



**Автономная некоммерческая образовательная организация
высшего образования Центросоюза Российской Федерации
«Сибирский университет потребительской кооперации»**

Методические указания и задания
по выполнению практических и лабораторных работ
по дисциплине

ОД.11 ФИЗИКА

по специальности

**09.02.13 Интеграция решений с применением
технологий искусственного интеллекта**

(направленность программы: Применение искусственного интеллекта)

квалификация выпускника:

Специалист по работе с искусственным интеллектом

Новосибирск
2025

Методические указания и задания к практическим занятиям, лабораторной работе по дисциплине «*Физика*» для обучающихся по специальности 09.02.13 Интеграция решений с применением технологий искусственного интеллекта / [сост. Листков В.Ю., канд. с.-х. наук, доцент]; АНОО ВО Центросоюза РФ «СибУПК». – Новосибирск, 2025.

РЕЦЕНЗЕНТ: Е.Г. Шеметова, канд. техн. наук, доцент кафедры естественных наук и безопасности жизнедеятельности

Методические указания и задания к практическим занятиям, лабораторной работе рекомендованы к использованию в учебном процессе на заседании кафедры естественных наук и безопасности жизнедеятельности, протокол от 28 мая 2025 г. № 10.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	4
2. Темы и их краткое содержание.....	5
3. Методические указания и задания к практическим, лабораторным занятиям	..8
4. Список рекомендуемой литературы.....	77
5. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных ресурсов сети Интернет.....	...78

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины (перечень формируемых компетенций):

Содержание программы общеобразовательной дисциплины «Физика» направлено на достижение следующих целей:

- формирование у обучающихся уверенности в ценности образования, значимости физических знаний для современного квалифицированного специалиста при осуществлении его профессиональной деятельности;
- формирование естественно-научной грамотности;
- овладение специфической системой физических понятий, терминологией и символикой;
- освоение основных физических теорий, законов, закономерностей;
- овладение основными методами научного познания природы, используемыми в физике (наблюдение, описание, измерение, выдвижение гипотез, проведение эксперимента);
- овладение умениями обрабатывать данные эксперимента, объяснять полученные результаты, устанавливать зависимости между физическими величинами в наблюдаемом явлении, делать выводы;
- формирование умения решать физические задачи разных уровней сложности;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний с использованием различных источников информации и современных информационных технологий; умений в рамках решения природы, действия формулировать и обосновывать собственную позицию по отношению к физической информации, получаемой из разных источников;
- воспитание чувства гордости за российскую физическую науку.

Освоение курса ОД «Физика» предполагает решение следующих задач:

- приобретение знаний о фундаментальных физических законах, лежащих в основе современной физической картины мира, принципов действия технических устройств и производственных процессов, о наиболее важных открытиях в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии;
- понимание физической сущности явлений, проявляющихся производственной деятельности;
- освоение способов использования физических знаний для практических и профессиональных задач, объяснения явлений производственных и технологических процессов, принципов технических приборов и устройств, обеспечения безопасности производства и охраны природы;
- формирование умений решать учебно-практические задачи физического содержания с учётом профессиональной направленности;
- приобретение опыта познания и самопознания; умений ставить задачи и решать проблемы с учётом профессиональной направленности;
- формирование умений искать, анализировать и обрабатывать физическую информацию с учётом профессиональной направленности;

- подготовка обучающихся к успешному освоению дисциплин и модулей профессионального цикла: формирование у них умений и опыта деятельности, характерных для профессий / должностей служащих или специальностей, получаемых в профессиональных образовательных организациях;
- подготовка к формированию общих компетенций будущего специалиста: самообразования, коммуникации, проявления гражданско- патриотической позиции, сотрудничества, принятия решений в стандартной и нестандартной ситуациях, проектирования, проведения физических измерений, эффективного и безопасного использования различных технических устройств, соблюдения правил охраны труда при работе с физическими приборами и оборудованием.

Особенность формирования совокупности задач изучения физики для системы среднего профессионального образования заключается в необходимости реализации профессиональной направленности решаемых задач, учёта особенностей сферы деятельности будущих специалистов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения;
- смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;
- смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;
- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты,
- выдвигать гипотезы и строить модели,
- применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ;
- практически использовать физические знания;
- оценивать достоверность естественно-научной информации;
- использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.
- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;
- отличать гипотезы от научных теорий;
- делать выводы на основе экспериментальных данных;

- приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;
- приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;
- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях.
- применять полученные знания для решения физических задач;
- определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле
- измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей.

В методической разработке предложены вопросы для самоподготовки, задачи и методические указания по их выполнению. Выполнение предложенных заданий позволит обучающимся более полно и всесторонне изучить основные физические законы и их следствия.

2. ТЕМЫ И ИХ КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ.

Тема 1. Физика и методы научного познания

Физика — фундаментальная наука о природе. Естественно-научный метод познания, его возможности и границы применимости. Эксперимент и теория в процессе познания природы. Моделирование физических явлений и процессов. Роль эксперимента и теории в процессе познания природы. Физическая величина. Физические законы. Границы применимости физических законов и теорий. Принцип соответствия. Понятие о физической картине мира. Погрешности измерений физических величин

Раздел 1. Механика

Тема 1.1. Основы кинематики

Механическое движение и его виды. Материальная точка. Скалярные и векторные физические величины. Относительность механического движения. Система отсчета. Принцип относительности Галилея. Траектория. Путь. Перемещение. Равномерное прямолинейное движение. Скорость. Уравнение движения. Мгновенная и средняя скорости. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением. Движение с постоянным ускорением свободного падения. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость. Центростремительное ускорение. Кинематика абсолютно твердого тела.

Тема 1.2. Основы динамики

Основная задача динамики. Сила. Масса. Законы механики Ньютона. Силы в природе. Сила тяжести и сила всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Движение планет и малых тел Солнечной системы. Вес. Невесомость. Силы упругости. Силы трения.

Тема 1.3. Законы сохранения в механике

Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Работа силы тяжести и силы упругости. Применение законов сохранения. Использование законов механики для объяснения движения небесных тел и для развития космических исследований, границы применимости классической механики.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика

Тема 2.1. Основы молекулярно-кинетической теории

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Размеры и масса молекул и атомов. Броуновское движение. Строение газообразных, жидких и твердых тел. Идеальный газ. Давление газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Температура и ее измерение. Абсолютный нуль температуры. Термодинамическая шкала температуры. Температура звезд. Скорости движения молекул и их измерение. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы и их графики. Газовые законы

Тема 2.2. Основы термодинамики

Внутренняя энергия. Работа и теплопередача. Количество теплоты. Уравнение теплового баланса. Первое начало термодинамики. Адиабатный процесс. Второе начало термодинамики. Тепловые двигатели. КПД теплового

двигателя. Охрана природы

Тема 2.3. Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Испарение и конденсация. Насыщенный пар и его свойства. Относительная влажность воздуха. Приборы для определения влажности воздуха. Кипение. Зависимость температуры кипения от давления. Характеристика жидкого состояния вещества. Ближний порядок. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные явления. Характеристика твердого состояния вещества. Кристаллические и аморфные тела.

Раздел 3. Электродинамика

Тема 3.1. Электрическое поле

Электрические заряды. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей. Проводники в электрическом поле. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля. Емкость. Конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора. Применение конденсаторов.

Тема 3.2. Законы постоянного тока

Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока. Сила тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи. Параллельное и последовательное соединение проводников. Работа и мощность постоянного тока. Тепловое действие тока. Закон Джоуля—Ленца. Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи.

Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

Электрический ток в металлах, в электролитах, газах, в вакууме. Электролиз. Закон электролиза Фарадея. Виды газовых разрядов. Термоэлектронная эмиссия. Плазма. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимости. Р-п переход. Полупроводниковые приборы. Применение полупроводников.

Тема 3.4. Магнитное поле

Вектор индукции магнитного поля. Взаимодействие токов. Сила Ампера. Применение силы Ампера. Магнитный поток. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Применение силы Лоренца. Магнитные свойства вещества. Солнечная активность и её влияние на Землю. Магнитные бури.

Тема 3.5. Электромагнитная индукция

Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. ЭДС индукции в движущихся проводниках. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия магнитного поля тока. Электромагнитное поле.

Раздел 4. Колебания и волны

Тема 4.1. Механические колебания и волны

Гармонические колебания. Свободные механические колебания.

Превращение энергии при колебательном движении. Математический маятник. Пружинный маятник. Вынужденные механические колебания. Резонанс. Поперечные и продольные волны. Характеристики волны. Звуковые волны. Ультразвук и его применение.

Тема 4.2. Электромагнитные колебания и волны

Свободные электромагнитные колебания. Превращение энергии в колебательном контуре. Период свободных электрических колебаний. Формула Томсона. Затухающие электромагнитные колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Резонанс в электрической цепи. Генератор переменного тока. Трансформаторы. Получение, передача и распределение электроэнергии. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Открытый колебательный контур. Опыты Г.Герца. Изобретение радио А.С. Поповым. Понятие о радиосвязи. Принцип радиосвязи. Применение электромагнитных волн.

Раздел 5. Оптика

Тема 5.1. Природа света

Точечный источник света. Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Принцип Гюйгенса. Солнечные и лунные затмения. Полное отражение. Линзы. Построение изображения в линзах. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы. Телескопы

Тема 5.2. Волновые свойства света

Интерференция света. Когерентность световых лучей. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Использование интерференции в науке и технике. Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Поляризация поперечных волн. Поляризация света. Поляроиды. Дисперсия света. Виды излучений. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения. Спектральный анализ. Спектральные классы звезд. Ультрафиолетовое излучение. Инфракрасное излучение. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства. Шкала электромагнитных излучений.

Тема 5.3. Специальная теория относительности

Движение со скоростью света. Постулаты теории относительности и следствия из них. Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Энергия покоя. Связь массы и энергии свободной частицы. Элементы релятивистской динамики

Раздел 6. Квантовая физика

Тема 6.1. Квантовая оптика

Квантовая гипотеза Планка. Тепловое излучение. Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоны. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Давление света. Химическое действие света. Опыты П.Н. Лебедева и Н.И. Вавилова. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Применение фотоэффекта

Тема 6.2. Физика атома и атомного ядра

Развитие взглядов на строение вещества. Модели строения атомного ядра. Ядерная модель атома. Опыты Э.Резерфорда. Модель атома водорода по Н.Бору. Квантовые постулаты Бора. Лазеры. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивные превращения. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Строение атомного ядра. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер. Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Энергетический выход ядерных реакций. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер. Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция. Ядерный реактор. Термоядерный синтез. Энергия звезд. Получение радиоактивных изотопов и их применение. Биологическое действие радиоактивных излучений. Элементарные частицы.

Раздел 7. Строение Вселенной

Тема 7.1. Строение Солнечной системы

Солнечная система: планеты и малые тела, система Земля—Луна

Тема 7.2. Эволюция Вселенной

Строение и эволюция Солнца и звёзд. Классификация звёзд. Звёзды и источники их энергии. Галактика. Современные представления о строении и эволюции Вселенной

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ К ЗАНЯТИЯМ СЕМИНАРСКОГО ТИПА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

ВВЕДЕНИЕ

Занятие 1 (лабораторное)

Лабораторная работа 1

Измерение физических величин: определение объемов тел правильной геометрической формы

Цель: определить объём тела правильной геометрической формы и произвести математическую обработку результатов измерения.

Приборы и принадлежности: исследуемое тело, штангенциркуль.

Теоретическое введение

Физической величиной называется та или иная характерная особенность физического явления природы или свойства материи, например: длина, время, сила, ускорение и т.д. Для описания свойств объекта или процесса в физике пользуются количественными характеристиками физических величин, в основе которых лежит измерение. Измерением называется нахождение значений физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. При измерении физическая величина сравнивается с некоторым её значением, принятым за единицу её измерения (длину сравнивают с метром; силу тока – с ампером и т. п.).

При измерении какой-либо физической величины мы можем получить её значение с той или иной точностью в зависимости от класса точности измерительного оборудования и условий опыта. Однако истинное значение величины получить невозможно, так как при измерении всегда будут присутствовать ошибки, связанные с несовершенством приборов, эталонов, методов анализа и просто со случайными факторами. Из этого следует, что физическая величина, найденная опытным путём, всегда должна сопровождаться указанием её погрешности (ошибки).

Классификация погрешностей

1. Классификация погрешностей по форме выражения

Абсолютная погрешность (ошибка) – это отклонение результата измерения ($X_{изм}$) от истинного значения величины ($X_{ист}$):

$$\Delta_x = X_{ист} - X_{изм} \quad (1.1)$$

Абсолютная ошибка не характеризует качество измерения. Например, одинаковая по величине абсолютная ошибка 1 см может быть получена как при достаточно точном измерении длины стола, так и при грубом определении длины карандаша.

Для большинства измерений наилучшей оценкой истинного значения $X_{ист}$, как следует из математической теории ошибок, является среднее арифметическое $\bar{X}$ ряда измеренных значений:

$$X_{\text{ист}} \approx \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1.2)$$

где n – количество измерений.

Относительная погрешность (δx) – это отношение абсолютной погрешности (Δx) к истинному (среднему арифметическому) значению величины ($\bar{X}$):

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{\bar{X}} \quad \text{или в процентах:} \quad \delta_x = \frac{\Delta_x}{\bar{X}} \times 100 \% \quad (1.3)$$

Эта погрешность характеризует качество измерения: чем больше относительная ошибка, тем менее надежен результат измерения.

2. Классификация погрешностей по закономерности проявления

Грубые ошибки – возникают в результате неправильных действий экспериментатора, нарушения условий опыта. Эти значения измерений резко выделяются из общего ряда, и при обработке результатов их исключают.

Систематические ошибки ($\Delta_{\text{сист}}$) – погрешности измерений, которые остаются постоянными при повторных измерениях одной и той же величины в тех же условиях. К ним относятся: погрешность градуировки шкалы приборов, температурная погрешность, погрешность в округлении числа и т. д. Систематические ошибки в некоторых случаях можно устранить, например, если смещено нулевое положение у стрелочного прибора. В общем же случае они должны быть обязательно учтены при оценке общей абсолютной погрешности измерений.

У большинства приборов указан класс точности. Например, класс 0,5 означает, что показания прибора правильны с точностью 0,5 % от всего значения шкалы. Так, если шкала прибора составляет 100 В, то систематическая ошибка измерения, вносимая за счет неточности прибора, будет 0,5 В.

В случае, когда класс точности не указан, за величину систематической погрешности принимают значение, равное половине минимальной цены деления шкалы данного прибора. Так, систематическая погрешность обычной линейки составляет 0,5 мм.

Случайные ошибки ($\Delta_{\text{сл}}$) – погрешности измерений, которые при повторных опытах изменяются без видимой закономерности. Они возникают вследствие влияния различных случайных, неопределенных факторов, которые всегда сопровождают эксперимент. Величину случайной погрешности можно уменьшить, если производить большее количество повторных измерений.

Как оценить случайную погрешность полученного среднего арифметического значения? В качестве такой оценки используется так называемое *среднеквадратическое отклонение* σ , которое вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (1.4)$$

где n – количество измерений;

X_i – значение каждого n_i измерения;

$\bar{X}$ – среднее арифметическое значение величины.

Случайная погрешность определяет тот интервал $[\bar{x} - \Delta x; \bar{x} + \Delta x]$, внутри которого находится истинное значение измеряемой величины $X_{ист}$ с доверительной вероятностью P . Доверительная вероятность определяется по правилу «трех сигм»: если $\Delta_{сл} = 1\sigma$, то доверительная вероятность P равна 0,68 (значение $X_{ист}$ находится внутри указанного интервала с вероятностью 68 %); если $\Delta_{сл} = 2\sigma$, то $P = 0,95$; если $\Delta_{сл} = 3\sigma$, то $P = 0,997$. Для измерений в учебных целях достаточно брать $\Delta_{сл} = 1\sigma$.

Таким образом, задача обработки результатов измерений состоит в том, чтобы определить среднее арифметическое нескольких измерений и оценить доверительный интервал по формуле

$$\Delta_x = \sigma t_\alpha, \quad (1.5)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

t_α – коэффициент Стьюдента, зависящий от величины доверительной вероятности и от числа измерений (приложение).

Результаты измерений физических величин выглядят следующим образом:

$$X = \bar{X} \pm \Delta_x \quad \delta_x = \dots \%. \quad (1.6)$$

Измерение тел правильной геометрической формы (параллелепипеда, цилиндра) производится с помощью штангенциркуля. Штангенциркуль – измерительный инструмент, позволяющий определять линейные размеры предмета с точностью до 0,1 мм. Он состоит из неподвижной стальной миллиметровой линейки и подвижной части со специальной шкалой, которая называется нониус. Именно по этой шкале производится более точный отсчет до десятых долей миллиметра. Измеряемый объект зажимается между губками подвижной и неподвижной частей штангенциркуля. Целому значению числа миллиметров соответствует показание на миллиметровой линейке, отмеченное слева от нулевого деления шкалы нониуса. Например, нулевой штрих нониуса находится между делениями линейки, соответствующими 8 и 9 мм. Это значит, что размер тела составляет 8 полных миллиметров. Десятые доли миллиметра определяются следующим образом: отмечают совпадение делений нониуса с каким-либо делением на миллиметровой линейке неподвижной части штангенциркуля. Количество десятых долей миллиметра будет соответствовать номеру этого деления (штриха) нониуса.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. При помощи штангенциркуля определите геометрические параметры цилиндра или параллелепипеда. У параллелепипеда измеряются длина (а), ширина (b), высота (с). Измерения по каждому параметру производят 10 раз в различных местах объекта. Результаты измерений занесите в табл. 1.1 и 1.2.

Правила пользования штангенциркулем

Штангенциркуль – высокоточный инструмент, используемый для измерения наружных и внутренних линейных размеров, глубин отверстий и пазов, разметки. Свое название этот универсальный прибор получил от линейки-штанги, которая служит основой его конструкции (рис. 1.1).

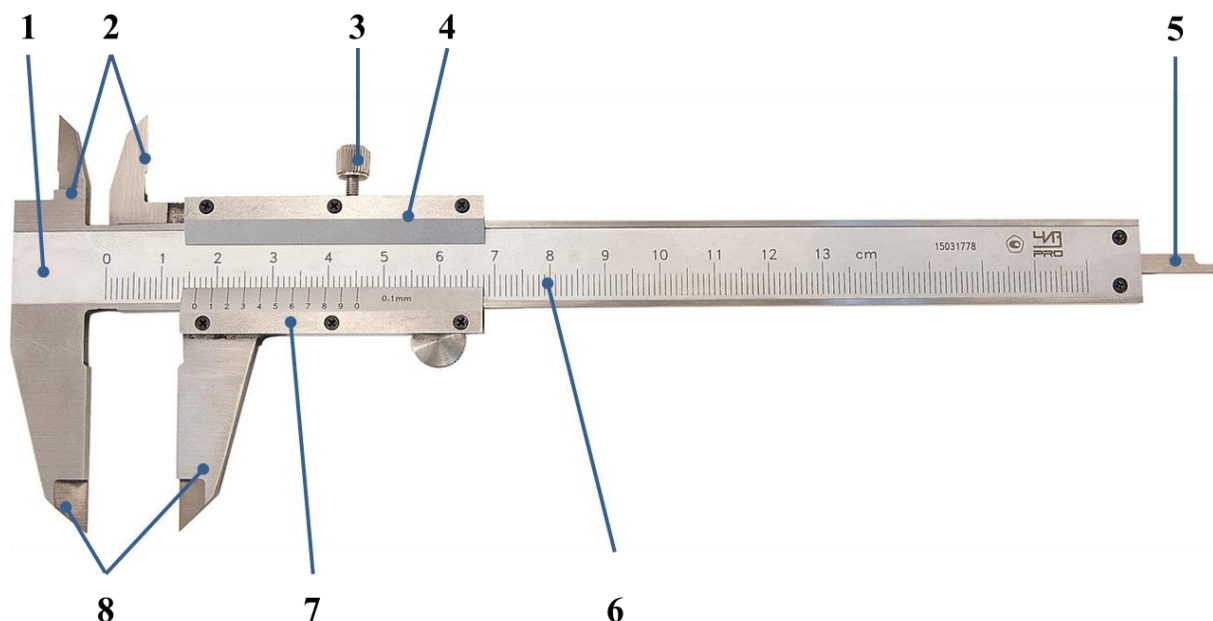


Рис. 1.1. Устройство штангенциркуля типа ШЦ-1:

1 – штанга; 2 – губки для внутренних измерений; 3 – винт для фиксации рамки; 4 – рамка; 5 – глубиномер; 6 – измерительная шкала штанги; 7 – шкала нониуса; 8 – губки для наружных измерений

Штанга — это измерительная линейка с градацией 1 мм, длина которой 150 мм. То есть максимальный размер измеряемой поверхности не должен превышать 15 см. Но существуют штангенциркули, длина штанги которых больше 15 см.

Рамка штангенциркуля подвижная и предназначена для перемещения губок. С помощью рамки их можно расширять или сужать до необходимого размера. Винтом рамку можно фиксировать. Это нужно для того, чтобы после измерения детали не утратить нужное положение рамки.

Малые раздвижные элементы измеряют внутренний размер какой-нибудь полости: внутренний диаметр втулки, внутренний размер между плоскостями сопрягаемых деталей.

С помощью больших раздвижных элементов измеряют наружные размеры изделий: наружный диаметр, длину, ширину, высоту небольших деталей. Для этого губки необходимо развести по обе стороны измеряемой поверхности и плотно сомкнуть.

Глубиномером измеряют глубину изделий. Он представляет собой тонкую выдвижную линейку. Данным приспособлением определяют глубину отверстий, различных выступов, которые трудно измерять стандартными методами.

Нониус — это вспомогательная шкала на штангенциркуле. Нониус имеет 10 делений с размером 1,9 мм. Таким образом, общая длина шкалы равна 19 см. Вспомогательную шкалу используют для того, чтобы узнать размер с точностью до 0,1 мм.

Когда пользуемся прибором, следует быть осторожными: инструмент имеет острые края.

Инструкция определения наружных размеров:

Взять инструмент в правую руку, а деталь — в левую.

Раздвинуть наружные губки и плотно зажать деталь между ними. Для этого

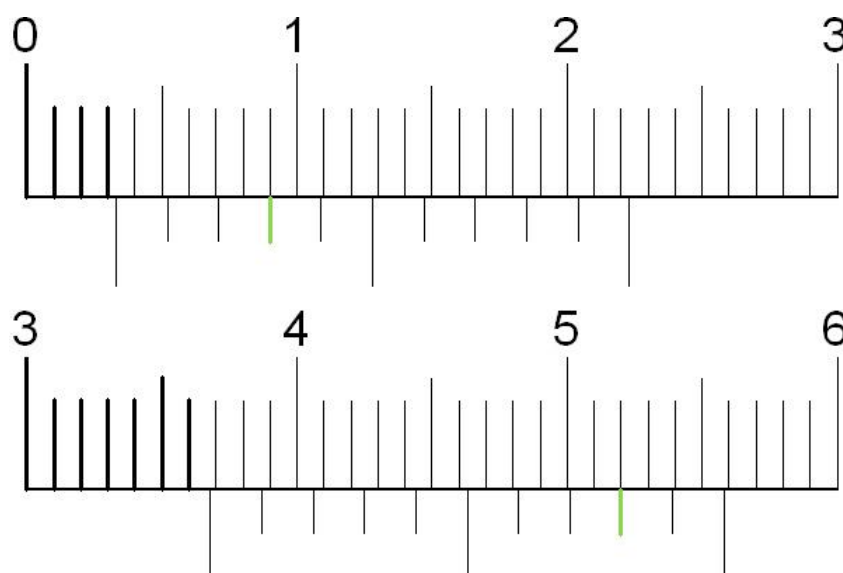
рамку перемещают большим пальцем до нужного раздвижения губок.

Когда раздвижные части инструмента плотно соприкоснулись с крайними точками измеряемой детали, то данное положение необходимо зафиксировать крепежным винтом.

Прежде, чем снять результаты показаний, необходимо убедиться в отсутствии перекосов.

Деталь откладывают в сторону и приступают к считыванию результатов.

Для определения показаний штангенциркуля необходимо сложить значения его основной и вспомогательной шкалы.



- Количество целых миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо. Указателем служит нулевой штрих нониуса.
- Для отсчета долей миллиметра необходимо найти тот штрих нониуса, который наиболее точно совпадает с одним из штрихов основной шкалы. После этого нужно умножить порядковый номер найденного штриха нониуса (не считая нулевого) на цену деления его шкалы.

Результат измерения равен сумме двух величин: числа целых миллиметров и долей мм. Если нулевой штрих нониуса точно совпал с одним из штрихов основной шкалы, полученный размер выражается целым числом.

На рисунке выше представлены показания штангенциркуля ШЦ-1. В первом случае они составляют: $3 + 0,3 = 3,3$ мм, а во втором — $36 + 0,8 = 36,8$ мм.

2. Вычислите объём тела для каждого опыта, используя формулы

$$V_{\text{пар}} = a \cdot b \cdot c,$$

3. Вычислите среднее арифметическое значение объёма V . Результаты занесите в вышеуказанные табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и определение объема параллелепипеда

Номер	a, мм	b, мм	c, мм	V_i , мм ³	$\bar{V}$, мм ³

4. Произведите расчёт случайной погрешности измерений, результаты расчета занесите в табл. 1.2. Коэффициент Стьюдента можно найти по таблице в приложении А.

Таблица 1.2

Определение ошибки измерений

Номер	$\Delta V_i = \bar{V} - V_i $	ΔV_i^2	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta V_i^2}{n(n-1)}}$	t_α	$\Delta_V = \sigma \cdot t_\alpha$

5. Найдите относительную ошибку измерений объема по формуле

$$\delta_V = \frac{\Delta_V}{\bar{V}} \times 100 \%$$

6. Результат запишите в виде:

$$V = \bar{V} \pm \Delta_V$$

$$\delta_V = \dots \%$$

Контрольные вопросы

1. Какие виды ошибок встречаются при измерениях?
2. Как снимать показания штангенциркуля?
3. Как оценить систематическую погрешность?
4. Как оценить величину случайной погрешности?
5. Что такое среднеарифметическое значение измеряемой величины?
6. Что такое абсолютная и относительная погрешность?

Раздел 1. МЕХАНИКА

Занятие 2 (практическое)

Основы кинематики

Вопросы для опроса

1. Механическое движение и его виды. Материальная точка.
2. Скалярные и векторные физические величины.
3. Относительность механического движения.
4. Система отсчета.
5. Принцип относительности Галилея.
6. Траектория. Путь. Перемещение.
7. Равномерное прямолинейное движение. Скорость. Уравнение движения.
8. Мгновенная и средняя скорости.
9. Ускорение.
10. Прямолинейное движение с постоянным ускорением.
11. Движение с постоянным ускорением свободного падения. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость.
12. Центростремительное ускорение.
13. Кинематика абсолютно твердого тела.

Задачи с профессионально-ориентированной направленностью

1. Лодка движется со скоростью 7 км/ч относительно воды по течению реки. Скорость течения равна 4 км/ч. Какой путь пройдет лодка за полчаса?

Ответ: 5,5 км.

2. Автомобиль, двигаясь с ускорением 2 м/с^2 , увеличил свою скорость с 10 м/с до 15 м/с. Сколько времени двигался автомобиль? Какой путь он за это время прошёл?

Ответ: 2,5 с; 31,25 м

3. При подходе к остановке поезд, двигавшийся со скоростью 30 м/с, затормозил и остановился в течение 1 мин. Чему равно ускорение поезда? Каков его тормозной путь?

Ответ: $0,5 \text{ м/с}^2$; 900 м

4. Материальная точка движется по закону: $x = -2 + 3t - t^2$ (все величины в СИ). Ответьте на вопросы:

- а) Каков характер движения точки?
- б) Чему равна начальная скорость движения?
- в) Чему равна проекция ускорения точки на ось ox ?
- г) Чему равна координата точки через 5с?
- д) Составьте уравнение зависимости проекции скорости точки на ось ox от времени её движения.

Ответы:

- а) Прямолинейное равноускоренное движение
- б) $V_0 = 3 \text{ м/с}$
- в) $ax = -2 \text{ м/с}^2$
- г) $x = -2 + 3 \cdot 5 - 5^2 = -12 \text{ (м)}$
- д) $V_x = 3 - 2t$

5. Будем считать, что парашютист во время затяжного прыжка свободно падает. При этом он пролетает расстояние 45 м. Сколько времени длится затяжной прыжок? Какую скорость приобретает парашютист в конце этого пути?

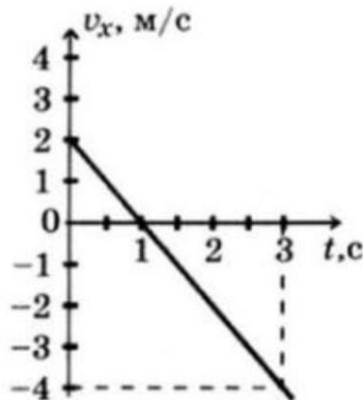
Ответ: $t = 3 \text{ с}$; $v = 30 \text{ м/с}$.

6. При отжиге барабан стиральной машины вращается с частотой 600 об/мин. Радиус барабана составляет 15 см. Определите период вращения барабана, угловую скорость вращения, линейную скорость и центростремительное ускорение.

7. Ответ: 0,1 с; 62,8 рад/с; 9,42 м/с; 592 м/с².

