

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
экспериментальной физики



С.Н.Дроздин  
31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.09 - ФИЗИКА

**1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**

04.03.01 - Химия

**2. Профиль подготовки/специализации:** Прикладная химия

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма образования:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра экспериментальной физики

**6. Составители программы:** Дроздин Сергей Николаевич - д.ф.-м.н., профессор;

**7. Рекомендована:** Кафедрой экспериментальной физики 31.08.2021 г., №1

**8. Учебный год:** 2021/2022    **Семестры:** 2,3,4

**9. Цели и задачи учебной дисциплины**

*Целью учебной дисциплины является* формирование у студентов естественнонаучной картины мира на основе базовых знаний по фундаментальным разделам физики.

*Задачами учебной дисциплины являются:* освоение таких разделов физики, как механика, молекулярная физика, электродинамика, оптика, основы атомной и ядерной физики; умение использовать теоретические знания физических закономерностей при объяснении химических явлений, уметь применять практические навыки, полученные в ходе выполнения физического практикума, при работе со специализированным оборудованием в профессиональной деятельности.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к базовой части

Блока 1 программы бакалавриата 04.03.01-Химия

**Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям:** обучающийся должен в полном объеме знать школьный курс физики, уметь решать простейшие физические задачи.

**Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:** квантовая механика, физическая химия, дисциплины профессионального цикла.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

| Код     | Название компетенции   | Код индикатора | Планируемые результаты обучения  |
|---------|--|----------------|--|
| ОПК-4.1 | Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности | ОПК-4.1.1      | Знает фундаментальные разделы физики (механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, волновая и квантовая оптика, основы атомной и ядерной физики).             |
|         |  | ОПК-4.1.2      | Умеет планировать работы исследовательской направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний решения физических задач. |
|         |  | ОПК-4.1.3      | Владеет навыками анализа физических процессов, имеющих отношение к профессиональной деятельности.  |
| ОПК-4.2 | Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик          | ОПК-4.2.1      | Знает основы теории ошибок измерений.  |
|         |  | ОПК-4.2.2      | Умеет применять практические навыки, полученные в ходе выполнения физического практикума с применением методов компьютерной обработки.   |
|         |  | ОПК-4.2.3      | Владеет методикой обработки данных эксперимента  |
| ОПК-4.3 | Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений      | ОПК-4.3.1      | Знает основные физические законы механики, молекулярной физики, электричества, оптики и атомной физики   |
|         |  | ОПК-4.3.2      | Умеет использовать теоретические знания физических закономерностей при объяснении химических явлений.  |
|         |  | ОПК-4.3.3      | Владеет методиками анализа и обобщения при интерпретации наблюдаемых явлений.  |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах – 14 /504**

**Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой, экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы             |              | Трудоемкость (часы) |                 |              |                 |
|--------------------------------|--------------|---------------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                                |              | Всего               | По семестрам    |              |                 |
|                                |              |                     | 2 сем.          | 3 сем.       | 4 сем.          |
| Аудиторные занятия             |              | 260                 | 68              | 102          | 90              |
| в том числе:                   | Лекции       | 104                 | 34              | 34           | 36              |
|                                | Лабораторные | 156                 | 34              | 68           | 54              |
| Самостоятельная работа         |              | 208                 | 40              | 78           | 90              |
| Форма промежуточной аттестации |              | 36                  | Зачет с оценкой | Экзамен – 36 | Зачет с оценкой |
| Итого:                         |              | 504                 | 108             | 216          | 180             |

### 13.1 Содержание дисциплины.

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины                      | Содержание раздела дисциплины  |
|------------------|--|--|
| <b>1. ЛЕКЦИИ</b> |  |  |
| 1.1              | <b>Механика.<br/>Механические колебания и волны.</b> | <p><b><u>Тема 1. Введение. Кинематика и динамика материальной точки.</u></b></p> <p>Предмет и задачи физики. Место физики в естествознании. Методы физического исследования. Физические модели. Физические величины и их измерения.</p> <p>Относительный характер механического движения. Система отсчета. Криволинейное движение. Векторы перемещения, мгновенной скорости и мгновенного ускорения при криволинейном движении. Векторы нормального и тангенциального ускорений. Движение точки по окружности. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Связь между векторами линейной и угловой скорости.</p> <p>Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Импульс тела. Второй закон Ньютона. Импульс силы. Закон изменения импульса тела. Третий закон Ньютона. Основной закон динамики для системы материальных точек (системы тел). Замкнутые системы. Закон сохранения импульса.</p> <p>Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Неинерциальные системы отсчета, силы инерции.</p> <p><b><u>Тема 2. Работа и энергия.</u></b></p> <p>Работа силы. Кинетическая энергия и ее связь с работой. Потенциальные силы, работа в поле потенциальных сил. Потенциальная энергия. Связь силы с потенциальной энергией. Понятие градиента скалярной функции. Потенциальные кривые. Условие равновесия тел. Закон сохранения энергии в механике.</p> <p><b><u>Тема 3. Механика твердого тела.</u></b></p> <p>Вращение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент силы. Момент инерции материальной точки и тела. Момент импульса материальной точки и тела. Основной закон динамики (второй закон Ньютона) для вращательного движения. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося тела.</p> <p>Силы упругости. Механические деформации, упругие и неупругие деформации. Основные виды упругих деформаций. Механическое напряжение. Закон Гука для деформаций растяжения (сжатия) и сдвига. Энергия упруго деформированного тела.</p> <p><b><u>Тема 4. Колебания и волны.</u></b></p> <p>Квазиупругие силы. Уравнение движения одномерного гармонического осциллятора. Уравнение гармонического колебания и его характеристики (амплитуда, частота, период, фаза). Скорость и ускорение при гармоническом колебании. Энергия гармонического осциллятора.</p> <p>Сложение однонаправленных колебаний одинаковой частоты (метод векторных диаграмм). Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.</p> |

|     |   |  |
|-----|---|--|
|     |   | <p>Одномерный осциллятор с трением. Уравнение затухающих колебаний и его характеристики (амплитуда, период, декремент и логарифмический декремент затухания, коэффициент затухания, время релаксации). Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная частота.</p> <p>Волновой процесс. Волны в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской монохроматической волны. Волновое уравнение. Фазовая скорость волны. Интерференция волн. Стоячая волна. Уравнение и свойства стоячей волны.</p>  |
| 1.2 | <p><b>Молекулярная физика и термодинамика</b></p> | <p><b><u>Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов</u></b></p> <p>Термодинамические системы и способы их изучения. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Температура и ее молекулярно-кинетический смысл. Термодинамические параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа (Клапейрона-Менделеева). Газовые законы.</p> <p>Распределение молекул по скоростям. Функция распределения и ее физический смысл. Распределение Максвелла и его свойства. Характеристические скорости молекул газа.</p> <p>Идеальный газ во внешнем силовом поле. Барометрическая формула. Распределение молекул по потенциальным энергиям (распределение Больцмана) и его свойства.</p> <p>Внутренняя энергия системы, как функция состояния. Внутренняя энергия идеального газа. Число степеней свободы молекул Теорема Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы.</p> <p><b><u>Тема 2. Основы равновесной термодинамики.</u></b></p> <p>Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Теплота и работа, их отличие от внутренней энергии системы. Круговые процессы. Первое начало термодинамики.</p> <p>Теплоемкость. Классическая теория теплоемкости газов и ее недостатки.</p> <p>Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно и его КПД. Теоремы Карно. Второе начало термодинамики и его формулировки.</p> <p>Энтропия. Поведение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией (формула Больцмана). Статистический смысл второго начала термодинамики. Энтропия, как мера беспорядка.</p> <p>Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, потенциал Гиббса) их свойства и физический смысл. Канонические уравнения состояния вещества. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Общие критерии термодинамической устойчивости.</p> <p><b><u>Тема 3. Соударения молекул и явления переноса.</u></b></p> <p>Столкновения молекул. Эффективное сечение. Средняя длина свободного пробега, ее зависимость от давления и температуры.</p> <p>Общее уравнение переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение – уравнения, коэффициенты.</p> |

#### **Тема 4. Реальные газы и жидкости**

Силы межмолекулярного действия, их природа и свойства. Потенциальная кривая межмолекулярного взаимодействия. Уравнение и изотермы Ван-дер-Ваальса. Физический смысл постоянных в уравнении Ван-дер-Ваальса. Критическая температура, критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа.

1.3

**Электричество и магнетизм**

#### **Тема 1. Электростатика.**

Электрические заряды. Закон сохранения заряда. Точечные заряды. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Напряженность поля точечного заряда. Линии напряженности. Принцип суперпозиции.

Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса-Остроградского.

Работа сил электростатического поля по перемещению заряда. Потенциальный характер электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Разность потенциалов и потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Градиент потенциала и его связь с напряженностью поля.

Проводник в электрическом поле. Условие равновесия зарядов в проводнике. Емкость. Конденсаторы, Энергия и объемная плотность энергии электрического поля

Электрический диполь. Поле диполя. Поведение диполя во внешнем однородном и неоднородном поле.

Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков и ее виды. Поляризуемость молекул, диэлектрическая восприимчивость диэлектрика.. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации и его связь с поверхностной плотностью связанных зарядов. Поле в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции. Уравнение Клаузиуса-Мосотти. Пьезоэлектричество. Сегнетоэлектричество.

### **Тема 2. Постоянный электрический ток.**

Проводники. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока.

Классическая электронная теория проводимости твердых тел. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.

ЭДС. Закон Ома для участка и полной цепи. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца.

Понятие о зонной теории проводимости. Полупроводники. Собственная и примесная проводимости полупроводников,  $p$ - $n$  переход.

Работа выхода электрона из металла. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления.

### **Тема 3. Постоянное магнитное поле.**

Постоянное магнитное поле и его источники. Закон Ампера. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции. Магнитное поле прямого и кругового токов. Магнитный момент. Рамка с током в однородном магнитном поле.

Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитного поля.

Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.

Магнитное поле движущегося заряда.

### **Тема 4. Электромагнитная индукция.**

Основной закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Физическая природа ЭДС индукции. Вихревое электрическое поле. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.

### **Тема 5. Магнитное поле в веществе.**

Магнитное поле в веществе. Вектор намагниченности. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Атом в магнитном поле. Ларморова прецессия, теорема Лармора. Диамагнетизм. Магнитный момент атома. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

### **Тема 6. Электромагнитные колебания.**

Колебательный контур. Уравнения собственных электрических колебаний в контуре. Затухающие колебания, вынужденные колебания в контуре. Добротность контура.

Квазистационарные токи. Закон Ома для цепей переменного тока с омическим сопротивлением, емкостью, индуктивностью и для полной цепи. Резонанс напряжений.

