

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА» в г. Артеме
(ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ВГУЭС» В Г. АРТЕМЕ)



УТВЕРЖДАЮ
Зав. отделением ОССПО
Н.В. Лукашина

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПД.03 Физика

программы подготовки специалистов среднего звена

*23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем
и агрегатов автомобилей*

Форма обучения: *очная*

Артем 2021

Рабочая программа учебной дисциплины *ПД.03 Физика* разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности *23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей*, утвержденного приказом Минобрнауки России от *22 апреля 2014 г., №383*, примерной образовательной программой

Разработчик (и): *А.И. Берштейн, преподаватель*

Утверждена на заседании цикловой методической комиссии общепрофессиональных и профессиональных дисциплин (модулей), протокол № 10 от 12.05.2021 г.

Председатель ЦМК _____ *Л.С. Самохина*
подпись

1. Паспорт рабочей программы учебной дисциплины Физика

1.1 Область применения программы

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика» является частью общеобразовательной подготовки студентов в учреждениях СПО.

1.2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Профильная дисциплина среднего общего образования.

1.3 Цели и задачи дисциплины - требования к результатам освоения дисциплины:

Учебная дисциплина «Физика» относится к циклу общеобразовательная подготовка.

«Физика» является дисциплиной, закладывающей базу для последующего изучения специальных предметов. Физика - общая наука о природе, дающая диалектно-материалистическое понимание окружающего мира. Человек, получивший среднее профессиональное образование, должен знать основы современной физики, которая имеет не только важное общеобразовательное, мировоззренческое, но и прикладное значение.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: движение небесных тел и искусственных спутников Земли; свойства газов, жидкостей и твердых тел;

- 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;

- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях;

- использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств, бытовых электроприборов, средств радио- и телекоммуникационной связи; оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды; рационального природопользования и защиты окружающей среды.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие;

- 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;

- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;

2 Структура и примерное содержание учебной дисциплины

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Объем образовательной программы учебной дисциплины	187
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	134
в том числе:	
лекции	39
практические занятия	95
контрольные работы	
Консультации	14
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	39
в том числе:	
<i>Итоговая аттестация в форме: 1 семестр - ДФК, 2 семестр - дифференцированный зачет</i>	

2.2. Примерный тематический план и содержание учебной дисциплины «физика»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
ВВЕДЕНИЕ	Физика как наука и основа естествознания. Научный метод познания окружающего мира. Физическая теория. Входной контроль	1	1
Раздел 1. Механика			
Тема 1.1. Кинематика.	Классическая механика как фундаментальная физическая теория. Границы ее применимости. Механическое движение. Материальная точка. Относительность механического движения. Система отсчета. Координаты. Радиус-вектор. Вектор перемещения. Скорость. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением. Свободное падение тел. Поступательное движение. Вращательное движение твердого тела. Угловая и линейная скорости вращения	2	1
	Практическая работа №1. Решение задач по теме «Равномерное прямолинейное движение»	2	1-2
	Практическая работа №2. Решение задач по теме «Поступательное и вращательное движения»	2	1-2
Тема 1.2. Законы механики Ньютона. Силы в Природе	Основное утверждение механики. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Сила тяжести и вес. Сила тяготения. Закон всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Сила упругости. Закон Гука. Силы трения.	4	1
	Практическая работа №3. Решение задач по теме «Законы Ньютона»	2	1-2
	Практическая работа №4. "Решение задач на Закон всемирного тяготения"	2	1-2
	Лабораторная работа №1. Исследование движения тела под действием постоянной силы.	2	1-2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
Тема 1.3. Законы сохранения в механике	Импульс. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Работа силы. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.	2	1
	Практическая работа №5. "Решение задач на использование закона сохранения импульса"	2	1-2
	Практическая работа № 6. Решение задач по теме «Закон сохранения механической энергии»	2	1-2
	Лабораторная работа № 2. Исследование темы «Сохранение механической энергии при движении тела под действием силы тяжести и упругости»	2	1-2
	Лабораторная работа № 3. Изучение законов сохранения на примере удара шаров и баллистического маятника.	2	1-2
Раздел 2. Молекулярная физика. Термодинамика			
Тема 2.1. Основы молекулярно – кинетической теории. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	Возникновение атомистической гипотезы строения вещества и ее экспериментальные доказательства. Размеры и масса молекул. Количество вещества. Моль. Постоянная Авогадро. Броуновское движение. Силы взаимодействия молекул. Строение газообразных, жидких и твердых тел. Тепловое движение молекул. Модель идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа.	2	1
	Практическая работа № 7. Решение задач по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории»	2	1-2
Тема 2.2. Температура. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы	Тепловое равновесие. Определение температуры. Абсолютная температура. Температура — мера средней кинетической энергии молекул. Измерение скоростей движения молекул газа.	2	1
	Практическая работа №8. Решение задач по теме «Энергия теплового движения молекул»	2	1-2
	Практическая работа № 9. Решение задач по теме «Газовые законы. Определение параметра газа по графикам изопроцессов»	2	1-2
Тема 2.3. Основы термодинамики.	Работа и теплота как формы передачи энергии. Внутренняя энергия реального и идеального газов. Работа в механике и термодинамике. Изменение внутренней энергии тела при теплообмене и при совершении механической работы. Способы изменения. Вычисление работы. Геометрическое истолкование работы	2	1
	Практическая работа № 10. Решение задач по теме "Внутренняя энергия. Работа"	2	1-2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
	Практическая работа №11. Изучение первого и второго начала термодинамики.	2	1-2
	Практическая работа №12. Решение задач по теме «Первый закон термодинамики»	2	1-2
	Практическая работа №13. Решение задач по теме «Коэффициент полезного действия тепловых двигателей»	2	1-2
	Лабораторная работа № 4. Изучение свойств паров. Измерение влажности воздуха.	2	1-2
	Лабораторная работа № 5. Изучение свойств жидкостей. Измерение поверхностного натяжения жидкости.	2	1-2
Раздел 3. Электродинамика			
Тема 3.1. Электростатика	Электрический заряд и элементарные частицы. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей.	2	1
	Практическая работа № 14. Решение задач по теме «Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции полей»	2	2
	Практическая работа №15. Исследование темы «Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Потенциальная энергия заряженного тела в однородном электростатическом поле».	2	2
	Практическая работа №16. "Исследование темы " Потенциал. Электроёмкость. Конденсатор"	2	2
	Лабораторная работа 6. Исследование электрического поля конденсатора	2	2
	Практическая работа № 17. Решение задач по теме «Электроёмкость. Энергия заряженного конденсатора»	2	2
Тема 3.2. Электрический ток. Законы постоянного тока	Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Электрические цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников.	2	1
	Лабораторная работа №7. Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников.	2	2
	Практическая работа №18. Исследование темы "Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца Тепловое действие тока."	2	2
	Практическая работа 19. Исследование темы "Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи".	2	2
Тема 3.3. Электрический ток в различных средах.	Электрический ток в металлах. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Р-п переход. Электрический ток в жидкостях. Электрический ток в вакууме. Электрический ток в газах. Плазма.	2	1

