

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Общая физика

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

общий

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол №_____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: Базовая часть, блок общекультурной подготовки, модуль «Современное естествознание», курс предназначен для студентов факультета наук о материалах **1 и 2-го года обучения (2 и 3-й семестры)**, курс является **обязательным**

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Математический анализ
Дифференциальные уравнения

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: основные физические явления и основные законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электромагнетизма и оптики

Уметь: использовать полученные базовые знания в области механики, молекулярной физики и термодинамики, физики электромагнитных и оптических явлений

4. Объем дисциплины составляет 10 з.е. (360 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	2	3			
Общая трудоёмкость, акад. Часов	180	180			360
Аудиторная работа:	112	126			238
Лекции, акад. Часов	64	72			136
Семинары, акад. Часов	48	54			102
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. часов	68	54			38
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.	Экз.			

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

1. Введение.

Предмет физики. Сочетание экспериментальных и теоретических методов в познании окружающей природы. Роль модельных представлений в физике. Физические величины, их измерение и оценка точности и достоверности полученных результатов. Системы единиц физических величин.

2 часа — лекции

2. Пространство и время.

Геометрия и пространство. Пространство и время в механике Ньютона и специальной теории относительности. Системы координат и их преобразования. Инварианты преобразований систем координат. Преобразования Галилея и Лоренца. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.

2 часа — лекции, 2 часа — семинары

3. Кинематика материальной точки.

Способы описания движения. Закон движения. Линейные и угловые скорости и ускорения. Система материальных точек. Уравнения кинематической связи. Преобразование координат и скоростей в классической механике. Принцип относительности. Абсолютное время в классической механике.

2 часа — лекции, 2 часа — семинары

4. Динамика материальной точки.

Понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона. Законы Ньютона. Уравнение движения. Начальные условия. Законы, описывающие индивидуальные свойства сил. Закон всемирного тяготения. Движение в поле заданных сил. Силы трения.

2 часа — лекции, 2 часа — семинары

5. Законы сохранения.

Замкнутые системы отсчета. Закон сохранения и изменения импульса материальной точки и системы материальных точек. Теорема о движении центра масс. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Работа силы. Консервативные силы. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии системы. Соударение тел. Абсолютно упругий и неупругий удары.

Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса.

Движение в поле центральных сил. Основные законы движения планет.

2 часа — лекции, 2 часа - семинары

6. Неинерциальные системы отсчета.

Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Преобразование ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.

2 часа — лекции, 2 часа - семинары

7. Основы специальной теории относительности.

Принцип относительности и постулат скорости света. Пространство и время в теории относительности. Преобразования Лоренца и интервалы этих преобразований. Псевдоевклидова метрика пространства–времени. Следствия преобразований Лоренца. Относительность одновременности и причинность. Сокращение длины двигающихся отрезков и замедление темпа хода двигающихся часов. Сложение скоростей. Релятивистское уравнение движения. Импульс и скорость. Соотношение между массой и энергией.

2 часа — лекции, 2 часа - семинары

8. Кинематика абсолютно твердого тела.

Степени свободы абсолютно твердого тела. Разложение движения на слагаемые. Углы Эйлера. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения.

2 часа — лекции, 2 часа - семинары

9. Динамика абсолютно твердого тела.

Момент силы. Момент импульса тела. Тензор инерции и его главные и центральные оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Уравнение движения и уравнение моментов. Динамика плоского движения твердого тела. Физический маятник.

Кинетическая энергия твердого тела. Закон сохранения момента импульса тела. Движение тела с закрепленной точкой. Уравнение Эйлера. Гироскопы. Прецессия и нутация гироскопа.

Гироскопические силы.

2 часа — лекции, 2 часа — семинары

10. Основы механики деформируемых тел.

Виды деформаций и их количественная характеристика. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.

2 часа — лекции, 2 часа - семинары

11. Механика жидкостей и газов.

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Сжимаемость жидкостей и газов. Основное уравнение гидростатики. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле силы тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел. Стационарное течение жидкости. Линии тока. Трубки тока. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Парадокс Даламбера. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского. Эффект Магнуса.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

12. Колебательное движение.

Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания.

Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Параметрическое возбуждение колебаний. Автоколебания. Понятие о нелинейных колебаниях. Устойчивое и хаотическое движение. Аттрактор.

Колебания систем с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды) и нормальные частоты.

2 часа — лекции, 2 часа — семинары

13. Волны в сплошной среде и элементы акустики.

Распространение колебаний давления и плотности в среде. Волны. Длина волны, период колебаний, фаза и скорость волны. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений. Волновое уравнение. Волны на струне, в стержне, газах и жидкостях. Связь скорости волны с параметрами среды. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Акустические резонаторы. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Элементы акустики. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

14. Предмет молекулярной физики. Термодинамический и статистический подходы к описанию молекулярных явлений. Основные положения молекулярно-кинетической теории.

Предмет и формальная («аксиоматическая») схема законов равновесной термодинамики. Статистическая и термодинамическая системы. Термодинамические параметры. Принцип аддитивности: интенсивные и экстенсивные термодинамические параметры.

«Общее начало» термодинамики. Постулат существования (достижения) термодинамического равновесия в изолированной системе. Равновесные состояния и равновесные процессы.

«Нулевое начало» термодинамики. Транзитивность теплового равновесия и его следствия: постулат существования температуры и термического уравнения состояния. Эмпирические температурные шкалы.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

15. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы (уравнения изопроцессов, закон Дальтона). Термодинамические коэффициенты расширения, сжатия и давления для идеального газа. Идеально-газовая температура.

Первое начало термодинамики: постулат существования внутренней энергии как функции состояния; закон сохранения энергии в тепловых процессах; постулат невозможности вечного двигателя первого рода.

Особенности теплопередачи, как способа изменения внутренней энергии термодинамической системы. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

16. Понятие о теплоемкости. Виды теплоемкости (удельная, молярная, объемная). Зависимость теплоемкости от типа термодинамической системы: теплоемкость твердых тел и газов как функция температуры.

Зависимость теплоемкости от типа процесса. Теплоемкости C_V и C_P и связь между ними (в общем виде).

Зависимость теплоемкости от типа процесса на примере идеального газа. Уравнение Майера. Теплоемкость в изопроцессах. Политропический процесс и его уравнение.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

17. Циклические равновесные процессы в идеальном газе. Работа и КПД цикла. Тепловые и холодильные машины. Циклы двигателей внутреннего сгорания, Стирлинга, Карно.

Равенство Клаузиуса для цикла Карно. Термодинамическая температура. Тождественность термодинамической (абсолютной) и идеально-газовой температур.

Теорема Клаузиуса для циклических равновесных процессов. Энтропия как функция состояния. Основное термодинамическое тождество.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

18. Энтропия идеального газа. Примеры равновесных процессов с изменением и постоянством энтропии.

Обратимые и необратимые процессы. Примеры необратимых процессов (расширение в вакуум, смешивание газов, теплопередача). Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и лорда Кельвина. Невозможность существования вечного двигателя второго рода. Две теоремы Карно и второе начало термодинамики. Принцип максимальной работы. Неравенство Клаузиуса. Термодинамическое неравенство.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

19. Второе начало термодинамики как закон необувания энтропии в изолированной системе. Статистический смысл этого закона (формула Планка). Примеры изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах.

Связь энтропии с теплоемкостью. Теорема Нернста. Третье начало термодинамики: постулат невозможности достижения абсолютного нуля температуры. Физические явления при низких температурах (сжижение газов, сверхтекучесть, сверхпроводимость и др.). Общие сведения о способах получения низких температур (адиабатическое расширение, эффект Джоуля-Томсона, адиабатическое размагничивание и др.).

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

20. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия Гиббса и Гельмгольца), связь между ними, свойство экстремальности в состоянии равновесия. Уравнения Максвелла как пример термодинамических тождеств. Уравнение связи термического и калорического уравнений состояния.

Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы первого рода по классификации Эренфеста. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Скрытая теплота перехода. Фазовые переходы второго рода (по Эренфесту) и непрерывные фазовые переходы.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

21. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Область двухфазных состояний. Метастабильные состояния. Критическое состояние и критические параметры. Закон соответственных состояний для газа Ван-дер-Ваальса. Фазовая диаграмма воды и её особые точки (тройная, критическая точки и т.д.). Термодинамические коэффициенты для газа Ван дер Ваальса. Изменение температуры идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса при адиабатическом равновесном и неравновесном расширении. Дифференциальный и интегральный эффекты Джоуля-Томсона для газа Ван дер Вальса. Температура инверсии.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

22. Силы межмолекулярного взаимодействия и их экспериментальные проявления. Потенциал Ленарда-Джонса и его особенности. Конденсированное состояние вещества. Кристаллические и аморфные тела, жидкости. Поверхностные явления. Капиллярные явления. Формулы Лапласа и Юнга-Дюпре. Термодинамический подход к описанию поверхности. Связь коэффициента поверхностного натяжения и основных термодинамических характеристик поверхности (внутренней и свободной энергии, энтропии и др.). Температурная зависимость коэффициента поверхностного натяжения.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

23. Статистический подход к описанию молекулярных явлений. Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории. Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа. Флуктуации плотности идеального газа. Биномиальное распределение (распределение Бернулли) и его предельные случаи (распределения Пуассона и Гаусса). Распределение молекул газа по скоростям. Принцип детального равновесия. Распределение молекул по компонентам скоростей. Распределение Максвелла по скорости. Наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости молекул.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

24. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Его связь с уравнением Клапейрона - Менделеева. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии теплового движения по степеням свободы. Применения «теоремы о равномерном распределении»: классическая теория теплоёмкости газов и твёрдых тел. Закон Дюлонга-Пти. Броуновское движение. Формула Эйнштейна. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.

3 часа — лекции, 2 часа - семинары

25. Явления переноса. Диффузия, закон Фика. Внутреннее трение (перенос импульса), закон Ньютона - Стокса. Теплопроводность, закон Фурье. Стационарные и нестационарные процессы переноса.

Явления переноса в газах. Связь коэффициентов переноса с молекулярно-кинетическими характеристиками газа. Закон охлаждения Ньютона.