### **Тема 6. Теория Максвелла. Электромагнитные волны.**

Гипотезы Максвелла. Ток смещения. Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны и их основные свойства. Плотность потока энергии и интенсивность волны.

|     |                         |  |
|-----|-------------------------|--|
| 1.4 | Оптика и атомная физика | <p><b><u>Тема 1. Волновые свойства света</u></b></p> <p>Электромагнитная природа света. Шкала электромагнитных волн. Развитие взглядов на природу света.</p> <p>Когерентные источники света. Интерференция световых волн. Способы получения интерференционной картины. Геометрическая и оптическая разности хода. Интерференция в тонких пленках. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Применение явления интерференции света.</p> <p>Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом диске и круглом отверстии.</p> <p>Дифракция Фраунгофера от одной щели и многих щелей. Дифракционная решетка, как спектральный прибор. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей.</p> <p>Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризатор и анализатор. Закон Малюса.</p> <p>Оптическая анизотропия. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах. Оптическая ось и главная плоскость кристалла. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Построения Гюйгенса в одноосных кристаллах.</p> <p>Получение и анализ эллиптически поляризованного света. Интерференция поляризованных лучей.</p> <p>Оптическая активность. Искусственная оптическая анизотропия.</p> <p>Классическая теория взаимодействия света с веществом. Нормальная и аномальная дисперсии. Формула Коши. Элементарная электронная теория дисперсии. Волновой пакет. Групповая скорость. Формула Рэлея.</p> <p><b><u>Тема 2. Квантовая природа света</u></b></p> <p>Тепловое излучение и его равновесный характер. Излучательная и поглощательная способности тела, энергетическая светимость. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Физический смысл функции Кирхгофа.</p> <p>Законы излучения абсолютно черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка для теплового излучения.</p> <p>Фотоэффект и его виды. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.</p> <p>Фотоны. Энергия, масса, и импульс фотона. Давление света. Эффект Комптона.</p> <p><b><u>Тема 3. Строение атома.</u></b></p> <p>Ядерная модель атома. Закономерности атомных спектров. Сериальные формулы. Обобщенная формула Бальмера. Теория Бора. для атома водорода.</p> <p>Тормозное и характеристическое рентгеновское излучения.</p> <p>Квантовые числа. Строение электронных оболочек атома.</p> <p><b><u>Тема 4. Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц.</u></b></p> <p>Состав и характеристики атомного ядра. Дефект масс и энергия связи ядра. Свойства и природа ядерных сил.</p> <p>Радиоактивный распад и его виды. Правила смещения. Закон радиоактивного распада. Постоянная распада и период</p> |
|-----|-------------------------|--|

|                                  |  |  |
|----------------------------------|--|--|
|                                  |  | <p>полураспада.<br/> Ядерные реакции, их виды. Тепловой эффект ядерной реакции.<br/> Простейшая классификация элементарных частиц.<br/> Античастицы. Фундаментальные силовые взаимодействия.</p>   |
| <b>2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ</b> |  |  |
| 2.1                              | <b>Механика. Колебания и волны</b>         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Техника безопасности при работе в лабораториях физического практикума.</li> <li>2. Погрешности измерений и их расчет</li> <li>3. Изучение законов поступательного движения</li> <li>4. Изучение законов динамики вращательного движения</li> <li>5. Изучение закономерностей упругого удара.</li> <li>6. Неупругий удар.</li> <li>7. Упругие свойства твердых тел. Закон Гука.</li> <li>8. Изучение свободных колебаний.</li> <li>9. Изучение стоячих звуковых волн</li> </ol> |
| 2.2                              | <b>Молекулярная физика и термодинамика</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение газовых законов.</li> <li>2. Изучение теплоемкости газов.</li> <li>3. Изучение вязкости газов.</li> </ol>   |

|     |                                  |  |
|-----|----------------------------------|--|
|     |                                  | 4. Определение вязкости жидкостей методом Стокса<br>5. Изучение поверхностного натяжения жидкостей и капиллярных явлений.  |
| 2.3 | <b>Электричество и магнетизм</b> | 1. Техника безопасности при работе с электроизмерительными приборами<br>2. Изучение электростатического поля<br>3. Определение удельного заряда электрона<br>4. Определение температурного коэффициента сопротивления металлов<br>5. Измерение сопротивлений мостиком Уитстона<br>6. Термопара. Определение коэффициента Зеебека<br>7. Изучение свободных электромагнитных колебаний<br>8. Активные и реактивные сопротивления в цепях переменного тока<br>9. Изучение явления резонанса в колебательном контуре<br>10. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний<br>11. Вольтамперная характеристика полупроводникового диода<br>12. Изучение свойств ферромагнетиков |
| 2.4 | <b>Оптика и атомная физика</b>   | 1. Изучение явления интерференции света.<br>2. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона.<br>3. Изучение явления дифракции света.<br>4. Изучение явления поляризации света.<br>5. Явление оптической активности.<br>6. Изучение явления дисперсии света.<br>7. Изучение законов теплового излучения.<br>8. Изучение явления фотоэффекта.<br>9. Определение показателя преломления жидкостей.<br>10. Изучение оптических спектров разреженных газов.<br>11. Определение постоянной Планка.<br>12. Опыт Франка-Герца.   |

### 13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

| № п/п | Наименование темы дисциплины                                | Виды занятий (количество часов) |              |                        |       |
|-------|---|---------------------------------|--------------|------------------------|-------|
|       |   | Лекции                          | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
|       | <b>Механика.<br/>Механические колебания и волны</b>         |                                 |              |                        |       |
| 1     | Тема 1. Введение. Кинематика и динамика материальной точки. | 7                               | 8            | 10                     | 25    |
| 2     | Тема 2. Механика твердого тела                              | 6                               | 8            | 9                      | 23    |
| 3     | Тема 3. Колебания и волны                                   | 6                               | 6            | 9                      | 21    |
|       | <b>Молекулярная физика и термодинамика</b>                  |                                 |              |                        |       |
| 4     | Тема 1. Молекулярно-  | 5                               | 4            | 9                      | 18    |

|               |  |            |            |            |            |
|---------------|--|------------|------------|------------|------------|
|               | кинетическая теория идеальных газов        |            |            |            |            |
| 5             | Тема 2. Основы термодинамики               | 7          | 4          | 9          | 20         |
| 6             | Тема 3. Реальные газы и жидкости           | 3          | 4          | 6          | 13         |
|               | <b>Электричество и магнетизм</b>           |            |            |            |            |
| 7             | Тема 1. Введение. Электростатика           | 10         | 18         | 24         | 52         |
| 8             | Тема 2. Постоянный электрический ток       | 8          | 22         | 22         | 52         |
| 9             | Тема 3. Постоянное магнитное поле          | 2          | 6          | 8          | 16         |
| 10            | Тема 4. Электромагнитная индукция          | 3          | 6          | 10         | 19         |
| 11            | Тема 5. Магнитное поле в веществе          | 4          | 6          | 8          | 18         |
| 12            | Тема 6. Электромагнитные колебания и волны | 7          | 10         | 18         | 35         |
|               | <b><u>Оптика и атомная физика</u></b>      |            |            |            |            |
| 13            | Тема 1. Волновые свойства света            | 16         | 32         | 26         | 74         |
| 14            | Тема 2. Квантовая природа света            | 8          | 12         | 14         | 34         |
| 15            | Тема 3. Строение атома                     | 4          | 10         | 12         | 26         |
| 16            | Тема 4. Элементы ядерной физики            | 8          |            | 14         | 22         |
| <b>Итого:</b> |  | <b>104</b> | <b>156</b> | <b>208</b> | <b>468</b> |

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При выполнении лабораторного практикума, при подготовке к коллоквиумам, зачетам и экзаменам обучающийся должен в обязательном порядке работать с рекомендованной учебной литературой в объеме часов не меньшем, чем предусмотрено учебным планом и рабочей программой, полноценно использовать групповые и индивидуальные консультации.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. - М.: Academia, 2015. – 557 с.         |
| 2     | Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - М.: Academia, 2015. - 719с. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 3     | Савельев И.В. Курс общей физики: Учебник в 3-х т. – Т.1. Механика. Молекулярная физика. / И.В. Савельев. – СПб. : Лань, 2019. – 432 с.  |
| 4     | Савельев И.В. Курс общей физики: Учебник в 3-х т. – Т.2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. / И.В. Савельев. – СПб. : Лань, 2019. – 468 с.  |
| 5     | Савельев И.В. Курс общей физики: Учебник в 3-х т. – Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. / И.В. Савельев. – СПб. : Лань, 2019. – 320 с. |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы

| № п/п | Ресурс  |
|-------|---|
| 1.    | <a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Электронная библиотека ВГУ  |
| 2.    | <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> - Электронно-библиотечная система IPRbooks                    |
| 3.    | <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> - Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" |
| 4.    | <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a> - научная электронная библиотека   |
| 5.    | <a href="http://edu.vsu.ru">edu.vsu.ru</a>  |

### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Практикум по механике: учебное пособие. И.Л. Глухов, Г. С. Григорян, С. Н. Дрождин — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .— 89 с.  |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика : лабораторный практикум / И. Л. Глухов, Г. С. Григорян, С. Н. Дрождин, А. М. Солодуха, А. П. Лазарев, А. С. Сидоркин .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .— 78 с.          |
| 3     | Физический практикум "Электрические и магнитные явления": учебное пособие для вузов. Ч. 1. И.Л. Глухов, Г.С.Григорян, С.Н. Дрождин А.М. Солодуха. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. – 99 с.                   |
| 4     | Физический практикум "Электрические и магнитные явления": учебное пособие для вузов. Ч. 2. И.Л. Глухов С.Н., Г.С.Григорян, С.Н. Дрождин, А.М. Солодуха – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. – 88 с.              |
| 5     | Курс общей физики: Лабораторный практикум по оптике : учебно-методическое пособие / составители : Л. П. Нестеренко, С. Н. Дрождин, А. М. Солодуха, Г. С. Григорян .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .— 172 с. |

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Лекционная аудитория, компьютер, проектор, экран, учебная и методическая литература, Учебное оборудование лабораторий общего физического практикума кафедры экспериментальной физики: модульные учебные комплексы МУК -М1, МУК-М2, МУК-МФТ. МУК-ЭМ2, МУК-ОВ. МУК-ОК

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

| № п/п   | Наименование раздела дисциплины (модуля)                            | Компетенция(и)                | Индикаторы достижения компетенции                           | Оценочные средства                     |
|---|---|-------------------------------|---|--|
| 1.  | Механика. Колебания и волны.<br>Молекулярная физика и термодинамика | ОПК-4.1<br>ОПК-4.2<br>ОПК-4.3 | 4.1.1-4.1.2-4.1.3<br>4.2.1-4.2.2-4.2.3<br>4.3.1-4.3.2-4.3.3 | Тест по механике и молекулярной физике |
| 2.  | Электричество и магнетизм   | ОПК-4.1<br>ОПК-4.2<br>ОПК-4.3 | 4.1.1-4.1.2-4.1.3<br>4.2.1-4.2.2-4.2.3<br>4.3.1-4.3.2-4.3.3 | Тест по электромагнитным явлениям      |
| 3.  | ОПК   | ОПК-4.1<br>ОПК-4.2<br>ОПК-4.3 | 4.1.1-4.1.2-4.1.3<br>4.2.1-4.2.2-4.2.3<br>4.3.1-4.3.2-4.3.3 | Тест по оптике и атомной физике        |
| Промежуточная аттестация<br>Форма контроля – зачет, экзамен |   | ОПК-4.1<br>ОПК-4.2<br>ОПК-4.3 | 4.1.1-4.1.2-4.1.3<br>4.2.1-4.2.2-4.2.3<br>4.3.1-4.3.2-4.3.3 | Комплекты КИМ 1-3                      |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: Тест по механике и молекулярной физике, Тест по электромагнитным явлениям, Тест по оптике и атомной физике

### ПРИМЕРЫ

#### Тестирование по теме: Механика и молекулярная физика

1. Какие из величин (скорость, сила, ускорение, перемещение) при механическом движении всегда совпадают по направлению?

