

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_  
(подпись) **Василенко В.Н.**  
(Ф.И.О.)

«30» мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика**

Направление подготовки

**06.03.01 Биология**

Направленность (профиль)

Пищевая микробиология

Квалификация выпускника

**бакалавр**

---

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

22 Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сфере технологий комплексной переработки мясного и молочного сырья);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности.

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: научно-исследовательский.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| № п/п | Код компетенции | Наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|-------|-----------------|---|--|
| 1     | ОПК-6           | Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии | ИД1 <sub>ОПК-6</sub> - Демонстрирует понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований |
|       |                 |   | ИД3 <sub>ОПК-6</sub> - Применяет методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии, прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности                         |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения (показатели оценивания)  |
|--|--|
| ИД1 <sub>ОПК-6</sub> - Демонстрирует понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований | Знает: основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований                            |
|  | Умеет: демонстрировать понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований |
|  | Владеет: навыками анализа информации, получаемой в физических экспериментах на основе закономерностей механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики          |
| ИД3 <sub>ОПК-6</sub> - Применяет методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии, прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности                         | Знает: методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии и прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности                                    |
|  | Умеет: применять методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии   |
|  | Владеет: навыками прогнозирования своей профессиональной деятельности  |

## 3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к модулю «Общеобразовательный» блока 1 ОП ВО. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины «Физика» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплины «Физика» в школе.

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин «Охрана природы»; «Физическая и коллоидная химия»; «Органическая химия»; «Науки о Земле», практической подготовки, подготовки выпускной квалификационной работы.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

| Виды учебной работы   | Всего ак. ч | Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч |
|---|-------------|--|
|   |             | 2 семестр                                      |
| Общая трудоемкость дисциплины                                 | 180         | 180  |
| <b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>          | <b>76,0</b> | <b>76,0</b>                                    |
| Лекции  | 36          | 36   |
| <i>в том числе в форме практической подготовки</i>            | -           | -  |
| Практические занятия  | 36          | 36   |
| <i>в том числе в форме практической подготовки</i>            | -           | -  |
| Консультации текущие  | 1,8         | 1,8  |
| Консультации перед экзаменом                                  | 2,0         | 2,0  |
| <b>Виды аттестации (экзамен)</b>                              | <b>0,2</b>  | <b>0,2</b>                                     |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                 | <b>70,2</b> | <b>70,2</b>                                    |
| Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 36,2        | 36,2   |
| Подготовка к коллоквиуму                                      | 4           | 4  |
| Подготовка к практическим работам                             | 30          | 30   |
| <b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>                       | <b>33,8</b> | <b>33,8</b>                                    |

#### 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                            | Содержание раздела  | Трудоемкость, часы |
|-------|--|---|--------------------|
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания и волны | 1. Кинематика поступательного и вращательного движения точки.<br>2. Динамика поступательного движения.<br>3. Динамика вращательного движения.<br>4. Работа и энергия. Законы сохранения в механике.<br>5. Элементы специальной теории относительности.<br>6. Свободные и вынужденные колебания. | 23,7               |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика                        | 1. Газовые законы. Основы молекулярно-кинетической теории газа.<br>2. Распределения Максвелла и Больцмана.<br>3. I начало термодинамики. Работа при изопроцессах.<br>4. Второе начало термодинамики. Энтропия. Циклы.   | 23,7               |
| 3     | Электростатика. Постоянный ток                             | 1. Электростатическое поле в вакууме.<br>2. Электростатическое поле в диэлектрике.<br>3. Электростатическое поле в присутствии проводников.<br>4. Законы постоянного тока.  | 23,7               |
| 4     | Электромагнетизм   | 1. Магнитное поле электрического тока. Магнитная индукция.<br>2. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила, действующая на движущийся заряд в магнитном поле.<br>3. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Взаимная индукция и самоиндукция.<br>4. Закон полного тока. Индуктивность соленоида.          | 23,7               |
| 5     | Волновая и квантовая оптика                                | 1. Интерференция и дифракция света.<br>2. Поляризация и дисперсия света.<br>3. Тепловое излучение. Фотоэффект.<br>4. Эффект Комптона. Световое давление.  | 23,7               |

|   |  |   |      |
|---|--|---|------|
| 6 | Элементы атомной физики и квантовой механики, физики атомного ядра и элементарных частиц | 1. Спектр атома водорода. Правило отбора.<br>2. Дуализм свойств микрочастиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.<br>3. Уравнения Шредингера.<br>4. Элементы физики твердого тела.<br>5. Ядро. Элементарные частицы.<br>6. Ядерные реакции.<br>7. Законы сохранения в ядерных реакциях.<br>8. Фундаментальные взаимодействия. | 23,7 |
|   |  | <i>Консультации текущие</i>   | 1,8  |
|   |  | <i>Консультации перед экзаменом</i>   | 2,0  |
|   |  | <i>Виды аттестации (зачет, экзамен)</i>   | 0,2  |
|   |  | <i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>   | 33,8 |

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Лекции, час                             | Практические занятия, час | СРО, час |
|-------|--|---|---------------------------|----------|
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания и волны   | 6                                       | 6                         | 11,7     |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика  | 6                                       | 6                         | 11,7     |
| 3     | Электростатика. Постоянный ток   | 6                                       | 6                         | 11,7     |
| 4     | Электромагнетизм   | 6                                       | 6                         | 11,7     |
| 5     | Волновая и квантовая оптика  | 6                                       | 6                         | 11,7     |
| 6     | Элементы атомной физики и квантовой механики. Элементы физики твердого тела, атомного ядра и элементарных частиц | 6                                       | 6                         | 11,7     |
|       |  | <i>Консультации текущие</i>             | 1,8                       |          |
|       |  | <i>Консультации перед экзаменом</i>     | 2,0                       |          |
|       |  | <i>Виды аттестации (зачет, экзамен)</i> | 0,2                       |          |
|       |  | <i>Подготовка к экзамену (контроль)</i> | 33,8                      |          |

### 5.2.1. Лекции

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                            | Тематика лекционных занятий  | Трудоемкость, час |
|-------|--|--|-------------------|
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания и волны | 1. Кинематика материальной точки при поступательном движении. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Импульс материальной точки.<br>2. Закон сохранения импульса. Работа при механическом движении. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения механической энергии. Элементы специальной теории относительности.<br>3. Кинематика и динамика вращательного движения тела. Механические колебания.<br>4. Элементы механики сплошных сред. Гидростатика. Гидродинамика вязкой жидкости  | 6                 |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика                        | 1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы. Распределения Максвелла и Больцмана для молекул. Явления переноса в газах.<br>2. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам для идеальных газов.<br>3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости идеального газа от вида процесса. Удельная и молярная теплоемкости. Уравнение Майера. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Политропный процесс. Тепловые машины. Цикл Карно. Второе начало термодинамики.<br>4. Энтропия. Закон изменения энтропии в естественных процессах. Третье начало термодинамики (Теорема Нернста - Планка). Термодинамическая вероятность состояния системы многих частиц. Связь энтропии с вероятностью состояния. Статистический смысл второго начала термодинамики. | 6                 |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|   |  | Понятие о термодинамике линейных неравновесных процессов в закрытых системах.<br>5. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовый переход газ-жидкость.   |   |
| 3 | Электростатика. Постоянный ток   | 1. Электрическое поле в вакууме. Напряженность, потенциал ЭП. Циркуляция вектора $E$ , поток вектора $E$ . Теорема Остроградского- Гаусса для ЭП. Применение теоремы Остроградского – Гаусса.<br>2. Электрическое поле в веществе. Диэлектрики. Электрическая емкость. Энергия электрического поля.<br>3. Законы постоянного тока. Закон Ома для однородной и неоднородной и цепей. ЭДС. Правила Кирхгофа. Электрический ток в различных средах.  | 6 |
| 4 | Электромагнетизм   | 1. Магнитное поле электрического тока. Магнитная индукция.<br>2. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила, действующая на движущийся заряд в магнитном поле.<br>3. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Взаимная индукция и самоиндукция.<br>4. Закон полного тока. Индуктивность соленоида.  | 6 |
| 5 | Волновая и квантовая оптика  | 5. Механические волны. ЭМ волны.<br>1. Интерференция света. Условие минимума и максимума. Полосы равной толщины и равного наклона.<br>2. Принцип Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля. Метод Зон Френеля. Дифракция света. Условие минимума и максимума. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Применение дифракции света.<br>3. Поляризация света. Закон Малюса. Применения поляризованного света. Оптически активные вещества.<br>4. Дисперсия (нормальная и аномальная), поглощение и рассеяние света. Закон Бугера – Ламберта.<br>5. Тепловое излучение. Законы теплового излучения. Внешний фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона.<br>6. Элементы релятивистской механики. Квантовая природа ЭМ излучения | 6 |
| 6 | Элементы атомной физики и квантовой механики. Элементы физики твердого тела, атомного ядра и элементарных частиц | 1. Элементы квантовой механики. Уравнение Шредингера и его применение. Принцип неопределенностей Гейзенберга. Квантование энергии в атомах и молекулах. Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.<br>2. Зонная теория твердых тел. Полупроводники. Диэлектрики, металлы.<br>3. Физика атомного ядра. Радиоактивность. Элементы атомной энергетики и физики элементарных частиц  | 6 |

### 5.2.2. Практические занятия

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Тематика практических занятий (семинаров)              | Трудоемкость, час |
|-------|--|--|-------------------|
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания и волны                               | Описание видов движения материальной точки             | 6                 |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика  | Графическое решение газовых законов                    | 6                 |
| 3     | Электростатика. Постоянный ток   | Определение основных характеристик электрического поля | 6                 |
| 4     | Электромагнетизм.  | Магнитное поле и его характеристики                    | 6                 |
| 5     | Волновая и квантовая оптика  | Кванты света   | 6                 |
| 6     | Элементы атомной физики и квантовой механики, физики атомного ядра и элементарных частиц | Движение заряженной частицы в электрическом поле       | 6                 |

### 5.2.3. Лабораторный практикум *не предусмотрены*

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Вид СРО   | Трудоемкость, час |
|-------|--|---|-------------------|
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания и волны   | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 5,7               |
|       |  | Подготовка к коллоквиуму                                      | 1                 |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |
| 2     | Молекулярная физика и термодинамика  | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 5,7               |
|       |  | Подготовка к коллоквиуму                                      | 1                 |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |
| 3     | Электростатика. Постоянный ток   | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 5,7               |
|       |  | Подготовка к коллоквиуму                                      | 1                 |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |
| 4     | Электромагнетизм и электротехника  | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 5,7               |
|       |  | Подготовка к коллоквиуму                                      | 1                 |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |
| 5     | Волновая и квантовая оптика  | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 6,7               |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |
| 6     | Элементы атомной физики и квантовой механики. Элементы физики твердого тела, атомного ядра и элементарных частиц | Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 6,7               |
|       |  | Подготовка к практическим занятиям                            | 5                 |

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Лозовский, В. Н. Курс физики : учебник : в 2 томах (гриф МО)/ В. Н. Лозовский. — 6-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 1 — 2022. — 576 с.

<https://e.lanbook.com/book/210284>

2. Лозовский, В. Н. Курс физики : учебник : в 2 томах (гриф МО) / В. Н. Лозовский. — 6-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 2 — 2022. — 608 с.

<https://e.lanbook.com/book/210287>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. — 13-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 1 : Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны — 2022. — 480 с.

<https://e.lanbook.com/book/210377>

2. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. — 12-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 2 : Электрические и электромагнитические явления — 2022. — 528 с. <https://e.lanbook.com/book/210380>

3. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. — 10-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Оптика. Атомная физика — 2022. — 656 с. <https://e.lanbook.com/book/210167>

4. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов (гриф УМО ВО) / В. А. Никеров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 558 с. <https://urait.ru/bcode/510319>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Буданов А.В., Титов С.А. Выполнение самостоятельной работы по физике: учебное пособие /А.В.Буданов, С.А.Титов. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 70 с. <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5349>

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

| Наименование ресурса сети «Интернет»                             | Электронный адрес ресурса   |
|--|---|
| Научная электронная библиотека                                   | <a href="http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp?">http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp?</a> |
| Образовательная платформа «Юрайт»                                | <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>   |
| ЭБС «Лань»   | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                               |
| АИБС «МегаПро»   | <a href="https://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web</a>     |
| Сайт Министерства науки и высшего образования РФ                 | <a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>                         |
| Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ» | <a href="http://education.vsuet.ru">http://education.vsuet.ru</a>                         |

### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен» и пр. (указать средства, необходимы для реализации дисциплины).

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение:

| Программы                               | Лицензии, реквизиты подтверждающего документа  |
|---|--|
| Adobe Reader XI                         | (бесплатное ПО)<br><a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>   |
| Альт Образование                        | Лицензия № ААА.0217.00<br>с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»   |
| Microsoft Windows 8                     | Microsoft Open License   |
| Microsoft Windows 8.1                   | Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г.<br><a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>   |
| Microsoft Office Professional Plus 2010 | Microsoft Open License<br>Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a><br><br>Microsoft Open License<br>Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a> |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Microsoft Office 2007 Standart | Microsoft Open License<br>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a> |
| Libre Office 6.1               | Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)   |

### **Справочно-правовые системы**

| <b>Программы</b>                               | <b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>   |
|--|--|
| Справочные правовая система «Консультант Плюс» | Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г. |

## **1. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

|   |  |
|---|--|
| <b>Учебная аудитория № 53 Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b>  | Мультимедийный проектор Epson EB-430 в комплекте с экраном 132x234 и креплением ELPMB27. Комплекты мебели для учебного процесса. Набор наглядных пособий.  |
| <b>Учебная аудитория № 40 Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b>  | Установка для проверки законов освещенности, установка для определения длины волны света, установка для определения длины световой волны при помощи дифракционной решетки; установка для изучения явлений поляризации, установка для изучения работы вакуумного фотоэлемента, установка для исследования зависимости сопротивления полупроводника и металла от температуры, установка для изучения полупроводникового диода, установка для определения коэффициента поглощений. Комплекты мебели для учебного процесса. Набор наглядных пособий. |
| <b>Учебная аудитория № 416 Помещение для самостоятельной работы обучающихся</b> | Компьютеры - 2 шт., ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса. Альт Образование 8.2 [Лицензия № AAA.0217.00 г. по «Бессрочно»], Libre Office 6.1 [Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)].  |

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
к рабочей программе

**1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной формы обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

| Виды учебной работы   | Всего ак. ч. | Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч. |
|---|--------------|---|
|   |              | 2 семестр                                       |
| Общая трудоемкость дисциплины                                 | 180          | 180   |
| <b>Контактная работа</b> в т.ч. аудиторные занятия:           | 20,8         | 20,8  |
| Лекции  | 12           | 12  |
| <i>в том числе в форме практической подготовки</i>            | -            | -   |
| Практические занятия  | 6            | 6   |
| <i>в том числе в форме практической подготовки</i>            | -            | -   |
| Консультации текущие  | 0,6          | 0,6   |
| Консультации перед экзаменом                                  | 2            | 2   |
| <b>Виды аттестации (экзамен)</b>                              | 0,2          | 0,2   |
| <b>Самостоятельная работа:</b>                                | 125,4        | 125,4   |
| Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям | 80,4         | 80,4  |
| Подготовка к коллоквиуму                                      | 5            | 5   |
| Подготовка к практическим работам                             | 40           | 40  |
| <b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>                       | <b>33,8</b>  | <b>33,8</b>                                     |

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**ФИЗИКА**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

| № п/п | Код компетенции | Наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|-------|-----------------|---|--|
| 1     | ОПК-6           | Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии | ИД1 <sub>ОПК-6</sub> - Демонстрирует понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований<br>ИД3 <sub>ОПК-6</sub> - Применяет методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии, прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения (показатели оценивания)   |
|--|---|
| ИД1 <sub>ОПК-6</sub> - Демонстрирует понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований | <b>Знает:</b> основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований                            |
|  | <b>Умеет:</b> демонстрировать понимание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований |
|  | <b>Владеет:</b> навыками анализа информации, получаемой в физических экспериментах на основе закономерностей механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики          |
| ИД3 <sub>ОПК-6</sub> - Применяет методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии, прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности                         | <b>Знает:</b> методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии и прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности                                    |
|  | <b>Умеет:</b> применять методы статистического оценивания и проверки гипотез в биологии   |
|  | <b>Владеет:</b> навыками прогнозирования своей профессиональной деятельности  |

## 2. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

| № п/п | Разделы дисциплины                                 | Индекс контролируемой компетенции (или ее части) | Оценочные средства                             |            | Технология/процедура оценивания (способ контроля)  |
|-------|--|--|--|------------|--|
|       |  |  | наименование                                   | №№ заданий |  |
| 1     | Физические основы механики. Механические колебания | ОПК-6  | Тест   | 1-36       | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|       |  |  | Собеседование (вопросы для коллоквиума)        | 59-78      | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|       |  |  | Собеседование (вопросы для практических работ) | 170-171    | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |

|   |                                     |       |  |                |  |
|---|-------------------------------------|-------|--|----------------|--|
| 2 | Молекулярная физика и термодинамика | ОПК-6 | Тест   | 9-15,<br>24-30 | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для коллоквиума)        | 79-98          | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для практических работ) | 172            | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
| 3 | Электростатика Постоянный ток       | ОПК-6 | Тест   | 31-34<br>38-41 | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для экзамена)           | 119-128        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для коллоквиума)        | 99-107         | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для практических работ) | 173-174        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
| 4 | Электромагнетизм                    | ОПК-6 | Тест   | 35-37<br>42-44 | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для коллоквиума)        | 108-118        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для экзамена)           | 119-135        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для практических работ) | 175-176        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
| 5 | Волновая и квантовая оптика         | ОПК-6 | Тест   | 45-48<br>53-58 | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|   |                                     |       | Собеседование (вопросы для коллоквиума)        | 136-149        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |

|   |  |       |  |                |  |
|---|--|-------|--|----------------|--|
|   |  |       | экзамена)                                      |                | тельно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |  |       | Собеседование (вопросы для практических работ) | 177-178        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
| 6 | Элементы атомной физики и квантовой механики, физики атомного ядра и элементарных частиц | ОПК-6 | Тест   | 49-52<br>59-60 | Компьютерное тестирование<br>Процентная шкала.<br>0-100 %;<br>0-59,99% - неудовлетворительно;<br>60-74,99% - удовлетворительно;<br>75- 84,99% -хорошо;<br>85-100% - отлично. |
|   |  |       | Собеседование (вопросы для практических работ) | 179-180        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |
|   |  |       | Собеседование (вопросы для экзамена)           | 150-169        | Проверка преподавателем<br>Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»  |

### 3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на практических занятиях, тестовые задания в виде решения контрольных работ на практических работах. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Обучающийся, набравший в семестре более 60 % от максимально возможной бально-рейтинговой оценки работы в семестре получает экзамен автоматически.

Студент, набравший за текущую работу в семестре менее 60 %, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен.

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования (экзамена).

Аттестация обучающегося по дисциплине/практике проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования (экзамена).

Каждый вариант теста включает 15 контрольных заданий, из них:

- 5 контрольных заданий на проверку знаний;
- 5 контрольных заданий на проверку умений;
- 5 контрольных заданий на проверку навыков.

Если экзамен проводится в виде устного ответа. Максимальное количество заданий в билете – 4.

- 1-3 контрольных вопросов на проверку знаний;
- 1-2 задачи на проверку умений и навыков.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности

по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене не учитываются.

