

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 510400 Физика.(№ 176 ен/бак от 17.03.2000)

ОПД.Ф.1.1, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электрофизические установки и ускорители протокол № 7 от 30.08.2011

Программу разработал

профессор, д.ф.м.н.

Соколов Валентин Васильевич

Заведующий кафедрой

с.н.с., д.ф.м.н.

Бурдаков Александр Владимирович

Ответственный за основную образовательную программу

с.н.с., д.ф.м.н.

Бурдаков Александр Владимирович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
ОПД.Ф.01	ОПД.Ф.01 Теоретическая физика. Механика. Частица и материальная точка. Теория относительности Галилея и Эйнштейна. Нерелятивистские и релятивистские уравнения движения частицы. Взаимодействия частиц, поля. Законы сохранения. Общие свойства одномерного движения. Колебания. Движение в центральном поле. Система многих взаимодействующих частиц. Рассеяние частиц. Механика частиц со связями, уравнения Лагранжа. Принцип наименьшего действия. Движение твердого тела. Движение относительно неинерциальных систем отсчета. Колебания систем со многими степенями свободы. Нелинейные колебания. Канонический формализм, уравнения Гамильтона, канонические преобразования, теорема Лиувилля. Метод Гамильтона-Якоби, адиабатические инварианты. Основы механики сплошных сред. Система многих частиц как континуум. Скалярные, векторные и тензорные поля. Явления переноса. Континуальные уравнения сохранения, уравнение состояния, замкнутая система уравнений гидродинамики. Течения в идеальной жидкости. Вязкость, турбулентность, закон подобия. Звуковые волны. Ударные волны. Сверхзвуковые течения. Электродинамика. Микроскопические уравнения Максвелла. Сохранение заряда, энергии, импульса, момента импульса. Потенциалы электромагнитного поля; калибровочная инвариантность. Мультипольные разложения потенциалов. Решения уравнений для потенциалов (запаздывающие потенциалы). Электромагнитные волны в вакууме. Излучение и рассеяние, радиационное трение. Принцип относительности. Релятивистская кинематика и динамика, четырехмерный формализм. Преобразования Лоренца. Тензор электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Ковариантная запись уравнений и законов сохранения для электромагнитного поля и для частиц. Законы преобразования для напряженностей полей, для частоты и волнового вектора электромагнитной волны. Электродинамика сплошных сред. Усреднение уравнений Максвелла в среде, поляризация и намагниченность среды, векторы индукции и напряженностей полей. Граничные условия. Электростатика проводников и диэлектриков. Пондеромоторные силы. Постоянное магнитное поле. Ферромагнетизм. Сверхпроводимость. Квазистационарное электромагнитное поле, скин-эффект.	583

	Магнитная гидродинамика. Уравнения электромагнитных волн. Дисперсия диэлектрической проницаемости, поглощение, формулы Крамерса-Кронига. Фазовая и групповая скорости в диспергирующей среде. Отражение и преломление. Распространение в неоднородной среде. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Электромагнитные флуктуации (флуктуационно-диссипативная теорема). Элементы нелинейной электродинамики. Квантовая теория. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Принцип неопределенностей. Принцип суперпозиции Наблюдаемые и состояния. Чистые и смешанные состояния. Эволюция состояний и физических величин. Соотношения между классической и квантовой механикой. Теория представлений. Общие свойства одномерного движения гармонического осциллятора. Туннельный эффект. Квазиклассическое движение. Теория возмущений. Теория момента. Движение в центрально-симметричном поле. Спин. Принцип тождественности одинаковых частиц. Релятивистская квантовая механика. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь, молекулы. Квантование электромагнитного поля. Общая теория переходов. Вторичное квантование, системы с неопределенным числом частиц. Теория рассеяния. Физика конденсированного состояния. Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью. Термодинамика. Основные законы и методы термодинамики, начала термодинамики, термодинамические потенциалы, уравнения и неравенства. Условия устойчивости и равновесия, фазовые переходы. Основы термодинамики необратимых процессов, соотношения Онсагера, принцип Ле-Шателье. Статистическая физика. Основные представления, квантовые и классические функции распределения. Общие методы равновесной статистической механики, канонические распределения. Теория идеальных систем. Статистическая теория неидеальных систем. Теория	
--	---	--

	флуктуаций. Броуновское движение и случайные процессы. Физическая кинетика. Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Диффузионное приближение, уравнение Фоккера-Планка. Цепочка уравнений Боголюбова. Приближение самосогласованного поля, уравнение Власова, плазменные колебания, затухание Ландау. Уравнение Больцмана, H-теорема. Столкновения в плазме, интегралы столкновений, кинетические коэффициенты. Локальное распределение Максвелла, построение уравнений гидродинамического приближения. Кинетическое уравнение для легкой компоненты. Уравнение кинетического баланса.	
--	---	--

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Курс является дисциплиной обязательного федерального компонента ОПД.Ф.01 "Теоретическая физика", читается для студентов 3-го и 4-го курсов физико-технического факультета, обучающихся по направлению 010700 "Физика".
Адресат курса	Студенты 3 и 4 курсов ФТФ НГТУ
Основная цель (цели) дисциплины	Основная цель курса для студента - знать и уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели механики, электродинамики, квантовой теории, термодинамики и статистической физики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований. Основной целью курса является формирование у студентов целостного естественно-научного мировоззрения, общих и общинженерных интеллектуальных умений, позволяющих решать конкретные физические проблемы и задачи с привлечением соответствующего математического аппарата.
Ядро дисциплины	Структура и содержание курса. Курс включает 5 основных модулей: 1. механика; (5 семестр) 2. классическая электродинамика; (6 семестр) 3. квантовая механика; (7 семестр) 4. статистическая термодинамика; (8 семестр) 5. физика конденсированного состояния. (8 семестр) Некоторые вопросы, входящие в состав общепрофессиональной дисциплины "Теоретическая физика"

	читаются в качестве самостоятельных курсов (Физика плазмы (89 часов в 7 семестре), электродинамика заряженных частиц (148 часов в 5,6 семестрах), радиофизика (106 часов в 6 семестре). Это вызвано необходимостью параллельного чтения курсов в семестре, с одной стороны, и требованиями базового института (Института ядерной физики СО РАН) по усилению практической составляющей курсов, с другой стороны. Все модули имеют практическую часть (лекций - 166 часа, практических занятий - 146 часов). На практических занятиях и в расчётно-графических работах студенты применяют теоретические положения для решения конкретных физических задач.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Изучение курса тесно связано с изучением таких курсов, как теория электромагнитного поля, ускорители заряженных частиц
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Для успешного усвоения данного курса студентам необходимо знать основные разделы курсов общей физики и высшей математики. Дисциплины, усвоение которых необходимо для изучения данных разделов: - Высшая математика: дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных, векторная алгебра. - Общая физика. Разделы: - Механика: уравнения Гамильтона, законы сохранения. - Электродинамика: Уравнения Максвелла, энергия поля. - Квантовая механика.
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Некоторые вопросы, входящие в состав общепрофессиональной дисциплины "Теоретическая физика" читаются в качестве самостоятельных курсов (Физика плазмы (89 часов в 7 семестре), электродинамика заряженных частиц (148 часов в 5,6 семестрах), радиофизика (106 часов в 6 семестре). Это вызвано необходимостью параллельного чтения курсов в семестре, с одной стороны, и требованиями базового института (Института ядерной физики СО РАН) по усилению практической составляющей курсов, с другой стороны.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
6	о кристаллической структуре и колебаниях решетки
знать	
1	уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели механики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;
3	уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели электродинамики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;
4	уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели квантовой теории, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;
5	уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели термодинамики и статистической физики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;
уметь	
2	решать конкретные физические проблемы и задачи с привлечением соответствующего математического аппарата.

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5		
Модуль: Механика		
Дидактическая единица: Уравнения движения и законы сохранения.		
1. Частицы и материальные точки; системы материальных точек. Физический принцип относительности и инерциальные системы отсчета. Относительность Галилея и Эйнштейна; преобразования Галилея и Лоренца.	2	1, 2
2. Законы Ньютона. Потенциальные поля и силы. Уравнения движения. Релятивистские эффекты в механике.	2	1, 2
3. Интегралы движения. Энергия. Импульс. Центр инерции системы материальных точек.	2	1, 2

Система центра инерции. Момент импульса и момент силы. Связь законов сохранения со свойствами симметрии системы.		
Дидактическая единица: Одномерное движение. Основы теории колебаний.		
1. Общие свойства одномерного движения. Потенциальные ямы и барьеры. Финитное и инфинитное движение. Точки поворота. Точки устойчивого и неустойчивого равновесия.	2	1, 2
2. Колебания вблизи точек устойчивого равновесия. Линейный гармонический осциллятор. Амплитуда, частота, фаза. Изохронность линейных колебаний. Фазовая плоскость.	2	1, 2
3. Затухающие линейные колебания. Декремент затухания и логарифмический декремент затухания. Спектр затухающих колебаний.	2	1, 2
4. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонанс при наличии трения. Дисперсионная кривая. Параметрический резонанс.	2	1, 2
Дидактическая единица: Задача двух тел.		
2. Задача Кеплера: ньютоновский и кулоновский потенциалы. Замкнутость орбиты финитного движения; зависимость формы ее орбиты от энергии. Законы Кеплера. Влияние релятивистских поправок, прецессия орбиты.	2	1, 2
1. Закон сохранения импульса и выделение движения центра масс. Относительное движение, приведенная масса. Закон сохранения момента импульса и сведение к задаче о движении в центрально-симметричном поле. Центробежная энергия, эффективный потенциал. Секториальная скорость.	2	1, 2
3. Траектории инфинитного движения. Рассеяние частиц. Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Кулоновское рассеяние тождественных частиц.	2	1, 2
Дидактическая единица: Движение твердого тела.		
1. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Уравнения движения твердого тела. Эйлеровы углы. Уравнения Эйлера.	2	1, 2
2. Движение в неинерциальной системе отсчета. Центробежная и кориолисова силы.	2	1, 2
Дидактическая единица: Лагранжев и гамильтонов формализмы.		
1. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия; уравнения Лагранжа. Механика частиц со связями.	2	1, 2
2. Канонический импульс и функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Канонические преобразования, их производящие функции. Теорема Лиувилля.	2	1, 2
3. Движение как каноническое преобразование. Функция действия, ее связь с импульсами частиц и	2	1, 2