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
	Практическая работа №20. Изучение темы "Электрический ток в полупроводниках р-п переход. Полупроводниковый диод. Транзисторы."	2	2
	Лабораторная работа №8. Исследование свойства электрического тока в полупроводниках; проводимость полупроводников.	2	2
Тема 3.4 Магнитное поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Магнитный поток.	Взаимодействие токов. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Магнитный поток Магнитные свойства вещества.	2	1
	Практическая работа №21. Решение задач по теме «Сила Ампера и сила Лоренца».	2	2
	Лабораторная работа № 9. «Наблюдение действия магнитного поля на ток»	2	2
Тема 3.5 Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции. Явление самоиндукции.	Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Самоиндукция. Индуктивность.	2	1
	Практическая работа №22. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции».	2	2
	Лабораторная работа №10. Изучение закона электромагнитной индукции.	2	2
Раздел 4. Колебания и волны			
Тема 4.1. Механические колебания Практическая работа № 23 "Изучение механических колебаний"	Свободные колебания. Гармонические колебания Математический маятник. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс	1	1
Тема 4.2 Электромагнитные колебания	Свободные электромагнитные колебания. Аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями. Гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре. Формула Томсона	2	1
	Практическая работа №24. Исследование темы "Переменный электрический ток. Резистор в цепи переменного тока. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока."	2	2
	Практическая работа №25. Исследование темы «Генератор переменного тока. Трансформаторы. Генераторы тока. Трансформаторы. Токи высокой частоты. Получение, передача и распределение электроэнергии.»	2	2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
	Лабораторная работа №11. Измерение действующего и амплитудного значения переменного напряжения. Измерение индуктивности катушки.	2	2
Тема 4.3 Механические волны	Практическая работа №26 "Изучение свойств механических волн."	2	2
Тема 4.4 Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Изобретение радио. Принципы радиосвязи.	Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Изобретение радио. Принципы радиосвязи.	2	1
	Практическая работа №27. Решение задач по теме «Электромагнитные волны»	2	1
Раздел 5. Оптика			
Тема 5.1 Законы отражения и преломления света. Волновые свойства света. Скорость распространения света.	Свет. Электромагнитные волны. Скорость света и методы ее измерения. Световые лучи. Закон отражения и преломления света. Призма.	2	1
	Практическая работа №28. Исследование темы «Линзы. Построение изображения в линзе.»	2	2
	Практическая работа №29. Изучение темы "Дисперсия света. Интерференция света. Дифракция света. Поляризация света"	2	2
Тема 5.2 Элементы теории относительности.	Практическая работа №30. "Изучение элементов теории относительности и релятивистской динамики"	2	1
	Практическая работа №31. Решение задач по теме «Элементы специальной теории относительности»	2	1
Тема 5.3 Излучение и спектры. Шкала электромагнитных излучений	Излучение и спектры. Шкала электромагнитных излучений	2	1
	Лабораторная работа № 12. «Наблюдение сплошного и линейчатого спектров»	2	2
Раздел 6. Квантовая физика			
Тема 6.1 Световые кванты.	Фотоэффект. Применение фотоэффекта. Фотоны. Квантовые свойства света.	2	1
	Практическая работа №32. Решение задач по теории фотоэффекта	2	2
Тема 6.2 Атомная физика.	Квантовые постулаты Бора. Излучение и поглощение света атомом. Лазеры	2	1
	Практическая работа №33. Решение задач по темам «Световые кванты», «Атомная физика»	2	2
Тема 6.3 Физика атомного ядра.	Энергия связи атомных ядер. Радиоактивность	2	1
	Практическая работа №34 Изучение темы «Закон радиоактивного распада. Период полураспада.» Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям.	2	2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
	Практическая работа №35 изучение темы "Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер урана. Цепная реакция деления. Ядерный реактор.	2	2
	Итого	134	

3 Условия реализации учебной дисциплины

3.1 Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Рабочее место преподавателя. мультимедийный комплект № 2. Лабораторные комплексы для учебной практической и проектной деятельности по физике -4 шт. (спец. столы и лаб. оборудование, приборы и приспособления, стеклянная, полимерная и керамическая посуда, измерительные средства и приборы, инструменты и принадлежности, блок с 15 контактной розеткой VGA и аудио розеткой Kramer WXA, ноутбук, микроскоп БИОМ-2); проектор Epson EB-453 W – 1 шт, шкафы - стенды; - комплект учебно-методической документации

3.2 Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Мякишев Г.Я .Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский; под ред. Н.А.Парфентьевой. – 3 изд.-М.:, Просвещение, 2019.-416 с.

2. Мякишев Г.Я .Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский; под ред. Н.А.Парфентьевой. – 3 изд.-М.:, Просвещение, 2019.- 432 с.

3.Физика: колебания и волны. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина, А. С. Рубан; под редакцией В. В. Горлача. — 2-е изд., испр, и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 126 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10140-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449114>

4.Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр, и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449060>

5. Бухарова, Г. Д. Физика. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания: учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. Д. Бухарова. — 2-е изд., испр, и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 221 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01363-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452310>

Дополнительные источники:

1. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр, и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 114 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-53410138-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449116>

2. Мусин, Ю. Р. Физика: колебания, оптика, квантовая физика: учебное пособие для среднего профессионального образования / Ю. Р. Мусин. — 2-е изд., испр, и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 329 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03540-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449189>

4 Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины

4.1 Формы и методы контроля и оценки результатов освоения учебной дисциплины по результатам текущего контроля к промежуточной аттестации

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

Таблица - Формы и методы контроля и оценки результатов освоения учебной дисциплины по результатам текущего контроля к промежуточной аттестации

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
обучающийся должен уметь:	
- использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
владеть основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенно пользоваться физической терминологией и символикой;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- решать физические задачи;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;	тестирование; выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя для этого доступные источники информации;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- формировать собственную позицию по отношению к физической информации, получаемой из разных источников.	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
обучающийся должен знать :	
- основополагающие физические понятия, закономерности, законы и теории;	выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- физическую терминологию и символику;	тестирование, выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ;
- основные методы научного познания, используемые в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент.	тестирование, выполнение внеаудиторных самостоятельных работ; выполнение и защита практических и лабораторных работ.

4.2 Контроль и оценка результатов развития общих компетенций и обеспечивающих их умений

Таблица 6.- Формы и методы контроля и оценки результатов сформированности общих компетенций обучающихся

Результаты (освоенные общие компетенции)	Основные показатели результатов подготовки	Формы и методы контроля
ОК1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к	-выбор и применение методов и способов выполнения индивидуальных заданий	Наблюдение. Беседа. Проверка качества выполнения практических

Результаты (освоенные общие компетенции)	Основные показатели результатов подготовки	Формы и методы контроля
ней устойчивый интерес.	- решение стандартных и нестандартных профессиональных задач -объяснять изученные физические явления и процессы; - определять тенденции развития данного физического явления, процесса;	заданий (различные виды аудиторной работы, внеаудиторная самостоятельная работа). Письменные проверочные работы.
ОК.2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	самоанализ и коррекция результатов собственной работы характеризовать изученные законы и процессы	Проверка выполнения качества выполнения самостоятельных заданий (внеаудиторная самостоятельная работа и ее защита).
ОК.3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	использование различных источников, включая электронные ресурсы уметь объяснять изученные законы, явления и процессы	Наблюдение. Беседа. Анализ качества выполнения практических заданий (различные виды аудиторной работы, внеаудиторная самостоятельная работа и ее защита).
ОК.4.Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	самоанализ и коррекция результатов собственной работы	. Анализ качества выполнения практических заданий (решение задач), работа с текстом учебника
ОК.5. Использовать информационно - коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	использование различных источников, включая электронные	Проверка выполнения внеаудиторной самостоятельной работы
ОК.6. Работать в команде, в коллективе, эффективно общаться с членами команды.	взаимодействие с обучающимися, преподавателями в ходе обучения	Наблюдение. Беседа.
ОК.7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, результат выполнения заданий.	самоанализ и коррекция результатов собственной работы	Анализ качества выполнения практических заданий (различные виды аудиторной и внеаудиторной работы)
ОК.8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием.	решение стандартных и нестандартных профессиональных задач	Проверка и анализ качества выполнения проверочной аудиторной работы.
ОК. 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	взаимодействие с обучающимися, преподавателями в ходе обучения	Наблюдение. Беседа. Анализ качества выполнения аудиторной и внеаудиторной работы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА» в г. Артеме
(ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ВГУЭС» В Г. АРТЕМЕ)



УТВЕРЖДАЮ
Зав. отделением ОССПО
Н.В. Лукашина

КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
по учебной дисциплине

ПД.03 Физика

программы подготовки специалистов среднего звена

*23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем
и агрегатов автомобилей*

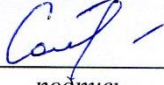
Форма обучения: *очная*

Артем 2021

Контрольно-оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине ПД.03 *Физика* разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 23.02.07 *Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей*, утвержденного приказом Минобрнауки России от 22 апреля 2014 г., №383, примерной образовательной программой, рабочей программой учебной дисциплины.

Разработчик(и): А.И. Берштейн, *преподаватель*

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии общепрофессиональных и профессиональных дисциплин (модулей), протокол № 10 от 12.05.2021 г.

Председатель ЦМК  Л.С.Самохина
подпись

1 Общие положения

Контрольно-оценочное средство (далее КОС) предназначено для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Физика».