### 3.1 Собеседование (вопросы к коллоквиуму)

ОПК-6 - Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

| № вопроса | Текст вопроса  |
|-----------|--|
| 1.        | <p>Система отсчета. Траектория. Скорость. Ускорение.</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Система отсчета - это совокупность неподвижных относительно друг друга тел (тело отсчёта), по отношению к которым рассматривается движение (в связанной с ними системе координат), и отсчитывающих время часов (системы отсчёта времени), по отношению к которым рассматривается движение каких-либо тел.</p> <p>Траектория - линия, которую описывает материальная точка при своем движении.</p> <p>Скорость</p> $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad [V] = \frac{m}{c},$ <p>Ускорение</p> $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}, \quad [a] = \frac{m}{c^2},$ |
| 2.        | <p>Прямолинейное и криволинейное движение. Ускорение нормальное и тангенциальное. Угловые скорость и ускорение</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Прямолинейное и криволинейное движение - движение, при котором центр масс тела движется, соответственно, по прямой и кривой линии.</p> $a_{\tau} = v \cdot \rho - \text{тангенциальное ускорение, направленное по касательной к траектории;}$ $a_n = v \cdot \rho' = \frac{v^2}{R} \rho$ <p>нормальное ускорение, направленное к центру кривизны траектории.</p>  |
| 3.        | <p>Системы отсчета инерциальные и неинерциальные. Ускорение и скорость при переносе из одной системы в другую.</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Инерциальная система отсчета - система отсчета, в которой все свободные тела движутся без ускорения или покоятся.</p> $\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{u}$ <p><math>\vec{v}_1</math> - скорость тела в одной системе отсчета, <math>\vec{v}_2</math> - скорость тела в другой системе отсчета, <math>\vec{u}</math> - скорость движения второй системы отсчета относительно первой</p> $\vec{a}_1 = \vec{a}_2$ <p><math>\vec{a}_1</math> - ускорение тела в первой системе отсчета <math>\vec{a}_2</math> - ускорение тела во второй системе отсчета</p>   |
| 4.        | <p>Законы Ньютона</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>1. Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить этот состояние: <math>\vec{a} = 0</math>.</p> <p>2. Скорость изменения импульса тела равна действующей на тело силе:</p>  |

|    |  |
|----|--|
|    | $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\vec{a}. \quad [F] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}.$ <p>Если <math>\vec{F} = 0</math>, то и <math>\vec{a} = 0</math>, таким образом, из 2-го получим 1-й закон Ньютона.</p> <p>3. Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению:</p> $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21},$ <p><math>\vec{F}_{12}</math> – сила, с которой 2-е тело действует на 1-е; <math>\vec{F}_{21}</math> – сила, с которой 1-е тело действует на 2-е.</p>   |
| 5. | <p>Импульс и закон его сохранения</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Справедлив для замкнутых систем тел - в которых для каждого тела, входящего в эту систему, все силы, действующие на него со стороны внешних по отношению к системе тел, взаимно уравновешиваются.</p> <p>Внутренние силы - силы взаимодействия между входящими в замкнутую систему телами.</p> $\sum_{i=1} m_i \vec{v}_i = \text{const}, \quad \text{или} \quad \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} = 0, \quad \text{откуда} \quad \vec{p} = \text{const}. \quad [p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$ <p>Закон сохранения импульса - полный импульс замкнутой системы тел с течением времени не меняется.</p> |
| 6. | <p>Работа силы, мощность</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p><math>dA = \vec{F}d\vec{S}</math> - работа, совершаемая силой <math>\vec{F}</math> на пути <math>d\vec{S}</math>.</p> <p><math>dA = F \cos \alpha dS</math>,</p> <p>где <math>\alpha</math> - угол между направлением силы и направлением перемещения точки приложения силы.</p> <p>Работа результирующей нескольких сил равна алгебраической сумме работ, совершаемых каждой из сил в отдельности:</p> $N = \frac{dA}{dt} = \vec{F}\vec{v}, \quad [N] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт},$ <p>где <math>N</math> - мощность - это работа, совершаемая в единицу времени.</p>   |
| 7. | <p>Механическая энергия(потенциальная, кинетическая) и закон ее сохранения</p> <p><b>Ответ:</b></p> $W_k = \frac{mV^2}{2}$ <p>- кинетическая энергия тела массой <math>m</math>, движущегося со скоростью <math>V</math>.</p> $A_{12} = W_{k2} - W_{k1} = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2}$ <p>- работа результирующей всех сил, действующих на частицу, идет на приращение кинетической энергии частицы. <math>[W_k] = \text{Дж}</math>.</p> <p>Потенциальная энергия механической системы <math>W_p</math> обусловлена взаимным расположением тел, действующих друг на друга.</p>   |

|     |   |
|-----|---|
|     | <p><math>[W_n] = \text{Дж}</math>. <math>\vec{F} = -\text{grad } W_n</math></p> <p>- связь потенциальной энергии с силой, действующей на материальную точку.<br/> <math>dA = -dW_n</math>. <math>W_n = mgh</math></p> <p>- потенциальная энергия тела массой <math>m</math>, поднятого на высоту <math>h</math>.</p> $W_{II} = \frac{kx^2}{2}$ <p>- потенциальная энергия пружины, сжатой на величину смещения <math>x</math>, имеющей коэффициент упругости <math>k</math>.</p> <p>Закон сохранения и превращения энергии</p> $W = W_k + W_{II} = \frac{mV^2}{2} + W_{II} = \text{const.}$ <p>Полная энергия изолированной системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной энергий, неизменна. При движении тела происходит непрерывное превращение кинетической энергии в потенциальную и обратно в эквивалентных количествах.</p>                         |
| 8.  | <p>Диссипативные и консервативные силы и поле последних</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Сила <math>\vec{F}</math>, действующая на материальную точку или поступательно движущееся тело, называется консервативной, если работа, совершаемая этой силой при перемещении из одного произвольного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло. Работа консервативных сил связана с изменениями потенциальной энергии системы<br/> <math>dA = -dW_n</math></p> <p>Работа против диссипативных сил приводит к превращению механической энергии в энергию беспорядочного теплового движения частиц тел.</p>   |
| 9.  | <p>Момент силы, основной закон динамики ТТ.</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Момент силы (момент силы относительно точки; также: крутящий момент, вращательный момент, вертящий момент, вращающий момент) — векторная физическая величина, характеризующая действие силы на механический объект, которое может вызвать его вращательное движение. Определяется как векторное произведение радиус-вектора точки приложения силы и вектора силы.</p> <p>Сумма моментов всех сил, действующих на тело равна произведению момента инерции тела на его угловое ускорение основной закон динамики вращательного движения</p> $\sum M = I\beta$   |
| 10. | <p>Момент инерции разных ТТ, теорема Штерна</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Момент инерции - сумма произведений всех материальных точек системы на квадраты их расстояний до оси вращения.</p> <p>Момент инерции стержня длины <math>l</math> и массы <math>m</math> относительно оси, проходящей через его центр</p> $I = \frac{ml^2}{12}$ <p>Момент инерции стержня длины <math>l</math> и массы <math>m</math> относительно оси, проходящей через его край</p> $I = \frac{ml^2}{3}$ <p>Момент инерции диска массы <math>m</math> и радиуса <math>r</math></p> $I = mr^2/2$ <p>Теорема Штейнера</p> $I_a = I_c + ma^2$ <p>где <math>I_a</math> - момент инерции тела относительно выбранной оси вращения, <math>I_c</math> - момент инерции тела относительно оси вращения, проходящей через центр тела, <math>m</math> - масса тела, <math>a</math> - расстояние</p> |

|     |   |
|-----|---|
|     | между осями.  |
| 11. | <p>Колебания: закон движения, скорость, ускорение, уравнение гармонических колебаний</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Уравнение гармонических колебаний (закон движения):<br/> <math>y = y_0 \sin(\omega t + \varphi_0)</math><br/> Скорость и ускорение<br/> <math>v = y_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0)</math><br/> <math>a = -y_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)</math></p>  |
| 12. | <p>Маятники: пружинный, математический, физический</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Период колебаний пружинного маятника<br/> <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}</math> <math>m</math>- масса, <math>k</math>-коэффициент упругости пружины<br/> Период колебаний математического маятника<br/> <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}</math> <math>l</math>- длина, <math>g</math> - ускорение свободного падения<br/> Период колебаний физического маятника<br/> <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg l}}</math> <math>I</math> - момент инерции маятника относительно оси вращения <math>m</math>- масса<br/> <math>l</math> - расстояние от точки подвеса до точки приложения силы тяжести, т.е. до центра масс тела.</p>  |
| 13. | <p>Затухающие колебания</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Уравнение затухающих колебаний<br/> <math>y = y_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0)</math><br/> <math>\beta</math> - коэффициент затухания</p>  |
| 14. | <p>Вынужденные колебания, сложение колебаний. Связанные колебания</p> <p><b>Ответ:</b><br/> <i>Вынужденные колебания</i> - колебания, происходящие под воздействием внешних периодических сил. Если на материальную точку массой <math>m</math>, колебание которой дано в виде<br/> <math>y = y_0 e^{-\beta t} \sin \omega t</math><br/> действует периодическая внешняя сила<br/> <math>F = F_0 \sin \omega t</math>, то колебания точки будут вынужденными и уравнение ее движения примут вид<br/> <math>y = y_0 \sin(\omega t + \varphi_0)</math><br/> где<br/> <math display="block">y_0 = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}</math> и<br/> <math display="block">\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\beta \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}</math> При сложении двух одинаково направленных колебаний одинакового периода получается колебание того же периода с амплитудой<br/> <math display="block">A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}</math> и с начальной фазой<br/> <math display="block">\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}</math></p> |
| 15. | <p>Механические свойства ТТ. Закон Гука, модуль Юнга. Пластическая и упругая деформация</p> <p><b>Ответ:</b></p>  |

Механические свойства твердого тела - упругость, прочность и ряд других. Они отражаются соответствующими параметрами тела - коэффициентом упругости, пределом прочности и т.д. Упругая деформация твердого тела обратима. Например, сжатая пружина при снятии упора восстанавливает прежнюю длину. На тело, сжимающее данное твердое тело, например пружину, со стороны последнего действует сила упругости:

$$F_{\text{упр}} = -k \cdot \Delta l$$

где  $\Delta l$  - деформация пружины,  $k$  - коэффициент упругости. Он зависит от геометрических размеров тела, поэтому вместо него часто используют модуль Юнга, характеризующий материал, из которого изготовлено деформируемое тело.

Модуль Юнга связан с коэффициентом упругости. Например, в случае стержня, концам которого приложены равные по модулю и противоположные по величине силы  $F_1$  и  $F_2$  ( $F_1 = F_2 = F_{\text{упр}}$ ) он равен:

$$E = \frac{k \cdot l}{S}$$

где  $l$  - длина стержня,  $S$  - площадь его поперечного сечения. Упругие деформации могут быть самые разнообразные - деформации сжатия, изгиба, кручения и т.д.

Кроме силы упругости, с которой деформированное тело действует на другие тела, в механике используется понятие механического напряжения, возникающего в деформированном теле.

Оно определяется согласно формуле:

$$P = \frac{F_{\text{упр}}}{S}$$

Между механическим напряжением и относительным удлинением деформированного тела

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

имеется взаимосвязь, называемая законом Гука:

$$P = E \cdot \epsilon$$

Пластическая деформация необратима. Пластичность — способность материала без разрушения получать большие необратимые деформации. Мерой пластичности являются относительное удлинение  $\delta$  или относительное сужение  $\psi$ , определяемые при проведении испытаний на растяжение. Чем больше  $\delta$ , или  $\psi$ , тем более пластичным считается материал. Аналогичные испытания могут быть проведены на сжатие тела, и тогда следует измерять необратимое сокращение длины или необратимое относительное расширение.

16. Механические волны. Волновое уравнение

**Ответ:**

Механическая волна или упругая волна – возмущение (колебание), распространяющееся в упругой среде. К механическим волнам также относят звук в газах или жидкости - колебания давления газа или жидкости, распространяющиеся в пространстве. Дифференциальное волновое уравнение для плоской волны

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$y$  - отклонение физической величины, совершающей колебания от положения равновесия,  $x$  - координата в направлении распространения волны,  $v$  - скорость распространения волны,  $t$  - время.

Решением дифференциального волнового уравнения является уравнение плоской волны:

$$y = y_0 \sin(\omega t - kx)$$

Здесь  $k$  – волновое число

$$k = \frac{\omega}{v}$$

Длиной волны  $\lambda$  называется кратчайшее расстояние между точками волны, колеблющимися в одной фазе

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

17. Преобразования Галилея и Лоренца

**Ответ:**

*Преобразования Галилея*

При переходе от одной инерциальной системы отсчета положение тела, определяемое его радиус-вектором, изменяется согласно преобразованиям Галилея

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}t, \quad t' = t$$

где  $\vec{r}$  и  $\vec{r}'$  - радиус-векторы точки М в инерциальных системах отсчета  $\bar{K}$  и  $\bar{K}'$ ,  $\vec{v}$  - скорость системы  $\bar{K}$  относительно системы  $\bar{K}'$ ,  $t$  - время в системе  $\bar{K}$ ,  $t'$  - время в системе  $\bar{K}'$ .

Преобразования Лоренца применяются при скоростях движения, сопоставимых со скоростью света. Декартовы координаты движущего тела определяются из соотношений:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' &= y, & y &= y' \\ z' &= z, & z &= z' \\ t' &= \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & t &= \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

где  $x, y, z$  - координаты точки М в системе отсчета  $\bar{K}$ ,  $x', y', z'$  - координаты точки М в системе отсчета  $\bar{K}'$ ,  $t$  - время в системе отсчета  $\bar{K}$ ,  $t'$  - время в системе отсчета  $\bar{K}'$ .

18. Релятивистская механика

**Ответ:**

Если тела движутся со скоростями, близкими к световой, то законы Ньютона не выполняются, но выполняются законы релятивистской механики. Координаты и время рассчитываются по уравнениям

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' &= y, & y &= y' \\ z' &= z, & z &= z' \\ t' &= \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & t &= \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

где  $x, y, z$  - координаты точки М в системе отсчета  $\bar{K}$ ,  $x', y', z'$  - координаты точки М в системе отсчета  $\bar{K}'$ ,  $t$  - время в системе отсчета  $\bar{K}$ ,  $t'$  - время в системе отсчета  $\bar{K}'$ .

длина тела по формуле  $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ , где  $l_0$  - длина стержня, покоящегося в системе отсчета  $\bar{K}'$ ,  $l$  -- длина стержня, в системе отсчета  $\bar{K}$ , относительно которой он движется вдоль оси ОХ со скоростью  $v$ .

19. Энергия вращательного движения ТТ и закон ее сохранения

**Ответ:**

Энергия вращательного движения твердого тела

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

где  $I$  - момент инерции твердого тела,  $\omega$  - его угловая скорость

$$E_{k2} - E_{k1} = A$$

|     |   |
|-----|---|
|     | Изменение кинетической энергии вращающегося тела равно работе сил, приложенных к этому телу - закон сохранения энергии вращательного движения.  |
| 20. | <p>Момент импульса и его закон сохранения</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Момент импульса<br/> <math>L = I\omega</math><br/> где <math>I</math> - момент инерции твердого тела, <math>\omega</math> - его угловая скорость<br/> Для замкнутой системы<br/> <math>\vec{L} = const</math> - закон сохранения момента импульса<br/> Момент импульса замкнутой системы относительно любой неподвижной точки не изменяется со временем.</p>  |
| 21. | <p>Основные положения МКТ газа</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Основные положения МКТ<br/> 1. Вещество состоит из мельчайших частиц (атомов и молекул)<br/> 2. Частицы вещества непрерывно хаотически движутся<br/> 3. Частицы вещества могут взаимодействовать друг с другом</p>   |
| 22. | <p>Основное уравнение МКТ газа</p> <p><b>Ответ:</b> Основное уравнение МКТ газа</p> $p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$ <p><math>p</math> - давление газа, <math>n</math> - его концентрация (<math>n = \frac{N}{V}</math>, где <math>N</math> - число молекул в объеме <math>V</math> газа), <math>m</math> - масса молекулы, <math>v</math> - усредненная скорость молекул.</p>  |
| 23. | <p>Работа газа. Степени свободы. Теорема Больцмана</p> <p><b>Ответ:</b><br/> Работа газа<br/> <math>\delta A = p dV</math> - работа газа при изменении его объема<br/> Числом степеней свободы <math>i</math> тела называется наименьшее число независимых координат, которые необходимо задать для того, чтобы полностью определить положение тела в пространстве.<br/> Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы (теорема Больцмана): на каждую степень свободы молекулы в среднем приходится одинаковая кинетическая энергия, равная <math>\frac{1}{2} kT</math>.</p> $W_{kcp} = \frac{i}{2} kT.$   |
| 24. | <p>Статистика Максвелла-Больцмана: основные положения, распределение по составляющим импульса молекул</p> <p><b>Ответ:</b><br/> В статистике Максвелла- Больцмана функция распределения молекул газа по скоростям имеет вид:</p> $\frac{dn}{n} = \frac{4V^2}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m}{2kT} \right)^{3/2} e^{-mV^2/2kT} dV.$ <p>Она показывает, какая доля <math>\frac{dn}{n}</math> общего числа молекул данного газа обладает скоростью в интервале от <math>V</math> до <math>V + dV</math>. Максимуму на графике соответствует <math>V_B</math> - наиболее вероятная скорость;</p> $V_B = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$ <p>Если <math>T_2 &gt; T_1</math>, то с увеличением температуры максимум кривой смещается в сторону больших ско-</p> |

|     |   |
|-----|---|
|     | ростей, а его абсолютная величина уменьшается.  |
| 25. | <p>Статистика Максвелла-Больцмана :распределение по модулю импульса и скорости молекул, распределение молекул в силовом поле</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>В статистике Масвелла - Больцмана распределению молекул в силовом поле отвечает распределение Больцмана частиц по высотам или по потенциальным энергиям во внешнем потенциальном поле:</p> $n = n_0 e^{-mgh/kT} = n_0 e^{-W_n/kT}$ <p>Здесь <math>n</math> - концентрация газа на высоте <math>h</math> или в точке внешнего силового поля с потенциальной энергией <math>W_n</math>, <math>n_0</math> - концентрация газа на нулевой высоте или в точке внешнего силового поля с нулевой потенциальной энергией, <math>m</math> -масса молекулы, <math>T</math> -температура, <math>k</math> - постоянная Больцмана, <math>g</math> -ускорение свободного падения.</p>  |
| 26. | <p>Длина свободного пробега и частота соударений молекул газа</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Совершая беспорядочное движение, молекулы газа сталкиваются друг с другом. Расстояния, проходимые ими от одного столкновения до другого, различны. Из-за большого числа этих столкновений в течение 1 с и хаотичности самого движения можно пользоваться средними значениями: <math>\bar{z}</math> - среднее число столкновений и <math>\bar{\lambda}</math> - средняя длина свободного пробега (путь, проходимый молекулой от одного соударения до другого).</p> $\bar{z} = 4\sqrt{2}\pi r^2 n_0 \bar{V}_a,$ <p>где <math>r</math> - радиус молекулы, <math>n_0</math> - концентрация, <math>\bar{V}_a</math> - средняя арифметическая скорость движения молекул.</p> $\bar{\lambda} = \frac{\bar{V}_a}{z} \quad \bar{\lambda} = \frac{1}{4\sqrt{2}\pi r^2 n_0} \quad [\bar{z}] = c^{-1}, \quad [\bar{\lambda}] = m$   |
| 27. | <p>Явление переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Явления переноса возникают в газах в результате нарушения полной хаотичности движения молекул. Эти нарушения могут быть вызваны пространственной неоднородностью плотности, температуры или скорости упорядоченного перемещения отдельных слоев газа. Движение молекул выравнивает эти неоднородности, и в газе возникают особые процессы, называемые явлениями переноса:</p> $dm = \frac{1}{3} \bar{\lambda} \bar{V}_a \frac{d\rho}{dx} dS dt - \text{уравнение диффузии, где } \frac{d\rho}{dx} - \text{градиент плотности вещества}$ <p>вдоль оси <math>x</math>, <math>dS</math> - элементарная площадка, через которую за время <math>dt</math> переносится масса вещества, <math>dm</math>;</p> $F = \frac{1}{3} \rho \bar{\lambda} \bar{V}_a \frac{dU}{dz} dS - \text{уравнение для силы внутреннего трения (вязкости), где } F - \text{сила}$ <p>внутреннего трения, <math>\frac{dU}{dz}</math> -градиент скорости движения слоев вещества вдоль оси <math>Z</math>;</p> $\delta Q = \frac{1}{3} \rho C_V \bar{\lambda} \bar{V}_a \frac{dT}{dx} dS \cdot dt - \text{уравнение теплопроводности, где } \delta Q - \text{количество теплоты,}$ <p>переносимое через площадку <math>dS</math> за время <math>dt</math>, <math>\frac{dT}{dx}</math> - градиент температуры в направлении оси <math>x</math>, <math>\rho</math> - плотность вещества, <math>C_V</math> - удельная теплоемкость вещества при постоянном объеме.</p> |
| 28. | <p>Первое начало термодинамики, работа и внутренняя энергия</p> <p><b>Ответ:</b></p>  |

|     |   |
|-----|---|
|     | <p>Согласно первому закону термодинамики, который звучит следующим образом: теплота сообщенная системе, расходуется на приращение внутренней энергии системы и совершение системой работы над внешними силами, различные виды энергии могут переходить друг в друга, но при этих превращениях энергия не исчезает и не появляется из ничего. Это означает, что для замкнутой системы</p> $\Delta U = \Delta Q - W,$ <p>где <math>\Delta U</math> – изменение внутренней энергии системы; <math>\Delta Q</math> – тепло, поглощенное системой; <math>W</math> – работа, совершаемая системой. Внутренняя энергия отличается от теплоты и работы тем, что она всегда меняется одинаково при переходе из одного состояния в другое независимо от пути перехода.</p>  |
| 29. | <p>Теплоемкость газа</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Теплоемкостью газа называется количество теплоты, сообщаемой газу для нагревания его на <math>1^\circ \text{K}</math>.</p> $c = \frac{dQ}{dt}$ <p><math>c</math> - удельная теплоемкость системы (газа), т. е. количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг газа на 1 К.<br/> <math>C = Mc</math> - молярная теплоемкость системы, т. е. количество теплоты, необходимое для нагревания 1 моля газа на 1 К.<br/> В общем случае<br/> <math>\delta Q = mcdT</math> - количество теплоты, сообщенное системе при таком ее нагревании, что температура изменяется на величину <math>dT</math>.</p>   |
| 30. | <p>Процессы: изотермический, изобарический, изохорический</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Изопроцессы - процессы в газах, при которых один из трех параметров состояния (давление <math>p</math>, объем <math>V</math> или температура <math>T</math>) сохраняется постоянным.</p> <p>1. Изохорный процесс. <math>V = \text{const}</math>.</p> $\delta A = pdV; \quad dV = 0; \quad \delta A = 0; \quad A = 0 \quad \delta Q = dU$ <p>– первое начало термодинамики для изохорного процесса.</p> $\delta Q = dU = \frac{m}{M} C_V dT,$ <p>где <math>C_V</math> - молярная теплоемкость при постоянном объеме; <math>C_V = \frac{i}{2} kT</math></p> <p><math>\delta Q</math> - неполный дифференциал количества теплоты; <math>\delta A</math> - неполный дифференциал величины работы, совершаемой системой против внешних сил.</p> <p>2. Изобарный процесс. <math>P = \text{const}</math>.</p> $\delta Q = \frac{m}{M} C_p dT; \quad dU = \frac{m}{M} C_V dT;$ $\delta A = pdV;$ $\frac{m}{M} C_p dT = \frac{m}{M} C_V dT + pdV$ <p>– первое начало термодинамики для изобарного процесса.</p> $\frac{m}{M} (C_p - C_V) dT = pdV; \quad pdV = \frac{m}{M} R dT.$ <p><math>C_p - C_V = R</math> – уравнение Майера,<br/> где <math>C_p</math> - молярная теплоемкость при постоянном давлении.</p> <p>Изотермический процесс. <math>T = \text{const}</math></p> $dU = \frac{m}{M} C_V dT = 0; \quad dT = 0;$ |