3 часа — лекции, 2 часа – семинары

26. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других фундаментальных взаимодействий в природе. Электрический заряд и его материальные носители. Точечный и пробный заряды. Фундаментальные свойства заряда. Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона и его полевая трактовка. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Дискретное и непрерывное распределения электрического заряда. Силовые линии и их свойства.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

27. Поток вектора напряженности электрического поля. Электростатическая теорема Гаусса. Нормальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Дифференциальная форма теоремы Гаусса. Теорема Ирншоу.
2 ч. лекции и 2 ч. семинары
28. Работа сил электростатического поля, его потенциальность. Потенциал электростатического поля и его нормировка. Потенциал поля в случае дискретного и непрерывного распределений зарядов. Локальная связь между потенциалом и напряженностью электрического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства. Электрический диполь и его поле.
2 ч. лекций и 2 ч. семинары
29. Теорема о циркуляции напряженности электрического поля. Тангенциальные составляющие напряженности поля по обе стороны заряженной поверхности. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.
Задачи электростатики. Уравнения Пуассона и Лапласа.
2 ч. лекции и 2 ч. семинары
30. Электростатическое поле в веществе. Микро- и макроскопические поля. Явление электрической индукции.
Проводники в электростатическом поле. Поле у поверхности и внутри проводника. Влияние кривизны поверхности проводника. Распределение заряда по проводнику. Силы, действующие на заряд проводника.
2 ч. лекций и 2 ч. семинары
31. Свойства замкнутой проводящей однородной оболочки. Электростатическая защита от внешнего поля. Электростатически независимые части пространства. Экранировка зарядов. Метод электростатических изображений.
Связь между зарядами и потенциалами проводников. Емкость уединенного проводника. Простые конденсаторы и их емкость. Параллельное и последовательное соединение батареи конденсаторов. Система проводников. Емкостные коэффициенты.
2 ч. лекции и 2 ч. семинары
32. Диэлектрики в электростатическом поле. Механизмы электрической индукции в диэлектриках. Связанные заряды и вектор поляризации. Теорема Гаусса для вектора поляризации. Граничные условия для нормальной составляющей вектора поляризации. Вектор электрической индукции и теорема Гаусса. Граничные условия при наличии диэлектриков. Материальное уравнение для электрического поля. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. .
2 ч. лекций и 2 ч. семинары
33. Граничные условия для изотропных диэлектриков. Поле в однородном изотропном диэлектрике. Взаимосвязь свободных и связанных зарядов. Электрическое поле в полостях диэлектрика. Измерение напряженности и индукции электрического поля.
Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. неполярные диэлектрики. Электрические свойства кристаллических диэлектриков. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты. Пирозэлектрики.
Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков и гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектриков. Применение сегнетоэлектриков.
2 ч. лекции и 2 ч. семинары
34. Энергия системы электрических зарядов. Взаимная энергия системы точечных зарядов. Взаимная и собственная энергии системы непрерывно распределенных зарядов. Энергия

электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия точечных заряда и электрического диполя во внешнем поле.

Пондеромоторные силы в электростатическом поле. Силы, действующие на точечный заряд, точечный электрический диполь и непрерывно распределенный заряд во внешнем поле.

Связь пондеромоторных сил с энергией системы зарядов. Объемные и поверхностные пондеромоторные силы в проводниках и диэлектриках.

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

35. Постоянный электрический ток. Действия электрического тока. Плотность и сила тока. Линии и трубки тока. Уравнение непрерывности и условие стационарности тока.

Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника. Удельные сопротивление и электропроводность вещества. Электрическое напряжение. Соединения проводников.

Дифференциальная форма закона Ома.

Электрическое поле стационарных токов. Объемное распределение заряда в проводящих средах.

Граничные условия и поверхностное распределение заряда для поверхностей раздела двух проводников и проводника с диэлектриком.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

36. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Механизм поддержания постоянного тока. Сторонние силы и их электродвижущая сила. Обобщенный закон Ома и закон Ома для замкнутой цепи.

Разветвленные цепи. Узлы и простые контуры. Правила Кирхгофа. Метод контурных токов.

Токи в сплошных проводящих средах. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

2 ч. лекции и 2 ч. семинары

37. Магнитное поле токов в вакууме. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Ампера и его полевая трактовка. Закон Ампера и третий закон Ньютона.

Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савра-Лапласа. Действие магнитного поля на ток – сила Ампера. Принцип суперпозиции магнитных полей. Поле прямого тока. Силовые линии магнитного поля и их свойства.

Теорема о циркуляции магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля. Магнитное напряжение. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

Теорема Гаусса для магнитного поля. Дивергенция магнитной индукции. Поток магнитной индукции.

Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Магнитное поле Самоиндукция и взаимоиנדукция. Энергия магнитного поля движущегося заряда. Опыты Роуланда и Эйхенвальда.

Движущиеся заряды в электромагнитном поле. Сила Лоренца. Движение заряда в электромагнитном поле.

Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

Механизмы электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Токи Фуко.

Дифференциальная форма закона Фарадея. Индукционные методы измерения магнитной индукции и магнитного напряжения поля..

4 ч. лекций и 4 ч. семинары

38. Явление самоиндукции. Экстратоки самоиндукции. Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Батареи индуктивностей. Явление взаимной индукции. Коэффициенты взаимной индукции.

Энергия магнитного поля. Собственная энергия электрического тока. Объемная плотность энергии магнитного поля. Энергия системы контуров с током. Методы расчета коэффициентов индукции.

Силы, действующие на токи в магнитном поле. Элементарный ток в однородном и неоднородном магнитных полях. Пробный виток с током.

Энергия поля и пондеромоторные силы. Взаимодействие контуров с током.

4 ч. лекции и 2 ч. семинары

39. Магнитное поле в веществе. Магнетики и их классификация. Молекулярные токи и токи намагничивания. Вектор намагниченности вещества и его связь с токами намагничивания. Теорема о циркуляции для вектора намагниченности.

Напряженность магнитного поля. Материальное уравнение для магнитного поля. Магнитные восприимчивость и проницаемость вещества.

Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля. Преломление линий напряженности и индукции магнитного поля. Магнитная защита.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

40. Поле в однородном изотропном магнетике. Неограниченный непроводящий магнетик.

Магнитное поле в полостях магнетика. Измерение напряженности и индукции магнитного поля. Энергия магнитного поля при наличии магнетиков. Объемные и поверхностные силы, действующие на магнетики в магнитном поле.

Классификация магнетиков. Диамагнетики. Механизм намагничивания. Гиромагнитное отношение. Ларморова прецессия. Классическое описание диамагнетизма.

Парамагнетики. Теория Ланжевена.

Ферромагнетики. Кривая Столетова. Магнитный гистерезис. Остаточная индукция и коэрцитивная сила. Температурная зависимость намагниченности, точка Кюри. Закон Кюри-Вейса. Природа ферромагнетизма. Спонтанная намагниченность и доменная магнитная структура.

2 ч. лекции и 2 ч. семинары

41. Квазистационарные электромагнитные процессы. Условия квазистационарности. Переходные процессы в электрических цепях.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Собственные колебания в контуре.

Уравнение гармонических колебаний. Коэффициент затухания. Частота собственных колебаний. Энергия, запасенная в контуре.

Затухающие колебания в контуре. Уравнение затухающих колебаний и его решение. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний.

Резонанс напряжений. Напряжения и токи при резонансе. Ширина резонансной кривой. Резонанс токов. Переменный синусоидальный ток. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления.

Импеданс. Метод комплексных амплитуд и метод векторных диаграмм. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Резонанс токов.

Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения силы тока и напряжения.

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

42. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Лоренца. Опыт Рикке. Опыты Толмена и Стюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории. Закон Видемана-Франца. Трудности классической теории.

Понятие о зонной теории твердых тел. Принцип Паули. Статистика Ферми-Дирака. Особенности зонной структуры металлов, полупроводников и диэлектриков. Объяснение проводимости твердых тел с помощью зонной теории.

Полупроводники. Зависимость электросопротивления полупроводника от температуры.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Доноры и акцепторы. Полупроводники p и n типа, p-n переход. Применение полупроводников: полупроводниковые диоды, транзисторы, фотодиоды и фоторезисторы.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

43. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных данных. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Ток проводимости и ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга. Закон изменения энергии электромагнитного поля.

2 ч. лекции

44. Предмет изучения и разделы оптики. Уравнения Максвелла и материальные уравнения. Волновое уравнение. Скорость света. Бегущие электромагнитные волны. Плоские и сферические волны. Гармоническая волна и комплексная форма ее представления.

Свойства плоских волн. Ориентация и взаимосвязь полевых векторов. Поляризация света. Поток энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света. Энергетика световых пучков и импульсов. Закон изменения энергии электромагнитного поля. Объемная плотность импульса и давление электромагнитной волны.

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

45. Поляризация света: линейная, круговая и эллиптическая поляризации. Закон Малюса. Методы получения и анализа поляризованного света. Естественно поляризованный свет.

Метод спектрального описания волновых полей. Фурье-анализ и фурье-синтез волновых полей. Преобразования Фурье. Спектральные амплитуда, фаза и плотность. Свойства преобразований Фурье. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Теорема Планшереля. Спектральная плотность интенсивности.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

46. Интерференция света. Двухволновая интерференция монохроматических волн. Уравнение интерференции и функция видности. Линейная и угловая ширины интерференционных полос. Интерференция квазимонохроматического света. Спектральное описание, время и длина когерентности. Функция видности.

Пространственная когерентность. Угол и радиус когерентности. Звездный интерферометр Майкельсона

Методы получения интерференционных картин - деление волнового фронта и деление амплитуды, реализации методов. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Многоволновая интерференция. Формулы Эйри. Интерферометр Фабри-Перо и пластинка Люмера-Герке. Интерференционные фильтры и зеркала.

4 ч. лекций и 4 ч. семинары

47. Дифракция света. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля. Дифракционный интеграл Френеля. Теорема обратимости Гельмгольца. Принцип дополнительности Бабинне. Метод зон Френеля. Радиус и площадь зоны Френеля. Число Френеля. Метод векторных диаграмм. Зонные пластинки и линза.

Простейшие дифракционные задачи. Дифракция на круглом отверстии и круглом экране, спираль Френеля. Пятно Пуассона. Дифракция на крае полубесконечных экрана и щели, спираль Корню.

Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина. Дифракционная расходимость пучка в дальней зоне. Фокусировка света, как дифракционное явление

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

48. Недостатки принципа Гюйгенса-Френеля. Приближения Френеля и Фраунгофера. Дифракция в дальней зоне как пространственное преобразование Фурье. Угловой спектр пучка. Связь ширины спектра с поперечными размерами пучка.

Дифракция Фраунгофера на пространственных структурах: прямоугольном отверстии, круглом отверстии и щели. Функция пропускания. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки.

Распределение интенсивности в дифракционной картине, интерференционная функция.

Дифракция на акустических волнах

Спектроскопия с пространственным разложением спектров. Дисперсионные, дифракционные и интерференционные спектральные приборы. Их основные характеристики – аппаратная функция, угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность и область дисперсии.

2 ч. лекций и 2 ч. семинары

49. Распространение света в веществе: микроскопическая картина. Поляризуемость среды и молекулы. Дисперсия света. Классическая электронная теория дисперсии. Поглощение света (закон Бугера).

Зависимости показателя преломления и коэффициента поглощения от частоты. Дисперсионная формула Зелмеера. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея.

2 ч. лекции и 2 ч. семинары

50. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля. Эффект Брюстера и явление полного внутреннего отражения. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света.

2 ч. лекции

51. Распространение света в анизотропных средах. Описание диэлектрических свойств анизотропных сред. Плоские электромагнитные волны в анизотропной среде. Структура световой волны, фазовая и лучевая скорости. Уравнения Френеля для фазовых и лучевых скоростей. Эллипсоид лучевых скоростей и лучевая поверхность. Одноосные и двухосные кристаллы. Оптические свойства одноосных кристаллов. Обыкновенный и необыкновенный Отрицательные и положительные кристаллы. Построение Гюйгенса. Двойное лучепреломление и поляризация света. Поляризационные приборы, четвертьволновая и полуволновая пластинки. Анизотропия оптических свойств, наведенная механической деформацией, электрическим и магнитным полями

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

52. Излучение света. Тепловое излучение. Излучательная и поглощательная способности вещества и их соотношение. Модель абсолютно черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Ограниченность классической теории излучения. Закон Стефана-Больцмана. Формула смещения Вина. Формула Планка.

Основные представления квантовой теории излучения света атомами и молекулами. Квантовые свойства света: фотоэлектрический эффект и эффект Комптона. Квантовые свойства атомов, постулаты Бора. Модель двухуровневой системы. Взаимодействие двухуровневой системы с излучением. Типы радиационных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Взаимодействие при термодинамическом равновесии. Вывод формулы Планка.

Резонансное усиление света. Инверсная заселенность энергетических уровней и коэффициент усиления. Получение инверсной заселенности в трехуровневой системе. Ширина линии усиления. Лазеры – устройство и принцип работы. Принципиальная схема лазера. Условия стационарной генерации (баланс фаз и амплитуд). Продольные и поперечные моды. Спектральный состав излучения лазера. Синхронизация мод, генерация сверхкоротких импульсов

4 ч. лекций и 2 ч. семинары

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вариант 1.

(1) В процессе с одним молем гелия изменение энтропии составило ΔS , а температура увеличилась в n раз. Найти конечный объем газ. Начальный объем V_0 .

(2) Энтальпия 1 моля водорода изменяется по закону $H = \alpha P^\beta$. Найти теплоемкость газа в этом процессе.

- (3) Найти КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух изотерм. Считать известными максимальную и минимальную температуры и отношение максимального и минимального объемов. Процесс проводится над 1 молею одноатомного идеального газа.
- (4) Найти изменение энтропии 64 г газообразного кислорода в некотором процессе, если в результате процесса частота ударов молекул о стенку сосуда выросла в 4 раза, а полная кинетическая энергия молекул увеличилась в 16 раз.
- (5) При очень низких температурах теплоемкость кристаллов $C = aT^3$, где a – постоянная. Найти энтропию кристалла как функцию температуры в этой области.
- (6) Найти отношение $\Delta U/A$ (ΔU - изменение внутренней энергии, A - работа) для ν молей газа Ван дер Вальса в изотермическом процессе (температура T) при расширении от объема V_1 до объема V_2 . Параметры газа: a , b , $C_{v\nu}$ известны.
- (7) Один моль газа Ван дер Вальса адиабатически расширяется в вакуум так, что его объем увеличивается в 2 раза. Затем газ равновесно и адиабатически сжимают до начального объема. Найти конечную температуру газа. Начальный объем газа V_0 , начальная температура T_0 . Параметры газа: a , b , $C_{v\nu}$ известны.
- (8) Найти отношение $\Delta H_{\text{т-ж}}/\Delta H_{\text{ж-п}}$ изменений удельной энтальпии для фазовых переходов плавления и кипения для воды при нормальном давлении. Удельная скрытая теплота переходов равна, соответственно, 80 и 540 кал/г.
- (9) В закрытом сосуде объемом V находится вода при температуре 100°C . Пространство над жидкой водой заполнено насыщенным водяным паром (воздух выкачан). Найти увеличение массы насыщенного пара при повышении температуры на 1 К. Теплота парообразования равна 540 кал/г. Объем жидкой фазы много меньше объема пара. Пар считать идеальным газом.
- (10) Коэффициент поверхностного натяжения для поверхности раздела двух фаз зависит от температуры по закону $\sigma = \sigma_0 - kT$, где σ_0 и k – постоянные величины. Найти внутреннюю энергию поверхности при температуре T . Площадь поверхности A .
- (11) Для молекул равновесного газа найти среднее значение модуля импульса. Давление газа p , концентрация молекул n . Масса молекулы газа m .
- (12) Найти наиболее вероятное значение проекции скорости молекулы максвелловского газа на произвольную неподвижную плоскость. Температура газа T , масса одной молекулы m .
- (13) N молекул равновесного идеального газа находится в сосуде объема V при постоянной температуре. Среднее число молекул в объеме dV равно 10. Найти вероятность обнаружить 5 произвольных молекул в объеме $dV/2$. Внешних полей нет, $N \gg 1$, $dV \ll V$.
- (14) Найти среднюю энергию теплового движения одного моля идеального газа, если молекула газа состоит из 5 атомов, образующих пирамиду. Считать, что возбуждены все степени свободы молекул.
- (15) Чтобы изотермически уменьшить объем газа в цилиндре с поршнем в n раз, на поршень медленно насыпали песок массы m . Сколько еще песка надо насыпать, чтобы объем уменьшился еще в k раз?

Вариант 2.

- (1) В процессе с двумя молями азота изменение энтропии составило ΔS , а давление увеличилось в n раз. Найти конечную температуру газа. Начальная температура T_0 .
- (2) В процессе с ν молями идеального газа энтальпия зависит от внутренней энергии по закону $H = \alpha U$. Найти молярную теплоемкость газа при постоянном давлении.
- (3) Найти КПД цикла, состоящего из двух политроп с показателем n_1 и двух политроп с показателем $n_2 > n_1$. Считать известными температуры во всех точках пересечения политроп. Рабочее тело - с 1 моль одноатомного газа.
- (4) Найти изменение энтропии моля одноатомного идеального газа при расширении до удвоенного объема. Частота ударов молекул о стенку сосуда не изменилась.
- (5) Воду массой m нагрели от температуры t_1 до температуры $t_2 = 100^\circ\text{C}$, при которой она вся превратилась в пар. Удельная теплоемкость воды C_p , удельная теплота испарения q . Найти приращение энтропии системы.

- (6) Найти изменение энтропии некоторого количества газа Ван дер Вальса в равновесном процессе при расширении от объёма V_1 (при температуре T_1) до объёма V_2 (при температуре T_2). Параметры газа: $a, b, C_{v\alpha}$ известны. Изменение внутренней энергии в этом процессе равно αU .
- (7) Один моль газа Ван дер Вальса адиабатически расширяется в вакуум так, что его объём увеличивается от V_1 до V_2 . Найти изменение энтальпии газа. Параметры газа: $a, b, C_{v\alpha}$ известны, причём $b=0$.
- (8) Найти отношение $\alpha U_{\text{т-ж}}/\alpha U_{\text{ж-п}}$ изменений удельной внутренней энергии для фазовых переходов плавления и кипения воды. Удельная скрытая теплота переходов равна, соответственно, 80 и 540 кал/г. Температура перехода, соответственно, 0 °С и 100 °С. Плотность жидкой воды $\alpha 1 \text{ г/см}^3$ (при 0 °С) и 0.96 г/см^3 (при 100 °С), льда 0.92 г/см^3 (при 0 °С), насыщенного водяного пара $6\alpha 10^{\alpha 4} \text{ г/см}^3$ (при 100 °С). Давление нормальное атмосферное.
- (9) Точка плавления йода равна 114 °С. Возрастание упругости пара вблизи температуры плавления при увеличении температуры на 1 °С равно 578,6 Па/К. Упругость пара твердого йода при этой температуре равна 11821 Па. Найти теплоту возгонки йода при температуре плавления.
- (10) Коэффициент поверхностного натяжения зависит от температуры по закону $\alpha = \alpha_0 \alpha kT$, где α_0 и k – постоянные величины. Найти энтальпию поверхности раздела фаз при температуре T . Площадь поверхности A .
- (11) Для молекул равновесного газа найти наивероятнейшее значение модуля импульса. Давление газа p . Молярная масса газа α , молярный объём $V\alpha$.
- (12) Найти относительную флуктуацию кинетической энергии поступательного движения молекул максвелловского газа. Температура газа T , масса одной молекулы m .
- (13) N молекул равновесного идеального газа находится в сосуде объёма V при постоянной температуре. Среднее число молекул в объеме dV равно 5. Найти вероятность не обнаружить ни одной молекулы в объеме $dV/5$. Внешних полей нет, $N \gg 1, dV \ll V$.
- (14) Найти среднюю энергию теплового движения одного моля идеального газа, если молекула газа состоит из 5 атомов, расположенных вдоль одной прямой. Считать, что возбуждены все степени свободы молекул.
- (15) Найдите формулу соединения азота с кислородом, если 1 г его газа в объёме 1 л создаёт при 17 С давление 31400 Па.

Вариант 3.

