядок.
18. Интерферометр Фабри-Перо как оптический резонатор. Разрешающая способность интерферометра, связь с добротностью.
19. Принципы Фурье-оптики: представление произвольной волны в виде суперпозиции

- плоских волн разных направлений. Пространственное преобразование Фурье. Пространственная частота. Метод Релея в задачах дифракции.
20. Дифракция Френеля на периодических структурах. Эффект саморепродукции.
 21. Теория Аббе формирования оптического изображения. Фурье-плоскость оптической системы.
 22. Принципы пространственной фильтрации. Методы наблюдения фазовых структур.
 23. Поле в фокальной плоскости линзы. Связь с преобразованием Фурье.
 24. Дифракция на амплитудной и фазовой синусоидальной решетке.
 25. Методы наблюдения прозрачных (фазовых) структур. Методы темного поля и фазового контраста.
 26. Голография. Голограмма точечного источника (голограмма Габора). Разрешающая способность голограммы. Голограмма с наклонным опорным пучком.
 27. Объёмная голограмма. Восстановление изображения объёмной голограммой, условие Брегга-Вульфа.
 28. Электромагнитные волны на границе раздела двух диэлектриков. Явление Брюстера. Зависимость энергетических коэффициентов отражения R_{\perp} и R_{\parallel} от угла падения (качественно).
 29. Способы получения линейно-поляризованного света. Дихроизм. Поляроиды. Закон Малюса.
 30. Электромагнитные волны в одноосных кристаллах. Обыкновенная и необыкновенная волны. Кристаллические пластинки $\lambda/2$ и $\gamma/4$.
 31. Двулучепреломление. Интерференция поляризованных волн.
 32. Нелинейная поляризация среды. Генерация второй гармоники. Условие фазового синхронизма. Оптическое выпрямление.
 33. Нелинейные оптические эффекты. Самофокусировка. Пороговая мощность.
 34. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости. Формула Релея. Классическая теория дисперсии. Аномальная дисперсия. Дисперсия в ионосфере и металлах.

Аттестация в 12 семестре по дисциплине «Общая физика» осуществляется в форме экзамена. Устная часть экзамена проходит по билетам. В каждом билете содержится теоретический вопрос из приведенного ниже списка экзаменационных вопросов. Кроме того, студенту предлагается изложить подготовленный заранее «вопрос по выбору», которым, может быть, как один из пунктов, приведённого ниже списка, так и любой вопрос, затрагиваемый в изучаемом курсе или непосредственно связанный с ним. В качестве вопроса по выбору могут быть изложены результаты проделанной студентом лабораторной работы.

Список вопросов устного экзамена:

1. Фотоэффект: основные экспериментальные результаты, энергия фотона, уравнение Эйнштейна.
2. Импульс фотона. Эксперимент Комптона. Комптоновская длина волны.
3. Гипотеза де Бройля. Эксперимент Дэвиссона-Джермера. Оценить, при каких энергиях фотонов, электронов и нейтронов можно наблюдать дифракцию этих частиц на кристаллах.
4. Соотношение неопределенностей «координата-импульс». Оценить нулевую энергию частицы массой m в одномерной потенциальной яме шириной a с бесконечными стенками.
5. Соотношение неопределенностей «время-энергия». Как связана ширина уровня энергии с временем его жизни? Объяснить, как можно оценить время жизни резонанса, пользуясь зависимостью сечения взаимодействия от энергии.
6. Операторы координат, импульсов, кинетической и потенциальной энергии. Найти среднее значение импульса для свободной частицы.