Графические задачи:

1. Материальная точка движется так, что проекция её скорости меняется по графику:



Из приведённых утверждений выберите все верные ответы:

- а) Начальная скорость точки равна 0
 - б) В момент времени $t = 1$ с точка остановилась
 - в) Точка всё время двигалась в положительном направлении оси ox
 - г) Модуль ускорения точки равен 2 м/с^2
 - д) Проекция перемещения точки на ось ox за время от 1 с до 3 с равно $S = -4$ м
- Ответ: 2, 4, 5

Занятие 3 (практическое)

Основы динамики

Вопросы для опроса

1. Основная задача динамики.
2. Сила.
3. Масса.
4. Законы механики Ньютона.
5. Силы в природе.
6. Сила тяжести и сила всемирного тяготения.
7. Закон всемирного тяготения.
8. Первая космическая скорость.
9. Движение планет и малых тел Солнечной системы.
10. Вес. Невесомость.
11. Силы упругости.
12. Силы трения

Задачи с профессионально-ориентированной направленностью

1. Назовите силы, действие которых компенсируется в следующих случаях:

- а) айсберг плавает в океане;
- б) парашютист спускается на землю равномерно и прямолинейно.

Ответ:

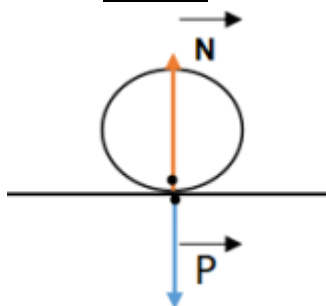
1. сила тяжести компенсируется выталкивающей силой, а сила течения воды - силой сопротивления воды;
2. сила тяжести компенсируется силой сопротивления воздуха и выталкивающей силой.

2. О ветровое стекло движущегося автомобиля ударился комар. Сравнить илы, действующие на комара и автомобиль во время удара.

Ответ: по 3 закону Ньютона силы равны по модулю.

3. На столе лежит шар. Покажите на рисунке силу упругости, возникающую в шаре, и силу упругости стола. Что можно сказать о величине и направлении этих сил?

Ответ:



N - сила реакции опоры, приложена к телу;

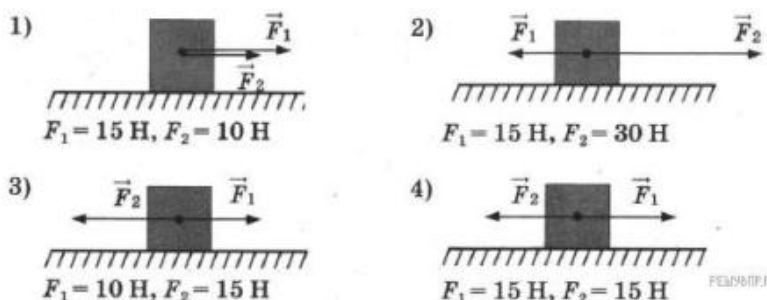
P - сила веса, приложена к столу.

$P = N$;

4. Как изменится сила тяготения между двумя телами, если массу одного из тел увеличить вдвое, а расстояние между телами сохранить прежним? Ответ: сила увеличится вдвое.

5. Какими способами можно уменьшить или увеличить силу трения? Ответ: можно уменьшить коэффициент трения, сделав сухое трение жидким; для увеличения силы трения необходимо увеличить давление на тело.

6. Две силы, лежащие на одной прямой, действуют на тело массой m . На каком рисунке изображена ситуация с расположением сил, дающих наибольшее ускорение

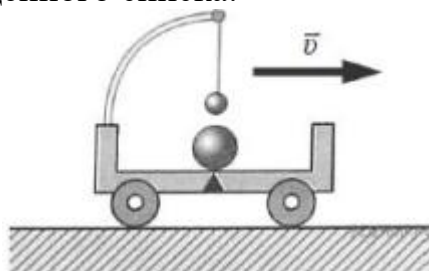


Возможное решение:

По второму закону Ньютона тело будет обладать наибольшим ускорением тогда, когда на него действует наибольшая сила. Наибольшая равнодействующая сила действует на тело, изображенное на рисунке 1.

Ответ: 1.

7. Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.



Посередине тележки лежит металлический шарик. Над ним подвешен на нити другой маленький шарик. Пока тележка движется _____, шарик покоятся относительно тележки. В некоторый момент времени скорость тележки начала уменьшаться. При этом металлический шарик покатился, а шарик на нити отклонился _____ движения тележки (см. рис.). Этот опыт демонстрирует

явление _____.

Список слов (словосочетаний)

- равномерно и прямолинейно
- равноускоренно и прямолинейно
- вправо, по ходу
- влево, против хода
- гармонических колебаний
- инерции

Возможное решение:

На месте первого пропуска должно быть словосочетание «равномерно и прямолинейно», на месте второго — слова «вправо, по ходу», на месте третьего — слово «инерции».

Расчётные задачи:

1. Определите массу футбольного мяча, если после удара он приобрел ускорение 500 м/с^2 , а сила удара была равна 420 Н .

Ответ: $0,84 \text{ кг}$.

2. На тело массой 500 г действуют две силы, направленные в противоположные стороны: 10 Н и 8 Н . Определите модуль и направление ускорения.

Ответ: 4 м/с^2 и направлено в сторону большей по модулю силы.

3. На каком расстоянии друг от друга находятся два одинаковых шара массами по 20 т , если сила тяготения между ними $6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$? Ответ: 20 м

4. Стальной брусок массой 500 г равномерно скользит по горизонтальной поверхности. Сила трения скольжения равна $(1,2 \pm 0,1) \text{ Н}$. Из каких материалов, представленных в таблице, может быть изготовлена горизонтальная поверхность? Запишите решение и ответ.

Материалы	Коэффициент трения скольжения
Сталь-сталь	0,40-0,70
Сталь - медь	0,23-0,29
Сталь - чугун	0,17-0,24
Сталь - кожа	0,20-0,25
Сталь - дерево	0,30-0,60

Возможное решение: Модуль силы трения скольжения при движении тела по горизонтальной плоскости вычисляется по формуле $F = mg\mu$. По условию задачи $F = (1,2 \pm 0,1) \text{ Н}$. Для крайних значений силы ($1,1 \text{ Н}$ и $1,3 \text{ Н}$) находим значения коэффициента трения скольжения и получаем возможный интервал значений для μ : от $0,22$ до $0,26$. Данный интервал пересекается с интервалами значений для чугуна, меди и кожи.

Ответ: чугун, медь, кожа.

5. На брусок массой 5 кг , движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 20 Н . Чему будет равна сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 2 раза, если коэффициент трения не изменится?

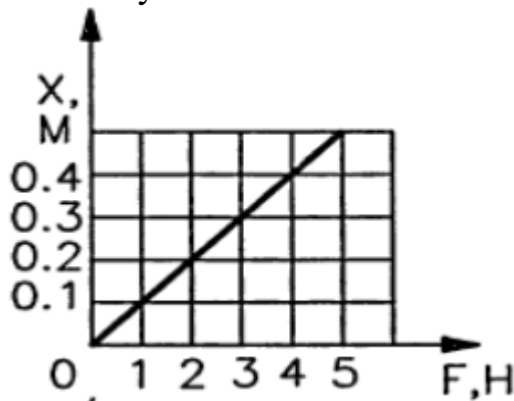
Ответ: 10 Н .

6. Определите среднее расстояние от Сатурна до Солнца, если период обращения Сатурна вокруг Солнца равен 29,5 лет. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Ответ: $1,42 \cdot 10^{12}$ м.

Графические задачи:

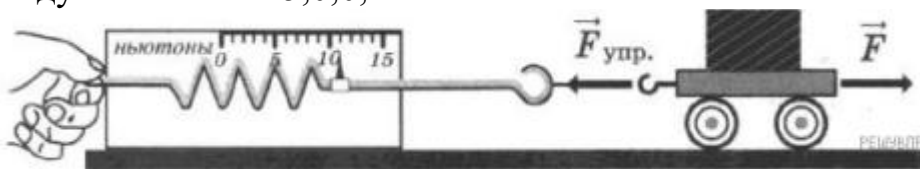
1. На рисунке приведен график зависимости удлинения резинового жгута от модуля приложенной к нему силы. Найти жесткость жгута.



Ответ: 10 Н/м.

Задачи на методы научного познания:

1. С помощью динамометра проводились измерения силы. Шкала прибора проградуирована в ньютонах. Погрешность измерений силы равна цене деления шкалы динамометра. Запишите в ответ показания динамометра с учётом погрешности измерений. В ответе укажите значение с учётом погрешности измерений через точку с запятой. Например, если показания прибора $(5,0 \pm 0,5)$, то в ответе следует записать «5,0;0,1».



Возможное решение:

Для начала определим цену деления динамометра, в данном случае она составляет 1Н. Далее определяем показание прибора: 11 Н. Таким образом, значение измеренной этим динамометром силы составляет (11 ± 1) Н.

Ответ: 11;1.

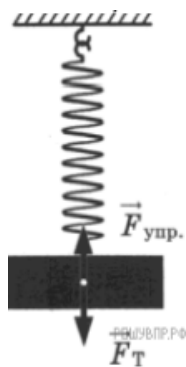
2. Вам необходимо исследовать, как зависит сила тяжести от массы груза. Имеется следующее оборудование:

- весы электронные;
- динамометры с пределом измерений 5 Н и 1 Н;
- набор из трёх тел различной массы;
- штатив с муфтой и лапкой.

Опишите порядок проведения исследования. В ответе:

- а) Зарисуйте или опишите экспериментальную установку.
- б) Опишите порядок действий при проведении исследования.

Возможное решение:



- а) Используется установка, изображённая на рисунке. Одна из пружин, несколько грузов и весы электронные
- б) Измеряется масса одного груза, затем второго и т. д. К пружине подвешивается один груз и определяется сила тяжести груза.
- в) . К пружине подвешивается два груза и определение силы тяжести повторяется. Можно провести аналогичные измерения, добавляя ещё грузы
- г) Полученные значения сил тяжести сравниваются

Занятие 4 (практическое)

Законы сохранения в механике

Вопросы для опроса

1. Импульс тела.
2. Импульс силы.
3. Закон сохранения импульса.
4. Реактивное движение.
5. Механическая работа и мощность.
6. Кинетическая энергия.
7. Потенциальная энергия.
8. Закон сохранения механической энергии.
9. Работа силы тяжести и силы упругости.
10. Применение законов сохранения.
11. Использование законов механики для объяснения движения небесных тел и для развития космических исследований, границы применимости классической механики.

Качественные задачи:

1. Объясните принцип движения рыбы, работающей хвостовым плавником.

Ответ: Рыба отбрасывает хвостом ближние к ней слои воды назад, а сама движется вперед, поскольку сохраняется импульс системы рыба- ближние слои воды.

2. Может ли тело обладать ненулевым импульсом, но нулевой энергией? И наоборот, энергией без импульса? Поясните свой ответ.

Возможное решение:

Полная механическая энергия тела $E = \frac{mv^2}{2} + mgh$. Выроним тело из рук в колодец с нулевым начальным импульсом. В соответствии с законом сохранения энергии $E = \text{const} = 0$. Тело будет в процессе свободного падения увеличивать импульс, но при этом его механическая энергия будет равна 0.

Так как $p = mv$, а кинетическая энергия $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$, то если импульс равен нулю, то и кинетическая энергия тела равна нулю. Потенциальная энергия тела не связана с его скоростью. Поэтому, обладая нулевым импульсом, тело может обладать ненулевой потенциальной энергией. Например, тело, покоящееся

в выбранной системе отсчёта и поднятое над некоторым горизонтальным уровнем или покоящееся тело, подвешенное на пружине.

3. Автомобиль на большой скорости въехал на выпуклый «горбатый» мост, при этом скорость его движения по мосту остаётся постоянной по модулю. Как изменились в верхней точке моста (увеличился, уменьшился, не изменился) модуль импульса и полная механическая энергия автомобиля по сравнению с тем, какими они были на горизонтальном участке дороги?

Ответ: модуль импульса не изменился, полная механическая энергия увеличилась.

Расчётные задачи:

1. Железнодорожный вагон массой 40 тонн, движущийся по рельсам со скоростью 3 м/с, сталкивается с цистерной массой 60 тонн, движущейся ему навстречу со скоростью 1,5 м/с и сцепляется с ней. Определить скорость движения системы после сцепки.

Ответ: 0,3 м/с.

2. Сердце человека, перекачивая кровь, за одну минуту совершает около 60 Дж работы. С какой высоты должна упасть гиря массой 5 кг, чтобы сила тяжести, действующая на неё, совершила такую же работу?

Ответ: 1,2 м

3. Ударный гидромолот имеет массу 1 т. Его поднимают над сваей на высоту 3, 2 м. Какова будет скорость гидромолота перед ударом? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 8 м/с

4. При сжатии спусковой пружины на 5 см из игрушечного пистолета вылетел шарик. Масса шарика составляет 20 г, а его скорость достигла 2 м/с. Определите жёсткость пружины.

Ответ: 32 Н/м.

5. Неподвижный блок представляет собой однородный диск массой 3 кг радиусом 20 см, закреплённый в центре. К ободу диска приложена сила, равная 2,4 Н и направленная по касательной. Определите угловое ускорение вращения диска.

Ответ: 8 м/с²

Контрольная работа № 1

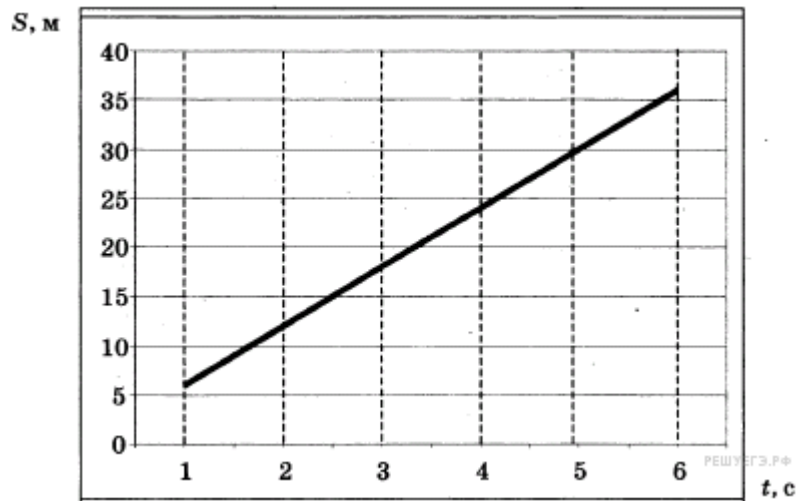
«Механика»

Задача № 1. С неподвижной лодки массой 50 кг на берег прыгнул мальчик массой 40 кг со скоростью 1 м/с, направленной горизонтально. Какую скорость приобрела лодка относительно берега?

Задача № 2. Брусок массой $M=300\text{ г}$ соединён с бруском массой $m=200\text{ г}$ нитью, перекинутой через блок. Чему равен модуль ускорения бруска массой 200 г?

Задача № 3. Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м. Определите кинетическую энергию груза на высоте 6 м.

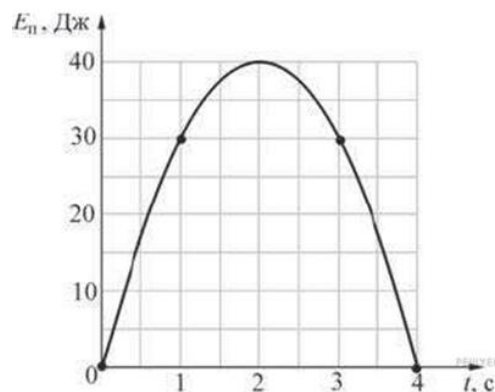
Задача № 4. При проведении эксперимента исследовалась зависимость пройденного телом пути S от времени t . График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите два утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- а) Скорость тела равна 6 м/с.
- б) Ускорение тела равно 2 м/с².
- в) Тело движется равноускоренно.
- г) За вторую секунду пройден путь 6 м.
- д) За пятую секунду пройден путь 30 м.

Задача № 5. Небольшое тело массой 0,2 кг бросили вертикально вверх. На рисунке показан график зависимости потенциальной энергии тела от времени в течение полета. На какую максимальную высоту поднялось тело? Ответ выразите в метрах.



Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Занятие 5 (лабораторное)

Лабораторная работа 2

Законы течения идеальной жидкости

Цель работы

- Знакомство с компьютерной моделью течения идеальной жидкости.
- Экспериментальная проверка уравнений неразрывности и Бернулли.
- Экспериментальное определение расхода жидкости.

Приборы и принадлежности: «Виртуальный практикум по физике для вузов». Раздел: «Механика» (интерактивный комплекс)

Теоретическое введение

Идеальной жидкостью называется жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение.

Линией тока называется мысленно проведённая в потоке линия, касательная к которой в любой её точке совпадает по направлению с вектором скорости жидкости в этой точке.

Трубкой тока называется поверхность, образованная линиями тока, которые проведены через все точки замкнутого контура.

Давлением p жидкости называется физическая величина, определяемая нормальной силой, действующей со стороны жидкости на единицу площади:

$$p = \frac{F}{\Delta S} \quad (1)$$

Если жидкость несжимаема, то её плотность не зависит от давления. Тогда при поперечном сечении S столба жидкости на глубине h при плотности ρ вес будет равен $P = \rho gSh$, а давление на нижнее основание равно

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\rho ghS}{S} = \rho gh \quad (2)$$

которое называется гидростатическим давлением.

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости имеет вид:

$$Sv = \text{const} \quad (3)$$

Уравнение Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const} \quad (4)$$

где p называется статическим давлением, $\frac{\rho v^2}{2}$ – динамическим давлением.

Для горизонтальной трубки тока ($h_1 = h_2$) выражение (4) принимает вид

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const} \quad (5)$$

и называется полным давлением.

Из уравнения (5) следует, что давление и скорость течения жидкости в двух точках 1 и 2 на одной и той же линии тока связаны соотношением:

$$\rho g(h_2 - h_1) = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \text{ или } \frac{v_1^2 - v_2^2}{2(h_2 - h_1)} \quad (6)$$

Расходом жидкости называется объём жидкости Q , протекающий за 1 с через поперечное сечение трубы

$$Q = vS. \quad (7)$$

Пусть S_1 и S_2 – площади поперечного сечения широкого и узкого участков трубы, а p_1 и p_2 – статические давления в этих сечениях трубы, измеряемые с помощью манометрических трубок. Тогда уравнение Бернулли (5) можно записать в виде:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 \quad (8)$$

Так как жидкость несжимаема, то $\rho v_1 S_1 = \rho v_2 S_2$; $v_2 = v_1 \frac{S_1}{S_2}$

С другой стороны: $p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$, и $\frac{\rho v_1^2}{2} \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right) = \rho g \Delta h$

Отсюда получим:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}} \text{ и } Q = v_1 S_1 = S_1 \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}} \quad (9)$$

Контрольные вопросы

1. Каков физический смысл уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости и как его вывести?
2. Выведите уравнение Бернулли.
3. Как в потоке жидкости можно измерить статическое, динамическое и полное давление?
4. Сформулируйте и объясните законы Архимеда и Паскаля.
5. Какое течение жидкости называется ламинарным и турбулентным?
6. Каким критерием определяется переход режима течения жидкости от ламинарного к турбулентному?
7. Какое явление называется вязкостью жидкости?

Занятие 6 (практическое)

Основы термодинамики

Задачи с профессионально-ориентированной направленностью

1. Медная и железная заклёпки имеют одинаковую массу и начальную температуру. Их опускают в ванну с большим количеством воды. Какая из заклёпок быстрее охладится? Ответ: медная, т.к. теплоёмкость меди меньше.
2. Почему быстрые реки ещё не замерзают на морозе в несколько градусов? Ответ: происходит превращение механической энергии в тепловую.
3. Почему теплоёмкость идеального газа при изобарном процессе больше, чем при изохорном?
Ответ: при изобарном процессе часть подводимого количества теплоты расходуется на совершение работы газом, при изохорном – всё полученное газом тепло идёт на его нагревание. Аналогичные рассуждения можно привести и в случае, когда газ отдаёт положительное количество теплоты.

Расчётные задачи:

4. Определите внутреннюю энергию 3 моль одноатомного идеального газа при нормальных условиях.
Ответ: 10,2 кДж
5. В цилиндре теплового двигателя газ, находясь под постоянным давлением $3 \cdot 10^5$ Па, совершил работу 0,4 кДж. Насколько увеличился объём газа в этом процессе?
Ответ: на 1,3 л.
6. В ходе некоторого процесса газ отдал 500 Дж теплоты, совершив при этом работу 200 Дж. Насколько уменьшилась внутренняя энергия газа в этом процессе?
Ответ: на 700 Дж
7. В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом (увеличивается, уменьшается, не изменяется) температура гелия, его давление и объём?
Ответ: температура не изменяется, давление уменьшается, объём увеличивается.

8. Идеальный одноатомный газ количеством 6 моль нагревают на 100°C . В этом процессе газ расширяется, совершив работу 500 Дж. Какое количество теплоты получил газ?

Ответ: 7979 Дж

9. Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя количество теплоты 500 Дж и совершает работу 200 Дж. Какое количество теплоты она отдаёт холодильнику за три цикла?

Ответ: 900 Дж

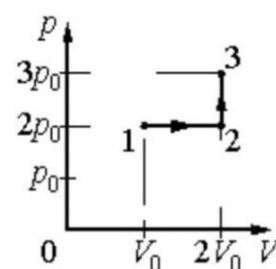
10. В идеальном тепловом двигателе температура нагревателя 1200°C , а температура холодильника -10°C (минус десять градусов по шкале Цельсия). Чему равен КПД этого двигателя?

Ответ: 81%

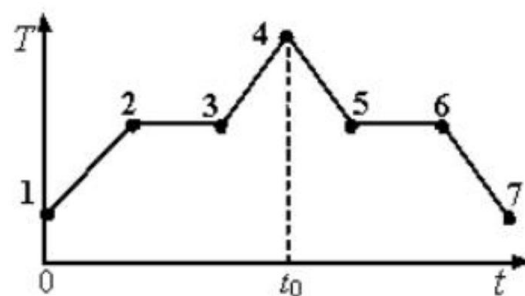
Графические задачи:

1. Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объёма. Чему равна работа газа в процессе 1-2-3?

Ответ: $2p_0V_0$



2. На графике показана зависимость температуры T вещества от времени t . Вещество равномерно нагревали от момента времени $t = 0$ до $t = t_0$. Потом нагреватель выключили и вещество равномерно охлаждалось. В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии.



Выберите все верные ответы.

- а) В момент времени $t = t_0$ вещество находилось в газообразном состоянии
- б) Процессу плавления соответствует участок графика 2-3
- в) На участке графика 5-6 происходил процесс конденсации пара
- г) В точке 6 вещество находилось в кристаллическом состоянии
- д) На участке графика 2 – 3 внутренняя энергия вещества не изменялась

Ответ: б, г

Вопросы для опроса

1. Принцип ЛеШателье – Брауна. Как его можно использовать при термодинамическом методе исследования?
2. Покажите преимущества и ограничения термодинамического метода.
3. Что такое «моль вещества»? Дайте понятия о концентрации, мольной доли. Где на практике используются атомные и массовые проценты?
4. Сформулируйте условие механического равновесия.
5. Сформулируйте понятие энергии. Где используются понятия «джоуль» и «калория»?
6. Сформулируйте первый закон термодинамики.

7. Термодинамическое правило знаков: это закон или договоренность?
8. Внутренняя энергия. Дайте определение и покажите условность отсчета внутренней энергии.
9. Дайте определение функции состояния.
10. Условие теплового равновесия. Сформулируйте нулевой закон термодинамики.
11. Сформулируйте второй закон термодинамики через температуру.
12. Что обычно понимается под термодинамическими переменными? Независимые переменные. Число независимых переменных.
13. Напишите уравнение состояния идеальных газов.
14. Чему равна газовая постоянная в калориях? В джоулях?
15. Напишите уравнение Ван-дер-Ваальса.

Занятие 7 (практическое)

Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Задачи с профессионально-ориентированной направленностью

Качественные задачи:

1. При проектировании больших мостов необходимо учитывать возможность перепада температур в пределах от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$ в течение года. Такие перепады вызывают заметное изменение общей длины моста, и, чтобы мост не вздыбливался летом и не испытывал мощных нагрузок «на разрыв» зимой, его составляют из отдельных секций, соединяя их буферными сочленениями. Какое явление учитывают при проектировании мостов, вводя буферные соединения?

Ответ: тепловое расширение тел или тепловое расширение.

2. Зимой стёкла движущегося автомобиля могут изнутри «запотеть» даже в сухую погоду. Стоит отметить, что чем меньше людей в салоне и чем меньше они разговаривают, тем медленнее влага оседает на стёклах. Благодаря какому явлению происходит «запотевание» стёкол изнутри?

Ответ: конденсация насыщенного пара при охлаждении или конденсация пара.

3. В пересыщенный раствор поваренной соли опустили шерстяную нить. Через некоторое время на нити образовались твердые частицы соли. Какое явление наблюдалось в этом опыте?

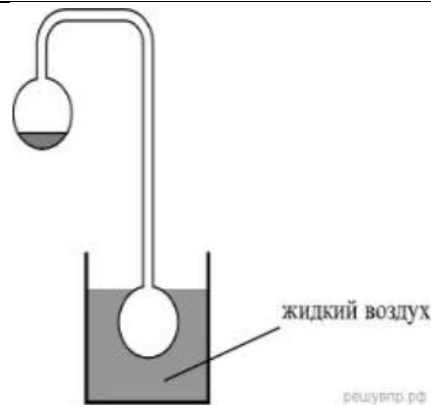
Ответ: кристаллизация.

4. Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка. Два полых, герметически запаянных шара соединены трубкой, как показано на рисунке. Воздух из шаров откачан. В верхнем шаре находится небольшое количество воды. Если нижний пустой шар поместить в жидкий воздух, то через некоторое время вода в верхнем шаре замёрзнет. Это объясняется тем, что из-за охлаждения нижнего шара в нём начинают _____. Это вызывает в верхнем шаре _____. При этом температура воды в верхнем шаре _____.

Список слов (словосочетаний)

- 1) нагреваться водяные пары
- 2) конденсироваться водяные пары
- 3) испарение воды
- 4) повышение концентрации водяных паров
- 5) повышается
- 6) понижается
- 7) остаётся неизменной

Ответ: 236



5. Герметично закрытый сосуд, частично заполненный водой, длительное время хранился при комнатной температуре, а затем был переставлен в холодильник. Как изменятся в холодильнике плотность водяного пара, относительная влажность и абсолютная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

Плотность пара	Относительная влажность	Абсолютная влажность

Ответ: 232.

6. Системы труб водяного отопления всегда снабжаются расширительным баком, присоединённым к системе отопления и сообщающимся с атмосферой. При нагревании воды в трубах она частично переходит в расширительный бак, и трубы не разрывает. Какое явление может привести к разрыву труб при отсутствии расширительного бака?

Ответ: тепловое расширение жидкости.

7. Газ нагревают в закрытом сосуде с прочными стенками. Как называется процесс такого нагревания газа?

Ответ: изохорным или изохорическим.

8. В таблице приведены температуры плавления и кипения некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении.

Вещество	Температура плавления	Температура кипения
Хлор	171 К	−34°C
Спирт	159 К	78°C
Ртуть	234 К	357°C
Нафталин	353 К	217°C

Какое(-ие) из данных веществ будет(-ут) находиться в жидком состоянии при температуре 360 К и нормальном атмосферном давлении?

Ответ: ртуть и нафталин.

Расчётные задачи:

1. Из 450 г водяного пара с температурой 373 К образовалась вода. Сколько теплоты при этом выделилось?

Ответ: 1017 кДж.

2. Закрытый сосуд объемом $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$ содержит воду массой $m = 0,5 \text{ кг}$. Сосуд нагрели до температуры $t = 147^\circ\text{C}$. На сколько следует изменить объем сосуда, чтобы в нем содержался только насыщенный пар? Давление насыщенного пара при температуре $t = 147^\circ\text{C}$ равно $p_{\text{н.п}} = 4,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Ответ: $0,3 \text{ м}^3$.

3. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде при температуре $t_1 = 5^\circ\text{C}$ равна $\phi_1 = 84\%$, а при температуре $t_2 = 22^\circ\text{C}$ равна $\phi_2 = 30\%$. Во сколько раз давление насыщенного пара воды при температуре t_2 больше, чем при температуре t_1 ?

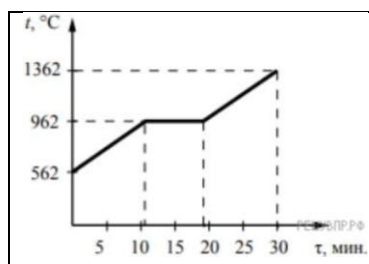
Ответ: 3.

4. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 18°C находится 7,7 г водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: 50%.

Графические задачи:



На рисунке представлен график зависимости температуры серебряной детали от времени её нагревания. Мощность нагревателя постоянна. Первоначально серебро находилось в твёрдом состоянии. Выберите два верных утверждения, соответствующих данным графика. Запишите в ответе их номера.

- 1) Температура плавления серебра составляет 962°C .
- 2) В промежуток времени от 12 до 18 мин. внутренняя энергия серебра не изменяется.
- 3) Для плавления серебряной детали потребовалось большее количество теплоты, чем для дальнейшего нагревания расплава на 400°C .
- 4) Через 15 мин. после начала нагревания всё серебро ещё находилось в твёрдом состоянии.
- 5) Через 20 мин. после начала нагревания серебро находилось в жидком состоянии.

Ответ: 15.

Задачи на методы научного познания:

1. С помощью психрометрического гигрометра проводились измерения относительной влажности воздуха в помещении. Погрешность измерений температуры равна цене деления шкалы термометра (см. рис.).



Запишите в ответе показания сухого термометра с учётом погрешности измерений. В ответе укажите значение и погрешность измерения слитно без пробела. Ответ приведите в °C.

