

"Утверждаю"
Научный руководитель ГНЦ РФ ТРИНИТИ

В. Е. Черковец
" 18 " / 10 2023 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

По группе научных специальностей

1.3 «Физические науки»

Вступительный экзамен по группе специальностей 1.3 «Физические науки» проводится в устной форме. Экзаменационный билет включает два вопроса по общей физике и один вопрос, соответствующий выбранной научной специальности (1.3.9 Физика плазмы; 1.3.19 Лазерная физика). Оценка за экзамен выставляется по 5-балльной шкале.

МЕХАНИКА

1. Материальная точка. Системы отсчета. Кинематическое описание движения материальной точки. Вектор перемещения и длина пути. Скорость и ускорение.

2. Криволинейное движение. Тангенциальное и нормальное ускорение. Равноускоренное движение. Свободное падение тел.

Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Угловое перемещение, скорость и ускорение. Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями.

3. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Длина тел и длительность событий в разных системах отсчета. Сложение скоростей. Преобразования Галилея.

4. Импульс. Масса. Релятивистские выражения для массы и импульса. Масса покоя.

Сила. Второй закон Ньютона. Основное уравнение движения в классической и релятивистской механике. Третий закон Ньютона. Фундаментальные взаимодействия. Силы в механике: сила тяжести, сила трения, сила упругости.

5. Работа. Мощность. Кинетическая энергия. Релятивистское выражение для энергии. Энергия покоя частицы, связь между энергией и импульсом. Взаимосвязь массы и энергии. Частицы с нулевой массой покоя.

6. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Потенциальная энергия. Связь между потенциальной энергией и силой. Условие равновесия тела в потенциальном поле.

7. Законы сохранения. Замкнутая система материальных точек. Закон сохранения импульса. Закон сохранения механической энергии. Момент импульса. Момент силы. Закон сохранения момента импульса. Движение точки в центральносимметричном поле и законы Кеплера.

8. Динамика твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Момент импульса твердого тела. Основное уравнение динамики вращательного движения.

Момент инерции. Теорема Штейнера (без вывода). Кинетическая энергия тела при плоском движении.

9. Кинетическая энергия вращающегося тела. Применение законов динамики твердого тела на примере сложения параллельных сил. Центр тяжести. Условия равновесия твердого тела.

10. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса (без вывода). Маятник Фуко. Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Масса инертная и масса гравитационная.

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия. Космические скорости.

11. Колебательное движение. Гармонические колебания. Амплитуда, частота и фаза колебаний. Энергия гармонического колебания. Математический и физический маятники. Автоколебания. Представление гармонического колебания с помощью векторной диаграммы. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Собственные и главные колебания системы под действием потенциальных сил. Вынужденные колебания и резонанс.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.

1. Молекулярно-кинетический и термодинамический методы изучения макроскопических явлений. Размеры и масса молекул. Число Авогадро. Тепловое движение молекул. Броуновское движение. Взаимодействие молекул. Равновесное и неравновесное состояние системы. Основные параметры состояния. Температура. Температурные шкалы.

2. Равновесный и неравновесный процесс. Идеальный газ. Экспериментальные газовые законы. Уравнение состояния идеального газа. Внутренняя энергия. Работа, совершаемая газом при изменении объема системы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.

3. Уравнение кинетической теории газов для давления. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одноатомной молекулы и ее связь с температурой. Постоянная Больцмана. Распределение энергии по степеням свободы. Число степеней свободы и средняя энергия многоатомной молекулы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.

4. Распределение молекул газа по скоростям. Функция распределения. Нормировка функции распределения. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная, средняя арифметическая скорости молекул. Распределение молекул по энергии. Экспериментальное определение скоростей молекул. Опыт Штерна.

5. Идеальный газ в поле сил тяжести. Изменение плотности газа с высотой. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана. Столкновение молекул друг с другом. Эффективный диаметр молекулы. Средняя длина свободного пробега.

6. Явления переноса. Перенос массы, импульса и энергии при тепловом движении молекул. Диффузия, вязкость и теплопроводность в газах. Экспериментальные законы диффузии, вязкости и теплопроводности.

Молекулярно-кинетический расчет коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности газов.

7. Основы термодинамики. Применение первого начала термодинамики для изопроцессов. Адиабатический процесс. Политропический процесс. Работа газа при различных процессах. Круговой процесс.

8. Второе начало термодинамики (формулировка Кельвина и Клаузиуса). Тепловой двигатель. Цикл Карно. К. П. Д. цикла Карно.

9. Приведенная теплота. Энтропия. Энтропия идеального газа. Изменение энтропии при необратимых процессах. Природа необратимых процессов. Статистический смысл второго начала термодинамики. Флуктуация макроскопических параметров состояния. Теорема Нернста.