|     |   |
|-----|---|
|     | $\delta Q = \delta A$ – первое начало термодинамики для изотермического процесса.<br>$Q = A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{M} RT \frac{dV}{V} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}.$  |
| 31. | <p>Процессы: адиабатический, политропический</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Адиабатический процесс Адиабатическим изменением состояния системы называется такое изменение, которое протекает без обмена теплом между системой и окружающими телами.</p> $\delta Q = 0, \quad dU + \delta A = 0$ – первое начало термодинамики для адиабатного процесса. <p>Из уравнения первого начала термодинамики для адиабатного процесса, Клапейрона-Менделеева, Майера путем ряда математических преобразований можно получить:</p> $pV^{C_p/C_v} = \text{const.}$ <p>Обозначим <math>\frac{C_p}{C_v} = \gamma</math> - показатель адиабаты или коэффициент Пуассона.</p> $pV^\gamma = \text{const}$ – уравнение Пуассона или уравнение адиабаты. <p>Из этой формулы с помощью уравнения Клапейрона-Менделеева можно получить другие формы уравнения Пуассона:</p> $pT^{\gamma/\gamma-1} = \text{const}; \quad TV^{\gamma-1} = \text{const}.$ <p>Политропный процесс — термодинамический процесс, во время которого теплоёмкость газа остаётся неизменной.</p> |
| 32. | <p>Тепловая и холодильная машины</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Работу тепловой и холодильной машин можно проследить в следующем цикле, состоящим из четырех обратимых процессов: двух изотермических (1 - 1', 2 - 2'), и двух адиабатных (1' - 2, 2' - 1).</p> <p>Газ в процессе 1 - 1' находится в тепловом контакте и равновесии с телом, имеющим температуру <math>T_1</math>. Это тело называется нагревателем или тепловой машиной. Нагреватель передает газу теплоту <math>Q_1 &gt; 0</math>.</p> <p>На участке 2 - 2' газ приводится в тепловой контакт с другим телом, имеющим температуру <math>T_2</math> (<math>T_2 &lt; T_1</math>). Это тело называется холодильником или холодильной машиной. <math>Q_2 &lt; 0</math> - теплота, отдаваемая газом холодильнику.</p> <p>В этом цикле совершается работа A:</p> $A = Q = Q_1 - Q_2, \quad A < Q_1.$   |
| 33. | <p>Второе начало термодинамики ,обратимые и необратимые процессы</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Когда внешние параметры изменяются настолько медленно, что параметры системы успевают все время приходить в соответствие с ними, идущий при этом процесс называется равновесным. Он является частным случаем обратимого процесса (далее под обратимым будем иметь в виду равновесный процесс). При быстром изменении внешних параметров соответствие между параметрами системы и внешними параметрами нарушается, и процесс оказывается неравновесным (необратимым).</p> <p>Одна из формулировок второго начала термодинамики утверждает, что для любого необратимого процесса <math>\frac{dQ}{T} &lt; dS</math> . Соответствующее соотношение имеется и для интегралов этих величин. Здесь dQ - количество теплоты, переданное телу, T - его температура, dS - изменение энтропии тела.</p>   |
| 34. | <p>Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Реальные газы</p>   |

$$\left( P + \frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2} \right) \left( V - \frac{m}{M} b \right) = \frac{m}{M} RT - \text{уравнение состояния реального газа}$$

(уравнение Ван-дер-Ваальса), где  $a$  - поправка, связанная со взаимодействием молекул реального газа,  $b$  - поправка, связанная с размерами молекул реального газа.

$$U = C_V T - \frac{a}{V} - \text{внутренняя энергия реального газа.}$$

35. Свойства жидкого состояния. Гидростатика. Вязкость жидкости.

**Ответ:**

Гидростатика – это раздел гидравлики, который изучает статическое равновесие жидкостей и газов под воздействием силы тяжести. В гидростатике существуют несколько основных законов, которые описывают поведение жидкостей в состоянии покоя.

Закон Паскаля утверждает, что давление, создаваемое на жидкость или газ, распространяется одинаково во всех направлениях и на все точки сосуда, в котором находится жидкость или газ. Другими словами, изменение давления в одной точке жидкости приводит к изменению давления во всех остальных точках без потери энергии.

Закон Архимеда утверждает, что тело, погруженное в жидкость или газ, испытывает всплывающую силу, равную весу вытесненной им жидкости или газа. Это означает, что если вес тела меньше веса вытесненной жидкости или газа, то тело будет всплывать, а если вес тела больше веса вытесненной жидкости или газа, то тело будет тонуть. Зависимость давления от глубины в жидкости описывается законом Паскаля. Согласно этому закону, давление в жидкости увеличивается с увеличением глубины. Каждый метр глубины добавляет к давлению в жидкости примерно 0,1 МПа (мегапаскаль).

Уравнение гидростатического равновесия описывает равновесие сил, действующих на жидкость в состоянии покоя. Согласно этому уравнению, сумма всех сил, действующих на элемент жидкости, равна нулю. Это уравнение позволяет рассчитывать давление в жидкости и определять ее равновесное состояние.

Вязкость жидкости - это свойство, проявляющееся только при движении жидкости, и не влияющее на покоящиеся жидкости. Вязкое трение в жидкостях подчиняется закону трения, принципиально отличному от закона трения твёрдых тел, т.к. зависит от площади трения и скорости движения жидкости. Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу ее слоев.

36. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления

**Ответ:**

Поверхностное натяжение — это величина, которая показывает стремление жидкости сократить свою свободную поверхность, то есть уменьшить избыток своей потенциальной энергии на границе раздела с газообразной фазой.

Сила поверхностного натяжения

$$F = \sigma l$$

$F$  — сила поверхностного натяжения [Н]

$l$  — длина контура, ограничивающего поверхность жидкости [м]

$\sigma$  — коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]

Смачивание — это взаимодействие молекул жидкости с молекулами твердого тела. Степень смачивания твердого тела некоторой жидкостью зависит от межмолекулярных сил между молекулами жидкости и от межмолекулярного взаимодействия молекул жидкости и молекул твердого тела. Все эти силы и взаимодействия имеют электромагнитную природу. Степень смачиваемости данной жидкостью данного твердого тела можно найти как отношение массы жидкости, которой происходит смачивание, и площади смоченной поверхности твердого тела. Связь между степенью смачиваемости и силами между жидкостью и телом такова, что чем больше эти силы, тем большей будет площадь смоченной поверхности. Капиллярные явления возникают на границе двух сред - жидкости и газа - и приводят к искривлению поверхности жидкости, делая её выпуклой или вогнутой.

Формула расчета высоты столба жидкости в капилляре:

|     |  |
|-----|--|
|     | $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ <p>h - высота столба жидкости; <math>\sigma</math> - коэффициент поверхностного натяжения; <math>\rho</math> - плотность жидкости; g - ускорение свободного падения; r - радиус капилляра.</p>  |
| 37. | <p>Гидродинамика. Уравнения Бернулли и непрерывности струи</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Гидродинамика — раздел физики сплошных сред и гидроаэродинамики, изучающий движение идеальных и реальных жидкостей и газа, и их силовое взаимодействие с твёрдыми телами.</p> <p>Уравнение Бернулли имеет следующую формулировку:</p> $p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = const$ <p>Где:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P – давление жидкости в данной точке</li> <li>• <math>\rho</math> – плотность жидкости</li> <li>• v – скорость потока жидкости</li> <li>• g – ускорение свободного падения</li> <li>• h – высота над определенным уровнем</li> </ul> <p>уравнение неразрывности жидкости</p> $Q = vF = const$ <p>Q – поток жидкости - количество жидкости, протекающей через поперечное сечение в единицу времени.</p> <p>v – скорость потока</p> <p>F - площадь сечения потока.</p>   |
| 38. | <p>Течение в круглой трубе. Ламинарное и турбулентное течение</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Поток жидкости в круглой трубе прямо пропорционален разности давлений <math>p_1</math> и <math>p_2</math> на концах трубы, четвертой степени радиуса трубы R, вязкости жидкости <math>\eta</math> и длине трубы l:</p> $Q = \frac{(p_1 - p_2)\pi R^4}{8\eta l}$ <p>Эта формула справедлива при ламинарном течении жидкости в трубе. Ламинарным называется течение, при котором жидкость или газ перемещаются слоями без перемешивания и пульсаций (то есть без беспорядочных быстрых изменений скорости и давления). Турбулентным называется течение жидкости или газа, при котором частицы среды совершают неупорядоченные движения по сложным траекториям, приводящие к интенсивному перемешиванию между слоями среды</p>  |
| 39. | <p>Цикл Карно, энтропия</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Цикл Карно состоит из четырех обратимых процессов: двух изотермических (1 – 1', 2 - 2'), и двух адиабатных (1' - 2, 2' - 1).</p> <p>Газ в процессе 1 – 1' находится в тепловом контакте и равновесии с телом, имеющим температуру T1. Это тело называется нагревателем. Он передает газу теплоту <math>Q_1 &gt; 0</math>.</p> <p>На участке 2 - 2' газ приводится в тепловой контакт с другим телом, имеющим температуру T2 (T2 &lt; T1). Это тело называется холодильником.</p> <p><math>Q_2 &lt; 0</math> - теплота, отдаваемая газом холодильнику. В прямом цикле Кар-но совершается работа A:</p> $A = Q = Q_1 - Q_2, \quad A < Q_1.$ <p>Коэффициент полезного действия цикла <math>\eta</math> равен отношению работы A, совершенной рабочим телом в прямом обратимом цикле, к количеству теплоты <math>Q_1 = Q_{\text{подводимое}}</math>, сообщенному в этом процессе рабочему телу нагревателем;</p> |

## Энтропия

Энтропия - это функция состояния системы.  $\delta Q$  — элементарное количество теплоты, сообщаемое нагревателем системе при малом изменении ее состояния, а  $T$  - температура нагревателя. Если процесс обратимый, то температура системы тоже  $T$ .

Отношение  $\frac{\delta Q}{T}$  называется элементарным приведенным количеством теплоты.

$\oint \frac{\delta Q}{T}$  — приведенное количество теплоты по всему циклу:

$$\int_{1(a)}^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_{1(b)}^2 \frac{\delta Q}{T} -$$

сумма приведенных количеств теплоты при обратимом переходе системы из одного состояния в другое (из состояния 1 в состояние 2) не зависит от процесса (в данном случае процесса а или процесса b), а для данной массы газа определяется только начальным и конечным состоянием системы.

Физическую характеристику, не зависящую от процесса или перемещения, выражают как разность

двух значений некоторой функции, соответствующих конечному и начальному состояниям процесса и называют функцией состояния.

$$dS = \frac{\delta Q_{\text{обр}}}{T}$$

$$\int_1^2 dS = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q_{\text{обр}}}{T}; S - \text{энтропия.}$$

$$\text{Для необратимого процесса } dS > \frac{\delta Q_{\text{необр}}}{T}.$$

В общем случае  $dS \geq \frac{\delta Q}{T}$ , то есть в термодинамически изолированной системе не могут

протекать такие процессы, которые приводят к уменьшению энтропии системы. Это соотношение выражает 2-е начало термодинамики.

$$S_2 - S_1 = \Delta S = \frac{m}{M} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1} - \text{энтропия идеального газа при переходе из}$$

состояния 1 ( $V_1; T_1$ ) в состояние 2 ( $V_2; T_2$ ).

40.

Фазовые превращения

**Ответ:**

Пусть в закрытом сосуде имеется вода, над которой находится смесь воздуха с водяными парами. Эта система является двухфазной, она состоит из двух фаз: жидкой (вода) и газообразной (смесь воздуха с водяными парами). Если бы воздуха не было, то система все равно была бы двухфазной: жидкая фаза – вода и газообразная фаза – водяные пары.

Соприкасающиеся фазы могут превращаться (переходить) друг в друга. Переход вещества из одной фазы в другую называется фазовым переходом или фазовым превращением. Существуют следующие фазовые переходы:

- 1) жидкость  $\rightarrow$  пар;
- 2) жидкость  $\rightarrow$  твердое тело;
- 3) твердое тело  $\rightarrow$  пар.

Переход жидкости в пар может происходить в виде испарения при малых температурах и парообразования в процессе кипения. Обратный переход пара в жидкость называется конденсацией. Переход жидкости в твердое тело носит название кристаллизации (или затвердевания), обратный переход – это плавление. Переход твердого тела в пар – это сублимация (или возгонка), для обратного перехода специального термина нет, но иногда говорят конденсация. Все только что рассмотренные фазовые переходы являются фазовыми переходами первого рода. Перечислим их характерные особенности.

1) Скачкообразность. Например, нагреваем лед, при достижении температуры, равной  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , лед внезапно начинает превращаться в воду, обладающую совершенно другими свойствами, чем

|     |   |
|-----|---|
|     | <p>лед.</p> <p>2) Переход из одной фазы в другую при заданном давлении происходит при определенной температуре. Так при атмосферном давлении лед начинает плавиться при 0 0 С, и эта температура остается неизменной вплоть до момента, когда весь лед превратится в воду. До этого момента лед и вода существуют одновременно, соприкасаясь друг с другом. Конечно, при изменении давления меняется и температура фазового перехода.</p> <p>3) Переход вещества из одной фазы в другую всегда связан с поглощением или выделением некоторого количества тепла, называемого скрытой теплотой или теплотой фазового перехода. Например, подводя тепло к жидкости, доводим ее до температуры кипения. Дальше тепло продолаем подводить, но температура жидкости не повышается.</p> <p>Подводимое тепло идет на то, чтобы жидкость превратить в пар. В этом переходе скрытой теплотой является теплота парообразования, в данном случае она поглощается.</p> <p>4) При фазовых переходах происходит изменение удельного объема фаз. Удельный объем – это объем, приходящий на единицу массы вещества</p> |
| 41. | <p>По какой формуле надо находить напряженность поля бесконечной заряженной плоскости, если известен заряд на участке этой плоскости и площадь этого участка</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Напряженность поля бесконечной заряженной плоскости необходимо находить по формуле</p> $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{Q}{S}$ <p>- поверхностная плотность заряда</p> <p>S – площадь некоторого участка</p> <p>Q – заряд на этом участке</p> <p>Тогда, если известны заряд на участке этой плоскости и площадь этого участка, формула для напряженности поля плоскости приводится к виду:</p> $E = \frac{Q}{2S\epsilon_0}$  |
| 42. | <p>Как найти силу, действующую на заряженную частицу с известным зарядом, если известна напряженность поля в точке, где она находится?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Напряжённость электрического поля – сила, действующая со стороны поля на единичный положительный пробный заряд, внесённый в ту точку поля, где измеряется напряжённость.</p> $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ <p>Чтобы найти силу, действующую на заряженную частицу с известным зарядом, если известна напряженность поля в точке, где она находится, необходимо выразить из формулы для напряженности величину силы, действующей на заряд:</p> $F = Eq$   |
| 43. | <p>По какому правилу необходимо суммировать напряженности поля, входящие в принцип суперпозиции?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Принцип суперпозиции электрических полей заключается в следующем:</p> <p>Напряжённость поля, создаваемого двумя зарядами, является векторной суммой напряжённости полей, создаваемых каждым зарядом по отдельности. Если зарядов несколько, то напряжённость поля системы этих зарядов определяется формулой:</p> $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \equiv \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$ <p>Напряженности поля, входящие в принцип суперпозиции электрических полей, необходимо суммировать по правилу сложения векторных величин. Это – правило параллелограмма: если даны векторы <math>\vec{a}</math> и <math>\vec{b}</math>, исходящие из одной точки, то их суммой является вектор <math>\vec{c}</math>, являющийся диагональю параллелограмма, стороны которого образуются векторами <math>\vec{a}</math> и <math>\vec{b}</math>.</p>   |
| 44. | <p>Если необходимо найти напряженность поля, создаваемого точечным зарядом на некотором расстоянии от этого заряда, какую формулу Вы будете использовать?</p>   |

|     |   |
|-----|---|
|     | <p><b>Ответ:</b><br/>Если необходимо найти напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом на некотором расстоянии от этого заряда, необходимо использовать формулу:</p> $E = k \frac{Q}{r^2}$ <p>Здесь E – напряженность поля, в точке A, находящейся на расстоянии r от заряда Q, создающего поле</p>  |
| 45. | <p>Как найти потенциал поля, создаваемого несколькими заряженными телами, в некоторой заданной точке поля</p> <p><b>Ответ:</b><br/>Чтобы найти потенциал поля, создаваемого несколькими заряженными телами, в некоторой заданной точке поля, необходимо использовать принцип суперпозиции для потенциалов электрических полей, т.е. если накладываются друг на друга два электрических поля, например, создаваемые двумя зарядами, то потенциал результирующего поля в данной точке можно найти сложением потенциала первого поля в данной точке и потенциала второго поля. Складываются здесь уже не векторные, а скалярные величины – потенциалы.</p>   |
| 46. | <p>Как найти напряженность электрического поля, если известен поток вектора напряженности через площадку заданной площади? Вектор напряженности перпендикулярен к площадке</p> <p><b>Ответ:</b><br/>Чтобы найти напряженность электрического поля, если известен поток вектора напряженности через площадку заданной площади, когда вектор напряженности перпендикулярен к площадке необходимо использовать определение потока вектора напряженности:<br/>Поток через выбранную площадку</p> $\Phi = E \Delta S \cos \alpha$ <p>где E - напряжённость поля, <math>\Delta S</math> - площадь выбранной площадки, <math>\alpha</math> - угол между вектором напряжённости и вектором перпендикуляра к площадке. Так как вектор напряженности, по условию, перпендикулярен к площадке, то угол <math>\alpha</math> равен 0. Тогда</p> $\Phi = E \Delta S$ <p>Тогда</p> $E = \frac{\Phi}{\Delta S}$ |
| 47. | <p>Если замкнутая поверхность окружает 125 зарядов, каждый из которых равен 2 к, то какой поток напряженности электрического поля будет через эту поверхность?</p> <p><b>Ответ:</b><br/>Если замкнутая поверхность окружает 125 зарядов, каждый из которых равен 2 к, то поток напряженности электрического поля через эту поверхность можно найти следующим образом:<br/>Вспользуемся теоремой Гаусса:<br/>Полный поток вектора напряжённости поля, через замкнутую поверхность, окружающую систему зарядов с точностью до постоянного множителя равен сумме этих зарядов.</p> $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n Q_i$ <p>Если число зарядов N=125, один заряд равен q=2 к, то</p> $\sum_{i=1}^n Q_i = Nq = 200 \text{ к.}$ <p><math>\epsilon_0</math>- константа, равная <math>8.85 \cdot 10^{-12}</math> ф/м</p>  |
| 48. | <p>Как связана разность потенциалов между двумя точками электрического поля с величиной работы? Какая сила совершает эту работу и на какое тело она действует? Какое тело перемещается из одной точки поля в другую при совершении этой работы</p> <p><b>Ответ:</b><br/>Разность потенциалов между точками A и B электрического поля связана с величиной работы A следующим соотношением:</p>   |

|     |   |
|-----|---|
|     | $\varphi_A - \varphi_B = \frac{A}{q}$ <p>Эту работу совершают сила, действующая на заряженное тело со стороны электрического поля. При совершении этой работы перемещается из одной точки поля в другую заряженное тело с зарядом <math>q</math>.</p>   |
| 49. | <p>Как найти заряд частицы, если известен потенциал точки поля, где она находится и потенциальная энергия частицы под действием поля?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Найти заряд частицы <math>q</math>, если известны потенциал точки поля <math>\varphi</math>, где она находится и потенциальная энергия частицы <math>E_{\text{П}}</math> под действием поля можно, если использовать определение потенциала электрического поля</p> $\varphi = \frac{E_{\text{П}}}{q}$ <p>Отсюда заряд частицы</p> $q = \frac{E_{\text{П}}}{\varphi}$   |
| 50. | <p>Какова взаимная ориентация вектора силы, действующей на элементарный проводник в поле и вектора магнитной индукции? Взаимная ориентация силы, действующей на заряд в электрическом поле и вектора напряженности электрического поля?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера. Согласно правилу левой руки, направление силы <math>F_a</math> определяется так: если левую руку расположить так, чтобы направление пальцев руки совпадало с направлением тока в проводнике, а вектор индукции входил в ладонь, то направление большого отогнутого пальца совпадает с силой, действующей на частицу (если частица положительная). Поэтому сила перпендикулярна вектору магнитной индукции. Вектор напряженности электрического поля и сила, действующая на заряд в электрическом поле, совпадают по направлению.</p>                       |
| 51. | <p>Чему равен угол <math>\alpha</math> в законе Био-Савара-Лапласа при применении его к круговому витку?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Согласно закону Био-Савара-Лапласа угол <math>\alpha</math> между направлением силы тока в элементе проводника и радиус-вектором точки А, где определяется магнитная индукция находится как угол между касательной к проводнику в точке, где находится элемент проводника и радиус-вектором точки А, где определяется магнитная индукция. Если брать точку А в центре кругового проводника то угол <math>\alpha</math> - это угол между касательной к окружности и радиусом окружности, проведенным к элементу проводника. Этот угол равен <math>90^\circ</math>.</p>  |
| 52. | <p>Будет ли меняться поток вектора магнитной индукции при повороте рамки вокруг вертикальной оси при горизонтальном направлении вектора В и почему?</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Поток вектора магнитной индукции при повороте рамки вокруг вертикальной оси при горизонтальном направлении вектора <math>\vec{B}</math> не будет меняться, так как согласно определению потока вектора магнитной индукции, он равен:</p> $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \varphi$ <p>где <math>\varphi</math> - угол между перпендикуляром к площадке и вектором <math>\vec{B}</math>.</p> <p>При горизонтальном направлении вектора <math>\vec{B}</math> и горизонтальным положением плоскости рамки угол <math>\varphi = 90^\circ</math>, поэтому <math>\cos \varphi = 0</math>, а значит и величина потока вектора магнитной индукции равны нулю при любом угле поворота рамки вокруг вертикальной оси.</p> |
| 53. | <p>Нарисуйте без использования пособия рисунки к опытам по взаимной индукции и по самоиндукции.</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Взаимная индукция.</p>  |



Самоиндукция

54. Как найти индуктивность контура, если известна ЭДС, возникающая в контуре и производная силы тока по времени?