Ответ: 211, 221 или 231

2. Вам необходимо исследовать силу, необходимую для отрыва от поверхности жидкости, смачиваемого этой жидкостью, диска в зависимости от плотности жидкости. Имеется следующее оборудование:

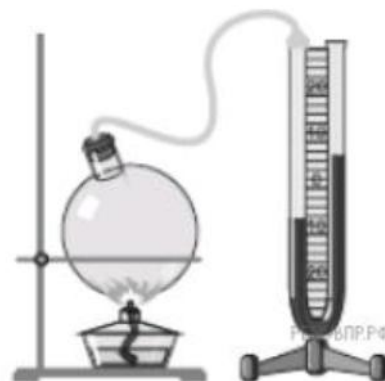
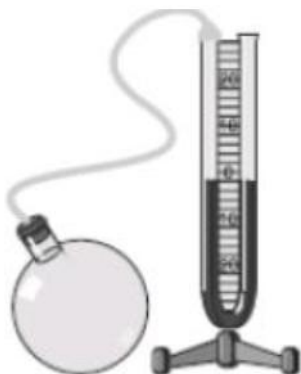
- линейка;
- деревянный диск с креплением в центре;46
- неограниченный набор из грузов, масса каждого 1 г;
- штатив с нитью, блоками и подвесом для дисков и легкой чашей для грузов;
- пять емкостей с жидкостями известных плотностей.

Опишите порядок проведения исследования.

В ответе:

1. Зарисуйте или опишите экспериментальную установку.
2. Опишите порядок действий при проведении исследования.

3. Учитель на уроке закрыл пробкой колбу и через шланг подсоединил её к жидкостному U-образному манометру (см. рис.). Затем он поместил колбу над огнём спиртовки и обратил внимание учащихся на показания манометра.



С какой целью был проведён данный опыт?

Возможное решение: Опыт был проведён с целью показать, что давление газа зависит от его температуры. (Показать, что при нагревании давление газа увеличивается. Или, что при нагревании газ расширяется.

Вопросы для опроса

1. Объясните, почему при испарении происходит охлаждение тела.
2. Что такое насыщенный пар?
3. Почему давление насыщенного пара не зависит от объема?
4. Что называют абсолютной влажностью?
5. Что называют относительной влажностью?
6. Охарактеризуйте кипение.
7. Почему на высокой горе нельзя сварить картошку в открытом сосуде?
8. Какую температуру называют критической?
9. По какой причине выше критической температуры жидкость, а тем более кристалл не образуются даже при больших давлениях?
10. В каких агрегатных состояниях больше внутренняя энергия тел и почему?
11. Разъясните, почему при выпадении дождя или снега температура воздуха повышается.
12. Какая температура называется тройной точкой вещества?
13. Почему для формовки и изготовления различных барельефов, памятников используется именно серый чугун?
14. Почему у планеты Меркурия и ряда других планет отсутствует атмосфера?

Занятие 8 (лабораторное)

Лабораторная работа 3

Определение показателя степени в уравнении Пуассона

Цель работы: определить отношение молярной теплоемкости воздуха при постоянном давлении к молярной теплоемкости воздуха при постоянном объеме (C_P/C_V).

Приборы и принадлежности: стеклянный баллон с клапанами, воздушный насос.

При изучении тепловых свойств тел и решении многих практических задач большое значение имеет понятие теплоёмкости. Различают теплоёмкость тела $Стела$, удельную теплоёмкость $Суд$ вещества, молярную теплоёмкость $С$ вещества.

Теплоемкостью какого-либо тела называется величина, равная количеству теплоты, которое необходимо сообщить телу, чтобы повысить его температуру на один кельвин.

$$C_{\text{тела}} = \frac{\delta Q}{dT}, \text{ Дж/К}$$

Удельная теплоёмкость вещества - это количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы вещества на один кельвин.

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{тела}}}{m}, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

Где m - масса тела,

$Стела$ - теплоёмкость тела, состоящего из однородного вещества, например дерева, резины, какого-либо металла и т.п.

Молярная теплоемкость вещества - это количество теплоты, необходимое для нагревания одного моля вещества на один кельвин.

$$C = \frac{C_{\text{тела}}}{\nu}, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

Где ν - количество вещества (находится как отношение массы тела m (кг) к молярной массе вещества M (кг/моль), из которого состоит тело.

$$\nu = \frac{m}{M}, \text{ моль}$$

С учетом этого запишем

$$C = \frac{m}{M} \cdot C_{\text{тела}}$$

или

$$C = \frac{m}{M} \cdot \frac{\delta Q}{dT}, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

Величина теплоёмкости зависит от условий, при которых происходит нагревание тела. В этом легко убедиться, если исследовать первое начало термодинамики применительно к идеальному газу.

Идеальным газом называется газ, удовлетворяющий следующим условиям:

1. объём частиц газа (молекул и атомов) пренебрежимо мал;
2. силы взаимодействия частиц на расстоянии отсутствуют;
3. соударения частиц между собой и со стенками сосуда являются абсолютно упругими;
4. все частицы газа находятся в непрерывном хаотическом (тепловом) движении.

Первое начало термодинамики можно сформулировать так: количество теплоты δQ , подводимое к газу, расходуется на увеличение его внутренней энергии dU и на работу δA , совершаемую газом против внешних сил.

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (4.1)$$

Здесь следует обратить внимание на то, что среди физических величин δQ , dU , δA бесконечно малым изменением является лишь dU , а δQ и δA есть количество теплоты и работа. Нередко называют δQ элементарным количеством теплоты, δA - элементарной работой. Используя определение теплоёмкости тела и уравнение (4.1), имеем

$$C_{\text{тела}} = \frac{dU}{dT} + \frac{\delta A}{dT} \quad (4.2)$$

В зависимости от способов нагревания одному и тому же и температуры dT могут соответствовать разные значения dU и δA , поэтому и теплоемкость газа может быть различной.

Интерес представляют теплоёмкости идеального газа, нагревание которого происходит при постоянном объёме или при постоянном давлении. Теплоёмкость тела при постоянном объёме обозначим $C_{\text{тела}}(V)$, при постоянном давлении – $C_{\text{тела}}(P)$

Если газ не расширяется (процесс изохорный, $V = \text{const}$), то он не совершает работы, следовательно, уравнение (4.1) можно записать в виде

$$\delta Q = dU \quad (4.3)$$

Это значит, что вся подводимая к газу теплота δQ полностью идёт на увеличение его внутренней энергии dU .

Отсюда определим теплоёмкость тела при постоянном объёме;

$$C_{\text{тела}(V)} = \frac{dU}{dT}$$

Для нахождения изменения внутренней энергии dU воспользуемся сведениями о средней кинетической энергии молекулы.

$$\bar{E} = \frac{i}{2} kT$$

где k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-28}$ Дж/К),

T - абсолютная температура,

i - число степеней свободы молекулы, которое равно числу независимых координат, полностью определяющих положение молекулы в пространстве.

Например, молекула одноатомного газа, представляющая собой материальную точку, имеет ($i=3$) три степени свободы, так как точка в пространстве может быть определена тремя независимыми координатами X, Y, Z .

Жёсткая двухатомная молекула имеет ($i=5$) пять степеней свободы (их количество определяется тремя координатами X, Y, Z плюс две угловые координаты). (В жёсткой молекуле исключены колебательные движения атомов вдоль прямой, соединяющей атомы.)

Если жёсткая молекула состоит из трёх и более атомов, то она имеет ($i=6$) шесть степеней свободы (три координаты X, Y, Z плюс три угловые координаты).

Зная, что один моль газа содержит N_A молекул (постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль), найдём внутреннюю энергию, содержащуюся в ν моль идеального газа.

$$\begin{aligned} U &= \nu \cdot N_A \cdot \bar{E} \\ U &= \frac{m}{M} N_A \frac{i}{2} kT \\ U &= \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT \end{aligned} \quad (4.4)$$

Внутренняя энергия одного моля идеального газа равна:

$$U_M = \frac{i}{2} RT \quad (4.5)$$

Используя (4.3) и (4.5), находим молярную теплоемкость C_V при постоянном объёме.

$$C_V = \frac{dU_M}{dT} \quad (4.6)$$

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad (4.7)$$

Если газ нагревается при постоянном давлении (изобарный процесс, $P = \text{const}$), то он должен расширяться и при этом может совершать работу. Следовательно, для повышения температуры газа на один кельвин (1 К) потребуется больше теплоты, чем при нагревании его при постоянном объёме. Это обусловлено тем, что часть подводимой теплоты расходуется в работе, совершаемой газом над другими телами при расширении.

Зная, что работа газа равна

$$\delta A = P \cdot dV$$

первое начало термодинамики (4.1) можно записать в виде

$$\delta Q = dU + P \cdot dV$$

Отсюда найдем молярную теплоемкость газа C_P при постоянном давлении:

$$C_P = \frac{\delta Q}{\nu \cdot dT} = \frac{dU}{\nu \cdot dT} + \frac{P \cdot dV}{\nu \cdot dT}$$

$$C_P = C_V + \frac{P \cdot dV}{\nu \cdot dT} \quad (4.8)$$

Далее воспользуемся уравнением состояния идеального газа - *уравнением Менделеева-Клапейрона*:

$$PV = \frac{m}{M}RT \quad (4.9)$$

При постоянном давлении ($P = \text{const}$, изобарный процесс) из (4.9) имеем

$$P \cdot dV = \frac{m}{M}R \cdot dT$$

откуда

$$R = \frac{P \cdot dV}{\nu \cdot dT} \quad (4.10)$$

Подставив (4.10) в (4.8), получим

$$C_P = C_V + R \quad (4.11)$$

Это уравнение получило название *уравнение Майера*. Из него видно, что C_P больше C_V на величину R . Заметим, что универсальная газовая постоянная R численно равна работе изобарного расширения 1 моль газа при нагревании его на один кельвин.

$$R = 8,32 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Используя (4.7) и (4.11), найдем

$$C_P = \frac{i+2}{i}R$$

после чего найдем отношение C_P/C_V , которое обозначим через γ :

$$\gamma = \frac{i+2}{i} \quad (4.12)$$

При изотермическом процессе ($T = \text{const}$, $dT = 0$) первое начало термодинамики принимает вид

$$\delta Q = dA$$

Всё количество теплоты, подводимое к газу, идёт на работу газа, а температура не повышается. Тогда

$$C_{\text{тела}(T)} = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{\delta A}{dT} \quad \text{при } dT \rightarrow 0$$

Теплоёмкость тела при изотермическом процессе стремится к бесконечности.

При адиабатном процессе $\delta Q = 0$ (без теплообмена с внешней средой) первое начало термодинамики запишем в виде

$$0 = dU + \delta A$$

откуда

$$\delta A = -dU$$

Без подвода теплоты система совершает работу за счет убыли внутренней

энергии. (Об убыли энергии свидетельствует знак минус.)

При адиабатном процессе изменяются все параметры газа (P , T , V). Зависимость между параметрами, характеризующими его состояние, устанавливается уравнением Пуассона

$$P \cdot V^{C_P/C_V} = \text{const}$$

Обозначив $\gamma = C_P/C_V$, запишем уравнение Пуассона в виде

$$P \cdot V^\gamma = \text{const}$$

(
4.13)

Экспериментальная часть

Установка (рис.4.1) содержит баллон 1, манометр 2, который одним коленом соединен с баллоном, другим - с атмосферным воздухом, воздушный насос 3 для нагнетания воздуха в баллон, клапан 4 для отключения насоса 3 от баллона, клапан 5 для выпуска избыточного воздуха из баллона.

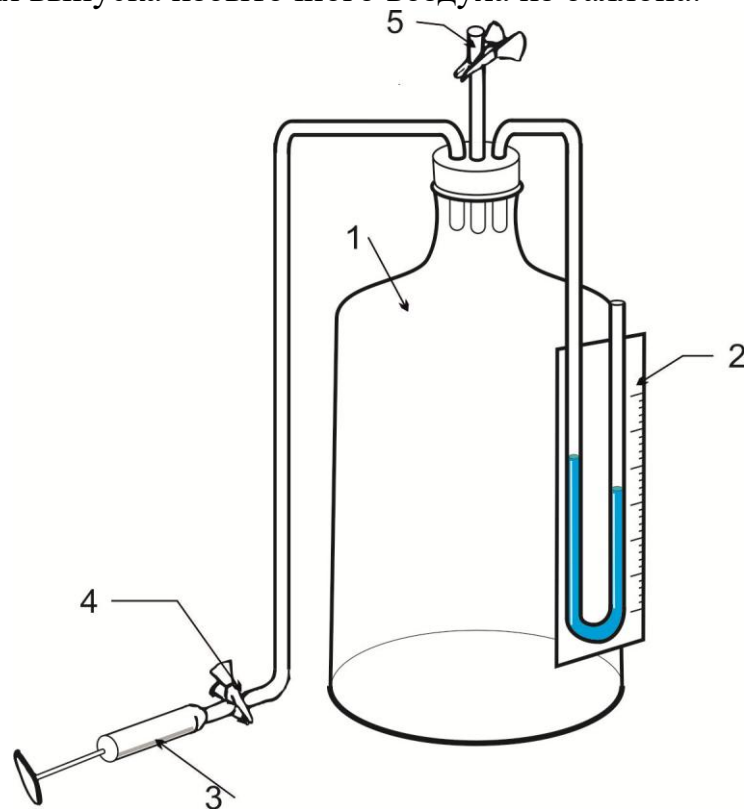


Рисунок 4.1. Экспериментальная установка

Первый этап работы заключается в следующем: закрыть клапаном 5 баллон, насосом 3 осторожно закачать некоторое количество атмосферного воздуха. При этом следить за нижним уровнем жидкости в манометре и не допускать опускания его ниже специальной отметки, в противном случае возможен выброс жидкости из манометра через открытое колено. После закачки воздуха с помощью клапана 4 отсечь его от насоса.

Давление воздуха внутри баллона повысится за счет дополнительно накачанного в баллон воздуха и некоторого повышения его температуры. Температура воздуха в баллоне повысится за счет совершаемой работы над воздухом при его сжатии. Следует подождать, когда за счёт теплообмена температура воздуха в баллоне сравняется с температурой T_0 окружающей среды (T_0 - комнатная температура). Пока температура воздуха в баллоне изменяется, будет меняться разность уровней в манометре, и окончательно она установится

при достижении температуры окружающей среды T_0 . Это состояние воздуха будем считать первым состоянием, которое характеризуется следующими параметрами:

$$T_0; P_1; V_0.$$

где T_0 – температура окружающего воздуха;

V_0 - объём воздуха, равный объёму баллона;

P_1 – давление в баллоне ($P_1 = P_0 + \Delta P_1$, P_0 - атмосферное давление окружающего воздуха; ΔP_1 - избыточное давление сверх атмосферного, возникшее за счёт накачки воздуха в баллон).

Второй этап работы. Открыть клапан 5, соединяющий воздух в баллоне с атмосферным воздухом. Из баллона часть воздуха выйдет, и в баллоне установится атмосферное давление. Сразу же после выравнивания давлений (следите по манометру) клапан 5 закрыть. При выходе воздуха из баллона, он расширяется и совершает работу. Процесс происходит настолько быстро что теплообменом можно пренебречь и процесс считать адиабатным. В результате внутренняя энергия воздуха уменьшится, температура понизится. Это состояние воздуха будем считать вторым состоянием, параметры которого

$$T_2 = T_0 - \Delta T \quad P_0 \quad V_2 = V_0 - \Delta V$$

где T_2 - температура, воздуха, которую он приобрел после расширения;

ΔT – величина, на которую понизилась температура воздуха;

P_0 - атмосферное давление;

V_2 - объём воздуха, который он приобретет при открытом кране 5;

V_0 - объём баллона и воздуха в нём;

ΔV - объём той части воздуха, которая вышла из баллона при открывании клапана 5.

Адиабатный процесс описывается уравнением Пуассона

$$P \cdot V^\gamma = \text{const}$$

где $\gamma = C_P/C_V$. (Заметим, что это та величина, которую необходимо найти в данной работе.) Принимая во внимание, что V_2 практически неконтролируемый параметр. выразим его через другие параметры. Для этого воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

из которого имеем

$$V = \frac{m}{M} R \frac{T}{P}$$

После этого уравнение Пуассона примет вид

$$P \left(\frac{m}{M} R \frac{T}{P} \right)^\gamma = \text{const}^* \quad (4.14)$$

или

$$P^{1-\gamma} \cdot T^\gamma = \text{const} \quad (4.15)$$

здесь

$$\text{const} = \frac{\text{const}^*}{\left(mR/M\right)^\gamma}$$

Для исследуемого воздуха, который из первого состояния во второе переведён адиабатно, запишем

$$P_1^{1-\gamma} \cdot T_0^\gamma = P_0^{1-\gamma} \cdot T_2^\gamma$$

или

$$P_1^{1-\gamma} \cdot T_0^\gamma = P_0^{1-\gamma} \cdot T_2^\gamma \quad (4.16)$$

Третий этап работы. После закрытия клапана 5 оставшийся в баллоне воздух с пониженной температурой T_2 через некоторое время вследствие теплообмена нагревается до температуры окружающей среды T_0 . При этом давление повысится до величины

$$P_2 = P_0 + \Delta P_2$$

Третье состояние воздуха характеризуется параметрами: V_0 , T_0 ,

$$P_2 = P_0 - \Delta P_2$$

Заметим, что переход воздуха, находящегося в баллоне, из второго состояния в третье происходит при постоянном объёме V_0 . Тогда можно записать

$$P_0 T_0 = P_2 T_2$$

или

$$\frac{T_0}{T_2} = \frac{P_2}{P_0}$$

Возведём обе части последнего уравнения в степень γ , получим

$$\left(\frac{T_0}{T_2}\right)^\gamma = \left(\frac{P_2}{P_0}\right)^\gamma \quad (4.17)$$

Сравнивая (4.16) и (4.17), запишем

$$\left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{P_2}{P_0}\right)^\gamma$$

или

$$\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_2}{P_0}\right)^\gamma$$

Прологарифмировав это выражение, получим

$$(\gamma - 1) \cdot \ln \frac{P_1}{P_0} = \gamma \cdot \ln \frac{P_2}{P_0}$$

или

$$\begin{aligned} (\gamma - 1) \cdot \ln \frac{P_0 + \Delta P_1}{P_0} &= \gamma \cdot \ln \frac{P_0 + \Delta P_2}{P_0} \\ (\gamma - 1) \cdot \ln \left(1 + \frac{\Delta P_1}{P_0}\right) &= \gamma \cdot \ln \left(1 + \frac{\Delta P_2}{P_0}\right) \end{aligned} \quad (4.18)$$

Из условий эксперимента имеем

$$\frac{\Delta P}{P} < 1$$

Тогда на основании второго замечательного предела можно записать

$$\ln \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P} \right) = \frac{\Delta P}{P}$$

Подставив это выражение в (4.18), получим

$$(\gamma - 1) \cdot \frac{\Delta P_1}{P_0} = \gamma \cdot \frac{\Delta P_2}{P_0}$$

или

$$(\gamma - 1) \cdot \Delta P_1 = \gamma \cdot \Delta P_2$$

Отсюда

$$\gamma = \frac{\Delta P_1}{\Delta P_1 - \Delta P_2}$$

но так как ΔP_1 , ΔP_2 пропорциональны соответственно h_1 и h_2 , то

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Таким образом, получили расчётную формулу при экспериментальном определении $\gamma = CP/CV$ через легко измеряемые параметры h_1 и h_2 .

Порядок выполнения лабораторной работы

Откройте клапан 5, подождите, пока уровни жидкости в манометре 2 (рис.4.1) установятся на одной высоте. Так обеспечиваем равенство давлений воздуха в баллоне с атмосферным давлением. Закройте клапан 5, откройте клапан 4 и насосом осторожно нагнетайте воздух в баллон. При этом желательно получить как можно большую разность высот в манометре, но если нижний уровень жидкости опустится ниже специальной отметки на манометре, то жидкость бесконтрольно выплеснется через открытое колено манометра. Закачав воздух в баллон, закройте клапан 4, подождите 1-2 минуты. Когда прекратится изменение уровней жидкости в манометре, отсчитайте разность уровней. После этого откройте клапан 5 и снова быстро закройте его в тот момент, когда уровни жидкости, поколебавшись сравняются. Подождите, когда прекратится изменение высот уровней, и отсчитайте разность уровней h_2 . Опыт повторите не менее десяти раз. Результаты измерений целесообразно внести в таблицу.

Номер опыта	h_1	h_2	γ_i	Абсолютная погрешность ($\Delta\gamma$)	Относительная погрешность ($\delta\gamma$, %)	Ответ (γ)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

10						
Среднеарифметическое						

Для каждого опыта вычислите γ_i и найдите $\bar{\gamma}$ - среднее арифметическое значение. Затем по формуле $\Delta\gamma_i = |\bar{\gamma} - \gamma_i|$ вычислите абсолютные погрешности каждого измерения и найдите среднее арифметическое значение $\bar{\Delta\gamma}$ абсолютной погрешности всех измерений. Оценкой общей абсолютной погрешности здесь является среднее арифметическое значение абсолютной погрешности $\bar{\Delta\gamma}$. Относительная погрешность

$$\delta_\gamma = \frac{\bar{\Delta\gamma}}{\bar{\gamma}} \cdot 100\%$$

Ответ запишите в виде

$$\gamma = (\bar{\gamma} \pm \bar{\Delta\gamma})$$

$$\delta_\gamma = \dots \%$$

Контрольные вопросы и задания

- Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
- Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона).
- Законы идеального газа (Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Дальтона).
- Распределение энергии по степеням свободы молекулы идеального газа.
- Средняя кинетическая энергия молекулы.
- Внутренняя энергия идеального газа.
- Работа газа.
- Понятие теплоты.
- Первое начало термодинамики.
- Теплоемкость тела, удельная теплоемкость вещества, молярная теплоемкость вещества.
- Каков смысл C_P и C_V ? Почему C_P больше C_V ?
- Уравнение Майера.
- Как зависит γ от числа степеней свободы молекул газа?
- Работа идеального газа при изопроцессах.
- Уравнение Пуассона.
- Работа идеального газа при адиабатном процессе.
- Вывести рабочую формулу для расчета γ по экспериментально найденным h_1 и h_2 .

Занятие 9 (практическое)

Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Вопросы для опроса

- Испарение и конденсация.
- Насыщенный пар и его свойства.
- Относительная влажность воздуха.
- Приборы для определения влажности воздуха.

5. Кипение. Зависимость температуры кипения от давления.
6. Характеристика жидкого состояния вещества.
7. Ближний порядок.
8. Поверхностное натяжение.
9. Смачивание.
10. Капиллярные явления.
11. Характеристика твердого состояния вещества.
12. Кристаллические и аморфные тела.

Контрольная работа № 2

«Молекулярная физика и термодинамика»

Задача №1. Определите среднюю квадратичную скорость молекул одноатомного идеального газа, находящегося под давлением $5 \cdot 10^5$ Па, если концентрация молекул 10^{25} м^{-3} , а масса каждой молекулы $3 \cdot 10^{-26}$ кг

Задача №2. Определите массу азота в сосуде, емкостью $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, наполненного под давлением $2 \cdot 10^5$ Па при температуре 30°C .

Задача №3. За цикл тепловая машина получает от нагревателя количество теплоты 300 Дж и отдает холодильнику 250 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

Задача №4. Если банку с побелкой оставить открытой, то через 5 суток она полностью высохнет. Определите массу воды, содержащейся в побелке, если за 1 с с поверхности вылетает 440^{18} молекул.

Задача №5. При проведении малярных работ разлили 1,5 л ацетона $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$, который полностью испарился и равномерно распределился по помещению. Определите объём помещения, если в 1 м^3 воздуха содержится $34 \cdot 10^{21}$ молекул ацетона. Какова скорость движения молекул ацетона, если температура в помещении 23°C . Плотность ацетона 790 кг/м^3

Задача №6. Облицовочные работы внутри помещений допускается выполнять при температуре воздуха не менее 10°C , влажности воздуха не более 70%. Возможно ли проведение облицовочных работ, если при температуре 16°C водяной пар имеет давление 1500 Па, давление насыщенного пара при этом равно 1800 Па.

Раздел 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Занятие 10 (практическое).

Электрическое поле

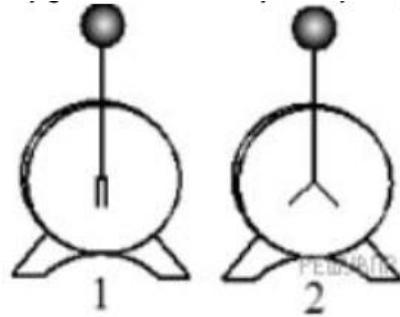
Задачи с профессионально-ориентированной направленностью

Качественные задачи:

1. Прочитайте текст и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка. Для исследования электризации тел возьмём мелко нарезанную бумагу, стеклянную палочку и кусок шёлка. Если натереть стеклянную палочку о шёлк, а затем поднести её к мелко нарезанным бумажкам, то наблюдается _____. Это взаимодействие объясняется электризацией кусочков бумаги посредством _____. Объясняется электризация перераспределением _____ между телами или внутри тела.

Ответ: 267.

2. Прочитайте текст и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка. Для изучения электрических свойств стержня проведём следующий опыт. Возьмём два электрометра. Один из них зарядим, а другой, наоборот, разрядим (см. рис.).



Надев прорезиненную перчатку, возьмём стержень и соединим с помощью него шары электрометров. Резина является диэлектриком и выполняет роль изолятора между стержнем и кожей человека, являющейся _____. Если материал стержня относится к _____, то после соединения стержнем шаров электрометров совершенно ничего не происходит. То есть второй электрометр остаётся незаряженным. Это объясняется тем, что _____.

Список слов и словосочетаний

- 1) проводник
- 2) диэлектрик
- 3) материал
- 4) вещество
- 5) проводники проводят электрический заряд
- 6) диэлектрики не проводят электрический заряд
- 7) стержень электризуется при соприкосновении

Ответ: 126.

3. Во сколько раз увеличится сила притяжения между двумя точечными зарядами, если модуль первого заряда увеличить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 3 раза? Величина второго заряда остаётся неизменной.

Ответ: сила Кулона увеличится в 18 раз.

4. Точка В лежит в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды $+q$ и $-2q$ расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок).



Постройте вектор напряжённости поля в точке В.

Ответ: вектор напряжённости поля в точке В лежит на отрезке ВС и направлен из точки В к точке С.

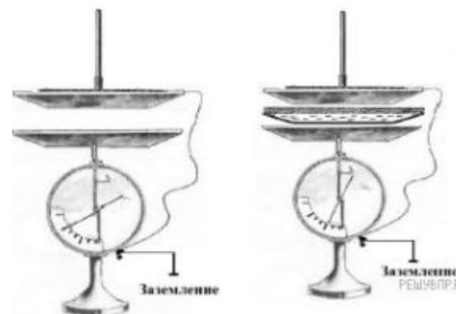
5. Прочитайте текст и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

При демонстрации свойств воздушного конденсатора (см. рис.) одна из его обкладок была соединена со стержнем _____ и заряжена, а другая, прикреплённая к ручке и соединённая с заземлённым корпусом, также оказалась заряженной вследствие явления _____. При введении в пространство между пластинами листа плексигласа стрелка опустилась, потому что ёмкость системы двух пластин, разделённых _____, увеличилась.

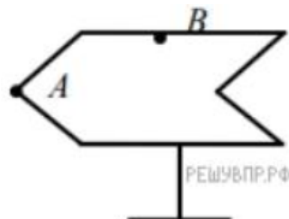
Список слов (словосочетаний)

- 1) гальванометра
- 2) электрометра
- 3) электромагнитной индукции
- 4) электростатической индукции
- 5) проводником
- 6) диэлектриком

Ответ: 246.



6. Полому металлическому телу на изолирующей подставке (см. рис.) сообщён положительный заряд. Каково соотношение между потенциалами точек А и В?



Ответ: потенциалы точек равны.

Расчётные задачи:

1. Двум одинаковым шарикам сообщили одинаковые заряды по $q = 2,0 \cdot 10^{-8}$ Кл и поместили их на расстояние $r = 8$ см. Определите силу Кулона, действующую на первый шарик.

Ответ: $5,6 \cdot 10^{-4}$ Н.

2. Электрон влетает в электрическое поле напряжённостью 500 кВ/м. Чему равна кулоновская сила, действующая на электрон?

Ответ: $8 \cdot 10^{-14}$ Н.

3. Точечный заряд создаёт в точке, удалённой от него на расстояние 5 см электрическое поле напряжённостью 90 В/м. Чему равен модуль этого заряда?

Ответ: $25 \cdot 10^{-12}$ Кл.

4. Альфа-частица зарядом $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл взаимодействует с электроном, находящемся от неё в точке на расстоянии $1,6 \cdot 10^{-10}$ м. Найдите напряжённость электрического поля, создаваемого альфа-частицей и электроном в точке, являющейся серединой отрезка, который соединяет эти заряды.

Ответ: $67,5 \cdot 10^{10}$ В/м.

5. Чему равна работа A , совершаемая однородным электрическим полем при переносе заряда $q = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл вдоль силовых линий поля на расстояние $l = 0,9$ м? Напряжённость поля равна 200 В/м.

Ответ: 5,4 мкДж.

6. Определите напряжение между двумя точками электрического поля, если при перемещении в нём заряда 50 нКл полем была совершена работа 20 мкДж.

Ответ: 400 В.

7. Плоский конденсатор подключён к источнику напряжением 100 В. Ёмкость конденсатора составляет 0,25 мкФ. Определите заряд конденсатора.

Ответ: 25 мкКл.