10. Реальные газы. Физические причины отклонения от законов идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние вещества. Критические параметры. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов.

11. Жидкости. Ближний порядок. Тепловое движение в жидкостях. Радиус молекулярного действия. Поверхностный слой жидкости. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Явления на границе жидкости и твердого тела. Краевой угол. Поверхностное давление. Капиллярные явления.

12. Элементы гидромеханики. Распределение давления в покоящейся жидкости. Сила Архимеда.

Идеальная жидкость. Стационарное движение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Реакция струи. Вязкость жидкости. Ламинарное и турбулентное течение.

13. Твердые тела. Кристаллические и аморфные тела. Анизотропия кристаллов. Симметрия кристаллических решеток. Характер теплового движения молекул в твердых телах. Тепловое расширение. Теплоемкость твердых тел (теория Эйнштейна и Дебая).

14. Фазовые переходы. Понятие фазы и агрегатного состояния. Равновесие фаз. Кристаллизация и плавление, испарение и конденсация. Насыщенный пар. Кипение. Теплота фазового перехода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Диаграмма состояния. Тройная точка. Метастабильные состояния. Фазовые переходы второго рода и переходы лямбда-типа.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.

1. Электрическое поле в вакууме. Электрические заряды. Точечный заряд. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность поля. Принцип суперпозиции полей.

Поток вектора напряженности. Теорема Остроградского-Гаусса. Поле равномерно заряженных плоской, цилиндрической и сферической поверхностей. Потенциал электрического поля. Потенциал. Эквипотенциальные поверхности. Связь потенциала с напряженностью поля. Диполь в электрическом поле. Потенциальная энергия диполя во внешнем поле.

2. Электрическое поле в диэлектрике. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации и поверхностная плотность зарядов. Описание поля в диэлектрике. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Теорема Остроградского- Гаусса для вектора электрического смещения. Условия на границе двух диэлектриков.

3. Проводники. Электрическое поле внутри заряженного проводника и вблизи его поверхности. Проводник во внешнем электрическом поле. Электростатическая экранировка. Емкость. Емкость уединенного проводника. Емкость конденсатора. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

4. Постоянный электрический ток. Электрический ток. Величина и плотность тока в проводнике. Сторонние силы. Э. Д. С. источника тока. Закон Ома для однородного участка линейной цепи. Сопротивление и проводимость проводников. Закон Ома для участка цепи, содержащего Э. Д. С. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

5. Классическая теория электропроводности. Природа носителей тока в металлах. Электронный газ. Проводимость металлов. Трудности классической электронной теории металлов. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Электрический ток в газах. Ионизация, рекомбинация и возбуждение атомов газа. Движение электронов и ионов в газе под действием внешнего электрического поля. Газовый разряд. Плазма.

6. Магнитное поле в вакууме. Магнитное поле. Магнитная индукция. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитные поля прямого и кругового тока. Циркуляция вектора \mathbf{B} . Магнитные поля соленоида. Сила, действующая на атом в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле.

7. Магнитное поле в веществе. Магнетики. Вектор намагничивания. Циркуляция вектора \mathbf{B} в веществе. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость. Условия на границе двух магнетиков. Диамагнетизм, парамагнетизм. Ферромагнетизм.

8. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Э. Д. С. индукции. Вихревое электрическое поле. Явление самоиндукции. Индуктивность соленоида. Токи при замыкании и размыкании цепи. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля тока.

9. Уравнения Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Электромагнитные колебания. Переменный ток. Квазистационарные токи. Электромагнитные колебания в контуре без активного сопротивления. Собственная частота контура.

10. Электромагнитные колебания. Затухающие колебания. Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток. Активное сопротивление, индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Резонанс токов и напряжений.

11. Движение частиц в электрических и магнитных полях. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Циклотрон. Масс-спектрометр.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ.

1. Волновой процесс. Упругие волны. Поперечные и продольные волны. Длина волны. Фронт волны. Волновая поверхность. Уравнение волны. Уравнение плоской и сферической волны. Фазовая скорость. Волновой вектор. Волновое уравнение. Групповая скорость. Явление Черенкова. Энергия упругой волны (без вывода). Поток энергии. Плотность потока энергии. Вектор Умова.

2. Принцип Гюйгенса. Законы отражения и преломления волн. Наложение волн. Стоячие волны. Колебания струны. Собственные частоты струны. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике.

3. Волновое уравнение для электромагнитных волн (без вывода). Плоская монохроматическая электромагнитная волна. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца. Излучение диполя. Энергия электромагнитной волны. Вектор Пойтинга. Шкала электромагнитных волн. Световая волна. Интенсивность света. Световой поток. Эффект Доплера в оптике.

4. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Преломление на сферической поверхности. Оптическая сила сферической поверхности. Тонкая линза. Фокусное расстояние тонкой линзы. Понятие о центрированных оптических системах. Кардинальные плоскости и точки оптических систем.

5. Интерференция света. Условия, необходимые для получения интерференционной картины. Некоторые методы наблюдения интерференции света (зеркала и бипризма Френеля).

6. Интерференция при отражении от тонких пленок. Кольца Ньютона. Интерферометр Майкельсона. Понятие о голографии.

7. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Объяснение прямолинейного распространения света на основе зон Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и круглого экрана.

8. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки. Разрешающая способность микроскопа и телескопа.

9. Дифракция от пространственной структуры. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов. Понятие о рентгеноструктурном анализе. Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении на поверхности диэлектрика. Закон Брюстера. Поляризация света при рассеянии.

10. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенные и необыкновенные лучи. Волновые поверхности в одноосном кристалле. Интерференция поляризованных лучей. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации.

11. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия вещества. Групповая скорость света. Элементарная теория дисперсии. Связь между спонтанной дисперсией и поглощением света. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние света в среде. Закон Релея. Молекулярное и комбинационное рассеяние.

12. Тепловое излучение. Равновесный характер теплового излучения. Испускательная и поглощательная способность тел. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Гипотеза Планка. Формула Планка.

13. Фотоны. Энергия и импульс фотона. Давление света. Работы Лебедева. Опыт Боте. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Работы Столетова. Формула Эйнштейна. Эффект Комптона.

АТОМНАЯ ФИЗИКА.

1. Развитие взглядов на природу атома. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома. Закономерности в спектрах атомарного водорода. Спектральные серии. Обобщенная формула Бальмера. Постулаты Бора. Элементарная Боровская теория водородоподобного атома. Опыт Франка и Герца.

2. Волновые свойства микрочастиц. Соотношение Де-Бройля. Опыты по дифракции электронных, атомных и молекулярных пучков на кристаллах. Волновая функция микрочастиц. Уравнение Шредингера. Статистический смысл волновой функции. Мысленные опыты по дифракции электронов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

3. Атом водорода. Квантование энергии и момента импульса. Квантовые числа. Энергетические уровни. Вырождение. Распределение электронной плотности в атоме водорода. Излучение. Правила отбора.

4. Спин электрона. Связь момента импульса с магнитным моментом. Опыты Штерна и Герлаха по измерению магнитных моментов атомов. Собственный магнитный момент электрона. Спин электрона. Сложение моментов. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура уровней.

5. Многоэлектронные атомы. Квантовые числа электронов в многоэлектронных атомах. Принцип Паули. Периодическая система Д. И. Менделеева. Полный момент атома. Символы термов.

6. Оптические спектры атомов. Эффект Штарка. Эффект Зеемана. Вынужденное излучение. Лазеры. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.

7. Молекулы и кристаллы. Виды межатомных связей. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Индексы Миллера. Типы кристаллических решеток. Тепловые колебания атомов в кристалле. Фононы. Теплоемкость кристаллов. Электроны в кристалле. Энергетические зоны. Распределение Ферми. Изоляторы,

проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории. Электропроводность металлов. Сверхпроводимость.

8. Полупроводники. Собственная электронная и дырочная электропроводность полупроводников. Примесная проводимость. Доноры и акцепторы. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод и транзистор. Действие света на полупроводники.

9. Атомное ядро. Состав атомного ядра и его основные характеристики. Изотопы. Понятие о ядерном взаимодействии. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи и ее зависимость от массового числа. Деление и синтез атомных ядер. Ядерные реакции.

10. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада: альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение. Понятие об элементарных частицах.

ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

1. Классификация видов плазмы. Способы получения плазмы.
2. Реакция синтеза легких ядер. Управляемый термоядерный синтез.
3. Z-пинч.
4. Электродинамическое ускорение плазмы.
5. Равновесные концентрация и потенциал приэлектродной плазмы

ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

1. Принцип действия лазера.
2. Вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
3. Способы создания инверсной заселенности.
4. Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
5. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Диаграмма устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.1: Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие для вузов. 2012. 522 с.
2. Савельев И. В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2009. 570 с.
3. Савельев И. В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для вузов. 2012. 360 с.
4. Иродов И. Е. Волновые процессы: основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. 263 с.

5. Иродов И. Е. Квантовая физика: основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 256 с.
6. Иродов И. Е. Электромагнетизм. Основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 320 с.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.1: Физика атомного ядра. 2009. 383с.
8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.2: Физика ядерных реакций. 2008. 318 с.
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.3: Физика элементарных частиц. 2008. 412 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Физический энциклопедический словарь под редакцией А.М. Прохорова, 1983
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике: учебное руководство. М.: Наука. 1988. 335 с.

Согласовано:
Ученый секретарь

А.А. Ежов

