

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИОФ РАН,
чл.-корр. РАН

_____ С.В.Гарнов

11 марта 2019 года

**Программа вступительного экзамена по общей физике
аспирантуры ИОФ РАН**
(утверждена Ученым советом ИОФ РАН 04 марта 2019 года)

Механика

1. Предмет механики. Кинематика и динамика. Описание состояния в классической механике.
2. Кинематика материальной точки. Материальная точка (частица). Понятие абсолютно твердого тела. Кинематическое описание движения. Системы координат. Степени свободы и обобщённые координаты. Векторы и скаляры. Скорость и ускорение материальной точки. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Поступательное и вращательное движения абсолютно твёрдого тела. Вектор угловой скорости. Векторы и псевдовекторы.
3. Динамика материальной точки. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Импульс (количество движения). Закон сохранения импульса. Уравнение движения. Масса тела. Сила. Второй закон Ньютона. Единицы измерения и размерности физических величин. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Силы трения. Силы, действующие при криволинейном движении. Движение тела с переменной массой.
4. Работа и энергия. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальное поле сил. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии. Связь между потенциальной энергией и силой. Условия равновесия механической системы. Силы трения. Упругое и неупругое столкновения тел.
5. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Космические скорости.
6. Вращение твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент силы. Момент инерции. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент количества движения материальной точки. Кинетическая энергия вращающегося тела. Мгновенная ось вращения. Уравнение движения твёрдого тела. Качение.
7. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса. Маятник Фуко.
8. Элементы теории упругости. Растяжение, сдвиг. Упругие и пластические деформации. Закон Гука. Модули упругости. Коэффициент Пуассона. Упругая энергия деформации. Скорость распространения упругих возмущений.
9. Статика жидкостей и газов. Давление. Распределение давления в покоящихся жидкости и газе. Выталкивающая сила.
10. Гидродинамика. Линии и трубки тока, стационарное и нестационарное течение жидкости и газа. Неразрывность струи. Уравнение Бернулли. Формула Торичелли. Силы вязкости и формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Измерение давления в текущей

жидкости. Силы внутреннего трения. Движение тел в жидкостях и газах. Понятие о подъемной силе и силе сопротивления.

11. Элементы специальной теории относительности. Принцип относительности Эйнштейна. Инварианты преобразования Лоренца. Относительность понятия одновременности. Сокращение длины и замедление времени. Интервал.
12. Динамика релятивистской частицы. Импульс релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы. Кинетическая энергия релятивистской частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика.- М.: Наука, 1989.
2. Стрелков С.П. Механика. - М.: Наука, 1975.
3. Хайкин С.Э. Физические основы механики. - М.: Наука, 1971.
4. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика. - М., Наука 1983.
5. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, 2. - М.: Мир, 1977.
6. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лившиц Е.М. Курс общей физики. Механика и физика. - М., Наука, 1965.

Термодинамика и молекулярная физика.

1. Предварительные сведения. Молекулярно-кинетическая теория и термодинамика. Макроскопические параметры. Температура. Термодинамическая шкала температур. Агрегатные состояния вещества. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный и неидеальный газы. Равновесные и неравновесные состояния системы. Внутренняя энергия системы.
2. Основы термодинамики. Квазистатические процессы. Работа, теплота и внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Адиабатический процесс. Скорость звука в газах. Энтальпия. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Тепловые и холодильные машины. Обратимые и необратимые процессы. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Термодинамическое определение энтропии. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Закон возрастания энтропии.
3. Элементы статистической физики идеальных систем. Динамические и статистические закономерности. Макроскопические и микроскопические состояния. Случайные события и вероятность. Дискретные и непрерывные распределения. Плотность распределения. Средние величины и дисперсия. Распределение Максвелла. Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Распределение Больцмана. Распределение Гиббса и его свойства. Статистическое определение энтропии. Энтропия и вероятность. Теплоёмкость. Закон равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Классическая теория теплоёмкости.
4. Элементарная кинетическая теория газов. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеального газа. Уравнение адиабат идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Энтропия идеального газа. Барометрическая формула. Средняя длина свободного пробега. Явления переноса. Вязкость газа, теплопроводность, диффузия в газах.

5. Реальные газы. Отклонение газов от идеальности. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томпсона. Адиабатическое расширение. Дросселирование. Ожижение газов.
6. Кристаллы. Типы кристаллических решёток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоёмкость кристаллов в модели Эйнштейна и Дебая.
7. Жидкости. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твёрдого тела. Капиллярные явления.
8. Фазовые равновесия и превращения. Фазовые превращения. Фазовые переходы I и II рода. Условия равновесия фаз. Химический потенциал. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Кривые фазового равновесия. Тройная точка. Критическая точка. Диаграмма состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. - М.: Наука, 1975.
2. Щеголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. - М.: Янус, 1996.
3. Рейф Ф. Статистическая физика (Берклеевский курс физики). Т.5. - М.: Наука, 1972.
4. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лившиц Е.М. Курс общей физики. - М., Наука, 1965.
5. Фейнман Р.П., Лейтон Р., Сэндрс Н. Фейнмановские лекции по физике. Вып.4. - М.: Мир, 1965.

Колебания и волны.

1. Колебания. Общие сведения о колебаниях. Гармонические колебания. Гармонический осциллятор. Частота, амплитуда и фаза гармонических колебаний системы с одной степенью свободы. Малые колебания системы с одной степенью свободы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник. Представление гармонического колебания с помощью вектора амплитуды. Сложение колебаний одинакового направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс. Колебания связанных осцилляторов.
2. Волны. Плоская, цилиндрическая и сферическая волны. Интерференция и дифракция волн. Стоячие волны. Колебания струны. Звуковые волны. Скорость звуковых волн в газах, эффект Доплера. Ультразвук.