1) сила и скорость, 2) сила и ускорение, 3) сила и перемещение, 4) ускорение и перемещение.

2. При увеличении в 3 раза расстояния между тяготеющими телами сила притяжения между ними:

1) увеличивается в 3 раза, 2) уменьшается в 3 раза, 3) увеличивается 9 раз, 4) уменьшается в 9 раз.

3. Тело совершает гармонические колебания с амплитудой 1 см и периодом 1 с. Определить максимальное значение ускорения тела.

1)  $\approx 0,7 \text{ м/с}^2$  2)  $\approx 0,4 \text{ м/с}^2$  3)  $\approx 0,2 \text{ м/с}^2$  4)  $\approx 0,5 \text{ м/с}^2$

4. Координата колеблющегося тела изменяется по закону  $x=5\cos[(\pi/2)t]$ . Чему равна частота колебаний  $\nu$ ?

А) 1 Гц Б) 0.25 Гц В) 2 Гц Г) 0.5 Гц

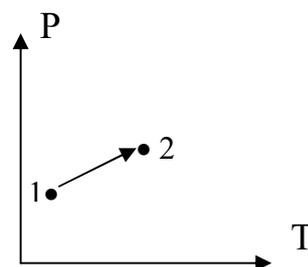
5. Какую работу надо совершить, чтобы заставить движущееся тело массой 2 кг увеличить скорость с 2 м/с до 5 м/с ?

1) 21 Дж 2) 32 Дж 3) 43 Дж 4) 54 Дж

6. Какой тип звуковых волн распространяется в жидкостях?

1) только продольные 2) только поперечные 3) продольные и поперечные 4) звуковые волны в жидкостях не распространяются

7. Какая работа произведена над 2 моль идеального одноатомного газа, если его температура увеличилась на 20 К. Процесс считать адиабатическим.  
 А)  $\approx 250$  Дж      Б)  $\approx 500$  Дж      В)  $\approx 750$  Дж      Г) Нет правильного ответа
8. Определить КПД тепловой машины, если известно, что за один цикл была произведена работа 3 кДж и холодильнику передано энергии 16 кДж.  
 А) 0.16      Б) 0.39      В) 0.23      Г) 0.28
9. Определить плотность кислорода при давлении 10 Па и температуре 27 °С.  
 А) 1.28 кг/м<sup>3</sup>      Б) 128 г/м<sup>3</sup>      В) 0.128 г/м<sup>3</sup>      Г) Нет правильного ответа.
10. При сообщении 2 молям идеального одноатомного газа 400 Дж теплоты его температура увеличилась на 10 К. Какую работу совершил при этом газ?  
 А) 151 Дж      Б) 141 Дж      В) 131 Дж      Г) нет правильного ответа
11. Газ перешел из состояния 1 в состояние 2. Как изменился при этом объем газа?  
 А) объем газа увеличился      Б) объем газа уменьшился  
 В) объем газа не изменился      Г) для идеального газа такой переход невозможен



12. В закрытом стеклянном сосуде и в стеклянном цилиндре с подвижным поршнем находятся по 2 моля кислорода. Одинаково ли нагреются газы, если передать им равное количество теплоты?  
 1) одинаково    2) в сосуде больше    3) в цилиндре больше    4) газы не нагреются

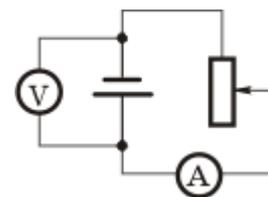
### Тестирование по теме: Постоянный ток и магнетизм

1. Определите формулу закона Ома в дифференциальной форме. ( $\gamma$  - удельная эл. проводимость)  
 а)  $j = \gamma / E$       б)  $j = \gamma \cdot E$       в)  $E = j \cdot \gamma$       г) правильный ответ не приведен
2. Перемещая заряд в первом проводнике, электрическое поле совершает работу 20 Дж. Во втором проводнике при перемещении вдвое большего заряда электрическое поле совершает работу 60 Дж. Отношение  $U_1/U_2$  напряжений на концах первого и второго проводника равно:  
 а) 3:1      б) 3:2      в) 1:3      г) 2:3
3. Квадратная рамка из тонкого провода со стороной  $a$  находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция поля убывает прямо пропорционально времени. Как изменится ЭДС индукции, возникающая в рамке, если  $a$  уменьшить в 2 раза?  
 а) Не изменится      б) Уменьшится в 4 раза      в) Увеличится в 4 раза      г) уменьшится в 2 раза
4. Куда направлен вектор магнитной индукции в точке А, которая лежит в плоскости сечения двух проводников с током на равном расстоянии от них?  
 а) влево      б) вправо      в) вверх      г) вниз

•

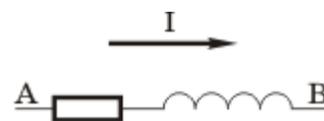


5. В электрической цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата переместили вверх. Как изменились показания амперметра и вольтметра?



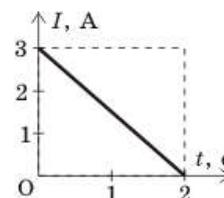
- а) Показания обоих приборов уменьшились б) Показания амперметра уменьшились, вольтметра увеличились в) Показания амперметра увеличились, вольтметра уменьшились г) Показания обоих приборов увеличились

6. В электрической цепи имеется участок, состоящий из последовательно соединенных резистора с сопротивлением  $R=0.1$  Ом и катушки с индуктивностью  $L=0.01$  Гн. В некоторый момент времени сила тока изменяется по закону  $I=5t$ . Чему равна разность потенциалов между точками А и В в момент времени  $t=0.1$  с.



7. На рисунке представлен график изменения силы тока в катушке с индуктивностью  $L = 6$  Гн. Величина ЭДС самоиндукции равна

- а) 4 В. б) 36 В. в) 0 В. г) 9 В.



8. Изменится ли, а если изменится, то как период обращения заряженной частицы в циклотроне при уменьшении ее скорости в 2 раза?

- а) Увеличится в 2 раза б) уменьшится в 4 раза в) Увеличится в 4 раза г) Не изменится

9. Металлическое кольцо расположено в горизонтальной плоскости. Сверху к нему приближают, а затем удаляют вертикально ориентированный магнитный стержень, обращенный южным полюсом в сторону кольца. Куда будет направлен индукционный ток в кольце в первом и во втором случае, если смотреть сверху?

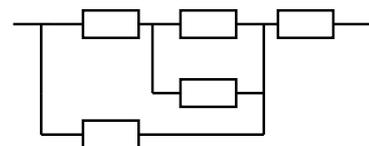
- а) в обоих случаях по час. стрелке б) сначала против час. стрелке, потом по час. стрелке в) в обоих случаях против час. стрелке г) сначала по час. стрелке, потом против

10. ЭДС батарейки от карманного фонаря равна 4 В. Какую работу совершают сторонние силы за 1 минуту, если сила тока равна 0,1 А ?

- А) 12 Дж. Б) 24 Дж. В) 54 Дж. Г) среди ответов А-В нет правильного

11. На рисунке показана схема соединения шести сопротивлений по 4 Ом каждое. Определить общее сопротивление.

- А) 8,2 Б) 6,4 В) 6,2 Г) правильный ответ не приведен.



### Тестирование по теме: Оптика

1. Определить период дифракционной решетки в мкм, если при нормальном падении на нее плоской монохроматической волны длиной 625 нм второй дифракционный максимум наблюдается под углом  $30^\circ$ .

- 1) 1.5 2) 2 3) 2.5 4) 3

2. Период дифракционной решетки равен 1.5 мкм. Определить максимальный порядок спектра, если на решетку нормально падает свет с длиной волны 500 нм.

- 1) 2 2) 3 3) 4 4) нет правильного ответа

3. Каков предельный угол падения луча света на границу стекло-вода?

$$n_{\text{стекла}} = 1.52; \quad n_{\text{воды}} = 1.33.$$

- 1)  $\arcsin 0.525$  2)  $\arcsin 0.875$  3)  $\arcsin 0.797$  4)  $\arcsin 0.629$

4. Если на волновой поверхности закрыть все четные зоны Френеля, то как изменится интенсивность света в точке наблюдения?

1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится      4) будет равна четверти интенсивности от первой зоны

5. Источники света когерентны если

1) их частоты отличаются в 2 раза      2) их фазы колебаний различны      3) разность фаз колебаний постоянна      4) нет правильного ответа

6. Разность хода двух интерферирующих лучей монохроматического света равна четверти длины волны. Определить в градусах разность фаз колебаний.

1) 60      2) 90      3) 120      Г) нет правильного ответа.

7. Под каким углом к горизонту находится Солнце, если лучи, отраженные от поверхности озера ( $n$  – показатель преломления воды) полностью поляризованы?

1)  $\arctg n$       2)  $p/2 - \arctg n$       3)  $p + \arctg n$       4)  $p - \arctg n$

8) Для оптически положительного кристалла, когда свет пропускают вдоль оптической оси, выполняется соотношение

1)  $n_o > n_e$       2)  $n_o < n_e$       3)  $n_o = n_e$       4)  $n_o = n_e/2$

9) Закон Малюса выражается формулой

1)  $I_A = I_p \cos \alpha$       2)  $I_p = I_A (\sin \alpha)^2$       3)  $I_A = I_p (\cos \alpha)^{1/2}$       4)  $I_A = I_p (\cos \alpha)^2$

10) Пленку какой толщины из LiF ( $n = 1.35$ ) нужно нанести на линзу объектива, чтобы добиться просветления оптики для длин волн вблизи 540 нм?

1) 1 мкм      2) 0.1 мкм      3) 10 нм      4) 1 нм

### Описание технологии проведения.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах выполнения лабораторных работ и тестирования. Для выполнения теста отводится 40 минут.