КОС разработаны на основании требований федеральных государственных образовательных стандартов по специальностям СПО к результатам освоения ОПОП, а также рабочей программы учебной дисциплины «Физика».

Контрольно-измерительные материалы представлены практическими и лабораторными работами, а также тестами для проведения дифференцированного зачета.

При мониторинге результативности освоения программы учебной дисциплины рекомендуется использовать следующую шкалу оценки образовательных достижений обучающихся:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
91 - 100	5	отлично
71 - 90	4	хорошо
60 - 70	3	удовлетворительно
менее 60	2	неудовлетворительно

2 Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹	Основные показатели оценки результатов ²
<p>Описывать и объяснять физические явления и свойства тел</p> <p>Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.</p>	<p>Объясняет физические явления и свойства тел с точки зрения науки.</p>
<p>Делать выводы на основе экспериментальных данных</p> <p>Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность</p>	<p>Применяет законы механики, МКТ, электродинамики и квантовой физики при выполнении практических лабораторных работ.</p>
<p>Приводить примеры практического использования физических знаний: законов классической, квантовой и релятивистской механики</p> <p>Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.</p>	<p>Приводит примеры практического использования физических знаний на практике, в быту</p>

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹	Основные показатели оценки результатов ²
<p>Применять полученные знания для решения физических задач</p> <p>Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность</p>	<p>Применяет знания физических законов при решении задач</p> <p>Применяет методику вычисления:</p> <ul style="list-style-type: none"> - кинематических величин, - сил, действующих на тело, законов сохранения, - микро и макропараметров тела, - электродинамических величин, - параметров электрической цепи, - параметров атомного ядра
<p>Измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей</p> <p>Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность</p>	<p>Измеряет физические величины при выполнении лабораторных работ, вычисляет погрешности, делает выводы.</p>
<p>Смысл физических понятий</p>	<p>Знает понятия: материальная точка, поступательное движение, вращательное движение, абсолютно твердое тело; тепловое движение, тепловое равновесие, внутренняя энергия, вещество, атом, атомное ядро, идеальный газ; электрическое взаимодействие, электрический заряд, элементарный электрический заряд, электромагнитное поле, близкое действие, сторонние силы, электродвижущая сила, магнитная индукция, магнитный поток, магнитная проницаемость, термоэлектронная эмиссия, собственная и примесная проводимость, р- n- переход в полупроводниках, электромагнитная индукция, самоиндукция; фотон, атом, атомное ядро, ионизирующее излучение, физическое явление, гипотеза, ионизирующее излучение, планета, звезда, галактика, Вселенная</p>
<p>Смысл физических величин</p>	<p>Знает физические величины: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, механическая работа, механическая энергия; молярная масса, количество вещества,</p>

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹	Основные показатели оценки результатов ²
	внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты; элементарный электрический заряд, напряжение, емкость, сила тока, сопротивление, удельное сопротивление, индуктивность, сила Лоренца, сила Ампера; постоянная Планка.
Смысл физических законов	Знает законы: классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса; молекулярно кинетической теории и термодинамики; электрического заряда, электромагнитной индукции, закона Кулона, электролиза, отражения и преломления света, закона Ома для участка и для полной цепи и правил последовательного и параллельного соединения; фотоэффекта, постулатов Бора; классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса.
Вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки	Знает имена и вклад ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки
Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.	Взаимодействует со студентами, преподавателем и в ходе обучения проявляет интерес к самообразованию

1 Комплексные умения и знания из программы учебной дисциплины.

2 Указываются диагностируемые показатели, по которым можно констатировать усвоение знаний и освоение умений

3 Оценка освоения умений и знаний учебной дисциплины

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине физика, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹		Умения					Знания				Баллы
Практические работы		У.1. Описывать и объяснять физические явления и свойства тел	У.2. Делать выводы на основе экспериментальных данных	У.3. Приводить примеры практического использования физических знаний	У.4. Применять полученные знания для решения физических задач	У.5. Измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей	З.1. Смысл физических понятий	З.2. Смысл физических величин	З.3. Смысл физических законов	З.4. Вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки	
ПР №1	Решение задач по теме «Равномерное прямолинейное движение»				+		+	+			2,5
ПР №2	Решение задач по теме «Поступательное и вращательное движения»				+		+	+	+		2,5
ПР №3	Решение задач по теме «Законы Ньютона»			+	+				+		2,5
ПР №4	Решение задач на Закон всемирного тяготения			+	+				+		2,5
ПР №5	Решение задач на использование закона сохранения импульса			+	+				+		2,5
ПР №6	Решение задач по теме «Закон сохранения механической энергии»			+	+				+		2,5
ПР №7	Решение задач по теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории»				+		+	+	+		2,5
ПР №8	Решение задач по теме «Энергия теплового движения молекул»				+		+	+	+		2,5

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹		Умения				Знания				Баллы	
ПР №9	Решение задач по теме «Газовые законы. Определение параметра газа по графикам изопроцессов»				+		+	+	+		2,5
ПР №10	Решение задач по теме "Внутренняя энергия. Работа"				+		+	+	+		2,5
ПР №11	Изучение первого и второго начала термодинамики.				+		+	+	+		2,5
ПР №12	Решение задач по теме «Первый закон термодинамики»				+		+	+	+		2,5
ПР №13	Решение задач по теме «Коэффициент полезного действия тепловых двигателей»				+		+	+	+		2,5
ПР №14	Решение задач по теме «Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции полей»				+		+	+	+		2,5
ПР №15	Исследование темы "Проводники и диэлектрики в электрическом поле".				+		+	+	+		2,5
ПР №16	Исследование темы " Потенциал. Электроёмкость. Конденсатор"				+		+	+	+		2,5
ПР №17	Решение задач по теме "Потенциальная энергия электростатического поля и разность потенциалов"				+		+	+	+		2,5
ПР №18	Исследование темы "Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца Тепловое действие тока."				+		+	+	+		2,5
ПР №19	Исследование темы "Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи".				+		+	+	+		2,5
ПР №20	Изучение темы "Электрический ток в полупроводниках р-п переход. Полупроводниковый диод. Транзисторы."				+		+	+	+		2,5
ПР №21	Решение задач по теме «Сила Ампера и сила Лоренца».				+		+	+	+		2,5

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹		Умения				Знания				Баллы	
ПР № 22	Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции».				+		+	+	+		2,5
ПР № 23	Изучение механических колебаний				+		+	+	+		2,5
ПР № 24	Исследование темы "Переменный электрический ток. Резистор в цепи переменного тока. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока."				+		+	+	+		2,5
ПР № 25	Исследование темы «Генератор переменного тока. Трансформаторы. Генераторы тока. Трансформаторы. Токи высокой частоты. Получение, передача и распределение электроэнергии.»				+		+	+	+		2,5
ПР № 26	"Изучение свойств механических волн."				+		+	+	+		2,5
ПР № 27	Решение задач по теме «Электромагнитные волны»				+		+	+	+		2,5
ПР № 28	Исследование темы «Линзы. Построение изображения в линзе.»				+		+	+	+		2,5
ПР № 29	Изучение темы "Дисперсия света. Интерференция света. Дифракция света. Поляризация света				+		+	+	+		2,5
ПР № 30	Изучение элементов теории относительности и релятивистской динамики"				+		+	+	+		2,5
ПР № 31	Решение задач по теме «Элементы специальной теории относительности»				+		+	+	+		2,5
ПР № 32	Решение задач по теории фотоэффекта				+		+	+	+		2,5
ПР № 33	Решение задач по темам «Световые кванты», «Атомная физика»				+		+	+	+		2,5
ПР № 34	Изучение темы «Закон радиоактивного распада. Период полураспада.» Изуче-				+		+	+	+		2,5