**Ответ:**

Чтобы найти индуктивность контура, если известна ЭДС, возникающая в контуре и производная силы тока по времени следует воспользоваться формулой:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

Отсюда  $L = \frac{\varepsilon}{\left(\frac{dI}{dt}\right)}$

55. Во сколько раз увеличится циркуляция вектора магнитной индукции по контуру, охватывающему 5 проводников с током I, если к ним добавить еще 10 проводников с таким же током?

**Ответ:**

Циркуляция вектора магнитной индукции по контуру, охватывающему 5 проводников с током I, если к ним добавить еще 10 проводников с таким же током возрастет в 3 раза, т. к. согласно закону полного тока

$$\oint \mathbf{B}_l(l)dl = \mu_0 \sum_{i=1}^n J_n$$

56. Если имеется замкнутый контур длиной  $\lambda$ , а вектор магнитной индукции в каждой точке одинаков по величине и направлению по касательной к контуру, чему будет равна циркуляция вектора B по контуру?

**Ответ:**

Если имеется замкнутый контур длиной  $\lambda$ , а вектор магнитной индукции в каждой точке одинаков по величине и направлению по касательной к контуру, то циркуляция вектора B по контуру будет равна

$$\oint \mathbf{B}_l(l)dl = \oint B \cos \alpha dl = B \cos \alpha \oint dl = B \lambda$$

57. Изменится ли магнитная индукция внутри соленоида, если, не изменяя числа витков, его длину увеличить в 2 раза?

**Ответ:**

Магнитная индукция внутри соленоида, если, не изменяя числа витков, его длину увеличить в 2 раза уменьшится в 2 раза, согласно формуле

|     |   |
|-----|---|
|     | $B = \frac{\mu_0 n I}{l}$   |
| 58. | <p>Во сколько раз увеличится индуктивность соленоида, если, не изменяя длину, число витков увеличить в 3 раза?</p> <p><b>Ответ:</b><br/>Индуктивность соленоида, если, не изменяя длину, число витков увеличить в 3 раза возрастет в 3 раза, согласно формуле</p> $B = \frac{\mu_0 n I}{l}$ |

Проверка преподавателем

Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»:

- «отлично» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на все вопросы, привел примеры, допустил не более 2 неточностей;
- «хорошо» выставляется обучающемуся, если он ответил на все вопросы, привел примеры, допустил не более 1 ошибки;
- «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он ответил не на все вопросы, допустил 2-3 ошибки.
- «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не ответил или неправильно ответил на поставленные вопросы

### 3.2. Тесты (тестовые задания)

ОПК-6- Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

*(правильные ответы помечены знаком (!))*

59. Движение материальной точки по окружности со скоростью, линейно меняющейся от времени по величине, следует считать

- (?) равноускоренным движением
- (?) равномерным движением
- (!) движением с переменным ускорением
- (?) равноускоренным движением

60. Материальная точка движется по окружности с постоянной по величине скоростью.

Линейную скорость точки увеличили в 2 раза. При этом центростремительное ускорение точки

- (!) увеличилось в 4 раза
- (?) увеличилось в 2 раза
- (?) не изменилось
- (?) уменьшилось в 2 раза
- (?) уменьшилось в 4 раза

61. Тело брошено вертикально вверх. Это движение

- (?) равномерное
- (?) равноускоренное
- (!) равнозамедленное
- (?) нет правильного ответа

62. Две материальные точки движутся по окружности радиусом  $R$ , причем отношение их линейных скоростей  $V_1 / V_2 = 1/2$ . Отношение их центростремительных ускорений  $a_1 / a_2$  равно:

- (?) 2
- (?) 4
- (?) 1/2
- (!) 1/4
- (?) 1

63. Если на тело действует сила  $F$ , перпендикулярная перемещению  $\Delta x$ , то работа этой силы равна

- (?)  $F\Delta x$
- (?)  $F\Delta x \cos\alpha$
- (!) 0
- (?) нет правильного ответа

64. Закон сохранения импульса не выполняется в

- (!) не замкнутой системе
- (?) замкнутой системе
- (?) если действуют только консервативные силы
- (?) если действуют консервативные и диссипативные силы

65. Закон сохранения полной механической энергии выполняется в замкнутой системе, если между телами системы действуют только

- (!) консервативные силы
- (?) диссипативные силы
- (?) силы инерции
- (?) нет правильного ответа

66. Тело, движущееся прямолинейно, имеет равное нулю

- (!) нормальное ускорение
- (?) тангенциальное ускорение
- (?) полное ускорение
- (?) нет правильного ответа

67. Работа в адиабатном процессе совершается за счет

- (?) изменения массы газа
- (!) изменения внутренней энергии газа
- (?) притока тепла к газу
- (?) нет правильного ответа

68. При увеличении объема идеального газа в 2 раза и увеличении его абсолютной температуры в 4 раза давление газа

- (?) увеличится в 8 раз

- (!) увеличится в 2 раза
- (?) увеличится в 4 раза
- (?) не изменится

69. Адиабатический процесс - это процесс, при котором
- (?) система не совершает работу против внешних сил
  - (?) внутренняя энергия системы не изменяется
  - (!) не происходит теплообмен между системой и окружающей средой
  - (?) температура системы не изменяется
  - (?) над системой не совершают работу внешние силы
70. При увеличении средней квадратичной скорости молекул идеального газа в 4 раза температура газа
- (?) увеличится в 4 раза
  - (?) увеличится в 2 раза
  - (!) увеличится в 16 раз
  - (?) не изменится
71. Сколько молей газа находится в сосуде объемом  $V$  при концентрации молекул  $n$  ( $k$  - постоянная Больцмана,  $N_A$  - число Авогадро,  $R$  - газовая постоянная)
- (!)  $\nu = nV/N_A$
  - (?)  $\nu = nV/k$
  - (?)  $\nu = VN_A/nR$
  - (?)  $\nu = nV/R$
72. Уравнение Менделеева-Клайпейрона для идеального газа имеет вид:
- (!)  $PV = \nu RT$
  - (?)  $P = nKT$
  - (?)  $w = KT/2$
  - (?) нет правильного ответа
73. Количество теплоты, переданное идеальному газу, может быть равно работе расширения только в
- (?) изотермическом
  - (!) адиабатическом
  - (?) изохорическом
  - (?) изобарическом
74. Во сколько раз увеличится перемещение тела при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью, если время движения возрастёт в три раза?  
(В 9 раз)
75. Две материальные точки совершают вращательное движение. Скорость одной из них возросла в четыре раза. Во сколько раз нормальное ускорение этой точки будет больше чем у другой?  
(В 16 раз)
76. Камень брошен под углом  $30^\circ$  к горизонту. Найти угол между вектором ускорения и вектором скорости камня в высшей точки траектории. Ответ дать в градусах.  
(90)

77. Две материальные точки совершают движение по окружности. угловое ускорение первой точки больше чем во второй - в 7 раз, а радиус вращения больше в два раза. Найти отношение тангенциальных ускорений первой и второй материальных точек.  
(14)
78. Найти скорость тела при равноускоренном движении через 30 секунд после начала движения, если начальная скорость равна 7 м/с а ускорение 2 м/с<sup>2</sup>. Ответ дать в системе СИ.  
(67)
79. Нормальное ускорение материальной точки, совершающие вращательное движение по окружности, составило 4,5 м / с<sup>2</sup> скорость движения точки 3 м/с найти радиус окружности. Ответ дать в системе СИ.  
(2)
80. Работа силы тяжести при падении камня с высоты 5 м составила 100 дж .Найти массу камня. Ответ дать в системе СИ.  
(2)
81. Во сколько раз увеличится угол поворота радиус-вектора материальной точки при равномерном движении по окружности, если время движения возрастёт в три раза.  
(В 3 раза)
82. Имеются 2 идеальных газа. Молекула идеального газа 1 совершает поступательное и вращательное движение, а второго - только вращательное движение (энергией вращательного движения нельзя пренебречь по сравнению с энергией поступательного движения). Найти отношение молярных теплоёмкостей первого и второго газа при постоянном объёме.  
(2,5)
83. Произведение концентрации идеального газа на постоянную Больцмана что она при температуре 400° Кельвина составляет 8 Н/(м<sup>2</sup> ·град). Количество газа 2 моля. Найти давление газа в паскалях.  
(3200)
84. Произведение постоянной Больцмана на температуру газа составляет 5 эв. Найти кинетическую энергию поступательного движения молекул газа. Ответ дать в электронвольтах.  
(7,5)
85. Определить число степеней свободы молекулы хлора.  
(5)
86. Найти внутреннюю энергию некоторого количества азота массой 56 г если произведение универсальной газовой постоянной на его температуру равно 8 Дж. Ответ дать в системе СИ.  
(40)

87. Увеличение внутренней энергии идеального газа в ходе некоторого процесса в 2 раза больше работы совершаемые газом над внешними телами в ходе этого процесса и составляет 20 Дж. Найти количество теплоты, сообщаемой газу. Ответ дать в системе СИ.  
(30)
88. В ходе некоторого процесса давление газа выросло в 2,5 раза, объём газа не изменился. Найти работу, совершаемую над газом внешними телами.  
(0)
89. Единица измерения величины электрической емкости  
 (?) Ампер  
 (?) Вольт  
 (?) Ом  
 (!) Фарад
90. Напряженность электрического поля между пластинами плоского конденсатора 40 В/м. Расстояние между двумя пластинами 0,02 м, напряжение между пластинами равно  
 (?) 8000 В  
 (?) 100 В  
 (?) 20 В  
 (!) 0,8 В
91. Для заряженной проводящей сферы в состоянии равновесия напряженность электрического поля равна нулю:  
 (?) вне сферы  
 (!) внутри сферы  
 (?) только в центре сферы  
 (?) на поверхности сферы  
 (?) ни в одной точке
92. Напряженность электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости определяется формулой:  
 (?)  $E = q/4\pi\epsilon\epsilon_0r^2$   
 (?)  $E = q/4\pi\epsilon\epsilon_0r$   
 (!)  $E = \sigma/2\epsilon\epsilon_0$   
 (?)  $E = q/4\pi\epsilon\epsilon_0r^2$
93. Энергия магнитного поля, заключенного в соленоиде, равна  
 (?)  $W = LI$   
 (!)  $W = LI^2/2$   
 (?)  $W = Ldl/dt$   
 (?)  $W = 2LI$
94. Напряженность магнитного поля  $H$  в вакууме связана с индукцией  $B$  формулой:  
 (?)  $H = B/2\mu_0$   
 (!)  $H = B/\mu_0$   
 (?)  $H = B\mu_0$   
 (?)  $H = B\mu_0$

95. Явление электромагнитной индукции наблюдается при изменении пронизывающего замкнутый контур  
 (?) магнитной индукции  
 (!) магнитного потока  
 (?) напряженности магнитного поля  
 (?) нет правильного ответа
96. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между двумя заряженными частицами, если расстояние между ними увеличить в девять раз?  
 (в 81 раз)
97. Найти напряжённость поля бесконечной заряженной плоскости, если на участке этой плоскости площадью  $2 \text{ м}^2$  сосредоточен заряд  $9 \cdot 10^{-12}$  кулон. Величину электрической постоянной округлить и считать равной  $0,009 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} \cdot \text{м}^{-1}$ . Ответ дать в системе СИ.  
 (0,5)
98. Определить напряжённость однородного электростатического поля если между двумя точками, лежащими вдоль вектора напряжённости поля и находящимися на расстоянии 2 м друг от друга возникает разность потенциалов 5 Вольт. Ответ дать в системе СИ.  
 (2,5)
99. По проволоке, сопротивление которой 2 Ом, протекает ток силой в 5 А. Найти мощность, выделяемую на проволоке. Ответ дать в системе СИ.  
 (50)
100. Найти электродвижущую силу замкнутой цепи постоянного тока, если сила тока в цепи 3 А, величина внутреннего сопротивления источника ЭДС равна 2 ом и внешнее сопротивление составляет 20 ом. Ответ дать в системе СИ.  
 (66)
101. Сила, действующая на заряженную частицу, летящую со скоростью 7 м/с равна 280 н, вектор магнитной индукции поля, величина которого составляет 20 Тесла, перпендикулярен направлению движения частицы. Определить заряд частицы. Ответ дать в системе СИ.  
 (2)
102. Найти радиус кольцевой рамки, если при протекании в ней тока силы 8 А, в ее центре возникает магнитное поле напряжённостью 2 А/м. Ответ дать в системе СИ.  
 (2)
103. Интенсивность естественного света, падающего на поляризатор с пренебрежимо малыми потерями на отражение и поглощение света, после поляризатора уменьшается в  
 (?) в 4 раза  
 (!) в 2 раза  
 (?) не меняется  
 (?) нет правильного ответа
104. Закон Бугера-Ламберта (интенсивность света прошедшего слой толщиной d)

- (?)  $I = I_0 \cos(\omega t - dx)$
- (?)  $I = I_0 \cos^2(\pi d/x)$
- (!)  $I = I_0 \exp(-\chi d)$
- (?)  $I = I_0 \sin^2(\pi d/x)$

105. Излучение нагретого твердого тела имеет
- (?) линейчатый спектр
  - (!) сплошной спектр
  - (?) полосатый спектр
  - (?) нет правильного ответа
106. Постоянная Планка  $h$  имеет размерность
- (?) Дж/с
  - (?) Дж м/с
  - (?) Дж с/м
  - (?) Дж м
  - (!) Дж с
107. Излучение возбужденного атома имеет
- (!) линейчатый спектр
  - (?) сплошной спектр
  - (?) полосатый спектр
  - (?) нет правильного ответа
108. При увеличении температуры твердого тела максимум спектральной плотности светимости
- (?) не меняет частоту излучения
  - (?) увеличивает частоту излучения
  - (!) уменьшает частоту излучения
  - (?) спектральная плотность светимости не зависит от частоты
109. Физический смысл волновой функции состоит в том, что квадрат модуля волновой функции определяет
- (?) энергию частиц
  - (?) концентрацию частиц
  - (!) вероятность обнаружения частиц в данной области пространства
  - (?) координату частиц
110. Гипотеза де-Бройля состоит в том, что
- (?) свет излучается определенными квантами
  - (!) движущиеся частицы вещества обладают волновыми свойствами
  - (?) свет излучается атомом при переходе его из возбужденного состояния в основное
  - (?) свет излучается осцилляторами
111. Найти период гармонических колебаний, если циклическая частота колебаний составляет 6,28 рад/с. Ответ дать в системе СИ.
- (1)
112. Уравнение гармонических колебаний
- $y = 2 \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ . Определить начальную фазу колебаний. Ответ округлить до десятых.

(1,6)

113. Уравнение плоской волны  $y = 5 \sin(8\pi t - 10x)$ . Найти волновое число.  
Ответ дать в системе СИ.

(10)

114. Найти величину зазора между линзой и стеклянной пластинкой в области третьего тёмного кольца Ньютона, если длина волны света 600 нм. Ответ дать в нанометрах.

(9000)

115. Найти число зон Френеля, укладывающихся в диаметре круглого отверстия, при котором пятно в центре края будет наиболее тёмным.

(2)

116. Интенсивность естественного света после прохождения поляроида - поляризатора и поляроида -анализатора уменьшается в два раза. Найти угол между главными плоскостями поляроидов анализатора и поляризатора. Ответ дать в градусах.

(0)

117. Найти кинетическую энергию электрона, выбитого из поверхности металла квантом света если энергия кванта 5,3 эв а работа выхода электрона из металла 2,1 эв . Ответ дать в электронвольтах.

(3,2)

118. Во сколько раз увеличивается температура абсолютно чёрного тела, если его энергетическая светимость возросла в 16 раз

(2)

Критерии и шкалы оценки:

Процентная шкала **0-100 %**; отметка в системе **«неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»**:

0-59,99% - неудовлетворительно;

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% - хорошо;

85-100% - отлично

### 3.3 Собеседование (вопросы для экзамена)

**ОПК-6** - Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

119. Поле в вакууме. Напряженность, потенциал электрического поля

**Ответ:**

Закон Кулона

1. Закон Кулона

$F_k = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$  - сила взаимодействия двух точечных

зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , находящихся на расстоянии  $r$  друг от друга. Постоянный коэффициент  $k$  равен  $k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$

Электрическим полем называется материальный объект, передающий взаимодействие от одного заряда к другому. Электрическое поле окружает любое заряженное тело и может быть обнаружено по силе, действующей со стороны поля на пробный заряд, внесённый в него. В отличие от механики, где одно тело действует на другое, в электростатике говорят, что на заряженную частицу действует не другая частица, а электрическое поле, создаваемое второй частицей или другим заряженным телом. Электрическое поле в заданной точке пространства может быть численно охарактеризовано двумя основными величинами. Одна из них векторная силовая характеристика – напряженность поля. Другая – скалярная энергетическая величина – потенциал.

Напряжённость электрического поля – сила, действующая со стороны поля на единичный положительный пробный заряд, внесённый в ту точку поля, где измеряется напряжённость.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Если в точку, находящуюся в электрическом поле поместить пробный заряд, то под действием поля начнётся движение этого заряда из А в В,

т. е. заряд совершает перемещение S и при этом на него действует сила F, значит сила, действующая на заряд со стороны поля, совершает над зарядом работу:  $A = FS \cos \alpha$

Разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между точками А и В определяется как работа по перемещению пробного заряда из А в В, делённая на величину этого заряда:  $\Delta\varphi = \frac{A}{q}$

Присвоим точке А некоторое скалярное значение  $\varphi_A$ , а точке В значение  $\varphi_B$ , так, чтобы разность  $\varphi_A - \varphi_B = \Delta\varphi$  имела бы значение  $\frac{A}{q}$

Из механики известно, что если на тело действуют консервативные силы, то работа по перемещению из т. А в т. В равна разности потенциальной энергии тела в этих точках:  $A = E_{pA} - E_{pB}$

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{A}{q} = \frac{E_{pA}}{q} - \frac{E_{pB}}{q} \Rightarrow \varphi_A = \frac{E_{pA}}{q}$$

$$\varphi_B = \frac{E_{pB}}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{E_{п}}{q}$$

Отсюда мы получим, что скалярная величина  $\varphi$ , которая называется потенциалом некоторой точки поля, равна потенциальной энергии пробного заряда в этой точке делённой на величину пробного заряда

120. Электрическое Циркуляция векторанапряженности электрического поля, поток вектора напряженности электрического поля.

**Ответ:**

Пусть имеется вектор  $\vec{a}$ , длина которого находится в зависимости от величины l.

Будем находить проекцию вектора  $\vec{a}$ , на какой-либо участок  $\Delta l$ . Проекцией вектора  $\vec{a}$  на линию l называется величина  $a_l = |a| \cos \alpha$ , где  $\alpha$  - угол между отрезком  $\Delta l_i$  этой линии и вектором  $\vec{a}$ . Величина проекции вектора на  $\Delta l$  в каждой точке будем обозначать  $a_i(l)$ , тогда сумма  $\sum a_i(l) \cdot \Delta l_i$  при  $\Delta l_i \rightarrow 0$  равна циркуляции вектора  $\vec{a}$  по контуру l и обозначается  $\oint a_i(l) dl$ . Приведенное понятие циркуляции вектора по контуру применимо к вектору напряженности электрического поля  $\oint E_i(l) dl$ .