### Критерии оценок теста:

Отлично: более 80 % правильных ответов.

Хорошо: 61 – 80 % правильных ответов.

Удовлетворительно: 41 – 60% правильных ответов

Неудовлетворительно: менее 40% правильных ответов.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: зачет, экзамен: Комплекты КИМ 1-3

Примеры:

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ (КОМПЛЕКТ КИМ №1)

### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Относительный характер механического движения. Система отсчета. Криволинейное движение. Векторы перемещения, мгновенной скорости и мгновенного ускорения при криволинейном движении. Векторы нормального и тангенциального ускорений.
2. Распределение молекул по скоростям. Функция распределения и ее физический смысл.

### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Движение точки по окружности. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Связь между векторами линейной и угловой скорости.
2. Идеальный газ во внешнем силовом поле. Барометрическая формула. Распределение молекул по потенциальным энергиям (распределение Больцмана) и его свойства.

### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Первый закон Ньютона (закон инерции). Сила. Масса. Импульс тела. Второй закон Ньютона. Импульс силы. Закон изменения импульса тела. Третий закон Ньютона.
2. Термодинамические параметры, уравнение состояния. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона).

### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Работа силы. Кинетическая энергия и ее связь с работой. Потенциальные силы, работа в поле потенциальных сил. Потенциальная энергия. Связь силы с потенциальной энергией.
2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Температура и ее связь со средней кинетической энергией молекул газа.

### **Контрольно-измерительный материал № 5**

1. Вращение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент силы. Момент инерции материальной точки и тела. Момент импульса точки и тела.
2. Внутренняя энергия системы, как функция состояния. Внутренняя энергия идеального газа.

### **Контрольно-измерительный материал № 6**

1. Основной закон динамики для вращательного движения. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращающегося тела.
2. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Теплота и работа, их отличие от внутренней энергии системы. Круговые процессы. Первое начало термодинамики.

### **Контрольно-измерительный материал № 7**

1. Силы упругости. Механические деформации, упругие и неупругие деформации. Основные виды упругих деформаций. Механическое напряжение. Закон Гука для деформаций растяжения (сжатия) и сдвига. Энергия упруго деформированного тела.
2. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно. Теоремы Карно. Второе начало термодинамики и его формулировки

### **Контрольно-измерительный материал № 8**

1. Квазиупругие силы. Уравнение движения для одномерного гармонического осциллятора. Уравнение гармонического колебания и его характеристики
2. Поведение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса.

### **Контрольно-измерительный материал № 9**

1. Скорость и ускорение при гармоническом колебании. Энергия гармонического осциллятора.
2. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией (формула Больцмана). Статистический смысл второго начала термодинамики

### **Контрольно-измерительный материал № 10**

1. Сложение однонаправленных колебаний одинаковой частоты (метод векторных диаграмм).

2. Теплоемкость, виды теплоемкости. Связь между теплоемкостями идеального газа при постоянном давлении и постоянном объеме. Физический смысл универсальной газовой постоянной.

#### **Контрольно-измерительный материал № 11**

1. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
2. Число степеней свободы молекул Теорема Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

#### **Контрольно-измерительный материал № 12**

1. Одномерный осциллятор с трением. Уравнение затухающих колебаний и его характеристики (амплитуда, период, декремент и логарифмический декремент затухания, коэффициент затухания, время релаксации)
2. Распределение Максвелла и его свойства. Характеристические скорости молекул газа.

#### **Контрольно-измерительный материал № 13**

1. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная частота.
2. Внутренняя энергия и энтальпия как термодинамические потенциалы, их физическое содержание

#### **Контрольно-измерительный материал № 14**

1. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской монохроматической волны. Энергия волны.
2. Свободная энергия и потенциал Гиббса. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Общие критерии термодинамической устойчивости.

#### **Контрольно-измерительный материал № 15**

1. Волновое уравнение. Фазовая скорость монохроматической волны.
2. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение – уравнения, коэффициенты.

#### **Контрольно-измерительный материал № 16**

1. Возникновение и уравнение стоячей волны. Свойства стоячих волн.
2. Уравнение и изотермы Ван-дер-Ваальса. Физический смысл постоянных в уравнении Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (КОМПЛЕКТ КИМ №2)**

#### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Электрические заряды и их элементарные носители. Закон сохранения электрического заряда. Точечные заряды. Закон Кулона.
2. Энергия электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность электромагнитной волны.

#### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Понятие об электрическом поле Напряженность электрического поля. Поле точечного заряда. Линии напряженности. Принцип суперпозиции.
2. Первая и вторая гипотезы Максвелла как обобщение теорем о циркуляции напряженности электрического и магнитного полей.

#### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса-Остроградского.
2. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной форме. Их физический смысл.

#### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Потенциал и разность потенциалов. Потенциал поля точечного заряда. Эквипотенциальные поверхности.
2. Свободные незатухающие и затухающие колебания в колебательном контуре. Формула Томсона.

#### **Контрольно-измерительный материал № 5**

1. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля.
2. "Закон Ома" для участка цепи переменного тока с сопротивлением и емкостью. Сдвиг фаз между током и напряжением для этого случая. Емкостное сопротивление.

#### **Контрольно-измерительный материал № 6**

1. Напряженность электрического поля бесконечной равномерно заряженной плоскости.
2. "Закон Ома" для участка цепи переменного тока с сопротивлением, и индуктивностью. Сдвиг фаз между током и напряжением для этого случая. Индуктивное сопротивление.

#### **Контрольно-измерительный материал № 7**

1. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии электрического поля.
2. Свойства ферромагнетиков; температурная зависимость намагниченности, кривая намагничивания, петля гистерезиса, анизотропия магнитных свойств.

#### **Контрольно-измерительный материал № 8**

1. Электрический диполь: поле диполя на его оси и на перпендикуляре к его середине.
2. Магнитное поле в веществе. Молекулярные токи Ампера.

#### **Контрольно-измерительный материал № 9**

1. Вектор поляризации диэлектрика и его связь с поверхностной плотностью связанных зарядов.
2. Парамагнетик во внешнем магнитном поле. Парамагнитная восприимчивость. Закон Кюри.

#### **Контрольно-измерительный материал № 10**

1. Работа в электростатическом поле. Потенциальный характер электростатического поля.
2. Атом в магнитном поле. Ларморова прецессия, теорема Лармора. Диамагнетизм.

#### **Контрольно-измерительный материал № 11**

1. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость.
2. Магнитные свойства атома. Орбитальный и спиновый магнитные моменты электрона. Магнитный момент атома.

#### **Контрольно-измерительный материал № 12**

1. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект. Сегнетоэлектрики.
2. Теорема о циркуляции вектора индукции для магнитного поля в веществе. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость

#### **Контрольно-измерительный материал № 13**

1. Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Сторонние силы, ЭДС.
2. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса-Остроградского для магнитного поля.

#### **Контрольно-измерительный материал № 14**

1. Закон Ома для участка цепи без ЭДС, для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи постоянного тока.
2. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для ЭДС индукции. Правило Ленца.

### **Контрольно-измерительный материал № 15**

1. Положения классической электронной теории проводимости металлов. Закон Ома в дифференциальной форме (вывод).
2. Магнитное взаимодействие параллельных проводников с током. Единица силы тока (СИ)

### **Контрольно-измерительный материал № 16**

1. Электрическое поле в диэлектрике. Уравнение Клаузиуса-Мосотти для неполярных и полярных диэлектриков
2. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого тока.

### **Контрольно-измерительный материал № 17**

1. Поляризация диэлектриков и ее основные виды. Вектор поляризации (определение) и его связь с векторами напряженности и индукции электрического поля.
2. Понятие о магнитном поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции.

### **Контрольно-измерительный материал № 18**

1. Понятие о квантовой теории проводимости металлов. Энергетические уровни. Уровень Ферми, энергия Ферми.
2. Металлы, диэлектрики, собственные и примесные полупроводники, их проводимость с точки зрения зонных представлений.

### **Контрольно-измерительный материал № 19**

1. Вывод закона Джоуля-Ленца в классической электронной теории проводимости металлов.
2. Диамагнетик во внешнем магнитном поле. Диамагнитная восприимчивость

### **Контрольно-измерительный материал № 20**

1. Контактная разность потенциалов, причины ее возникновения. ТермоЭДС.
2. Магнитное поле движущегося электрического заряда. Ее особенности

### **Контрольно-измерительный материал № 21**

1. Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов в проводнике. Электрическая емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Энергия уединенного заряженного проводника.
2. Источники постоянного магнитного поля. Закон Ампера. Вектор магнитной индукции.

### **Контрольно-измерительный материал № 22**

1. Поведение диполя во внешнем однородном электрическом поле.
2. Работа в магнитном поле. Объемная плотность энергии магнитного поля.

### **Контрольно-измерительный материал № 23**

1. Переменный электрический ток. Условие квазистационарности. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для полной цепи переменного тока.
2. Взаимосвязь электрического и магнитного полей.

### **Контрольно-измерительный материал № 24**

1. Двойственная природа ЭДС индукции. Вихревое электрическое поле. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции.
2. Магнитный момент витка с током и его поведение во внешнем однородном магнитном поле.

### **Контрольно-измерительный материал № 25**

1. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции для магнитного поля в вакууме.
2. Действие магнитного поля на движущийся электрический заряд. Сила Лоренца и ее свойства.

### **Контрольно-измерительный материал № 26**

1. Следствия из теории Максвелла. Электромагнитные волны. Плоская монохроматическая электромагнитная волна, ее уравнение и основные свойства.
2. Понятие о резонансе напряжений в последовательной цепи переменного тока.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (КОМПЛЕКТ КИМ №3)**

### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Интерференция света и ее особенности. Условия интерференционных максимумов и минимумов
2. Эффект Комптона. Законы сохранения энергии и импульса при упругом соударении фотона и электрона.

### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Интерференция при отражении от тонких пластин. Потеря полуволны при отражении. Полная оптическая разность хода.
2. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Полосы равного наклона и полосы равной толщины. Кольца Ньютона.
2. Основное уравнение радиоактивного распада. Постоянная распада и ее физический смысл. Период полураспада.

### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Причины некогерентности естественных источников света. Способы осуществления когерентности в оптике - примеры.
2. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли

### **Контрольно-измерительный материал № 5**

1. Применения интерференции.
2. Фотоны. Масса и импульс фотона. Давление света

### **Контрольно-измерительный материал № 6**

1. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.
2. Квантовый характер теплового излучения. Формула Планка для теплового излучения.

### **Контрольно-измерительный материал № 7**

1. Дифракция в параллельных лучах на одной щели.
2. Формула Рэлея – Джинса для теплового излучения. Ультрафиолетовая «катастрофа»

### **Контрольно-измерительный материал № 8**

1. Дифракционная решетка. Условия дифракционных максимумов и минимумов
2. Абсолютно черное тело и законы его теплового излучения.