- (1) В процессе с тремя молями углекислого газа изменение энтропии составило αS , а объём увеличился в n раз. Найти конечное давление газа. Начальное давление p_0 .
- (2) В политропическом процессе с α молями идеального газа энтальпия зависит от температуры по закону $H = \alpha T$. Найти показатель политропы.
- (3) Найти КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух изотерм. Считать известными максимальную и минимальную температуры и отношение максимального и минимального давлений. Процесс проводится над 1 молем одноатомного идеального газа.
- (4) Найти изменение энтропии 132 г газообразного CO_2 в некотором процессе, если в результате процесса вязкость уменьшилась в 2 раза, а частота ударов молекул о стенку сосуда уменьшилась в 4 раза.
- (5) Лед с начальной температурой $t_1=0^\circ\text{C}$ в результате нагрева превратили сначала в воду, а затем в пар при температуре $t_2=100^\circ\text{C}$. Удельная теплота плавления льда q_1 , удельная теплота испарения воды q_2 , удельная теплоемкость воды C_p . Найти приращение удельной энтропии системы.
- (6) Найти изменение энтальпии для α молей газа Ван дер Вальса в изобарическом процессе при расширении от объёма V_1 (при температуре T_1) до объёма V_2 . Параметры газа: $a, b, C_{v\alpha}$ известны.
- (7) Газ Ван дер Вальса адиабатически расширяется в вакуум так, что его объём увеличивается в n раз. Найти изменение давления газа. Начальный молярный объём газа V_0 , начальная температура T_0 . Параметры газа: $a, b, C_{v\alpha}$ известны.
- (8) Найти отношение $\alpha F_{\text{т-ж}}/\alpha F_{\text{ж-п}}$ изменений удельной свободной энергии для фазовых переходов плавления (при 0 °С) и кипения (при 100 °С) воды при нормальном давлении. Плотность жидкой воды $\alpha 1 \text{ г/см}^3$ (при 0 °С) и 0.96 г/см^3 (при 100 °С), льда 0.92 г/см^3 (при 0 °С), насыщенного водяного пара $6\alpha 10^{\alpha 4} \text{ г/см}^3$ (при 100 °С).

- (9) Найти давление водяного насыщенного пара при температуре 101°C . Пар считать идеальным газом. Теплота испарения воды при 1 атм и 100°C равна 9717.1 кал/моль
- (10) Коэффициент поверхностного натяжения зависит от температуры по закону $\sigma = \sigma_0 - kT$, где σ_0 и k – постоянные величины. Найти свободную энергию поверхности раздела фаз при температуре T . Площадь поверхности A .
- (11) Для молекул равновесного одноатомного газа найти среднеквадратичное значение модуля импульса. Средняя энергия теплового движения одного моля газа равна W . Масса молекулы m .
- (12) Найти средний квадрат относительной скорости $\langle v_{\text{отн}}^2 \rangle$ двух молекул максвелловского газа. Температура газа T , масса одной молекулы m .
- (13) Равновесный идеальный газ находится в сосуде объема V при постоянной температуре. Среднее число молекул в объеме $V/2$ равно N_1 . Найти вероятность обнаружить $N_1/2$ произвольных молекул в объеме $V/4$. Внешних полей нет.
- (14) Найти количество атомов в молекуле для газа, если отношение энергии теплового движения одного моля этого газа к абсолютной температуре равно $28R$. Считать, что возбуждены все степени свободы молекул.
- (15) За сколько качаний поршневым насосом с рабочим объемом V можно повысить давление от атмосферного P_0 до $P=10P_0$ в сосуде объемом $V_0=100V$? Процесс считать изотермическим.

1. Дополнить фразу:

«Модуль силы взаимодействия между двумя _____ зарядами равен (формула):

2. Напряженность электростатического поля точечного заряда (формула):

3. Потенциал электростатического поля точечного заряда (формула):

4. Зависимость напряженности электростатического поля равномерно заряженной сферы от расстояния от центра сферы (график):

5. Зависимость потенциала электростатического поля равномерно заряженной сферы от расстояния от центра сферы (график):

6. Зависимость напряженности электростатического поля равномерно заряженного шара от расстояния от центра шара (график):

7. Зависимость потенциала электростатического поля равномерно заряженного шара от расстояния от центра шара (график):

8. Теорема Гаусса для электростатического поля в интегральной форме (формула):

9. Теорема Гаусса для электростатического поля в дифференциальной форме (формула):

10. Теорема о циркуляции напряженности электростатического поля в интегральной форме (формула):

11. Теорема о циркуляции напряженности электростатического поля в дифференциальной форме (формула):

12. Силовые линии электростатического поля, создаваемого двумя одинаковыми по модулю одноименными точечными зарядами, находящимися на некотором расстоянии друг от друга (аккуратный рисунок):

13. Силовые линии электростатического поля, создаваемого двумя одинаковыми по модулю разноименными точечными зарядами, находящимися на некотором расстоянии друг от друга (аккуратный рисунок):

14. В центре равномерно заряженной проводящей сферы (радиус R , заряд Q) находится точечный электрический заряд q . Напряженность электростатического поля на расстоянии $r = 2R$ от центра сферы равна (формула):

15. В центре равномерно заряженной проводящей сферы (радиус R , заряд Q) находится точечный электрический заряд q . Напряженность электростатического поля на расстоянии $r = R/2$ от центра сферы равна (формула):

16. В центре равномерно заряженной проводящей сферы (радиус R , заряд Q) находится точечный электрический заряд q . Потенциал электростатического поля на расстоянии $r = 2R$ от центра сферы равен (формула):

17. В центре равномерно заряженной проводящей сферы (радиус R , заряд Q) находится точечный электрический заряд q . Потенциал электростатического поля на расстоянии $r = R/2$ от центра сферы равен (формула):
18. В центре равномерно заряженной проводящей сферы (радиус R , заряд Q) находится точечный электрический заряд q . Потенциал поверхности сферы равен (формула):
19. Электрический дипольный момент (формула и рисунок с обозначениями):
20. Граничное условие для тангенциальной составляющей напряженности электростатического поля (заряды на границе отсутствуют) (формула):
21. Связь между напряженностью электростатического поля и разностью потенциалов между двумя близкорасположенными точками (формула):
22. Разность потенциалов между двумя произвольными точками равна (напряженность поля $\vec{E}(\vec{r})$ считать известной) (формула):
23. Во внешнее электростатическое поле помещают металлический однородный проводник произвольной формы. Индуцированные в проводнике заряды располагаются (продолжить фразу):
24. Во внешнее электростатическое поле помещают металлический однородный проводник произвольной формы. Напряженность электростатического поля внутри металла (продолжить фразу):
25. Во внешнее электростатическое поле помещают металлический однородный проводник произвольной формы. Разность потенциалов между двумя произвольными точками внутри металла (продолжить фразу):
26. Во внешнее электростатическое поле помещают металлический однородный проводник произвольной формы. Разность потенциалов между двумя произвольными точками (одна расположена внутри металла, вторая – на поверхности) (продолжить фразу):
27. Во внешнее электростатическое поле помещают металлический однородный проводник произвольной формы. Разность потенциалов между двумя произвольными точками на поверхности металла (продолжить фразу):
28. Во внешнее электростатическое поле помещают цельный металлический однородный проводник произвольной формы. Связь между плотностью индуцированных в проводнике зарядов и напряженностью электростатического поля на поверхности проводника (формула):
29. Связь между поверхностной плотностью зарядов и напряженностью электростатического поля на поверхности проводника (формула):
30. Емкость заряженной уединенной проводящей сферы (радиус R) (формула):
31. Емкость произвольного конденсатора (формула):
32. Емкость плоского воздушного конденсатора (параметры известны) (формула):
33. Емкость батареи последовательно соединенных конденсаторов (формула):
34. Емкость батареи параллельно соединенных конденсаторов (формула):

2. Электростатическое поле в веществе

1. Вектор электрической поляризации (или поляризованности), связь с дипольными моментами молекул (формула)
2. Аналог теоремы Гаусса для вектора поляризации в интегральной форме (формула):
3. Аналог теоремы Гаусса для вектора поляризации в дифференциальной форме (формула):
4. Связь между векторами электрической индукции, напряженности электрического поля и поляризации в произвольном случае (формула):
5. Теорема Гаусса для вектора электрической индукции в интегральной форме (формула):
6. Теорема Гаусса для вектора электрической индукции в дифференциальной форме (формула):
7. Связь между векторами электрической индукции и напряженности электрического поля в однородном изотропном диэлектрике (формула):
8. Связь между векторами поляризации и напряженности электрического поля в однородном изотропном диэлектрике (формула):

9. Граничное условие для нормальной составляющей вектора электрической индукции (заряды на границе отсутствуют) (формула):

10. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен к источнику постоянного напряжения U_0 . Без отключения от источника пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

11. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 зарядили от источника постоянного напряжения U_0 и отключили от источника. Пространство между пластинами полностью заполнили твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

12. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен к источнику постоянного напряжения, при этом заряд каждой из пластин равен q_0 . Без отключения от источника пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

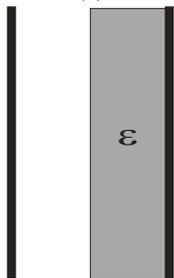
13. Модуль заряда на пластинах плоского воздушного конденсатора емкостью C_0 равен q_0 . Пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

14. Плоский воздушный конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения U_0 , при этом заряд каждой из пластин равен q_0 . Без отключения от источника пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

15. Плоский воздушный конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения U_0 , при этом заряд каждой из пластин равен q_0 . После отключения от источника пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Как изменятся емкость, напряжение между пластинами и заряд пластин конденсатора (написать формулы):

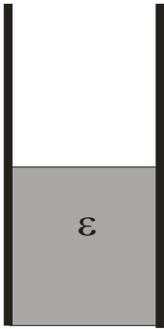
16. Плоский заряженный конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$ (см. рисунок). Нарисовать линии напряженности электрического поля внутри конденсатора (с соблюдением пропорций):

17. Плоский заряженный конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$ (см. рисунок). Нарисовать линии индукции электрического поля внутри конденсатора (с соблюдением пропорций):



18. Плоский заряженный конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$ (см. рисунок). Нарисовать линии напряженности электрического поля внутри конденсатора (с соблюдением пропорций):

19. Плоский заряженный конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$ (см. рисунок). Нарисовать линии индукции электрического поля внутри конденсатора (с соблюдением пропорций):