7. Написать нестационарное уравнение Шредингера и получить из него стационарное уравнение. Перечислить свойства волновой функции. Вероятностный характер волновой функции.
8. Найти амплитудные коэффициенты отражения и пропускания для потенциального барьера типа «ступенька». Рассмотреть случаи, когда энергия частицы больше и меньше высоты барьера.
9. Написать формулу для коэффициента прозрачности барьера произвольной формы. Рассмотреть туннелирование через линейный потенциальный барьер.
10. Найти волновые функции и уровни энергии частицы в потенциальной яме с бесконечными стенками.
11. Получить условия квантования Z — проекции углового момента и его абсолютной величины.
12. Квантование энергии одномерного и трехмерного гармонического осциллятора. Оценить энергию нулевых колебаний из соотношения неопределенностей.
13. Оценить отношение характерных частот излучения молекул при колебательных и вращательных переходах.
14. Найти с классической точки зрения гиромагнитное отношение для электрона в магнитном поле. Получить условия квантования магнитного момента и его Z — проекции. Магнетон Бора.
15. Эксперимент Штерна-Герлаха. Почему некоторые из полученных результатов указывают на существование спина электрона? Орбитальный и спиновый магнитные моменты, и их квантование. Опыт Эйнштейна-де Гааза.
16. Пользуясь векторной моделью сложения моментов, найти величину проекции полного магнитного момента на направление полного углового момента. Фактор Ланде.
17. Сформулировать постулаты Бора. Рассмотреть квантование энергии атома водорода в модели Бора. Радиус боровской орбиты.
18. Какими квантовыми числами характеризуются состояния электрона в водородоподобном атоме? Вырождение уровней энергии. Изотопический сдвиг уровней энергии.
19. Оценить величину тонкого и сверхтонкого расщеплений в спектре атома водорода.
20. Дать определение четности и симметричности волновой функции. Получить принцип Паули для фермионов.
21. Объяснить качественно возникновение обменного взаимодействия на примере молекулы водорода (или атома гелия).
22. Как обозначаются состояния сложных атомов? В чем заключается рассел-саундерсовская связь? Объяснить порядок заполнения электронных оболочек в легких атомах.
23. Разобрать эффект Зеемана в слабом магнитном поле на примере атома натрия. Правила отбора для оптических переходов.
24. Разобрать эффект Зеемана в сильном магнитном поле на примере атома натрия. Объяснить, почему в сильных магнитных полях всегда наблюдается расщепление линий на три компонента.
25. Качественно рассмотреть закономерности тормозного и характеристического рентгеновского излучений. Объяснить количественно закон Мозли.
26. Размер, состав, масса, плотность и энергия связи атомных ядер. Оценить энергию нуклона внутри ядра. Оценить массу переносчика ядерного взаимодействия.
27. Капельная модель ядра. Качественно объяснить образование долины ядерной стабильности.
28. Качественное обоснование и принципы построения одно-частичной оболочечной модели ядра. Получить величины первых трех магических чисел на основе трехмерной осцилляторной аппроксимации ядерного потенциала.
29. Основные экспериментальные закономерности α — распада. Рассмотреть туннелирование α -частицы через кулоновский барьер и вывести закон Гейгера-Нэттола.
30. Три типа β -радиоактивности. Спектр β -электронов, нейтрино. Эксперимент Ву и не сохранение четности при β -распаде.
31. Обсудить классификацию ядерных реакций, соответствующие законы сохранения, модель составного ядра. Дать определение сечения, канала, ширины канала ядерной реакции.
32. Вывести закон Бете. Написать формулу Брейта-Вигнера, найти максимальное сечение упругого и неупругого нерезонансного взаимодействия. Нарисовать схематический график зависимости сечения взаимодействия нейтронов с тяжелым ядром от энергии.