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹		Умения				Знания				Баллы
	ние треков заряженных частиц по готовым фотографиям.									
ЛР № 35	изучение темы "Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер урана. Цепная реакция деления. Ядерный реактор.			+		+	+	+		2,5
ЛР № 1	Исследование движения тела под действием постоянной силы.	+	+	+	+	+	+	+		2,5
ЛР № 2	Исследование темы «Сохранение механической энергии при движении тела под действием силы тяжести и упругости»		+	+	+	+		+		2,5
ЛР № 3	Изучение законов сохранения на примере удара шаров и баллистического маятника.	+	+	+		+	+	+	+	2,5
ЛР № 4	Изучение свойств паров. Измерение влажности воздуха.	+	+	+		+	+			2,5
ЛР № 5	Изучение свойств жидкостей. Измерение поверхностного натяжения жидкости.	+	+	+	+	+		+		2,5
ЛР № 6	Исследование электрического поля конденсатора	+	+	+		+		+		2,5
ЛР № 7	Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников.		+	+	+	+		+	+	2,5
ЛР № 8	Исследование свойства электрического тока в полупроводниках; проводимость полупроводников.		+	+	+	+		+	+	2,5
ЛР № 9	Наблюдение действия магнитного поля на ток»	+	+	+		+			+	2,5
ЛР № 10	Изучение закона электромагнитной индукции.	+	+	+					+	2,5
ЛР № 11	Измерение действующего и амплитудного значения переменного напряжения. Измерение индуктивности катушки.	+	+	+		+			+	2,5

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания) ¹		Умения					Знания				Баллы
ЛР № 12	Наблюдение сплошного и линейчатого спектров	+	+	+			+			+	2,5

4. Материалы для текущей проверки и оценки знаний и умений

Оценка практических и лабораторный работ

Оценка 5 ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил техники безопасности; правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки. Чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка 4 ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка 3 ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной её части позволяет получить правильный результат и вывод; или если в ходе проведения опыта и измерения были допущены ошибки.

Оценка 2 ставится, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работ не позволяет сделать правильных выводов; или если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Оценка 1 ставится, если учащийся совсем не выполнил работу. Во всех случаях оценка снижается, если ученик не соблюдал правила техники безопасности. Перечень ошибок Грубые ошибки

Незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, общепринятых символов обозначения физических величин, единиц их измерения.

Неумение выделить в ответе главное.

Неумение применять знания для решения задач и объяснения физических явлений; неправильно сформулированные вопросы задачи или неверные объяснения хода ее решения; незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенным в классе, ошибки, показывающие неправильное понимание условия задачи или неправильное истолкование решения.

Неумение читать и строить графики и принципиальные схемы.

Неумение подготовить к работе установку или лабораторное оборудование, провести опыт, необходимые расчеты, или использовать полученные данные для выводов.

Небрежное отношение к лабораторному оборудованию и измерительным приборам.

Неумение определить показание измерительного прибора.

Нарушение требований правил безопасного труда при выполнении эксперимента.

4.1 Практические работы

Задание на практическую работу №1. Решение задач по теме «Равномерное прямолинейное движение».

Ответить на вопросы физического диктанта

Физический диктант

1 вариант

1. Материальная точка – это тело...
2. Изменение положение тела в пространстве относительно других тел с течением...
3. Система отсчёта – это...
4. Траектория движения – это...
5. Формула координаты в равномерном движении:
6. Начертить график зависимости проекции скорости от времени движения:
7. Перевести в систему СИ: $v = 254 \text{ км/ч} =$
8. Единицы измерения: $v -$; $s -$; $x -$; $t -$.

2 вариант

1. Тело, размерами которого можно пренебречь...
2. Механическим движением тела называется...
3. Перемещением тела называется...
4. Пройденный путь – это физическая величина...
5. Формула скорости прямолинейного равномерного движения:
6. Начертить график зависимости координаты равномерного движения от времени:
7. Перевести в систему СИ: $v = 108 \text{ км/ч} =$
8. Какие физические величины измеряются: м...; с...; м/с...; м²...; м³...

2) Решить задачу по вариантам

Уравнение движения тела имеет вид:

$$(I) \quad x = 3t + 2$$

$$(II) \quad x = 4 - 2t$$

$$(III) \quad x = 1,5t + 4$$

$$(IV) \quad x = 3 - t$$

Найти: а) начальную координату, б) координату через 2с движения, в) путь, пройденный за 2с.

Построить графики зависимости координаты, пути и скорости от времени

Задание на практическую работу №2 Решение задач по теме «Прямолинейное равноускоренное движение»

Решить задачи по вариантам:

Вариант 1

1. Какую скорость приобретает троллейбус за 10 с, если он трогается с места с ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$? Какой путь он при этом проходит?
2. Шарик, скатываясь с наклонного желоба из состояния покоя, за первую секунду прошёл путь 15 см. Какой путь он пройдёт за время, равное 2 с?
3. Во сколько раз путь, пройденный телом при прямолинейном равноускоренном движении за 2 с от начала движения, больше пути, пройденного телом за первую секунду?

Вариант 2

1. Рассчитайте длину взлётной полосы, если скорость самолёта при взлёте равна 360 км/ч, а время разгона 40 с.
2. Определите ускорение движения тела, если за четвертую секунду с момента начала своего движения оно проходит путь, равный 7 м.
3. Во сколько раз путь, пройденный телом при прямолинейном равноускоренном движении за вторую секунду от начала движения, больше пути, пройденного телом за первую секунду?

• **Вариант 3**

1. Покоящееся тело начинает движение с постоянным ускорением 4 м/с^2 . Какой путь тело пройдет за пятую секунду?
2. Автомобиль начинает движение из состояния покоя и проходит за четвертую секунду 3,5 м. С каким ускорением происходит движение?
3. Тело, двигаясь равноускоренно, в течение пятой секунды от начала движения прошло путь 45 м. Какой путь оно пройдет за 10 с от начала движения?

Вариант 4

1. Автомобиль начинает движение из состояния покоя. Какой путь пройдет автомобиль за третью секунду, двигаясь с ускорением 2 м/с^2 ?
2. Тело, двигаясь из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 27 м . С каким ускорением происходило движение?
3. Поезд начинает движение из состояния покоя и проходит за четвертую секунду 14 м . Какой путь пройдет тело за первые 10 с ?

Практическая работа №3 Решение задач по теме «Законы Ньютона»

Цель урока:

1. Знать алгоритм решения задач на законы Ньютона.
2. Уметь применять алгоритм к решению задач на законы Ньютона

Повторение теории:

Сформулируйте первый закон Ньютона. Приведите примеры, объясняющие данную формулировку.

Какие системы отсчета называются инерциальными? Неинерциальными? Привести примеры.

Что в физике понимают под термином «сила»?

Приведите примеры, показывающие связь сила и ускорения, с которым движется тело.

Сформулируйте второй закон Ньютона и запишите его математическое выражение.

В чем состоит третий закон Ньютона? Запишите его математическое выражение. Поясните на примерах смысл этого закона. Каковы особенности сил, о которых идет речь в третьем законе Ньютона?

Алгоритм решения задач:

1. Прочитать внимательно условие задачи.
2. Выделить заданные условием тела.
3. Выполнить анализ взаимодействия тел.
4. Кратко записать условие задачи.
5. Сделать рисунок, изобразить на нем векторы сил, действующие на каждое из тел, показать направление векторов перемещения, ускорения.
6. Записать в векторной форме уравнение для равнодействующей силы.
7. Выбрать наиболее рациональное в данных условиях задачи направление координатных осей в ИСО.
8. Определить проекции векторов на координатные оси.
9. Записать дополнительные уравнения кинематики (если необходимо).
10. Решить в общем виде полученные уравнения относительно искомой величины.
11. Сделать проверку размерности.
12. Вычислить.
13. Оценить полученные значения искомых величин

Решение задач

№118. Сила 50 Н сообщает телу ускорение $0,1 \text{ м/с}^2$. Какая сила сообщает этому телу ускорение $0,01 \text{ м/с}^2$?

Решение:

$$F = ma$$

$$S = \frac{at^2}{2} \quad a = \frac{2S}{t^2}$$

$$F = ma = \frac{2Sm}{t^2}$$

$$F = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 0,025}{1^2} = 0,0125 \text{ Н}$$

№122. Снаряд массой 2 кг вылетает из ствола орудия горизонтально со скоростью 1000 м/с. Определите силу давления пороховых газов, считая ее постоянной, если длина ствола равна 3,5 м.

