

Краткое содержание программа дисциплины

“Физика”

Разработчик программы

профессор, докт. физ-мат. н. Арутюнов К. Ю.

karutyunov@hse.ru

Август 2015

Тема 1: Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела.

Содержание темы:

- Предмет физики и ее связь с другими науками. Модельный характер построения физики. Физические понятия - пространство, время, материя. Пространственно-временные масштабы и физическое моделирование. Абстракции в физике.
- Радиус-вектор, траектория, длина пути. Вектор перемещения. Средняя скорость, мгновенная скорость. Среднее ускорение, мгновенное ускорение. Соотношения между кинематическими величинами поступательного движения. Тангенциальное и нормальное ускорение. Классификация движения.
- Вектор углового перемещения, угловой скорости, ускорения. Связь между линейными и угловыми величинами.

Тема 2: Динамика движения материальной точки и поступательного движения твердого тела.

Содержание темы:

- Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Сила. Масса. Импульс. Второй закон Ньютона. Принцип независимости сил. Третий закон Ньютона.
- Закон сохранения импульса. Движение центра масс.
- Закон сохранения момента импульса. Момент импульса. Момент силы. Уравнение моментов.
- Движение тела переменной массы. Формула Циолковского.
- Работа, мощность. Энергия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Связь силы и потенциальной энергии. Закон сохранения механической энергии. Графическое представление энергии. Потенциальные кривые.

Тема 3: Динамика вращательного движения твердого тела

Содержание темы:

- Момент инерции материальной точки и тела. Теорема Штейнера.
- Основное уравнение динамики вращательного движения.
- Работа при вращении. Кинетическая энергия вращения.
- Неинерциальные системы отсчета.

Тема 4: Механические колебания и волны

Содержание темы:

- Гармонические колебания и их характеристики: амплитуда колебаний, фаза колебаний, начальная фаза колебаний, циклическая частота, период, частота колебаний. Комплексная форма представлений колебаний. Метод вращающегося вектора. Механические гармонические колебания. Энергия гармонических колебаний. Гармонический осциллятор. Дифференциальное уравнение свободных колебаний и его решение. Пружинный маятник. Физический маятник. Математический маятник. Приведенная длина физического маятника .
- Свободные затухающие колебания. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. Амплитуда, фаза, начальная фаза, циклическая частота, период затухающих колебаний. Декремент затухания. Логарифмический декремент затухания. Время релаксации
- Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний от частоты. Резонанс.
- Сложение двух гармонических колебаний одинаковой частоты и одного направления. Сложение колебаний одного направления с близкими частотами (биения). Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Сложение колебаний с разными, но кратными частотами.
- Волновые процессы. Упругие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волновой фронт. Волновая поверхность. Волновое уравнение. Интерференция волн. Стоячие волны.

Тема 5: Элементы специальной теории относительности

Содержание темы:

- Преобразования Галилея. Эксперимент Майкельсона-Морли. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца и их следствия: относительность длительности и размеров. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистский импульс. Интервал. Энергия в релятивистской механике.

Тема 6: Физические основы молекулярно-кинетической теории

Содержание темы:

- Молекулярная масса, молярная масса, объем, концентрация, количество вещества, плотность вещества. Состояние системы. Процесс. Равновесный, обратимый и необратимый, круговой процессы.
- Уравнение состояния идеального газа.
- Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Средняя квадратичная скорость и средняя энергия.

Тема 7: Физические основы термодинамики

Содержание темы:

- Внутренняя энергия. Температура. Степени свободы. Распределение энергии по степеням свободы. Работа газа при изменении его объема. Теплота. Первое начало термодинамики.
- Удельная теплоемкость. Молярная теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении. Уравнение Майера. Уравнение адиабаты идеального газа.
- Тепловой двигатель. Холодильная установка. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Формулировки второго начала термодинамики Клаузиуса и Кельвина.
- Макро- и микросостояния. Статистический вес. Энтропия. Формула Больцмана. Приращение энтропии при обратимом и при необратимом процессе. Третье начало термодинамики.