33. Прохождение нейтронов через вещество: замедление, потенциальное рассеяние, эффект полного внешнего отражения для УХН.
34. γ -излучение ядер, γ -изомеры. Резонансное поглощение γ -квантов. Эффект Мессбауэра.
35. Спонтанное и вынужденное деление ядер. Оценить кинетическую энергию осколков симметричного деления ядра урана. Объяснить качественно причину испускания нейтронов из осколков деления тяжелых ядер. Объяснить принцип работы ядерного реактора на тепловых нейтронах.
36. Рассмотреть качественно с классической и квантовой точек зрения реакции синтеза легких элементов. Объяснить, почему реакции синтеза легких ядер являются экзотермическими.
37. Перечислить фундаментальные взаимодействия и их переносчики. Оценить константы взаимодействия. Найти радиус действия гравитационного, электромагнитного, слабого и ядерного взаимодействий.
38. Обсудить кварковые структуры мезонов, барионов и резонансов. Почему открытие Ω -бариона потребовало введения понятия цвета кварков? Привести экспериментальные факты, подтверждающие кварковую структуру адронов.
39. Пользуясь модельным потенциалом взаимодействия двух кварков качественно объяснить понятие конфайнмента. Рассмотреть на кварковом уровне взаимодействие протона и мюона с образованием λ -резонанса, распадающегося на исходные частицы. Какие законы сохранения выполняются в сильных взаимодействиях?
40. Перечислить лептоны и кварки трех поколений. Какие переходы между ними возможны за счет обмена, W, Z -бозонами? Какие законы сохранения выполняются в слабых взаимодействиях?

Задачи.

1. 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.
2. 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.
3. Найти количество полос которые можно наблюдать в интерференционном опыте, при использовании дуплета натрия (длины волн: 5890 и 5896 ангстрем) в качестве источника света.
4. Найти радиус третьего светлого кольца Ньютона, для света с $\lambda = 500$ нм, при использовании плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R = 1$ м.
5. 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.

4. Критерии оценивания

Для допуска к зачёту студент должен решить все задачи из заданий. На зачёте преподаватель оценивает решения задач из домашних заданий, для чего может попросить студента прокомментировать решение любой задачи из задания. Ответ студента на теоретический вопрос оценивается в целом, и зачётная оценка выставляется согласно приведённым ниже критериям и изложенным выше замечаниям касательно письменной части экзамена:

На устном экзамене преподаватель оценивает ответ студента в целом и выставляет оценку согласно приведённым ниже критериям:

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 сложных нестандартных задач.

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

Порядок проведения дифференциального зачёта.

Зачёт проходит в форме беседы преподавателя со студентом по темам избранных задач из заданий и выбранных теоретических вопросов.

На подготовку к ответу по теоретическому вопросу студенту даётся от 30 до 45 минут.

В процессе ответа на теоретический вопрос или пояснения решения задач из задания преподаватель по может задавать уточняющие вопросы. После ответа преподаватель вправе задавать студенту любые дополнительные вопросы по программе курса.

Порядок проведения устного экзамена.

Экзамен проходит в традиционной форме беседы преподавателя со студентом по теме экзаменационного билета.

На подготовку к ответу по билету студенту даётся от 30 до 45 минут. В течение экзамена студенту не разрешается пользоваться вычислительной техникой, литературой, заранее подготовленными собственными записями и другими материалами, относящимися к предмету, кроме экзаменационной программы курса.

В процессе ответа по билету экзаменатор может задавать уточняющие вопросы. После ответа по билету экзаменатор вправе задавать студенту любые дополнительные вопросы по программе курса. На экзамене предлагаются для решения задачи. Темы соответствуют темам семинарских занятий.

В совокупности опрос обучающегося на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Билет 1

1. Фотоэффект: основные экспериментальные результаты, энергия фотона, уравнение Эйнштейна.
2. Найти угол падения света на границу раздела вода/масло, при котором возникает полное отражение. Коэффициент преломления воды $n_v = 4/3$, масла $n_m = 1.5$. Из какой среды должен падать свет?

Билет 2

1. Импульс фотона. Эксперимент Комптона. Комптоновская длина волны.
2. 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 $n = 1.5$.

Билет 3

1. Гипотеза де Бройля. Эксперимент Дэвиссона-Джермера. Оценить, при каких энергиях фотонов, электронов и нейтронов можно наблюдать дифракцию этих частиц на кристаллах.
2. Найти суммарную интенсивность двух когерентных, одинаково поляризованных пучков света, если интенсивность первого равна I_0 , второго — $4I_0$, а разность хода между ними составляет $\lambda / 6$.