20. Поверхностная плотность заряда на пластинах плоского воздушного конденсатора равна σ . Напряженность электрического поля внутри конденсатора равна (формула):
21. Модуль заряда на пластинах плоского воздушного конденсатора площадью S равен q_0 . Напряженность электрического поля внутри конденсатора равна (формула):
22. Модуль заряда на пластинах плоского воздушного конденсатора площадью S равен q_0 . Сила взаимодействия между пластинами конденсатора равна (формула):
23. Сила взаимодействия между пластинами плоского воздушного конденсатора равна F_0 . Если пространство между пластинами полностью заполнить твердым диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2$, то сила взаимодействия F станет равной (формула):
24. Энергия системы двух точечных зарядов (формула):
25. Взаимная энергия системы точечных зарядов (формула):
26. Энергия конденсатора емкостью C , заряженного до напряжения U (формула):
27. Энергия конденсатора емкостью C , с зарядом на пластинах, равным q (формула):
28. Энергия конденсатора, заряженного до напряжения U , с зарядом на пластинах, равным q (формула):
29. Энергия заряженного плоского воздушного конденсатора равна W_0 . Если пространство между пластинами полностью заполнить твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ , то его энергия станет равной (формула):
30. Плоский воздушный конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения, при этом его энергия равна W_0 . Без отключения от источника пространство между пластинами полностью заполняют твердым диэлектриком с проницаемостью ϵ . Энергия конденсатора станет равной (формула):

3. Постоянный ток

1. Сила тока, ее связь с зарядом (формула):
2. Связь силы тока с плотностью тока (формула):
3. Закон Ома для участка цепи, не содержащего ЭДС (формула):
4. Закон Ома для участка цепи в дифференциальной форме (формула):
5. Закон Джоуля-Ленца для участка цепи (формула):
6. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме (формула):
7. Правила Кирхгофа (формулы):
8. Источник с ЭДС U_0 и внутренним сопротивлением r_0 подключили к внешнему сопротивлению R . Сила тока в цепи равна (формула):
9. Источник с ЭДС U_0 и внутренним сопротивлением r_0 подключили к внешнему сопротивлению R . Напряжение на концах сопротивления R равно (формула):
10. Источник с ЭДС U_0 и внутренним сопротивлением r_0 подключили к внешнему сопротивлению R . Идеальный вольтметр, подключенный к ЭДС, покажет напряжение, равное (формула):

11. Источник с ЭДС U_0 и внутренним сопротивлением r_0 подключили к внешнему сопротивлению R . Количество тепла, выделившееся на сопротивлении R за время τ , равно (формула):

12. Источник с ЭДС U_0 и внутренним сопротивлением r_0 подключили к внешнему сопротивлению R . Количество тепла, выделившееся внутри источника за время τ , равно (формула):

4. Магнитное поле токов в вакууме

1. Закон Био-Савара-Лапласа (формула):

2. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле (формула):

3. Индукция магнитного поля, создаваемая элементом тока (формула):

4. Сила Ампера (формула):

5. Индукция магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным проводником с током I на расстоянии r от провода (формула):

6. Индукция магнитного поля, создаваемого током I , протекающим в плоском витке радиуса R , в центре витка (формула):

7. Теорема Гаусса для индукции магнитного поля в интегральной форме (формула):

8. Теорема Гаусса для индукции магнитного в дифференциальной форме (формула):

9. Теорема о циркуляции для индукции магнитного поля в интегральной форме (формула):

10. Теорема о циркуляции для индукции магнитного в дифференциальной форме (формула):

11. Поток магнитной индукции (формула):

12. Магнитный момент плоского витка с током (формула).

13. Сила, действующая на виток с током в однородном магнитном поле (формула):

14. Момент сил, действующий на плоский виток с током в однородном магнитном поле (формула):

15. Сила Лоренца (формула):

5. Электромагнитная индукция

1. Закон электромагнитной индукции Фарадея (формула):

2. Дифференциальная форма закона Фарадея (формула):

3. Коэффициент самоиндукции (индуктивность) (формула):

4. Объемная плотность энергии магнитного поля (формула):

5. Энергия магнитного поля контура индуктивностью L при протекании тока I (формула):

6. Магнитное поле в веществе

1. Вектор намагниченности вещества, связь с магнитными моментами отдельных молекул (формула)

2. Теорема о циркуляции вектора намагниченности в интегральной форме (формула):

3. Теорема о циркуляции вектора намагниченности в дифференциальной форме (формула):

4. Связь между векторами магнитной индукции, напряженности магнитного поля и намагниченности в произвольном случае (формула):

5. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля в интегральной форме (формула):

6. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля в дифференциальной форме (формула):

7. Связь между векторами магнитной индукции и напряженности магнитного поля в однородной изотропной среде (формула):

8. Связь между векторами намагниченности и напряженности магнитного поля в однородной изотропной среде (формула):

9. Граничное условие для тангенциальной составляющей вектора напряженности магнитного поля (токи на границе отсутствуют) (формула):

10. Граничное условие для нормальной составляющей вектора индукции магнитного поля (токи на границе отсутствуют) (формула):

7. Переходные процессы в электрических цепях

1. В цепь включены резистор, катушка индуктивности и источник постоянной ЭДС. В момент времени $t=0$ замыкают ключ. Зависимость силы тока в цепи от времени имеет вид (график):
2. В цепь включены резистор, конденсатор и источник постоянной ЭДС. В момент времени $t=0$ замыкают ключ. Зависимость напряжения на конденсаторе от времени имеет вид (график):
3. В цепь включены резистор, конденсатор и источник постоянной ЭДС. В момент времени $t=0$ замыкают ключ. Зависимость напряжения на резисторе от времени имеет вид (график):
4. В цепь включены резистор, конденсатор и источник постоянной ЭДС. В момент времени $t=0$ замыкают ключ. Зависимость силы тока в цепи от времени имеет вид (график):
5. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C , катушки индуктивности L и резистора R . Напишите дифференциальное уравнение для заряда на пластинах конденсатора:
6. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C и катушки индуктивности L с нулевым сопротивлением. Напишите дифференциальное уравнение для заряда на пластинах конденсатора:

8. Колебательный контур. Вынужденные колебания

1. Частота собственных незатухающих колебаний в колебательном контуре равна (формула):
2. Частота собственных затухающих колебаний в колебательном контуре равна (формула):
3. Логарифмический декремент затухания в колебательном контуре (формула):
4. Добротность колебательного контура (все формулы, какие знаете):
5. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C , катушки индуктивности L , резистора R и источника ЭДС, меняющейся по гармоническому закону. Напишите дифференциальное уравнение для заряда на пластинах конденсатора:
6. Для колебательного контура зависимость амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе от частоты источника ЭДС имеет вид (график для диапазона частот от нуля до бесконечности):
7. Для колебательного контура зависимость амплитуды колебаний напряжения на катушке индуктивности от частоты источника ЭДС имеет вид (график для диапазона частот от нуля до бесконечности):
8. Для колебательного контура зависимость амплитуды силы тока в контуре от частоты источника ЭДС имеет вид (график для диапазона частот от нуля до бесконечности):
9. Для колебательного контура на одних осях изобразить три графика: зависимости амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе, напряжения на катушке индуктивности и напряжения на резисторе от частоты источника ЭДС (для диапазона частот от нуля до бесконечности):
10. Для колебательного контура изобразить векторную диаграмму для случая, когда напряжения на резисторе и конденсаторе одинаковы, а напряжение на катушке – в два раза больше (векторная диаграмма):
11. Для колебательного контура с добротностью $Q = 5$ изобразить векторную диаграмму для частоты источника ЭДС, равной собственной частоте контура (векторная диаграмма):
12. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C и катушки индуктивности L . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
13. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C и резистора R . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
14. Цепь состоит из последовательно соединенных катушки индуктивности L и резистора R . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
15. Цепь состоит из последовательно соединенных конденсатора C , катушки индуктивности L и резистора R . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
16. Цепь состоит из параллельно соединенных конденсатора C и катушки индуктивности L . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
17. Цепь состоит из параллельно соединенных конденсатора C и резистора R . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):
18. Цепь состоит из параллельно соединенных катушки индуктивности L и резистора R . Импеданс цепи на частоте ω равен (формула):

19. Средняя мощность, выделяющаяся на резисторе R при протекании переменного тока амплитудой I_0 равна (формула):
20. Средняя мощность, выделяющаяся на конденсаторе C при протекании переменного тока амплитудой I_0 равна (формула):
21. Средняя мощность, выделяющаяся на катушке индуктивности L при протекании переменного тока амплитудой I_0 равна (формула):
22. Средняя мощность, выделяющаяся на элементе цепи при протекании переменного тока равна (формула):

9. Уравнения Максвелла.

1. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме, отражающее электростатическую теорему Гаусса (формула):
2. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме, отражающее теорему Гаусса для магнитного поля (формула):
3. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме, отражающее теорему о циркуляции для электрического поля (формула):
4. Уравнение Максвелла в дифференциальной форме, отражающее теорему о циркуляции для магнитного поля (формула):
5. Взаимная ориентация полевых векторов в электромагнитной волне (рисунок):

Раздел «Оптика».

Электромагнитные волны.

1. Диапазон длин волн видимого света в вакууме с указанием порядка следования по цвету.
2. Связь между частотой света и длиной волны в вакууме (формула).
3. Скорость света в вакууме (число и формула через константы).
4. Волновое уравнение для полевого вектора.
5. Общее решение волнового уравнения для плоских волн (формула).
6. Гармоническая плоская волна (формула).
7. Комплексная запись гармонической плоской волны (формула).
8. Выражение для фазы гармонической плоской волны (формула).
9. Волновое число, связь с длиной волны (формула).
10. Взаимная ориентация полевых векторов и волнового вектора в плоской электромагнитной волне (рисунок).
11. Связь между амплитудами полевых векторов в плоской гармонической волне (формула).
12. Объемная плотность энергии для электрической составляющей в электромагнитной волне (формула, размерность).
13. Объемная плотность энергии для магнитной составляющей в электромагнитной волне (формула, размерность).
14. Связь объемных плотностей энергии для электрической и магнитной составляющей в электромагнитной волне (формула).
15. Плотность потока энергии в электромагнитной волне (формула, размерность).
16. Вектор Умова-Пойнтинга (формула, размерность).
17. Интенсивность света (формула, размерность).
18. Связь объемной плотности энергии и плотности потока энергии в электромагнитной волне в вакууме (формула).