Решение:

$$F = ma$$

$$S = \frac{at^2}{2} \quad V = at \quad t = \frac{V}{a}$$

$$S = \frac{a \left(\frac{V}{a} \right)^2}{2} = \frac{V^2}{2a} \quad a = \frac{V^2}{2S}$$

$$F = \frac{mV^2}{2S} = \frac{2 \text{ кг} \cdot (1000 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 3,5} = 2,86 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

№130. Птица в клетке-ящике сидит на дне. Ящик с ней уравновешен на весах. Нарушится ли равновесие весов, если птица взлетит?

Решение задачи:

В момент взлета да, затем весы опять придут в равновесие, т. к. клетка является замкнутой системой.

№133. Два мальчика тянут веревку в разные стороны, прилагая силы 100 Н каждый. Веревка может выдержать, не разрываясь, груз весом 150 Н. Разорвется ли веревка?

Решение задачи:

Нет. Так как растягивание каната мальчиком с силой 100Н эквивалентно тому, что один конец каната закреплен, а к другому подвешен груз 100Н.

№135. Изобразите силы действия и противодействия в случаях взаимодействия тел, приведенных на рисунке 33

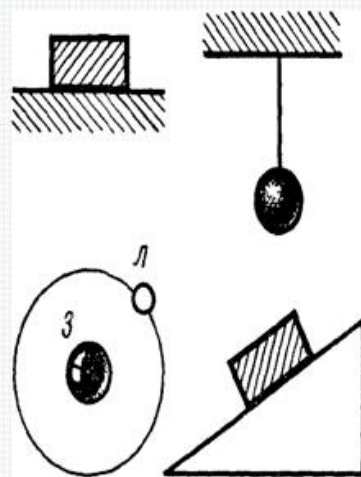
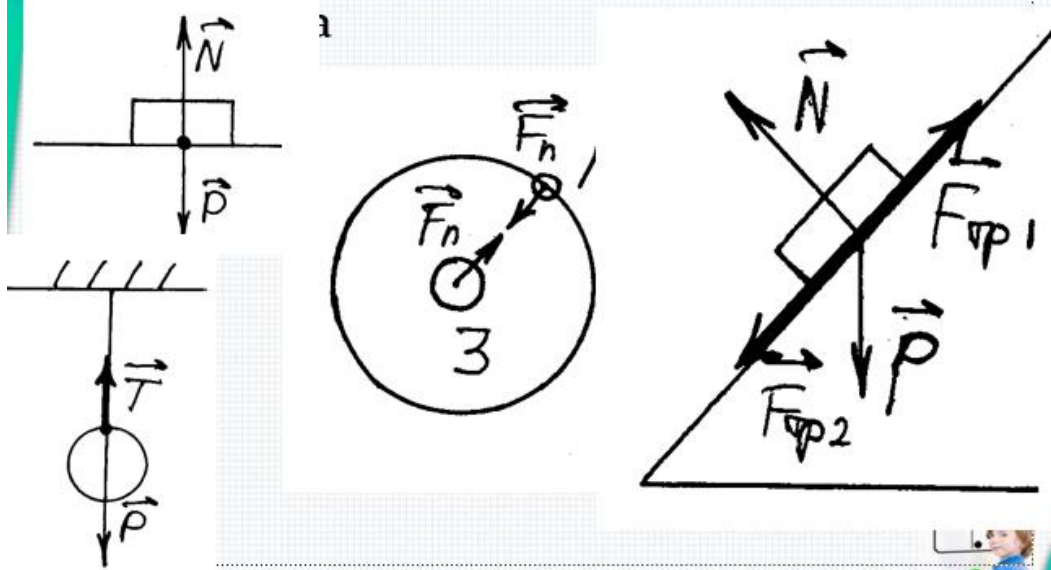


Рис. 33



Практическая работа №4.
Решение задач по теме «Закон всемирного тяготения»
Задания

СР-18. Сила всемирного тяготения

ВАРИАНТ № 1

1. На каком расстоянии сила притяжения между двумя телами, массой по 1 т каждое, будет равна $6,67 \cdot 10^{-9}$ Н?
2. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 6 раз, а массу второго уменьшить в 3 раза?
3. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми однородными шарами, если вначале шары соприкасались друг с другом, а затем один из шаров отодвинули на расстояние, равное диаметру шаров?

ВАРИАНТ № 2

1. С какой силой Земля притягивает Луну, если масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, а масса Луны $7 \cdot 10^{22}$ кг? Расстояние между центрами $3,84 \cdot 10^8$ м.
2. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел уменьшить в 6 раз, а расстояние уменьшить в 2 раза?
3. Два шара радиусами 20 см и 30 см соприкасаются друг с другом. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между шарами, если один из шаров отодвинуть на расстояние 100 см?

СР-19. Сила тяжести

ВАРИАНТ № 1

1. Мальчик прыгает на батуте. В какие моменты на него не действует сила тяжести?
2. На некоторой планете сила тяжести, действующая на тело массой 200 г, равна 1,8 Н. Определите по этим данным ускорение свободного падения на планете.
3. Как изменится сила тяжести, действующая на ракету, при ее подъеме с поверхности Земли до вывода на околоземную орбиту, радиус которой равен двум радиусам Земли?

ВАРИАНТ № 2

1. Птица с огромными крыльями «парит» в вышине. Действует ли на нее сила тяжести?
2. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен 2,5 Н. Какую массу имеет камень?
3. Как изменится сила тяжести, действующая на космический корабль, если сначала он был на расстоянии трех земных радиусов от центра планеты, а потом приземлился на космодроме?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Решение задач на использование закона сохранения импульса
Задания

Задача 1: Определите массу автомобиля, имеющего импульс p и движущегося со скоростью v .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
p , кг·м/с	$3,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	$5,9 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^4$	$7,7 \cdot 10^4$	$8,8 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$
v , м/с	22	20	34	19	29	31	18	26	33	36	15	29	28

Задача 2: Снаряд массой m_1 , летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью v_1 , попадает в вагон с песком массой m_2 и застревает в нём. Найти скорость вагона после столкновения, если он движется со скоростью v_2 навстречу снаряду.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m_1 , кг	90	110	120	130	145	155	160	150	180	170	175	190	200

m_2 , т	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
v_1 , м/с	300	400	340	190	290	310	180	260	330	360	150	290	280
v_2 , м/с	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Задача 3: Снаряд массой m , летящий в горизонтальном направлении со скоростью 600 м/с, разрывается на две части с массами 30 кг и 20 кг. Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью v_1 , м/с. Определить величину и направление скорости меньшей части снаряда.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m , кг	45	55	60	70	65	75	80	85	90	95	100	105	110
m_1 , кг	25	35	40	40	45	45	60	50	70	70	75	70	60
m_2 , т	20	20	20	30	20	30	20	35	20	25	25	35	50
v_1 , м/с	800	700	740	790	990	910	780	860	830	760	950	890	880

Задача 4: Спусковую пружину игрушечного пистолета сжали на x , при вылете шарик массой m приобрел скорость v . Необходимо рассчитать жесткость пружины.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
x , см	4	4,5	6	7	6,5	7,5	8,0	8,5	4,9	5,9	4,4	3,5	5,5
m , г	25	15	17	18	19	23	26	16	22	26	27	30	35
v_1 , м/с	1,5	1,6	1,7	2,2	1,8	2,3	2,5	3	3,5	3,4	2,8	2,9	3,1

Задача 5: На тележку массой 6 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с, сверху вертикально вниз падает кирпич массой 2 кг. Какова будет скорость тележки сразу после падения кирпича?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m_1 , кг	5	6,5	6	7	7,5	5,5	8,0	8,5	4,9	5,9	4,4	3,5	5,5
m_2 , кг	2,5	1,5	1,7	1,8	1,9	2,3	2,6	1,6	2,2	2,6	2,7	3,0	3,5
v , м/с	1,5	1,6	1,7	2,2	1,8	2,3	2,5	3	3,5	3,4	2,8	2,9	3,1

Контрольные вопросы

1. Что называется импульсом тела?
2. Сформулируйте закон сохранения импульса.
3. Сформулируйте закон сохранения энергии.

Практическая работа № 6. Решение задач по теме «Закон сохранения механической энергии»

Цели:

- на примере конкретных задач рассмотреть понятия работы, потенциальной кинетической энергии;
- проанализировать границы применимости законов сохранения на конкретных примерах.

