

Выпуск 2019 года

Примерные вопросы к государственному экзамену «Профессиональный экзамен по образовательной программе» для студентов бакалавриата по направлению 03.03.02 – Физика, профиль «Физика конденсированного состояния вещества»

1. Кинематика материальной точки и твердого тела

Предмет кинематики. Понятие материальной точки. Способы описания движения материальной точки. Кинематические характеристики движения материальной точки. Понятие абсолютно твердого тела. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Кинематика вращательного движения твердого тела относительно закрепленной оси.

2. Динамика материальной точки

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея. Импульс материальной точки. Второй закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Третий закон Ньютона. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

3. Динамика системы материальных точек и основы динамики твердого тела

Импульс системы материальных точек, закон его изменения и сохранения. Центр масс системы материальных точек. Теорема о движении центра масс. Момент импульса системы материальных точек, закон его изменения и сохранения. Момент сил. Основное уравнение динамики твердого тела. Момент инерции тела. Вращение твердого тела относительно закрепленной оси. Связь законов сохранения импульса и момента импульса с симметрией пространства.

4. Закон сохранения энергии в механике

Работа силы – мера динамического взаимодействия. Энергия – мера способности совершать работу. Кинетическая энергия системы материальных точек, твердого тела. Консервативные силы. Потенциальная энергия. Примеры расчета потенциальной энергии. Энергия и движение в поле гравитационных сил. Закон сохранения механической энергии. Закон сохранения энергии и однородность времени.

5. Механические колебания

Колебательное движение. Условия возникновения механических колебаний. Свободные колебания без затухания. Характеристики гармонических колебаний. Энергия при гармонических колебаниях. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные механические колебания. Резонанс.

6. Упругие волны

Распространение механических колебаний в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской волны. Волновое уравнение. Скорость распространения упругих волн. Перенос энергии упругой волной. Вектор Умова. Звук, инфразвук, ультразвук.

7. Первое начало термодинамики

Макроскопическая работа молекулярной системы. Адиабатическая изоляция. Внутренняя энергия, теплопередача, количество теплоты. Закон сохранения и превращения энергии термодинамической системы (первое начало термодинамики, как один из фундаментальных законов природы). Теплоемкость системы, зависимость ее от типа

процесса. Теплоемкость идеального газа, удельная и молярная, при изохорическом и изобарическом процессах.

8. Второе начало термодинамики

Направленность, необратимость, процессов в природе. Тепловые машины. Формулировки Томсона и Клаузиуса второго начала термодинамики и их эквивалентность. Цикл Карно и теоремы Карно. Термодинамическое определение энтропии. Неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики как закон возрастания энтропии при необратимых процессах в теплоизолированной системе.

9. Явления переноса. Элементы неравновесной термодинамики

Средняя длина свободного пробега и среднее время свободного пробега молекул газа. Процессы переноса в неравновесных условиях при наличии градиентов концентрации частиц, скорости упорядоченного движения, температуры. Диффузия, вязкость, теплопроводность в газах. Основы молекулярно-кинетической теории явлений переноса в газах, связь между коэффициентами переноса.

10. Идеальные и реальные газы. Жидкости. Фазовые переходы

Идеальный газ, уравнение состояния идеального газа. Изопроецессы в идеальном газе. Реальные газы, уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и Эндрюса, метастабильные состояния. Критическое состояние. Эффект Джоуля-Томсона, сжижение газов. Разделение системы на фазы. Равновесие фаз. Диаграмма состояний. Тройная точка. Жидкости. Поверхностное натяжение. Особенности структуры, хаотического движения и явлений переноса в жидкостях.

11. Электрическое поле в вакууме

Электрические взаимодействия, электрические заряды, электрическое поле. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Суперпозиция электрических полей. Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах. Независимость работы электростатических сил от пути. Потенциал. Уравнение Пуассона. Поле диполя, заряженной плоскости, равномерно заряженной сферы.

12. Проводники и диэлектрики в электрическом поле

Различие между проводниками и изоляторами. Сторонние заряды в проводниках, условия их равновесия. Проводники во внешнем электростатическом поле. Распределение зарядов по поверхности проводника и электрическое поле вблизи его поверхности. Электроемкость проводника. Конденсаторы, плоский конденсатор. Соединения конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Энергия и плотность энергии электрического поля. Диэлектрик во внешнем электрическом поле. Напряженность электрического поля и вектор электрической индукции в диэлектриках. Теорема Гаусса для вектора электрической индукции в интегральной и дифференциальной формах.