8. Плоский воздушный конденсатор состоит из обкладок площадью $0,02$ м².

Обкладки находятся на расстоянии 0,9 см друг от друга. Определите ёмкость этого конденсатора.

Ответ: 20 пФ.

9. Два конденсатора емкостями C и $4C$ соединяют. Определите ёмкость получившейся батареи конденсаторов в случаях:

1) последовательного соединения;

2) параллельного соединения.

Ответ: 1) $0,8C$; 2) $5C$.

10. Конденсатору, ёмкость которого равна $0,5$ мкФ, сообщили заряд 5 мкКл. Определите энергию электрического поля конденсатора.

Ответ: 25 мкДж.

Задачи на методы научного познания:

1. Для проведения опыта учитель взял стеклянную палочку, лист бумаги и бумажный султан, закреплённый на железном стержне. Трением о лист бумаги он зарядил стеклянную палочку, а затем дотронулся ею до бумажного султана. Далее он обратил внимание на поведение полосок султана при поднесении одноимённо заряженной палочки.

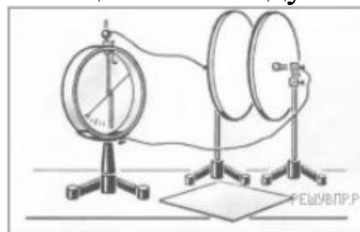


Какой вывод можно было сделать из данного опыта?

Ответ: Одноимённо заряженные тела отталкиваются.

2. На рисунке представлена установка по изучению свойств плоского конденсатора. Пластины конденсатора присоединяют к электromетру, корпус которого заземлён. Наэлектризованной палочкой касаются пластины конденсатора. При этом конденсатор приобретёт некоторый заряд, а электromетр будет показывать разность потенциалов между пластинами конденсатора. В

соответствии с определением электроёмкости $C = \frac{q}{U}$ где q — заряд конденсатора, U — разность потенциалов между пластинами конденсатора.



Вам необходимо исследовать, зависит ли электроёмкость плоского конденсатора от площади его пластин.

Имеется следующее оборудование:

- электromетр;
- пластины на подставках, образующие плоский конденсатор;
- эбонитовая палочка и шерсть для сообщения конденсатору электрического заряда;
- пластины из стекла и полистирола;

– соединительные провода.

В ответе:

1. Опишите экспериментальную установку.
2. Опишите порядок действий при проведении исследования.

Возможное решение:

1. Используется установка, изображённая на рисунке. Конденсатор подключают к электрометру и сообщают электрический заряд от наэлектризованной палочки. В процессе проведения опытов заряд конденсатора остаётся неизменным.

2. Площади пластин изменяют, сдвигая пластины относительно друг друга.

3. Об изменении электроёмкости конденсатора судят по изменению показаний электрометра (чем больше разность потенциалов, тем меньше электроёмкость конденсатора).

Вопросы для опроса

1. Электрические заряды.
2. Элементарный электрический заряд.
3. Закон сохранения заряда.
4. Закон Кулона.
5. Электрическое поле.
6. Напряженность электрического поля.
7. Принцип суперпозиции полей.
8. Проводники в электрическом поле.
9. Диэлектрики в электрическом поле.
10. Поляризация диэлектриков.
11. Потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.
12. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля.
13. Электроёмкость.
14. Конденсаторы.
15. Энергия заряженного конденсатора.
16. Применение конденсаторов.

Занятие 11 (лабораторное).

Лабораторная работа № 4

Определение электрической ёмкости конденсаторов

Цель работы: определить электроёмкость плоского конденсатора.

Оборудование: пластинки металлические (2 штуки); пластинка стеклянная; штангенциркуль; линейка,

Теоретическая часть:

Физическая величина, характеризующая способность проводников накапливать электрический заряд, называется электроёмкостью.

$$C = \frac{q}{U} = \frac{S}{d}$$

Отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов между проводниками не зависит от заряда. Оно определяется геометрическими

размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды.

Кроме того, ёмкость конденсатора зависит от свойств диэлектрика между пластинами. Так как диэлектрик ослабляет поле, то электроёмкость при наличии диэлектрика увеличивается:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Единицей электроёмкости в СИ является фарад.

Конденсатор представляет собой два проводника, разделённые слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из обкладок. Для зарядки конденсатора нужно присоединить его обкладки к полюсам источника напряжения, например к полюсам батареи аккумуляторов.

Ход работы:

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Длина пластины, а, м	Ширина пластины, b, м	Площадь металлической пластины S, м ²	Толщина стеклянной пластины, d, м	Электроёмкость плоского конденсатора, С, пФ
0,09	0,06		0,001	477,9

2. Посмотрите, как выглядит конденсатор в собранном виде.

3. Измерьте длину a и ширину b металлической пластины линейкой.

4. Вычислите площадь металлической пластины ($S = ab$).

5. С помощью штангенциркуля измерьте толщину стеклянной пластины.

6. Примите диэлектрическую проницаемость стекла равной 10 и вычислите электроёмкость плоского конденсатора.

7. Запишите вывод о проделанной работе.

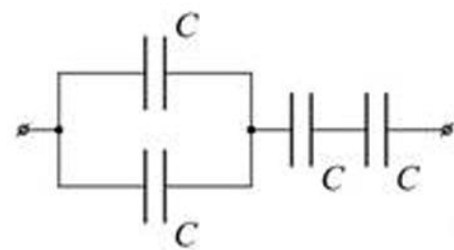
8. Выполните на контрольные задания:

а) Электроёмкость конденсатора, подключенного к источнику постоянного напряжения 1000 В, равна 5 пФ. Расстояние между его обкладками уменьшили в $n=2$ раза. Определите изменение заряда на обкладках конденсатора и энергии электрического поля.

б) Заряд конденсатора $4 \cdot 10^{-8}$ Кл. Ёмкость конденсатора 10 пФ. Определите скорость, которую приобретает электрон, пролетая в конденсаторе путь от одной пластины к другой. Начальная скорость электрона равна нулю. Удельный заряд электрона $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

в) Изначально незаряженный конденсатор ёмкостью 0,5 мкФ заряжается в течение 10 с электрическим током, средняя сила которого за время зарядки равна 0,2 мА. Чему будет равна энергия, запасённая в конденсаторе к моменту окончания его зарядки?

г) Четыре конденсатора одинаковой электроёмкости $C=25$ пФ соединены так, как показано на схеме. Определите электроёмкость полученной



батареи конденсаторов. Ответ выразите в пикофарадах.

- д) Площадь грозового облака 2 км^2 , напряжённость электрического поля между облаком и землёй 10^6 В/м . Считая, что облако и поверхность Земли образуют плоский конденсатор, найдите, чему равен модуль электрического заряда этого облака?

Занятие 12 (лабораторное)

Лабораторная работа 5

Цепи постоянного тока

Цель работы:

- Знакомство с цепями постоянного тока и их компьютерными моделями.
- Экспериментальное подтверждение законов Ома и Кирхгофа.

Приборы и принадлежности: Приборы и принадлежности: «Виртуальный практикум по физике для вузов». Раздел: «Электричество» (интерактивный комплекс)

Теоретическое введение

Определение величины (силы) тока

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Закон Ома для участка цепи: величина (сила) тока, текущего по однородному (в смысле отсутствия сторонних сил) металлическому проводнику, пропорциональна падению напряжения U на проводнике (для однородного участка цепи, не содержащего ЭДС)

$$I = \frac{1}{R} U$$

где R – сопротивление проводника.

Резистором называется устройство, обладающее заданным постоянным сопротивлением.

Напряжение на резисторе: $U_R = IR$.

Закон Ома для неоднородного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \delta_{12}}{R}$$

где φ_1 и φ_2 – потенциалы концов участка, δ_{12} – ЭДС, действующая на данном участке цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\delta}{R_{\text{сум}}}$$

где δ – суммарная ЭДС, действующая в цепи, $R_{\text{сум}}$ – суммарное сопротивление всей цепи.

Разветвленной цепью называется электрическая цепь, имеющая узлы.

Узлом называется точка, в которой сходится более чем два проводника. Ток, текущий к узлу, принято считать положительным, а ток, текущий от узла, считается отрицательным.

Первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum I_k = 0$$

Второе правило Кирхгофа: в каждом из замкнутых контуров, которые можно мысленно выделить в данной разветвленной цепи, алгебраическая сумма падений напряжения равна алгебраической сумме ЭДС:

$$\sum I_k R_k = \sum B_k$$

При анализе разветвленной цепи следует обозначать с одним индексом ток, протекающий по всем последовательно соединенным элементам от одного узла до другого. Направление каждого тока выбирается произвольно.

При составлении уравнений второго правила Кирхгофа токам и ЭДС нужно приписывать знаки в соответствии с выбранным (как вам удобно) направлением обхода:

- ток принято считать положительным, если он совпадает с направлением обхода, и отрицательным, если он направлен против этого направления;
- ЭДС считается положительной, если ее действие (создаваемый ею ток) совпадает с направлением обхода.

Количество уравнений первого правила Кирхгофа должно быть на одно меньше количества узлов в данной цепи. Количество независимых уравнений второго правила Кирхгофа должно быть таким, чтобы общее количество уравнений в полученной системе уравнений оказалось равным количеству различных токов. Каждый новый контур при этом должен содержать хотя бы один участок цепи, не вошедший в уже рассмотренные контуры.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток?
2. Дайте определение величины (силы) тока.
3. Дайте определение разности потенциалов (напряжения).
4. Напишите формулу, связывающую приращение потенциалов и напряжение.
5. Что такое резистор?
6. Какое соединение элементов называется последовательным?
7. Какое соединение элементов называется параллельным?
8. Напишите формулу для сопротивления последовательно соединенных резисторов.
9. Напишите формулу для сопротивления параллельно соединенных резисторов.
10. Напишите закон Ома для участка цепи. Сравните его с законом Ома в дифференциальной (локальной) форме.
11. Какой участок цепи называется неоднородным?
12. Запишите закон Ома для неоднородного участка цепи.
13. Какими характеристиками описывается источник ЭДС?
14. В каком месте находится внутреннее сопротивление источника ЭДС?
15. Как измерить ЭДС источника?
16. Что такое «короткое замыкание»?

17. Чему равен ток короткого замыкания?
18. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.
19. Какое свойство заряда отражает первый закон Кирхгофа?
20. Запишите формулу для первого закона Кирхгофа.
21. Сформулируйте второй закон Кирхгофа.
22. Запишите формулу для второго закона Кирхгофа.
23. Что такое узел электрической цепи?
24. Что такое полная электрическая цепь?

Занятие 13 (лабораторное)

Лабораторная работа 6

Зависимость мощности и КПД источника постоянного тока от внешней нагрузки

Цель работы:

- Знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока.
- Исследование зависимости мощности и КПД источника постоянного тока от сопротивления внешней цепи.

Приборы и принадлежности: «Виртуальный практикум по физике для вузов». Раздел: «Электричество » (интерактивный комплекс)

Теоретическое введение

Закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\delta}{R + r} \quad (1)$$

I – сила тока в цепи; δ – электродвижущая сила источника тока, включённого в цепь; R – сопротивление внешней цепи; r – внутреннее сопротивление источника тока.

Мощность, выделяемая во внешней цепи:

$$P_1 = I^2 R = \frac{\delta^2}{(R + r)^2} R \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что при коротком замыкании цепи ($R \rightarrow 0$) и при $R \rightarrow \infty$ эта мощность равна нулю. При всех других конечных значениях R мощность $P_1 > 0$. Следовательно, функция P_1 имеет максимум. Значение R_0 , соответствующее максимальной мощности, можно получить, дифференцируя P_1 по R и приравнявая первую производную к нулю:

$$\frac{dP_1}{dR} = \frac{\delta^2 [(R_0 + r)^2 - 2(R_0 + r)R]}{(R_0 + r)^4} = 0 \quad (3)$$

Из формулы (3), с учётом того, что R и r всегда положительны, а $\delta \neq 0$, после несложных алгебраических преобразований получим:

$$R_0 = r \quad (4)$$

Следовательно, мощность, выделяемая во внешней цепи, достигает наибольшего значения при сопротивлении внешней цепи, равном внутреннему сопротивлению источника тока.

При этом сила тока в цепи

$$I = \frac{\delta}{2r} = \frac{I_{кз}}{2} \quad (5)$$

равна половине тока короткого замыкания. Мощность, выделяемая во внешней цепи, достигает своего максимального значения, равного

$$P_{1max} = \frac{\delta^2}{4r} \quad (6)$$

Когда источник замкнут на внешнее сопротивление, то ток протекает и внутри источника, и при этом на внутреннем сопротивлении источника выделяется некоторое количество тепла. Мощность, затрачиваемая на выделение этого тепла, равна

$$P_2 = I^2 r \quad (7)$$

Следовательно, полная мощность, выделяемая во всей цепи, определится формулой

$$P_{полн} = P_1 + P_2 = I^2 R + I^2 r = I^2 (R + r) = I \delta \quad (8)$$

Коэффициент полезного действия источника тока равен

$$(9)$$

Из формулы (8) следует, что

$$P_1 = P_{полн} - P_2 = \delta I - I^2 r, \quad (10)$$

то есть P_1 изменяется с изменением силы тока в цепи по параболическому закону и принимает нулевые значения при $I = 0$ и при $I = \frac{\delta}{r}$. Первое значение соответствует разомкнутой цепи ($R \ll r$), второе – короткому замыканию ($R \gg r$). Зависимость КПД от силы тока в цепи с учётом формул (8), (9), (10) примет вид

$$\eta = 1 - \frac{r}{\delta} I \quad (11)$$

Таким образом, КПД достигает наибольшего значения $\eta = 1$ в случае разомкнутой цепи ($I = 0$), а затем уменьшается по линейному закону, обращаясь в нуль при коротком замыкании.

Зависимость мощностей P_1 , $P_{полн} = I \delta$ и КПД источника тока от силы тока в цепи показаны на рис. 1.

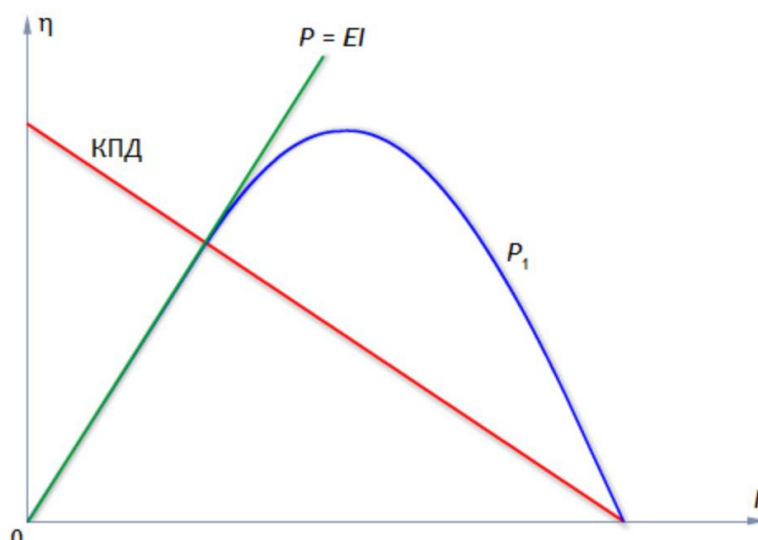


Рис. 1

Из графиков видно, что получить одновременно максимальную полезную мощность и КПД невозможно. Когда мощность, выделяемая на внешнем участке цепи P_1 , достигает наибольшего значения, КПД в этот момент равен 50 %.

Контрольные вопросы

1. Запишите закон Джоуля–Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
2. Что такое ток короткого замыкания?
3. Что такое полная мощность?
4. Как вычисляется КПД источника тока?
5. Докажите, что наибольшая полезная мощность выделяется при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений цепи.
6. Верно ли утверждение, что мощность, выделяемая во внутренней части цепи, постоянна для данного источника?
7. К зажимам батарейки карманного фонаря присоединили вольтметр, который показал 3,5 В. Затем вольтметр отсоединили и на его место подключили лампу, на цоколе которой было написано: $P = 30 \text{ Вт}$, $U = 3,5 \text{ В}$. Лампа не горела. Объясните явление.
8. При поочерёдном замыкании аккумулятора на сопротивления R_1 и R_2 в них за одно и то же время выделилось равное количество тепла. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора.

Занятие 14 (лабораторное)

Лабораторная работа № 7

Изучение законов последовательного и параллельного соединений проводников

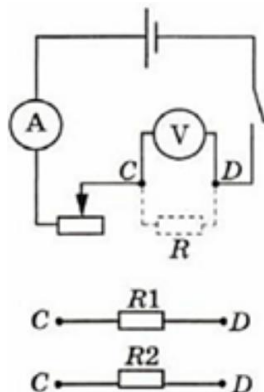
Цель: проверить справедливость законов электрического тока для последовательного и параллельного соединения проводников.

Оборудование: источник тока, резисторы, амперметр, вольтметр, реостат, соединительные провода, ключ.

Контрольные вопросы

1. Чему равна общая сила тока в цепи при последовательном соединении? При параллельном?
2. Чему равно общее напряжение в цепи при последовательном соединении? При параллельном?
3. Как рассчитать общее сопротивление в цепи при последовательном соединении? При параллельном?

Выполнение лабораторной работы.



1. Собрать схему из соединенных последовательно источника тока, реостата, амперметра и одного резистора.
2. Подключить к точкам С, D вольтметр, параллельно резистору
3. Замкнуть цепь и измерить силу тока I_1 , напряжение U_1
4. Заменить первый резистор вторым, измерить тока I_2 , напряжение U_2
5. Подключить между точками С и D оба резистора последовательно, параллельно им подключили вольтметр. Измерили тока I_3 , напряжение U_3
6. Соединить резисторы параллельно, подключили их между точками С и D, затем параллельно им подключили вольтметр. Измерили тока I_4 напряжение U_4 .
7. Результаты измерений записали в таблицу 1.

I_1, A	U_1, B	I_2, A	U_2, B	I_3, A	U_3, B	I_4, A	U_4, B

8. Произвести расчеты и заполнить таблицу 2

$R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \text{ Ом}$	$R_2 = \frac{U_2}{I_2}, \text{ Ом}$	$R_3 = \frac{U_3}{I_3}, \text{ Ом}$	$R_4 = \frac{U_4}{I_4}, \text{ Ом}$	$R_{\text{посл}} = R_1 + R_1, \text{ Ом}$	$R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \text{ Ом}$

Сравнить значения эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном соединении. Они практически равны.

9. Вычислить абсолютную и относительную погрешность измерений.

Относительная погрешность измерения каждого сопротивления:

$$\Delta R_I = \varepsilon_i R_I$$

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I}$$

10. Сделать выводы.

Занятие 15 (лабораторное)

Лабораторная работа № 8

Исследование зависимости мощности лампы накаливания от напряжения на её зажимах

Цель работы: Исследовать зависимость мощности лампы от напряжения и построить графики.

Теоретические положения

При замыкании электрической цепи на ее участке с сопротивлением R , током I , напряжением на концах U производится работа A :

$$A = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot U \cdot t = \frac{U^2 \cdot t}{R}$$

Величина, равная отношению работы тока ко времени, за которое она совершается, называется мощностью P :

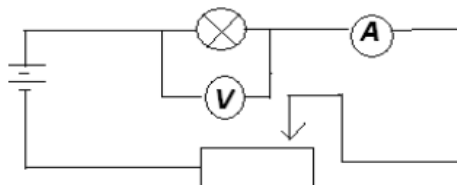
$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Анализ выражения убеждает нас в том, что зависимость P от U можно исследовать экспериментально.

Оборудование: источник электроэнергии, осветитель с лампой, амперметр, вольтметр, ключ, реостат, соединительные провода.

Ход работы:

1. Составить цепь по схеме.
2. Замкнуть цепь, при помощи реостата установить наименьшее значение напряжения. Записать показания вольтметра и амперметра.
3. Постепенно выводя реостат, записать значения напряжения и силы тока. Поступать так, пока не будет достигнуто то напряжения, на которое рассчитана лампочка (номинальное напряжение).



4. Для каждого значения напряжения мощность, потребляемую лампочкой, подсчитать по формуле:

$$P = I \cdot U$$

5. Для каждого значения подсчитать:

а) сопротивление нити лампы – $R_t = \frac{U}{I}$

б) температуру нити лампы – $T = \frac{R_t - R_0}{R_0 \cdot \alpha}$

где $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ температурный коэффициент сопротивления вольфрама

$R_0 = 0,5 \text{ Ом}$ -сопротивление нити лампы при 0°C

6. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу:

Номер опыта	Напряжение U, В	Сила тока I, А	Температура накала T, К	Сопротивление R_t , Ом	Мощность P, Вт
1	3,4	1,15			
2	3,2	1,15			
3	2,6	1,00			
4	2,0	0,90			
5	1,4	0,70			
6	1,2	0,60			
7	0,6	0,45			

7. Построить графики зависимости сопротивления нитей ламп:

а) от напряжения;

б) от температуры накала.

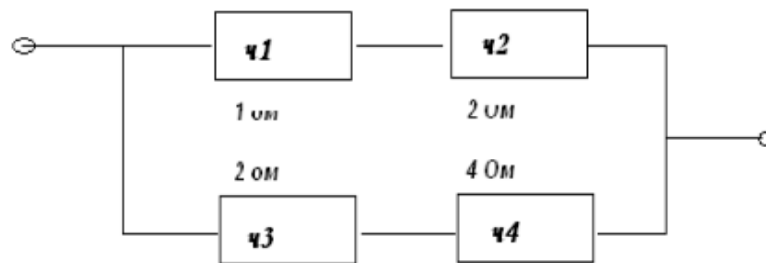
8. Построить график зависимости мощности от напряжения.

9. Сформулировать вывод.

10. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое работа электрического тока?
- 2) Указать единицу работы тока в СИ.
- 3) Указать формулу работы тока.
- 4) Что называется мощностью тока?
- 5) Указать формулу мощности тока.
- 6) Указать единицу мощности тока.
- 7) Вследствие испарения и распыления материала с поверхности нити накала лампы, нить с течением времени становится тоньше. Как это влияет на мощность, потребляемую лампой?
- 8) На каком сопротивлении выделяется наименьшее количество теплоты?



Практическое занятие 16 Электрический ток в различных средах

Вопросы для опроса

1. Электрический ток в металлах, в электролитах, газах, в вакууме.
2. Электролиз.
3. Закон электролиза Фарадея.
4. Виды газовых разрядов.
5. Термоэлектронная эмиссия.
6. Плазма.
7. Электрический ток в полупроводниках.
8. Собственная и примесная проводимости.
9. Р-п переход.
10. Полупроводниковые приборы.
11. Применение полупроводников.

Качественные задачи:

1. Объясните, почему при дуговом разряде при увеличении силы тока напряжение уменьшается.

Ответ: при увеличении силы тока возрастает термоэлектронная эмиссия с катода, носителей заряда становится больше, а, следовательно, сопротивление промежутка между электродами уменьшается. При этом уменьшение сопротивления происходит быстрее, чем увеличение силы тока (в газах нарушается линейный закон Ома $U=IR$), поэтому напряжение уменьшается.

2. Вблизи заострённых частей проводников, подключённых к высоковольтным источникам тока или находящихся во влажном атмосферном воздухе во время грозы, можно наблюдать слабое свечение и небольшой шум. Такое свечение иногда появляется на концах корабельных мачт (так называемые огни святого Эльма). Благодаря какому физическому явлению возникает такое свечение?

Ответ: электрический разряд в газах или коронный разряд.

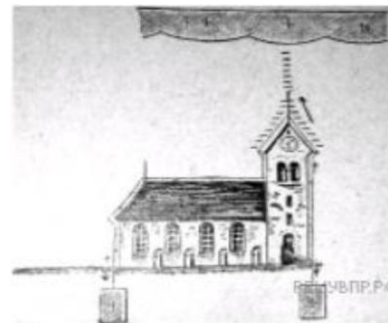
3. Прочитайте текст и вставьте на места пропусков слова (словосочетания) из приведённого списка.

В XVIII в. Бенджамин Франклин установил электрическую природу молнии, а также создал и разработал принципы элементарной грозозащиты (см. рис.).

Он предложил устанавливать _____, который соединяли с землёй, размещая на высоких точках зданий. При этом основную роль играли явление _____ металлических частей конструкции и _____ электрического поля вблизи острия.

Список слов (словосочетаний)

- 1) громоотвод
- 2) изолятор
- 3) электризации
- 4) электромагнитной индукции
- 5) высокая напряжённость
- 6) короткая длина волны



Ответ: 135.

4. Какими носителями электрического заряда создаётся ток в водном растворе поваренной соли?

Ответ: ионы.

Расчётные задачи:

1. Проводящая сфера радиусом $R = 5$ см помещена в электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. Насколько увеличится масса сферы, если отложение меди длится $t = 30$ мин, а электрический заряд, поступающий на каждый квадратный сантиметр поверхности сферы за 1 с, $q = 0,01$ Кл? Молярная масса меди $M = 0,0635$ кг/моль. Площадь поверхности сферы $S = 4\pi R^2$.

Ответ: $\sim 2 \cdot 10^{-3}$ кг

Занятие 17 (практическое) Электрический ток в различных средах

Контрольная работа № 3

«Электрическое поле. Законы постоянного тока»

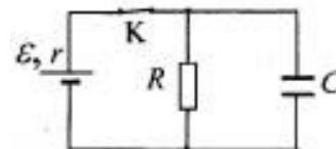
Задача 1. Два одинаковых маленьких шарика расположены на расстоянии 1 м друг от друга. Заряд первого шарика по модулю в 4 раза больше заряда второго. Шарик привели в соприкосновение и затем развели на расстояние, при котором сила взаимодействия шариков равнялась первоначальной. Определите это расстояние.

Задача 2. Два точечных заряда 8,89 нКл и -12 нКл расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Определите напряжённость и потенциал электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 4 см от первого заряда и на расстоянии 3 см от второго заряда.

Задача 3. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора равно 1 мм. Напряжённость электрического поля внутри конденсатора составляет 1000 В/м. Определите энергию конденсатора, если его ёмкость равна 4 мкФ.

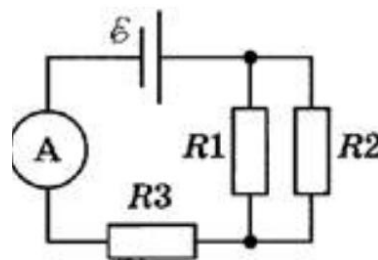
Задача 4. При силе тока 3 А на нагрузке полной цепи выделяется мощность 18 Вт, а при силе тока 1 А — мощность 10 Вт. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Задача 5. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. Заряд конденсатора 2 мкКл, ЭДС батареи 24 В; её внутреннее сопротивление 5 Ом, сопротивление резистора - 25 Ом. Найдите количество теплоты, которое



выделится на резисторе после размыкания ключа К в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.

Задача 6. Каковы показания амперметра, включенного в схему, если ЭДС батареи 80 В, ее внутреннее сопротивление 1 Ом? Сопротивление $R_1 = 25$ Ом, $R_3 = 49$ Ом. Мощность, выделяющаяся на сопротивлении R_1 равна 16 Вт. Сопротивлением амперметра пренебречь.



Занятие 18 (практическое) Магнитное поле

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Качественные задачи:

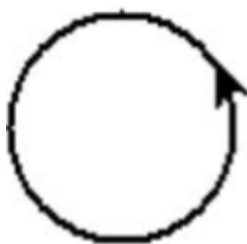
1. Внутренняя поверхность приводного ремня в результате трения о шкив приобрела положительный заряд. Существует ли магнитное поле вокруг вращающегося ремня?

Ответ: Да. Заряды, расположенные на поверхности ремня, имеют направленное движение. Поэтому ремень в целом можно рассматривать как виток катушки, по которой течёт ток.

2. В плоскости, перпендикулярной рисунку, расположен прямой длинный проводник. Сила тока по нему течёт от наблюдателя. Изобразите одну из линий индукции магнитного поля этого проводника. Как направлена эта линия?

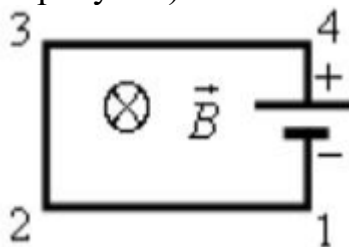
Ответ: Линия индукции является окружностью, лежащей в плоскости рисунка и направленной по часовой стрелке.

3. В плоскости рисунка расположен круговой виток с током, направленном так, как показано на рисунке. Куда направлен вектор магнитной индукции поля витка в его центре?



Ответ: к наблюдателю.

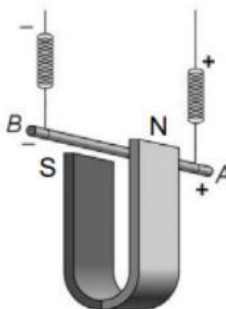
4. Электрическую цепь, состоящую из прямых проводников, поместили в однородное магнитное поле (см. рисунок)



Куда направлена сила Ампера, действующая со стороны магнитного поля на проводник 1-2?

Ответ: вверх в плоскости рисунка.

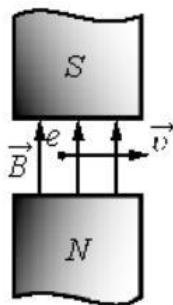
5. Медный проводник подвесили на упругих пружинках и поместили между полюсами магнита (см. рисунок).



Как изменится (увеличится, уменьшится, не изменится) модуль силы Ампера и растяжение пружинок при изменении направления электрического тока, пропускаемого через проводник? Сила тока через проводник остаётся неизменной.

Ответ: Сила Ампера не изменится, растяжение пружинок уменьшится.

6. Электрон влетел в зазор между полюсами магнита и движется так, как показано на рисунке.