функцией Гамильтона. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби. Переменные действие-угол и адиабатические инварианты.		
Дидактическая единица: Основы механики сплошных сред		
1.Континуальный предел в системе многих частиц. Скалярные, векторные и тензорные поля. Тензоры деформации и напряжений. Упругие волны в конденсированных средах.	2	1, 2
2.Течение жидкости. Континуальные законы сохранения. Поток энергии, поток импульса, циркулярная скорость.	2	1, 2
3.Идеальная жидкость. Уравнения гидродинамики. Уравнение непрерывности. Уравнения Эйлера. Адиабатичность и изоэнтропическое движение. Стационарные течения и уравнение Бернулли. Потенциальное течение.	1	1
4. Течение вязкой жидкости, уравнение Навье-Стокса. Диссипация энергии.	1	1
Семестр: 6		
Модуль: Классическая электродинамика		
Дидактическая единица: Микроскопические уравнения Максвелла.		
1. Заряды, токи, их плотности. Закон сохранения заряда, уравнение непрерывности. Системы единиц (СИ, CGSE).	1	2, 3
2. Дифференциальная и интегральная формы уравнений Максвелла. Потенциалы; калибровочная инвариантность и условие Лоренца. Уравнения для потенциалов.	1	2, 3
3. Уравнения движения зарядов, сила Лоренца.	1	2, 3
Дидактическая единица: Релятивистская ковариантность уравнений Максвелла.		
1. Эйнштейновский принцип относительности, преобразования Лоренца. Пространство Минковского.Четырех-векторы координаты и импульса, тока и потенциала. Антисимметричный тензор электромагнитного поля.	1	2, 3
2. Четырехмерная форма уравнений Максвелла. Преобразования Лоренца для потенциалов и полей.Инварианты поля; поля электрического и магнитного типов.	1	2, 3
Дидактическая единица: Законы сохранения.		
1. Плотности энергии и импульса электромагнитного поля. Уравнения непрерывности; плотности потоков энергии и импульса. Вектор Пойнтинга и тензор натяжений. Симметричный тензорэнергии-импульса электромагнитного поля и четырехмерная форма законов сохранения.	1	2, 3
Дидактическая единица: Статические поля.		
1. Электро- и магнитостатика. Принцип	1	2, 3

суперпозиции и функция Грина. Потенциалы и поля статических распределений зарядов и токов.		
2. Статические поля на больших расстояниях и мультипольные разложения. Мультипольные моменты. Электрический и магнитный диполи. Гиромагнитное отношение.	1	2, 3
3. Электростатическая и магнитостатическая энергии. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Классическая модель электрона; классический радиус электрона. Условие внутренней непротиворечивости классической электродинамики. Роль квантовых эффектов; комптоновский радиус электрона. Отношение; роль безразмерной константы α в природе.	1	2, 3
4. Энергия электрического и магнитного диполей во внешних полях, силы и моменты сил, действующие на диполи.	1	2, 3
Дидактическая единица: Электромагнитные волны в вакууме.		
1. Волновое уравнение. Монохроматические поля. Базовые решения: плоские, сферические и цилиндрические волны. Плотность энергии и потока энергии в волне. Поляризация электромагнитных волн; линейная и эллиптическая поляризации.	1	2, 3
2. Эффект Доплера и поворот луча при преобразовании Лоренца.	1	2, 3
3. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Спектральная ширина пакетами его пространственный размер; соотношение неопределенностей.	1	2, 3
Дидактическая единица: Запаздывающие потенциалы и поля.		
1. Решение уравнений Максвелла с заданными источниками.	1	2, 3
2. Поля произвольно движущегося точечного заряда. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Квазистационарная и волновая зоны. Нерелятивистский и ультрарелятивистский пределы.	1	2, 3
3. Поля в квазистатической зоне, связь с полем равномерно движущегося заряда.	1	2, 3
4. Поля в волновой зоне, интенсивность излучения произвольно движущегося точечного заряда, его угловое распределение. Излучение ультрарелятивистского заряда. "Эффект прожектора".	1	2, 3
5. Излучение точечного заряда во внешних электромагнитных полях. Мощность и интенсивность излучения. Угловое распределение и интегральная мощность.	1	2, 3
Дидактическая единица: Излучение заряда во внешних полях.		
1. Потери на излучение в однородном	1	2, 3

электрическом поле.		
2. Синхротронное излучение, его угловое распределение и спектр. Длина и время когерентности излучения.	1	2, 3
3. Спектр излучения и средняя мощность излучения на заданной частоте. Излучение гармонического осциллятора. Радиационное затухание и сила радиационного трения. Время жизни возбужденного состояния и естественная ширина спектральной линии. Соотношение неопределенностей время жизни - ширина спектральной линии.	1	2, 3
4. Тормозное излучение. Излучение в длинноволновой части спектра, спектральная интенсивность и число излученных квантов.	1	2, 3
5. Излучение системы зарядов. Дипольное приближение. Интенсивность, угловое распределение. Квадрупольное и магнито-дипольное излучение.	1	2, 3
Дидактическая единица: Рассеяние электромагнитных волн.		
1. Дифференциальное сечение рассеяния. Рассеяние на осцилляторе. Предельные случаи: томсоновское и рэлеевское рассеяние. Голубой цвет неба.	1	2, 3
2. Резонансное рассеяние. Поглощение осциллятором электромагнитных волн.	1	2, 3
3. Пределы применимости классической теории излучения и квантовые эффекты. Эффект Комптона.	1	2, 3
Дидактическая единица: Электромагнитные поля в веществе		
1. Усреднение уравнений Максвелла и макроскопические поля. Подвижность зарядов в веществе; проводники и диэлектрики. Свободные и связанные заряды и токи. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации и плотность связанных зарядов.	1	2, 3
2. Токи связанных зарядов. Поляризационные токи и токи намагничения. Вектор намагничения. Векторы электрической индукции и магнитной напряженности. Макроскопические уравнения Максвелла в среде. Граничные условия.	1	2, 3
3. Материальные уравнения связи. Линейные уравнения связи и тензоры диэлектрической и магнитной восприимчивости; диа- и парамагнетики. Сегнетоэлектрики и ферромагнетики. Электростатика проводников и диэлектриков. Пондеромоторные силы.	1	2, 3
4. Условия применимости макроскопических уравнений.	1	2, 3
5. Потенциалы в среде. Плотность энергии и потока энергии поля в среде.	1	2, 3

6. Электромагнитные волны в однородных слабо проводящих средах. Телеграфное уравнение. Коэффициенты преломления и поглощения. Сильное затухание и глубина скин-слоя. Отражение от металлических поверхностей; предел Хагена-Рубенса.	1	2, 3
7. Распространение в среде высокочастотных волн. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Поглощение и комплексная проницаемость. Соотношения Крамерса-Кронига. Волновые пакеты, фазовая и групповая скорости в средах с дисперсией.	1	3
8. Черенковское излучение, его угловое распределение и спектральный состав.	0,5	3
Дидактическая единица: Магнитная гидродинамика		
1. Динамика проводящих жидкостей и газов в магнитном поле. Магнитогидродинамические волны. Турбулентное динамо.	0,5	3
Дидактическая единица: Электромагнитные волны в неоднородной и средах		
1. Слабо неоднородные среды. Предел геометрической оптики; уравнение эйконала. Оптико-механическая аналогия.	0,5	3
2. Малые отклонения от геометрической оптики и дифракция. Принцип Гюйгенса, интерференция. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дополнительные экраны и принцип Бабиня. Дифракционная решетка.	0,5	3
3. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Пространственная дисперсия.	0,5	3
4. Нелинейная оптика. Преобразование частот в нелинейных средах, генерация второй гармоники. Кубическая нелинейность и самофокусировка.	0,5	3
Семестр: 7		
Модуль: Квантовая механика		
Дидактическая единица: Основные понятия		
1. Микромир. Атомизм и дискретность, принцип тождественности микрочастиц. Атомные спектры. Волновые свойства частиц. Дифракционные опыты.	2	4
2. Волны де-Бройля. Принцип суперпозиции. Свободное движение с заданными энергией и импульсом; плоская волна. Пакет волн. Фазовая и групповая скорости. Расплывание волнового пакета.	2	2, 4
3. Вероятностная интерпретация Борна. Средние значения координаты и импульса и их неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора.	2	2, 4
Дидактическая единица: Волновая функция и статистика измерений		
1. Средние значения динамических величин. Координатное и импульсное представления.	2	2, 4
2. Операторы динамических величин	2	4