13. Электрический ток

Ток проводимости, конвекционный ток и ток смещения. Вектор плотности тока проводимости и тока смещения, сила тока. Линии тока, их замкнутость. Условия поддержания постоянного тока в цепи с сопротивлением. Электродвижущая сила и напряжение. Закон Ома в интегральной форме для пассивного и активного участков цепи и замкнутой цепи. Закон Ома в дифференциальной форме. Превращение энергии в цепи постоянного тока с сопротивлением, закон Джоуля-Ленца.

14. Природа электрического тока в электролитах, газах и вакууме

Электрическая диссоциация ионных молекул в растворах. Проводимость электролитов. Закон Ома. Электролиз, законы Фарадея. Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд. Вольтамперная характеристика газового разряда низкого давления. Виды самостоятельных разрядов, условия их осуществления. Плазменное состояние вещества (примеры в природе и технике). Условия создания тока в вакууме. Термоэлектронная эмиссия. Законы Ленгмюра и Ричардсона-Дешмана.

15. Магнитное поле стационарного тока

Взаимодействие проводников с током. Вектор магнитной индукции и вектор напряженности магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямолинейного тока, соленоида и тороида. Вихревой характер магнитного поля. Действие магнитного поля на проводник с током, закон Ампера. Определение единицы силы тока. Момент сил, действующих на замкнутый ток. Магнитный момент контура с током.

16. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях. Электронно-лучевые приборы. Ускорители заряженных частиц.

17. Электромагнитная индукция

Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея, правило Ленца, их вывод из закона сохранения энергии. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции. Самоиндукция и взаимная индукция. Индуктивность. Экстратоки. Токи Фуко. Скин-эффект. Энергия и плотность энергии магнитного поля.

18. Магнитные свойства вещества

Вектор намагничивания. Вектора магнитной индукции и напряженности магнитного поля в магнетиках. Магнитные моменты атомов. Диамагнетизм и парамагнетизм. Спин электрона. Ферромагнетизм. Явление гистерезиса.

19. Электромагнитные колебания и переменные квазистационарные токи

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Закономерности в цепях квазистационарного синусоидального тока. Активная и реактивная мощность в цепях переменного тока. Вынужденные колебания и резонанс в цепях синусоидального переменного тока.

20. Электромагнитные волны

Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в вакууме и непроводящей электронейтральной среде. Волновое уравнение. Решение волнового уравнения в виде плоских линейно поляризованных волн. Характеристики электромагнитной волны. Поперечность электромагнитных волн. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме и в среде, показатель преломления среды. Плотность энергии электромагнитной волны. Перенос энергии электромагнитной волной, вектор Пойнтинга. Шкала электромагнитных волн.

21. Основные представления лучевой (геометрической) оптики

Законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Формула отрезков для сферической поверхности и тонкой линзы. Изображения в сферических зеркалах и тонких линзах. Простейшие оптические приборы. Аберрации оптических систем.

22. Интерференция волн

Принцип суперпозиции волн. Условия наблюдения устойчивой картины интерференции. Временная и пространственная когерентность. Реализация когерентных источников в оптике. Двухлучевые интерферометры. Просветляющие и высокоотражающие диэлектрические покрытия.

23. Дифракция волн

Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка и ее применение в спектроскопии. Дифракция рентгеновских лучей. Понятие о голографии.

24. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом

Поляризация света при отражении и преломлении. Рассеяние света в мутных средах. Дисперсия света. Связь между дисперсией и поглощением. Простейшая электронная теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия. Двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации. Нелинейные оптические явления.

25. Равновесное (тепловое) и неравновесное (люминесценция, лазеры) излучения, спектры излучения.

Закон Кирхгофа. Черные, серые и окрашенные тела. Свойства излучения абсолютно черного тела. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Планка. Квантование энергии электромагнитного излучения. Вынужденное излучение. Инверсия населенностей ("отрицательная температура") и методы ее получения. Лазеры.

26. Квантовые свойства электромагнитного излучения

Квантовый характер процессов излучения и поглощения света. Внешний и внутренний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.

27. Волновые свойства микрообъектов

Гипотеза де Бройля. Опыты по дифракции электронов и других микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Электрон в прямоугольной потенциальной яме. Квантовые числа. Взаимодействие микрообъектов с потенциальным барьером, туннельный эффект.

28. Квантовые представления о строении атома.

Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Теория Бора. Стационарные состояния атомов: уравнение Шредингера, волновые функции, квантование энергии и момента импульса, квантовые числа n , l , m . Классификация стационарных состояний. Правила отбора при квантовых оптических переходах в атоме. Спектры испускания и поглощения атомарного водорода, спектральные серии.