Куда направлена сила Лоренца, действующая на электрон?

Ответ: от наблюдателя.

7. Можно ли транспортировать раскаленные стальные болванки в цехе металлургического завода с помощью электромагнитного крана?

Ответ: можно, если их температура ниже точки Кюри (753°C). В противном случае они потеряют свои ферромагнитные свойства и применять электромагниты нельзя.

Расчётные задачи:

1. Проводник с током 10 А и длиной 10 см висит неподвижно в однородном магнитном поле. Линии индукции магнитного поля перпендикулярны проводнику. Масса проводника 5 г. Чему должен быть равен модуль вектора магнитной индукции, чтобы нити, на которых подвешен проводник, оказались ненапрянутыми?

Ответ: 0,05 Тл.

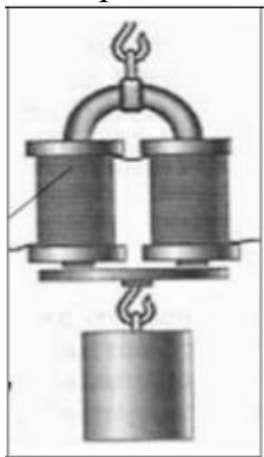
2. Протон влетает в однородное магнитное поле индукцией 10 мТл и движется в нём по окружности радиусом 3 мм. Определите скорость, с которой протон влетел в магнитное поле.

Ответ: 2,9 км/с.

Задачи на методы научного познания:

1. На рисунке изображена установка для изучения подъёмной силы

электромагнита. Катушка электромагнита подключается к источнику тока через реостат, при помощи которого можно изменять силу тока через электромагнит. Электромагнит способен притягивать металлическую пластину с грузом.



Вам необходимо показать, что подъёмная сила электромагнита

зависит от силы тока, протекающего по его обмотке.

Имеется

следующее оборудование:

- набор из 10 грузов по 100 г;
- электромагнит;
- реостат;
- ключ;
- источник тока;
- соединительные провода.

В ответе:

1. Опишите экспериментальную установку.
2. Опишите порядок действий при проведении исследования.

Возможное решение.

1. Соберём цепь, состоящую из последовательно соединённых источника, ключа, электромагнита и реостата. Ползунок реостата установим так, чтобы его сопротивление было максимальным. К электромагниту прикрепляем наибольшее возможное количество грузов.

2. Перемещая ползунок реостата, уменьшаем его сопротивление. При этом по закону Ома сила тока в цепи возрастает. Прикрепляя к электромагниту дополнительно грузы, наблюдаем увеличение его подъёмной силы

Вопросы для опроса

1. Опишите опыт Эрстеда и Ампера. Какой вывод можно сделать из этих опытов?
2. Дайте определение магнитного поля. Свойства магнитного поля.
3. Характеристики магнитного поля: 1) магнитная индукция (определение, формула, единица измерения), 2) магнитный поток (формула, единица измерения), 3) момент силы, поворачивающий рамку с током (формула, единица измерения).
4. Направление вектора магнитной индукции нарисовать и записать словесно для: 1) полосового магнита, 2) дугового магнита, 3) прямого тока, 4) кольцевого тока.
5. Линии магнитной индукции. Однородное магнитное поле. О чем говорит замкнутость линий магнитного поля?
6. Сила Ампера (определение, формула, направление, применение). Сформулируйте закон Ампера.
7. Сила Лоренца (определение, вывод формулы, особенности этой силы, траектория движения заряженных частиц в магнитном поле). Формулы радиуса и периода.
8. Гипотеза Ампера, объясняющая магнитные свойства тела. Современное объяснение намагниченности тела.
9. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитные свойства ферромагнетиков. Ферриты.

Занятие 19 (практическое) Электромагнитная индукция

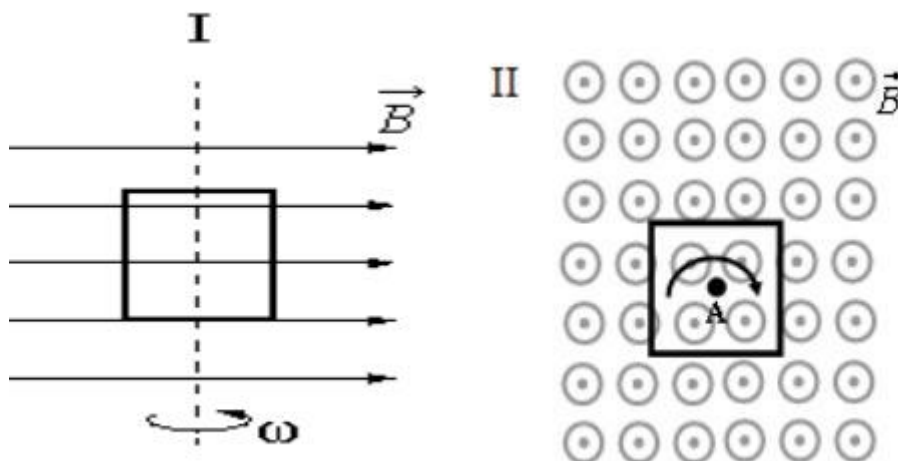
Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Вопросы для опроса

1. Явление электромагнитной индукции.
2. Закон электромагнитной индукции.
3. Правило Ленца.
4. Вихревое электрическое поле.
5. ЭДС индукции в движущихся проводниках.
6. Явление самоиндукции.
7. Индуктивность.
8. Энергия магнитного поля тока.
9. Электромагнитное поле

Качественные задачи:

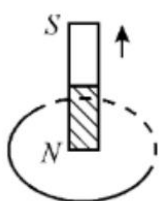
1. На рисунке показаны два способа вращения плоской рамки в однородном магнитном поле.



Будет ли возникать индукционный ток в рамке на рисунке 1? Будет ли возникать индукционный ток в рамке на рисунке 2?

Ответ: ЭМИ возникает только в рамке на рисунке 1.

2. Постоянный магнит перемещают относительно замкнутого проводящего кольца так, как показано на рисунке.



Определите направление индукционного тока в кольце.

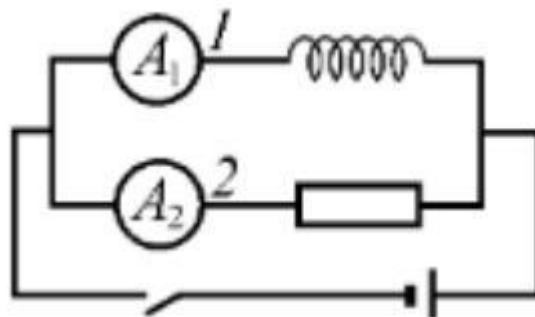
Ответ: по часовой стрелке

3. В однородном магнитном поле движется проводник так, что скорость его движения перпендикулярна силовым линиям магнитного поля. Скорость проводника увеличивают в 9 раз по сравнению с первоначальной. Как и во

сколько раз изменится модуль напряжения, возникающего на концах проводника?

Ответ: увеличится в 9 раз.

4. Электрическая цепь собрана по схеме, представленной на рисунке.



Сопротивление участка цепи 1 равно сопротивлению участка цепи 2. Сравните токи, которые покажут амперметры A_1 и A_2 сразу после замыкания ключа.

Ответ: амперметр A_1 покажет меньший ток.

Расчётные задачи:

1. В однородном магнитном поле расположена проволочная рамка в форме прямоугольника со сторонами 4 см и 5 см. Модуль вектора индукции магнитного поля равен 20 мТл. Рамка расположена так, что силовые линии магнитного поля перпендикулярны её плоскости. Чему равен магнитный поток через рамку?

Ответ: 40 мкВб

2. Магнитный поток через рамку меняется от 40 мВб до 10 мВб за 0,15 с. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в рамке?

Ответ: 0,2 В

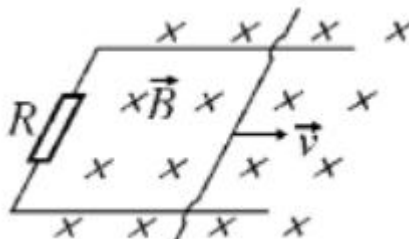
3. Проволочная рамка сопротивлением 0,1 Ом расположена в однородном магнитном поле, модуль вектора магнитной индукции которого уменьшается со скоростью 0,2 Тл/с. Площадь рамки равна 0,05 м². Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости рамки. Определите ЭДС индукции, возникающей в рамке и силу индукционного тока.

Ответ: 10^{-2} В; 0,1 А.

4. Определите скорость самолёта Сухой Суперджет-100, если на концах его крыльев длиной 27,8 м возникает ЭДС индукции 33 В. Самолёт летит горизонтально. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли 5 мТл.

Ответ: 237 м/с

5. По горизонтальным рельсам, расположенным в вертикальном магнитном поле с модулем вектора магнитной индукции 200 мТл, скользит проводник длиной 0,2 м. Концы рельсов замкнуты на резистор сопротивлением 0,1 Ом. Скорость движения проводника постоянна и равна 5 м/с.



Чему равна сила тока, протекающего через резистор?

Ответ: $2 \cdot 10^{-3}$ А

6. При пропускании через катушку тока силой 3 А магнитный поток внутри неё составил 15 мВб. Определите индуктивность катушки.

Ответ: 5 мГн.

7. В катушке индуктивностью 0,5 мГн за 2 с сила тока уменьшается от 15 до 5 А. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке?

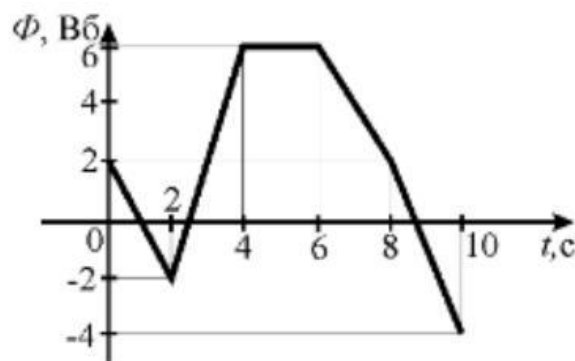
Ответ: 2,5 мВ.

8. При прохождении тока через катушку индуктивностью 200 мкГн энергия магнитного поля катушки составила 2,5 мДж. Определите силу тока в катушке.

Ответ: 5 А.

Графические задачи:

1. Магнитный поток в металлическом кольце меняется по графику:



Определите модуль ЭДС индукции, возникающей в кольце в промежутках времени:

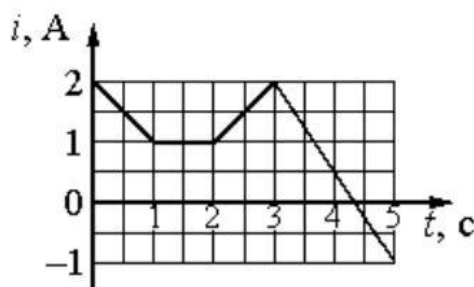
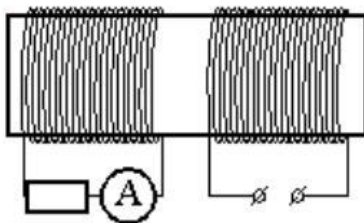
1) (0; 2) с

2) (2; 4) с

3) (4; 6) с

Ответ: 1) 2 В; 2) 4 В; 3) 0

2. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику.



Выберите все верные ответы.

1) В сердечнике в промежуток времени от 0 до 4 с существует магнитное поле

2) Индукция магнитного поля, создаваемого правой катушкой, постоянна в течение всего времени наблюдения

3) В цепи катушки, изображённой на рисунке слева, существует индукционный ток в течение всего времени наблюдения

4) В катушке, изображённой на рисунке слева, максимальный ток наблюдается в промежутке от 3 до 5 с

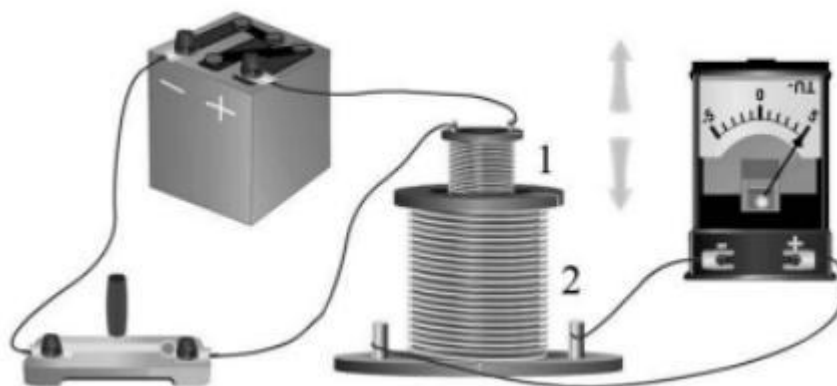
5) В промежутках времени (0; 1) с и (2; 3) с индукционный ток в катушке, изображённой на

рисунке слева, имеет различное направление

Ответ: 1, 4, 5

Задачи на методы научного познания:

1. На рисунке представлена установка по исследованию явления электромагнитной индукции. В катушку индуктивности 2 вносят катушку 1, по которой протекает постоянный ток. При этом в обмотке катушки 2 возникает индукционный ток, который фиксируется амперметром (на шкале которого «0» посередине). В установке можно изменять ЭДС источника тока.



Вам необходимо исследовать, зависит ли направление индукционного тока, возникающего в катушке 2, от величины модуля вектора магнитной индукции, пронизывающего катушку 2.

Имеется следующее оборудование:

- две катушки;
- амперметр (на шкале которого «0» посередине);
- источник тока;
- ключ;
- соединительные провода.

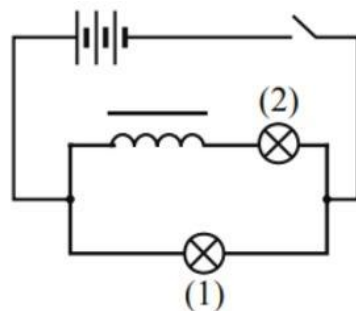
В ответе: 1. Опишите экспериментальную установку. 2. Опишите порядок действий при проведении исследования.

Возможное решение.

1. Катушку 1 соединим с источником через ключ. Катушку 2 соединим с амперметром.

2. В опыте изменяем ЭДС источника. По закону Ома в цепи катушки 1 изменяется ток. Следовательно, изменяется величина магнитной индукции, пронизывающей катушку 2. При изменении величины модуля вектора магнитной индукции наблюдаем появление индукционного тока в катушке 2. При возрастании и убывании модуля вектора магнитной индукции индукционный ток имеет различное направление.

2. На уроке учитель провёл опыт, схема которого представлена на рисунке. Он параллельно соединил две одинаковые лампы 1 и 2, к одной из них последовательно подключил катушку с большим количеством витков и сердечником. При замыкании цепи лампа 1 загоралась раньше лампы 2.



Какой вывод можно сделать на основании данного опыта?

Возможное решение.

При замыкании ключа в катушке возникает ЭДС самоиндукции, направленная против ЭДС источника

Занятие 20 (лабораторное)

Лабораторная работа № 9

Изучение явления электромагнитной индукции

Цель работы: Изучить условия возникновения индукционного тока, ЭДС индукции.

Оборудование: Катушка, миллиамперметр, два постоянных магнита



№ п/п	Действия с магнитом и катушкой	Показания миллиамперметра, мА	Направления отклонения стрелки миллиамперметра (вправо, влево или не отклоняется)	Направление индукционного тока (по правилу Ленца)
1	Быстро вставить магнит в катушку северным полюсом			
2	Оставить магнит в катушке неподвижным после опыта			
3	Быстро вытащить магнит из катушки			
4	Быстро приблизить катушку к северному полюсу магнита			

5	Оставить катушку неподвижной после опыта			
6	Быстро вытащить катушку от северного полюса магнита			
7	Медленно вставить в катушку магнит северным полюсом			
	Медленно вытащить магнит из катушки			
	Быстро вставить в катушку магнита северными полюсами			
	Быстро вставить магнит в катушку южным полюсом			
	Быстро вытащить магнит из катушки после опыта			
	Быстро вставить в катушку магнита южными полюсами			

Записать общий вывод по работе на основе проведённых наблюдений

Контрольные вопросы

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
2. Какой ток называют индукционным?
3. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Какой формулой он описывается?
4. Как формулируется правило Ленца?
5. Какова связь правила Ленца с законом сохранения энергии?

Занятие 21 (практическое) Электромагнитная индукция

Контрольная работа №4 «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»

Задача №1. В керосине расположены два точечных заряда по $6 \cdot 10^{-9}$ Кл. На каком расстоянии друг от друга надо расположить заряды чтобы, сила взаимодействия между ними была равна 0,6 Н.

Задача №2. Определите силу тока, проходящего по медному проводу длиной 100 м и площадью поперечного сечения $0,5 \text{ мм}^2$ при напряжении 6,8В.

Задача №3. Чему равны ЭДС и внутреннее сопротивление батареи, если три одинаковых гальванических элемента с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением

0,3 Ом соединены: а) последовательно; б) параллельно.

Задача №4. Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения 50 см^2 . При изменении магнитной индукции катушки от 0,2 до 0,3 Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В.

Задача №5. Определить время, в течение которого в обмотке выделяется количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике электромагнита. Обмотка электромагнита имеет индуктивность 0,8 Гн, сопротивление 15 Ом и находится под постоянным напряжением.

Задача №6. Сила Лоренца, действующая на электрон, равна $5 \cdot 10^{13} \text{ Н}$. С каким ускорением движется электрон в однородном магнитном поле (вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости) с индукцией 0,06 Тл.

Раздел 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Занятие 22 (практическое)

Механические колебания и волны

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Вопросы для опроса

1. Гармонические колебания.
2. Свободные механические колебания.
3. Превращение энергии при колебательном движении.
4. Математический маятник.
5. Пружинный маятник.
6. Вынужденные механические колебания.
7. Резонанс.
8. Поперечные и продольные волны.
9. Характеристики волны.
10. Звуковые волны.
11. Ультразвук и его применение.

Качественные задачи:

1. Каждому человеческому органу соответствует определённая собственная частота свободных колебаний: для желудка эта частота лежит в интервале от 2 до 3 Гц, для сердца — от 1 до 6 Гц, для глаз — от 40 до 100 Гц и т. д. Воздействие инфразвуковых волн определённых частот может привести к повреждениям внутренних органов, органов эндокринной системы и др. Какое явление проявляется в этих случаях?

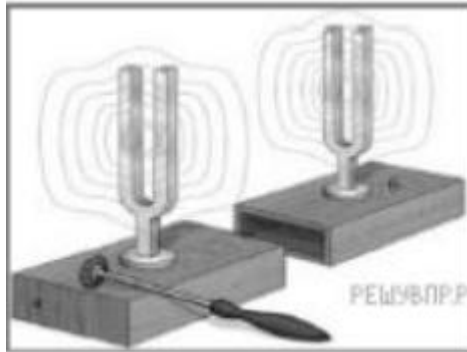
Ответ: резонанс.

2. Шарик опустили на край лунки и отпустили. Шарик движется, периодически проходя положение равновесия, в котором он в конце концов останавливается. Какой вид движения наблюдается в этом случае?



Ответ: затухающее периодическое движение.

3. Два одинаковых камертона устанавливают друг напротив друга (см. рис.). Когда по одному из них ударяют резиновым молоточком, то начинает звучать и второй камертон. Какое явление наблюдается в этом опыте?



Ответ: резонанс.

Расчётные задачи:

1. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной $l = 4,9$ м за время $t = 5$ мин?

Ответ: 68 колебаний.

2. К пружине жёсткостью 80 Н/м прикреплен груз массой 200 г. Чему равен период T свободных колебаний груза? (Массой пружины пренебречь.)

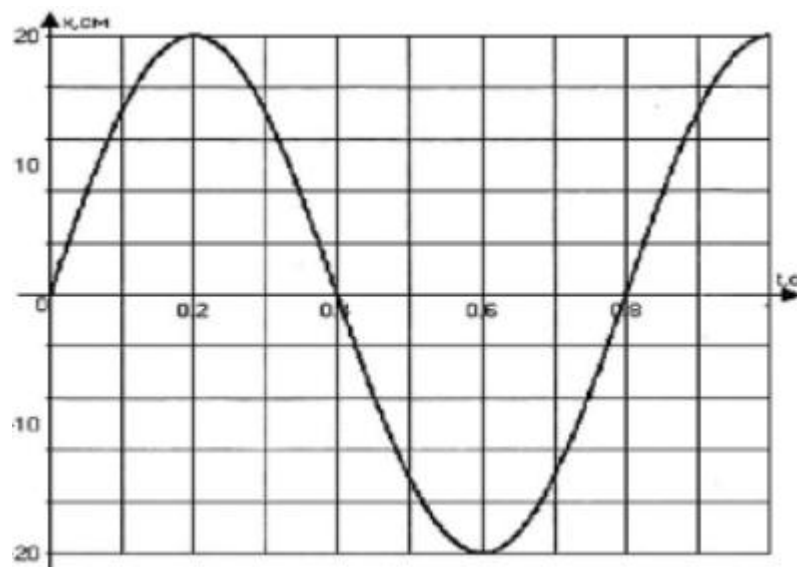
Ответ: $\sim 0,314$ с.

3. Груз, прикрепленный к пружине, колеблется на горизонтальном гладком стержне. Определите отношение кинетической энергии груза к потенциальной энергии системы в момент, когда груз находится в точке, расположенной посередине между крайним положением и положением равновесия.

Ответ: 3.

Графические задачи:

1. На рисунке изображен график зависимости координаты от времени колеблющегося тела.



По графику определите:

- 1) амплитуду колебаний;
- 2) период колебаний;
- 3) частоту колебаний;

4) запишите уравнение координаты.

Ответ:

1) $A=20 \text{ см}=0,2 \text{ м}$

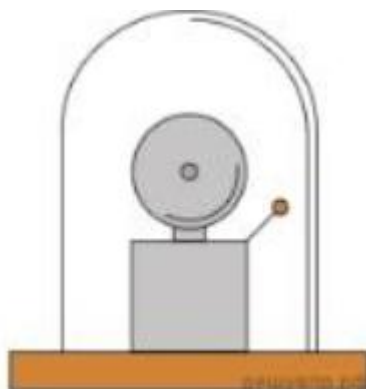
2) $T=0,8 \text{ с}$

3) $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ Гц}$

4) $x(t) = A\sin 2\pi \nu t = 0,2\sin 2\pi \cdot 1,25t = 0,2\sin 2,5\pi t$

Задачи на методы научного познания:

2. Учитель на уроке проделал следующий опыт. Он поместил электрический звонок под стеклянный колокол, соединённый с воздушным насосом. Включив звонок, он начал откачивать воздух. По мере откачивания звук становился всё тише, хотя сквозь стекло было видно, что молоточек по-прежнему ударяет в чашку звонка.



Какой вывод можно сделать по результатам данного опыта? Ответ: опыт был проведён с целью показать, что звук не распространяется в вакууме (для распространения звуковой волны необходима упругая среда).

3. Вам необходимо исследовать, как зависит период колебаний пружинного маятника от массы груза. Имеется следующее оборудование:

- секундомер электронный;
- набор из трёх пружин разной жесткости;
- набор из пяти грузов по 100 г;
- штатив с муфтой и лапкой.

Опишите порядок проведения исследования.

В ответе:

- 1) Зарисуйте или опишите экспериментальную установку.
- 2) Опишите порядок действий при проведении исследования.



Возможное решение:

- 1) Используется установка, изображённая на рисунке: одна из пружин, несколько грузов и секундомер.
- 2) К пружине подвешивается один груз и измеряется время 10 колебаний. Полученное время делится на количество колебаний, и получается период.
- 3) К пружине подвешиваются два груза, и измерения периода повторяются. Можно провести аналогичные измерения, добавляя ещё грузы.

- 4) Полученные значения периодов сравниваются

Занятие 23 (практическое) Электромагнитные колебания и волны

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Качественные задачи:

1. Вставьте пропущенное слово в текст.

«Радиосвязь между радиолюбителями, находящимися на противоположных сторонах Земли, осуществляется на коротких волнах. Это возможно благодаря тому, что _____ отражает короткие радиоволны».

Ответ: ионосфера Земли.

2. В колебательном контуре раздвинули пластины конденсатора. Как при этом изменятся частота и период собственных колебаний электрического заряда в контуре? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний заряда	Период колебаний заряда

Ответ:12

Расчётные задачи:

1. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,02 мГн и конденсатора ёмкостью 32 мкФ. Определите период собственных электромагнитных колебаний, возникающих в контуре.

Ответ: 5 мкс.

2. Максимальный заряд на обкладках конденсатора колебательного контура $q_m = 10^{-6}$ Кл. Амплитудное значение силы тока в контуре $I_m = 10^{-3}$ А. Определите период колебаний. (Потерями на нагревание проводников можно пренебречь.)

Ответ: $6,3 \cdot 10^{-3}$ с.

3. Рамка площадью $S = 3000 \text{ см}^2$ имеет $N = 200$ витков и вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5 \cdot 10^{-2}$ Тл.

Максимальная ЭДС в рамке $\mathcal{E}_m = 1,5$ В. Определите время одного оборота.

Ответ: 3,8 с.

4. В цепь переменного тока с частотой $\nu = 500$ Гц включена катушка индуктивностью $L = 10$ мГн. Определите ёмкость конденсатора, который надо включить в эту цепь, чтобы наступил резонанс.

Ответ: 10 мкФ.

5. Радиостанция ведёт вещание на несущей частоте 150 МГц. Определите длину волны, на которой вещает радиостанция.

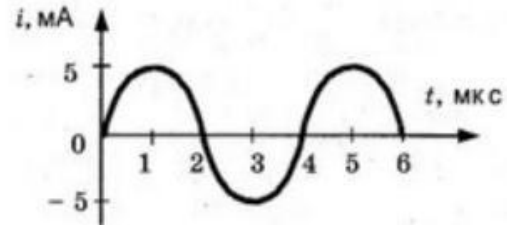
Ответ: 2 м.

6. Определить длину электромагнитных волн в воздухе, излучаемых колебательным контуром с емкостью 3 нФ и индуктивностью 0,012 Гн. Активное сопротивление контура принять равным нулю.

Ответ: 11304 м.

Графические задачи:

1. На рисунке приведен график изменения силы тока со временем. Определить период колебаний и амплитуду силы тока. Записать уравнение колебаний силы тока.



Ответ: 4 мкс, 5 мА, $i = 5 \cdot 10^{-3} \sin 500000\pi$.

Задачи на методы научного познания:

1. В 1896 г. А. С. Поповым была передана первая телеграмма с использованием электромагнитных волн. Им был изобретён первый _____. В декабре 1901 г. Маркони передал сигнал через Атлантический океан. По сути, он поставил в повестку дня задачу исследовать распространение радиоволн вокруг Земли. В первых «трансатлантических» опытах он нашёл, что можно передавать сообщения на значительные расстояния не только с помощью _____ (с длиной волны около 8 км), которые вследствие _____ огибают Землю, но и с помощью волн с длиной волны около 300 м, которые, как мы сегодня знаем, способны отражаться от ионосферы Земли.

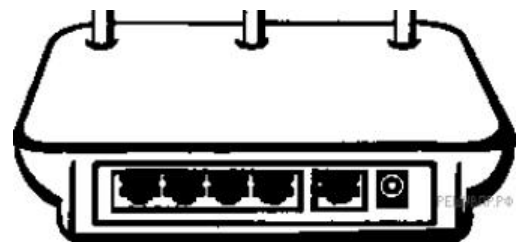
Список слов (словосочетаний)

- 1) беспроводный телеграф
- 2) аппарат Морзе
- 3) длинных радиоволн
- 4) коротких радиоволн
- 5) явления дифракции
- 6) явления дисперсии

Ответ: 135.

1. Роутер (маршрутизатор)

Для работы мобильной связи, модемов, спутниковых систем и многих других устройств используются беспроводные технологии. Одним из примеров использования беспроводных технологий является Wi-Fi.



Обязательным условием беспроводной связи устройства с сетью Интернет является наличие точки доступа — роутера или маршрутизатора. Связь между точкой доступа (роутером) и устройством осуществляется с помощью электромагнитного излучения определённого диапазона, которое излучается

роутером, распространяется в воздухе со скоростью света и принимается устройством (например, ноутбуком). Каждый роутер работает в определённом диапазоне частот, в котором выделяется центральная частота. На сегодняшний день стандарты Wi-Fi сети поддерживаются двумя центральными частотами: 2,4 ГГц и 5 ГГц (ГГц — гигагерц — 10⁹ Гц). Наиболее часто встречающаяся рабочая центральная частота — это 2,4 ГГц.

1. Какое физическое явление лежит в основе работы роутера (маршрутизатора)?
2. Выберите из предложенного перечня два верных утверждения, которые определяют преимущества беспроводной связи перед проводной, и запишите номера, под которыми они указаны.

- 1) Небольшие задержки во время соединения.
- 2) Подключение нескольких устройств одновременно.
- 3) Ограниченное расстояние между точками связи устройств.
- 4) В диапазоне 2,4 ГГц работает множество устройств (например, Bluetooth, микроволновые печи).
- 5) Излучение от Wi-Fi-устройств в момент передачи данных в несколько раз меньше, чем у сотового телефона.

Ответ:

1. В основе работы роутера лежит процесс излучения, распространения и приёма электромагнитного излучения определённого радиодиапазона.
2. Преимущества беспроводной связи перед проводной указаны под номерами 2 и 5

Занятие 24 (лабораторное)

Лабораторная работа 10

Изучение работы трансформатора

Цель: освоить основные элементы любого трансформатора

Материалы:

- методические указания по выполнению практического занятия
- тетрадь для лабораторных работ, карандаш, офицерская линейка, циркуль, ластик

Оборудование. 1. Трансформаторы на вертикальных панелях с одинаковым и разным количеством обмоток (по 1 шт.). 2. Источник электрической энергии на 4 В (выпрямитель В-24 М). 3. Вольтметры переменного тока до 4 (2 шт.) и 120 В. 4. Амперметры переменного тока до 2 и 6 А. 5. Ключ. 6. Соединительные провода.