Потоком вектора напряжённости электрического поля называется величина, равная произведению вектора напряжённости на площадь площадки, которая пронизывается силовыми линиями электрического поля, и на cos угла между вектором напряжённости и вектором перпендикуляра к площадке.

$$\Phi = ES \cos \alpha$$

121. Теорема Остроградского-Гаусса для электрического поля

**Ответ:**

Пусть имеется несколько зарядов, причём необходимо найти напряжённость поля, создаваемого этими зарядами в некоторой точке А.

Для этого окружаем систему зарядов воображаемой замкнутой поверхностью произвольной формы, например в виде сферы или эллипсоида (форма поверхности выбирается исходя из удобства решения задачи). Возьмём площадку на поверхности, на которой находится т. А

площадь выбранной площадки  $\Delta S$

Поток через выбранную площадку

$$\Delta \Phi = E \Delta S \cos \alpha$$

Всю замкнутую поверхность можно разбить на множество таких площадок и найти поток напряжённости  $\Delta \Phi_i$  через каждую площадку. Тогда полный поток через всю замкнутую поверхность  $\Phi$  равен:

$$\Phi = \Delta \Phi_1 + \Delta \Phi_2 + \dots + \Phi_n, \quad \text{т.е.}$$

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \Delta \Phi_{i=1} = \sum_{i=1}^n E_i \Delta S_i \cos \alpha_i$$

Однако это приближённое значение потока. Точное значение потока можно найти, если величину  $\Delta S_i$  устремить к нулю, а число площадок  $n$  - к бесконечности, тогда получим сумму с бесконечно большим числом слагаемых, каждое из которых стремится к 0, а это по определению есть интеграл

$$\Phi = \int E ds \cos \alpha$$

$\Phi$  – полный поток вектора напряжения через замкнутую поверхность.

**Теорема Гауса:** Полный поток вектора напряжённости поля, через замкнутую поверхность, окружающую систему зарядов с точностью до постоянного множителя равен сумме этих зарядов.

$$\Phi = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

122. Применение теоремы Остроградского – Гаусса.

**Ответ:**

Определение напряженности поля бесконечной заряженной плоскости. Бесконечная плоскость заряжена с постоянной поверхностной плотностью  $\sigma = \frac{dq}{dS}$ . Выберем в качестве замкнутой поверхности цилиндр, перпендикулярный плоскости с основаниями  $\Delta S_1 = \Delta S_2$ ;  $\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$  или  $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2|$ . Поток через боковую поверхность равен 0, т.к. она параллельна  $|\vec{E}|$ .

Тогда полный поток равен сумме потоков через основания, т.е.  $\Phi_E = 2E\Delta S$ . По теореме Гаусса-Остроградского  $\Phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0}$ . Для цилиндра  $\sigma = \frac{q}{\Delta S}$ , т.е.  $q = \sigma \Delta S$ , значит  $\Phi_E = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0}$ ,

тогда  $2E\Delta S = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0}$  и  $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ .

123. Электрическое поле в веществе. Диэлектрики.

**Ответ:**

Диэлектрики – вещества, в обычных условиях не проводящие электрический ток, поскольку не имеют подвижных носителей заряда. Это газы, жидкости и некоторые твердые тела. Молекула идеальных диэлектриков в целом нейтральна. Если заменить заряды ядер молекулы суммарным зарядом  $+q$ , а заряд всех электронов суммарным отрицательным зарядом  $-q$ , то молекулу можно представить как электрический диполь, где

$\bar{\lambda}$  - плечо диполя,

$\bar{p}_\lambda$  - дипольный момент

$$\bar{p}_\lambda = |q|\bar{\lambda}.$$

По типу молекул диэлектрики разделяют на 3 группы:

1) Вещества, молекулы которых имеют симметричное строение, т.е. «центры тяжести» положительных и отрицательных зарядов в отсутствие внешнего поля совпадают, а значит дипольный момент  $\bar{P}_e$  такой молекулы равен нулю. Молекулы таких диэлектриков называются неполярными ( $N_2$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ). Под действием электрического поля центры тяжести положительных и отрицательных зарядов смещаются и молекулы приобретают дипольный момент (индуцируется диполь).

2) Вещества, молекулы которых имеют асимметричное строение, т.е. «центры тяжести» положительных и отрицательных зарядов изначально не совпадают, т.е. эти молекулы в отсутствие внешнего поля уже обладают дипольными моментами. Такие молекулы называются полярными. Однако в отсутствие внешнего поля дипольные моменты полярных молекул ориентированы хаотично и результирующий момент равен нулю ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ). Под действием поля диполи выстраиваются вдоль поля и диэлектрик приобретает результирующий дипольный момент.

3) Эту группу диэлектриков составляют вещества, молекулы которых имеют ионное строение ( $NaCl$ ,  $KCl$ ). Ионные кристаллы представляют собой пространственные решетки с правильным чередованием положительных и отрицательных ионов. Здесь нельзя выделить отдельные молекулы, поэтому их рассматривают как систему двух вдвинутых друг в друга ионных подрешеток. При наложении внешнего поля происходит относительное смещение подрешеток, приводящее к возникновению дипольных моментов.

Процесс ориентации диполей или появление под воздействием внешнего поля ориентированных диполей называется поляризацией диэлектрика.

124. Электрическая емкость.

**Ответ:**

Емкость – это способность проводника накапливать или удерживать электрический заряд.

Для единичного проводника  $q=C\phi$ , где  $C = \frac{q}{\phi}$  - емкость единичного про-

водника, то есть емкость - это коэффициент пропорциональности между зарядом проводника и его потенциалом. Она численно равна величине заряда, сообщенного проводнику, увеличивающему его потенциал на единицу.

Единица емкости – фарада [Ф]

$$[C] = \frac{[q]}{[\phi]} = \frac{Кл}{В} = Ф$$

Конденсаторы – это устройства для накопления заряда. Емкость конденсатора – это физическая величина, равная отношению накопленного заряда  $q$  к разности потенциалов между обкладками

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U},$$

125. Энергия электрического поля.

**Ответ:**

Есть проводник с зарядом  $+q$  и потенциалом  $\varphi$ . Перенесем на него из бесконечности заряд  $+dq$ . Для этого нужно совершить работу против сил поля проводника

$dA = \varphi dq = \frac{q}{C} dq$ , так как  $\varphi = \frac{q}{C}$ . Эта работа идет на увеличение потенциальной энергии

проводника  $dA = dW_p = \frac{q}{C} dq$ . После интегрирования  $W_p = \frac{q^2}{2C} + \text{const}$ . При  $q=0$ , энергия

проводника  $W_p=0$ , то есть  $\text{const}=0$ , значит  $W_p = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2}$  - энергия проводника.

1) Конденсатор.  $W_p = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2}$ .

2) Электрическое поле. Энергию плоского конденсатора можно выразить через величины, характеризующие электрическое поле в зазоре между обкладками

$$W_p = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SU^2}{2d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \left(\frac{U}{d}\right)^2 \cdot S \cdot d, \text{ но } \frac{U}{d} = E, \text{ а } S \cdot d = V - \text{объем, занимаемый полем, следо-}$$

вательно  $W_p = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V$ . Здесь поле однородно, то есть энергия распределяется в провод-

нике с постоянной плотностью  $\omega = \frac{W_p}{V}$ , то есть  $\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$  - объемная плотность энергии

поля с учетом  $D = \varepsilon\varepsilon_0 E$ , можно записать  $\omega = \frac{DE}{2}$ .

126. Законы постоянного тока. Закон Ома для однородной и неоднородной цепей.

Электрический ток – направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц. В металлах это электроны, в электролитах – ионы. Если распределение зарядов в проводнике с током не меняется во времени, хотя сами заряды движутся, то поле, созданное ими, называется стационарным.

Если сила тока не изменяется во времени, то такой ток называется постоянным

$$I = \frac{q}{t}.$$

Закон Ома

1) однородный участок цепи, то есть участок, где нет ЭДС

$$I = \frac{U}{R}; [I] = \frac{В}{Ом} = А(\text{ампер})$$

2) неоднородный участок

Как уже известно,  $U = \varepsilon + (\varphi_1 - \varphi_2)$  – падение напряжения на участке цепи. Из закона Ома  $U = IR^*$ , где  $R^*$  - полное сопротивление цепи  $IR^* = \varepsilon + \varphi_1 - \varphi_2$ , значит

$$I = \frac{\varepsilon + \varphi_1 - \varphi_2}{R^*}; R^* = R + r,$$

где  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока

127. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи постоянного тока.

**Ответ:**

Электрический ток – направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц. В металлах это электроны, в электролитах – ионы. Если распределение зарядов в проводнике с током не меняется во времени, хотя сами заряды движутся, то поле, созданное ими, называется стационарным.

Если сила тока не изменяется во времени, то такой ток называется постоянным

$$I = \frac{q}{t}.$$

**Закон Ома**

1) однородный участок цепи, то есть участок, где нет ЭДС

$$I = \frac{U}{R}; [I] = \frac{В}{Ом} = А(ампер)$$

2) неоднородный участок

Как уже известно,  $U = \varepsilon + (\varphi_1 - \varphi_2)$  – падение напряжения на участке цепи. Из закона Ома  $U = IR^*$ , где  $R^*$  - полное сопротивление цепи  $IR^* = \varepsilon + \varphi_1 - \varphi_2$ , значит

$$I = \frac{\varepsilon + \varphi_1 - \varphi_2}{R^*}; R^* = R + r,$$

где  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока

9. Если цепь замкнута:  $\varphi_1 = \varphi_2$ ;  $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$  - закон Ома для замкнутой цепи.

Величина, равная работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда, называется электродвижущей силой (ЭДС), действующей в цепи

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}; [\varepsilon] = \frac{Дж}{Кл} = В(вольт)$$

Сторонняя сила  $\vec{F}_{ст} = \vec{E}_{ст} \cdot q$ , где  $\vec{E}_{ст}$  - напряженность поля сторонних сил.

Работа сторонних сил по перемещению заряда по замкнутой цепи

$$A_{ст} = \oint \vec{F}_{ст} d\vec{l} = q \oint \vec{E}_{ст} d\vec{l}, \text{ значит ЭДС: } \varepsilon = \frac{A_{ст}}{q} = \oint \vec{E}_{ст} d\vec{l}, \text{ т.е. ЭДС равна циркуляции вектора } \vec{E}_{ст}.$$

$$\text{ЭДС на участке цепи 1-2: } \varepsilon_{12} = \int_1^2 \vec{E}_{ст} d\vec{l}.$$

Кроме сторонних сил на заряд действуют силы электрического поля  $\vec{F}_E = q\vec{E}$ . Значит результирующая сила, действующая на заряд в цепи  $\vec{F} = \vec{F}_{ст} + \vec{F}_E = q(\vec{E}_{ст} + \vec{E})$ . Значит работа, совершенная этой силой на участке 1-2:

$$A_{12} = A_{ст} + A_E = \int_1^2 \vec{F} d\vec{l} = q \int_1^2 (\vec{E}_{ст} + \vec{E}) d\vec{l} = q \int_1^2 \vec{E}_{ст} d\vec{l} + q \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = q\varepsilon_{12} + q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Величина  $U_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \varepsilon_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2)$ , численно равная работе, совершенной сто-

ронными и электростатическими силами по перемещению заряда, называются падением напряжения или напряжением на данном участке цепи.

128. Правила Кирхгофа. Электрический ток в различных средах.

**Ответ:**

Простые электрические цепи достаточно легко рассчитываются с применением законов Ома и законов последовательного и параллельного соединения проводов. Более сложные разветвленные электрические цепи удобнее рассчитывать при помощи правил Кирхгофа.

Рассмотрим произвольную разветвленную цепь, на отдельных участках которой включены источники тока с известными характеристиками. Точка цепи, в которой сходится более двух проводов (рис. 2.13), называется узлом.

**Первое правило Кирхгофа.** Сумма токов втекающих в узел равна сумме токов, вытекающих из узла:

$$\sum I_{\text{вх}} = \sum I_{\text{вых}}$$

–Эквивалентная формулировка первого правила Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю. При этом втекающим и вытекающим из узла токам приписываются противоположные знаки. В нашем случае (рис. 2.13):

Первое правило Кирхгофа, по сути, является следствием закона сохранения заряда. Оно также отражает тот факт, что при постоянном токе в узле не происходит нарастающее во времени накопление заряда того или иного знака. Для этого нужно, чтобы количество заряда, втекающее в узел в единицу времени, было равно количеству заряда, вытекающего из него.

**Второе правило Кирхгофа.** В произвольном замкнутом контуре алгебраическая сумма ЭДС, действующих в этом контуре, равна сумме падений напряжений на отдельных участках этого контура:

$$\sum \varepsilon_i = \sum I_i R_i$$

Металлы являются хорошими проводниками электричества. Это обусловлено их внутренним строением. У всех металлов внешние валентные электроны слабо связаны с ядром, и при объединении атомов в кристаллическую решетку эти электроны становятся общими, принадлежащими всему куску металла. В жидкости ток обусловлен электролитической проводимостью за счет движения ионов.. *Электролитами* принято называть проводящие среды, в которых протекание электрического тока сопровождается переносом веществ. При определенных условиях (нагревание, ультрафиолетовое или рентгеновское излучение), когда молекулы ионизируются, газы могут становиться проводниками.

129. Элементы электрической цепи. Источники и приемники электрической энергии.

**Ответ:**

Самые распространенные элементы электрической цепи - резисторы и конденсаторы. Резисторы оказывают определенное сопротивление электрическому току. Сопротивление однородного по составу проводника зависит от его природы, геометрических размеров и температуры:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ где } \rho - \text{удельное электрическое сопротивление [Ом.м]}, l - \text{длина проводника, } S - \text{площадь поперечного сечения.}$$

При последовательном включении N сопротивлений  $R_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^N R_i$ ; при параллельном включении -  $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$ .

$R_{\text{общ}}$  – называется эквивалентным сопротивлением.

Конденсаторы – это устройства для накопления заряда. В основу конденсатора положен тот факт, что емкость проводника возрастает при приближении к нему других тел. Конденсаторы делают в виде двух проводников, разделенных диэлектриком и расположенных близко друг к другу. Эти проводники называются обкладками конденсатора. Чтобы поле было сосредоточено внутри конденсатора, то есть между обкладками, их делают в виде: 1) двух плоских пластин (плоские конденсаторы), 2) двух коаксиальных цилиндров (цилиндрические), 3) двух концентрических сфер (сферические).

Емкость конденсатора – это физическая величина, равная отношению накопленного заряда q к разности потенциалов между обкладками

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U},$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \text{ - емкость плоского конденсатора}$$

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \text{ - емкость сферического конденсатора.}$$

Резисторы - это приемники электрической энергии, превращающие ее в тепловую. Источником электрической энергии служит источник ЭДС, например батарея, аккумулятор или электрический генератор.

130. Режимы работы электрической цепи.

**Ответ:**

Режим холостого хода – это режим при отключенной нагрузке, следовательно, цепь разомкнута, а ток в цепи  $I = 0$ . Следовательно (рис. схема электрической цепи с одним источником питания),

$$E_1 = IR_0 + IR, \text{ или } E_1 = IR_0 + U.$$

$$\text{Если } I = 0, \text{ то ЭДС источника питания } E_1 = U.$$

Номинальный режим – это режим, когда элементы цепи работают при паспортных значениях тока, напряжения и мощности, т. е. номинальных значениях тока  $I_{\text{ном}}$ , напряжения  $U_{\text{ном}}$ , мощности  $P_{\text{ном}}$ , соответствующим самым выгодным условиям работы устройства с точки зрения экономичности, надежности, долговечности и т. п.

Режим короткого замыкания – это режим, когда сопротивление приемника  $R = 0$ , что соответствует соединению разнопотенциальных зажимов источника питания проводником с нулевым сопротивлением.

Тогда, как следует из  $I_k = E_1/R_0$ , а  $U = 0$  - это значит, что ток короткого замыкания может достигать больших значений, во много раз превышая номинальный ток. Поэтому этот режим является аварийным для электроустановок.

131. Магнитное поле электрического тока.

**Ответ:**

Магнитное поле создается электрическим током, т.е. движущимся в определенном направлении электрическим зарядом, или изменяющимся электрическим полем.

Магнитное поле бесконечно малого участка проводника с током описывается законом Био-Савара-Лапласа.

Если взять точку А на расстоянии  $r$  от заданного участка проводника длиной  $dl$ , то индукция магнитного поля, которая создается током на этом участке, определяется формулой :

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} * \frac{Jdl}{r^2} * \sin \alpha \quad (1)$$

$\alpha$  - угол между направлением силы тока и радиус-вектором.

Этот закон позволяет рассчитывать индукцию магнитного поля, которая создается реальным проводником заданной формы. Пользуясь законом Био-Савара-Лапласа, можно рассчитать индукцию магнитного поля в центре кругового проводника

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 * R}$$

где  $I$  - сила тока в проводнике,  $R$  - его радиус.

132. Энергия магнитного поля.

**Ответ:**

Пусть в контуре с индуктивностью  $L$  течет ток  $I$ . Этому контуру соответствует потокосцепление  $\psi = LI$ . Причем изменение тока на  $dI$  изменит поток на  $d\psi = LdI$ . Для изменения магнитного потока на величину  $d\psi$  нужно совершить работу  $dA = Id\psi = ILdI$ . Тогда работа по

созданию потока  $\psi$  будет  $A = \int_0^l LI dI = \frac{LI^2}{2}$ . Значит, энергия магнитного поля связанного с контуром  $W = \frac{LI^2}{2}$ . Для соленоида  $W = \frac{B^2 V}{2\mu_0}$ , где  $V$  - объем соленоида, но  $B = \mu_0 H$ , значит  $W = \frac{(\mu_0 H)^2 V}{2\mu_0} = \frac{\mu_0 H^2 V}{2} = \frac{BH}{2} V$ . Поле соленоида однородно, поэтому энергия распределена в нем с постоянной объемной плотностью  $\omega = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{BH}{2}$ .

133. Магнитная индукция.

**Ответ:**

Магнитное поле может быть обнаружено, если в это поле внести малый проводник, по которому течет электрический ток. Если на этот проводник со стороны поля будет действовать сила, то магнитное поле в данной точке пространства существует. Отсюда вытекает определение характеристики магнитного поля - магнитной индукции. Если внести в заданную точку поля малый проводник, который ориентирован перпендикулярно силовым линиям, то сила, действующая на этот проводник со стороны магнитного поля, будет пропорциональна магнитной индукции поля, т. е.  $B = \frac{F}{j\Delta l}$ . Таким образом, магнитная

индукция является силовой характеристикой магнитного поля.

В отличие от электрического поля, вектор напряженности которого  $E = \frac{F}{q}$ , направлен в ту же сторону, что и сила, вектор магнитной индукции перпендикулярен силе, действующей на проводник со стороны магнитного поля. Другое отличие магнитного поля от электрического - его силовые линии всегда замкнуты, например, идут вокруг проводника с током. Направление силовых линий определяется правилом правой руки - если правую руку, сжатую в кулак, расположить так, чтобы отогнутый большой палец руки был направлен по направлению тока в проводнике, то направление остальных пальцев указывает на направление силовых линий магнитного поля.

134. Намагничивание ферромагнитных материалов.

**Ответ:**

Намагниченное вещество создает собственное магнитное поле  $\bar{B}'$ , которое накладывается на обусловленное током поле  $\bar{B}_0$ , т. е. результирующее поле  $\bar{B} = \bar{B}_0 + \bar{B}'$ . Кроме токов проводимости, которые создают поле  $\bar{B}_0$  (это макроток), существуют микроток, т. е. токи, которые циркулируют в молекулах. Микроток создают магнитные моменты  $\bar{P}_{m_i}$ , которые в отсутствие внешнего поля  $\bar{B}_0$  ориентированы хаотически, т. е.  $\sum \bar{P}_{m_i} = 0$ . Под действием внешнего поля  $\bar{B}_0$  магнитные моменты молекул ориентируются в одном направлении и магнетик намагничивается. Возникает поле  $\bar{B}'$ . Намагничивание характеризуется магнитным моментом единицы объема вещества. Величина

$\bar{J} = \frac{\sum \bar{P}_m}{\Delta V}$  - вектор намагниченности. Помимо диа- и парамагнетиков, которые на-

зываются слабомагнитными материалами, существуют сильномагнитные вещества - ферромагнетики. Они обладают намагниченностью даже при отсутствии внешнего поля (Fe, Co, Ni). Если для слабомагнитных материалов зависимость  $J$  от  $H$  линейная, то для ферромагнетика  $J$  сначала резко растет и достигает насыщения  $J_{\text{нас}}$ . Особенностью

ферромагнетиков является аномально высокие  $\mu > 10^3$ , а также зависимость  $\mu$  от  $H$ . Сначала наблюдается резкий рост  $\mu$ , затем она падает, стремясь к 1. Характерной особенностью ферромагнетиков является то, что зависимость  $\vec{J}$  от  $\vec{H}$  определяется предысторией намагничивания ферромагнетика. Это явление называется магнитным гистерезисом

135. Измерения тока и напряжения.

**Ответ:**

Измерение постоянного напряжения и силы тока заключается в нахождении их значения и определения полярности. Целью измерения переменных тока и напряжения является нахождение какого-либо их параметра. Большое многообразие форм переменных токов и напряжений требует уточнения и определения измеряемых параметров.

Электрические сигналы напряжения или тока характеризуются прежде всего мгновенными значениями, т.е. значениями напряжения и тока в заданный момент времени.