### **Контрольно-измерительный материал № 9**

1. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов.
2. Тепловое излучение и его равновесный характер. Излучательная и поглощательная способности тела, энергетическая светимость.

### **Контрольно-измерительный материал № 10**

1. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Показатель дисперсии
2. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Функция Кирхгофа и ее физический смысл.

### **Контрольно-измерительный материал № 11**

1. Основы классической электронной теории дисперсии.
2. Искусственная анизотропия. Эффект Керра (искусственное двойное лучепреломление)

### **Контрольно-измерительный материал № 12**

1. Поглощение света. Закон Бугера – Ламберта. Коэффициент поглощения и его физический смысл.
2. Поляризация света при отражении от диэлектрика. Закон Брюстера.

### **Контрольно-измерительный материал № 13**

1. Состав и характеристики атомного ядра. Дефект масс и энергия связи атомного ядра.
2. Двойное лучепреломление. Оптическая ось и главная плоскость одноосного кристалла. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Положительные и отрицательные кристаллы.

### **Контрольно-измерительный материал № 14**

1. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Поляризатор и анализатор. Закон Малюса.
2. Виды радиоактивного распада. Альфа-распад, его уравнение и характеристики.

### **Контрольно-измерительный материал № 15**

1. Классические представления о взаимодействии света с веществом.
2.  $\beta$ -распад, его виды и уравнения. Энергия  $\beta$ -электронов. Нейтрино.

### **Контрольно-измерительный материал № 16**

1. Дифракция в сферических волнах (дифракция Френеля) на круглом отверстии и круглом диске.
2. Спектр атома водорода. Спектральные закономерности. Обобщенная формула Бальмера. Постоянная Ридберга.

### **Контрольно-измерительный материал № 17**

1. Получение и анализ эллиптически поляризованного света. Частные виды эллиптической поляризации.
2. Основные свойства ядерных сил.

### **Контрольно-измерительный материал № 18**

1. Дифракция в сферических волнах (дифракция Френеля) на круглом диске.
2. Теория атома водорода по Бору. Постулаты Бора. Постоянная Ридберга в теории Бора.

### **Контрольно-измерительный материал № 19**

1. Кристаллическая пластинка между поляризатором и анализатором. Интерференция поляризованных лучей в монохроматическом свете.
2. Понятие о ядерных реакциях. Тепловой эффект ядерной реакции.

### **Контрольно-измерительный материал № 20**

1. Природа оптической анизотропии и происхождение двойного лучепреломления в одноосных кристаллах. Положительные и отрицательные кристаллы
2. Понятие о ядерных реакциях. Тепловой эффект ядерной реакции.

### **Контрольно-измерительный материал № 21**

1. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.
2. Природа ядерных сил.  $\pi$  – мезоны, как носители взаимодействия между нуклонами.

### **Контрольно-измерительный материал № 22**

1. Эллипсоиды лучевых скоростей в одноосных кристаллах. Построения Гюйгенса для одноосных кристаллов.
2. Корпускулярно-волновой дуализм света и микрочастиц. Волны де-Бройля и их свойства.

### **Контрольно-измерительный материал № 20**

1. Волновой пакет. Групповая скорость волны. Формула Рэлея для фазовой и групповой скорости.
2. Элементарные частицы. Четыре типа фундаментальных взаимодействий в природе, их сравнительная характеристика.

### **Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Отлично</b>             | Знание всех физических законов и явлений в объеме прослушанного курса. Умение выводить формулы. Способность свободно ориентироваться во всем материале.   |
| <b>Хорошо</b>              | Знание всех физических законов и явлений в объеме прослушанного курса. Умение выводить формулы. Способность свободно ориентироваться во всем материале. Возможны небольшие недочеты и неточности при выводе формул. |
| <b>Удовлетворительно</b>   | Знание основных физических законов и явлений в объеме прослушанного курса.  |
| <b>Неудовлетворительно</b> | Незнание основных законов физики, физического смысла физических величин и их единиц измерений   |

### **Описание технологии проведения.**

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

Критерии оценивания приведены выше.

### **ФОС ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

#### **1. ЗАКРЫТЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

1. Какие величины (скорость, сила, ускорение, перемещение) при механическом движении всегда совпадают по направлению?  
а) сила и скорость, б) сила и ускорение, в) сила и перемещение, г) ускорение и перемещение.
2. Закон сохранения импульса  $P = \text{const}$  выполняется:  
а) для замкнутой системы тел в инерциальных системах отсчета, б) для любой системы тел в инерциальных системах отсчета, в) для замкнутой системы тел в любых системах отсчета, г) для любой системы тел в любых системах отсчета.
3. В замкнутой механической системе сохраняется:  
а) кинетическая энергия, б) потенциальная энергия, в) сумма кинетической и потенциальной энергий, г) разность кинетической и потенциальной энергий.
4. Какие величины сохраняются для замкнутой системы тел?

а) Импульс, б) момент импульса, в) момент силы, г) момент инерции, д) произведение момента инерции на угловую скорость, е) полная энергия.

5. Свободные гармонические колебания совершаются под действием:

а) постоянной силы  $F = \text{const}$ ; б) упругой (квазиупругой) силы  $F = -kr$ ; в) силы, изменяющейся по гармоническому закону  $F = F_0 \cos \omega t$ , г) силы тяжести  $F = mg$ .

6. Уравнение монохроматической волны, распространяющейся вдоль оси  $x$ , имеет вид:

а)  $u(x,t) = x \cos(\omega t + \varphi)$ ; б)  $u(x,t) = A \cos(\omega t \pm kx)$ , в)  $u(x,t) = A \sin \omega(t \pm x/v)$ , г)  $u(x,t) = A \cos 2\pi(\nu t \pm x/\lambda)$ , где  $\nu$  - частота,  $v$  - скорость волны.

7. Какая средняя энергия  $\langle E \rangle$  приходится в состоянии термодинамического равновесия при температуре  $T$  на одну: а) поступательную, б) вращательную, в) колебательную степень свободы?

1) а,б,в:  $\langle E \rangle = k_B T / 2$ ; 2) а,б,в:  $\langle E \rangle = k_B T$ ; 3) а,б:  $\langle E \rangle = k_B T / 2$ , в:  $\langle E \rangle = k_B T$ ; 4) а,б:  $\langle E \rangle = k_B T$ , в:  $\langle E \rangle = k_B T / 2$ .

8. Что происходит с максимумом функции распределения Максвелла

$f(v) = 4\pi(m/2\pi kT)^{3/2} \cdot \exp(-mv^2/2kT)v^2$  при а) увеличении  $T$  ( $m = \text{const}$ ); б) увеличении  $m$  ( $T = \text{const}$ )?

1) а,б - не изменяется, 2) а,б - смещается влево и уменьшается, 3) а - смещается вправо и уменьшается, б - смещается влево и увеличивается.

9. В начальный момент времени некоторая замкнутая система неравновесна. Как будут меняться во времени вероятность  $W$  макросостояния системы и ее энтропия  $S$ ?

а) Обе растут, б) обе убывают, в)  $S$  растет,  $W$  убывает; г)  $S$  убывает,  $W$  растет.

10. Цикл Карно состоит из:

1) двух изотерм и двух изохор, 2) двух изохор и двух изобар, 3) двух изотерм и двух адиабат, 4) двух изобар и двух адиабат, 5) двух изотерм и двух изоэнтроп.

11. Электростатическое поле является потенциальным потому, что:

1) работа сил поля при перемещении заряда по замкнутому пути равна нулю; 2) работа сил поля по перемещению заряда не зависит от величины заряда; 3) работа сил поля по перемещению заряда из одной точки в другую не зависит от траектории движения заряда; 4) напряженность этого поля везде одинакова.

12. Поток вектора напряженности электрического поля через произвольную замкнутую поверхность окружающую систему зарядов  $q_1, q_2, \dots, q_N$ ,

1) нулю, 2) равен  $\text{const} \neq 0$ , 3) пропорционален алгебраической сумме зарядов, 4) пропорционален сумме абсолютных величин зарядов.

13. Вектор электрической индукции  $D$  связан с напряженностью электрического поля  $E$  в диэлектрике соотношением (в системе СИ):

а)  $D = \epsilon \epsilon_0 E$ , б)  $D = E / \epsilon \epsilon_0$ , в)  $D = \epsilon E$ , г)  $D = \epsilon_0 E / \epsilon$ .

14. Закон Ома в дифференциальной форме имеет вид:

а)  $j = \rho E$ ? б)  $j = \sigma E^2$ , в)  $j = \sigma E$ , г)  $j = E / \rho$ , где  $\rho$  - удельное сопротивление,  $\sigma$  - удельная электропроводность.

15. Какую природу не могут иметь сторонние силы, действующие в источнике электрической энергии?

1) Магнитную, 2) механическую, 3) химическую, 4) электростатическую, 5) тепловую, 6) могут иметь любую природу.

16. Магнитное поле создается:

1) неподвижными электрическими зарядами, 2) движущимися электрическими зарядами, 3) и неподвижными, и движущимися зарядами, 4) электрическими токами, 5) постоянным электрическим полем, 6) переменным электрическим полем.

17. Закон Био-Савара-Лапласа для стационарного магнитного поля, создаваемого элементом тока  $Idl$  в точке с радиус-вектором  $r$  записывается в виде:

а)  $dB = \mu \mu_0 [Idl, r] / 4\pi r^2$ , б)  $dB = \mu \mu_0 [Idl, r] / 4\pi r^3$ , в)  $dB = \mu \mu_0 [r, Idl] / 4\pi r^3$ , г)  $dB = \mu \mu_0 (Idl, r) / 4\pi r^3$ .

18. Согласно закону Ампера сила  $dF$ , с которой магнитное поле  $\mathbf{B}$  действует на элемент тока  $Idl$ , записывается в виде:

1)  $dF = Idl \cdot \mathbf{B}$ , 2)  $dF = [\mathbf{B}, Idl]$ , 3)  $dF = (Idl, \mathbf{B})$ , 4)  $dF = [Idl, \mathbf{B}]$ .

19. Чему с точностью до множителя  $\mu_0$  равна циркуляция вектора магнитной индукции вдоль произвольного замкнутого контура?

1) нулю, 2)  $\text{const} \neq 0$ ; 3) силе полного тока, текущего через поверхность, ограниченную контуром, 4) потоку вектора плотности тока, текущего через эту поверхность.

20. Сторонние силы, ответственные за ЭДС индукции, возникающей в неподвижном проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле, это:

а) сила Лоренца; б) сила Ампера; в) кулоновские силы; г) силы вихревого электрического поля.