Преобразование Фурье.

1. Интегральное прямое преобразование Фурье (формула).
2. Интегральное обратное преобразование Фурье (формула).
3. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра (формула).

4. Задан сигнал в виде прямоугольного импульса: Преобразование Фурье такого сигнала имеет вид (график):

5. Задан сигнал в виде прямоугольного импульса, промодулированного высокой частотой:

$$f(t) = \begin{cases} f_0 \cdot \cos(\omega_0 t), & |t| \leq \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases} .$$

Преобразование Фурье такого сигнала имеет вид (график):

Интерференция света.

1. Уравнение двухволновой интерференции для случая одинаковых интенсивностей интерферирующих волн (формула).
3. Продолжить фразу: «Интерференция от двух источников наблюдается, если _____».
4. Продолжить фразу: «Интерференция от двух когерентных источников не наблюдается, если _____».
5. Связь между разностью хода и разностью фаз (формула).
6. Условие наблюдения интерференционных максимумов (для разности хода) (формула).
7. Условие наблюдения интерференционных минимумов (для разности хода) (формула).
8. Условие наблюдения интерференционных максимумов (для разности фаз) (формула).
9. Условие наблюдения интерференционных минимумов (для разности фаз) (формула).
10. Интерференционная схема Юнга. Разность хода в зависимости от координаты точки наблюдения (рисунок, формула)
11. Интерференционная схема Юнга. Расстояние между интерференционными полосами (рисунок, формула).
12. Условие квазимонохроматичности источника (формула).
13. Связь между порядком интерференции и разностью хода (формула).
14. Длина когерентности для квазимонохроматичного источника (формула).
15. Связь между длиной когерентности и временем когерентности (формула).
16. Максимальный порядок интерференции для квазимонохроматичного источника (формула).
17. В схеме Юнга источник излучает две близкие длины волны λ_1 и λ_2 . Условие первого пропадаания интерференции (формула).
18. В схеме Юнга используется монохроматичный точечный источник света. Изобразить график интенсивности на экране (схема и график).
19. В схеме Юнга используется монохроматичный протяженный источник света. Изобразить график интенсивности на экране в сравнении с точечным источником (схема и график).
20. В схеме Юнга используется квазимонохроматичный точечный источник света. Изобразить график интенсивности на экране в сравнении с монохроматичным источником (схема и график).
22. В схеме Юнга используется точечный источник света, излучающий две близкие длины волны. Изобразить график интенсивности на экране (схема и график).
23. Видность интерференционной картины (формула).
24. В схеме Юнга используется монохроматичный точечный источник света. Изобразить график видности картины на экране (схема и график).
25. В схеме Юнга используется монохроматичный протяженный источник света. Изобразить график видности картины на экране (схема и график).
26. В схеме Юнга используется квазимонохроматичный точечный источник света. Изобразить график видности картины на экране (схема и график).
28. В схеме Юнга используется точечный источник света, излучающий две близкие длины волны. Изобразить график видности картины на экране (схема и график).
29. На бипризму падает плоская монохроматическая волна. Изобразить ход лучей и область наблюдения интерференции (рисунок).

30. В фокальной плоскости билинзы расположен точечный монохроматичный источник. Изобразить ход лучей и область наблюдения интерференции (рисунок).
31. Бизеркало Френеля. Изобразить ход лучей и область наблюдения интерференции (рисунок).
32. Зеркало Ллойда. Изобразить ход лучей и область наблюдения интерференции (рисунок).
33. Приведите пример интерференционной схемы, в которой используется метод деления волнового фронта (рисунок).
34. Приведите пример интерференционной схемы, в которой используется метод деления амплитуды (рисунок).
41. На плоскопараллельную пластину падает плоская монохроматическая волна. Опишите наблюдаемые интерференционные явления (если интерференция наблюдается, то где и какова форма полос).
42. На плоскопараллельную пластину падает сферическая монохроматическая волна. Опишите наблюдаемые интерференционные явления (если интерференция наблюдается, то где и какова форма полос).
43. На плоскопараллельную пластину падает монохроматическая волна от протяженного источника. Опишите наблюдаемые интерференционные явления (если интерференция наблюдается, то где и какова форма полос).
44. На клиновидную пластину падает плоская монохроматическая волна. Опишите наблюдаемые интерференционные явления (если интерференция наблюдается, то где и какова форма полос).
45. На клиновидную пластину падает монохроматическая волна от протяженного источника. Опишите наблюдаемые интерференционные явления (если интерференция наблюдается, то где и какова форма полос).
47. Воздушный интерферометр Фабри-Перо (толщина h) освещается монохроматичным источником с длиной волны λ . Максимальный порядок интерференции равен _____ и наблюдается _____ (дополните фразу).
48. В центре интерференционной картины для интерферометра Фабри-Перо (может наблюдаться, всегда наблюдается) (темное или светлое) пятно. (зачеркните ненужные слова в скобках).

Дифракция света.

1. Приведите рисунок, иллюстрирующий разбиение волнового фронта на зоны Френеля.
2. Радиус n -ой зоны Френеля (формула).
3. Спираль Френеля, на которой точками указаны границы 1-й, 2-й и 3-й зон Френеля (рисунок)
4. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный экран с круглым отверстием. Зависимость интенсивности в центре дифракционной картины от радиуса отверстия имеет вид (график):
5. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный диск. Зависимость интенсивности в центре дифракционной картины от радиуса диска имеет вид (график):
6. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный экран с круглым отверстием. При увеличении радиуса отверстия в 2 раза число открытых зон Френеля _____ (закончить фразу)
7. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный экран с круглым отверстием. При уменьшении расстояния от отверстия до точки наблюдения в 2 раза число открытых зон Френеля _____ (закончить фразу)
8. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный экран с круглым отверстием, радиус которого равен радиусу 1-й зоны Френеля. Если перекрыть нижнюю половину отверстия непрозрачной пластиной, то интенсивность в точке наблюдения _____ (закончить фразу).
9. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачный диск, радиус которого равен радиусу 1-й зоны Френеля. Если у диска удалить нижнюю половину, то интенсивность в точке наблюдения _____ (закончить фразу)
10. Разность хода, вносимая прозрачной пластинкой (показатель преломления n , толщина d), равна ... (формула):

11. Разность фаз, вносимая прозрачной пластинкой (показатель преломления n , толщина d), равна ... (формула):
12. Плоская монохроматическая волна падает на прозрачный диск, радиус которого равен радиусу 1-й зоны Френеля. Чтобы получить максимально возможную интенсивность в точке наблюдения, разность хода, вносимая диском, должна быть равна (формула)
13. Плоская монохроматическая волна падает на прозрачный диск, радиус которого равен радиусу 1-й зоны Френеля. Чтобы получить максимально возможную интенсивность в точке наблюдения, разность фаз, вносимая диском, должна быть равна (формула)
14. Спираль Корню (рисунок).
15. Укажите, для каких объектов применяется спираль Френеля? _____
Спираль Корню? _____
16. Сферическая монохроматическая волна падает на непрозрачный край экрана, перекрывающий для точки наблюдения ровно половину пространства. Укажите на спирали Корню вектор, характеризующий амплитуду поля (рисунок).
17. Плоская монохроматическая волна падает на непрозрачное препятствие с узкой длинной щелью. Чтобы наблюдаемая за препятствием дифракционная картина описывалась приближением Фраунгофера, необходимо _____ (закончить фразу)
18. Условие дифракционных минимумов интенсивности при дифракции Фраунгофера на щели (формула).
19. Распределение интенсивности на экране при дифракции Фраунгофера на щели (график).
20. Условие главных дифракционных максимумов интенсивности при дифракции Фраунгофера на нескольких щелях (формула).
21. Распределение интенсивности на экране при дифракции Фраунгофера на 5 щелях (график).
22. Условие для добавочных минимумов, ближайших к главным дифракционным максимумам интенсивности при дифракции Фраунгофера на N щелях (формула).

Спектральные приборы

1. На дифракционную решетку (период d) нормально падает плоская монохроматическая волна (длина волны λ). Угол дифракции для наблюдения максимума m -го порядка равен (формула):
2. Угловая дисперсия дифракционной решетки (формула).
3. Разрешающая способность дифракционной решетки (формула).
4. На дифракционную решетку (период d , число щелей N) нормально падает плоская волна (длина волны λ). Максимально возможная разрешающая способность дифракционной решетки равна (формула):
5. Дополните фразу:
Критерий _____. Две длины волны считаются разрешенными, если _____
_____.

Поляризация

1. Закон Малюса (формула).
2. Естественный свет с интенсивностью I_0 падает на идеальный поляризатор. Прошедший свет поляризован _____, а его интенсивность равна _____. (дополнить фразу)
3. Естественный свет с интенсивностью I_0 падает на систему скрещенных идеальных поляризатора и анализатора. Прошедший через систему свет поляризован _____, а его интенсивность равна _____. (дополнить фразу).
4. Естественный свет с интенсивностью I_0 падает на систему параллельных идеальных поляризатора и анализатора. Прошедший через систему свет поляризован _____, а его интенсивность равна _____. (дополнить фразу).
5. В анизотропном кристалле вектор нормали к волновому фронту всегда совпадает по направлению с вектором (*фазовой/лучевой*) скорости (зачеркнуть лишнее слово в скобках).