Тема 8: Элементы статистической физики

Содержание темы:

- Вероятность состояния. Статистическое распределение. Функция распределения. Условие нормировки для функции распределения. Свойства функции распределения. Среднее значение физической величины.
- Распределение Гиббса. Распределение Максвелла по компонентам скоростей и по абсолютным скоростям. График функции распределения по скоростям. Наиболее вероятная скорость. Средняя скорость. Средняя квадратичная скорость. Функция распределения по энергиям. Средняя энергия.
- Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Тема 9: Реальный газ. Явления переноса

Содержание темы:

- Реальный газ: учет собственного объема молекул и учет сил притяжения. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ. Внутренняя энергия идеального газа.
- Явления переноса. Эмпирические уравнения диффузии, теплопроводности и вязкости.

Тема 10: Фазовое равновесие и фазовые переходы.

Содержание темы:

- Фазы и фазовые превращения. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клайперона-Клазиуса.
- Диаграммы состояния. Фазовые переходы первого и второго рода. Метастабильные состояния.

Тема 11: Электростатика

Содержание темы:

- Заряд, свойства заряда. Точечный заряд. Закон Кулона. Электростатическое поле. Пробный заряд. Напряженность электростатического поля. Единицы

напряженности. Силовые линии напряженности. Принцип суперпозиции полей. Индукция электростатического поля.

- Поток вектора. Теорема Гаусса для электростатического поля. Дифференциальная формулировка теоремы Гаусса. Дивергенция вектора. Расчет полей с помощью теоремы Гаусса: поле бесконечной заряженной плоскости, двух плоскостей, сферической поверхности, объемно заряженного шара, объемно заряженного цилиндра, нити.
- Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Теорема о циркуляции. Потенциальность электростатического поля. Ротор вектора.
- Потенциал электростатического поля. Единицы потенциала. Потенциал системы зарядов. Связь напряженности и потенциала. Вычисление потенциала по напряженности.
- Проводники в электростатическом поле. Поле внутри проводника и вблизи поверхности проводника.
- Типы диэлектриков: полярные, неполярные, ионные. Поляризация диэлектриков. Поляризованность, напряженность поля в диэлектрике. Связанный заряд.
- Емкость уединенного проводника. Единицы емкости. Конденсаторы. Емкости плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.
- Энергия системы зарядов. Энергия уединенного заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электростатического поля. Плотность энергии электростатического поля.

Тема 12: Постоянный электрический ток. Электрический ток в веществе.

Содержание темы:

- Электрический ток. Сила и плотность тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Работа поля сторонних сил и электростатического поля. Напряжение. Закон Ома для однородного участка цепи в интегральной и дифференциальной формах. Закон Ома для неоднородного участка цепи (обобщенный закон Ома) в интегральной и дифференциальной формах.

- Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
- Классическая теория электропроводности металлов (теория Друде-Лоренца). Законы Ома, Джоуля-Ленца, Видемана-Франца и теплоемкость металлов в свете теории Друде-Лоренца.
- Электрический ток в газах, электролитах и вакууме.

Тема 13: Магнетное поле и магнитные свойства вещества.

Содержание темы:

- Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Напряженность. Магнитное поле движущегося заряда.
- Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах. Теорема о циркуляции в интегральной и дифференциальной формах.
- Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.
- Магнитное поле в веществе. Макро- и микротоки. Намагниченность. Магнитная восприимчивость. Связь вектора индукции и напряженности. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики.

Тема 14: Электромагнитная индукция. Переменный электрический ток.

Содержание темы:

- Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Индуктивность контура. Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи.
- Емкость и индуктивность в цепи переменного тока.

Тема 15: Движение заряда в электрическом и магнитных полях. Уравнения Максвелла.

Содержание темы:

- Сила Кулона. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Эффект Холла.
- Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

- Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля. Свойства уравнений Максвелла.

Тема 16: Электромагнитные колебания и волны

Содержание темы:

- Свободные колебания в колебательном контуре. Свободные затухающие колебания в колебательном контуре. Вынужденные колебания. Резонанс напряжения и тока.
- Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Импульс электромагнитной волны.
- Источники и приемники электромагнитных волн.

Тема 17: Геометрическая оптика

Содержание темы:

- Основные определения и законы геометрической оптики. Законы преломления и отражения. Полное внутренне отражение. Корпускулярная и волновая теории света. Принцип Ферма.
- Основные оптические элементы: линза, призма и зеркало. Построение изображений. Микроскоп и телескоп. Погрешности оптических систем.