Теоретические положения

В радиотехнике, электротехнике, электронике используют трансформатор. Внешний вид и схема (простейшего) показана на рисунке 1.

Основные элементы любого трансформатора:

1. Сердечник (магнитопровод); набирается из отдельных тонких изолированных друг от друга магнитомягкой стали.
2. Две обмотки с различным числом витков: с небольшим количеством витков N_1 толстой проволоки и с большим количеством витков N_2 тонкой проволоки.

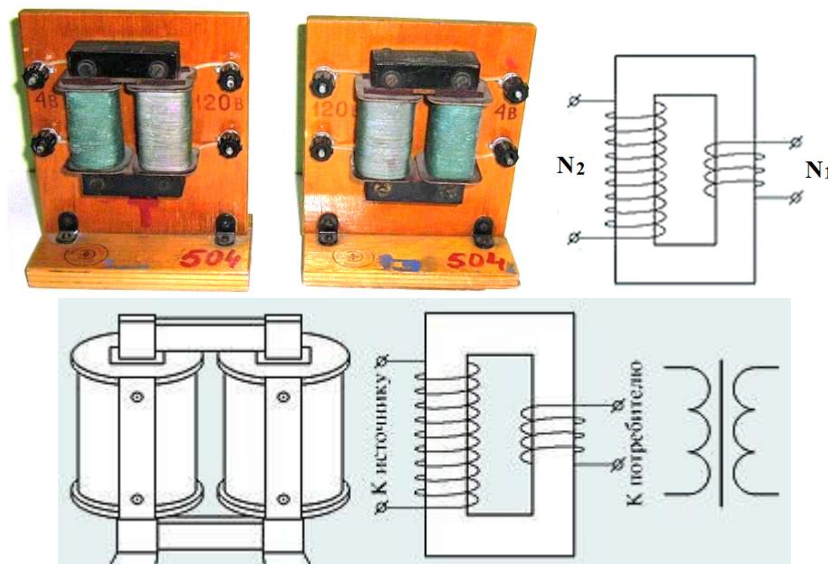


Рисунок 1

Переменный ток обмотки, соединённой с источником электрической энергии (первичная обмотка), создаёт в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток, который в каждой витке обмотки возбуждает ЭДС индукции e . Поэтому ЭДС индукции в первичной обмотке $E_1 = N_1 e$, во вторичной обмотке $E_2 = N_2 e$, а $E_1 / E_2 = N_2 / N_1$

Если цепь вторичной обмотки разомкнута, в первичной обмотке течёт слабый ток I_0 – ток холостого хода, не превышающий 5% номинального. Падение напряжения $\Delta U = I_0 R$

В первичной обмотке с сопротивлением R очень мало и приложенное к этой обмотке U_1 лишь немного больше E_1 . В этом случае $U_1 \approx E_1$. Напряжение на концах вторичной обмотки $U_2 = E_2$. Следовательно для холостого хода трансформатора $U_2 / U_1 = N_2 / N_1$

Отношение $N_2 / N_1 = k$ – коэффициент трансформации. При $k > 1$ трансформатор повышает напряжение; при $k < 1$

При замыкании цепи вторичной обмотки переменный ток этой обмотки I_2 , согласно закону Ленца, создаёт в сердечнике магнитный поток противоположного магнитному потоку первичной обмотки направления. Магнитный поток в сердечнике ослабляется. Это приводит к ослаблению E_1 в первичной обмотке и возрастанию тока в ней до I_1 . Ток возрастает, пока магнитный поток в сердечнике трансформатора не станет прежним.

Обмотки пронизываются с почти одинаковым магнитным потоком Φ ($\Phi = I_1 N_1 = I_2 N_2$), поэтому $I_1 N_1 = I_2 N_2$, а $I_2 / I_1 = N_1 / N_2$

Порядок выполнения работы

1. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 2.
2. После проверки цепи преподавателем замкнуть ключ; пронаблюдать работу электрической цепи и сделать вывод.
3. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 3
4. После проверки цепи преподавателем, замкнуть ключ, пронаблюдать работу электрической цепи

5. Снять показания измерительных приборов и занести в таблицу 1
6. Определить коэффициент трансформации и сделать вывод

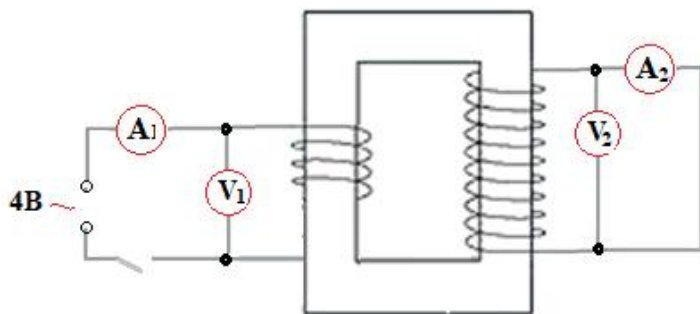


Рисунок 2

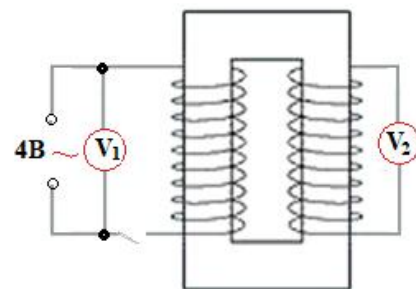


Рисунок 3

Таблица 1

Номер опыта	Сила тока в обмотках		Напряжение на концах обмоток		Коэффициент трансформации k
	первичной I_1 А	вторичной I_2 А	первичной U_2 В	вторичной U_1 В	

По окончании практической работы студент должен представить: - Выполненную в рабочей тетради практическую работу в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать о назначении, устройстве и принципе действия трансформатора.
2. С какой целью магнитопровод набирают из тонких изолированных пластин электротехнической стали?
3. Каков КПД современных трансформаторов?
4. С какой целью для передачи электрической энергии используют трансформатор? Ответ обосновать
5. Кто является изобретателем трансформаторов? Кем впервые была решена задача передачи электроэнергии без больших потерь?
6. Каково напряжение ЛЭП России?
7. Что вы знаете о единой энергосистеме в России и энергосистеме МИР?

Раздел 5. ОПТИКА

Занятие 25 (лабораторное)

Лабораторная работа № 11

Определение показателя преломления стекла

Цель: экспериментально определить относительный показатель преломления стекла.

Оборудование: стеклянная пластинка, имеющая форму трапеции, картон, 4 иголки, источник света.

Теоретические положения

Известно, что скорость света в веществе v всегда меньше скорости света в вакууме c .

Отношение скорости света в вакууме c к ее скорости в данной среде v называется *абсолютным показателем преломления*:

$$n = \frac{c}{v}$$

Также, абсолютный показатель преломления можно выразить через отношение синуса угла падения к синусу угла преломления при переходе луча из вакуума в данную среду:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Словосочетание «абсолютный показатель преломления среды» часто заменяют на «показатель преломления среды».

Законы преломления:

1. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина постоянная для двух данных сред.
2. Лучи, падающий и преломленный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным в точке падения луча к плоскости границы раздела двух сред.

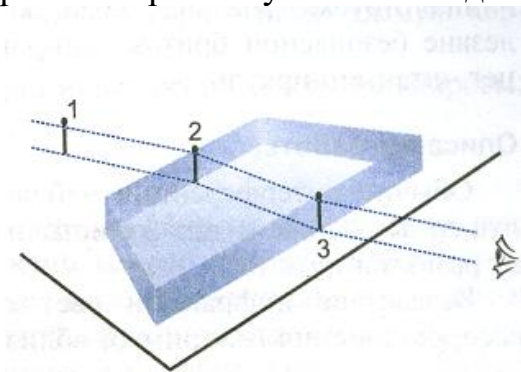
Для преломления выполняется принцип обратимости световых лучей: луч света, распространяющийся по пути преломленного луча, преломившись в точке О на границе раздела сред, распространяется дальше по пути падающего луча. Из закона преломления следует, что если вторая среда оптически более плотная чем первая среда,

После прохождения через стеклянную плоскопараллельную пластинку луч света смещается, однако его направление остается прежним. Анализируя ход луча света, можно с помощью геометрических построений определить показатель преломления стекла.

Ход работы

Задание №1.

1. Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку.
2. Воткните в картон по одну сторону пластинки две булавки – 1 и 2 так, чтобы булавка 2 касалась грани пластинки. Они будут отмечать направление падающего луча.
3. Глядя сквозь пластинку, воткните третью булавку так, чтобы она закрывала первые две. При этом третья булавка тоже должна касаться пластины.

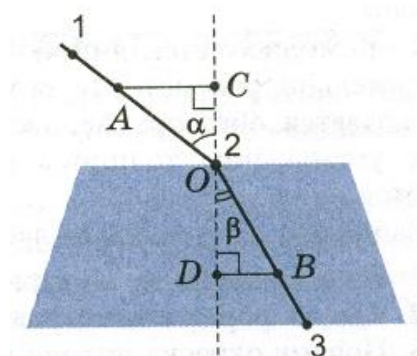


Задание №2.

1. Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.
2. Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также

перпендикуляр к границе пластинки.

3. Отметьте на лучах точки A и B такие, что $OA=OB$. Из точек A и B опустите перпендикуляры AC и BD на перпендикуляр к границе пластинки.



Задание №3. Измерив отрезки AC и BD , вычислите показатель преломления стекла, используя следующие формулы:

$$\sin \alpha = \frac{AC}{OA}, \sin \beta = \frac{DB}{OB}, n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{DB}$$

Задание №4 Повторите опыт еще 2 раза, изменяя каждый раз угол падения. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ опыта	AC, мм	BD, мм	n	Δn

Задание №5. Определить погрешность измерений методом средней арифметической.

$$n_{cp} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

Определите абсолютную погрешность:

$$\Delta n_1 = |n_{cp} - n_1|, \Delta n_2 = |n_{cp} - n_2|, \Delta n_3 = |n_{cp} - n_3|$$

$$\Delta n_{cp} = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3}$$

Определите относительную погрешность:

$$\delta p = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$$

Задание №6 (Дополнительное). Определите, на какой угол отклонится световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения $\alpha = 75^\circ$.

Сделайте вывод по проделанной работе.

Контрольные вопросы:

- 1) Физический смысл абсолютного показателя преломления.
- 2) Что такое явление полного внутреннего отражения?
- 3) Где используется явление полного внутреннего отражения?

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью
Вопросы для опроса

1. Интерференция света.
2. Когерентность световых лучей.
3. Интерференция в тонких пленках.
4. Кольца Ньютона.
5. Использование интерференции в науке и технике.
6. Дифракция света.
7. Дифракция на щели в параллельных лучах.
8. Дифракционная решетка.
9. Поляризация поперечных волн.
10. Поляризация света.
11. Поляроиды.
12. Дисперсия света.
13. Виды излучений.
14. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения.
15. Спектральный анализ.
16. Спектральные классы звезд.
17. Ультрафиолетовое излучение.
18. Инфракрасное излучение.
19. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства.
20. Шкала электромагнитных излучений

Качественные задачи:

1. Узкий пучок белого света после прохождения через стеклянную призму даёт на экране спектр. Запишите цвета спектра в правильной последовательности: синий, фиолетовый, зелёный, голубой.

Ответ: последовательность цветов в спектре: фиолетовый, синий, голубой, зеленый.

2. На рисунке приведены спектры излучения атомарных паров гелия, аргона и неизвестного газа. Какое(-ие) вещество(-а) — гелий или аргон — входит(-ят) в состав неизвестного газа?



Ответ: ни гелия, ни аргона.

3. Вставьте пропущенное слово (словосочетание) в текст. «Образование радуги при прохождении света через мелкие капли воды происходит благодаря _____. При этом электромагнитные волны различной длины волны движутся в воде с разными скоростями и поэтому по-разному преломляются».

Ответ: дисперсия.

4. Установите соответствие между устройствами и видами электромагнитных волн, которые используются в этих устройствах. Для каждого устройства из первого столбца подберите соответствующий вид электромагнитных волн из второго столбца.

УСТРОЙСТВА	ВИДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН
А) лампы в соляриях, способствующие образованию в коже человека витамина D	1) световые
	2) инфракрасные
Б) приборы для исследования атомной кристаллической решётки монокристаллов	3) рентгеновские
	4) ультрафиолетовые

Ответ: А – 4; Б – 3.

Расчётные задачи:

1. В тонком воздушном зазоре между двумя стеклянными пластинами наблюдают интерференционную картину в зелёных лучах длиной волны 550 нм. Определите толщину плёнки, если в ней наблюдают максимумы 4 порядка.

Ответ: 1100 нм.

2. Период дифракционной решетки 3 мкм. Найдите наибольший порядок спектра для желтого света с длиной волны 580 нм.

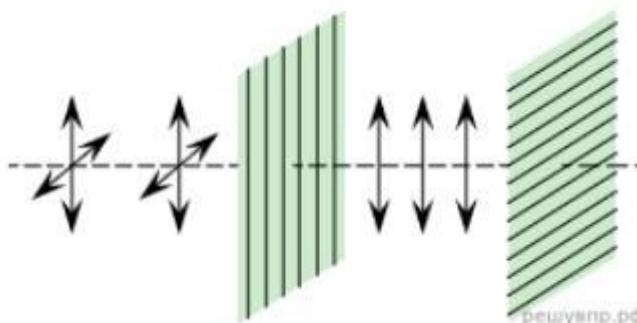
Ответ: 5.3. Тонкая мыльная пленка освещается светом с длиной волны 0,6 мкм.

3. На сколько отличаются разности хода двух отраженных волн для светлой и следующей за ней темной интерференционных полос?

Ответ: 0,3 мкм.

Задачи на методы научного познания:

1. Изучая свойства световой волны, учитель на уроке провёл опыты с кристаллами турмалина (одноосными прозрачными кристаллами зелёной окраски, изготовленными в форме пластины, см. рис.). Он направил перпендикулярно поверхности пластины пучок света от электрической лампы, при этом свет частично ослаб по интенсивности и приобрёл зеленоватую окраску. Далее пучок света был направлен через второй точно такой же кристалл турмалина, параллельный первому. При одинаково направленных осях кристаллов световой пучок несколько более ослаблялся за счёт поглощения во втором кристалле. Но когда учитель начал вращать второй кристалл, оставляя первый неподвижным, то наблюдалось удивительное явление — гашение света. И когда оси кристаллов были перпендикулярны друг другу, свет через вторую пластину не проходил совсем.



С какой целью был проведён данный опыт?

Возможное решение:

Опыт был проведён с целью показать, что световая волна является поперечной волной (показать возможность поляризации световых волн).

2. Вставьте в предложение пропущенные слова, используя информацию из текста. На рисунке показана схема опыта по разложению света в спектр с помощью _____. Согласно опыту, в наибольшей степени преломляются _____. В ответ запишите слова (сочетания слов) по порядку, без дополнительных символов.

Цвет предметов

Вопрос о причине различной окраски тел занимал ум человека уже давно. Большое значение в понимании этого вопроса имели работы Ньютона (начавшиеся около 1666 г.) по разложению белого света в спектр (см. рисунок). Свет от фонаря освещает узкое прямоугольное отверстие S (щель). При помощи линзы L изображение щели получается на экране MN в виде узкого белого прямоугольника S' . Поместив на пути лучей призму P , обнаружим, что изображение щели сместится и превратится в окрашенную полоску, переходы цветов в которой от красного к фиолетовому подобны наблюдаемым в радуге. Это радужное изображение Ньютон назвал спектром.

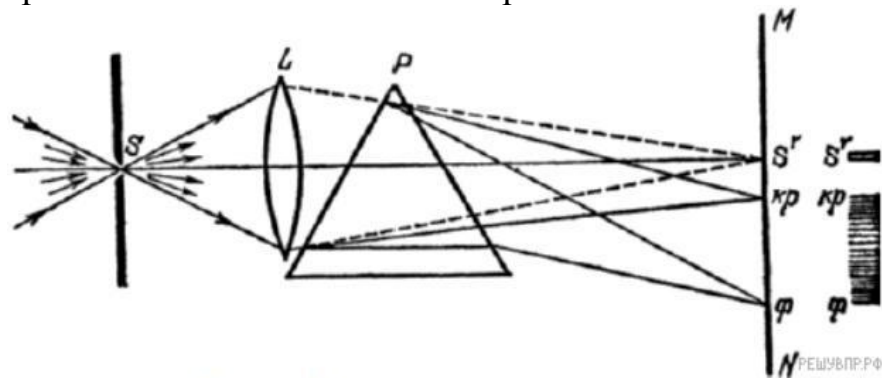


Рисунок. Наблюдение дисперсии света

В таблице приведены в качестве примера значения показателя преломления в зависимости от длины волны для двух сортов стекла и воды.

Длина волны, нм (цвет)	Показатель преломления		
	стекло, тяжёлый флинт	стекло, лёгкий крон	вода
656,3 (красный)	1,6444	1,5145	1,3311
589,3 (жёлтый)	1,6499	1,5170	1,3330
486,1 (голубой)	1,6657	1,5230	1,3371
404,7 (фиолетовый)	1,6852	1,5318	1,3428

Цвет окружающих нас предметов может быть различным благодаря тому, что световые волны разной длины в луче белого цвета рассеиваются, поглощаются и пропускаются предметами поразному. Доля светового потока, участвующая в каждом из этих процессов, определяется с помощью соответствующих коэффициентов: отражения ρ , пропускания τ и поглощения α . Если, например, у какого-либо тела для красного света коэффициент пропускания велик, коэффициент отражения мал, а для зелёного — наоборот, то это тело будет казаться красным в проходящем свете и зелёным в отражённом. Такими свойствами обладает, например, хлорофилл — вещество, содержащееся в листьях

растений и обуславливающее их цвет. Раствор (вытяжка) хлорофилла в спирту оказывается на просвет красным, а на отражение — зелёным.

Для очень белого непрозрачного тела коэффициент отражения близок к единице для всех длин волн, а коэффициенты поглощения и пропускания очень малы. Прозрачное стекло имеет малые коэффициенты отражения и поглощения, а коэффициент пропускания близкий к единице для всех длин волн. Различие в значениях коэффициентов α , τ и ρ и их зависимость от цвета (длины волны) падающего света обуславливают чрезвычайное разнообразие в цветах и оттенках различных тел.

Возможное решение:

На месте первого пропуска должно быть слово «призмы» или словосочетание «стеклянной призмы», на месте второго — словосочетание «фиолетовые лучи». Ответ: стеклянной призмы, фиолетовые лучи.

Занятие 27 (лабораторное)

Лабораторная работа № 12

Определение длины волны световой волны с помощью дифракционной решётки

Цель работы: изучить дифракцию света на дифракционной решётке; определить длину световой волны.

Приборы и принадлежности: полупроводниковый лазер, дифракционная решётка, измерительная рулетка.

Теоретическое введение

Способность к дифракции и интерференции — одна из наиболее характерных особенностей процессов и явлений, имеющих волновую природу, таких, например, как свет. *Дифракцией* называется способность света огибать преграду и проникать в область геометрической тени. *Интерференцией* называется способность двух когерентных волн (с одинаковой частотой и постоянной разностью фаз) усиливать или ослаблять друг друга при их взаимном наложении.

Известно, что любая световая волна представляет собой определённый набор монохроматических световых волн (волн с определённой длиной волны).

В основе многих методов спектрального анализа лежит использование явления дифракции света на дифракционной решетке. Например, её удобно использовать для определения длины волны спектральных линий. Дифракционная решётка представляет собой набор узких одинаковых параллельных щелей, отстоящих друг от друга на равном расстоянии. Такая решётка выполняется в виде плоской прозрачной пластины, на которую нанесён ряд параллельных непрозрачных штрихов. Сумма ширины прозрачного промежутка (щели) и непрозрачного штриха называется периодом (или постоянной) решетки. Постоянная дифракционной решетки d может быть определена через число штрихов, приходящихся на единицу длины, например в миллиметрах:

$$d = 1/N_0 \quad (5.1)$$

где N_0 - количество штрихов на миллиметре.

Чтобы лучше представить принцип действия дифракционной решетки

рассмотрим, что происходит со световым потоком, проходящим через узкую щель, ширина которой сравнима с длиной волны света. Пусть на щель перпендикулярно к ней падает плоская монохроматическая волна с длиной λ . После прохождения щели волновой фронт изменяется - волна, как бы огибает края щели, распространяясь в дальнейшем в виде вторичных волн под различными углами к первоначальному направлению, рис. 5.1.

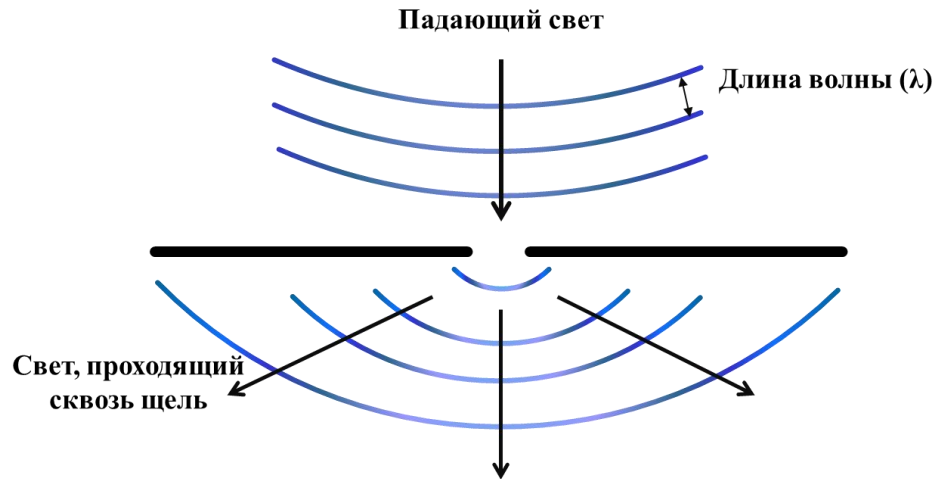


Рис.5.1. Дифракция на щели

Если же на пути световой волны окажется система щелей дифракционной решетки, то будет происходить наложение волновых фронтов от соседних щелей. Пусть d период решетки, равный сумме ширины щели b и ширины непрозрачного промежутка. Волны, выходящие из разных щелей под одинаковым углом, будут интерферировать между собой, причем, в случае, когда разность хода (рис.5.2) между лучами будет кратна целому числу длин волн, волны будут распространяться в фазе, и в этом направлении будет наблюдаться так называемый дифракционный максимум интенсивности излучения. В математическом виде условие максимума можно записать так:

$$d \cdot \sin \varphi = \pm k \cdot \lambda \quad (5.2)$$

где: $k = 0, 1, 2, \dots$ – порядок дифракционного максимума;

λ - длина волны,

d - период дифракционной решетки, φ - угол дифракции.

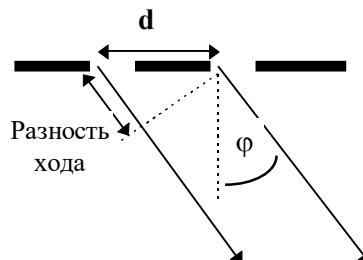


Рис.5.2. Сложение волн от различных щелей решетки

После прохождения монохроматического света через дифракционную решетку будет наблюдаться интерференционная картина состоящая из нескольких максимумов – узких ярких линий, разделенных темными областями (рис. 5.3). В центре находится самый яркий нулевой максимум, по обе стороны от которого располагаются менее интенсивные максимумы первого, второго и т.д. порядка ($\pm k = 1, 2, 3 \dots$).

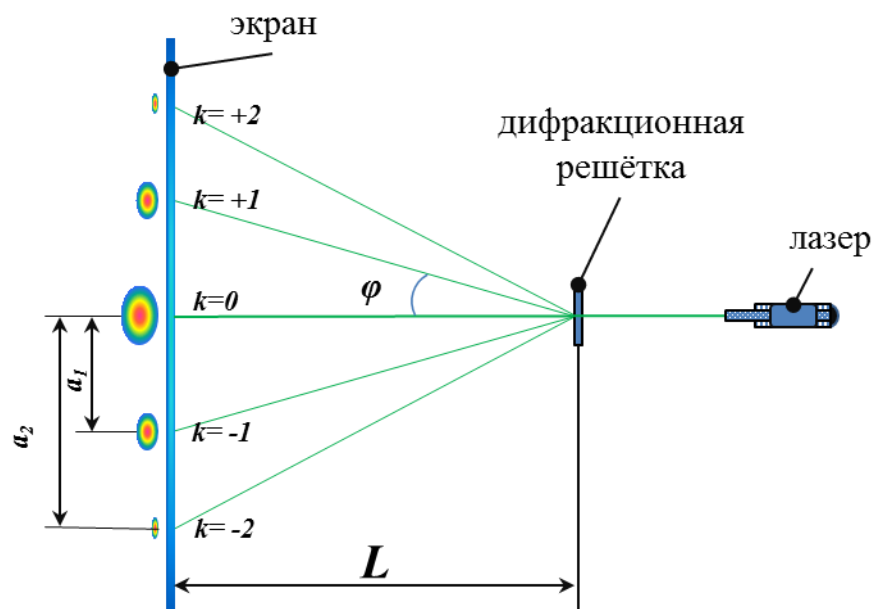


Рис. 5.3. Измерительная схема

Порядок выполнения работы

1. Установить на лабораторном штативе полупроводниковый лазер и дифракционную решётку. **Внимание!** Пункт 1 выполняется преподавателем.
2. Начертите таблицу 4.1 для записи опытных данных и результатов вычислений.
3. В направлении лазерного луча установите бумажный экран на расстоянии (L, м), указанным преподавателем.
4. Включите лазер, уберите в помещении освещение (выключить свет, зашторить окна). Отметьте карандашом на экране положение интерференционных максимумов.
5. Включите свет, измерьте линейкой расстояние от нулевого максимума до максимумов следующих порядков справа и слева от него. Результаты запишите в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Определение длины световой волны

№	расстояние от нулевого максимума		$\bar{a}, \text{ м}$	$\text{tg}\varphi$	$\sin\varphi$	$\lambda_i, \text{ м}$	$\bar{\lambda}, \text{ м}$
	вправо апр., м	влево алев., м					

6. Установите другое расстояние от дифракционной решетки до экрана и повторите пункты 3-5.
7. Произведите расчёт длины волны лазерного излучения λ_i для каждого порядка максимума, используя формулу (5.2) и тригонометрические формулы

$$\text{tg}\varphi = \frac{\bar{a}}{L} \quad (5.3)$$

$$\sin^2\varphi = \frac{\text{tg}^2\varphi}{1+\text{tg}^2\varphi} \quad (5.4)$$

Результаты занесите в таблицу 5.1.

8. Произведите расчёт погрешности измерения $\Delta\lambda$. Сделайте соответствующие вычисления и заполните таблицу 5.2. Коэффициент Стьюдента (t_α) можно найти по таблице в приложении А.

Таблица 5.2

Определение ошибки измерений

№	$\Delta\lambda_i = \bar{\lambda} - \lambda_i $	$\Delta\lambda_i^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta\lambda_i^2}{n(n-1)}}$	t_α	$\Delta\lambda = \sigma \cdot t_\alpha$

9. Найдите относительную ошибку измерений $\delta\lambda$:

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\bar{\lambda}} \times 100$$

8. Результат запишите в виде:

$$\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta\lambda$$

$$\delta\lambda = \dots \%$$

Контрольные вопросы

1. Какой свет называется монохроматическим?
2. Что называется дифракцией и интерференцией?
3. Что представляет собой дифракционная решетка?
4. Что такое период дифракционной решетки?
5. При каком условии наблюдается интерференционный максимум (формула)?

Занятие 28 (практическое)

Волновые свойства света

Контрольная работа № 5

«Колебания и волны. Оптика»

Задача №1. Под каким углом виден первый максимум? Дифракционная решётка содержит 600 штрихов на 1 мм. На решётку падает свет длиной волны 500 нм.

Задача №2. В некоторую точку пространства приходит излучение с оптической разностью хода волн 1,9 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если длина волны 500 нм.

Задача №3. Длина волны желтого света паров натрия в воздухе равна 589 нм. Какова длина волны желтого света паров натрия в стекле с показателем преломления 1,56.

Задача №4. Скипидар применяют для разбавления лаков и красок. Предельный угол полного отражения для луча света при переходе из скипидара в воздух равен 42° . Определите скорость распространения света в скипидаре.

Задача № 5. На строительной площадке, на высоте 30м установлен прожектор. Освещенность равна 10 лк. Определите светотдачу прожектора, если мощность его лампы 200Вт.

Задача №6. При отделке помещения для улучшения освещенности используют два источника света, дающие световые потоки по 300 лм каждый. Они помещены

на высоте 2м и на расстоянии 1м друг от друга над горизонтальной поверхностью. Чему равна освещенность на поверхности на середине расстояния между ними и в точках под источниками света.

Занятие 29 (практическое) **Специальная теория относительности (СТО)**

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Качественные задачи:

1. На земле проводится исследование зависимости частоты электромагнитных колебаний настроечного контура радиоприёмника от его индуктивности. Такое же исследование проводится на борту ракеты, движущейся равномерно от центра Земли со скоростью $0,6c$. Будут ли отличаться результаты исследований? Землю считайте ИСО.

Ответ: результаты исследований будут одинаковыми.

2. Две частицы летят со скоростями, равными скорости света 1) навстречу друг другу; 2) перпендикулярно друг другу. Чему равна скорость второй частицы относительно первой в каждом случае?