21. Объемная плотность  $w$  энергии электрического  $\mathbf{E}$  и магнитного  $\mathbf{B}$  полей записывается в виде:

а)  $w_e = \varepsilon\varepsilon_0 E^2$ ,  $w_m = B^2/\mu\mu_0$ ; б)  $w_e = \varepsilon\varepsilon_0 E^2/2$ ,  $w_m = B^2/2\mu\mu_0$ ; в)  $w_e = E^2/2\varepsilon\varepsilon_0$ ,  $w_m = \mu\mu_0 B^2/2$ ; г)  $w_e = E^2/\varepsilon\varepsilon_0$ ,  $w_m = \mu\mu_0 B^2$ .

22. При помещении атома в магнитное поле  $\mathbf{B}$  вследствие прецессии электронных орбит с частотой  $\Omega = eB/2m$ , происходит:

а) ориентация орбитальных магнитных моментов  $\mathbf{p}_e$  всех электронов атома в направлении  $\mathbf{B}$ ; б) появление у атома дополнительного магнитного момента  $\mathbf{p}'_{\text{ат}} \uparrow \uparrow \mathbf{B}$ ; в) появление у атома дополнительного магнитного момента  $\mathbf{p}'_{\text{ат}} \uparrow \downarrow \mathbf{B}$ ; г) появление у атома дополнительного магнитного момента  $\mathbf{p}'_{\text{ат}} \perp \mathbf{B}$ .

23. Интерференция света – это результат наложения:

1) любых световых волн; 2) произвольно поляризованных световых волн, имеющих постоянную разность фаз; 3) световых волн с одинаковой амплитудой; 4) одинаково поляризованных световых волн с равными частотами.

24. Условие образования интерференционных максимумов:

а)  $\Delta = k\lambda/2$ , б)  $\Delta = (k + 1)\lambda/2$ , в)  $\Delta = k\lambda$ , г)  $\Delta = (2k + 1)\lambda/2$ ,

где  $\Delta$  – оптическая разность хода,  $\lambda$  – длина световой волны в вакууме,  $k$  – любое целое число.

25. Полосы равной толщины это интерференционная картина, возникающая: 1) при освещении плоскопараллельной пластинки пучком параллельных лучей; 2) при освещении пластинки переменной толщины пучком параллельных лучей; 3) при освещении плоскопараллельной пластинки пучком рассеянных лучей, 4) при освещении пластинки переменной толщины пучком рассеянных лучей.

26. Волновые поверхности обыкновенной и необыкновенной волн в одноосных кристаллах – это:

1) сфера и эллипсоид вращения; 2) сфера и трехосный эллипсоид; 3) эллипсоид вращения и трехосный эллипсоид; 4) концентрические сферы разного диаметра.

27. Векторы  $\mathbf{E}_o$  обыкновенной волны и  $\mathbf{E}_e$  необыкновенной волны в одноосных кристалла всегда колеблются:

1) оба вдоль оптической оси; 2) оба перпендикулярно оптической оси; 3)  $\mathbf{E}_o$  колеблется в главной плоскости кристалла,  $\mathbf{E}_e$  – перпендикулярно ей, 4)  $\mathbf{E}_o$  колеблется перпендикулярно главной плоскости кристалла,  $\mathbf{E}_e$  – в главной плоскости кристалла.

28. Абсолютный показатель преломления среды  $n$  связан с ее диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  соотношением:

1)  $n = \varepsilon^2$ ; 2)  $n = 1/\varepsilon$ ; 3)  $n = \varepsilon^{1/2}$ ; 4)  $n = \varepsilon - 1$ .

29. Тепловое излучение имеет место: 1) при температуре излучающего тела выше комнатной температуры, 3) если температура тела выше температуры окружающей среды, 4) при любой температуре не равной абсолютному нулю.

30. Как, согласно закону Стефана-Больцмана, зависит от температуры и длины волны энергетическая светимость абсолютно черного тела?

1)  $\sim T^2$ ,  $\sim 1/\lambda$ ; 2)  $\sim T^4$ , не зависит от  $\lambda$ ; 3)  $\sim T$ ,  $\sim \lambda^2$ ; 4) не зависит от  $T$ ,  $\sim \lambda^4$ .

31. Какая характеристика электрона в атоме водорода принимает квантованные (дискретные) значения в соответствии с одним из постулатов Бора?

1) Энергия, 2) импульс, 3) момент импульса.

32. Красная граница фотоэффекта это:

1) величина энергии светового кванта, равная работе выхода электрона, 2) минимальная частота, при которой возможен фотоэффект, 3) минимальная длина волны, при которой возможен фотоэффект.

33. Являются ли волны де Бройля электромагнитными волнами?

1) Да, но очень большой частоты, 2) нет, 3) да, их испускают только микрочастицы, движущиеся с ускорением.

## 1. ОТКРЫТЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Что такое система отсчета:

- а) точка в пространстве, относительно которой описывается движение
- б) система координат в пространстве, относительно которой описывается движение
- в) система координат и способ отсчета времени**

2. Куда направлен вектор угловой скорости:

- а) по часовой стрелке
- б) против часовой стрелки
- в) вдоль оси вращения в соответствии с правилом правой руки**

3. Что такое инерциальная система отсчета:

- а) это такая система, в которой выполняется 2-й закон Ньютона
- б) это такая система, в которой тело, не подверженное действию со стороны других тел, движется прямолинейно и равномерно**
- в) это система отсчета, связанная с декартовой системой координат

4. Что является мерой инертности тела:

- а) кинетическая энергия
- б) потенциальная энергия
- в) масса**
- г) импульс

5. Если система материальных точек замкнута и  $\vec{P}$  - полный импульс этой системы, то  $d\vec{P}/dt$ :

- а) = 0**
- б) есть действующая сила
- в) момент импульса этой системы

6. Если на тело действует консервативная сила  $\vec{F}$  и не действуют диссипативные силы (силы трения), то чему равна работа этой силы:

- а) потенциальной энергии тела
- б) импульсу тела
- в) изменению кинетической энергии тела**
- г) изменению потенциальной энергии тела

7. Что такое консервативные силы:

- а) силы, работа которых на замкнутой траектории равна нулю**
- б) силы, работа которых на замкнутой траектории не равна нулю
- в) силы, пропорциональные смещению от положения равновесия

8. Если потенциальная энергия тела в данном пространственном положении имеет максимум, то это положение

- а) устойчивого равновесия
- б) неустойчивого равновесия**

9. Что такое неравновесное состояние?

- а) состояние, в котором хотя бы один из термодинамических параметров не имеет определенного значения**
- б) состояние, к которому неприменимы законы термодинамики
- в) состояние, для которого время релаксации равно нулю

10. Обратимый процесс – это:

- а) переход из одного равновесного состояния в другое  
 б) процесс, происходящий бесконечно медленно  
 в) *такой процесс, когда при изменении его направления система проходит через те же равновесные состояния, что и при первоначальном ходе*
11. Как формулируется первое начало термодинамики ?  
 а)  $\delta Q = dU + \delta A$   
 б)  $\delta A = dU + \delta Q$   
 в)  $\delta Q = dU - \delta A$
12. От чего зависит внутренняя энергия идеального газа:  
 а) от температуры  
 б) от температуры и объема  
 в) *от температуры и количества вещества*
13. Что такое термодинамическая вероятность состояния системы?  
 а) число различных макросостояний, которыми описывается данное микросостояние  
 б) *число различных микросостояний, которыми описывается данное макросостояние*  
 в) вероятность реализации данного макросостояния
14. Какое утверждение верно?  
 а) работа в изохорическом процессе есть убыль свободной энергии  
 б) работа в адиабатическом процессе есть убыль свободной энергии  
 в) *работа в изотермическом процессе есть убыль свободной энергии*
15. Какое утверждение верно?  
 а) В критической точке пар является насыщенным  
 б) В критической точке находятся в равновесии паровая, жидкая и твердая фазы вещества  
 в) *В критической точке плотности пара и жидкости одинаковы*
16. Какое утверждение верно:  
 а) Потенциал это работа по перемещению заряда из данной точки в бесконечность  
 б) *Потенциал это работа по перемещению единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность*  
 в) Потенциал это сила, необходимая для перемещения единичного положительного заряда из точки 1 в точку 2
17. Заряд  $q$  находится в начале координат. Выберите правильное выражение для потенциала поля  $\varphi(r)$ , создаваемого этим зарядом в точке с радиус-вектором  $r$ .  
 а)  $\varphi(r) = q/4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2$   
 б)  $\varphi(r) = qr/4\pi\epsilon\epsilon_0$   
 в)  $\varphi(r) = q/4\pi\epsilon\epsilon_0 r$
18. Какое утверждение верно:  
 а) Напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю, если напряженность поля на поверхности проводника нормальна этой поверхности  
 б) Напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю, если напряженность поля на поверхности проводника касательна к этой поверхности  
 в) *Напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю*
19. Напряженность электрического поля в диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ :  
 а) *в  $\epsilon$  раз меньше напряженности поля в вакууме,*  
 б) в  $\epsilon$  раз больше напряженности поля в вакууме,  
 в) равна напряженности поля в вакууме,  
 г) меньше напряженности поля в вакууме в  $\epsilon-1$  раз.
20. Какое утверждение верно?  
 а) Работа по перемещению заряда в магнитном поле из некоторой точки по круговой траектории в ту же точку равна нулю  
 б) *Работа по перемещению заряда в магнитном поле из некоторой точки по круговой траектории в ту же точку не равна нулю*

- в) Работа по перемещению заряда в электростатическом поле из некоторой точки по круговой траектории в ту же точку не равна нулю
21. Что такое ЭДС индукции?
- Поток вектора магнитной индукции
  - Циркуляция вектора магнитной индукции
  - Циркуляция вектора напряженности электрического поля неэлектростатической природы**
22. Какое утверждение верно?
- Электрическое поле является вихревым
  - Электрическое поле является потенциальным
  - Электрическое поле может быть либо вихревым, либо потенциальным, в зависимости от источника его происхождения**
23. Магнитная проницаемость  $\mu$  зависит от температуры и напряженности магнитного поля:
- у диамагнетиков;
  - парамагнетиков;
  - ферромагнетиков;**
  - зависит от температуры у всех, а от напряженности только у ферромагнетиков.
24. Какое движение описывает уравнение  $m d^2x/dt^2 = -kx$  ?
- равноускоренное
  - равнозамедленное
  - гармоническое колебание**
  - с постоянной скоростью
25. От чего зависит амплитуда вынужденных колебаний?
- От частоты внешней силы
  - От частоты собственных колебаний
  - От частоты внешней силы и частоты собственных колебаний
  - От частоты внешней силы, частоты собственных колебаний и коэффициента затухания**
26. Что такое резонанс?
- Резкое возрастание амплитуды колебаний, вызванное ростом амплитуды вынуждающей силы
  - Резкое возрастание амплитуды колебаний, вызванное приближением частоты внешней силы к частоте собственных колебаний**
  - Резкое возрастание амплитуды колебаний, вызванное ростом частоты вынуждающей силы
27. Что определяет вектор Умова?
- направление переноса энергии в волне
  - направление и величину потока энергии в волне
  - направление и плотность потока энергии в волне**
28. Две волны называются когерентными, если
- они имеют одинаковую фазу
  - они имеют постоянную, не зависящую от времени разность фаз**
  - они имеют начальную одинаковую фазу
29. Электромагнитная волна является
- продольной
  - поперечной**
30. При падении естественного света под углом Брюстера на границу раздела двух сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ :
- отраженная и преломленная волны будут плоско-поляризованными.
  - только преломленная волна окажется плоско-поляризованной.
  - только отраженная волна окажется плоско-поляризованной.**
31. Закон Малюса имеет вид:
- $I_A = I_0 \cos^2 \alpha$ ;
  - $I_A = I_0 \sin^2 \alpha$ ;

в)  $I_A = I_P \cos^2 \alpha$ ;

г)  $I_A = (I_0/2) \cos^2 \alpha$ .