Ход занятия

В ходе проведения занятия учащимся предлагается несколько задач по возрастанию сложности. В большинстве интересных случаев при решении задач приходится использовать как закон сохранения импульса, так и закон сохранения механической энергии. Если для решения задачи достаточно одного закона сохранения, следует обсудить выполняется ли второй закон сохранения, а если не выполняется, то по какой причине.

Для решения задачи рекомендуется выполнить следующие действия.

- Выбрать тела, которые Вы включите в систему, для которой будете использовать законы сохранения.

- Выбрать систему отсчета, в которой будете решать задачу. Убедиться, что она является инерциальной. Удачный выбор системы отсчета, как и при решении задач кинематики и динамики, может существенно облегчить составление системы уравнений в случае использования законов сохранения. Не забывайте, что при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую перемещения и скорости тел меняются, а поэтому работа и кинетическая энергия будут зависеть от выбора системы отсчета. Потенциальная же энергия зависит от относительных координат взаимодействующих тел, следовательно, она одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

- Выбрать начальное и конечное состояния системы, которые Вы свяжете законами сохранения. Следует иметь в виду, что эти состояния совсем необязательно должны совпадать с начальным и конечным состояниями, указанными в условии задачи.

- Обосновать возможность использования законов сохранения для выбранных состояний системы.

- Выбрать начало отсчета потенциальной энергии. Целесообразно за нуль отсчета потенциальной энергии выбрать положение, в котором она минимальна в рассматриваемой задаче. Помните, что если тело нельзя считать материальной точкой, то его потенциальная энергия в поле силы тяжести определяется положением центра масс этого тела.

- Записать значения импульса тела или его механической энергии в начальном и конечном положениях и приравняйте их.

- Если законов сохранения окажется недостаточно для решения задачи, использовать уравнения динамики и кинематические соотношения.

- Обратить внимание на то, что если физическая система не является замкнутой и внутри нее не действуют непотенциальные силы, то изменение ее механической энергии равно работе внешних сил. Если система является замкнутой, но внутри системы действуют непотенциальные силы, полная механическая энергия не сохраняется. Изменение механической энергии в этом случае равно работе непотенциальных сил. В частности, механическая энергия не сохраняется при неупругом ударе.

Качественные задачи

1. В каком случае расходуется меньше энергии при запуске спутника Земли: при запуске вдоль меридиана или вдоль экватора в сторону вращения Земли?

2. Два одинаковых тела падают с высоты H : одно в воздухе, другое – в вакууме. Одинаковы ли потенциальные энергии тел в начале падения? Одинаковы ли их кинетические энергии в конце падения?

3. Шофер автомобиля, едущего со скоростью v , внезапно увидел перед собой на расстоянии a широкую стену. Что ему выгоднее: затормозить или повернуть?

4. И свинец, и тяжелая вода практически не поглощают нейтроны. Почему же в атомных реакторах для торможения нейтронов тяжелую воду используют, а свинец – нет?

5. Как будут двигаться два одинаковых шарика после центрального упругого удара в отсутствие внешних сил, если один из них до удара покоился?

6. Почему при попадании пули в баллистический маятник нельзя применять закон сохранения механической энергии ко всему процессу в целом?

Примеры решения расчетных задач

Задача 1. Цепочка длиной l лежит на гладком горизонтальном столе, свешиваясь ровно наполовину. Цепочку без толчка отпускают. Найдите скорость цепочки в момент, когда ее верхний конец соскользнет со стола.

Решение:

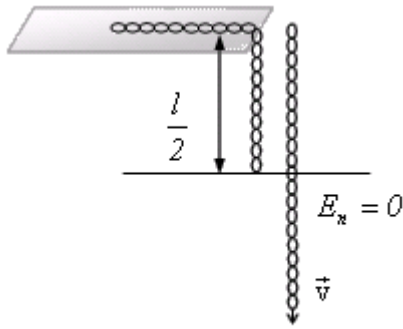


Рис. 1

Поскольку при движении цепочки сила трения отсутствует, то полная механическая энергия системы будет сохраняться. В качестве начального состояния выбираем цепочку в начальный момент времени, конечного – в момент, когда ее верхний конец соскользнет со стола. Будем считать потенциальную энергию цепочки в конечном состоянии равной нулю (рис. 1). Величина потенциальной энергии определяется положением центра массы тела. Поэтому в начальном состоянии полная механическая энергия системы

$$E_1 = \frac{m}{2} g \frac{l}{2} + \frac{m}{2} g \frac{l}{4} = \frac{3}{8} mgl$$

$$E_2 = \frac{mv^2}{2}$$

В конечном состоянии полная механическая энергия , так как $E_1 = E_2$,

то
$$v = \sqrt{\frac{3gl}{4}}$$

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{3gl}{4}}$$

Задача 2. Человек массы m переходит с одного конца лодки массой M на другой. Длина лодки равна l . Найдите перемещение лодки. Сопротивлением воды движению лодки пренебречь.

Решение:

Поскольку система «лодка–человек» является замкнутой, то для решения задачи можно использовать закон сохранения импульса. В качестве тела отсчета выберем Землю. В начальный момент времени импульс системы «лодка–человек» равен нулю, следовательно, он будет таковым и во все последующие моменты времени:

$$m\vec{v}_ч + M\vec{v}_л = 0, \quad (1)$$

где $\vec{v}_ч$ – скорость человека относительно берега, а $\vec{v}_л$ – скорость лодки.

Согласно закону сложения скоростей $\vec{v}_ч = \vec{v}'_ч + \vec{v}_л$, где $\vec{v}'_ч$ – скорость движения человека относительно лодки. Подставим $\vec{v}_ч$ в (1):

$$m(\vec{v}'_ч + \vec{v}_л) + M\vec{v}_л = 0$$

Из последнего выражения

$$\vec{v}_л = -\frac{m}{M+m} \vec{v}'_ч$$

Обозначим время движения человека через t , тогда перемещение лодки относительно берега будет равно

$$\vec{L} = \vec{v}_л \cdot t = -\frac{m}{M+m} \vec{v}'_ч \cdot t = -\frac{m}{M+m} \vec{l}$$

где \vec{l} – перемещение человека вдоль лодки.

Ответ:
$$\vec{L} = \vec{v}_л \cdot t = -\frac{m}{M+m} \vec{v}'_ч \cdot t = -\frac{m}{M+m} \vec{l}$$

Задача 3. Две частицы массой m скреплены пружиной жесткости k . На них налетает третья частица массы m , которая движется вдоль оси пружины со скоростью v . Найдите максимальное сжатие пружины. Внешними силами пренебречь.

Решение:

Разобьем процесс взаимодействия частиц и пружины на две стадии (рис. 2)

1. За состояние I примем исходное состояние системы: частица 1 движется со скоростью \vec{v} , остальные тела покоятся. В конечном состоянии II частица 1 налетела на частицу 2, но поскольку время соударения очень маленькое, то пружина еще не сжалась, шар 3 неподвижен. К этим состояниям можно применить законы сохранения импульса и механической энергии:

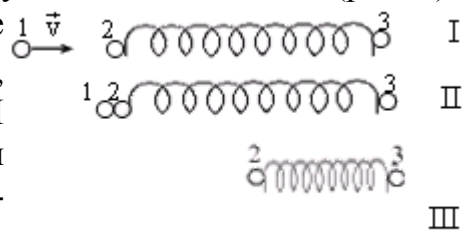


Рис. 2

$$m\vec{v} = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2,$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2},$$

где \vec{v}_1 и \vec{v}_2 – скорости движения первой и второй частицы после соударения.

Возведем первое уравнение в квадрат, тогда получим систему двух уравнений

$$\begin{cases} v^2 = v_1^2 + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 + v_2^2, \\ v^2 = v_1^2 + v_2^2. \end{cases}$$

Чтобы эти уравнения были совместны, необходимо, чтобы $\vec{v}_1\vec{v}_2 = 0$. Отсюда следует, что $v_1 = 0$. Последнее означает, что после столкновения частица 1 остановится, а частица 2 придет в движение со скоростью \vec{v} .