Ответ: 1) c ; 2) c .

3. В инерциальной системе отсчёта свет от неподвижного источника распространяется в вакууме со скоростью $c = 300\,000$ км/с. Какова скорость отражённого света в инерциальной системе отсчёта, связанной с зеркалом, которое удаляется от источника со скоростью v ?

Ответ: c .

Расчётные задачи:

1. Масса покоя протона равна $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Протон разгоняется в ускорителе до скорости $0,65c$.

- 1) Чему равна энергия покоя протона?
- 2) Чему равна кинетическая энергия протона?

Ответ:

1) $E_0 = mc^2 = 15,03 \cdot 10^{-11}$ Дж = 936 МэВ

2) $E_k = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 19,7810^{-11}$ Дж = 1232 МэВ

Вопросы для опроса

1. Движение со скоростью света.
2. Постулаты теории относительности и следствия из них.
3. Инвариантность модуля скорости света в вакууме.
4. Энергия покоя.
5. Связь массы и энергии свободной частицы.
6. Элементы релятивистской динамики

Раздел 6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Занятие 30 (практическое) **Квантовая оптика**

Вопросы для опроса

1. Квантовая гипотеза Планка.
2. Тепловое излучение.
3. Корпускулярно-волновой дуализм.
4. Фотоны. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц.
5. Давление света.
6. Химическое действие света.
7. Опыты П.Н. Лебедева и Н.И. Вавилова.
8. Фотоэффект.
9. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
10. Применение фотоэффекта

Качественные задачи:

1. Фотокатод освещают светом. Как изменятся (увеличится, уменьшится, не изменится) при замене в установке жёлтого светофильтра на синий следующие величины:

- а) Сила тока насыщения
- б) Скорость фотонов
- в) Частота фотонов
- г) Энергия фотонов
- д) Кинетическая энергия выбитых электронов
- е) Задерживающее напряжение?

Ответ:

- а) Не изменится
- б) Не изменится
- в) Увеличится
- г) Увеличится
- д) Увеличится
- е) Увеличится

2. Придумайте способ сортировки микрочастиц с помощью давления света.

Ответ: Под действием силы светового давления частицы, имеющие разные массы, будут приобретать разные ускорения.

Расчётные задачи:

1. Определите энергию фотона частотой $2 \cdot 10^{15}$ Гц.

Ответ: $13,2 \cdot 10^{-19}$ Дж

2. Энергия фотона составляет $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Чему равна длина волны этого фотона?

Ответ: $6 \cdot 10^{-7}$ м

3. Определите импульс фотона, длина волны которого равна $4 \cdot 10^{-9}$ м.

Ответ: $1,65 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с

4. Чему равна частота излучения, падающего на фотоэлемент, если задерживающее напряжение составляет 0,5 В. Работа выхода электронов из данного вещества составляет 1,5 эВ.

Ответ: $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц.

Задачи на читательскую грамотность:

1. Фоторезисторы

Фоторезисторами называются полупроводниковые приборы, проводимость

(и, соответственно, электрическое сопротивление) которых меняется под действием света. Причина фотопроводимости - внутренний фотоэффект - увеличение концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Под воздействием светового потока электрическое сопротивление слоя уменьшается в несколько раз. Фотосопротивления обладают высокой чувствительностью, стабильностью, экономичны и надёжны в эксплуатации.

Светочувствительный слой полупроводникового материала в таких сопротивлениях помещён между двумя токопроводящими электродами. При освещении фоторезистора ток в цепи сильно возрастает. Разность токов при наличии и отсутствии освещения называется световой ток или фототок, величина которого зависит от интенсивности освещения, величины приложенного напряжения, а также от вида и размеров полупроводника, используемого в фоторезисторе.

Недостатком фоторезисторов, как и любых полупроводниковых приборов, является существенная зависимость параметров от температуры. Сегодня фоторезисторы широко применяются во многих отраслях науки и техники. Датчики задымлённости различных объектов, автоматические выключатели уличного освещения и турникеты в метрополитене - примеры применения фоторезисторов.

Ответьте на вопросы:

- 1) На каком явлении основан принцип действия полупроводниковых фоторезисторов? Ответ поясните.
- 2) Целесообразно ли применять фоторезисторы для
- 3) автоматических датчиков в доменных печах?

Ответ:

- 1) Внутренний фотоэффект - увеличение концентрации электронов и дырок при освещении.
- 2) Нет, т.к. их сопротивление существенно зависит от температуры

Занятие 31 (практическое) **Физика атома и атомного ядра**

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

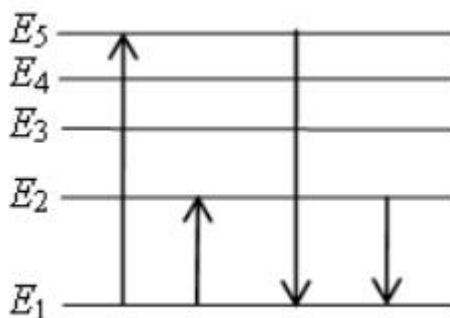
Вопросы для опроса

1. Развитие взглядов на строение вещества.
2. Модели строения атомного ядра.
3. Ядерная модель атома.
4. Опыты Э.Резерфорда.
5. Модель атома водорода по Н.Бору.
6. Квантовые постулаты Бора.
7. Лазеры.
8. Радиоактивность.
9. Закон радиоактивного распада.
10. Радиоактивные превращения.
11. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц.
12. Строение атомного ядра.

13. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер.
14. Ядерные реакции.
15. Ядерная энергетика.
16. Энергетический выход ядерных реакций.
17. Искусственная радиоактивность.
18. Деление тяжелых ядер. Цепная ядерная реакция.
19. Управляемая цепная реакция.
20. Ядерный реактор.
21. Термоядерный синтез.
22. Энергия звезд.
23. Получение радиоактивных изотопов и их применение.
24. Биологическое действие радиоактивных излучений.
25. Элементарные частицы.

Качественные задачи:

1. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней некоторого атома.



Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается

- 1) Излучением фотона наибольшей частоты
- 2) Поглощением фотона с наибольшей длиной волны?

Ответ: 1) $E_5 - E_1$; 2) $E_1 - E_2$

2. Ядро атома захватило электрон. Как изменятся (увеличится, уменьшится, не изменится) при этом число протонов и число нейтронов в ядре?

Ответ: число протонов уменьшится, число нейтронов увеличится.

Расчётные задачи:

1. В таблице приведены значения энергий атома водорода в различных стационарных состояниях.

№ уровня	Е, эВ
1	-13,6
2	-3,4
3	-1,5
4	-0,85

Рассчитайте энергию фотона, при поглощении которого атом водорода совершит переход с 1-го уровня на 3-й.

Ответ: $E = 12,1$ эВ

2. Ядро ${}^{238}_{92}\text{U}$ претерпевает α -распад и два электронных β -распада. Определите дочернее ядро, получившееся в результате.

Ответ: ${}^{234}_{92}\text{U}$

3. При бомбардировке некоторого ядра X α -частицами образуются кислород ${}^{16}_8\text{O}$ и нейтрон. Определите ядро X .

Ответ: ${}^{13}_6\text{C}$

4. Период полураспада β -радиоактивного изотопа равен 12,4 ч. Какая доля от начального большого числа ядер этого изотопа, останется через 24,8 ч?

Ответ: 0,25

5. Определите состав ядра изотопа висмута ${}^{203}_{83}\text{Bi}$.

Ответ: 83 протона, 120 нейтронов

6. Масса ядра изотопа ртути ${}^{201}_{80}\text{Hg}$ составляет 175,98735 а.е.м. Определите:

- 1) Дефект масс
- 2) Энергию связи ядра

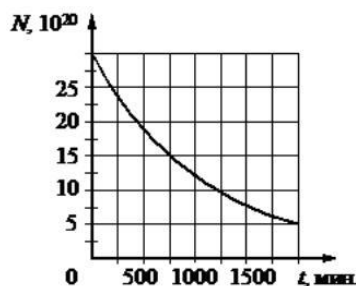
Ответ: 1) 11,779 МэВ; 2) 1370 МэВ

7. Ядро изотопа бериллия ${}^{48}\text{Be}$ образуется в недрах звёзд. Но оно является очень неустойчивым, практически сразу же распадается на 2 α -частицы. Рассчитайте энергетический выход данной реакции. Энергия связи изотопа ${}^{48}\text{Be}$ равна 56,5 МэВ, энергия связи α -частицы равна 28,296 МэВ.

Ответ: 0,092 МэВ.

Графические задачи:

1. На рисунке представлен график зависимости количества ядер некоторого радиоактивного изотопа от времени.



- 1) Определите период полураспада данного изотопа.
- 2) Через какой промежуток времени останется 12,5% ядер от начального числа ядер этого изотопа?

Ответ: 1) 750 мин; 2) 2250 мин

Занятие 32 (практическое)

Контрольная работа № 6

«Квантовая физика»

Задача №1. Найти величину запирающего напряжения для фотоэлектронов при освещении металла светом с длиной волны 350 нм. Красная граница фотоэффекта для металла $6,2 \cdot 10^5$ см.

Задача №2. Рассчитайте, за какое время количество атомов йода-131 уменьшится

в 2000 раз. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен 8 сут.

Задача №3. Рассчитайте энергию связи и удельную энергию связи, дефект массы ядра углерода $^{12}_6\text{C}$.

Задача №4. Датчики движения используют для управления светом в подъезде, на входе в дом и в других местах. Кадмиевые фотоэлементы лежат в основе их устройства. Будет ли работать фотоэлемент, то есть, возникнет ли фотоэффект в кадмии под действием облучения, имеющего длину волны 450 нм?

Задача №5. Лазерный нивелир используется строителями для соблюдения правильной геометрии стен, потолков, откосов, отделочниками для ровной укладки стеновых покрытий, выравнивания пола и стен, переноса на стены и потолки элементов дизайна с дизайн-проекта. Более распространены нивелиры с лазером красного цвета (650 нм). Определить мощность излучения лазерного нивелира, если за 1 с излучается $9 \cdot 10^{24}$ фотонов.

Задача №6. При проведении строительных и отделочных работ используют лазерные уровни и лазерные рулетки. Мощность излучения лазерной рулетки с длиной волны $\lambda = 600$ нм равна $P = 2$ мВт. Определите число фотонов, излучаемых рулеткой за 1 с.

Раздел 7 СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Занятие 33 (практическое) Строение Солнечной системы

Решение задач с профессионально-ориентированной направленностью

Вопросы для опроса

1. Какие планеты Солнечной системы могут находиться в противостоянии с Землей?
2. В какой точке эллиптической орбиты кинетическая энергия искусственного спутника Земли максимальна?
3. В какое время суток можно наблюдать планету Венера, и на какой стороне горизонта?
4. Как называется наиболее удаленная от Солнца точка орбиты Юпитера?
5. Звездный период обращения Юпитера 12 лет. Через какое время повторяются противостояния Юпитера и Земли?
6. Какие планеты Солнечной системы могут находиться в противостоянии с Землей?
7. В какой точке эллиптической орбиты кинетическая энергия искусственного спутника Земли максимальна?
8. В какое время суток можно наблюдать планету Венера, и на какой стороне горизонта?
9. Как называется наиболее удаленная от Солнца точка орбиты Юпитера?
10. Звездный период обращения Юпитера 12 лет. Через какое время повторяются противостояния Юпитера и Земли?

Качественные задачи:

1. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника , км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность ,г/см ³	Вторая космическая скорость, м/с	Планет а
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	~12	9,38	2,20	11	Марс
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Масса Луны больше массы Ио.
- 2) Ускорение свободного падения на Тритоне примерно равно $0,79 \text{ м/с}^2$.
- 3) Сила притяжения Ио к Юпитеру больше, чем сила притяжения Европы.
- 4) Первая космическая скорость для Фобоса составляет примерно $0,08 \text{ км/с}$.
- 5) Период обращения Каллисто меньше периода обращения Европы вокруг Юпитера.

Ответ : 23

2. На рисунке приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений два верных, и укажите их номера.



- 1) Планетой 2 является Венера.
- 2) Планета 5 относится к планетам земной группы.
- 3) Планета 3 имеет 1 спутник.
- 4) Планета 5 не имеет спутников.
- 5) Атмосфера планеты 1 состоит, в основном, из углекислого газа.

Ответ : 1,3

3. Даны элементы орбит некоторых астероидов.

Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет	Наклонение орбиты,
Дамокл	12	0,87	62
1992 QB1	44	0,066	2,2

Харикло	16	0,17	23
Гектор	5,2	0,022	18
Кибела	3.4	0,11	3,6
Астрея	2,6	0,19	5,4
Касталия	1,1	0,48	8,9

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам.

- 1) Астероид Харикло движется между орбитами Сатурна и Урана.
- 2) Кибела, Касталия и Астрея — все астероиды главного пояса.
- 3) Дамокл выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 4) В перигелии своей орбиты Гектор более чем в два раза ближе к Солнцу, чем в афелии.
- 5) Период обращения 1992 QB1 вокруг Солнца более 300 лет.

Ответ: 1, 3.

Расчётные задачи:

1. На поверхности какой планеты земной группы вес космонавтов будет наименьшим?

Ответ: вес будет наименьший на Марсе — в 2,6 раза меньше, чем на Земле

Занятие 34 (лабораторное)

Лабораторная работа 13.

Звезды и звездные системы

Цель: Познакомиться с типами звезд, звездными системами; с особенностями эволюции и этапами формирования галактик и звезд.

Материалы и оборудование: учебник, звездные карты, справочный материал

Ход работы:

Задание 1. Используя текст учебника, заполните таблицу «Сравнительная характеристика видов звезд».

Вид звезды	Определение	Масса (в массах Солнца)	Диапазон температур, К
Желтый карлик			
Красный гигант			
Белые карлики			
Красный карлик			
Черный карлик			
Сверхновая			
Нейтронная звезда			
Черная дыра			

Задание 2. Перепишите тест, заполняя пропуски. Пропущенные слова подчеркните.

Звездные системы могут состоять из _____, _____ или более звезд. Самым распространенным типом (50% наблюдаемых звезд) являются звездные системы, когда _____.

Около 20% - _____ системы, состоящие из трех и более звезд. Бывают случаи, когда более десятка звезд образуют систему, называемую _____.

Двойная система, состоящая из белого карлика и звезды-компаньона представляет собой _____. В таких системах _____ со звезды постепенно

перетекает на _____ и периодически там взрывается, увеличивая _____. Особый интерес вызывают двойные системы, компонентами которых являются _____ или _____. Можно предположить, что черные дыры притягивают вещество _____ благодаря чудовищному _____. Особый вид звезды переменной светимостью называются _____. Это - желтые яркие гиганты или сверхгиганты спектральных классов F и G, блеск которых изменяется с периодом от _____ до _____ сут. Причиной изменения блеска цфеид является _____. Наибольшая светимость достигается при _____ диаметре.

Задание 3. Ответьте на вопросы:

- 1) Почему Солнце не может вспыхнуть, как сверхновая звезда?
- 2) Что такое горизонт событий?
- 3) К какому типу принадлежит ближайшая к Земле звездная система?

Задание 4. Перепишите текст, заполняя пропуски. Пропущенные слова подчеркните.

Согласно теории _____ вначале наша Вселенная имела _____ структуру. Незначительные колебания _____ подтолкнули некоторые частицы перемещаться под действием силы тяжести, в результате притяжения они объединились в _____.

Задание 5. Заполните таблицу

Вид галактики	Условия формирования
Эллиптическая галактика	
Спиральная галактика	

Изобразите графически механизм образования спиральных галактик.

Задание 6. Что происходит с более мелкими галактика в результате притяжения их более крупными галактиками?

Задание 7. Начертите схему «Этапы эволюции звезд»



Задание 8. Рассмотрите иллюстрацию и опишите этапы формирования звезд.

Контрольные вопросы

1. Как называется стадия развития Вселенной, при которой стали образовываться первые частицы и античастицы?
2. Почему так распространен в настоящее время элемент железо?
3. Через сколько лет после Большого Взрыва начали образовываться первые звёзды и галактики?
4. Через сколько лет после Большого Взрыва стали образовываться тяжёлые элементы? Каким способом это стало происходить?
5. Как образуются и распространяются во Вселенной биологически важные для жизни элементы, такие как кислород и углерод?
6. Как и когда возникли галактики?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПИСЬМЕННОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

4.1 Указания по оформлению самостоятельной письменной работы и выбора варианта

Самостоятельная письменная работа по дисциплине «Физика» выполняется в сроки, предусмотренные учебным планом для заочной формы обучения. Самостоятельная письменная работа включает решение трёх задач, которые определяются по таблице. Номера вариантов студенты устанавливают по двум последним цифрам личного дела (шифра). В таблице по горизонтали «Б» размещены цифры от 0 до 9, каждая из которых - последняя цифра в шифре. По вертикали «А» также размещены цифры от 0 до 9, каждая из которых - предпоследняя цифра в шифре, например: шифр ИСП-ПЗ-015-027. Пересечение второй строки и седьмого столбца определяет номер варианта – 28, 59, 109.

При оформлении письменной работы на титульном листе указывается фамилия, инициалы студента, курс, направление, номер (шифр) личного дела и наименование дисциплины «Физика». Также на титульном листе указывается номер варианта.

При ответе, сначала приводится номер и формулировка задачи, затем приводится текст ответа.

В ответе на вопросы нужно проявить умение обобщать изученный материал. Ответы должны быть полными по существу и краткими по форме. Не допускается дословное переписывание материала из учебника и другой литературы. При решении задач целесообразно воспользоваться справочным материалом, расположенным сразу заданий контрольной работы.

Содержание работы оформляется разборчивым почерком, страница нумеруется внизу по центру, на каждой странице оставляются поля для замечаний рецензента. В конце работы приводится список используемой литературы, дата и подпись автора и оставляется место для рецензии.

При положительной рецензии обучающийся допускается к собеседованию, в ходе которого проверяются знания по излагаемым ответам. В случае отрицательной рецензии работа возвращается студенту для доработки. При повторном представлении работы на проверку прилагается и первоначальный вариант с рецензией.

Собеседование по письменной работе проводится в первые дни экзаменационной сессии в свободное или предусмотренное расписанием время.

При подготовке ответов на вопросы самостоятельной письменной работы следует пользоваться рекомендованным списком литературы.

Таблица для определения варианта письменной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Предпоследняя	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
3	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
4	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
5	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
6	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	113	114	115	116	117	118	119	120	121	114
7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
8	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
9	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141

Задания контрольной работы

1. Точка движется по окружности радиусом $R=4$ м. Закон ее движения выражается уравнением $S = A + Bt^2$, где $A=8$ м; $B= -2$ м/с². Найти момент времени t , когда нормальное ускорение точки $an=9$ м/с², скорость v , тангенциальное $a\tau$ и полное a ускорения точки в этот момент времени.

2. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1=A_1t+B_1t_2+C_1t_3$ и $x_2=A_2t+B_2t_2+C_2t_3$, где $A_1=4$ м/с; $B_1=8$ м/с²; $C_1=-16$ м/с³; $A_2=2$ м/с; $B_2=-4$ м/с²; $C_2=1$ м/с³. В какой момент времени t ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости v_1 и v_2 точек в этот момент.

3. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями $x_1=A_1t+B_1t+C_1t_2$ и $x_2=A_2+B_2t+C_2t_2$, где $A_1=20$ м; $B_1=2$ м/с; $C_1=-4$ м/с²; $A_2=2$ м; $B_2=2$ м/с; $C_2=0,5$ м/с². В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?

4. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид $x = At + Bt^3$, где $A=3$ м/с; $B=0,06$ м/с³. Найти скорость v и ускорение точки в момент времени $t_1=0$ и $t_2=3$ с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 3 с движения?

5. Точка движется по прямой согласно уравнению $x=At + Bt^3$, где $A=6$ м/с; $B=0,125$ м/с³. Определить среднюю скорость $\left(\frac{\Delta S}{\Delta t}\right)$ точки в интервале времени от

$t_1=2$ с до $t_2=6$ с.

6. Колесо турбины радиусом 1 м из состояния покоя приводят во вращение, при этом за одну минуту при равноускоренном движении оно достигло угловой скорости 24 рад/с. Определить угловое ускорение; число оборотов, которое сделает колесо за это время; линейную скорость точек обода колеса при этой угловой скорости.

7. Материальная точка движется в плоскости XY согласно уравнениям $x = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$ и $y = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$, где $B_1 = 7$ м/с; $C_1 = -2$ м/с²; $B_2 = -1$ м/с; $C_2 = 0,2$ м/с². Найти модули скорости и ускорения точки в момент времени 5 с.

8. Точка движения по окружности радиусом 30 см с постоянным угловым ускорением. Определить тангенциальное ускорение точки, если известно, что за время 4 с она совершила три оборота и в конце третьего оборота её нормальное ускорение 2,7 м/с².

9. Маховик радиусом 2 м приводится в движение. Точка, находящаяся на ободу, имеет уравнение движения $S = 0,2t^2$ м. Через некоторое время точки на ободу имеют линейную скорость 5 м/с. Для этого момента времени определить нормальное и тангенциальное ускорения точки обода; угловую скорость и ускорение обода, сколько оборотов сделает обод с начала движения и через сколько секунд это произойдёт?

10. Колесо радиусом 10 см вращается с постоянным угловым ускорением. К концу пятого оборота после начала движения линейная скорость точек обода равна 0,1 м/с. Определить угловое ускорение колеса; тангенциальное ускорение точек обода; нормальное и полное ускорение для точек обода через 20 с после начала движения.

11. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки $x=5$ см, скорость $v = 20$ см/с и ускорение $a = -80$ см/с². Найти циклическую частоту и период колебаний; фазу колебаний в рассматриваемый момент времени и амплитуду колебаний.

12. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид $x = A \sin \omega t$, где $A=5$ см; $\omega = 2$ с⁻¹. Найти момент времени (ближайший к началу отсчета), в который потенциальная энергия точки $\Pi=10^{-4}$ Дж, а возвращающая сила $F=+5 \cdot 10^{-3}$ Н. Определить также фазу колебаний в этот момент времени.

13. При сложении двух одинаково направленных гармонических колебаний одинаковой частоты получается колебание с амплитудой 9 см. Одно из складываемых колебаний описывается уравнением $x_1 = 5 \sin 40t$ см, другое имеет амплитуду 7 см. Определить уравнение смещения другого складываемого колебания.

14. Амплитуда колебаний маятника длиной 1 м за время 10 мин уменьшилась в два раза. Определить логарифмический декремент колебаний.

15. Тело, совершая затухающие колебания, за одну минуту потеряло 40% своей энергии. Определить коэффициент затухания.

16. Скорость звука в воде 1450 м/с. Источник колебаний, находящийся в воде, имеет частоту 200 Гц. Определить длину звуковой волны в воде; расстояние между ближайшими точками, совершающими колебания в противоположных фазах; разность фаз двух точек, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга.

17. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью 50 м/с . Частота колебаний 2 Гц , расстояние между точками 50 см . Найти разность фаз колебаний в этих точках.

18. Налетев на пружинный буфер, вагон массой 16 т , двигавшийся со скоростью $0,6 \text{ м/с}$, остановился, сжав пружину на 8 см . Найти общую жёсткость пружин буфера.

19. Снаряд, летевший со скоростью 400 м/с , разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 40% от массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью 150 м/с . Определить скорость большего осколка.

20. Шар массой $m_1=200 \text{ г}$, движущийся со скоростью $v_1 = 10 \text{ м/с}$, ударяет неподвижный шар массой $m_2=800 \text{ г}$. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Определить скорости шаров после удара.

21. Снаряд массой $m=10 \text{ кг}$ обладал скоростью $v = 300 \text{ м/с}$ в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой $m_1=2 \text{ кг}$ получила скорость $v_1 = 500 \text{ м/с}$. С какой скоростью и в каком направлении полетит большая часть, если меньшая полетела вперед под углом $\alpha = 60^\circ$ к плоскости горизонта?

22. С каким ускорением тело будет скользить по наклонной плоскости с углом наклона 60° , если при наклоне 30° оно движется равномерно.

23. Шарик массой $m=100 \text{ г}$ свободно падает с высоты $h_1=1 \text{ м}$ на стальную плиту и подпрыгивает на высоту $h_2=0,5 \text{ м}$. Определить импульс p (по величине и направлению), сообщенный плитой шарiku.

24. Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает камень массой $2,5 \text{ кг}$ под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с . Какова будет начальная скорость движения конькобежца, если его масса 60 кг ? Перемещением конькобежца во время броска пренебречь.

25. По горизонтальной плоскости катится диск со скоростью 8 м/с . Определить коэффициент сопротивления, если диск, будучи представленным самому себе, остановился, пройдя путь 18 м .

26. Из пружинного пистолета выстрелили пулькой, масса которой $m=5 \text{ г}$. Жесткость пружины $k=1,25 \text{ кН/м}$. Пружина была сжата на $\Delta l=8 \text{ см}$. Определить скорость пульки при вылете ее из пистолета.

27. Боек свайного молота массой $m_1=0,6 \text{ т}$ падает с некоторой высоты на сваю массой $m_2= 150 \text{ кг}$. Найти К.П.Д. бойка, считая удар неупругим. Полезной считать энергию, пошедшую на углубление сваи.

28. Шар массой $m_1=5 \text{ кг}$ движется со скоростью $v_1 = 2 \text{ м/с}$ и сталкивается с покоящимся шаром массой $m_2=3 \text{ кг}$. Вычислить работу A , совершенную при деформации шаров при прямом центральном ударе. Шары считать неупругими.

29. Деревянный шар массой $M=10 \text{ кг}$ подвешен на нити длиной $l = 2 \text{ м}$. В шар попадает горизонтально летящая пуля массой $m=5 \text{ г}$ и застревает в нем. Определить скорость v пули, если нить с шаром отклонилась от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$. Размером шара пренебречь. Удар пули считать центральным.

30. Вагон массой $m=40 \text{ т}$ движется на упор со скоростью $v=0,1 \text{ м/с}$. При полном торможении вагона буферные пружины сжимаются на $\Delta l=10 \text{ см}$. Определить максимальную силу $F_{\text{макс}}$ сжатия буферных пружин и продолжительность Δt

торможения.

31. Атом распадается на две части массами $m_1=1,6 \cdot 10^{-25}$ кг и $m_2=2,3 \cdot 10^{-25}$ кг. Определить кинетические энергии T_1 и T_2 частей атома, если их общая кинетическая энергия $T=2,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. Кинетической энергией и импульсом атома до распада пренебречь.

32. Тело массой $m=0,2$ кг соскальзывает без трения с горки высотой $h=2$ м. Найти изменение импульса Δp тела.

33. Линейная скорость центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости, равна 5,29 м/с. Чему равна высота наклонной плоскости?

34. Карандаш, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения: 1) середина карандаша; 2) верхний его конец? Длина карандаша 15 см.

35. Цилиндр, расположенный горизонтально, может вращаться около оси, совпадающей с осью цилиндра. Масса цилиндра $m_1=12$ кг. На цилиндр намотали шнур, к которому привязали гирию массой $m_2=1$ кг. С каким ускорением будет опускаться гирия? Какова сила натяжения шнура во время движения гири?

36. Блок, имеющий форму диска массой 0,4 кг, вращается под действием силы натяжения нити, к концу которой подвешены грузы массами 0,3 и 0,7 кг. Определить силы натяжения T_1 и T_2 нити по обе стороны блока.

37. На краю платформы в виде диска, вращающегося по инерции вокруг вертикальной оси с частотой 8 мин^{-1} , стоит человек массой 70 кг. Когда человек перешёл в центр платформы, она стала вращаться с частотой 10 мин^{-1} . Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

38. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой $h=90$ см. Какую линейную скорость будет иметь центр шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости?

39. Мальчик катит диск по горизонтальной дороге со скоростью 7,2 км/ час. На какое расстояние может вкатиться диск на горку за счет его кинетической энергии? Уклон равен 1 м на каждые 25 м пути?

40. На обод маховика диаметром 60 см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Определить момент инерции маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время 3 с, приобрёл угловую скорость 9 рад/с .

41. Считая водород идеальным газом, вычислить его давление на стенки сосуда при концентрации 10^{19} см^{-3} и средней квадратичной скорости теплового движения 700 м/с.

42. В сосуде объемом 1 л находится азот при температуре 7°C и давлении 200 кПа. Определить число столкновений молекул азота в сосуде за 1 с.

43. 0,4 кг двухатомного газа находятся под давлением 2 атм и имеют плотность 4 кг/м^3 . Найти энергию поступательного и вращательного движения молекул газа при этих условиях.

44. Баллон емкостью 50 л заполнен кислородом. Его температура 20°C . Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне упало на 2 атм. Определить массу израсходованного кислорода. Температура газа не меняется.

45. Один баллон емкостью 10 л содержит кислород под давлением 1,5 МПа.

При соединении баллонов образовалась однородная смесь при постоянной температуре. Найти парциальные давления обоих газов в смеси и полное давление смеси.

46. В сосуде при температуре 20°C и давлении $0,2\text{ МПа}$ содержится смесь газов: кислород массой 16 г и азот массой 21 г . Определить плотность смеси.

47. Плотность некоторого газа равна $0,06\text{ кг/м}^3$, средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с . Найти давление, которое оказывает газ на стенки сосуда.

48. Плотность газа ρ при давлении $p=720\text{ мм рт. ст.}$ и температуре $t=0^{\circ}\text{C}$ равна $1,35\text{ г/л}$. Найти массу киломоля μ газа.

49. Каково будет давление газа, в объеме $V=1\text{ см}^3$ которого содержится $N=10^9$ молекул при температуре $T_1=3\text{ К}$ и $T_2=1000\text{ К}$?