6. В анизотропном кристалле вектор Пойнтинга всегда совпадает по направлению с вектором (*фазовой/лучевой*) скорости (зачеркнуть лишнее слово в скобках).
7. В анизотропном кристалле вектор нормали к волновому фронту образует правую тройку с векторами _____ и _____. (указать векторы).
8. В анизотропном кристалле вектор Пойнтинга образует правую тройку с векторами _____ и _____. (указать векторы).
9. В анизотропном кристалле главная скорость, равная $v_x = \frac{c}{n_x}$ - это скорость, с которой распространяется волна _____ оси Ox (дополнить фразу).
10. Если в анизотропном кристалле угол между векторами \vec{E} и \vec{D} равен α , то связь между модулями фазовой v и лучевой u скоростей имеет вид (формула):
11. В двуосном кристалле для трех главных скоростей v_x , v_y и v_z справедливы соотношения: $v_x v_y v_z$ (расставить знаки = или \neq).
12. В одноосном кристалле для трех главных скоростей v_x , v_y и v_z справедливы соотношения: $v_x v_y v_z$ (расставить знаки = или \neq).
13. Если в одноосном кристалле главные скорости $v_x=v_y$, то его оптическая ось направлена вдоль оси _____ (дополнить фразу).
14. В одноосном кристалле могут распространяться две волны, называемые _____ и _____ (дополнить фразу).
15. Главная плоскость (главное сечение) – это плоскость, образованная лучом и _____ (дополнить фразу).
16. Обыкновенная волна поляризована (*перпендикулярно/в*) плоскости главного сечения (зачеркнуть лишнее слово в скобках).
17. Необыкновенная волна поляризована (*перпендикулярно/в*) плоскости главного сечения (зачеркнуть лишнее слово в скобках).
18. Если в одноосном кристалле главные скорости $v_x=v_y \neq v_z$, то скорость обыкновенного луча равна _____, а скорость необыкновенного луча _____ (дополнить фразу).
19. В одноосном кристалле лучевая поверхность для обыкновенного луча имеет форму _____, а для необыкновенного - форму _____ (дополнить фразу).
20. Пластика из анизотропного кристалла толщиной d вносит разность хода, равную (формула):
21. В пластинках $\lambda/2$ и $\lambda/4$ оптическая ось лежит (*перпендикулярно/в*) плоскости пластинки (зачеркнуть лишнее слово в скобках).
22. Чтобы преобразовать линейно поляризованный свет в эллиптически (циркулярно) поляризованный, применяют пластинку _____.
23. Чтобы повернуть плоскость поляризации линейно поляризованного света, применяют пластинку _____.
24. Чтобы преобразовать циркулярно поляризованный свет в линейно поляризованный, применяют пластинку _____.

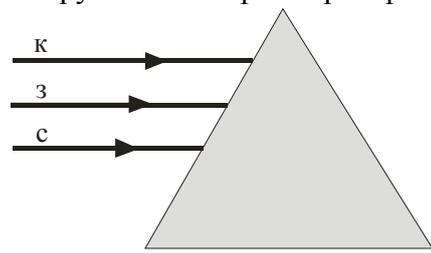
Преломление света на границе двух сред.

1. Закон преломления света на границе для углов падения α_1 и преломления α_2 (формула)
2. Закон отражения света на границе для углов падения α_1 и отражения α_3 (формула)
3. Для волны, падающей на границу вакуум-диэлектрик (показатель преломления n) угол Брюстера равен (формула):
4. Для волны, падающей на границу вакуум-диэлектрик под углом Брюстера, угол между отраженным и преломленным лучами равен (формула):
5. Естественный свет падает под углом Брюстера на границу раздела двух сред. (*Отраженный/Преломленный*) луч полностью поляризован (*перпендикулярно/в*) плоскости падения (зачеркнуть лишние слова в скобках).

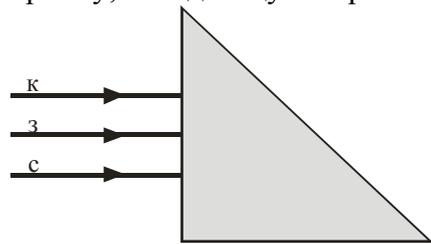
6. Для волны, падающей на границу диэлектрик (показатель преломления n)-вакуум угол полного внутреннего отражения равен (формула):

Дисперсия света.

1. Фазовая скорость распространения (формула):
2. Групповая скорость распространения (формула):



3. Три параллельных луча (красный, зеленый и синий) падают на призму, обладающую нормальной дисперсией. Нарисовать ход лучей через призму.



4. Три параллельных луча (красный, зеленый и синий) падают на призму, обладающую нормальной дисперсией. Нарисовать ход лучей через призму.

Геометрическая оптика.

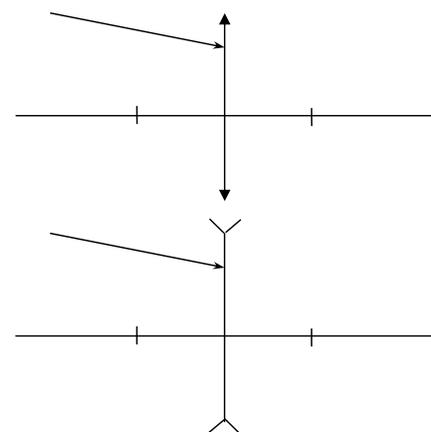
1. На собирающую линзу (положение фокусов отмечено черточками) падает луч света. Нарисовать ход луча за линзой.

2. На рассеивающую линзу (положение фокусов отмечено черточками) падает луч света. Нарисовать ход луча за линзой.

3. На рисунке показаны положения источника (крестик), изображения (кружок) и главная оптическая ось линзы. Найти построением положение линзы и ее фокусов.

4. На рисунке показаны положения источника (крестик), изображения (кружок) и главная оптическая ось линзы. Найти построением положение линзы и ее фокусов.

5. На рисунке показаны положения источника (крестик), изображения (кружок) и главная оптическая ось линзы. Найти построением положение линзы и ее фокусов.



×	о	его

×	о	его

о	×	его

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вопросы к экзамену 2 сем.

1. Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем.
2. Закон сохранения импульса. Теорема о движении центра масс. Движение тел с переменной массой.
3. Работа сил. Механическая энергия системы материальных точек и закон сохранения энергии. Столкновения тел.
4. Движение материальной точки и системы точек в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции.
5. Кинематика теории относительности. Преобразования Лоренца и их следствия. Сложение скоростей. Инвариантность интервалов.
6. Кинематика и динамика абсолютно твердого тела. Момент инерции относительно оси.
7. Динамика вращательного движения твердого тела. Динамика плоского движения твердого тела.
8. Закон сохранения момента импульса. Гироскопы. Гироскопические силы.
9. Напряжения и деформации в твердом теле. Энергия упругих деформаций.
10. Основы гидро- и аэродинамики. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Барометрическая формула.
11. Уравнение Бернулли. Критерий Рейнольдса.
12. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Затухающие колебания.
13. Вынужденные колебания. Резонанс.
14. Бегущие волны. Поток энергии в бегущей волне. Элементы акустики. Эффект Доплера.
15. Отражение и преломление волн. Граничные условия. Стоячие волны. Моды и нормальные частоты.
16. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Статистический и термодинамический подход к описанию тепловых явлений. Основные законы (начала) равновесной термодинамики.
17. Равновесное состояние и равновесные процессы в термодинамической системе. Термодинамические параметры. Принцип аддитивности в термодинамике.
18. Понятие о температуре в термодинамике и молекулярно-кинетической теории. Термометр. Эмпирические температурные шкалы.
19. Основные термодинамические свойства идеального газа. Газовые законы.
20. Первое начало термодинамики. Теплопередача. Количество теплоты. Внутренняя энергия термодинамической системы.
21. Теплоемкость термодинамической системы. Зависимость теплоемкости от типа процесса. Теплоемкости C_V и C_P и связь между ними.
22. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера. Политропический процесс и его уравнение.
23. Циклы в идеальном газе. Работа и КПД цикла. Тепловые и холодильные машины. Цикл Карно.
24. Равенство Клаузиуса для цикла Карно. Термодинамическая температура. Теорема Клаузиуса для равновесных процессов.
25. Энтропия как функция состояния. Энтропия идеального газа. Термодинамическое тождество.
26. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и лорда Кельвина. Невозможность существования вечного двигателя второго рода.
27. Две теоремы Карно и второе начало термодинамики.

28. Неравенство Клаузиуса. Неубывание энтропии в изолированной системе. Статистический смысл энтропии.
29. Связь энтропии с теплоёмкостью. Теорема Нернста. Третье начало термодинамики: постулат невозможности достижения абсолютного нуля температуры.
30. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, энтальпия, потенциалы Гиббса и Гельмгольца). Уравнения Максвелла для производных термодинамических параметров.
31. Фазовые переходы и их классификация. Фазовые переходы первого и второго рода, а также непрерывные фазовые переходы. Фазовая диаграмма (на примере воды) и её особые точки.
32. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Скрытая теплота перехода.
33. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Область двухфазных состояний. Метастабильные состояния.
34. Термодинамические характеристики газа Ван-дер-Ваальса (внутренняя энергия, энтропия, коэффициенты α , β , γ).
35. Критическое состояние и критические параметры. Закон соответственных состояний для газа Ван-дер-Ваальса.
36. Силы межмолекулярного взаимодействия и их экспериментальные проявления. Потенциал Ленарда-Джонса.
37. Жидкости. Поверхностные явления. Формулы Лапласа и Юнга-Дюпрэ. Капиллярные явления
38. Методы получения низких температур. Адиабатическое расширение и эффект Джоуля-Томсона.
39. Биномиальное распределение (распределение Бернулли) и его предельные случаи (распределения Пуассона и Гаусса).
40. Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории. Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа. Флуктуации плотности идеального газа.
41. Распределение молекул газа по скоростям. Принцип детального равновесия. Распределение Максвелла для скоростей молекул и его характеристики.
42. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов и уравнения Клапейрона - Менделеева из распределения Максвелла.
43. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии теплового движения по степеням свободы и её применение в классической теории теплоёмкости газов и твердых тел.
44. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
45. Характер движения молекул в газах и в конденсированных средах. «Диффузионное» движение. Броуновское движение.
46. Явления переноса. Диффузия, вязкость, теплопроводность и законы, их описывающие. Закон изменения температуры тела в термостате.
47. Длина и время свободного пробега молекул газа. Связь между коэффициентами переноса для газов. Зависимость коэффициентов переноса от температуры и давления.

Вопросы к экзамену 3 сем.

Раздел «Электромагнетизм».

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд, его фундаментальные свойства. Микроскопические носители заряда. Закон сохранения электрического заряда.
2. Электростатика. Закон Кулона. Его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Линии напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Напряженность поля в случае непрерывного распределения зарядов.