29. Многоэлектронные атомы. Таблица Менделеева

Принцип тождественности микрообъектов в квантовой механике. Спин. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Структура и заполнение электронных оболочек в атомах, периодическая система элементов Менделеева. Орбитальный, спиновый и полный момент атома. Характеристические рентгеновские спектры, закон Мозли и его применение для установления атомного номера элемента.

30. Основные свойства атомных ядер

Строение ядра. Нуклоны и их свойства. Сильное, ядерное, взаимодействие и его особенности. Энергия связи ядер, дефект массы. Капельная модель ядра. Формула Вайцеккера для энергии связи ядер. Магические ядра и оболочечная модель ядра. Обобщенная модель для тяжелых ядер. Диаграмма стабильных ядер.

31. Распад ядра. Ядерные реакции

Радиоактивность и закономерности радиоактивного распада. Правила смещения и радиоактивные семейства. Единицы активности. Закономерности альфа-распада, туннельный эффект. Виды и закономерности бета-распада. Позитрон, нейтрино и антинейтрино. Возбужденное состояние ядер и гамма-излучение. Эффект Мессбауэра. Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции и их виды. Трансурановые элементы. Деление тяжелых ядер. Роль нейтронов. Реакции синтеза легких ядер.

32. Электропроводность твердых тел

Перенос электрического заряда в твердых телах. Классическая теория электропроводности металлов, законы Ома и Джоуля-Ленца. Зонная теория твердых тел, электронные состояния в кристаллах, энергетические зоны. Заполнение зон и классификация кристаллов по электрическим свойствам (диэлектрики, проводники и полупроводники). Применение статистики Ферми-Дирака к электронам в металлах, теплоемкость металлов. Работа выхода электрона. Электронная эмиссия из металлов. Механизмы электрического сопротивления металлов. Понятие о сверхпроводимости.

33. Электропроводность полупроводников

Зонная схема чистого полупроводника. Собственная проводимость. Примесная проводимость. Электроны и дырки, примеси р- и п-типов. Эффект Холла, определение знака носителей заряда. Методы определения основных характеристик полупроводников: ширины запрещенной зоны, энергии активации примесей, концентрации и подвижности носителей заряда. Контактная разность потенциалов. Принцип действия полупроводниковых приборов, Термоэлектрические явления в полупроводниках.

34. Основные положения релятивистской физики

Экспериментальные основы специальной теории относительности. Постулаты специальной теории относительности. Относительность одновременности. Преобразования Лоренца. Преобразования временных и пространственных интервалов. Релятивистский закон сложения скоростей. Эффект Доплера в оптике. Основы релятивистской динамики материальной точки: уравнение движения, импульс, энергия, связь энергии с импульсом, соотношения энергии и массы. Закон сохранения энергии-импульса в релятивистской механике. Энергия и масса системы частиц, дефект массы.

35. Основные положения статистической физики

Статистическое описание систем из большого числа частиц. Функция распределения вероятности и средние значения физических величин. Элементарный вывод основного уравнения кинетической теории газов. Средняя кинетическая энергия молекул и температура. Идеальный газ. Распределение молекул по скоростям, опыт Штерна. Барометрическая формула. Ансамбли Гиббса. Каноническое и большое каноническое распределения Гиббса. Представления о статистике квантовых систем.

Тематика первых заданий билетов

1. Кинематика прямолинейного, криволинейного и вращательного движения.
2. Динамика поступательного и вращательного движения.
3. Движение в неинерциальных системах координат. Силы инерции.
4. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
5. Механические колебания. Резонанс.
6. Волновое движение в упругой среде.
7. Первое начало термодинамики.
8. Второе начало термодинамики.
9. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Статистика Максвелла-Больцмана.
10. Явления переноса в газах.
11. Уравнения состояния идеального и реального газа.
12. Теплоемкость газов и твердых тел.
13. Электрическое (электростатическое) поле в вакууме и веществе.
14. Постоянный электрический ток в вакууме и веществе.
15. Электропроводность металлов и полупроводников.
16. Магнитное поле в вакууме и веществе.
17. Электромагнитная индукция.
18. Электромагнитные колебания. Переменный электрический ток.
19. Электромагнитные волны.
20. Интерференция волн.
21. Явление дифракции.
22. Естественный и поляризованный свет.
23. Принципы формирования оптических изображений.
24. Дисперсия света.
25. Элементы специальной теории относительности.
26. Законы теплового излучения.
27. Световое давление. Фотоэффект.
28. Рентгеновские лучи. Их получение, свойства, применение.
29. Ядерная модель атома.
30. Волновые свойства микрочастиц. Принцип неопределенности.
31. Квантовые свойства атомов. Спектры атомарных газов.
32. Многоэлектронные атомы. Таблица Менделеева.
33. Зонная структура электронных энергетических состояний твердого тела.
34. Строение атомного ядра.
35. Естественная радиоактивность. Ядерные реакции.

ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ЭКСПЕРИМЕНТУ

1. Продemonстрировать и объяснить основные закономерности кинематики и динамики прямолинейного движения на машине Атвуда.
2. Продemonстрировать и объяснить основные закономерности кинематики и динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека.
3. Продemonстрировать законы сохранения при движении по "мертвой петле" и при упругом ударе.
4. Опытным путем определить основные характеристики колебаний математического и физического маятников.
5. Продemonстрировать и объяснить явление механического резонанса.
6. Продemonстрировать и объяснить закономерности теплового движения частиц на модели броуновского движения.
7. Продemonстрировать модель статистического распределения частиц на доске Гальтона.
8. Объяснить сущность и продemonстрировать применение различных методов измерения температуры.
9. Объяснить принцип действия и продemonстрировать применение манометров различных конструкций для измерения давления.
10. Продemonстрировать и объяснить изменение температуры при адиабатическом процессе в газе.
11. Продemonстрировать и объяснить принцип действия психрометров и гигрометров и продemonстрировать их применение для измерения влажности воздуха.
12. Объяснить различные методы электризации тел и продemonстрировать выполнение закона сохранения электрического заряда.
13. Продemonстрировать зависимость емкости плоского конденсатора от расстояния между пластинами и диэлектрической проницаемости среды.
14. Опытным путем определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.
15. Определить мощность лампы накаливания с помощью ваттметра, а также методом амперметра и вольтметра.
16. Рассчитать шунт к гальванометру для измерения тока заданной величины.
17. Рассчитать добавочное сопротивление к гальванометру для измерения напряжения заданной величины.
18. Продemonстрировать и объяснить закономерности различных видов самостоятельного и самостоятельного (тлеющий, искровой) разрядов.
19. Продemonстрировать существование магнитного поля вокруг проводника с током (опыт Эрстеда).
20. Продemonстрировать действие силы Ампера на примере движения проводника с током в магнитном поле и взаимодействия параллельных токов.
21. Продemonстрировать и объяснить явление электромагнитной индукции (опыты Фарадея).
22. Опытным путем определить емкость конденсатора.
23. Опытным путем определить индуктивность катушки.

24. Продемонстрировать закономерности распространения света на границе двух сред.
25. Опытным путем определить фокусное расстояние собирающей и рассеивающей линз.
26. Продемонстрировать и объяснить метод определения показателя преломления вещества по измерению угла Брюстера.
27. Провести и объяснить несколько демонстраций по интерференции света.
28. Провести и объяснить несколько демонстраций по дифракции света.
29. Провести и объяснить несколько демонстраций по поляризации света.
30. Опытным путем определить длину волны лазера с помощью дифракционной решетки.
31. Продемонстрировать и объяснить закономерности линейчатого и сплошного спектров оптического излучения.
32. Продемонстрировать и объяснить явление внешнего и внутреннего фотоэффекта.
33. Объяснить принцип действия и продемонстрировать применение счетчика Гейгера-Мюллера для регистрации ядерных излучений.
34. Продемонстрировать на экране осциллографа и объяснить ВАХ полупроводникового диода.
35. Продемонстрировать использование эффекта Холла для измерения индукции магнитного поля (тесламер).

Основная литература

1. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики. Том 1-5.
 - 1.1. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики. Том 1 **Механика**. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, **2010**. — 560 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2313 — Загл. с экрана.
 - 1.2. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики Том 2 **Термодинамика и молекулярная физика** [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, **2006**. — 543 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2316 — Загл. с экрана.
 - 1.3. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики. Том 3. **Электричество**. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, **2009**. — 655 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2317 — Загл. с экрана.
 - 1.4. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики. Том 4 **Оптика**. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, **2002**. — 791 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2314 — Загл. с экрана.
 - 1.5. **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики Том 5 **Атомная и ядерная физика**. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, **2002**. — 783 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2315 — Загл. с экрана.
2. **Савельев, И.В.** Курс общей физики. В 3 т.
 - 2.1. **Савельев, И.В.** Курс общей физики. Том 1. **Механика. Молекулярная физика** [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, **2016**. — 436 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71760 — Загл. с экрана.
 - 2.2. **Савельев, И.В.** Курс общей физики. Том 2. **Электричество и магнетизм. Волны. Оптика** [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, **2016**. — 500 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71761 — Загл. с экрана.
 - 2.3. **Савельев, И.В.** Т.3. **Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела**. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, **2011**. — 318 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2040 — Загл. с экрана.