Мгновенные значения напряжений (токов) представляют интерес при исследовании формы сигналов, например с помощью осциллографа. Вольтметрами и амперметрами измеряют остальные параметры.

Переменный ток промышленной частоты имеет синусоидальную форму и характеризуется мгновенным значением, средним квадратическим значением  $U_{с.к}$  (это значение часто называют действующим  $U$  или эффективным), амплитудой и фазой.

136. Механические волны. Волновое уравнение

**Ответ:**

Механическая волна или упругая волна – возмущение (колебание), распространяющееся в упругой среде. К механическим волнам также относят звук в газах или жидкости - колебания давления газа или жидкости, распространяющиеся в пространстве. Дифференциальное волновое уравнение для плоской волны

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$y$  - отклонение физической величины, совершающей колебания от положения равновесия,  $x$  - координата в направлении распространения волны,  $v$  - скорость распространения волны,  $t$  - время.

Решением дифференциального волнового уравнения является уравнение плоской волны:

$$y = y_0 \sin(\omega t - kx)$$

Здесь  $k$  – волновое число

$$k = \frac{\omega}{v}$$

Длиной волны  $\lambda$  называется кратчайшее расстояние между точками волны, колеблющимися в одной фазе

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

137. Электромагнитные волны

**Ответ:**

Если возбудить переменное электрическое или магнитное поле, то в окружающем пространстве возникнет последовательность взаимных превращений электрического и магнитного полей, распространяющаяся от точки к точке. Этот процесс будет периодическим и будет представлять собой волну. Возможность существования электромагнитной волны вытекает из уравнений Максвелла.

Волновое уравнение для электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $x$  следующее

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$$

Здесь  $E_y$  – проекция вектора напряженности электрического поля на ось  $y$ .

Напряженность магнитного поля также меняется в соответствии с волновым уравнением

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$

Их решением будет  $E_y = E_m \cos(\omega t - kx)$ ;  $H_z = H_m \cos(\omega t - kx)$ , где

$\omega$  – частота волны;  $k = \frac{\omega}{v}$  – волновое число.

Амплитуды связаны:  $E_m \sqrt{\varepsilon \varepsilon_0} = H_m \sqrt{\mu \mu_0}$ . Электромагнитные волны являются поперечными.

### 138. Природа света.

**Ответ:**

Согласно современным представлениям свет имеет корпускулярно-волновую природу. С одной стороны, свет ведет себя подобно потоку частиц фотонов, которые излучаются, распространяются и поглощаются в виде квантов. Корпускулярная природа света проявляется, например, в явлениях фотоэффекта, эффекта Комптона. С другой стороны, свету присущи волновые свойства. Свет – электромагнитные волны. Волновая природа света проявляется, например, в явлениях интерференции, дифракции, поляризации, дисперсии и др.

Согласно квантовой теории света, световое излучение испускается и поглощается частицами вещества не непрерывно, а дискретно, то есть отдельными порциями – квантами света. Она полностью объясняет с единых позиций все свойства света. Характерной чертой квантовой теории света является объяснение всех явлений, в том числе и тех, которые ранее казались объяснимыми лишь с позиций волновой теории.

### 139. Интерференция света. Интерференция в плёнках.

**Ответ:**

Пусть две когерентные монохроматические волны ( $\omega = \text{const}$ ), накладываясь друг на друга, возбуждают в определенной точке пространства колебания одинакового направления  $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$  и  $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$ . Поскольку световая волна является электромагнитной, то под  $x$  понимают напряженность электрического  $\vec{E}$  или  $\vec{H}$  магнитного поля волны. Векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  взаимно перпендикулярны. Из теории колебаний известно, что результирующее колебание в данной точке также будет гармоническим с частотой  $\omega$ , но с другой амплитудой  $A$  и начальной фазой  $\varphi$ .

Для амплитуды результирующего колебания используем метод векторных диаграмм. Из теоремы косинусов:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1),$$

видно, что амплитуда результирующего колебания зависит от разности фаз  $\varphi_2 - \varphi_1$ .

Если волны когерентны, то  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$  имеет постоянное во времени значение. Интенсивность света  $I \sim A^2$  в однородной изотропной среде и интерференционное уравнение примет вид:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1).$$

В точках пространства, где  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$ , интенсивность  $I > I_1 + I_2$ ; там где  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$ , интенсивность  $I < I_1 + I_2$ .

Таким образом, при наложении двух (или более) когерентных световых волн происходит пространственное перераспределение светового потока, в результате чего, в одних местах возникают максимумы интенсивности, а в других – минимумы. Это явление называется интерференцией света. Разность длин лучей от когерентных источников до данной точки М, умноженная на показатель преломления называется оптической разностью хода  $\Delta$ .

Если  $\Delta = \pm m\lambda_0$ , то есть равна целому числу волн, то  $\Delta\varphi = \pm 2\pi m$ , ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ) и колебания в точке М совершаются в одинаковой фазе, значит, в точке М наблюдается интерференционный максимум. Если  $\Delta = \pm(2m + 1)\frac{\lambda_0}{2}$ , равна нечетному числу полуволн, то  $\Delta\varphi = \pm(2m + 1)\pi$  и колебания в точке М будут происходить в противофазе. Это условие интерференционного минимума.

Если свет нормально падает на тонкую пленку с показателем преломления  $n$ , то в точке падения он разбивается на 2 луча, имеющих оптическую разность хода  $\Delta = 2dn + \frac{\lambda}{2}$ . Применив условие минимума, получим, что условием усиления света при отражении от пленки будет

$$2dn = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

140. Принцип Гюйгенса-Френеля

**Ответ:**

Явление дифракции объясняется с помощью принципа Гюйгенса: каждая точка пространства, до которой доходит волна, становится источником вторичных волн, которые в однородной среде будут сферическими. Огибающая этих волн задает положение волнового фронта в следующий момент времени. Из рисунка видно, что огибающая вторичных волн заходит в область геометрической тени. Принцип Гюйгенса решает лишь задачу о направлении распространения волнового фронта, но не позволяет определить амплитуду (А) и, соответственно, интенсивность (I) световых волн. Френель дополнил принцип Гюйгенса представлением об интерференции вторичных волн. Согласно принципу Гюйгенса-Френеля, световая волна, возбуждаемая каким-либо источником S, может быть представлена как результат суперпозиции (наложения) когерентных вторичных волн, излучаемых фиктивными источниками. Волны, распространяющиеся от источника, являются результатом интерференции всех когерентных вторичных волн. Учет амплитуд и фаз вторичных волн позволяет в каждом конкретном случае найти амплитуду (интенсивность) результирующей волны в любой точке пространства

141. Дифракция Френеля

**Ответ:**

Рассмотрим дифракцию Френеля на бесконечно длинной щели. Пусть плоская монохроматическая волна падает нормально плоскости щели, ширина которой  $a$ . Опустим перпендикуляр из точки М на луч ND. Оптическая разность хода между лучами MC и ND, идущими в направлении  $\varphi$ , будет:  $\Delta = NF = a \sin \varphi$ . Разобьем открытую часть волновой поверхности щели на зоны Френеля (полосы, параллельные щели). Ширина каждой зоны выбирается так, чтобы разность хода волн от краев соседних зон была равна  $\frac{\lambda}{2}$ . Значит, всего будет  $\frac{\Delta}{\lambda/2}$  зон.

Результат наложения всех вторичных волн, посылаемых зонами, будет зависеть от числа зон.

При интерференции света от каждой пары соседних зон Френеля амплитуда результирующего колебания будет равна нулю, т.к. колебания от каждой пары зон гасят друг друга. Значит, если число зон Френеля четное, т.е.  $\frac{\Delta}{\lambda/2} = \pm 2m$ , то  $\Delta = a \sin \varphi = \pm m\lambda$  ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ), и наблюдается интерференционный минимум.

Если число зон Френеля нечетное, т.е.  $\frac{\Delta}{\lambda/2} = \pm(2m + 1)$ , то  $\Delta = a \sin \varphi = \pm(2m + 1)\frac{\lambda}{2}$  ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ), и наблюдается максимум, соответствующий действию одной не скомпенсированной зоны Френеля. Отметим, что при  $\varphi = 0$  щель действует как одна зона и свет распространяется с наибольшей интенсивностью, т.е. в точке  $B_0$  экрана наблюдается центральный дифракционный максимум. Распределение интенсивности на экране вследствие дифракции называется дифракционным спектром.

#### 142. Дифракция на дифракционной решетке

**Ответ:**

Одномерная дифракционная решетка – это система параллельных щелей равной ширины, лежащих в одной плоскости и разделенных равными непрозрачными промежутками. Дифракционная картина на решетке определяется как результат взаимной интерференции волн, идущих от всех щелей, т.е. это многолучевая интерференция когерентных дифрагированных пучков света, идущих от всех щелей.

Величина  $a + b = d$  носит название постоянной (периода) дифракционной решетки.

Пусть плоская монохроматическая волна падает нормально к плоскости решетки. Т.к. щели находятся на одинаковом расстоянии друг от друга, то разности хода лучей, идущих от двух соседних щелей, будут для данного угла  $\varphi$  одинаковы в пределах всей решетки, т.е.  $\Delta = (a + b)\sin \varphi = d \sin \varphi$ .

Очевидно, что в тех направлениях ( $\varphi$ ), в которых ни одна из щелей не распространяет свет, он не будет распространяться и при двух и более щелях, т.е. прежние (главные) минимумы будут наблюдаться в направлениях, определяемых условием минимума для одной щели:  $a \sin \varphi = \pm m\lambda$  ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ). Вследствие взаимной интерференции лучей, посылаемых двумя щелями, в некоторых направлениях они будут гасить друг друга и возникнут дополнительные минимумы. Их условие для двух щелей:  $d \sin \varphi = \pm(2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ . Условие максимумов:  $d \sin \varphi = \pm m\lambda$ . Если решетка состоит из  $N$  щелей, то условия главных минимумов и максимумов те же, а условие дополнительных минимумов:  $d \sin \varphi = \pm \frac{m'\lambda}{N}$ , где  $m' = 1, 2, \dots, N - 1, N + 1$ , т.е.  $m'$  принимает любые значения, кроме значений  $m' = 0, N, 2N, \dots$

#### 143. Поляризация света. Закон Малюса.

**Ответ:**

Свет с равновероятными ориентациями вектора  $\vec{E}$  называется естественным. Если в результате каких-либо внешних воздействий появляется преимущественное направление колебаний вектора  $\vec{E}$ , то это – частично поляризованный свет.

Свет, в котором вектор  $\vec{E}$  колеблется только в одной плоскости, называется плоско поляризованным.

Пусть плоско поляризованный свет падает на анализатор, причем колебания вектора  $\vec{E}$  с амплитудой  $A_0$  совершаются в плоскости, образующей угол  $\varphi$  с плоскостью поляризатора (луч и плоскость поляризатора перпендикулярны плоскости рисунка).

Колебания с амплитудой  $A_0$  можно разложить на два колебания:  $A_{11} = A_0 \cos \varphi$  и  $A_{\perp} = A_0 \sin \varphi$ . Первое колебание пройдет через анализатор, а второе будет полностью задержано. Интенсивность прошедшего света пропорциональна квадрату амплитуды ( $I \sim A^2$ ), т.е.  $A_{11}^2 = A_0^2 \cos^2 \varphi$  и  $I_{11} = I_0 \cos^2 \varphi$ . Значит из анализатора выйдет свет с интенсивностью  $I = I_0 \cos^2 \varphi$  – закон Малюса. В естественном свете все значения угла  $\varphi$  равновероятны, поэтому среднее по времени значение  $\langle \cos^2 \varphi \rangle = 1/2$ . Поэтому при вращении поляризатора вокруг естественного луча интенсивность изменяться не будет и будет все время равна  $I = 1/2 I_{\text{естеств}}$ .

#### 144. Дисперсия света.

**Ответ:**

Дисперсией света называется зависимость показателя преломления  $n$  от частоты  $\nu$  (длины волны  $\lambda$ ) света (или зависимость фазовой скорости  $v$  световых волн от его частоты  $\nu$ ). Следствием дисперсии является разложение в спектр пучка белого света при прохождении его через призму. Дисперсия проявляется лишь при распространении некогерентных волн. Пусть монохроматический луч падает под углом  $\alpha_1$  на призму с показателем преломления  $n$  и преломляющим углом  $A$ . После двукратного преломления на левой и правой гранях призмы луч отклоняется на угол  $\varphi$ . Можно показать, что если угол  $\alpha_1$  мал, то  $\varphi = A(n-1)$  — угол отклонения лучей призмой тем больше, чем больше преломляющий угол призмы. Величина

$$D = \frac{dn}{d\lambda}$$

называется дисперсией вещества. Для всех прозрачных веществ показатель преломления уменьшается с увеличением длины волны:

$$\frac{dn}{d\lambda} < 0$$

(см. рисунок). Такая дисперсия называется нормальной (или отрицательной). Вблизи линий и полос сильного поглощения ход кривой  $n(\lambda)$  — кривой дисперсии — обратный:

$$\frac{dn}{d\lambda} > 0$$

такая дисперсия называется аномальной. На явлении нормальной дисперсии основано действие призмных спектрографов. Угол отклонения лучей призмой зависит от показателя преломления, который в свою очередь, зависит от длины волны. Поэтому призма разлагает белый свет в спектр, отклоняя красные лучи (длина волны больше) слабее, чем фиолетовые (длина волны меньше).

145. Поглощение и рассеяние света

Ответ:

Основным законом, описывающим поглощение света, является закон *Бугера-Ламберта*

$$I = I_0 e^{-k d}$$

который связывает интенсивность  $I$  пучка света, прошедшего слой поглощающей среды толщиной  $d$ , с интенсивностью падающего пучка  $I_0$ .

Коэффициент  $k$  называют показателем поглощения, который различен для разных длин волн. Согласно квантовой теории, процесс поглощения света связан с переходом электронов в поглощаемых атомах, ионах, молекулах, или твердом теле с более низких энергетических уровней на более высокие энергетические уровни. Поглощение света используется в различных областях науки и техники в особо высокочувствительных методах количественного и качественного химического анализа.

Изменение какой-либо характеристики потока оптического излучения при его взаимодействии с веществом называют рассеянием света. Этими характеристиками могут быть пространственное распределение интенсивности, частотный спектр, поляризация света. Во многих случаях оказывается достаточно описать рассеяние света в рамках классической волновой теории излучения, с точки зрения которой падающая волна возбуждает в частицах среды вынужденные колебания электрических зарядов. Это приводит к возникновению вторичных световых волн. В случае оптически однородных веществ рассеивание отсутствует, так как вторичные волны взаимно поглощаются вследствие интерференции. Обычно рассеяние света наблюдается в оптически неоднородных средах, показатель преломления которых изменяется от точки к точке. Такими средами являются аэрозоли (туман, дым), эмульсии, коллоидные растворы, матовые стекла и т. д. Если расстояние между малыми по размеру неоднородностями среды много больше длины волны падающего света, то излучаемые ими вторичные волны не когерентны и при наложении не могут интерферировать. Следовательно, неоднородная среда рассеивает свет по всем направлениям. Если энергия испущенного фотона равна энергии поглощенного фотона, то рассеяние света называют рэлеевским, или упругим. *Рэлей* показал, что интенсивность  $I$  света, рассеянного частицей при упругом рассеянии, обратно пропорциональна четвертой степени длины волны (закон Рэля).

Последовательное описание рассеяния света возможно в рамках квантовой теории взаимодействия излучения (света) с веществом, основанной на квантовой электродинамике и квантовых представлениях о строении вещества.

В этой теории единичный акт рассеяния света рассматривается как поглощение частицей вещества падающего фотона с энергией, импульсом и поляризацией, а затем испускание вторичного фотона с другими значениями энергии, импульса и поляризации.

146. Характеристики теплового излучения

Любое тело с температурой, отличной от 0 К испускает излучение, которое называется тепловым. Тепловая энергия излучается и поглощается телами.

Пусть на тело падает световой поток  $\Phi_0$ . Часть потока отразится ( $\Phi_{отр}$ ), часть – поглотится телом ( $\Phi_{погл}$ ) и часть – будет пропущена телом ( $\Phi_{проп}$ ). По закону сохранения энергии

$$\Phi_0 = \Phi_{отр} + \Phi_{погл} + \Phi_{проп},$$

$$1 = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_0} + \frac{\Phi_{погл}}{\Phi_0} + \frac{\Phi_{проп}}{\Phi_0}, \text{ т.е. } 1 = \rho + a + \tau,$$

где  $\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_0}$  – коэффициент отражения (отражательная способность тела);

$a = \frac{\Phi_{\text{погл}}}{\Phi_0}$  – коэффициент поглощения (поглощательная способность);  $\tau = \frac{\Phi_{\text{проп}}}{\Phi_0}$  –

коэффициент пропускания (пропускательная способность).

Для непрозрачных твердых тел  $\tau = 0$ , т.е.  $\rho + a = 1$ . Все коэффициенты зависят от длины волны излучения и температуры тела, поэтому их обозначают:  $a_{\lambda T}$ ,  $\tau_{\lambda T}$ ,  $\rho_{\lambda T}$ . В зависимости от значения коэффициента поглощения все тела делятся на группы.

1. Если  $a_{\lambda T} = 0$ ,  $\rho_{\lambda T} = 1$  – это абсолютно белое тело.
2. Если  $a_{\lambda T} = 1$ ,  $\rho_{\lambda T} = 0$  – это абсолютно черное тело (АЧТ).
3. Если  $a_{\lambda T} < 1$ , то такое тело называется серым.

Энергетической светимостью или полной энергией излучения ( $R_{\Sigma}$ ) называется поток энергии, испускаемый единицей поверхности тела по всем направлениям во всем интервале частот от 0 до  $\infty$ . Поток энергии, испускаемый единицей поверхности тела в малом интервале частот от  $\omega$  до  $\omega + d\omega$ :  $dR_{\omega} = r_{\omega} d\omega$ . Величина  $r_{\omega}$  называется излучательной способностью тела, которая является функцией частоты и температуры.

Тогда энергетическая светимость:

$$R_{\Sigma} = \int dR_{\omega} = \int_0^{\infty} r_{\omega} d\omega; \quad [R_{\Sigma}] = \text{Вт/м}^2.$$

Излучательную способность можно выразить через длину волны, тогда:

$$r_{\omega} = \frac{\lambda^2}{2\pi c} r_{\lambda}.$$

147. Спектр абсолютно чёрного поля. Законы Стефана и Стефана-Больцмана

**Ответ:**

Модель абсолютно черного тела – это полость с небольшим отверстием, причем  $S_{\text{пов}} \gg S_{\text{отв}}$ . Электромагнитные волны, попадающие в отверстие, не могут выйти и после многократного отражения будут поглощены стенками. Большая часть энергии поглотится и независимо от материала стенок  $I_{\text{вых}} \ll I_{\text{вх}}$ . Если стенки полости поддерживать при  $T = \text{const}$ , то из отверстия будет выходить излучение, близкое к излучению абсолютно черного тела, при данной температуре. Разлагая это излучение в спектр (по  $\lambda$ ) и измеряя интенсивность ( $I$ ) различных участков спектра, можно найти экспериментальный вид спектра теплового излучения.

Площадь под любой кривой распределения энергии равна энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре:  $R_{\Sigma} = \int_0^{\infty} r_{\omega} d\omega = \int_0^{\infty} r_{\lambda} d\lambda$ .

Величина под интегралом  $r(\omega, T)$  является функцией частоты излучения и температуры и называется спектральной плотностью энергетической светимости.

Закон Стефана-Больцмана. Энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени термодинамической температуры:

$$R_{\Sigma} = \int_0^{\infty} r(\omega, T) d\omega = \sigma T^4,$$

где  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана.

148. Фотоэффект.

**Ответ:**

Внешний фотоэлектрический эффект (фотоэффект) – это испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения.

Катод освещается светом определенной частоты ( $\nu = \text{const}$ ). Выбиваемые электроны под действием электрического поля достигают анода и в цепи течет ток, называемый фототоком ( $I_{\Phi}$ ). Электрическая схема наблюдения фотоэффекта позволяет изменять как величину, так и полярность напряжения между катодом и анодом.

Были установлены три закона Столетова для фотоэффекта:

1) при фиксированной частоте ( $\nu = \text{const}$ ), число фотоэлектронов, вырываемых из катода в единицу времени, пропорционально интенсивности света, т.е. фототок насыщения пропорционален световому потоку:  $I_H \sim \Phi$ ;

2) максимальная начальная скорость фотоэлектронов не зависит от интенсивности, а определяется только частотой света  $\nu$ ;

3) для каждого вещества существует такая минимальная частота  $\nu_0$ , ниже которой фотоэффект отсутствует. Эта частота называется красной границей фотоэффекта.

149. Квантовая теория света. Давление и импульс фотонов

**Ответ:**

С точки зрения квантовой теории – свет – поток особых частиц -фотонов. Согласно теории относительности частица с энергией  $\varepsilon = mc^2$  обладает массой

$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$ , т.е. фотон – это частица, движущаяся со скоростью света. С другой

стороны  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{J^2}{c^2}}}$ , где  $m_0$  – масса покоя частицы,  $J$  – ее скорость.

При  $J \rightarrow c$ ,  $\sqrt{1 - \frac{J^2}{c^2}} \rightarrow 0$ , т.е.  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{J^2}{c^2}}} \rightarrow \infty$ , но масса

фотона конечна и равна  $m = \frac{\varepsilon}{c^2}$ , а это возможно лишь при условии, что  $m_0 = 0$ .