(наблюдаемых), их линейность и эрмитовость. Операторная алгебра: сложение и умножение операторов. Операторные функции. Коммутатор операторов.		
3. Дисперсия произвольной динамической величины. Состояния с определенным значением произвольной динамической величины. Собственные функции и собственные значения операторов динамических величин. Квантование. Дискретный и непрерывный спектр. Свойства собственных функций линейных эрмитовских операторов наблюдаемых величин: ортогональность, полнота.	2	4
4. Общая теория представлений. Измерения в квантовой механике. Одновременная измеримость наблюдаемых величин и общее соотношение неопределенностей. Роль прибора в квантовой механике. Чистые и смешанные квантовые состояния. Матрица плотности.	2	4
Дидактическая единица: Квантовая динамика		
1. Принцип причинности в квантовой механике. Роль оператора Гамильтона. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Сохранение числа частиц, плотность потока вероятности и уравнение непрерывности.	2	4
2. Зависимость средних значений механических величин от времени. Производная оператора по времени. Интегралы движения. Операторные уравнения Гамильтона. Теоремы Эренфеста.	2	4
Дидактическая единица: Движение в потенциальном поле		
1. Общие свойства движения в потенциальном поле, не зависящем от времени. Финитное и инфинитное движение; дискретный и непрерывный энергетический спектр.	2	4
2. Одномерное движение. Потенциальные барьеры и ямы. Классические точки поворота.	2	2, 4
3. Одномерный гармонический осциллятор, его энергетический спектр. Эквидистантность спектра, ее связь с изохронностью классических линейных колебаний. Операторы рождения и уничтожения, элементарные возбуждения осциллятора. Узлы волновых функций стационарных состояний и осцилляторная теорема.	2	2, 4
4. Четность стационарных состояний осциллятора. Операция инверсии координат, свойства оператора инверсии. Понятие о законе сохранения четности и его нарушении.	2	4
5. Нелинейные эффекты и стационарная теория возмущений. Нарушение эквидистантности спектра	2	2, 4

нелинейными поправками.		
6. Одномерное движение в непрерывном спектре. Коэффициенты прохождения и отражения. Квантовые туннелирование и надбарьерное отражение.	2	2, 4
7. Дискретные уровни энергии, погруженные в непрерывный спектр. Квазистационарные состояния, закон их распада. Распределение по энергии в квазистационарном состоянии; теорема Фока-Крылова. Энергия и ширина квазистационарного состояния.	2	4
Дидактическая единица: Квазиклассическое приближение		
1. Предельный переход к классической механике. Уравнение Шредингера и уравнение Гамильтона-Якоби классической механики. Связь фазы волновой функции с классической функцией действия.	2	4
2. Квазиклассическая волновая функция, ее вид в областях доступных и недоступных для классического движения. Поведение волновых функций вблизи классических точек поворота и сшивание квазиклассических решений.	2	4
3. Фinitное квазиклассическое движение. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.	2	4
4. Квазиклассическое движение в непрерывном спектре. Экспоненциально малые эффекты: туннелирование сквозь квазиклассический потенциальный барьер и надбарьерное отражение.	2	4
Дидактическая единица: Задача двух тел; движение в центральном поле		
1. Разделение переменных движения системы как целого и относительного движения. Движение в центральном поле. Разделение переменных углового и радиального движений.	2	2, 4
2. Оператор момента количества движения, его свойства и перестановочные соотношения. Состояния с определенными значениями и - сферические гармоники. Четность состояний в центральном поле.	1	2, 4
Дидактическая единица: Теория атомов и молекул		
1. Состояния и энергетический спектр движения в кулоновом поле. Атом водорода, одноэлектронные ионы, позитроний. Боровский спектр. Вырождение энергетических уровней.	1	2, 4
2. Случайное вырождение и четность состояний с заданной энергией; связь с замкнутостью классических кеплеровых орбит. Энергетический спектр щелочных металлов.	1	4

3. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные оболочки и таблица Д.И. Менделеева.	1	4
4. Химическая связь, молекулы. Двухатомные молекулы. Электронные термы. Колебательный и вращательный спектры. Взаимодействие молекул на больших расстояниях, силы Ван-дер-Ваальса.	1	4
Дидактическая единица: Атом в постоянном внешнем поле		
1. Атом в постоянном внешнем электрическом поле. Эффект Штарка в атоме водорода и в атомах щелочных металлов. Электрическая поляризуемость атомов.	1	4
2. Атом в постоянном внешнем магнитном поле. Орбитальный магнитный момент атома, его квантование. Магнетон Бора. "Нормальный" эффект Зеемана. Прецессия углового момента в магнитном поле, ларморовская частота.	1	4
3. Опыты Штерна-Герлаха и спин электрона. Спиновый магнитный момент электрона. Полный момент количества движения электрона. Векторные диаграммы и правила сложения моментов. Полный магнитный момент атома.	1	4
4. Релятивистские эффекты в атоме водорода. Спин-орбитальное взаимодействие. Прецессия моментов и множитель Ланде.	1	4
Дидактическая единица: Атом в поле внешней электромагнитной волны		
1. Переходы в атоме под действием поля электромагнитной волны, амплитуда и вероятность перехода. Нестационарная теория возмущений и "золотое правило" Ферми.	1	4
2. Поглощение и вынужденное излучение атомов. Дипольное приближение. Скорости вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна вынужденных переходов. Принцип детального равновесия.	0,5	4
3. Спонтанное излучение атома. Принцип соответствия Бора. Скорость спонтанных переходов - коэффициент спонтанных переходов Эйнштейна. Соотношение Эйнштейна между коэффициентами вынужденных и спонтанных переходов. Спектры излучения, естественная ширина спектральной линии. Правила отбора для дипольных переходов.	0,5	4

4. Квантовые генераторы электромагнитного излучения. Инверсная заселенность. Принцип работы трехуровневого лазера.	0,5	4
Дидактическая единица: Теория рассеяния		
1. Рассеяние частицы на внешнем потенциале. Асимптотика волновой функции задачи рассеяния; амплитуда рассеяния. Дифференциальное и полное сечение рассеяния.	0,5	2, 4
2. Функция Грина задачи рассеяния. Борновский ряд и диаграммы Фейнмана. Первое борновское приближение; условие его справедливости. Кулоновское рассеяние; формула Резерфорда.	0,5	4
3. Рассеяние в центральном поле. Фаза рассеяния, функция S_l и условие унитарности. Формула Факса-Хольтсмарка. Рассеяние в квазиклассическом приближении.	0,5	4
4. Рассеяние при малых энергиях. Рассеяние в s-волне; длина рассеяния. Вигнеровское рассеяние; виртуальный уровень. Резонансное рассеяние; формула Брейта-Вигнера.	0,5	4
5. Неупругое рассеяние. Влияние неупругих каналов на упругое рассеяние. Сечение рассеяния в неупругих каналах и полное сечение. Оптическая теорема. Дифракционное рассеяние.	0,5	4
Семестр: 8		
Модуль: Статистическая термодинамика		
Дидактическая единица: Общие принципы описания равновесных систем		
1. Макросостояние системы многих частиц. Внешние и внутренние параметры. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Релаксация. Уравнение состояния системы в равновесии.	1	5
2. Статистический подход к описанию систем многих частиц. Микро- и макросостояния сложных систем, статистический вес макросостояния. Вероятность и энтропия. Гипотеза о равновероятности всех доступных микросостояний изолированной макросистемы. Микроканоническое распределение и микроканонический ансамбль. Статистические средние.	1	5
3. Условия равновесия систем, находящихся в контакте друг с другом. Теплообмен и абсолютная температура. Диффузионный обмен и химический	1	5

потенциал. Механический контакт и давление.		
4. Энтропия изолированной системы; ее аддитивность. Принцип возрастания энтропии и статистический смысл 2-го начала термодинамики. Энтропия как термодинамический потенциал.	1	5
5. Система в термостате. Каноническое и большое каноническое распределения. Статистические суммы, свободная энергия и большой термодинамический потенциал. Средние значения энергии, числа частиц и объема системы, находящейся в равновесии с термостатом.	1	2, 5
6. Флуктуации. Малость относительных флуктуаций в макроскопических системах и эквивалентность всех статистических распределений. Энтропия системы в термостате, основное термодинамическое тождество (1-ое начало термодинамики). Связь между различными термодинамическими потенциалами.	1	5
Дидактическая единица: Приближение идеального газа		
1. Идеальный газ. Квантовомеханический принцип тождественности частиц и волновая функция идеального газа. Вторичное квантование и числа заполнения одночастичных состояний. Статистики Ферми и Бозе, функции распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Классический режим и функция распределения Больцмана. Вырождение идеальных газов.	1	5
2. Одночастичная статсумма. Поступательные и внутренние степени свободы. Квазиклассический характер поступательного движения. "Квантовый объем" и температура квантового вырождения.	1	5
3. Идеальный газ в классическом режиме. Уравнение состояния классического идеального газа. Внутренняя энергия классического идеального газа. Двухатомный газ; вклады поступательных, колебательных и вращательных степеней свободы. Теорема о равномерном распределении тепловой энергии по степеням свободы в классическом режиме. Флуктуации энергии и числа частиц.	1	5
4. "Вымерзание" внутренних степеней свободы. Характеристические температуры вымерзания. Теплоемкость газа, ее зависимость от температуры. Энтропия газа в классическом режиме. Вклад	1	5