50. Газ, являясь рабочим веществом в цикле Карно, получил от теплоотдатчика теплоту $4,38\text{ кДж}$ и совершил работу $2,4\text{ кДж}$. Определить температуру теплоотдатчика, если температура теплоприёмника 273 К .

51. В баллоне емкостью $V=15\text{ л}$ находится смесь, содержащая $m_1=10\text{ г}$ водорода, $m_2=54\text{ г}$ водяного пара и $m_3=60\text{ г}$ окиси углерода. Температура смеси $t=270\text{ C}$. Определить давление.

52. Найти полную кинетическую энергию, а также кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы аммиака NH_3 при температуре $t=27^{\circ}\text{C}$.

53. Вычислить удельные теплоёмкости газа, зная, что его молярная масса $4\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$ и отношение теплоёмкостей $c_p/c_v = 1,67$.

54. Определить количество теплоты, которое надо сообщить кислороду объёмом 50 л при его изохорном нагревании, чтобы давление газа повысилось на $0,5\text{ МПа}$.

55. При изобарическом расширении двухатомного газа была совершена работа в 157 Дж . Какое количество тепла было сообщено газу?

56. Азот занимающий объем 10 л под давлением 1 атм , был изотермически сжат до давления 5 атм . Определить количество выделившейся теплоты.

57. Совершая цикл Карно, газ получил от нагревателя 1000 Дж теплоты и совершил работу 200 Дж . Температура нагревателя 100°C . Определить температуру охладителя.

58. Объем газа при адиабатическом сжатии уменьшился в 10 раз, а давление увеличилось в $21,4$ раза. Определить отношение удельных теплоемкостей газа?

59. Газовая смесь состоит из азота массой 3 кг и водяного пара массой 1 кг . Принимая эти газы за идеальные, определить удельные теплоемкости c_p и c_v газовой смеси.

60. Азот, имевший температуру 27°C , был адиабатически сжат так, что его объем уменьшился в 10 раз. Определить конечную температуру и изменение давления.

61. Молекула газа состоит из двух атомов; разность удельных теплоемкостей газа при постоянном давлении и постоянном объеме равна $260\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$. Найти молярную массу газа и его удельные теплоемкости c_v и c_p .

62. Водород находится под давлением 20 мкПа и имеет температуру 300 К . Определить среднюю длину свободного пробега молекулы такого газа.

63. Водород занимает объем $V_1=10\text{ м}^3$ при давлении $p_1=0,1\text{ Па}$. Газ нагрели

при постоянном объеме до давления $p_2 = 0,3 \text{ МПа}$. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, работу A , совершенную газом, и теплоту Q , сообщенную газу

64. Кислород при неизменном давлении $p = 80 \text{ кПа}$ нагревается. Его объем увеличивается от $V_1 = 1 \text{ м}^3$ до $V_2 = 3 \text{ м}^3$. Определить изменение ΔU внутренней энергии кислорода, работу A , совершенную им при расширении, а также теплоту Q , сообщенную газу.

65. При изотермическом расширении азота при температуре 280 К объём его увеличился в два раза. Определить: 1) совершенную при расширении газа работу; 2) изменение внутренней энергии; 3) количество теплоты, полученное газом. Масса азота $0,2 \text{ кг}$.

66. Какую энергию надо затратить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром $d = 12 \text{ см}$? Каково будет добавочное давление внутри этого пузыря?

67. Трубка имеет диаметр $d = 0,2 \text{ см}$. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая вид шарика. Найти диаметр этой капли.

68. В сосуд с ртутью частично погружены две вертикально расположенные и параллельные друг другу стеклянные пластинки. Расстояние между пластинками $d = 1 \text{ мм}$. Определить разность Δh уровней ртути в сосуде и между пластинками. Краевой угол принять равным 138° .

69. Два шарика массой $m = 1 \text{ г}$ каждый подвешены на нитях, верхние концы которых соединены вместе. Длина каждой нити $l = 10 \text{ см}$. Какие одинаковые заряды надо сообщить шарикам, чтобы нити разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$?

70. Расстояние d между зарядами $q_1 = 100 \text{ нКл}$ и $q_2 = -50 \text{ нКл}$ равно 10 см . Определить силу F , действующую на заряд $q_3 = 1 \text{ мкКл}$, отстоящий на $r_1 = 12 \text{ см}$ от заряда q_1 и на $r_2 = 10 \text{ см}$ от заряда q_2 .

71. Три одинаковых заряда в 1 нКл расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр треугольника, чтобы система была в равновесии.

72. Три точечных заряда $q_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$, $q_2 = 10^{-8} \text{ Кл}$ и $q_3 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ расположены по одной прямой. Расстояние между ними 6 см . Найти точку на прямой, в которой напряженность электрического поля равна нулю.

73. Найти силу, действующую на заряд $6,6 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$, если он находится на расстоянии 2 м от поверхности заряженного шара радиус которого 2 см и поверхностная плотность заряда $2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/см}^2$.

74. Электрон, обладающий кинетической энергией 10 эВ , влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов 8 В ?

75. Заряд равномерно распределен по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью $\sigma = 10 \text{ нКл/м}^2$. Определить разность потенциалов двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от нее на расстояние $a = 10 \text{ см}$.

76. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ влетел в однородное электрическое поле напряженностью $E = 150 \text{ В/м}$. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу, действующую на электрон; 2) ускорение, приобретаемое электроном; 3) скорость

электрона через $t=0,1$ мкс.

77. К батарее с э.д.с. $\mathcal{E}=300$ В подключены два плоских конденсатора емкостью $C_1=2$ пФ и $C_2=3$ пФ. Определить заряд q и напряжение U на пластинах конденсаторов в двух случаях: 1) при последовательном соединении; 2) при параллельном соединении.

78. Конденсатор емкостью $C_1=600$ пФ зарядили до разности потенциалов $U=1,5$ кВ и отключили от источника напряжения. Затем к конденсатору присоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор емкостью $C_2=400$ пФ. Сколько энергии, запасенной в первом конденсаторе, было израсходовано на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

79. Найти отношение скоростей ионов Cu^{2+} и K^+ , прошедших одинаковую разность потенциалов.

80. Сопротивление $r_1=5$ Ом, вольтметр и источник тока соединены параллельно. Вольтметр показывает напряжение $U_1=10$ В. Если заменить сопротивление на $r_2=12$ Ом, то вольтметр покажет напряжение $U_2=12$ В. Определить э.д.с. и внутреннее сопротивление источника тока. Током через вольтметр пренебречь.

81. Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением $r=3$ Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от $U_1=2$ В до $U_2=4$ В в течение времени $t=20$ с.

82. Пылинка массой 5 нг, несущая на себе 10 электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов 1 МВ. Какова кинетическая энергия пылинки? Какую скорость приобрела пылинка?

83. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков: стекла ($\epsilon=7$) толщиной 1 см и парафином ($\epsilon=2$) толщиной 2 см. Разность потенциалов между обкладками 300 В. Определить напряженность поля, падение потенциала в каждом слое и емкость конденсатора, если площадь пластины 100 см².

84. Две электрические лампочки с сопротивлениями $R_1=350$ Ом и $R_2=240$ Ом включены в сеть параллельно. Какая из лампочек потребляет большую мощность? Во сколько раз?

85. Три батареи с ЭДС $\mathcal{E}_1=10$ В, $\mathcal{E}_2=\mathcal{E}_3=6$ В и внутренними сопротивлениями $r_1=2$ Ом, $r_2=r_3=10$ Ом соединены между собой одинаковыми полюсами. Найти силу токов идущих через батареи.

86. Определить общую мощность, полезную мощность и КПД батареи, ЭДС которой 240 В, если внешнее сопротивление 23 Ом и сопротивление батареи 1 Ом.

87. При внешнем сопротивлении $R_1=3$ Ом ток в цепи $I_1=0,3$ А при $R_1=5$ Ом, $I_2=0,2$ А. Определить ток короткого замыкания.

88. По двум длинным параллельным проводам текут в одинаковом направлении токи $I_1=10$ А и $I_2=15$ А. Расстояние между проводами $a=10$ см. Определить напряженность H магнитного поля в точке, удаленной от первого провода на $r_1=8$ см и от второго $r_2=6$ см.

89. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной $a=10$ см, идет ток $I=20$ А. Определить магнитную индукцию в центре шестиугольника.

90. На какой угол надо повернуть рамку в магнитном поле, чтобы поток через нее уменьшился вдвое? Первоначально поле было перпендикулярно плоскости рамки.

91. По двум параллельным прямым проводам длиной 2,5 м каждый текут одинаковые токи 10^3 А. Расстояние между проводами 20 см. Вычислить силу взаимодействия токов.

92. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка 200 А/м. Магнитный момент витка $1\text{ А}\cdot\text{м}^2$. Вычислить силу тока в витке и его радиус.

93. По витку радиусом $R = 10$ см течёт ток $I = 50$ А. Виток помещён в однородное магнитное поле индукцией $B = 0,2$ Тл. Определить момент сил M , действующий на виток, если плоскость витка составляет угол $\varphi = 60^\circ$ с линиями индукции.

94. Однозарядный ион натрия прошёл ускоряющую разность потенциалов 1 кВ и влетел перпендикулярно линиям магнитной индукции в однородное поле ($B = 0,5$ Тл). Определить относительную атомную массу иона, если он описал окружность радиусом 4,37 см.

95. Определить частоту n обращения электрона по круговой орбите в магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл.

96. Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом $R = 5$ см и шагом $h = 20$ см. Определить скорость электрона, если магнитная индукция $B = 0,1$ мТл.

97. Замкнутый контур в виде квадрата со стороной 8 см, деформируют, превращая его в окружность. Найти совершенную при этом работу, если магнитное поле перпендикулярно плоскости контура, а его индукция равна 0,8 Тл. Ток в контуре 5 А.

98. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной $a = 10$ см, течёт ток $I = 20$ А. Плоскость квадрата перпендикулярна магнитным силовым линиям поля. Определить работу A , которую необходимо совершить для того, чтобы удалить проводник за пределы поля. Магнитная индукция $B = 0,1$ Тл. Поле считать однородным.

99. Проводник длиной $l = 1$ м движется со скоростью $v = 5$ м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определить магнитную индукцию B , если на концах проводника возникает разность потенциалов $U = 0,02$ В.

100. Рамка площадью $S = 50$ см², содержащая $N = 100$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B = 40$ мТл). Определить максимальную э.д.с. индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции, а рамка вращается с частотой $n = 960$ об/мин.

101. Кольцо из проволоки сопротивлением $r = 1$ мОм находится в однородном магнитном поле ($B = 0,4$ Тл). Плоскость кольца составляет угол $\varphi = 90^\circ$ с линиями индукции. Определить заряд, который протечёт по кольцу, если его выдернуть из поля. Площадь кольца $S = 10$ см².

102. Соленоид содержит $N = 4000$ витков провода, по которому течёт ток $I = 20$ А. Определить магнитный поток Φ , если индуктивность $L = 0,7$ Гн.

103. На картонный каркас длиной $l = 50$ см и площадью сечения $S = 4$ см² намотан в один слой провод диаметром $d = 0,2$ мм так, что витки плотно прилегают

друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Определить индуктивность L получившегося соленоида.

104. Определить силу тока в цепи через $t = 0,01$ с после её размыкания. Сопротивление цепи $r = 20$ Ом и индуктивность $L = 0,1$ Гн. Сила тока до размыкания цепи $I_0 = 50$ А.

105. На картонный каркас длиной 0,5 м, площадью сечения 4 см^2 намотан в один слой провод диаметром 0,2 мм так, что витки плотно прилегают друг к другу. По виткам течет ток 1 А. Определить энергию магнитного поля соленоида.

106. На пути луча света поставлена стеклянная пластинка толщиной $d = 1$ мм так, что угол падения луча $i_1 = 30^\circ$. На сколько изменится оптическая длина пути луча?

107. На мыльную плёнку с показателем преломления $n = 1,33$ падает по нормали монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Отражённый свет в результате интерференции имеет наибольшую яркость. Какова наименьшая возможная толщина плёнки?

108. На стеклянную пластину положена выпуклой стороной плосковыпуклая линза. Сверху линза освещена монохроматическим светом длиной волны 500 нм. Найти радиус линзы, если радиус четвёртого тёмного кольца Ньютона в отражённом свете 2 мм.

109. Вычислить радиус шестой зоны Френеля для плоской монохроматической волны ($\lambda = 5,46 \cdot 10^{-7}$ м), если точка наблюдения находится на расстоянии 4,4 м от фронта волны.

110. На пластину со щелью, ширина которой $a = 0,05$ мм, падает нормально монохроматический свет длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм. Определить угол φ отклонения лучей, в направлении которых наблюдаются минимум света.

111. Дифракционная решётка, освещённая нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр третьего порядка на угол $\varphi = 30^\circ$. На какой угол отклоняет она спектр четвёртого порядка?

112. Угол преломления луча в жидкости $i_2 = 35^\circ$. Определить показатель n преломления жидкости, если известно, что отражённый луч максимально поляризован.

113. Угол между плоскостями поляризатора и анализатора 30° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, проходящего через анализатор, если угол увеличить до 45° ?

114. При какой скорости v масса движущейся частицы в три раза больше массы покоя этой частицы?

115. Из смотрового окна печи излучается мощность равная 4 кДж/мин. Определить температуру печи, если площадь окна 8 см^2 .

116. Вычислить энергию, излучаемую за время $t = 1$ мин с площади $S = 1\text{ см}^2$ абсолютно чёрного тела, температура которого $T = 1000$ К.

117. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 10 кВт. Максимум излучения приходится на длину волны 0,8 мкм. Определить площадь излучающей поверхности.

118. Какую мощность надо подводить к зачерненному металлическому шарiku радиусом 2 см, чтобы поддерживать его температуру на 27°C выше температуры окружающей среды? Температура окружающей среды 20°C . Считать, что тепло теряется

только вследствие излучения.

119. На пластину падает монохроматический свет ($\lambda=0,42$ мкм). Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U=0,95$ В. Определить работу A выхода электронов с поверхности пластины.

120. На цинковую пластину падает пучок ультрафиолетовых лучей ($\lambda=0,2$ мкм). Определить максимальную кинетическую энергию $T_{\max}$ и максимальную скорость $v_{\max}$ фотоэлектронов.

121. Серебряный шарик, отдаленный от других тел, облучается монохроматическим излучением с длиной волны $2000 \text{ \AA}$. До какого максимального потенциала зарядится шарик, теряя фотоэлектроны?

122. Фотон с энергией 57 эВ вырывает фотоэлектроны из металла с работой выхода $4,7$ эВ. Определить максимальный импульс, передаваемый поверхности этого металла при вылете электрона.

123. Параллельный пучок монохроматических лучей длиной волны $\lambda = 0,663$ мкм падает на зачернённую поверхность и производит на неё давление $p = 0,3$ мкН/м². Определить концентрацию n фотонов в световом пучке.

124. Определить энергию ε фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на основной.

125. Наибольшая длина волны спектральной водородной линии серии Бальмера равна $656,3$ нм. Определите по этой длине волны наибольшую длину волны в серии Леймана.

126. Вычислить длину волны де Бройля λ для электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов $U=22,5$ В.

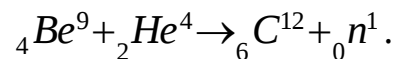
127. Найти скорость и кинетическую энергию электрона, длина волны де Бройля которого равна $0,1$ нм.

128. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию $T_{\min}$ электрона, движущегося внутри сферической области диаметром $d=0,1$ нм.

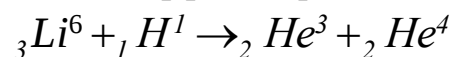
129. Если допустить, что неопределённость координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, то какова будет относительная неопределённость $\Delta p/p$ импульса этой частицы?

130. Вычислить энергию связи ΔE ядра дейтерия ${}^1_1\text{H}_2$ и трития ${}^1_1\text{H}_3$.

131. Вычислить энергетический эффект Q реакции



132. Вычислить энергетический эффект Q реакции



133. Изменение массы при образовании ядра ${}^{23}\text{Na}$ равно $0,16049$ а.е.м. Найти массу атома.

134. Определить активность a радиоактивного препарата ${}^{90}\text{Sr}$ массой $m=0,1$ мкг. (микрограмм).

135. Из каждого миллиарда атомов препарата радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 1600 атомов. Определить период T полураспада.

136. Активность a препарата некоторого изотопа за время $t = 5$ суток уменьшилась на 30% . Определить период T полураспада этого препарата.

137. Найти период полураспада радиоактивного изотопа, если его активность за

время 10 суток уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

138. Определить, какая доля радиоактивного изотопа ${}_{89}\text{Ac}^{225}$ распадается в течение 6 суток?

139. Определить массу m препарата изотопа ${}_{27}\text{Co}^{60}$, имеющего активность $a=1$ Ки.

140. Определить массу N ядер, распадающихся в течение времени: 1) $t=1$ сутки; 2) $t=1$ год, в радиоактивном препарате церия ${}_{58}\text{Ce}^{144}$ массой $m=1$ мг.

141. Во сколько раз уменьшится активность изотопа ${}_{15}^{32}\text{P}$ через 20 суток?

Справочные таблицы для решения задач

1. Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Числовые значения
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Число Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль · К)
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Заряд электрона	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная закона Стефана-Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная закона смещения Вина	C'	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Пост. второго закона Вина	C''	$1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Планка, делённая на 2π	$\hbar$	$1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга (для атома водорода $ H $)	R	$1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Радиус первой боровской орбиты	r_1	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Комптоновская длина волны электрона	λ	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ (2,43 пм)
Магнетон Бора	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ (13,6 эВ)
Атомная единица массы	$a.e.m$	$1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Коэффициент пропорциональности между энергией и массой	c^2	$9,00 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг}$ (931 МэВ/а.е.м.)

2. Некоторые астрономические величины

Наименование	Величина (среднее значение)
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30}$ кг
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,33 \cdot 10^{22}$ кг
Расстояние от центра Земли до центра Солнца	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Расстояние от центра Земли до центра Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м

3. Плотность твёрдых тел

Твёрдое тело	Плотность, кг/м ³	Твёрдое тело	Плотность, кг/м ³
Алюминий	$2,7 \cdot 10^3$	Медь	$8,9 \cdot 10^3$
Барий	$3,5 \cdot 10^3$	Никель	$8,9 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,0 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Висмут	$9,8 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Железо	$7,8 \cdot 10^3$	Цезий	$1,9 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цинк	$7,1 \cdot 10^3$

4. Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Жидкость	Плотность, кг/м ³
Вода (при 4°C)	$1,00 \cdot 10^3$	Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$
		Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$

5. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м ³	Газ	Плотность, кг/м ³
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

6. Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная вода	40	Спирт	22

7. Эффективный диаметр молекул

Газ	Диаметр, м	Газ	Диаметр, м
Азот	$3,0 \cdot 10^{-10}$	Гелий	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Водород	$2,3 \cdot 10^{-10}$	Кислород	$2,7 \cdot 10^{-10}$

8. Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Парафин	2,0	Вода	81
Стекло	7,0	Масло трансформаторное	2,2

9. Удельное сопротивление металлов

Металл	Удельное сопротивление, Ом·м	Металл	Удельное сопротивление, Ом·м

Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$

10. Энергия ионизации

Вещество	Дж	эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4
Литий	$8,62 \cdot 10^{-18}$	53,9

11. Подвижность ионов в газах, м²/(В·с)

Газ	Положительные ионы	Отрицательные ионы
Азот	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Воздух	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

12. Показатель преломления

Вещество	Показатель
Вода	1,33
Глицерин	1,47
Стекло	1,5
Алмаз	2,42

13. Работа выхода электронов

Металл	Дж	эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

14. Массы атомов лёгких изотопов

Изотоп	Символ	Масса (а.е.м.)
Нейтрон	$0n^1$	1,00867
Водород	$1H^1$	1,00783
	$1H^2$	2,01410
	$1H^3$	3,01605
Гелий	$2He^3$	3,01603
	$2He^4$	4,00260
Литий	$3Li^6$	6,01513
	$3Li^7$	7,01601
Бериллий	$4Be^7$	7,01693
	$4Be^9$	9,01219
Бор	$5B^{10}$	10,01294
	$5B^{11}$	11,00930
Углерод	$6C^{12}$	12,00000
	$6C^{13}$	13,00335
	$6C^{14}$	14,00324

Азот	${}^7\text{N}^{14}$	14,00307
Кислород	${}^8\text{O}^{16}$	15,99491
	${}^8\text{O}^{17}$	16,99913

15. Относительные атомные массы (атомные веса) A и порядковые номера Z некоторых элементов

Элемент	Химический Символ	A	Z
Азот	N	14	7
Алюминий	Al	27	13
Аргон	Ar	40	18
Водород	H	1	1
Вольфрам	W	184	74
Гелий	He	4	2
Железо	Fe	56	26
Золото	Au	197	79
Калий	K	39	19
Кальций	Ca	40	20
Кислород	O	16	8
Магний	Mg	24	12
Марганец	Mn	55	25
Медь	Cu	64	29
Молибден	Mo	96	42
Натрий	Na	23	11
Неон	Ne	20	10
Никель	Ni	59	28
Олово	Sn	119	50
Платина	Pt	195	78
Ртуть	Hg	201	80
Сера	S	32	16
Серебро	Ag	108	47
Уран	U	238	92
Углерод	C	12	66
Хлор	Cl	35	17

16. Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ	Период полураспада
Магний	${}^{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин
Фосфор	${}^{15}\text{P}^{32}$	14,3 суток
Кобальт	${}^{27}\text{Co}^{60}$	5,3 года
Стронций	${}^{38}\text{Sr}^{90}$	27 лет
Йод	${}^{53}\text{I}^{131}$	8 суток
Церий	${}^{58}\text{Ce}^{144}$	285 суток
Радон	${}^{86}\text{Rn}^{222}$	3,8 суток
Радий	${}^{88}\text{Ra}^{226}$	1620 лет
Актиний	${}^{89}\text{Ac}^{225}$	10 суток

17. Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	M_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939

Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный π -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

18. Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	название	обозначение	Соотношение с единицей СИ
1	2	3	4
<i>а) Допущенные к применению наравне с единицами СИ</i>			
Масса	Тонна	т	1 т = 103 кг
Время	Минута	мин	1 мин = 60 с
	Час	ч	1 ч = 3600 с
	Сутки	сут	1 сут = 86400 с
Плоский угол	Градус	... °	1° = $1,75 \cdot 10^{-2}$ рад
	Минута	... '	1' = $2,91 \cdot 10^{-4}$ рад
	Секунда	... "	1" = $4,85 \cdot 10^{-6}$ рад
Площадь	Гектар	га	1 га = 104 м2
Объём	Литр	л	1 л = 10-3 м3
Относительная величина	Процент	%	1% = 10-2
	Промилле	‰	1‰ = 10-3
	Миллионная доля	млн-1	1 млн-1 = 10-6
Температура Цельсия	Градус Цельсия	°C	1°C = 1 К
Логарифмическая величина	Бел	Б	—
	Децибел	дБ	—
<i>б) Допущенные к применению временно</i>			
Длина	Ангстрем	Å	1 Å = 10^{-10} м
Масса	Центнер	ц	1 ц = 100 кг
Частота вращения	Оборот в секунду	об/с	1 об/с = 1 с ⁻¹
	Оборот в минуту	об/мин	1 об/мин = = $1/60$ с ⁻¹ = = 0,0167 с ⁻¹
Сила (вес)	Килограмм-сила	кгс	1 кгс = 9,81 Н
	Тонна-сила	тс	1 тс = $9,81 \cdot 10^8$ Н
Давление	Килограмм-сила на квадратный сантиметр (техническая атмосфера)	кгс/см ² (ат)	1 кгс/см ² = = $9,81 \cdot 10^4$ Па
	Миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	1 мм рт. ст. = = 133 Па
	Бар	бар	1 бар = 105 Па
Напряжение (механическое)	Килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм ²	1 кгс/мм ² = = $9,81 \cdot 10^6$ Па
Мощность	Лошадиная сила	л.с.	1 л.с. = 737 Вт
Теплота	Калория	кал	1 кал = 4,19 Дж
Доза излучения	Рад	рад	1 рад = 0,01 Дж/кг
Мощность дозы излучения	рад в секунды	рад/с	1 рад/с = = 0,01 Вт/кг
Экспозиционная	Рентген	Р	1 Р =

доза фотонного излучения			$= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$
Активность изотопа	Кюри	Ки	$1 \text{ Ки} = 3,700 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$
<i>в) Допущенные к применению в специальных разделах физики и астрономии</i>			
Длина	икс-единица астрономическая единица световой год парсек	X а.е. св.год пк	$1 \text{ X} = 1,00 \cdot 10^{-13} \text{ м}$ $1 \text{ а.е.} = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ м}$ $1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$ $1 \text{ ПК} = 3,09 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Масса	Атомная единица массы	а.е.м.	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Площадь	Барн	б	$1 \text{ б} = 10^{-28} \text{ м}^2$
Энергия	Электрон-вольт	эВ	$1 \text{ эВ} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Примечания:

1. В табл. 18 не включены кратные и дольные единицы, так как все они получаются одинаково путём добавления соответствующих приставок: например:

1 мегаэлектрон-вольт (МэВ) = 10^6 эВ;

1 микрометр (мкм) = 10^{-6} м;

1 наноньютон (нН) = 10^{-9} Н.

2. Электрическая и магнитная постоянные имеют следующие значения в единицах СИ:

электрическая постоянная $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ Ф/м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м};$

магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м};$

$\epsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2}$, где c – скорость света в вакууме.

Приставка		Кратность и дольность
Название	Обозначение	
тера-	Т	$1\,000\,000\,000\,000 = 10^{12}$
гига-	Г	$1\,000\,000\,000 = 10^9$
мега-	М	$1\,000\,000 = 10^6$
кило-	к	$1\,000 = 10^3$
гекто-	г	$100 = 10^2$
дека-	да	$10 = 10^1$
деци-	д	$0,1 = 10^{-1}$
санти-	с	$0,01 = 10^{-2}$
милли-	м	$0,001 = 10^{-3}$
микро-	мк	$0,000\,001 = 10^{-6}$
нано-	н	$0,000\,000\,001 = 10^{-9}$
пико-	п	$0,000\,000\,000\,001 = 10^{-12}$
фемто-	ф	$0,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-15}$
атто-	а	$0,000\,000\,000\,000\,000\,001 = 10^{-18}$

3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная учебная литература

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. Е. Айзензон. — Москва :

- Издательство Юрайт, 2023. — 335 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00795-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513094>.
2. Калашников, Н. П. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 496 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-16205-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/542247>.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537596>.

Дополнительная учебная литература

4. Васильев, А. А. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Васильев, В. Е. Федоров, Л. Д. Храмов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 211 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05702-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538886>.
5. Родионов, В. Н. Физика для колледжей : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Н. Родионов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 202 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10835-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/541746>.
6. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 265 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07177-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512604>.
7. Склярова, Е. А. Физика. Механика : учебное пособие для среднего профессионального образования / Е. А. Склярова, С. И. Кузнецов, Е. С. Кулюкина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 251 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06863-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/516364>.

Современные профессиональные базы данных и информационные ресурсы сети Интернет

- Википедия: www.wikipedia.ru
- Вся ФИЗИКА: <http://www.all-fizika.com/>

- Научная электронная библиотека www.elibrary.ru
- Справочно-правовая система «Гарант»
- Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
- Справочно-правовая система «Руслан»
- Физика.ru: <http://www.fizika.ru/>
- Электронно-библиотечная система: <https://urait.ru>
- Электронно-библиотечная система: www.znanium.com

Перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем

- MicrosoftWindows
- MicrosoftWord
- Microsoft Office 365
- Microsoft Power Point
- Антивирус Касперского
- Справочно-правовая база «Консультант Плюс»
- Справочно-правовая база «Гарант»

4. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

1. fizika.ayp.ru - Весь курс физики: www.fizika.ayp.ru
2. Электронно-библиотечная система «Троицкий мост»<http://www.trmost.com>
3. Научная электронная библиотека. Режим доступа: www.elibrary.ru
4. Электронная-библиотечная система. Режим доступа: www.znanium.com
5. Образовательная платформа. Режим доступа: www.urait.com

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

№ п/п	Темы дисциплины	Перечень учебно-методических материалов
1	Физика и методы научного познания	1,2,3,4,5,6,7
2	Основы кинематики	1,2,3,4,5,6,7
3	Основы динамики	1,2,3,4,5,6,7
4	Законы сохранения в механике	1,2,3,4,5,6,7
5	Основы молекулярно-кинетической теории	1,2,3,4,5,6,7
6	Основы термодинамики	1,2,3,4,5,6,7
7	Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы	1,2,3,4,5,6,7
8	Электрическое поле	1,2,3,4,5,6,7
9	Законы постоянного тока	1,2,3,4,5,6,7
10	Электрический ток в различных средах	1,2,3,4,5,6,7
11	Магнитное поле	1,2,3,4,5,6,7
12	Электромагнитная индукция	1,2,3,4,5,6,7
13	Механические колебания и волны	1,2,3,4,5,6,7
14	Электромагнитные колебания и волны	1,2,3,4,5,6,7
15	Природа света	1,2,3,4,5,6,7
16	Волновые свойства света	1,2,3,4,5,6,7

17	Специальная теория относительности	1,2,3,4,5,6,7
18	Квантовая оптика	1,2,3,4,5,6,7
19	Физика атома и атомного ядра	1,2,3,4,5,6,7
20	Строение Солнечной системы	1,2,3,4,5,6,7
21	Эволюция Вселенной	1,2,3,4,5,6,7