Электричество и магнетизм

1. Электрическое поле в вакууме. Системы единиц. Напряжённость электрического поля. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме. Потенциальный характер электрического поля. Потенциал и разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряжённостью электрического поля и потенциалом. Работа сил электростатического поля.

2. Электрическое поле в диэлектриках. 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. Силы, действующие на заряд в диэлектрике. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.
3. Проводники в электрическом поле. Проводник во внешнем электрическом поле. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
4. Энергия электрического поля. Энергия электрического поля и её локализация в пространстве. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора.
5. Постоянный электрический ток. Сила и плотность электрического тока. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
6. Основы магнетизма. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара. Поле движущегося заряда. Поля прямого и кругового токов. Теорема о циркуляции для магнитного поля в вакууме и её применение к расчёту магнитных полей. Поле соленоида и тороида. Энергия магнитного поля.
7. Действие магнитного поля на токи и заряды. Сила действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле. Работа, совершаемая при перемещении тока в магнитном поле. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическими и магнитными полями. Определение заряда и массы электрона. Определение удельного заряда положительных ионов. Масс-спектрометры.
8. Магнетики. Магнитные моменты атомов и молекул. Парамагнетизм. Диамагнетизм. Обменное поле в магнетиках. Классификация магнетиков. Ферромагнетизм.
9. Электромагнитная индукция. Явления электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Токи Фуко. Методы измерения магнитной индукции. Явления самоиндукции. Взаимная индукция.
10. Электрический ток в металлах и полупроводниках. Природа носителей тока в металлах. Классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Поверхность Ферми. Полупроводники. Эффект Холла. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Фотоэмиссия. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды.
11. Ток в электролитах. Диссоциация молекул в растворах. Электролиз. Законы Фарадея. Проводимость электролитов.
12. Электрический ток в газах. Виды газового разряда. Несамостоятельный газовый разряд. Процессы, приводящие к появлению носителей тока при самостоятельном разряде. Газоразрядная плазма. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.
13. Переменный ток. Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Переменный ток, текущий через емкость. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

14. Колебательный контур. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Добротность электрического контура.
15. Электромагнитные волны. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля. Излучение диполя. Скин-эффект в металлах. Экранировка, плазменная частота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 3. - М.: Наука, 1996.
2. Калашников С.Г. Электричество. - М.: Наука, 1997.
3. Парселл Э. Электричество и магнетизм. (Берклевский курс физики) - М.: Наука, 1983.
4. Фейнман Р.П. Фейнмановские лекции по физике. Выпуски 5, 6, 7. - М.: Мир, 1977.
5. Горелик Г.С. Колебания и волны. - М.: Физматлит, 1959.

Оптика

1. Основные законы оптики. Принцип Ферма. Скорость света. Фотометрические величины (световой поток, сила света, яркость, светимость, освещенность) и их единицы. Фотометрия.
2. Геометрическая оптика. Основные понятия и определения. Преломление на сферической поверхности. Формула тонкой линзы. Светосила линзы. Оптические системы. Главная оптическая ось. Аберрации оптических систем.
3. Световая волна. Принцип суперпозиции волн. Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Пространственная и временная когерентность. Интерференционные схемы. Лазеры как источники когерентного излучения.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Зонные пластинки. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка. Дифракция Фраунгофера на щели и на круглом отверстии. Линза как дифракционный прибор. Поле в фокальной плоскости линзы. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа.
5. Спектральные приборы. Призма, дифракционная решётка. Интерферометр Фабри-Перо. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии.
6. Дифракция рентгеновских волн. Условие Брэгга-Вульфа. Общее понятие о рентгеноструктурном анализе.
7. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации.
8. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсии. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Отражение радиоволн от ионосферы. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.

9. Тепловое излучение. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана и закон Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Оптическая пирометрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В, Общий курс физики. Оптика. Т. IV. - М.: Наука, 1985.
2. Бутиков Е.И. Оптика. - М.: Высшая школа, 1986.
3. Ландсберг Г.С. Оптика. - М.: Наука, 1976.

Атомная и ядерная физика.

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоэффект. Эффект Комптона. Фотоны. Дифракция электронов. Волновая функция как амплитуда вероятности. Принцип суперпозиции.
2. Боровская теория атома. Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томсона. Опыты по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Элементарная боровская теория атома водорода.
3. Основы квантовой механики. Роль измерения в квантовой физике. Неразрушающие квантовые измерения. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества. Квантово-механическое описание движения микрочастиц. Средние значения координат и импульсов. Уравнение Шредингера. Свойства волновой функции. Квантование. Стационарные состояния. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор. Нулевые колебания. Атом водорода.
4. Многоэлектронные атомы. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева. Мультиплетность спектров и спин электрона. Результирующий момент многоэлектронного атома. Спектры щелочных металлов. Нормальный эффект Зеемана. Аномальный эффект Зеемана. Рентгеновские спектры. Ширина спектральных линий.
5. Молекулы и кристаллы. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Эффект Мёссбауэра.
6. Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Природа ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику. - М.: Наука, 1988.
2. Сивухин Д.В, Общий курс физики. Атомная физика. Т. 5. Ч.1. - М.: Наука, 1986; Ч.2. - М.: Наука, 1989.
3. Сивухин Д.В, Общий курс физики. Ядерная физика. Т. 5. Ч.2. - М.: Наука, 1989.