$I_0$  - интенсивность естественного света, падающего на поляризатор,  $I_P$  – интенсивность света, вышедшего из поляризатора,  $I_A$  – интенсивность света, вышедшего из поляризатора,  $\alpha$  – угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.

32. Оптическая ось кристалла – это:

а) единственная прямая, распространяясь вдоль которой свет не претерпевает двойного лучепреломления;

**б) направление в кристалле, вдоль которого отсутствует двойное лучепреломление;**

в) направление в кристалле, соответствующее максимальному различию скоростей обыкновенной и необыкновенной волны.

33. Каков смысл интеграла  $\int_0^\infty f(\omega, T) d\omega$ , где  $f(\omega, T)$  - универсальная функция Кирхгофа?

а) Это энергетическая светимость тела

**б) Это энергетическая светимость абсолютно черного тела**

в) Это испускательная способность абсолютно черного тела

34. Какая формула правильно описывает испускательную способность абсолютно твердого тела?

а) Формула Рэлея-Джинса

**б) Формула Планка**

в) Формула Стефана-Больцмана

35. Чем определяется красная граница фотоэффекта?

**а) Работой выхода**

б) Кинетической энергией фотоэлектронов

в) Работой выхода и кинетической энергией фотоэлектронов

36. Каков спектральный состав тормозного рентгеновского излучения?

а) В спектре присутствуют все частоты электромагнитных колебаний

б) Спектр ограничен со стороны низких частот электромагнитных колебаний

**в) Спектр ограничен со стороны высоких частот электромагнитных колебаний**

37. Эффект Комптона это:

**а) Изменение частоты рентгеновских лучей в результате рассеяния на веществе**

б) Явление рассеяния электронов веществом

в) Изменение де-бройлевской длины волны электронов при рассеянии их веществом

38. Как зависит энергия электрона в модели Бора от главного квантового числа  $n$ ?

а) пропорциональна  $n^2$

**б) пропорциональна  $n^{-2}$**

в) пропорциональна  $n$

39. Что такое гиромагнитное отношение?

а) Отношение момента импульса электрона к его магнитному моменту

**б) Отношение магнитного момента электрона к его моменту импульса**

в) Отношение магнитного момента электрона к магнетону Бора

40. Что такое электронная оболочка?

а) Совокупность электронов, имеющих одинаковое квантовое число  $l$

**б) Совокупность электронов, имеющих одинаковое квантовое число  $n$**

в) Совокупность электронов, имеющих одинаковое квантовое число  $m$

41. Какое утверждение верно?

а) нейтрон есть стабильная частица

**б) нейтрон стабилен только в составе ядра**

42. Какое утверждение верно?

**а) протон есть стабильная частица**

б) протон стабилен только в составе ядра

в) протон нестабилен

43. Зарядовое число это:

- а) число электронов в ядре  
**б) число протонов в ядре**  
 в) число нейтронов в ядре  
 г) суммарное число нейтронов и протонов в ядре
44. Массовое число это:  
 а) число электронов в атоме  
 б) число протонов в ядре  
 в) число нейтронов в ядре  
**г) суммарное число нейтронов и протонов в ядре**
45. Изотопы это:  
 а) ядра с одинаковыми массовыми числами  
 б) ядра с одинаковым числом нейтронов  
**в) ядра с одинаковым зарядовым числом и с различными массовыми числами**  
 г) ядра одного и того же элемента с одинаковым зарядовым числом и одинаковым числом нейтронов
46. Ядерные силы имеют следующие характеристики:  
 а) дальнodelействующие, зарядово-независимы, имеют способность к насыщению, не являются центральными  
**б) короткодействующие, зарядово-независимы, имеют способность к насыщению, не являются центральными**  
 в) короткодействующие, не обладают зарядовой независимостью, имеют способность к насыщению, не являются центральными  
 г) короткодействующие, обладают зарядовой независимостью, имеют способность к насыщению, не зависят от взаимной ориентации спинов

### ЗАДАНИЯ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

1. Камень бросают в горизонтальном направлении со скалы высотой 115 м. Он падает на землю на расстоянии 92,5 м от ее подножия. С какой скоростью был брошен камень?

**Решение.** Сначала вычислим время, через которое камень упал на землю.

Начальная скорость направлена горизонтально, так что вертикальная проекция скорости ( $v_{y0}$ ) равна нулю. В этом случае формула  $y = v_{y0}t - (1/2)gt^2$  запишется в виде  $y = - (1/2)gt^2$ . Поскольку  $y = -115$  м, то из этого выражения получаем:

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{230 \text{ м}}{9,80 \text{ м/с}^2}} = 4,84 \text{ с.}$$

Начальную скорость  $v_{x0}$  вычислим так:

$$v_{x0} = \frac{x}{t} = \frac{92,5 \text{ м}}{4,84 \text{ с}} = 19,1 \text{ м/с.}$$

2. Спутник вывели на круговую орбиту на высоте 200 км от поверхности Земли. Ускорение свободного падения на этой высоте составляет  $9,20 \text{ м/с}^2$ . Вычислите скорость спутника и период его обращения (время совершения одного оборота). Радиус Земли равен приблизительно 6400 км.

**Решение.** Радиус орбиты спутника равен  $(6400 \text{ км} + 200 \text{ км}) = 6600 \text{ км} = 6,6 \cdot 10^6 \text{ м}$ . Спутник имеет центростремительное (в направлении к центру Земли) ускорение  $a_{\text{цс}} = 9,20 \text{ м/с}^2$ . (Если бы у спутника не было этого ускорения, то он улетел бы по прямой, касательной к траектории движения.) Из выражения  $a_{\text{цс}} = v^2/r$  получаем

$$v = \sqrt{ra_c} = \sqrt{(6,6 \cdot 10^6 \text{ м})(9,20 \text{ м/с}^2)} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

Поскольку скорость  $v$  равна расстоянию, деленному на время, то время  $T$ , за которое спутник совершает один оборот (расстояние равно  $2\pi r$ ), равно:  
 $T = 2\pi r/v = 5,3 \cdot 10^3 \text{ с}$ , или 88 мин.

3. Стреляя из автомата АК-47, солдат испытывает отдачу: на него действует средняя сила  $F_{\text{ср}}$ , эквивалентная весу массы  $M = 6,4 \text{ кг}$ . Учитывая, что масса пули  $m = 7 \text{ г}$  и вылетает она с начальной скоростью  $v = 850 \text{ м/с}$ , определить скорострельность  $n$  автомата.

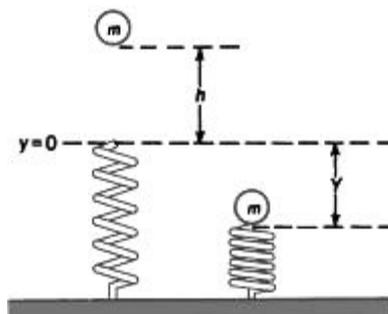
**Решение.** За время  $\Delta t$  выпускается  $\Delta N = n \cdot \Delta t$  пуль. Они уносят импульс  $\Delta p = mv \cdot \Delta N = mvn \cdot \Delta t$ . По закону сохранения такой же импульс передается автомату. Поэтому по второму закону Ньютона средняя сила отдачи равна:

$$F_{\text{ср}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = mvn.$$

По условию  $F_{\text{ср}} = Mg$ . Отсюда находим скорострельность оружия:

$$n = \frac{F_{\text{ср}}}{mv} = \frac{Mg}{mv} = \frac{6,5 \cdot 9,8}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 850} = 10,7 \text{ с}^{-1} \approx 642 \text{ мин}^{-1}.$$

4. Шар массой  $m = 2,6 \text{ кг}$  падает без начальной скорости с высоты  $h = 55 \text{ см}$  на расположенную вертикально пружину, которая при ударе сжимается (рис.). Если у пружины коэффициент упругости  $k = 12 \text{ Н/м}$ , то на какую максимальную длину сожмется пружина? Все расстояния будем измерять от точки соприкосновения шара с недеформированной пружиной ( $y = 0$ ).



**Решение.** Обозначим максимальную величину сжатия пружины через  $Y$ . Полная энергия системы шар-пружина в исходном состоянии  $E_1 = mgh$ . При максимальном сжатии пружины полная энергия:  $E_2 = (1/2)kY^2 - mgY$ . Первое слагаемое в правой части этого выражения представляет собой упругую, а второе – потенциальную энергию шара. Учтено, что шар, прежде чем упасть на пружину, пролетает по вертикали расстояние  $y_1 = h$ , а затем еще и расстояние  $y_2 = -Y$ , когда пружина сжимается. В конечной точке потенциальная энергия шара равна  $-mgY$ . В точках 1 и 2 кинетическая энергия равна нулю. Поскольку полная энергия сохраняется, т. е.  $E_1 = E_2$ , можно написать:  $mgh = (1/2)kY^2 - mgY$ , или  $(1/2)kY^2 - mgY - mgh = 0$ . Отсюда по известной формуле для корней квадратного уравнения находим  $Y$ :

$$Y = \frac{mg \pm \sqrt{m^2g^2 + 2mghk}}{k} = 1,1 \text{ м}.$$

Выбираем корень со знаком плюс, поскольку по предположению  $Y > 0$ . Корень со знаком минус  $Y = -0,36 \text{ м}$  соответствует тому, что связанные между собой шар и пружина подпрыгнули вверх на расстояние  $0,36 \text{ м}$  от недеформированного положения ( $y = 0$ ) пружины.

4. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки  $A = 2\text{ см}$ , полная энергия колебаний  $E = 3 \cdot 10^{-7}\text{ Дж}$ . При каком смещении от положения равновесия на колеблющуюся точку действует сила  $F = 2,25 \cdot 10^{-5}\text{ Н}$ ?