поступательного движения; уравнение Сакура-Тетроде. Влияние внутренних степеней свободы. Теорема Нернста (3-е начало термодинамики).		
5. Классические функции распределения и статистический интеграл. Распределение Максвелла по скоростям, его основные свойства. Средняя, среднеквадратичная и наиболее вероятная скорости. Классический газ во внешнем потенциальном поле.	1	5
6. Слабо вырожденные идеальные газы, поправки к уравнению состояния. Сильное вырождение. Калорическое уравнение состояния.	1	5
7. Вырожденный ферми-газ. Энергия и температура Ферми, сфера Ферми. Уравнение состояния сильно вырожденного ферми-газа, его внутренняя энергия, теплоемкость и энтропия. Электронный газ в металлах и электронная теплоемкость; критерий идеальности электронного газа.	1	5
8. Вырожденный бозе-газ: особенности температурного хода химпотенциала и конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура конденсации, надконденсат.	1	5
9. Равновесное тепловое излучение. Фотоны. Равенство нулю химпотенциала и распределение Планка. Предельные случаи малых и больших частот. Термодинамика излучения, закон Стефана-Больцмана.	1	5
10. Тепловое движение в кристаллах. Длинноволновое приближение и фононы. Теория теплоемкости Дебая. Температура Дебая.	1	5
Дидактическая единица: Неидеальные газы		
1. Взаимодействие частиц в газе. Конфигурационный интеграл. Вирialное разложение и вирialные коэффициенты. Газ Ван-дер-Ваальса.	2	5
2. Равновесие фаз. Фазовые диаграммы. Равновесие двух фаз, кривая равновесия, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Критическая точка, непрерывность жидкой и газообразной фаз. Газ Ван-дер-Ваальса, правило Максвелла, закон соответственных состояний. Тройная точка. Фазовые переходы, их классификация. Фазовые переходы второго рода (примеры).	1	5
Дидактическая единица: Квантовые жидкости		

1. Бозе-жидкость He_4 , спектр элементарных возбуждений, фононы и ротоны. Сверхтекучесть. Критерий сверхтекучести. Феноменологическая двухкомпонентная модель сверхтекучести, оценка плотности нормальной компоненты.	1	5
2. Ферми-жидкость. Спектр элементарных возбуждений нормальной ферми-жидкости, частицы и дырки.	1	5
3. Электронная жидкость в металлах. Экранированное кулоновское взаимодействие и электрон-фононное взаимодействие Фрелиха. Образование куперовских пар, энергетическая щель. Сверхтекучесть куперовских пар (сверхпроводимость).	1	5
4. Термодинамика сверхпроводников. Сверхпроводник во внешнем магнитном поле, явление Мейсснера-Оксенфельда. Различие между идеальными проводниками и сверхпроводниками. Лондоновская глубина проникновения. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона. Квантовый магнетометр SQUID.	1	5
Дидактическая единица: Неравновесные явления		
1. Представления о неравновесных процессах и методах их описания. Явления релаксации и переноса. Диффузия, теплопроводность, вязкость. Кинетические коэффициенты. Соотношения взаимности Онсагера.	1	5
2. Броуновское движение, коэффициент диффузии. Теория Ланжевена и уравнение Ланжевена. Стохастическая сила, автокорреляционная функция, время расцепления корреляций. Флуктуационно-диссипативная теорема. Флуктуации тока и формула Найквиста.	1	5
Модуль: Физика конденсированного состояния		
Дидактическая единица: Кристаллическая структура		
1. Элементарные ячейки. Трансляции. Векторы примитивных трансляций. Примитивная ячейка. Трансляционная и точечные симметрии кристаллов.	1	5
2. Дифракция на кристаллах. Уравнения дифракции Лауэ. Обратная решетка; векторы обратной решетки. Закон Брэгга. Зоны Бриллюэна; первая зона Бриллюэна.	0,5	6
Дидактическая единица: Колебания решетки		
1. Взаимодействие атомов в кристаллической	1	6

решетке; гармоническое приближение.		
2. Линейные цепочки с одним и двумя атомами в элементарной ячейке. Фононы. Акустическая оптическая ветвь. Фононы в 3-х мерных кристаллах.	0,5	6
3. Оптические фононы в ионных кристаллах. Взаимодействие с фотонами. Поляритоны.	0,5	6
Дидактическая единица: Электронные состояния в кристалле		
1. Адиабатическое приближение. Движение электронов в периодическом поле. Трансляционная инвариантность и волновые функции Блоха. Квазиимпульс. Энергетические зоны. Модель Кронига-Пенни.	1	6
2. Средняя скорость и тензор эффективных масс электрона в кристалле. Приближения почти свободных и сильно связанных электронов.	0,5	6
3. Примеси. Примесные уровни и локализованные примесные состояния. Рассеяние носителей заряда на примесях.	0,5	6
4. Электронный спектр нормальных металлов. Неравновесные электроны и дырки.	0,5	6
5. Бестоковые коллективные возбуждения - экситоны. Экситоны малого радиуса Френкеля и экситоны Ванье.	0,5	6
Дидактическая единица: Плазменные и спиновые волны		
1. Плазменные колебания; модель "желе". Плазменная частота. Плазмоны. Экранированный кулоновский потенциал.	1	6
2. Спиновые волны в ферромагнетиках. Магноны.	0,5	6
Дидактическая единица: Электрон-фононное взаимодействие		
1. Взаимодействие электронов с колебаниями решетки. Испускание и поглощение фононов. Электрон-фононное рассеяние. Сопротивление.	1	6
2. Предел сильной связи. Полярон.	0,5	6
3. Эффективное взаимодействие Фрелиха.	0,5	6
Дидактическая единица: Кинетика носителей заряда.		
1. Кинетические коэффициенты:	1	6

электропроводность, теплопроводность, термоэлектрический коэффициент.		
2. Электропроводность. Время релаксации. Длина свободного пробега. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда.	0,5	6
3. Примесное и решеточное сопротивление.	0,5	6
4. Теплопроводность; закон Видемана-Франца.	0,5	6
5. Эффект Холла.	0,5	6

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5			
Модуль: Механика			
1. Интегрирование уравнений движения	В соответствии с метод.указаниями	6	1, 2
2. Линейные колебания	В соответствии с метод.указаниями	4	1, 2
3. Вынужденные колебания	В соответствии с метод.указаниями	4	1, 2
4. Затухающие колебания	В соответствии с метод.указаниями	4	1
5. Нелинейные колебания	В соответствии с метод.указаниями	6	1
6. Движение твердого тела	В соответствии с метод.указаниями	6	1
7. Интегрирование уравнений Гамильтона	В соответствии с метод.указаниями	6	1
Семестр: 6			
Модуль: Классическая электродинамика			
1. Уравнения Максвелла в вакууме.	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
2. Законы сохранения	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
3. Энергия системы во внешних полях	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
4. Излучение гармонического осциллятора	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
5. Магнитная индукция электрического поля	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
6. Рассеяние электромагнитных волн	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 3
Семестр: 7			
Модуль: Квантовая механика			

1. Общие свойства длин де-Бройля	В соответствии с метод.указаниями	2	2, 4
2. Соотношение неопределенности	В соответствии с метод.указаниями	2	2, 4
3. Волновой пакет	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 4
4. Средние значения механических величин	В соответствии с метод.указаниями	3	2, 4
5. Свойства операторов	В соответствии с метод.указаниями	3	2, 4
6. Решение уравнения Шредингера	В соответствии с метод.указаниями	6	2, 4
7. Гармонический осциллятор	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 4
8. Квазиклассическое приближение	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 4
9. Теория возмущений	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 4
10. Атом водорода	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 4
Семестр: 8			
Модуль: Статистическая термодинамика			
1. Общие принципы описания равновесных систем.	В соответствии с метод.указаниями	2	2, 5
2. Приближение идеального газа.	В соответствии с метод.указаниями	4	2, 5
3. Неидеальные газы.	В соответствии с метод.указаниями	4	5
4. Квантовые жидкости.	В соответствии с метод.указаниями	4	5
5. Неравновесная явления.	В соответствии с метод.указаниями	4	5
Модуль: Физика конденсированного состояния			
2. Колебания решетки.	В соответствии с метод.указаниями	4	6
3. Электронные состояния в кристалле.	В соответствии с метод.указаниями	4	6
4. Плазменные и спиновые волны.	В соответствии с метод.указаниями	4	6
5. Электрон-фононное взаимодействие.	В соответствии с метод.указаниями	4	6
6. Кинетика носителей заряда.	В соответствии с метод.указаниями	4	6

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 5, Контрольные работы

Контрольные работы: 5 часов

Пример контрольной работы в семестре.

1. Составить функцию Лагранжа и функцию Гамильтона для двух заряженных частиц, взаимодействующих по закону Кулона. Выразить их через координаты центра инерции и относительные координаты.
2. Вычислить тензор момента инерции квадрата, в вершинах которого находятся массы m, M, m, M относительно системы координат x, y, z . Сторона квадрата $2a$.
3. Лагранжиан релятивистской свободной частицы. Найти гамильтониан, выписать уравнения Гамильтона.
4. Найти гамильтониан материальной точки в поле с потенциалом $\Pi(x, y, z, t)$ в цилиндрических координатах.
5. Найти гамильтониан и составить канонические уравнения движения для трехатомной молекулы, атомы которой насажены на общую ось.

Критерий оценки: решены правильно все 5 задач - отлично, решены 4 задачи - хорошо, решены правильно 3 задачи - удовлетворительно, 1-2 задачи - неуд.