Таким образом, фотон – это релятивистская частица, которая не имеет массы покоя и может существовать, только двигаясь со скоростью света.

Из теории относительности известна связь между энергией и импульсом частицы  $\varepsilon = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$ , для фотона  $m_0 = 0$ , т.е.  $\varepsilon = pc$  и  $p = \frac{\varepsilon}{c}$  – импульс фотона.

Поскольку фотон обладает импульсом, то свет, падающий на тело, оказывает на него давление, равное импульсу, сообщаемому фотонами единице поверхности в единицу времени. Давление света  $P = \frac{dp}{dt ds}$ . Можно показать, что

$$P = (1 + \rho) \frac{\varepsilon}{c} N,$$

где  $\rho$  коэффициент отражения света,  $N$  - число фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени.

#### 150. Эффект Комптона

**Ответ:**

*Эффект Комптона* – изменение частоты (или длины волны) фотонов при их рассеянии. Может наблюдаться при рассеянии на свободных электронах фотонов рентгеновского диапазона или на ядрах при рассеянии гамма-излучения.

Эксперимент Комптона заключался в следующем: он использовал так называемую линию  $K_\alpha$  в характеристическом рентгеновском спектре молибдена с длиной волны  $\lambda_0 = 0.071 \text{ нм}$ . Такое излучение можно получить при бомбардировке электронами молибденового анода, отрезав излучения других длин волн с помощью системы диафрагм и фильтров ( $S$ ). Прохождение монохроматического рентгеновского излучения через графитовую мишень ( $M$ ) приводит к рассеянию фотонов на некоторые углы  $\varphi$ , то есть к изменению направления распространения фотонов. Измеряя с помощью детектора ( $D$ ) энергию рассеянных под различными углами фотонов, можно определить их длину волны.

Оказалось, что в спектре рассеянного излучения наряду с излучением, совпадающим с падающим, присутствует излучение с меньшей энергией фотонов. При этом различие между длинами волн падающего и рассеянного излучений  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$  тем больше, чем больше угол, определяющий новое направление движения фотона. То есть на большие углы рассеивались фотоны с большей длиной волны.

Этот эффект не может быть обоснован классической теорией: длина волны света при рассеянии изменяться не должна, т.к. под действием периодического поля световой волны электрон колеблется с частотой поля и поэтому должен излучать под любым углом вторичные волны той же частоты.

Объяснение эффекту Комптона дала квантовая теория света, в рамках которой процесс рассеяния света рассматривается как упругое столкновение фотонов с электронами вещества. В процессе этого столкновения фотон передает электрону часть своих энергии и импульса в соответствии с законами их сохранения в точности как при упругом столкновении двух тел.

#### 151. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

**Ответ:**

Волновая теория не объясняет законов фотоэффекта и противоречит второму и третьему законам Столетова. Эйнштейн предложил квантовую теорию фотоэффекта, согласно которой, свет с частотой  $\nu$  не только испускается (как предположил Планк), но и распространяется в пространстве и поглощается веществом отдельными порциями (квантами), энергия которых  $\varepsilon = h\nu$ . Т.е. свет – это поток локализованных в пространстве дискретных световых квантов, движущихся со скоростью света. Кванты электромагнитного излучения получили название фотонов. По теории Эйнштейна каждый квант поглощается только одним электроном, поэтому число фотоэлектронов должно быть пропорционально интенсивности света (1 закон). Энергия падающего фотона расходуется на совершение электроном работы выхода  $A$  из металла и на сообщение электрону кинетической энергии  $\frac{mJ_{\text{max}}^2}{2}$ , т.е.  $h\nu = A + \frac{mJ_{\text{max}}^2}{2}$  – уравнение Эйнштейна (закон сохранения энергии).

Работа выхода  $A$  – это минимальная энергия, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из вещества на уровень вакуума. Это табличная величина, зависящая только от природы материала. Из уравнения следует, что кинетическая энергия возрастает с увеличением частоты  $\nu$  излучения и не зависит от его интенсивности (2 закон). Поскольку с уменьшением частоты кинетическая энергия электронов уменьшается, то при какой-то частоте  $\nu = \nu_0$ , кинетическая энергия станет равной нулю и фотоэффект прекратится (3 закон). Тогда  $h\nu_0 = A$ ,  $\nu_0 = \frac{A}{h}$  – красная граница фотоэффекта. Поскольку

$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ , то  $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$  – это также красная граница фотоэффекта

#### 152. Законы геометрической оптики

**Ответ:**

В геометрической оптике рассматриваются законы распространения световых лучей, т.е. линий, вдоль которых распространяется световая энергия.

Экспериментально установлены четыре основных закона геометрической оптики.

1. Закон прямолинейного распространения света. Это закон вытекает непосредственно из принципа Ферма: луч света всегда распространяется в однородном пространстве между двумя точками по тому пути, вдоль которого время его распространения наименьшее.

2. Закон независимости световых лучей: лучи при пересечении не возмущают друг друга и распространяются независимо друг от друга.

3. Закон отражения света: падающий луч, нормаль к границе раздела, и отраженный луч лежат в одной плоскости; угол падения равен углу отражения ( $i_1 = i_2$ ).

4. Закон преломления света: падающий луч, нормаль к границе раздела, и преломленный луч лежат в одной плоскости;

$\frac{\sin i_1}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$  – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

$n_{12} = \text{const}$  – для двух данных сред,  $n_1$  и  $n_2$  – абсолютные показатели преломления I и II среды соответственно.

$$n_1 = \frac{c}{J_1}; \quad n_2 = \frac{c}{J_2},$$

где  $c$  – скорость света в вакууме;  $J_1$  и  $J_2$  – скорости света в данных средах.

$$\text{То есть } n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{J_1}{J_2}.$$

Из закона преломления следует:  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r$ , т.е. обратимость световых лучей.

#### 153. Законы Вина, Релея-Джинса, формула Планка

**Ответ:**

Анализ экспериментальной зависимости теплового излучения показывает, что максимум излучательной способности с увеличением температуры смещается в сторону более коротких волн. Отсюда следует закон смещения Вина: длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности абсолютно черного тела ( $\lambda_{\text{MAX}}$ ), обратно пропорционален его абсолютной температуре:

$$\lambda_{\text{MAX}} = \frac{b}{T} \quad \text{или} \quad T\lambda_{\text{MAX}} = b = \text{const}.$$

Рэлей и Джинс рассчитали спектр излучения нагретых тел, воспользовавшись методами статистической физики, применяя классический закон распределения энергии по степеням свободы атомных осцилляторов.

Формула удовлетворительно согласуется с экспериментом при больших значениях  $\lambda$ , но резко расходится с ним при малых  $\lambda$ . Попытка получить формулу Стефана - Больцмана  $R_\lambda = \sigma T^4$  из формулы Релея - Джинса привела к абсурду:  $R_\lambda = \infty$ . Этот результат получил название «ультрафиолетовой катастрофы».

Рассчитать зависимость спектральной плотности энергетической светимости нагретого тела от частоты излучения и температуры для абсолютно черного тела удалось М. Планку. Планк выдвинул гипотезу, что энергия, испускается атомными осцилляторами, излучается не непрерывно, а в виде отдельных порций энергии  $\varepsilon$  (квантов) и пропорциональна частоте колебаний осцилляторов  $\varepsilon = h\nu = h\omega$ , где

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} - \text{постоянная Планка}; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}.$$

Согласно этой гипотезе полная энергия излучения дискретна - квантована:  $E = nh\nu = nh\omega$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$

Тогда средняя энергия осциллятора  $\langle \varepsilon \rangle$  не равна  $kT$ . В приближении, что распределение осцилляторов по возможным дискретным состояниям подчиняется распределению Больцмана, средняя энергия осциллятора  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{h\omega}{e^{\frac{h\omega}{kT}} - 1}$ . С учетом этого

Планк получил вид зависимости спектральной плотности энергетической светимости нагретого тела, точно соответствующий эксперименту:

$$r_{(\omega, T)} = \frac{h\omega^3}{4\pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\omega}{kT}} - 1}$$

Таким образом в физике было введено понятие кванта.

154. Модели атомов: Томпсона, Резерфорда, Бора

**Ответ:**

Томсон принял, что атом представляет собой сферическое распределение положительного заряда, а на его поверхности находятся электроны, удерживаемые упругими силами, позволяющими им колебаться. Однако некоторые опытные факты опровергают модель Томсона. Эти факты были открыты Резерфордом. Резерфорд на их основе предложил ядерную модель атома: вокруг положительно заряженного ядра, имеющего заряд  $Ze$  ( $Z$  – порядковый номер элемента), по замкнутым орбитам движутся электроны, образуя электронную оболочку атома. Кулоновская сила взаимодействия сообщает электрону центростремительное ускорение. Второй закон

Ньютона для электрона, движущегося по окружности:  $\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{mJ^2}{r}$ , где  $m$  и  $J$  – масса

и скорость электрона на орбите радиуса  $r$ . Недостаток уравнения в том, что оно содержит два неизвестных  $r$  и  $J$ . Следовательно, существует бесчисленное множество значений радиусов и скоростей, а значит и энергий, которая может меняться непрерывно, и следовательно, испускаться любая порция энергии. Этому противоречит линейчатый спектр излучения атомов. Попытки построить теорию атома в рамках классической физики не привели к успеху. Первая попытка построить новую

квантовую теорию атома была предложена Бором. В основу теории Бор положил два постулата:

I постулат (постулат стационарных состояний). В атоме существуют стационарные (не изменяющиеся во времени) состояния, в которых он не излучает энергии. Стационарным состояниям соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. Движение электронов по ним не сопровождается излучением электромагнитных волн. В стационарном состоянии атома электрон должен иметь дискретные квантовые значения момента импульса, удовлетворяющие условию:  $mvr_n = nh (n = 1, 2, 3, \dots)$ .

II постулат (правило частот). При переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается или поглощается один фотон с энергией  $h\nu = E_n - E_m = h\omega$ , равной разности энергий соответствующих стационарных состояний.  $E_n, E_m$  – энергии электрона на соответствующих орбитах.

155. Гипотеза де Бройля

**Ответ:**

Де Бройль выдвинул гипотезу об универсальности корпускулярно - волнового дуализма, согласно которой не только фотоны (свет), но и электроны и любые другие микрочастицы с массой покоя не равной нулю, наряду с корпускулярными свойствами обладают и волновыми. Т.е. любой частице с энергией  $\varepsilon$  и импульсом  $p = mv$ , соответствует волна, длина которой  $\lambda = \frac{h}{p}$  – формула де Бройля. Связь между полной энергией частицы и частотой волн де Бройля:  $\varepsilon = h\nu$ .

Гипотеза де Бройля получила экспериментальные подтверждения. Например, было показано, что пучок электронов, рассеиваясь на кристалле, дает четкую дифракционную картину, а рентгенограммы и электронограммы от одного и того же вещества одинаковы. Дифракция электронов происходит так же, как электромагнитных волн. Кроме того, были обнаружены дифракционные явления и у атомных и даже молекулярных пучков.

156. Уравнение Шредингера

**Ответ:**

По аналогии с классической механикой закон движения микрочастицы должен определяться законом распространения волн де Бройля. Распространение любой волны описывается волновым уравнением. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси X (одномерный случай):

$$\xi_{(x,t)} = A \cos(\omega t - kx)$$

Выразив  $\omega$  и  $k$  через энергию и импульс частицы, и учитывая, что  $E = \frac{p^2}{2m}$ ,

можно выразить  $E$  и  $p^2$  из уравнения плоской волны. Тогда, если микрочастица движется в силовом поле, т.е. имеет потенциальную энергию  $U(x, y, z, t)$ , то уравнение принимает вид:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U\psi$$
 – это общее волновое уравнение Шредингера – основное

уравнение нерелятивистской квантовой механики. Оно не выводится, а постулируется и справедливо для любой микрочастицы, движущейся со скоростью  $v \ll c$ . Если

силовое поле, в котором движется частица, стационарно, то потенциальная энергия частицы  $U(x, y, z, t) = U(x, y, z)$  не зависит от времени. Тогда справедливо уравнение Шредингера для стационарных состояний, которая для одномерного случая имеет вид:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m(E - U)\psi}{\hbar^2} = 0$$

Функция  $\psi(x, y, z, t)$  называется волновой функцией и является решением уравнения Шредингера. Функция  $\psi$  комплексная, поэтому физический смысл имеет произведение функции  $\psi$  на комплексно - сопряженную ей функцию  $\psi^*$ :  $\psi\psi^* = |\psi|^2$ . Это произведение (квадрат модуля волновой функции) действительно и определяет вероятность нахождения частицы в момент времени  $t$  в выделенном объеме  $dV = dx dy dz$ ,

157. Соотношение неопределенностей Гейзенберга

**Ответ:**

В классической механике состояние частицы, движущейся по определенной траектории, в любой момент времени однозначно определяется значением координат  $(x, y, z)$  и трех составляющих импульса  $(p_x, p_y, p_z)$ . Вследствие наличия у микрочастицы волновых свойств, нельзя говорить о движении частицы по определенной траектории и об одновременных точных значениях ее координаты и импульса. Так как понятие «длина волны в данной точке» лишено физического смысла.

Пусть микрочастица движется вдоль оси  $x$  с импульсом  $p_x$ , тогда согласно формуле де Бройля ей соответствует волна с длиной  $\lambda = \frac{h}{p_x}$ . Но волна, протяженный объект, определена в диапазоне  $-\infty < x < +\infty$ , поэтому интервал, в котором локализована частица  $\Delta x = x_2 - x_1 \rightarrow \infty$ . Т.е. частица, обладающая определенным импульсом  $p_x$ , не имеет определенной координаты и наоборот.

Степень точности, с которой может быть определено положение микрочастицы в пространстве, задается соотношением неопределенностей Гейзенберга:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar,$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq \hbar,$$

$$\Delta z \Delta p_z \geq \hbar.$$

Это один из основных законов квантовой механики. Из него следует, что чем точнее определяется координата микрочастицы, тем неопределеннее становятся составляющие её импульса и наоборот. Отсюда также следует, что в квантовой механике утрачивается смысл понятия траектории, которое несовместимо с волновыми свойствами

158. Квантовый гармонический осциллятор

**Ответ:**

Рассмотрим одномерный гармонический осциллятор, совершающий колебания вдоль оси под действием возвращающей квазиупругой силы . Потенциальная энергия такого осциллятора имеет вид:

$$U = \frac{m_0 \omega_0 x^2}{2}$$

В квантовой механике для решения задачи о гармоническом осцилляторе нужно эту потенциальную энергию подставить в стационарное уравнение Шредингера:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m(E-U)\psi}{\hbar^2} = 0$$

Получим выражение:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m \left( E - \frac{m_0 \omega_0 x^2}{2} \right) \psi}{\hbar^2} = 0$$

Энергия гармонического осциллятора имеет вид:

$$E_n = \hbar \omega_0 \left( n + \frac{1}{2} \right)$$

Это соотношение и определяет закон квантования энергии гармонического осциллятора. Отметим, что энергетические уровни гармонического осциллятора, в отличие, например, от случая прямоугольной потенциальной ямы, являются эквидистантными, т.е. расположены на одинаковом энергетическом расстоянии друг от друга.

159. Частица в потенциальной прямоугольной яме и свободная частица

**Ответ:**

Рассмотрим одномерную (движение вдоль оси X) прямоугольную потенциальную яму шириной 1 с бесконечно высокими стенками. Такая яма описывается потенциальной энергией вида:

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ 0, & 0 \leq x \leq 1 \\ \infty, & x > 1 \end{cases}$$

Уравнение Шредингера для стационарных состояний:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m(E-U)\psi}{\hbar^2} = 0.$$

По условию частица не проникает за пределы ямы, поэтому волновая функция за пределами равна нулю и граничное условие:  $\psi(1) = \psi(0) = 0$ . Решая уравнение

Шредингера, можно получить энергию частицы  $E = \frac{k^2 \hbar^2}{2m} = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m l^2}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) Значит

уравнение Шредингера, описывающее движение частицы в потенциальной яме, удовлетворяется только при собственных значениях энергии  $E_n$ , зависящих от числа  $n$ .

Энергия частицы в потенциальной яме принимает только определенные дискретные значения, т.е. квантуется. Квантовые значения энергии называются уровнями энергии, а число  $n$  – главным квантовым числом. Кроме того, в результате решения дифференциального уравнения Шредингера можно получить собственные волновые функции

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi}{l} x \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Возводя их в квадрат, получаем вероятность нахождения частицы в то или иной точке потенциальной ямы. Так, при  $n=1$  она максимальна в центре ямы, при  $n=2$  – минимальна.

Еще одной задачей на собственные функции и собственные значения является движение свободной частицы, упомянутой выше. Оно задается уравнением:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U\psi$$

Однако, так как частица свободная, то  $U=0$  и это уравнение принимает вид

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi$$

Его частным решением является функция  $\psi(x) = Ae^{ikx}$ , где  $A = \text{const}$ ,  $\psi(x)$  является

координатной частью волновой функции  $\Psi(x, t)$ .

Функции  $\psi(x)$  соответствуют собственные значения энергии

$$E = \frac{p_x^2}{2m}$$

где  $p_x$  – проекция импульса частицы на ось  $x$ . Это выражение верно для нереляти-

вистской частицы. А поскольку импульс может принимать любые положительные значения, то энергетический спектр свободной частицы является непрерывным, т.е. энергия частицы также может принимать любые значения. Таким образом, свободная частица имеет непрерывный спектр.

#### 160. Квантовые числа и принцип Паули

**Ответ:**

Квантовые числа – это целые или полу целые числа, определяющие возможные дискретные значения физических величин системы, подчиняющиеся квантовым законам.

Главное квантовое число  $n$ , определяет энергетические уровни электрона в атоме,  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Электроны со значениями энергии, соответствующими главному квантовому числу  $n = 1$  образуют К-оболочку; со значениями  $n = 2$  – L-оболочку,  $n = 3$  – M-оболочку, и т.д.

Из решения уравнения Шредингера вытекает, что механический орбитальный момент импульса электрона квантуется, принимая дискретные значения, определяемые формулой  $L_1 = \hbar \sqrt{l(l+1)}$ , где  $l$  – орбитальное квантовое число. Оно определяет форму орбиты и принимает значения  $l = 0, 1, \dots, n-1$ , т.е. всего  $n$  значений. Например, при  $n = 4$ ,  $l = 0, 1, 2, 3$ . Если  $l = 0$  – это s-электрон, при  $l = 1$  – p-электрон, при  $l = 2$  – d-электрон, и т.д.

Из решения уравнения Шредингера следует, что вектор  $\vec{L}_1$  орбитального момента импульса электрона может быть только так ориентирован в пространстве, когда его проекция  $L_{1H}$  на направление внешнего магнитного поля принимает только квантованные значения  $L_{1H} = \hbar m$ , где  $m$  – магнитное квантовое число. Оно определяет проекцию  $\vec{L}_1$  на направление внешнего магнитного поля  $\vec{H}$  и характеризует ориентацию плоскости электронной орбиты в пространстве, принимая значения  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ , всего  $2l + 1$  значений ориентаций.

Хотя энергия электрона и зависит только от квантового числа  $n$ , но каждому собственному значению энергии  $E_n$  соответствует несколько собственных функций  $\psi(n, l, m)$ , отличающихся значениями  $l$  и  $m$ . Значит, атом водорода может иметь одно и то же значение энергии, находясь в различных состояниях. Число различных состояний, соответствующих главному квантовому числу  $n$ , равно  $\sum_{l=1}^{n-1} (2l+1) = n^2$ . Состояния с одинаковым значением энергии называются вырожденными, а число таких состояний с одинаковыми значениями энергии называется кратностью вырождения соответствующего уровня. Каждый уровень энергии водородоподобного атома имеет кратность вырождения, равную  $n^2$ . Кроме орбитальных магнитного ( $P_m$ ) и механического ( $L_l$ ) моментов электрона, определяющих его движение по орбите, электрон обладает собственным механическим моментом импульса. Он носит название спина -  $\underline{L}_s$  и не связан с движением электрона в пространстве.  $L_{SH} = \hbar m_s$ , где  $m_s$  – магнитное спиновое квантовое число. Для электрона оно принимает лишь два значения  $m_s = \pm \frac{1}{2} = \pm s$ .

Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме подчиняется принципу Паули: в атоме не может быть более одного электрона с одинаковым набором четырех квантовых чисел  $n, l, m$  и  $m_s$  т.е.  $Z(n, l, m, m_s) = 0$  или 1.

161. Модель Шрёдингера для многоэлектронного атома.

**Ответ:**

В принципе уравнение Шредингера может быть применено для описания любого многоэлектронного атома. Для этого необходимо соответствующим образом преобразовать это уравнение: учесть координаты всех электронов атома, подставить соответствующее выражение для потенциальной энергии. Решение такого уравнения должно дать набор волновых функций для данного атома, позволяющих рассчитать значения физических характеристик системы. Однако практически уравнение Шредингера не может быть строго решено даже для двухэлектронной системы. Тем не менее современная вычислительная техника позволяет вычислять с достаточно высокой степенью точности приближенные значения свойств многоэлектронного атома. Весьма результативной и простой является концепция водородного (одноэлектронного) приближения, которая может быть сведена к следующим положениям:

1. Электронную оболочку любого многоэлектронного атома можно описать, используя те же квантовые числа и тот же набор волновых функций, что и для атома водорода.