2. На второй стадии в начальном состоянии движется со скоростью \vec{v} вторая частица. Конечное состояние III соответствует максимальному сжатию пружины, в котором пружина и частицы 2 и 3 движутся как одно целое со скоростью \vec{u} . Применим к ним законы сохранения импульса и механической энергии.

$$m\vec{v} = 2m\vec{u},$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2},$$

где x – максимальное сжатие пружины. Решая эту систему уравнений, получим

$$x = \sqrt{\frac{mv^2}{2k}}.$$

Ответ: $x = \sqrt{\frac{mv^2}{2k}}.$

Задача 4. Пуля, летящая горизонтально со скоростью $v = 400$ м/с, попадает в подвешенный на невесомой нити брусок и застревает в нем. Какова длина нити, если брусок отклонился на угол $\alpha = 60^\circ$? Масса пули $m = 20$ г, масса бруска $M = 5$ кг.

Решение:

Если за начальное состояние системы «шар–пуля» выбрать летящую пулю, а за конечное – отклонившийся брусок с застрявшей в нем пулей, то нельзя воспользоваться ни законом сохранения импульса (так как система «шар–пуля» не является замкнутой), ни законом сохранения механической энергии (так как соударение пули с шаром неупругое).

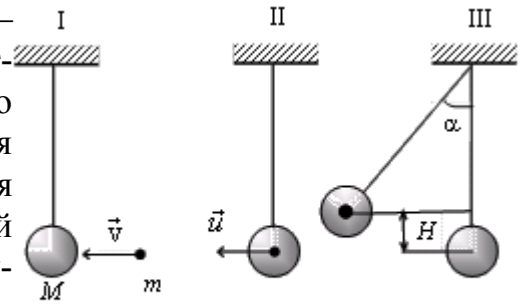


Рис. 3

Чтобы воспользоваться законами сохранения, следует рассмотреть промежуточное состояние II (рис. 3): пуля вошла в шар и застряла в нем, но поскольку время соударения очень мало, то сам шар практически не сдвинулся с места, хотя и приобрел скорость \vec{u} . Для состояний I, II можно воспользоваться законом сохранения импульса, так в этом случае действия внешних сил (сила тяжести и сила натяжения нити) скомпенсированы:

$$mv = (m + M)u \quad (2)$$

Закон сохранения импульса записан в скалярном виде, так как импульс в начальном и конечном состоянии направлен одинаково.

При переходе шара с застрявшей в нем пулей из состояния II в состояние III можно воспользоваться законом сохранения механической энергии. Будем отсчитывать потенциальную энергию взаимодействия шара с Землей от центра масс шара, находящегося в положении равновесия. Тогда

$$\frac{(m + M)u^2}{2} = (m + M)gH \quad (3)$$

Из геометрических соображений ясно, что $l - H = l \times \cos\alpha$; $H = l - l \times \cos\alpha$

$$H = l(1 - \cos\alpha) = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos(2\alpha)}{2}$$

Решая совместно (2)–(4), получим

$$l = \frac{(mv)^2}{4(m + M)^2 g \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \approx 0.065 \text{ м}$$

$$l = \frac{(mv)^2}{4(m + M)^2 g \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \approx 0.065 \text{ м}$$

Ответ:

Задача 5. Пять одинаковых шаров, центры которых лежат на одной прямой, находятся на небольшом расстоянии друг от друга. В крайний шар ударяется такой же шар, имеющий скорость $v_0 = 20$ м/с, которая направлена вдоль линии, соединяющей центры шаров. Найдите скорость последнего шара, считая соударения шаров абсолютно упругими.

Решение:

При столкновении двух одинаковых шаров движущийся шар останавливается, а покоящийся приобретает его скорость. Поэтому после последовательных

столкновений все шары будут покоиться, кроме последнего, который приобретет скорость $v = 20$ м/с.

Ответ: скорость последнего шара $v = 20$ м/с.

Задача 6. Четыре одинаковых тела равной массы по $m = 20$ г каждое расположены на одной горизонтальной прямой на некотором расстоянии друг от друга. В крайнее тело ударяется такое же тело, имеющее скорость $v_0 = 20$ м/с и движущееся вдоль прямой, на которой расположены тела. Считая соударения тел абсолютно неупругими, найдите кинетическую энергию E_k системы после прекращения соударений.

Решение:

Так как удар неупругий, то полная механическая энергия системы тел не сохраняется. Но будет сохраняться полный импульс системы, то есть

$$mv_0 = 5mv,$$

следовательно, вся система слипшихся шаров будет двигаться со скоростью

$$v = \frac{v_0}{5},$$

а ее кинетическая энергия будет равна

$$E_k = \frac{mv_0^2}{10} = 0,8 \text{ Дж.}$$

Ответ: $E_k = \frac{mv_0^2}{10} = 0,8$ Дж.

Задача 7. Горка массой M , расположенная на гладкой плоскости, имеет горизонтальный участок. На горку положили тело массой m и отпустили с высоты H (рис. 4). Каким будет расстояние от тела до горки, когда оно упадет? Высота, с которой падает тело, соскользнув с горки – h . Трение отсутствует.

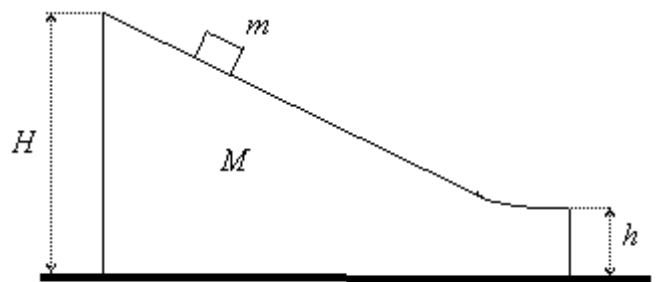


Рис. 4

Решение:

Так как горка стоит на гладкой поверхности, то при движении тела массой m вниз горка будет двигаться влево. Непотенциальные силы отсутствуют, следовательно, будет сохраняться полная механическая энергия этой системы. Будем отсчитывать потенциальную энергию от основания горки. За начальное состояние примем тело на высоте H . В этот момент горка и тело неподвижны. В конечном состоянии в момент схода с горки тело находится на высоте h и движется со скоростью v , а горка движется влево со скоростью U . Потенциальная энергия горки остается неизменной. Исходя из вышесказанного, закон сохранения механической энергии будет иметь вид

$$mgH = mgh + \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2} \quad (5)$$

Поскольку в конце движения тело движется по горизонтали, и результирующая сила, действующая на него равна нулю, то будет выполняться закон сохранения

импульса. Для выбранных начального и конечного состояний он запишется следующим образом:

$$0 = m\vec{v} + M\vec{U}$$

Проецируя это выражение на ось x , получим

$$mv = MU \quad (6)$$

Из уравнений (5) и (6) можно найти скорости тела и горки в момент схода тела.

$$v = \sqrt{\frac{2Mg(H-h)}{M+m}}; \quad U = m\sqrt{\frac{2g(H-h)}{M(M+m)}}$$

Чтобы найти расстояние от тела до горки в момент падения, перейдем в систему отсчета, связанную с горкой. В этой системе отсчета тело будет двигаться по параболе с начальной скоростью $U + v$, направленной горизонтально. Пройденное им расстояние по вертикали будет равно

$$S = (U + v)t$$

где t – время движения тела до приземления. Его можно определить, если принять во внимание, что тело движется по вертикали с ускорением свободного падения, следовательно,

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Отсюда искомое расстояние S будет равно

$$S = 2\sqrt{\frac{h(H-h)(M+m)}{M}}$$

$$\text{Ответ: } S = 2\sqrt{\frac{h(H-h)(M+m)}{M}}$$

Задача 8. Колодец, площадь дна которого S , а глубина H , наполовину заполнен водой. Насос выкачивает воду и подает ее на поверхность земли через цилиндрическую трубу радиуса R . Какую работу A совершит насос, если выкачивает всю воду из колодца за время τ ?

Решение:

Работа, затрачиваемая на подъем воды из колодца, равна изменению механической энергии воды. Потенциальная энергия воды в колодце определяется положением центра масс воды, который находится на расстоянии $\frac{3}{4}H$ от поверхности земли. Поэтому изменение потенциальной энергии воды при подъеме на поверхность земли будет равно

$$\Delta E_{\text{п}} = \frac{3}{4}mgH = \frac{3}{8}\rho gSH^2$$

где ρ – плотность воды.