Семестр- 5, Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену: 18 часов

Семестр- 5, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям: 37 часов

Семестр- 6, Контрольные работы

Контрольные работы: 5 часов

Семестр- 6, Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену: 18 часов

Семестр- 6, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям: 37 часов

Семестр- 7, Контрольные работы

Контрольные работы: 5 часов

Семестр- 7, Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену: 14 часов

Семестр- 7, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям: 26 часа

Семестр- 8, Подготовка к зачету

Подготовка к зачету: 23 часа

Семестр- 8, Контрольные работы

Контрольные работы: 3 часа

Семестр- 8, Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену: 34 часа

Семестр- 8, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям: 53 часа

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Принципы оценки знаний студента

Как правило, тема экзаменационного билета состоит в теоретическом описании конкретного физического эффекта или явления. Общетеоретические познания студента выясняются в процессе обсуждения его ответа на поставленный в билете основной вопрос. Для получения отличной оценки студент должен сначала качественно объяснить суть явления, дать физическое обоснование приближений, используемых при количественном его описании, затем провести необходимые расчеты и, наконец, суметь проверить разумность полученного результата, используя соображения размерности и простые предельные случаи, в которых результат достаточно очевиден. Плохое понимание места, которое обсуждаемое явление занимает в общей физической картине, неумение отвечать на возникшие по ходу обсуждения вопросы или приводить разумные аргументы в пользу сделанных студентом утверждений ведет к понижению экзаменационной оценки. При установлении окончательной оценки важно, насколько быстро студент осознает суть указанной ему ошибки и насколько умело находит путь к ее исправлению.

Для оценки достижений студентов в ходе изучения дисциплины применяется балльно-рейтинговая система. Суммарный рейтинг студента в баллах складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на зачете. Соответствие между баллами и системой ECTS и условия переэкзаменовки определяются пунктом 3.1 "Положения о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов Новосибирского государственного технического университета", например: в пятом семестре студенты выполняют две небольших контрольных работы (по 10 баллов), одну двухчасовую (20 баллов) и расчетно-графическое задание (20 баллов), которое должно быть защищено. На экзамене студент получает билет, в котором один теоретический вопрос (20 баллов) и задача. (20 баллов)

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Дубровский В. Г. Введение в квантовую и статистическую физику : учебник / В. Г. Дубровский. - Новосибирск, 2005. - 487 с. : ил.
2. Ландау Л. Д. Теоретической физика. В 10 т.. Т. 7. Теория упругости : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1987. - 247 с.

В электронном виде

1. Дубровский В. Г. Введение в квантовую и статистическую физику : учебник / В. Г. Дубровский. - Новосибирск, 2005. - 487 с. : ил.. - Режим доступа:
http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2005/2005_dubrovsk.pdf

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие для вузов. - М., 1983. - 664 с. - Рекомендовано МО.
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 2. Теория поля : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1988. - 509 с.
4. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 2001. - 803 с.
5. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Т. 4 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1980. - 704 с. : ил. - Рекомендовано МО.
6. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. [В 9 т.]. Т. 5. Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1964. - 567 с. : ил.
7. Ландау Л. Д. Теоретической физика. В 10 т.. Т. 6. Гидродинамика : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1988. - 733,[3] с. : ил.
8. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. [В 10 т.]. Т. 8. Электродинамика сплошных сред : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. - М., 1982. - 620 с. : ил. - Рекомендовано МО.
9. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 9, ч. 2 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 2002. - 493 с. - Рекомендовано МО.
10. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 10 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1979. - 527 с. - Рекомендовано МО.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.

В электронном виде

1. Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа:
http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar

8.2 Программное обеспечение

3. MathWorks, MATLAB, Базовый пакет автоматизации научно-технических вычислений
1. Microsoft, Office XP, Офисный пакет приложений
2. OriginLab Corporation, Origin, пакет программ для численного анализа данных и научной графики

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине Экзаменационные вопросы

5 семестр

1. Интегралы движения. Энергия. Импульс. Центр инерции системы материальных точек. Система центра инерции.
2. Момент импульса и момент силы. Связь законов сохранения со свойствами симметрии.
3. Общие свойства одномерного движения. Потенциальные ямы и барьеры. Финитное и инфинитное движение. Точки поворота. Точки равновесия.
4. Колебания вблизи точек устойчивого равновесия. Линейный гармонический осциллятор. Амплитуда, частота, фаза. Фазовая плоскость.
5. Затухающие линейные колебания. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания.
6. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонанс при наличии трения. Дисперсионная кривая.
7. Параметрический резонанс.
8. Линейные колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты и собственные частоты.
9. Нелинейные колебания, их неизохронность. Резонанс в нелинейных системах.
10. Задача двух тел. Закон сохранения импульса и выделение движения центра масс. Приведенная масса.
11. Задача двух тел. Закон сохранения момента импульса и сведение к задаче о движении в центрально-симметричном поле. Центробежная энергия, эффективный потенциал.
12. Задача Кеплера. Замкнутость орбиты финитного движения. Зависимость формы орбиты от энергии. Законы Кеплера.
13. Рассеяние частиц. Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда
14. Движение в неинерциальных системах отсчета. Центробежная и кориолисова силы.
15. Момент импульса твердого тела. Уравнения движения твердого тела.
16. Угловая скорость. Тензор инерции.
17. Эйлеровы углы. Уравнения Эйлера.
18. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия, уравнения Лагранжа
19. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона.
20. Скобки Пуассона.
21. Канонические преобразования, их производящие функции. Теорема Лиувилля.
22. Функция действия, ее связь с импульсами частиц и функцией Гамильтона. Уравнение Гамильтона-Якоби.
23. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби. Адиабатические инварианты.
24. Тензоры деформации и напряжений.
25. Уравнения гидродинамики.

6 семестр

1. Понятие электростатического поля. Пробный заряд. Электростатическое поле точечного заряда. Силовые линии электростатического поля. Поток и дивергенция поля. Закон Гаусса.

2. Работа в электростатическом поле, ее независимость от формы пути. Циркуляция и ротор поля. Безвихревой характер электростатического поля. Электростатический потенциал.
3. Решение уравнений электростатики для, произвольным образом заданного, распределения зарядов. Принцип суперпозиции. Уравнение Пуассона.
4. Уравнение магнитостатики. Поток и циркуляция поля. Непотенциальный характер магнитного поля. Векторный потенциал. Решение уравнений магнитостатики для произвольным образом заданного распределения токов.
5. Закон индукции Фарадея. Вихревое электрическое Поле. Ток смещение. Полная система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной формах.
6. Законы сохранения энергии электромагнитного поля. Плотность энергии и плотность потока энергии поля.
7. Законы сохранения импульса электромагнитного поля. Плотность импульса поля, его связь с плотностью потока энергии поля. Световое давление.
8. Мультипольное разложение электростатического поля на большом расстоянии от заданного распределения зарядов. Мультипольное распределение зарядов. Дипольный и квадрупольный момент; диполь и квадруполь.
9. Мультипольное разложение магнитного поля на большом расстоянии от заданного распределения постоянных токов. Магнитный момент, магнитный диполь. Магнитный момент точечной частицы, гиромантическое отношение. Магнитный момент системы точечных частиц.
10. Энергия статической системы зарядов. Электрическая энергия точечного заряда. Пределы применимости классической электродинамики, классический радиус электрона, комптоновская длина волны.
11. Энергия электрического взаимодействия двух заряженных систем. Внешнее поле и энергия системы зарядов во внешнем поле; ее разложение по мультиполям. Энергетический смысл электростатического потенциала. Диполь во внешнем электрическом поле. Сила и момент сил, действующие на диполь во внешнем поле.
12. Магнитная энергия статической системы токов. Энергия магнитостатического взаимодействия двух систем и энергия системы токов во внешнем магнитном поле. Энергия магнитного диполя во внешнем магнитном поле, магнитная и механическая энергия диполя. Сила и момент сил, действующие на магнитный диполь во внешнем поле.
13. Электромагнитные волны в пустоте. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны, их поперечность. Плотность энергии и потока энергии в плоской электромагнитной волне. Монохроматическая плоская волна и ее характеристики : частота, длина волны, волновой вектор и волновое число, фаза, амплитуда, поляризация.
14. Электромагнитные волны в пустоте. Волновое уравнение. Сферические электромагнитные волны, их поперечность. Плотность энергии и потока энергии в сферической электромагнитной волне. Монохроматическая сферическая волна и ее характеристики: частота, длина волны, волновое число, фаза, амплитуда, поляризация.
15. Электромагнитные волны. Волновой пакет, его свойства. Фазовая и групповая скорости пакета. Соотношение между координатным размером пакета и его размером в пространстве волновых чисел, а также между длительностью волнового импульса и спектральной шириной спектра. Расплывание волнового пакета в среде с дисперсией.
16. Электромагнитное поле, создаваемое системой произвольно движущихся зарядов. Запавывающие потенциалы и их Фурье-компоненты.
17. Электромагнитное поле произвольно движущегося точечного заряда. Потенциалы Лиекара-Вихерта, напряженности электрического и магнитного полей.
18. Электромагнитное поле произвольно движущегося точечного заряда в квазистатической зоне. Его вид в нерелятивистском и ультрарелятивистском случаях
19. Электромагнитное поле произвольно движущегося точечного заряда в волновой зоне. Интенсивность и мощность излучения точечного заряда. Угловое распределение излучения в

нерелятивистском и ультрарелятивистском пределах. Полная мощность излучения точечного заряда.

20. Излучение точечного заряда, движущегося во внешнем электромагнитном поле. Излучение заряда в линейном ускорителе. Характер зависимости мощности излучения от ускоряющего поля и от энергии частицы.

21. Излучение точечного заряда, движущегося во внешнем электромагнитном поле. Излучение заряда в циклотроне. Характер зависимости мощности излучения от магнитного поля в циклотроне и от энергии частицы.

22. Излучение точечного заряда, движущегося во внешнем магнитном электромагнитном поле. Излучение заряда в накопителе и синхротроне. Характер зависимости мощности излучения от энергии частицы. Потери энергии за оборот.