Тема 18: Волновая оптика

Содержание темы:

- Принцип Гюйгенса. Когерентность. Интерференция света. Связь разности фаз и оптической разности хода. Расчет интерференционной картины от двух источников. Методы наблюдения интерференции: метод Юнга, зеркала Френеля, бипризма Френеля. Интерференция в тонких пленках: полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Просветление оптики.
- Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света. Дифракция на круглом отверстии и диске. Зонные пластинки. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция Фраунгофера на двух щелях. Дифракционная решетка. Разрешающая способность

оптических приборов. Разрешающая способность дифракционной решетки. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэггов.

Тема 19: Элементы ИК, СВЧ, УФ и рентгеновской оптики. Нелинейные оптические явления.

Содержание темы:

- Шкала электромагнитных волн. Специфика различных диапазонов электромагнитного излучения.
- Источники и детекторы различных диапазонов электромагнитного излучения.
- Нелинейные оптические явления. Лазер.

Тема 20: Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.

Содержание темы:

- Прохождение и поглощение света.
- Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении. Угол Брюстера.
- Двойное лучепреломление. Оптическая ось кристалла. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Поляризация при двойном лучепреломлении. Прохождение плоскополяризованного света через плоскопараллельную пластинку.
- Эллиптически-поляризованный. Интерференция поляризованных лучей. Искусственная анизотропия.
- Дисперсия света. Дисперсия вещества. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света.

Тема 21: Тепловое излучение. Квантово-оптические явления

Содержание темы:

- Тепловое излучение. Характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
- Фотоэффект. Вольт-амперная характеристика фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.

- Энергия и импульс фотона. Давление света.
- Эффект Комптона.

Тема 22: Элементы квантовой механики

Содержание темы:

- Модели атома Томсона и Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Формула Бальмера. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Правило квантования круговых орбит. Спектр атома водорода по Бору.
- Гипотеза де Бройля. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля: опыты Дэвиссона и Джермера. Статистический смысл волн де Бройля.
- Соотношения неопределенностей для координат и проекций импульсов, энергии и времени.
- Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.
- Волновая функция. Вероятность нахождения микрочастицы. Нормировка волновой функции. Принцип суперпозиции состояний (волновых функций).
- Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
- Математический аппарат квантовой механики. Представление физических величин с помощью операторов. Собственные значения и собственные функции линейных операторов. Условия возможности одновременного измерения различных физических величин. Основные операторы квантовой механики. Уравнение Шредингера в операторной форме. Связь квантовой механики с классической. Теорема Эренфеста.
- Движение свободной частицы. Движение частицы в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками.
- Отражение и прохождение частицы сквозь потенциальный барьер бесконечной ширины. Коэффициенты отражения и прохождения. Анализ поведения частицы в зависимости от соотношения между энергией и высотой потенциального барьера.
- Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.
- Потенциальная яма со стенками конечной высоты.
- Гармонический осциллятор.

Тема 23: Элементы физики твердого тела

Содержание темы:

- Типы кристаллических связей и кристаллических решеток. Колебания кристаллической решетки.
- Электроны в металлах. Модель Друде. Закон Ома и Джоуля-Ленца. Закон Видемана - Франца. Эффект Холла.
- Основы квантовой теории конденсированного состояния. Распределение Ферми-Дирака. Энергия и поверхность Ферми. k-пространство. Плотность состояний.
- Теорема Блоха. Энергетические зоны в твердом теле. Модель почти свободных электронов. Металлы, диэлектрики, полупроводники в свете зонной теории.

Тема 24: Атомная физика

Содержание темы:

- Уравнение Шредингера для атома водорода. $1s$ – состояние электрона в атоме водорода.
- Магнитные моменты атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Спиновое квантовое число. Спин-орбитальное взаимодействие. Эффект Зеемана.
- Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева.
- Рентгеновские спектры.

Тема 25: Элементы физики молекул

Содержание темы:

- Химические связи. Энергетические уровни.
- Молекулярные спектры. Поглощение и рассеяние света.

Тема 26: Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц

Содержание темы:

- Заряд, размеры и состав атомного ядра. Массовое и зарядовое число. Энергия связи и масса ядра. Спин и магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра.

- Радиоактивное излучение и его виды. Закон радиоактивного распада. Правило смещения. Особенности α -, β - и γ -распада.
- Ядерные реакции и их основные типы. Принцип действия атомной и термоядерной бомбы. Атомный реактор. Термоядерный синтез.
- Типы взаимодействия элементарных частиц. Частицы и античастицы.
- Классификация элементарных частиц. Кварки.