**Решение.** Полная энергия гармонических колебаний определяется формулой:

$E = \kappa A^2/2 = m\omega_0^2 A^2/2$  (1), а ускорение формулой:  $a = -\omega_0^2 x$  (2). По второму закону Ньютона действующая сила:  $F = ma = -m\omega_0^2 x$  (3). Из (1)  $m\omega_0^2 = 2E/A^2$ .

Тогда сила:  $F = -x \cdot 2E/A^2$ . Знак « $\leftarrow$ » указывает на то, что квазиупругая сила  $F$  направлена противоположно смещению  $x$ .

5. Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление  $p = 80\text{ кПа}$ , благодаря чему летчик считает высоту полета  $h$  неизменной. Однако температура воздуха изменилась на  $\Delta T\text{ К}$ . Какую ошибку  $\Delta h$  в определении высоты допускает летчик? Считать, что температура не зависит от высоты и что у поверхности Земли давление  $p_0 = 10^5\text{ Па}$ .

**Решение.** Воспользуемся барометрической формулой:

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu g h}{RT}}$$

Барометр в самолете может показывать неизменное давление  $p$  при различных температурах  $T_1$  и  $T_2$  за бортом только, если самолет находится на различных высотах  $h_1$  и  $h_2$ . Запишем барометрическую формулу для этих двух случаев:

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu g h_1}{RT_1}},$$

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu g h_2}{RT_2}}$$

Найдем отношение давлений  $p_0/p$  в этих уравнениях и обе части полученных равенств прологарифмируем:

$$\ln \frac{p_0}{p} = \frac{\mu g h_1}{RT_1},$$

$$\ln \frac{p_0}{p} = \frac{\mu g h_2}{RT_2}.$$

Из соотношений (2) выразим высоты  $h_1$  и  $h_2$  и найдем их разность:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{R \ln \left( \frac{p_0}{p} \right)}{\mu g} (\Delta T).$$

Подставляя числовые значения, входящих сюда величин получим:

$$\Delta h = \frac{8,3 \cdot \ln \left( \frac{10^5}{8 \cdot 10^4} \right)}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \cdot 1 = 6,5.$$

Проверка размерности:

$$[\Delta h] = \frac{[R] \cdot [T]}{[\mu] \cdot [g]} = \frac{\frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{К})} \text{К}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{К} \cdot \text{моль} \cdot \text{с}^2}{\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Н}} = \text{м}.$$

6. 12 г идеального газа занимают объем  $4 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$  при температуре  $7\text{ }^\circ\text{С}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равна  $6 \cdot 10^{-4}\text{ г/см}^3$ . До какой температуры нагрели газ?

**Решение.** Запишем уравнение Менделеева–Клапейрона для двух состояний газа:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1, \\ p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2. \end{cases}$$

Так как процесс изобарный:  $p_1 = p_2 = p = \text{const}$ , а плотность газа после нагревания  $\rho_2 = m/V_2$ , то эти уравнения примут вид:

$$\begin{cases} p V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1, \\ p = \rho_2 R \frac{T_2}{\mu}. \end{cases}$$

Откуда:

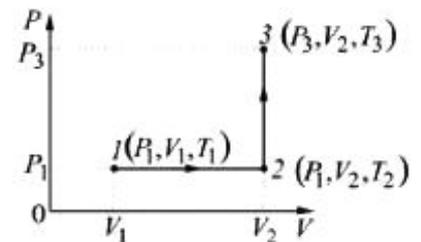
$$T_2 = \frac{m T_1}{V_1 \rho_2}, \quad T_2 = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 280}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 1400,$$

Проверка размерности:

$$[T] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{К} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right] = \text{К}.$$

7. Кислород массой  $m = 2$  кг занимает объем  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup> и находится под давлением  $P_1 = 0,2$  МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема  $V_2 = 3$  м<sup>3</sup>, а затем при постоянном объеме до давления  $P_3 = 0,5$  МПа. Найти изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа, совершенную им работу  $A$  и теплоту  $Q$ , переданную газу.

**Решение.** Построим график процесса.



Изменение внутренней энергии газа:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T,$$

где  $\Delta T = T_3 - T_1$  – разность температур газа в конечном и начальном состояниях. Эти температуры из уравнения Менделеева – Клайперона:

$$\begin{cases} T_1 = \frac{P_1 V_1 \mu}{m R}, \\ T_3 = \frac{P_3 V_2 \mu}{m R}. \end{cases}$$

Находим  $\Delta T$ , а затем  $\Delta U$ :

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R (P_3 V_2 - P_1 V_1) \frac{\mu}{m R} \quad \text{или} \quad \Delta U = \frac{i}{2} (P_3 V_2 - P_1 V_1),$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} (0,5 \cdot 10^6 \cdot 3 - 0,2 \cdot 10^6 \cdot 1) = 3,24 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Полная работа на участке 1-2-3:  $A = A_{1-2} + A_{2-3}$ . Работа газа, нагреваемого при постоянном объеме, равна нулю, т. е.  $A_{2-3} = 0$ . Следовательно, полная работа, совершаемая газом:  $A = A_{1-2} = P(V_2 - V_1)$ .  $A = 0,2 \cdot 10^6 (3 - 1) = 0,4 \cdot 10^6$  Дж. По первому началу термодинамики теплота  $Q$ , переданная газу, равна:

$$Q = \Delta U + A = 3,24 + 0,4 = 3,64 \text{ МДж}.$$

8. Шар радиусом  $R_1 = 6$  см заряжен до потенциала 300 В, а шар радиусом  $R_2 = 4$  см до потенциала 500 В. Найдите потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

**Решение.** Определим заряд шаров до и после соединения их проводником. Электрическая емкость шара  $C = q/\varphi = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$ , откуда его заряд  $q = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R\varphi$ . Заряды шаров до соединения их проводником:

$$\begin{cases} q_1 = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 \varphi_1, \\ q_2 = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R_2 \varphi_2. \end{cases}$$

После соединения проводником потенциалы шаров станут одинаковыми и равными  $\varphi$ , а их заряды, соответственно:

$$\begin{cases} q'_1 = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 \varphi, \\ q'_2 = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R_2 \varphi. \end{cases}$$

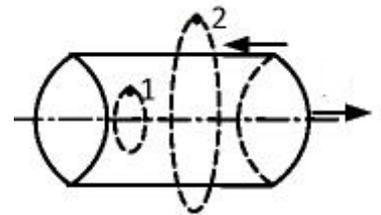
По закону сохранения электрического заряда:  $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ , или:

$$4\pi\epsilon\epsilon_0 (R_1 \varphi_1 + R_2 \varphi_2) = 4\pi\epsilon\epsilon_0 (R_1 + R_2) \varphi,$$

откуда:

$$\varphi = \frac{R_1 \varphi_1 + R_2 \varphi_2}{R_1 + R_2}; \varphi = 380 \text{ В.}$$

9. Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку радиуса  $R = 10$  мм, вдоль оси которой расположен тонкий провод. Силы токов  $I$  в трубке и в проводе равны и противоположно направлены. Определите магнитную индукцию в точках 1 и 2 (рисунок), удаленных от оси кабеля на расстояния  $r_1 = 5$  мм и  $r_2 = 15$  мм, если сила тока  $I = 0,5$  А.



**Решение.** Магнитное поле коаксиального кабеля обладает цилиндрической симметрией, т. е. магнитные силовые линии имеют форму окружностей, центры которых лежат на оси кабеля, а плоскости перпендикулярны оси. Это значит, что во всех точках магнитной силовой линии модуль вектора  $\mathbf{B}$  одинаков. Применим теорему о циркуляции вектора  $\mathbf{B}$ :

$$\oint \vec{B}_1 \cdot d\vec{l} = \oint B_1 dl \cos(\vec{B}_1 \wedge d\vec{l}) = B_1 \oint dl = 2\pi r_1 B_1 = \mu\mu_0 I.$$

В качестве контура интегрирования использовалась окружность, проходящая через точку 1. Так как вектор  $\mathbf{B}$  направлен по касательной к силовой линии, то  $\cos(\mathbf{B} \wedge d\vec{l}) = 1$ . Следовательно, магнитная индукция  $B_1$  на расстоянии  $r_1$  от оси кабеля:

$$B_1 = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r_1}; B_1 = 20 \text{ мкТл.}$$

Аналогично найдем  $B_2$ , используя в качестве контура интегрирования окружность, проходящую через точку 2, но так как этот контур интегрирования охватывает два равных и противоположно направленных тока, то алгебраическая сумма токов в уравнении равна нулю. Следовательно:

$$\oint B_2 dl \cos(\vec{B}_2 \wedge d\vec{l}) = B_2 \int_0^{2\pi r_2} dl = 2\pi r_2 B_2 = \mu\mu_0 (I - I) = 0.$$

Откуда  $B_2 = 0$ .

10. В однородной изотропной среде с  $\varepsilon = 2$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Найти фазовую скорость волны и амплитудное значение напряженности магнитного поля волны, если амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_0 = 24$  В/м

**Решение.** Фазовая скорость распространения волны:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \cdot v = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{2 \cdot 1}} \text{ м/с} = 2,12 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Связь между мгновенными значениями  $E$  и  $H$  в бегущей волне:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H.$$

Используя эту формулу для амплитудных значений  $E_0$  и  $H_0$ , получим:

$$H_0 = \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}}{\sqrt{\mu_0 \mu}} E_0 \cdot H_0 = \frac{\sqrt{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1}} \cdot 24 \text{ А/м} = 90 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$$

11. Максимум энергии в спектре излучения черного тела приходится на длину волны  $\lambda_{\max} = 0,80$  мкм. Найти энергетическую светимость поверхности тела.

**Решение.** По закону Стефана–Больцмана определим энергетическую светимость тела:  $R_3 = \sigma T^4$ . Абсолютную температуру  $T$  в этой формуле найдем по закону смещения Вина:  $\lambda_{\max} = b/T$ . Следовательно:

$$R_3 = \sigma \left( \frac{b'}{\lambda_{\max}} \right)^4 \cdot [R_3] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{К}^4}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4 \cdot \text{м}^4} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot R_3 = 5,67 \cdot 10^{-8} \left( \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 10^{-6}} \right)^4 = 9,8 \frac{\text{МВт}}{\text{м}^2}.$$

12. Найдите период  $T$  обращения электрона на первой боровской орбите атома водорода.

**Решение.** Согласно второму постулату теории Бора момент импульса электрона

$$mvr = nh/2\pi.$$

Сила взаимодействия между электрическими зарядами ядра и электрона сообщает электрону нормальное (центростремительное) ускорение:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r^2},$$

Из этих двух формул определим скорость  $v$  и радиус  $r$  электронной орбиты с номером  $n$ :

$$r = \frac{4\pi\varepsilon_0 \hbar^2 n^2}{me^2}, \quad v = \frac{n\hbar}{mr} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 \hbar n}.$$

Зная  $r$  и  $v$ , найдем период обращения:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{32\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 n^3}{me^4}; T = 1,5 \cdot 10^{-16} \text{ с.}$$