23. Тормозное излучение при рассеянии точечного заряда внешним полем. Энергия, излучаемая в заданный угол на данной частоте за все время рассеяния.

24. Тормозное излучение при рассеянии точечного заряда внешним полем. Излучение малых частот ().

25. Излучение гармонического осциллятора в дипольном приближении. Зависимость интенсивности излучения от частоты и угла. Полная интенсивность излучения осциллятора.

26. Реакция излучения. Сила радиационного трения. Условия применимости понятия силы радиационного трения.

27. Влияние силы радиационного трения на излучение гармонического осциллятора. Интенсивность излучения осциллятора с учетом силы радиационного трения. Естественная ширина спектральной линии.

28. Дипольное излучение системы зарядов. Интенсивность и угловое распределение излучения. Когерентное и некогерентное излучение.

29. Рассеяние электромагнитных волн на свободном электроне (томсоновское рассеяние). Дифференциальное и полное сечение томсоновского рассеяния. Эффект Комптона и пределы применимости классической электродинамики. Комптоновская длина волны.

30. Рассеяние электромагнитных волн на гармоническом осцилляторе. Релеевское рассеяние; зависимость его сечения от частоты и объяснения голубого цвета неба. Рассеяние и поглощение электромагнитных волн в области резонанса.

31. Черенковское излучение. Его угловое и спектральное распределение.

32. Излучение высших мультипольностей. Квадрупольное излучение. Полная интенсивность квадрупольного излучения.

33. Дифракция электромагнитных волн. Принцип Гюйгенса. Дифракция Фраунгофера. Принцип Бабиня.

34. Дипольное излучение системы зарядов. Интенсивность излучения в момент времени и спектр излучения. Условия применимости дипольного приближения.

35. Дипольное излучение системы зарядов. Интенсивность излучения. Когерентное и некогерентное излучение.

36. Магнитное дипольное излучение. Интенсивность излучения в момент времени .

7 семестр

1. Волны Де Бройля. Вероятностная интерпретация Борна. Принцип Суперпозиции. Расплывание волнового пакета.

2. Собственные функции и собственные значения операторов динамических величин.

3. Уравнение Шредингера, сохранение числа частиц. Оператор тока частиц.

4. Одномерный гармонический осциллятор. Энергетический спектр и волновые функции.
5. Производная оператора по времени. Интеграл движения. Оператор эволюции.
6. Одномерное движение. Невырожденность энергетического спектра в однородном случае. Осцилляторная теорема.
7. Квазиклассическое приближение, квазиклассическая волновая функция. Правило квантования Бора-Зомерфельда.
8. Прохождение через квазиклассический потенциальный барьер. Квазистационарное состояние.
9. Движение в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера, эквивалентная одномерная задача, граничные условия.
10. Состояния и энергетический спектр в кулоновском поле. Энергетический спектр атома водорода. Формула Бальмера.
11. Силы Ван-дер-Ваальса, простая осцилляторная модель.
12. Опыты Штерна-Герлаха, спин. Спиновая волновая функция, матрицы Паули. Уравнения движения спина в магнитном поле.
13. Сложение моментов, вычисление коэффициентов ???-Жордана.
14. Теория возмущений в отсутствие вырождения. 1-й и 2-й порядок.
15. Теория возмущения при наличии вырождения. Секулярное уравнение.
16. Прохождение частиц, связь спина со статистикой. Обменное взаимодействие.
17. Нестационарная теория возмущения. Возмущение, действующее конечное время.
18. Нестационарная теория возмущений. Периодичное возмущение, золотое правило Ферми.
19. Теория рассеяния, формула Борна, рассеяние на кулоновском потенциале, формула Резерфорда.
20. Атом в магнитном поле, эффект Зеемана, фактор Ланде.
21. Нулевые колебания и квантовая теория сил Ван-дер-Ваальса.
22. Оператор импульса, его собственные функции и собственные значения. Вероятность данного значения импульса в заданном квантовом состоянии.
23. Зависимость средних значений физических величин от времени. Теоремы Эрнста.
24. Стационарные состояния. Общие свойства волновой функции одномерного финитного движения. Квантование энергии.

25. Стационарные состояния. Общие свойства волновой функции одномерного инфинитного движения. Коэффициенты отражения и прохождения.
26. Гармонический осциллятор. Элементарные возбуждения и операторы их рождения и уничтожения. Оператор числа элементарных возбуждений. Энергетический спектр гармонического осциллятора. Энергия нулевых колебаний и соотношение неопределенностей.
27. Ангармонический осциллятор. Стационарная теория возмущений и сдвиг уровней осциллятора за счет нелинейности.
28. Теория возмущений, зависимость от времени, вероятность перехода. Переходы осциллятора под воздействием электромагнитной волны в дипольном приближении. Правила отбора.
29. Квазиклассическое приближение в одномерном случае. Квазиклассические волновые функции в областях, доступных классическому движению. Движение волнового пакета в квазиклассическом приближении.
30. Квазиклассическое приближение в одномерном случае. Квазиклассические волновые функции в областях, недоступных классическому движению.
31. Движение в квазиклассической потенциальной яме. Правило квантования Бора-Зомерфельда. Приближенная эквидистантность квазиклассического спектра. Квазиклассические волновые функции дискретного спектра и их нормировка.
32. Атом во внешней электромагнитной волне: Нестационарная теория возмущений. Переходы под действием волны, поглощение света атомами. Скорость поглощения.
33. Квазистационарные состояния и закон их распада. Энергия и ширина квазистационарного состояния. Соотношение неопределенностей энергия-время.
34. Момент количества движения. Квантование момента и его z -проекции. Сферические функции, их четность.
35. Атом водорода. Боровский радиус и боровская энергия. Энергетический спектр атома водорода, главное квантовое число. Кратность вырождения уровней атома водорода; случайное вырождение по l .
36. Тонкая структура спектра атома водорода, ее масштаб и происхождение. Трудности в объяснении. Полный момент количества движения. Спин-орбитальное взаимодействие.
37. Атом в постоянном однородном внешнем магнитном поле. Аномальный и нормальный эффект Зеемана. Картина прецессии моментов и фактор Ланде. Спектр излучения атома водорода при Зееман-эффекте.
38. Атом в постоянном однородном внешнем электрическом поле. Эффект Штарка, его квадратичность в водородоподобных атомах и линейность в атоме водорода. Эффект Штарка для уровня водорода с $n=2$.
39. Прохождение через квазиклассический потенциальный барьер. Коэффициент прохождения.

40. Спонтанное излучение электромагнитных волн квантовыми системами. Принцип соответствия и ток перехода. Средняя мощность излучения и вероятность излучения в единицу времени. Скорость переходов в дипольном приближении.

41. Спонтанное излучение электромагнитных волн атомами. Скорость переходов в дипольном приближении. Правила отбора при дипольных переходах.

Примеры экзаменационных задач 5 -го семестра

1. При каких значениях углового импульса движение в поле $U = U_0 e^{-\frac{1}{2} r^2}$ будет финитным?
2. Найти точки поворота для движения материальной точки в поле $U(r) = kr^2 / 2$.
3. Рассмотреть движение точки по циклоиде в поле тяжести.
4. Найти функцию Лагранжа и уравнения движения плоского маятника, точка подвеса которого совершает вертикальные колебания по закону $a \cos \omega t$.
5. Найти область движения материальной точки, движущейся по инерции.
6. Определить эффективное сечение падения на центр в поле $U = - \frac{\gamma}{r^n}$, $n > 2$.
7. Частица массы m может двигаться по окружности радиуса l в вертикальной плоскости в поле тяжести (математический маятник). Найти закон ее движения, если кинетическая энергия в нижней точке равна $2mgl$.
8. Точка движется по заданной кривой в вертикальной плоскости в поле тяжести. Уравнение кривой в параметрической форме $x = x(s)$, $z = z(s)$. Написать уравнения Лагранжа.
9. Найти частоту малых колебаний частицы в поле $U(x) = V \cos \omega x - Fx$.
10. Найти траекторию одномерного фазового осциллятора в фазовом пространстве.
11. Гладкая нерастяжимая невесомая нить, на концах которой находятся грузы m и m , перекинута через блок с пренебрежимо малой массой. Проскальзывания нет. Найти функцию Лагранжа и закон движения грузов.

Экзаменационные задачи 6 семестра

Задачи 1

1. Найти поле внутри и снаружи шара, равномерно поляризованного по объему
2. Найти энергию взаимодействия электрона с ядром в атоме водорода, учитывая, что заряд электрона распределен в атоме с объемной плотностью

3. Определить излучение диполя, вращающегося в плоскости с поставленной угловой скоростью.
4. Найти потенциал на больших расстояниях от системы зарядов e , $-2e$, e , расположенных вдоль оси z на расстоянии a друг от друга (линейный квадруполь).
5. Найти гиромагнитное отношение (отношение магнитного момента к механическому) для нерелятивистской системы из двух заряженных частиц (массы m_1 , m_2 ; зарядов q_1 , q_2).
6. Точечный заряд e равномерно вращается по окружности радиуса a с угловой скоростью ω . Определить мощность излучения такого заряда.
7. Найти эффективное сечение рассеяния плоской монохроматической электромагнитной волны на магнитной сферической частице с диэлектрической постоянной ϵ .
8. Построить одномерный волновой пакет для момента $t=0$, если амплитуда в пространстве волновых чисел совпадает с распределением Гаусса. Найти связь между шириной пакета Δx и интервалом Δk .
9. Найти силу взаимодействия двух зарядов, движущихся с одинаковыми по величине и направлению скоростями v .
10. Волновой пакет образован суперпозицией плоских волн с разными частотами, так что (распределение Гаусса). Найти зависимость амплитуды пакета от времени в точке $x=0$. Найти связь между длительностью волнового импульса Δt и интервалом частот $\Delta \omega$.
11. Найти потенциал на больших расстояниях от двух параллельных заряженных нитей, расположенных на расстоянии a друг от друга. Заряды единицы длины нитей λ_1 и λ_2 .
12. Вдоль оси бесконечного цилиндра с тонкими стенками расположен провод. Вдоль цилиндра и вдоль провода текут равные по величине, но противоположные по направлению токи. Определить магнитное поле, создаваемое такой системой.