2. На энергетических уровнях и подуровнях многоэлектронного атома распределяются несколько электронов, взаимодействие которых должно быть учтено. Электроны одного уровня образуют электронный слой. Электронные слои обозначаются буквами K ( $n = 1$ ), L ( $n = 2$ ), M ( $n = 3$ ) и т.д.

3. В невозбужденных атомах электроны заполняют орбитали в порядке возрастания их энергии (принцип минимальной энергии).

Концепция водородного приближения позволяет построить электронные формулы (электронные конфигурации) атомов, отражающие распределение электронов по энергетическим уровням и подуровням. При составлении электронной формулы атома цифрами указывают значения главного квантового числа, буквой - типы подуровней, а верхним правым индексом - число электронов на подуровне.

162. Сильная и слабая связь. Энергетические зоны

**Ответ:**

Выделяют четыре не сводящихся друг к другу вида взаимодействия. Это гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. В физике причиной изменения движения тел является сила. Исследуя окружающий нас мир, мы можем заметить множество раз-

нообразных сил: сила тяжести, сила сжатия пружины, сила, возникающая при столкновении тел, сила трения и другие. Однако, когда была выяснена атомарная структура вещества, стало понятно, что все разнообразие этих сил есть результат взаимодействия атомов друг с другом. Поскольку атомы взаимодействуют через электростатическое поле электронных оболочек, то, как оказалось, все эти силы — лишь различные проявления электромагнитного взаимодействия. Единственное исключение из этого многообразия сил — сила тяжести, причиной которой является гравитационное взаимодействие между двумя массивными телами.

Ядро состоит из двух видов элементарных частиц — протонов и нейтронов. Протоны — положительно заряженные элементарные частицы, довольно тяжелые (почти в 2000 раз тяжелее электрона). Нейтроны не имеют электрического заряда, еще чуть более тяжелые, чем протоны. Знание точных показателей массы и зарядов протонов и нейтронов дает возможность понять, что ядра атомов не смогли бы существовать только при наличии гравитационного и электрического взаимодействия. Именно такое положение вещей говорит о существовании еще одного типа взаимодействия — сильного. Существует также слабое взаимодействие. Такой вид взаимодействия является короткодействующим, проявляется на очень малых расстояниях ( $10^{-15}$ – $10^{-22}$  см.). При слабом взаимодействии процессы между частицами протекают медленнее, благодаря нему большинство известных нам частиц нестабильно. Слабое взаимодействие связано с распадом частиц, в частности, с превращениями протона в нейтрон, позитрон и нейтрино, которые происходит в ядре. Переносчиками слабого взаимодействия являются вионы. Слабое взаимодействие — особый вид не контактного взаимодействия, связь осуществляется с помощью обмена промежуточными тяжелыми частицами — *бозонами*.

Пусть имеется  $N$  изолированных атомов какого-либо вещества. Пока атомы изолированы друг от друга, они имеют полностью совпадающие значения энергетических уровней для электронов.

Заполнение уровней в каждом атоме осуществляется независимо друг от друга. По мере сближения атомов, между ними возникает взаимодействие, которое приводит к изменению положения уровней: вместо одного одинакового для всех атомов уровня возникает  $N$  очень близких, но не совпадающих уровней энергии. То есть уровень изолированного атома расщепляется в кристалле на  $N$  густо расположенных уровней, образующих энергетическую зону. Наиболее сильно расщепляются уровни, заполненные в атоме внешними валентными электронами и верхние незаполненные уровни. Между разрешенными зонами располагаются запрещенные зоны, где электрон находиться не может. Энергетический зазор между уровнями в зоне очень мал:  $\sim 10^{-23}$  эВ. Т.е. энергия электронов в зоне может изменяться почти непрерывно. На каждом уровне в зоне может находиться не более двух электронов с разными спинами. Если не рассматривать нижние зоны, то последняя из заполненных зон называется валентной зоной. Следующая незаполненная разрешенная зона называется зоной проводимости. Эти зоны разделены энергетическим промежутком, называемым запрещенной зоной.

163. Электроны в металлах, полупроводниках, диэлектриках

**Ответ:**

Существование энергетических зон позволяет с единой точки зрения объяснить существование металлов, полупроводников и диэлектриков. Возможны три случая:

1. Если электроны занимают валентную зону не полностью, то достаточно сообщить электронам небольшую энергию  $\sim 10^{-23}$  эВ, чтобы перевести их на более высокий уровень. При этом электроны становятся свободными и могут проводить электрический ток, т.е. кристалл с таким заполнением уровней является металлом.

2. Если все уровни валентной зоны заняты электронами, то, чтобы увеличить энергию электрона, т.е. сделать его свободным, необходимо сообщить ему энергию, превышающую ширину запрещенной зоны  $E > \Delta E$ . Свойства кристаллов с таким заполнением

валентной зоны определяются величиной  $\Delta E$ . Если  $\Delta E$  не велика:  $\Delta E \sim 0,5 \div 2,5$  эВ, то энергии теплового движения будет достаточно, чтобы перевести электрон в зону проводимости. Такой кристалл называется полупроводником.

3. Если валентная зона заполнена, но ширина  $\Delta E > 3$  эВ, то энергии теплового движения недостаточно для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости. Такой кристалл является диэлектриком.

#### 164. Примесные полупроводники

**Ответ:**

Примесная проводимость полупроводников бывает электронной ( $n$  - тип) и дырочной ( $p$  - тип) и возникает, если часть атомов полупроводника заменить в кристаллической решетке атомами, валентность которых отличается на единицу от валентности основных атомов.

Электронная примесная проводимость возникает, если в решетке кремния часть атомов заменить, например, атомами пятивалентного фосфора (P). Четыре валентных электрона фосфора образуют с кремнием ковалентные связи, а пятый электрон не участвует в образовании связи. Его энергия связи с атомом фосфора невелика ( $\Delta E_d \sim 0,015$  эВ), поэтому уже при комнатной температуре он отрывается от атома и становится свободным. При этом образование свободного электрона не сопровождается разрывом ковалентной связи – образованием дырки. Поэтому в примесных полупроводниках  $n$  - типа основными носителями заряда являются электроны  $n \gg p$ . Атомы примеси, поставляющие свободные электроны, называются донорами.

При внесении примеси в запрещенной зоне полупроводника возникает примесный (донорный) уровень, который располагается вблизи зоны проводимости. На этом уровне и находятся «лишние» электроны, не участвующие в ковалентных связях. Получая тепловую энергию  $kT > \Delta E_d$  они переходят в зону проводимости.

Дырочная проводимость возникает, если в решетке кремния часть атомов заменить, например, атомами трехвалентного бора (B). Трех валентных электронов бора недостаточно для образования ковалентных связей с четырьмя соседними атомами кремния. Поэтому он захватывает электрон основного атома (для этого нужна небольшая энергия  $\Delta E_A \sim 0,08$  эВ) и образуется дырка, которая при последующих переходах электрона будет перемещаться по кристаллу, т.е. будет свободной. При этом электроны в зону проводимости не попадают. В примесных полупроводниках  $p$  - типа основными носителями заряда являются дырки:  $p \gg n$ . При внесении такой примеси в запрещенной зоне полупроводника возникает примесный (акцепторный) уровень, который располагается вблизи валентной зоны. На этот уровень и захватываются электроны из валентной зоны, получая тепловую энергию  $kT > \Delta E_A$ . Кроме основных носителей заряда в примесных полупроводниках существуют и не основные, которые возникают за счет собственной проводимости.

#### 165. P-p переход (диод)

**Ответ:**

Тонкий слой на границе раздела двух примесных полупроводников с разным типом проводимости называется электронно-дырочным переходом или  $p - n$  переходом.

Если в кристалле полупроводника сформировать область, обладающую  $n$  - типом проводимости (ввести донорную примесь) и контактирующую с ней область с  $p$  – типом проводимости (ввести акцепторную примесь), то электроны из  $n$  - типа, где их концентрация высока, будут диффундировать в область  $p$  - типа, где их много меньше. Диффузия дырок будет происходить в обратном направлении, из  $p$  - типа в  $n$  - тип. Диффундируя во встречных направлениях через пограничный слой, электроны и дырки рекомбинируют друг с другом. Поэтому область  $p - n$  перехода оказывается сильно обедненной подвижными носителями заряда и приобретает большое сопротивление. В полупроводнике  $n$  -

типа вследствие ухода электронов вблизи границы раздела остается не скомпенсированный положительный заряд ионизованных донорных атомов, а в полупроводнике р - типа из-за ухода дырок вблизи границы образуется отрицательный объемный заряд ионизованных акцепторов. Эти объемные заряды образуют двойной электрический слой шириной  $d$ , напряженность электрического поля которого направлено от п к р и препятствует дальнейшему переходу электронов и дырок. Поле носит название поля контактной разности потенциалов. Этот контактный слой обладает высоким сопротивлением и называется запирающим.

166. Состав ядер атомов и силы в них

**Ответ:**

Ядро состоит из протонов и нейтронов, которые называются нуклонами. Протон имеет положительный заряд, равный по величине заряду электрона:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Нейтрон зарядом не обладает. Масса протона  $m_p = 1836 m_e$ , масса нейтрона  $m_n = 1839 m_e$ , где  $m_e$  – масса электрона. В ядерной физике массы частиц принято выражать в единицах энергии, т.к.  $E = mc^2$ . Т.е.  $m = \frac{E(\text{МэВ})}{c^2} = m(\text{МэВ})$ ;  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Ядро обозначается тем

же символом, что и нейтральный атом:  ${}_Z^AX$ , где X – символ элемента, Z – атомный номер (зарядовое число), равный числу протонов в ядре и числу электронов в оболочке; A – массовое число, равное числу нуклонов в ядре, т.е.  $A = Z + N$ , где N – число нейтронов. Ядро имеет заряд Ze.

Между нуклонами действуют особые силы, значительно превышающие кулоновские силы отталкивания протонов. Они называются ядерными силами. Доказано, что ядерные силы намного превышают гравитационные, электрические и магнитные взаимодействия и не сводятся к ним. Эти силы относятся к классу, так называемых сильных взаимодействий. Ядерные силы обладают следующими свойствами:

1. Являются силами притяжения.
2. Являются короткодействующими – их действие проявляется только на расстоянии  $\leq 10^{-15}$  м.
3. Им свойственна зарядовая независимость.
4. Они зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов.
5. Им свойственно насыщение, т.е. каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным числом близких к нему нуклонов.

167. Радиоактивность: виды и цепи превращений

**Ответ:**

Радиоактивность – это способность некоторых ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием различных видов радиоактивных излучений и элементарных частиц. Радиоактивные излучения бывают трех видов:  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучение. Атомное ядро, испытывающее радиоактивный распад, называется материнским, а возникающее ядро – дочерним. Закон радиоактивного распада  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ , где  $N_0$  – начальное число не распавшихся ядер, N – число не распавшихся ядер в момент времени t,  $\lambda$  – постоянная радиоактивного распада.

Интенсивность процесса радиоактивного распада характеризуется периодом полураспада. Период полураспада ( $T_{1/2}$ ) – это время, за которое исходное число ядер уменьшается вдвое:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Поток  $\alpha$  - частиц отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей и малой проникающей способностями.  $\alpha$  - излучение представляет собой поток ядер гелия. Заряд  $\alpha$  - частицы равен  $+2e$ , а масса совпадает с массой ядра

гелия  ${}^4_2\text{He}$ . Радиоактивный распад происходит в соответствии с правилами смещения, которые являются следствием законов сохранения электрического заряда и массовых чисел. Для  $\alpha$ -распада правило смещения:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2\text{He}$ , где  $X$  – материнское ядро,  $Y$  – дочернее ядро,  ${}^4_2\text{He}$  – ядро гелия ( $\alpha$ -частица).  $\alpha$ -частица образуется в момент распада при встрече движущихся внутри ядра двух протонов и двух нейтронов. Поток  $\beta$  – частиц также отклоняется электрическим и магнитным полями. Его ионизирующая способность гораздо ниже, чем у  $\alpha$ -частиц, а проникающая способность – выше. В  $\beta$ -излучение представляет собой поток быстрых электронов. Оно подчиняется правилу смещения:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$ , где  ${}^0_{-1} e$  – электрон ( $\beta$ -частица).

$\beta$  – электрон образуется при превращении одного из нейтронов в протон с одновременным образованием электрона и вылетом элементарной частицы – антинейтрино:  ${}^1_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_{-1} e + {}^0_0 \bar{\nu}_e$ .

$\gamma$ -излучение не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает слабой ионизирующей и очень сильной проникающей способностью.  $\gamma$ -излучение представляет собой электромагнитные волны с очень малой длиной волны  $\lambda < 10^{-10}$  м. Его рассматривают как поток частиц –  $\gamma$ -квантов (фотонов).  $\gamma$ -излучение не является самостоятельным видом радиоактивного излучения, а только сопровождает  $\alpha$ - и  $\beta$ -распады.

При  $\gamma$ -излучении  $A$  и  $Z$  ядра не изменяются, поэтому оно не подчиняется правилу смещения.

#### 168. Элементарные частицы

**Ответ:**

1) фотоны – это группа состоит лишь из одной частицы - фотона, т.е. кванта электромагнитного излучения.

2) лептоны – участвуют только в электромагнитном и слабом взаимодействиях. К лептонам относятся нейтрино, электрон, мюон и таон.

3) адроны – обладают сильным взаимодействием наряду с электромагнитным и слабым взаимодействиями. К ним относятся протон, нейтрон, пион и каон. Адронам приписывается, так называемый, барионный заряд. В связи с чем адроны делятся на две подгруппы:

а) подгруппа мезонов (пионы, каоны) с  $B = 0$ ;

б) подгруппа барионов (протоны, нейтроны) с  $B = +1$ .

Для всех типов взаимодействий элементарных частиц выполняются законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и электрического заряда.

#### 169. Взаимодействия и законы сохранения

**Ответ:**

В природе существует четыре типа фундаментальных взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное.

1) Сильное или ядерное взаимодействие обуславливает связь протонов и нейтронов в ядре атомов и обеспечивает их исключительную прочность.

2) Электромагнитное взаимодействие – в его основе лежит связь с электромагнитным полем. Оно характерно для всех элементарных частиц, за исключением нейтрино, антинейтрино и фотона. Электромагнитное взаимодействие ответственно за существование атомов и молекул, обуславливая взаимодействие в них положительных ядер с отрицательными электронами.

3) Слабое взаимодействие – наиболее медленное взаимодействие из всех взаимодействий в микромире. Оно ответственно за взаимодействие частиц, происходящее с участием нейтрино и антинейтрино, например,  $\beta$ -распад.

4) Гравитационное взаимодействие присуще всем без исключения частицам, однако, из-за малости их масс оно пренебрежимо мало. Сильное взаимодействие примерно в 100 раз превосходит электромагнитное и в  $10^{14}$  раз – слабое.

Все процессы взаимодействия частиц подчиняются законам сохранения, таким как закон сохранения энергии, импульса, момента импульса, электрического заряда, барионного заряда. Эти законы сохранения аддитивны т.е. в процессе сохраняется суммарная величина - например, во всех взаимодействиях сохраняется сумма энергий частиц. Законы сохранения имеют глубокую связь со свойствами симметрии.

Проверка преподавателем

- оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему всесторонние и глубокие знания программного материала и дополнительной литературы, обнаружившему творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании материала;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, проявившему полное знание программного материала, освоившему основную рекомендованную литературу, обнаружившему стабильный характер знаний и умений и способному к их самостоятельному применению и обновлению в ходе последующего обучения и практической деятельности. При ответах допустил не более 1 ошибки/2 неточностей;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, проявившему знания основного программного материала в объеме, необходимом для последующего обучения и предстоящей практической деятельности, знакомому с основной рекомендованной литературой, допустившему неточности не более в ответе на экзамене, но обладающему необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны экзаменатора;
- оценки «неудовлетворительно» ставятся студенту, обнаружившему существенные пробелы в знании основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки при применении теоретических знаний, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической деятельности без дополнительной подготовки по данной дисциплине.

### 3.4 Собеседование (вопросы для практических работ)

**ОПК-6** - Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

| №    | Формулировка вопроса   |
|------|--|
| 170. | Что называется механическим движением и какие величины являются его характеристиками?  |
| 171. | Что такое траектория движения? Приведите примеры прямолинейной и криволинейной траекторий движений.                            |
| 172. | Почему газ самый простой объект для изучения в молекулярно-кинетической теории?  |
| 173. | Что такое электрический заряд?   |
| 174. | Какая физическая величина называется силовой характеристикой электрического поля?  |
| 175. | Сформулируйте закон Ампера   |
| 176. | Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа   |
| 177. | Запишите определение абсолютно черного тела. Приведите примеры из жизни, что можно приближенно считать абсолютно черным телом. |
| 178. | Почему начиная с некоторого напряжения рост фототока на вольт-амперной характеристике фотодиода прекращается?                  |
| 179. | Чему равна работа электростатических сил на замкнутой траектории?  |

|      |  |
|------|--|
| 180. | Сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля, запишите формулу. |
|------|--|

Проверка преподавателем

Отметка в системе: «неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»:

- «отлично» выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на все вопросы, привел примеры, допустил не более 2 неточностей;
- «хорошо» выставляется обучающемуся, если он ответил на все вопросы, привел примеры, допустил не более 1 ошибки;
- «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он ответил не на все вопросы, допустил 2-3 ошибки.
- «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не ответил или неправильно ответил на поставленные вопросы

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Экзамен по дисциплине выставляется в экзаменационную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

### 5. Матрица соответствия результатов обучения, показателей, критерием и шкал оценки

| Результаты обучения по этапам формирования компетенций   | Предмет оценки (предмет или процесс)  | Показатель оценивания  | Критерии оценивания сформированности компетенций   | Шкала оценивания                |                              |
|--|---|--|--|---------------------------------|------------------------------|
|  |   |  |  | Академическая оценка или баллы  | Уровень освоения компетенции |
| <p><b>ОПК-6</b> -Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p> |   |  |  |                                 |                              |
| <b>ЗНАЕТ</b>   | Знание основных концепций и методов, современных направлений математики, физики, химии и наук о Земле, перспектив междисциплинарных исследований, методов статистического оценивания и проверки гипотез в биологии и прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности | Изложение основных концепций и методов, современных направлений физики, перспектив междисциплинарных исследований, методов статистического оценивания и проверки гипотез в биологии и прогнозирования перспектив своей профессиональной деятельности | При изложении программного материала обучающийся показал всесторонние и глубокие знания, показал творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании материала  | Отлично/<br>85-100              | Освоена (базовый)            |
|  |   |  | При изложении программного материала обучающийся показал полное знание программного материала, стабильный характер знаний и умений. При ответе допустил не более 1 ошибки  | Хорошо/<br>75-84,99             | Освоена (базовый)            |
|  |   |  | При изложении программного материала обучающийся показал знания программного материала, в объеме, достаточном для последующего обучения При ответе допустил не более 2 ошибок  | удовлетворительно/<br>60-74,99  | Освоена (базовый)            |
|  |   |  | При изложении программного материала обучающийся показал пробелы в знании основного программного материала, принципиальные ошибки при применении теоретических знаний  | неудовлетворительно/<br>0-59,99 | Не освоена (недостаточный)   |
| <b>УМЕЕТ</b>   | Собеседование (ответы на вопросы коллоквиума)   | Умение использовать основные концепции и методы, современные направления физики и методы статистического оценивания для проверки гипотез в биологии  | Студент проявил полное знание программного материала, освоил рекомендуемую литературу, обнаружил стабильный характер знаний и умений   | Отлично/<br>85-100              | Освоена (базовый)            |
|  |   |  | Студент проявив полное знание программного материала, освоил рекомендуемую литературу, обнаружил стабильный характер знаний и умений, допустил неточности в ответе при аттестации, но обладает необходимыми знаниями и умениями для их | Хорошо/<br>75-84,99             | Освоена (базовый)            |

|                |                          |   |  |                                 |                               |
|----------------|--------------------------|---|--|---------------------------------|-------------------------------|
|                |                          |   | устранения при корректировке со стороны преподавателя;   |                                 |                               |
|                |                          |   | Студент проявил знания основного программного материала в объеме, необходимом для последующего обучения и предстоящей практической деятельности, допустил неточности в ответе при аттестации, но обладает необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны преподавателя. | удовлетворительно/<br>60-74,99  | Освоена (базовый)             |
|                |                          |   | Студент не знает основной программный материал, не демонстрирует знания и умения, необходимые для дальнейшего обучения   | неудовлетворительно/<br>0-59,99 | Не освоена<br>(недостаточный) |
| <b>ВЛАДЕЕТ</b> | Решение тестовых заданий | Демонстрирует навыки анализа информации, получаемой в физических экспериментах на основе закономерностей механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики; прогнозирования своей профессиональной деятельности | Обучающийся ответил на 85-100 % вопросов   | Отлично                         | Освоена / повышенный          |
|                |                          |   | Обучающийся ответил на 75-84,99 % вопросов   | Хорошо                          | Освоена / повышенный          |
|                |                          |   | Обучающийся ответил на 60-74,99 % вопросов   | Удовлетворительно               | Освоена / базовый             |
|                |                          |   | Обучающийся ответил на 0-59,99 % вопросов  | неудовлетворительно             | Не освоена / недостаточный    |