3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского- Гаусса, её представление в дифференциальной форме. Примеры применения теоремы Остроградского-Гаусса для расчета напряженности поля (бесконечная плоскость, сфера, шар).
4. Работа сил электростатического поля. Потенциальность электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема о циркуляции, её представление в дифференциальной форме.
5. Потенциал и его нормировка. Потенциал поля точечного заряда, равномерно заряженных сферы и шара.. Связь потенциала с вектором напряженности электрического поля. Уравнения Лапласа и Пуассона.
6. Проводники в электростатическом поле. Электростатическая индукция. Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Сила, действующая на поверхность проводника. Электростатическая защита. Граничные условия на границе проводник-вакуум.
7. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроёмкость. Конденсаторы. Ёмкость плоского и сферического конденсаторов. Сила взаимодействия между пластинами конденсатора. Ёмкость батареи конденсаторов.
8. Электрическое поле в веществе. Микро- и макрополя. Диэлектрики. Электрический диполь. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризованности (поляризации). Теорема Остроградского – Гаусса для вектора поляризованности. Её дифференциальная форма.
9. Вектор электрической индукции в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля.
10. Теорема Остроградского – Гаусса для случая диэлектриков. Её дифференциальная форма. Граничные условия для векторов напряженности и электрической индукции. Изменение емкости конденсатора при наличии диэлектрика между пластинами.
11. Энергия системы точечных электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия для системы непрерывно распределенных электрических зарядов. Энергия электростатического поля и её объемная плотность. Изменение энергии конденсатора при наличии диэлектрика между пластинами.
12. Пондеромоторные силы в электрическом поле и методы их вычислений. Силы, действующие на диэлектрик в однородном и неоднородном полях. Связь пондеромоторных сил с энергией системы зарядов. Изменение силы взаимодействия между пластинами конденсатора при наличии диэлектрика.
13. Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризуемость молекулы. Формула Клаузиуса-Мосотти. Зависимость поляризационных свойств от температуры. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектриков.
14. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Линии тока. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности в интегральной и дифференциальной формах. Условие стационарности тока.
15. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная электропроводность вещества. Избыточные заряды внутри проводника и на его границе при протекании постоянного тока.
16. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма. Работа электрических и сторонних сил и тепловая энергия.
17. Условия существования постоянного электрического тока. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи. Обобщенный закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Примеры их применения.
18. Вихревой характер магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Теорема Гаусса для магнитного поля.
19. Элементарный ток и его магнитный момент. Замкнутый контур с током в магнитном поле. Сила, действующая на контур в однородном и неоднородном магнитных полях. Момент сил, действующих на контур в однородном поле.

20. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность). Коэффициент взаимной индукции двух контуров. Работа силы Ампера, действующей на контур с током в постоянном магнитном поле.
21. Действие магнитного поля на движущийся заряд и на проводник с током. Закон Ампера. Сила Лоренца. Изменение энергии заряда, движущегося в магнитном поле.
22. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Вектор индукции магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа и его полевая трактовка. Магнитное поле движущегося заряда.
23. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме. Правило Ленца. Природа электромагнитной индукции. Токи Фуко.
24. Явление самоиндукции. Экстратоки замыкания и размыкания.
25. Энергия магнитного поля контура с током (катушки индуктивности). Энергия магнитного поля и её объемная плотность.
26. Магнетики. Понятие о молекулярных токах. Вектор намагниченности вещества и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля.
27. Теорема о циркуляции для векторов напряженности и намагниченности магнитного поля. Граничные условия. Преломление линий индукции и напряженности магнитного поля. Магнитная защита. Постоянные магниты.
28. Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Классическое описание диамагнетизма и парамагнетизма. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле.
29. Ферромагнетики. Спонтанная намагниченность и температура Кюри. Доменная структура. Гистерезис намагничивания, кривая Столетова. Температурная зависимость намагниченности.
30. Квазистационарные процессы. Критерий квазистационарности. Переходные процессы в RC- и RL-цепях.
31. Электрические колебания в колебательном контуре. Собственные колебания в контуре. Уравнение гармонических колебаний.
32. Затухающие колебания в контуре и их уравнение. Показатель затухания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Энергия гармонических колебаний.
33. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний. Переменный синусоидальный ток. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Импеданс. Закон Ома для цепей переменного тока.
34. Резонанс напряжений. Напряжения и токи при резонансе. Ширина резонансной кривой. Метод векторных диаграмм и метод комплексных амплитуд. Понятие о резонансе токов.
35. Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения тока и напряжения.
36. Основные положения классической электронной теории проводимости. опыты Рикке и Толмена-Стюарта. Законы Ома и Джоуля – Ленца в классической теории.
37. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных данных. Ток проводимости и ток смещения. Взаимные превращения электрических и магнитных полей.
38. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Вектор Умова-Пойтинга. Скорость распространения электромагнитных волн. Закон сохранения энергии электромагнитного поля.

Раздел «Оптика».

1. Электромагнитная теория света. Уравнения Максвелла и материальные уравнения. Волновое уравнение. Ориентация и взаимосвязь полевых векторов в плоской волне. Волновой фронт. Фазовая скорость.

2. Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света. Плотность импульса и давление электромагнитной волны.

3. Стоячая электромагнитная волна. Ориентация и взаимосвязь полевых векторов в стоячей волне. Узлы и пучности. Перенос энергии в стоячей волне. Стоячая волна в лазере.

4. Монохроматические и квазимонохроматические волны. Фурье- анализ волновых полей. Теорема Планшереля. Спектральная плотность излучения. Фурье-преобразование различных сигналов (прямоугольный импульс, затухающий квазигармонический сигнал). Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра.

5. Интерференция монохроматических волн. Условия наблюдения интерференционной картины, интерференционный член. Схема Юнга . Порядок интерференции.

6. Интерференция монохроматических волн. Получение интерференционных картин делением волнового фронта и делением амплитуды (примеры). Локализация интерференционной картины. Полосы равной толщины и равного наклона.

7. Интерференция квазимонохроматического света на примере схемы Юнга. Функция видности. Длина и время когерентности. Анализ спектральных характеристик источника по интерференционной картине.

8. Интерференция света от протяженного источника на примере схемы Юнга. Пространственная когерентность. Радиус пространственной когерентности.

9. Интерференция в тонких пленках. Интерференционная картина при освещении тонкой пленки белым светом. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо. Порядок интерференции.

10. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционный интеграл Френеля-Кирхгофа и его трактовка. Зоны Френеля.

11. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля, спираль Френеля. Зонная пластинка. Дифракция на непрозрачном диске, пятно Пуассона.

12. Дифракция света. Дифракция Френеля на крае экрана. Спираль Корню. Дифракция Френеля на щели и на проволоке. Принцип Бабине.

13. Дифракция Фраунгофера на одной и нескольких щелях и на проволоке. Принцип Бабине.

14. Дифракция света. Приближение Френеля и приближение Фраунгофера. Дифракционная картина в дальней зоне как Фурье- образ объекта.

15. Спектральный анализ с пространственным разложением спектра. Спектральные приборы и их характеристики на примере дифракционной решетки и интерферометра Фабри-Перо.

16. Ориентация полевых векторов в плоской волне. Поляризация света. Классификация состояний поляризации. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Получение линейно поляризованного и эллиптически поляризованного света.

17. Распространение света в анизотропной среде. Соотношение между векторами индукции и напряженности электрического и магнитного полей в световой волне. Фазовая и лучевая скорости, их взаимосвязь. Двулучепреломление света:

18. Распространение света в анизотропной среде. Фазовая и лучевая скорости. Главные скорости. Нахождение лучевых скоростей с помощью лучевого эллипсоида.

19. Эллипсоид лучевых скоростей и лучевая поверхность. Одноосные и двуосные кристаллы. Обыкновенная и необыкновенная волны, состояние поляризации.

20. Поляризационные устройства. Пластинки « $\lambda/4$ » и « $\lambda/2$ ». Преобразование состояния поляризации волны и ее интенсивности с помощью пластинок « $\lambda/4$ » и « $\lambda/2$ ».

21. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Формулы Френеля, поляризация отраженной и прошедшей волн. Угол Брюстера. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света.

22. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Явление полного внутреннего отражения. Характеристики преломленной и отраженной волн при полном внутреннем отражении.

23. Дисперсия света. Зависимость показателя преломления и поглощения газов от частоты. Закон Бугера. Нормальная и аномальная дисперсии.

24. Дисперсия света. Зависимость показателя преломления газов от частоты. Нормальная и аномальная дисперсии. Фазовая и групповая скорости, их соотношение (формула Рэлея).

25. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Испускательная и поглощательная способности. Формула Рэля-Джинса. Классическая теория, ее ограниченность. Элементы квантового подхода. Формула Планка, ее предельные случаи.

26. Представления о квантовой теории излучения атомами и молекулами. Спонтанные и вынужденные переходы в двухуровневой системе. Коэффициенты Эйнштейна, их взаимосвязь.

27. Лазеры – устройство и принцип работы. Условия стационарной генерации. Методы создания инверсной заселенности. Продольные и поперечные моды. Свойства лазерного излучения.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. СПб.: [Лань](#), 2006. 560 с.
2. Русаков В.С., Слепков А.И., Никанорова Е.А., Чистякова Н.И. Механика. Методика решения задач. М.: Физический факультет МГУ, 2010. 368 с.
3. И.Е. Иродов. Задачи по общей физики. СПб.: Лань, 2006. 416 с.
4. Сборник задач по общему курсу физики. Термодинамика и молекулярная физика. Под ред. Сивухина Д.В. М. Наука. 1976.

Дополнительная литература

1. В.А. Алешкевич, Л.Г. Деденко, В.А. Караваев. Механика. М.: Academia, 2004. 480 с. (Университетский курс общей физики).
2. А.Н. Матвеев. Механика и теория относительности. М.: Изд. дом ОНИКС 21 век, 2003. 432 с.
3. С. Э. Хайкин. Физические основы механики. СПб.: Лань, 2008.
4. С.П. Стрелков. Механика. СПб.: Лань, 2005. 560 с
5. Сборник задач по общему курсу физики. Механика. Под. ред. И.А. Яковлева. СПб.: [Лань](#), 2006. 240 с.
6. Р. Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1, 2 М.: [Либроком](#), 2009. 440 с.
7. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. Механика. СПб.: Лань, 2005. 480.с.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.