Задачи 2

1. Заряд q находится в воздухе (ϵ_0) на расстоянии l от полупространства заполненного диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ . Найти распределение полей и силу, действующую на заряд (метод изображений).
2. Три положительных ($+q$) и три отрицательных ($-q$) заряда расположены в вершинах правильного шестиугольника с ребром длины a . По какому закону спадает поле на больших расстояниях.
3. Релятивистский электрон (m_0) влетает в ондулятор длиной 1 метр. Найти длину импульса излучения.

4. Диполь d вращается в плоскости xy с частотой ω . Найти поляризацию излучения в зависимости от угла.
5. Нерелятивистский электрон пролетает в поперечном направлении через конденсатор шириной l с напряженностью поля E . Найти в дипольном приближении величину излучения энергии.
6. Заряд распределен по поверхности шара радиуса R по закону $\rho = \rho_0 \cos \theta$. Найти дипольный момент, поле на больших расстояниях и нарисовать картину силовых линий.
7. Два положительных $(+q)$ и два отрицательных $(-q)$ заряда находятся в вершинах квадрата со стороной a . Найти квадрупольный момент и нарисовать картину силовых линий.
8. Нерелятивистский электрон движется в поперечном магнитном поле. Найти полную интенсивность излучения и поляризацию излучения идущего вдоль направления поля.
9. Монохроматический точечный источник света расположен на расстоянии a от зеркальной поверхности. Найти интерференционную картину на экране, удаленным от источника на расстоянии $l \gg a$.
10. Свет падает на систему тонких почти прозрачных пластинок. Расстояние между пластинками a сравнимо с длиной волны λ . При каком угле падения интенсивность отражения света будет велика? Как будет зависеть интенсивность от угла если пластинок всего три?
11. Найти максимальный размер пятна от параллельного пучка света на расстоянии l от диафрагмы d .
12. ρ -мезон распадается на два π -кванта. Найти энергию π -мезонов, если счетчик расположенный под углом 45° к направлению их движения регистрирует N кванты с энергией 2.7 МэВ . Масса пиона 135 МэВ .
13. Определить угловой раcтвор конуса, в который попадает половина N квантов, образующихся при распаде нейтральных пионов с энергией 10 МэВ . Масса пиона 135 МэВ . Найти минимальную и максимальную энергию квантов попавших в конус.
14. Угловой отражатель сделан из массивных зеркал, соединенных под углом 90° , так что луч, падающий на неподвижный отражатель, меняет направление движения на противоположное. Какими будут частота и угол отражения света, если отражатель движется навстречу падающему лучу со скоростью $c/2$.
15. Два стержня, имеющие в собственных системах отсчета длину l_0 , движутся навстречу друг другу со скоростями $c/2$. Найти длину одного стержня в системе отсчета, связанной с другой.

16. Две плоские монохроматические линейно поляризованные волны одной частоты и амплитуды a распространяются вдоль оси z . Первая волна поляризована по x , а вторая поляризована по y и опережает первую по фазе на π . Найти поляризацию результирующей волны.
17. Диэлектрическая проницаемость среды зависит от частоты по закону $\epsilon = \epsilon_0(1 - \frac{A}{\omega^2})$. Найти скорость движения и оценить скорость распыливания пакета с частотой ω и длиной l .
18. Два одноименных заряда Q помещены на концах стержня. Стержень вращается с переменной частотой. К какому типу принадлежит излучение?
19. Точечный заряд e , движущийся со скоростью v упруго отражается от стенки. Найти энергию $\mathcal{E}$, излученную в интервале частот ω_1 и ω_2 .
20. Ультрарелятивистский электрон ($\gamma \gg 1$) влетает, двигаясь вдоль оси, в металлическую трубу диаметром 1 см. Оценить величину энергии излученной за время влета (эВ).
21. В полупространство с параллельным границе однородным магнитным полем B влетает с начальной скоростью v частица с массой m и зарядом e . Определить энергию, теряемую частицей на излучение за все время движения в поле.
22. Однородное электрическое поле направлено вдоль оси z . Записать потенциал в различных калибровках (кулоновская, лоренцева, гамильтонова). Написать потенциал для однородного поля направленного вдоль оси z .
23. Магнитное поле в ондуляторе меняется по закону $B = B_0(1 + a \cos kx)$, $a = 1$ см. Ультрарелятивистский электрон движется вдоль оси x . Считая, что угловое отклонение орбиты электрона много меньше чем π оценить характерную частоту излучения.

Задачи 3

1. В основном состоянии атома водорода заряд электрона $-e$ распределен в пространстве с объемной плотностью $\rho(r) = -\frac{e}{\pi a^3} e^{-2r/a}$ (a - боровский радиус атома; протон считается точечным и расположен в начале координат). Найти потенциал и напряженность электростатического поля атома. Вычислить поток электрического поля атома через сферу радиуса R с центром в начале координат. Чему равна собственная электростатическая энергия электрического облака и энергия его взаимодействия с протоном.
2. Шарик радиуса a , равномерно заряженный по объему до заряда q , вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, проходящей через его центр. Определить магнитный момент шарика и гиромагнитное отношение, считая, что масса шарика также распределена по объему равномерно. Найти магнитное поле вне шарика. Как изменится гиромагнитное отношение, если заряд шарика будет распределен не по объему, а по поверхности (при том же, что и раньше распределении массы)?

3. Атом водорода помещен в слабое однородное электрическое поле. Пользуясь классической планетарной моделью атома Резерфорда, найти среднюю за период обращения электрона энергию атома в этом поле, если энергия электрона в отсутствие поля была равна E .
4. Частица массы m , имеющая заряд e , пролетает по диаметру шара радиуса a , равномерно заряженного до заряда q . Знаки зарядов e и q противоположены. Найти теряемую за время пролета зарядом q энергию, считая, что излучаемая энергия мала по сравнению с энергией частицы.
5. Частица с массой m и зарядом e рассеивается на очень малый угол на кулоновском центре с зарядом q . Найти полную энергию, теряемую частицей на тормозное излучение, если прицельный параметр столкновения равен l . Чему равен теряемый частицей импульс? Начальная скорость частицы равна $v \ll c$.
6. Две частицы с зарядами q_1 и q_2 и массами m_1 и m_2 совершают в результате своего кулоновского взаимодействия эллиптическое движение. Найти в дипольном приближении среднюю за период мощность излучения. Чему равно в этом случае магнитное дипольное излучение. Определить среднюю за период потерю количества движения.
7. Частица с массой m и зарядом e рассеивается на очень малый угол на диполе с моментом p , покоящемся в начале координат. Начальная скорость частицы и момент p лежат в одной плоскости. Найти полную энергию, теряемую частицей на тормозное излучение, если прицельный параметр столкновения равен l . Считать, что $v \ll c$.
8. Диполь, образованный двумя частицами одинаковой массы m с зарядами $+e$ и $-e$, находящиеся на расстоянии l друг от друга, помещены в однородное внешнее электрическое поле. В начальный момент времени вектор, направленный от отрицательного заряда к положительному, составлял малый угол θ с направлением поля. Определить интенсивность излучения диполя в момент времени t и спектральный состав излучения.
9. Дипольные моменты двух одинаковых маленьких диполей направлены в противоположенные стороны и лежат на одной прямой. Каждый из диполей представляет из себя систему из двух частиц одинаковой массы m с зарядами $\pm e$. Расстояние $2a$ между диполями значительно меньше длины излучаемой волны. Определить закон, по которому меняется энергия диполей в результате излучения, если в каждом из диполей заряды колеблются друг относительно друга с частотой ω . Сравнить результаты с законом убывания энергии одного диполя в отсутствие другого.
10. Однородно заряженный тонкий диск радиуса a вращается вокруг своего диаметра с постоянной угловой скоростью ω . Найти интенсивность излучения если заряд диска равен q .
11. Стержень длины $2l$ равномерно заряжен до заряда q . Пренебрегая толщиной стержня найти его излучение при вращении с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, проходящей через центральную точку.

