

Физика

Программа курса:

Законы природы. Роль теории и эксперимента в современной науке. Объективные ограничения на пути проведения эксперимента и пути их преодоления. Мысленный эксперимент, математическое моделирование. Научная теория как основа содержания научного метода. Математика и логика в познании законов природы. Уровни организации материи. Микро- и макромир, космос.

Основные принципы описания физических систем. Материальная точка. Система координат и система отсчета. Система материальных точек. Физическое тело. Кинематический, динамический, энергетический и вероятностный подходы к описанию систем. Физические величины и их измерение. Единицы измерений и системы единиц. Международная система единиц СИ.

Механика

Кинематика материальной точки. Кинематическое описание движения. Радиус-вектор. Элементы векторной алгебры. Производная от функции, сложной функции, вектор-функции. Смысл производной в физике. Степени свободы и обобщенные координаты. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Поступательное и вращательное движения абсолютно твердого тела. Вектор угловой скорости. Нормальное, тангенциальное и полное ускорение. Движение точки вдоль плоской кривой. Радиус кривизны траектории.

Динамика материальной точки. Понятие состояния в классической механике. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Импульс частицы, закон сохранения импульса. Уравнение движения. Масса частицы. Сила как производная от импульса по времени. Второй закон Ньютона как уравнение движения.

Динамика системы частиц. Закон сохранения импульса и третий закон Ньютона. Центр масс системы частиц. Закон движения центра масс. Система центра масс. Реактивное движение.

Работа и энергия. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Связь между кинетическими энергиями в различных системах отсчета. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике. Законы сохранения и симметрия пространства и времени. Столкновения частиц.

Динамика релятивистской частицы. Импульс релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы. Кинетическая энергия релятивистской частицы.

Инвариантность уравнения движения относительно преобразования Лоренца. Физический смысл преобразований Лоренца. Принципы относительности Галилея и Эйнштейна.

Механические колебания. Гармонический осциллятор: свободные и затухающие колебания. Декремент затухания, добротность. Фазовая плоскость. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Параметрические колебания. Автоколебания.

Момент импульса. Момент импульса материальной точки относительно центра и оси. Момент силы. Закон сохранения момента импульса для системы частиц.

Закон всемирного тяготения. Финитные и инфинитные движения. Движение планет. Законы Кеплера. Космические скорости. Вращение твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Кинетическая энергия вращающегося тела. Уравнения движения твердого тела. Качение. Физический маятник. Движение тела с одной неподвижной точкой. Главные оси инерции. Свободное вращение симметричного волчка. Гироскоп.

Неинерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции. Относительное, переносное и кориолисово ускорения. Центробежная и кориолисова силы. Маятник Фуко. Инертная и гравитационная массы. Обобщенный принцип относительности Галилея.

Элементы теории упругости. Растяжение, сдвиг. Упругие и пластические деформации. Закон Гука. Модули упругости. Коэффициент Пуассона. Упругая энергия деформации. Скорость распространения упругих возмущений. Волновые процессы: бегущие и стоячие волны.

Элементы гидродинамики. Линии тока, стационарное и нестационарное течение жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Силы вязкости и формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Образование подъемной силы при обтекании крыла, парадокс Даламбера. Эффект Магнуса.

Понятие о фазовой ячейке. Уравнения Гамильтона и уравнения Лагранжа как уравнения движения.

Элементы статистической физики и термодинамики

Термодинамическая система. Динамические и статистические закономерности. Макроскопические и микроскопические состояния. Случайные события и вероятность. Дискретные и непрерывные распределения. Плотность вероятности. Средние величины и дисперсия. Равновесные и неравновесные состояния. Неопределенность и энтропия. Принцип максимума энтропии, формула Шеннона. Энтропия и информация. Формализм Джейнса. Статистическая сумма и внутренняя энергия. Флуктуации термодинамических величин.

Идеальный газ. Квазистатические процессы. Работа, теплота и внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Адиабатический и политропические процессы. Энтальпия.

Второе начало термодинамики. Определение температуры. Цикл Карно. Тепловые и холодильные машины. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическое определение энтропии. Третье начало термодинамики.

Термодинамические функции. Свойства термодинамических функций. Преобразования Лежандра.

Теплоёмкость. Закон равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Классическая теория теплоёмкостей. Термодинамические свойства твёрдых тел: тепловое расширение.

Реальные газы. Фазовые превращения. Фазовые переходы I и II рода. Условия равновесия фаз. Химический потенциал. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса, уравнение Клайперона–Клаузиса. Кривые фазового равновесия. Тройная точка. Критическая точка. Эффекты перегрева и охлаждения. Теория Ван-дер-Ваальса.

Получение низких температур. Адиабатическое расширение. Эффект Джоуля–Томсона.

Поверхностные явления. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа. Термодинамика поверхности. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости.

Распределение Максвелла. Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Основные понятия физической кинетики. Время релаксации. Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение. Длина свободного пробега. Явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия. Коэффициенты вязкости, теплопроводности и диффузии в газах. Броуновское движение. Подвижность. Формула Эйнштейна.

Электричество и магнетизм

Электрические заряды и электрическое поле. Напряженность электрического поля. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме. Потенциальный характер электрического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь напряженности поля с градиентом потенциала. Граничные условия на заряженной поверхности. Дифференциальная форма теоремы Гаусса.

Электрическое поле в веществе. Проводники в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Классические представления о поляризации диэлектриков. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Граничные условия на границе двух диэлектриков.

Электрическая емкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля и ее локализация в пространстве. Постоянный ток. Сила и плотность тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Электродвижущая сила. Правила Кирхгофа. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля–Ленца. Объемные токи.

Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Вектор магнитной индукции. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Магнитный момент тока. Закон Био–Савара. Магнитное поле равномерно движущегося точечного заряда. Теорема о циркуляции для магнитного поля в вакууме и ее применение к расчету магнитных полей. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

Магнитное поле в веществе. Магнитная индукция и напряженность поля. Вектор намагниченности. Токи проводимости и молекулярные токи. Теорема о циркуляции для магнитного поля в веществе. Граничные условия на границе двух магнетиков. Магнитные свойства вещества. Пара- и диамагнетики. Понятие о ферромагнетиках. Гистерезис.

Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках. Электродвижущая сила индукции. Правило Ленца. Коэффициенты само- и взаимной индукции. Установление тока в цепи, содержащей индуктивность. Теорема взаимности. Магнитная энергия и ее локализация в пространстве.

Ток смещения. Система уравнений Максвелла. Граничные условия.

Волновое уравнение. Электромагнитные волны в свободном пространстве. Электромагнитная природа света. Электромагнитная волна на границе раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля. Явление Брюстера. Волны вдоль проводов. Быстропеременные токи. Скин-эффект. Волны в волноводах.

Поток энергии и теорема Пойнтинга. Излучение диполя (без вывода). Давление излучения. Опыты Лебедева. Электромагнитный импульс.

Квазистационарные процессы. Колебания в линейных системах. Колебательный контур. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность. Энергетический смысл добротности. Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Амплитудная и фазовая характеристики. Резонанс. Параметрические колебания. Понятие об автоколебаниях.

Комплексная форма представления колебаний. Векторные диаграммы. Комплексное сопротивление (импеданс). Правила Кирхгофа для переменных токов. Работа и мощность переменного тока. Резонанс напряжений и токов.

Вынужденные колебания под действием несинусоидальной силы. Амплитудная и фазовая модуляции. Понятие о фурье-разложении. Спектральный анализ в линейных системах. Частотная характеристика и импульсный отклик. Понятие о детектировании модулированных сигналов.

Оптика

Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Элементы фотометрии. Яркость и освещенность изображения. Волновое уравнение как следствие уравнений Максвелла. Монохроматические волны, комплексная амплитуда, уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны.

Принцип суперпозиции и интерференция волн. Интерференция монохроматических волн, ширина интерференционных полос. Статистическая природа излучения. Пространственная и временная когерентность. Интерференционные схемы. Лазеры как источники когерентного излучения.

Дифракция волн. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция на тонком экране. Граничные условия Кирхгофа. Зоны Френеля. Зонные пластинки. Линза. Дифракция на одномерных структурах. Дифракционные явления при различных значениях волнового параметра. Границы применимости геометрической оптики. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на щели и на круглом отверстии. Спектральные приборы. Дифракция рентгеновских волн. Условие Брэгга–Вульфа.

Дисперсия света. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсии.

Поляризация света. Естественный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Формулы Френеля, явление Брюстера. Дихроизм. Поляроиды. Закон Малюса. Двойное лучепреломление. Оптические явления в одноосных кристаллах. Явление Керра. Явление Фарадея.

Рассеяние света. Рэлеевское рассеяние. Поляризация рассеянного света. Зависимость интенсивности рассеянного света от частоты. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы Стефана–Больцмана и закон смещения Вина. Формулы Рэлея–Джинса и Планка.

Квантовая механика и строение вещества

Фотоэлектрический эффект. Проблема стабильности и размера атома. Квантовая теория света. Рентгеновское излучение. Эффект Комптона.

Атомные спектры. Атом Бора. Уровни энергии и спектры. Возбуждение атомов. Опыт Франка–Герца. Принцип соответствия. Движение ядра и приведенная масса. Водородоподобные атомы.

Физические величины как операторы. Каноническое перестановочное соотношение. Электронные волны. Дифракция электронов. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Вероятностная интерпретация волновой функции. Основные постулаты квантовой механики.

Многоэлектронные атомы. Одноэлектронное приближение. Принцип запрета Паули. Спин электрона. Оболочечная структура атома. Периодическая система элементов Менделеева. Квантовые числа состояния электрона.

Элементы зонной теории кристаллов. Число электронных состояний в зоне. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Понятие дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. P–n-переход.

Открытие радиоактивности. Опыты Резерфорда. Открытие нейтрона. Классификация атомных ядер. Энергия связи. Размер ядра. Радиоактивный распад и ядерные реакции.

Гамма-распад. Бета-распад. Альфа-распад. Деление ядер. Слияние ядер. Классификация элементарных частиц. Фермионы и бозоны.. Адроны и лептоны.

Цепная реакция деления. Ядерный реактор. Термоядерные реакции.

Литература:

Основная:

1. Курс физики. Учебник для вузов. В 2-х т. – Под ред. В.Н. Лозовского. – СПб.: Лань, 2000.
2. Черноуцан А.И. Краткий курс физики. – М.: Физматлит, 2002, 320 с.
3. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов, 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1990, 478 с.
4. Геворкян Р.Г. Курс физики: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1979. – 656 с.
5. Грабовский Р.И. Курс физики. Учеб. пособие для с/х ин-тов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1974. – 552 с.

Дополнительная:

1. Савельев И.В. Курс общей физики: в 3 х т. – М.: Наука, 1970 и послед.
2. Кингсеп А.С., Локшин Г.Р., Ольхов О.А. Основы физики. Курс общей физики: Учебн. В 2 т. Т.1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. – М.: Физматлит, 2001.
3. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Ципенюк Ю.М. Основы физики. Курс общей физики: Учебн. В 2 т. Т.2. Квантовая и статистическая физика. – М.: Физматлит, 2001. - 504 с.
4. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1–10. – М.: Мир, 1977.