12. Частица с массой m и зарядом e начала двигаться из состояния покоя в одномерном электрическом поле и прошла в этом поле путь l . Определить энергию, измеренную на частоте .
13. Электрон влетает в полупространство, в котором имеется постоянное однородное электрическое поле . Начальная скорость электрона образует с направлением поля тупой угол . Определить энергию, излученную электроном на частоте за время движения в поле.
14. Два одинаковых маленьких диполя антипараллельны друг другу и расположены на одной прямой. В момент времени $t=0$ эти диполи начали совершать затухающие колебания . Определить энергию, излученную системой на частоте , считая, что расстояние между диполями много меньше характерных длин волн излучения равно $2a$.
15. Точечный заряд e , движется со скоростью , отражается от абсолютно упругой стенки. Определить спектральную мощность излучения в области малых частот. Вплоть до каких частот справедлива полученная формула?
16. Два точечных заряда $+e$ и $-e$ движутся с одинаковой скоростью на фиксированном расстоянии l друг от друга в диэлектрике с проницаемостью . Определить черенковское излучение такой системы, если линия, соединяющая заряды
- Расположена вдоль скорости движения.
 - Перпендикулярна ей
17. В линейной антенне возбужден ток с плотностью (длина антенны $2d$; антенна расположена вдоль оси z). Определить среднюю за период интенсивность излучения антенны в данном направлении.
18. В дипольном приближении определить эффективное сечение рассеяния неполяризованной электромагнитной волны пространственным изотропным осциллятором с собственной частотой , находящемся в слабом постоянном однородном внешнем магнитном поле . Масса осциллятора m ; падающая волна распространяется вдоль направления магнитного поля.
19. Вдоль линейной антенны длины $2l$ бежит волна тока (,). Определить среднюю за период интенсивность излучения антенны в данном направлении.
20. В плоском экране прорезаны N одинаковых бесконечно длинных параллельных щелей ширины $2a$. Расстояние между осевыми линиями соседних щелей равно d (дифракционная решетка). Рассмотреть дифракцию Фраунгофера, считая, что падающая волна распространяется перпендикулярно плоскости решетки.
21. Параллельный пучок света падает на круглое отверстие в непрозрачном экране перпендикулярно его плоскости. Найти распределение интенсивности на средней линии за экраном.
22. В полупространство, в котором существует постоянное однородное магнитное поле , влетает с начальной скоростью , перпендикулярной полю, частица с массой m и зарядом e . Определить энергию, теряемую зарядом за время движения в поле.

23. Частица с массой m и зарядом e рассеивается на очень малый угол на магнитном диполе с моментом μ . Скорость заряда v . Определить энергию, теряемую зарядом на излучение при рассеянии если прицельный параметр столкновения равен l . Считать, что $v \ll c$.

24. Определить время жизни классического атома Резерфорда, имеющего в начальный момент радиус r . Считать для упрощения расчета, что электрон движется по круговой орбите, радиус которой медленно (по сравнению с периодом орбитального движения) уменьшается в результате потери энергии на излучение.

25. Релятивистская частица с зарядом e и массой m движется по круговой орбите в постоянном однородном магнитном поле B . Найти закон, по которому меняется энергия $W(t)$ и радиус орбиты $r(t)$ частицы в результате излучения электромагнитных волн.

26. Система состоящая из $N \gg 1$ параллельно ориентированных диполей, занимает область пространства, линейные размеры которой малы по сравнению с характерными длинами излучаемых волн. Дипольный момент конкретного диполя меняется со временем по закону $p \cos \omega t$, где p — амплитуда, а для диполей с частотами в интервале ω до $\omega + d\omega$ равна $N p d\omega$. Величина $N p d\omega$ удовлетворяет условию $N p d\omega \gg 1$. Определить среднюю за период T интенсивность излучения в момент времени t .

Задачи 4

1. В основном состоянии атома водорода заряд электрона $-e$ распределен в пространстве с объемной плотностью $\rho(r) = -\frac{e}{\pi a^3} e^{-2r/a}$ (a — боровский радиус атома; протон считается точечными и расположен в начале координат). Найти потенциал и напряженность электростатического поля атома. Вычислить поток электрического поля атома через сферу радиуса R с центром в начале координат. Чему равна собственная электростатическая энергия электрического облака и энергия его взаимодействия с протоном.

2. Плотность электронного заряда возбужденного атома водорода описывается в сферических координатах функцией $\rho(r, \theta) = \frac{e}{\pi a^3} e^{-2r/a} \cos^2 \theta$ (a — боровский радиус) Найти электрические дипольный и квадрупольный моменты атома.

3. В возбужденном атоме водорода движение электрона создает ток, объемная плотность которого имеет в сферических координатах вид $j(r, \theta) = \frac{e v}{\pi a^3} e^{-2r/a} \sin \theta$ (a — боровский радиус; $-e$ и m — заряд и масса электрона). Найти магнитную индукцию B в начале координат и на больших расстояниях от атома ($r \gg a$).

4. Найти электрическую энергию шарика радиуса a , заряженного до заряда e , если:
 а. Заряд e равномерно распределен по объему шарика;
 б. Заряд e равномерно распределен по поверхности.

5. Атом водорода помещен в слабое однородное электрическое поле. Пользуясь классической планетарной моделью атома (моделью Резерфорда), найти среднюю за период обращения электрона энергию атома U в этом поле, если в отсутствие поля энергия и момент количества движения электрона были равны E_0 и L_0 .

6. Волновой пакет представляет из себя суперпозицию монохроматических волн с амплитудами A_k . Определить явный вид поля E в волне и пространственный размер пакета. Какова длительность его прохождения в заданном месте пространства.
7. В полупространстве, в котором существует постоянное однородное электрическое поле E_0 перпендикулярное границе, влетает быстрый электрон со скоростью v . Определить энергию W , теряемую электроном за время движения в поле.
8. В полупространство, в котором существует постоянное однородное магнитное поле B_0 , параллельное границе, влетает с начальной скоростью v_0 частица с массой m и зарядом e . Определить энергию, теряемую частицей на излучение за все время движения в поле.
9. В момент времени $t=0$ электрон, движущийся со скоростью v влетает в однородное электрическое поле, меняющееся со временем по закону $E = E_0 \sin \omega t$. Считая движение электрона нерелятивистским, найти энергию W , излученную электроном в интервале частот ω_1 до ω_2 , если $\omega_1 \ll \omega \ll \omega_2$.
10. Точечный заряд e , движущийся со скоростью v упруго отражается от стенки. Найти энергию W , излученную в интервале частот ω_1 до ω_2 .
11. Согласно модели Томсона атом водорода - представляет собой заряженный шар радиуса a с полным положительным зарядом e . Внутри шара движется точечный электрон с массой m и зарядом $-e$. Определить спектр и интенсивность излучения такого атома, усредненную по периоду колебаний электрона. Чему равно время высвечивания возбужденного в начальный момент $t=0$ атома.
12. Определить время жизни классического атома Резерфорда, имеющего в начальный момент радиус a . Считать для упрощения расчета, что электрон движется по круговой орбите, радиус которой медленно (по сравнению с периодом орбитального движения) уменьшается в результате потери энергии на излучение. При каком условии справедливо такое предположение?
13. Частица с массой m и зарядом e может совершать гармонические колебания частоты ω . Начиная с момента времени $t=0$ на нее начинает действовать электрическое поле $E = E_0 \sin \omega t$, обращаемое в нуль по истечении конечного промежутка времени. Найти энергию дипольного излучения частицы W в интервале частот ω_1 до ω_2 , считая, что до момента $t=0$ она покоилась.
14. Система состоящая из $N \gg 1$ параллельно ориентированных диполей, занимает область пространства, линейные размеры которой малы по сравнению с характерными длинами излучаемых волн. Дипольный момент конкретного диполя меняется со временем по закону $p = p_0 \cos \omega t$, где p_0 - амплитуда, а для диполей с частотами в интервале ω_1 до ω_2 равна ω . Величина p_0 удовлетворяет условию $p_0 \ll a$. Определить среднюю за период интенсивность излучения в момент времени t .
15. Согласно модели Томсона атом водорода - представляет собой заряженный шар радиуса a с полным положительным зарядом e . Внутри шара движется точечный электрон с

массой m и зарядом $-e$. Вычислить дифференциальное и полное сечение рассеяния неполяризованной плоской монохроматической волны с частотой ω на таком атоме. Длина волны велика по сравнению с радиусом атома.

16. В модели атома водорода, предложенной Томсоном, электрон с массой m и зарядом $-e$ совершает колебания внутри неподвижного шара радиуса a , имеющего заряд $+e$, который однородно распределен по объему шара. Найти дифференциальное и полное сечения рассеяния линейно-поляризованной плоской монохроматической электромагнитной волны, считая, что ее длина λ , а частота ω не слишком сильно отличается от частоты колебаний электрона в атоме.

17. Вычислить силу радиационного трения за счет черенковского излучения.

18. Тонкий стержень длины l равномерно заряжен до заряда q . Найти интенсивность излучения стержня при его вращении вокруг через перпендикулярной оси, проходящей через центральную точку, если угловая скорость вращения равна ω .

19. Найти интенсивность диффрагированного света при нормальном падении плоской электромагнитной волны частотой ω на непрозрачную пластину бесконечной длины и ширины $2a$. Длина волны света λ .

20. Диполь, образованный двумя частицами одинаковой массы m с зарядами $+e$ и $-e$, находящиеся на расстоянии l друг от друга, помещены в однородное внешнее электрическое поле. В начальный момент времени $t=0$ вектор составил очень малый угол θ с направлением поля. Определить интенсивность излучения диполя в момент времени t и спектр излучения.

21. Дипольные моменты двух одинаковых маленьких диполей направлены в противоположенные стороны и лежат на одной прямой. Каждый из диполей представляет из себя систему из двух частиц одинаковой массы m с зарядами $\pm e$. Расстояние a между диполями много меньше длины излучаемой волны. Определить закон, по которому меняется энергия диполей в результате излучения, если в каждом из них заряды колеблются друг относительно друга с частотой ω . Сравнить с законом убывания энергии одного диполя в отсутствии другого.

22. Тонкая ферромагнитная спица длины l имеет массу m и магнитный момент единицы длины M . В начальный момент времени $t=0$ спица покоилась в магнитном поле H , образуя очень малый угол θ . Поле постоянно и однородно. Определить интенсивность излучения в момент времени t .