Кроме того, насос сообщает воде кинетическую энергию. Скорость v , с которой вода вытекает из трубы, можно определить из соотношения

$$\frac{H}{2}S = \pi R^2 v \tau$$

Отсюда $v = \frac{HS}{2\pi R^2 \tau}$, а изменение кинетической энергии воды при подъеме ее на поверхность

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho H^3 S^3}{16\pi^2 R^4 \tau^2}.$$

И, наконец, работа, затраченная на подъем воды, будет равна

$$A = \Delta E_n + \Delta E_k = \frac{3}{8} \rho g S H^2 + \frac{\rho H^3 S^3}{16\pi^2 R^4 \tau^2}.$$

Ответ: $A = \Delta E_n + \Delta E_k = \frac{3}{8} \rho g S H^2 + \frac{\rho H^3 S^3}{16\pi^2 R^4 \tau^2}.$

Задачи для самостоятельной работы

1. На тело действуют две силы $\vec{F}_1 = \{3, -1\}$ и $\vec{F}_2 = \{-5, 3\}$. Тело переместилось из точки с координатами $(1, 0)$ в точку с координатами $(-2, 3)$. Определите работу, совершенную каждой силой. Все величины дайте в системе СИ.

Ответ: $A_1 = -12$ Дж. $A_2 = 24$ Дж.

2. Стоящий на льду человек массой $M = 60$ кг ловит мяч массой $m = 0,5$ кг, который летит горизонтально со скоростью $v_1 = 20 \frac{м}{с}$. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения μ равен 0,03?

Ответ: $S = \left(\frac{mv_1}{m+M} \right)^2 \frac{l}{2\mu g} \approx 4$ см.

3. Человек на Земле прыгает на высоту $h_3 = 1,8$ м. На какую высоту $h_{л}$, затратив ту же энергию, он прыгнет на Луне? Радиус Луны $R_{л} = 0,27 R_3$, а ее плотность $\rho_{л} = 0,6 \rho_3$.

Ответ: $h_{л} = \frac{\rho_3 R_3}{\rho_{л} R_{л}} = 6,17$ м.

4. Тело массой $m_1 = 1$ кг, движущееся со скоростью v , налетает на покоящееся второе тело и после упругого столкновения отскакивает от него под углом $\frac{\pi}{2}$ к первоначальному направлению со скоростью $v_1 = \frac{2}{3} v$. Найдите массу m_2 второго тела.

Ответ: $m_2 = \frac{13}{5} m_1 = 2,6$ кг.

5. Шарик массой m соскальзывает по желобу, имеющему на конце горизонтальный участок с высотой $H = 1,4$ м. В конце желоба он сталкивается с таким же шариком, установленным на подставке на высоте $h = 0,7$

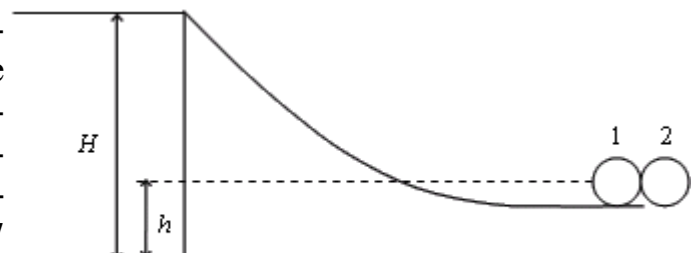


Рис. 5

м (рис. 5). Считая удар абсолютно упругим, определите дальность полета второго шарика.

Ответ: $S = 2\sqrt{h(H-h)} = 1,4 \text{ м.}$

6. На конце соломинки, лежащей на гладком столе, сидит маленький кузнечик массы m . С какой наименьшей скоростью относительно неподвижного наблюдателя должен прыгнуть кузнечик, чтобы попасть на другой конец соломинки? Масса соломинки M , ее длина l .

Ответ: $v = \sqrt{\frac{M}{M+m}} gl$.

7. На группу из трех гладких одинаковых кубиков, лежащих на гладкой горизонтальной поверхности, как показано на рисунке, налетает со скоростью v гладкая шайба (рис. 6). Масса каждого кубика равна массе шайбы. Диаметр шайбы и ее высота равны ребру кубика. Определите скорости всех тел после соударения.

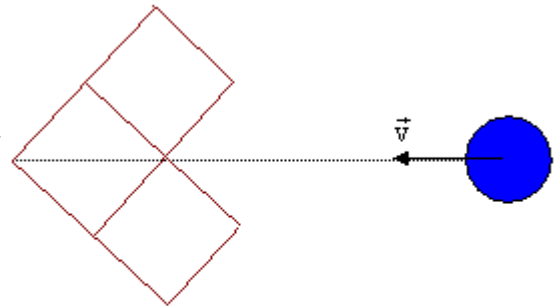


Рис. 6

Ответ: после удара шайба останавливается, средний кубик остается неподвижным, крайние кубики будут двигаться со скоростью $v_1 = v\sqrt{2}$ под углом 45° к направлению скорости движения шайбы.

8. Груз массой m_1 падает на плиту массой m_2 , укрепленную на пружине жесткостью k . Определите наибольшее сжатие пружины x_{max} , если в момент удара груз обладал скоростью v . Удар неупругий.

Ответ: $x_{max} = \frac{g(m_1 + m_2)}{k}$

9. Веревка длины $l = 20\text{м}$ переброшена через блок. В начальный момент веревка висит симметрично относительно вертикальной прямой, проходящей через ось блока, и покоится, а затем в результате незначительного толчка начинает двигаться по блоку. Будет ли движение веревки равноускоренным? Какова будет скорость веревки, когда она сойдет с блока? Массой и размерами блока пренебречь.

Ответ: движение веревки не будет равноускоренным.

$$v = \sqrt{\frac{gl}{2}} \approx 10 \text{ м/с.}$$

10. В пробирке массы M , закрытой пробкой массы m , находится капля эфира. При нагревании пробирки пробка вылетает под давлением паров эфира. Пробирка подвешена на невесомом жестком стержне длины L (рис. 7). С какой минимальной скоростью должна вылететь пробка, чтобы пробирка сделала полный оборот вокруг точки подвеса?

Ответ: $v = \frac{2M\sqrt{gL}}{m}$.

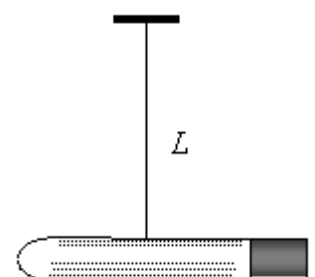


Рис. 7

«Основные положения молекулярно – кинетической теории»

Контроль исходного уровня знаний – актуализация знаний.

а)Беседа со студентами:

1. Что изучает молекулярная физика?
- 2.Сформулируйте основные положения МКТ.
3. Относительной молекулярной массой называется....
4. Моль- это...
5. Число Авогадро равно...
6. Молекулярной массой вещества называют....
7. Массу вещества можно рассчитать по формулам...
8. Броуновское движение – это...
9. Между атомами или молекулами существуют силы....

Углубление знаний, умений- решение задач:

№1.Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4кг?

Дано: $m=5,4\text{кг}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ $\frac{1}{\text{моль}}$	РЕШЕНИЕ: $v = \frac{m}{M}, \quad M_r = 27; \quad M = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$ $v = \frac{5,4\text{кг}}{0,027\text{кг/моль}} = 200\text{моль}$
$v - ?$	$\left[\frac{\text{кг}}{\text{кг/моль}} = \text{моль} \right]$ Ответ: $v = 200\text{моль}$

№2.Какова масса 50 моль углекислого газа?

Дано: $v = 50\text{моль}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ $\frac{1}{\text{моль}}$	РЕШЕНИЕ: $v = \frac{m}{M}, \quad m = v \cdot M; \quad M_r = 16 \cdot 2 + 12 = 44;$ $M = M_r \cdot 10^{-3} = 44 \cdot 10^{-3} (\text{кг/моль})$ $m = 50\text{моль} \cdot 0,044\text{кг/моль} = 2,2(\text{кг})$
$m - ?$	$\left[\text{моль} \cdot \text{кг/моль} = \text{кг} \right]$ Ответ: $m = 2,2\text{кг}$

№3.Сколько молекул содержится в 1г углекислого газа(CO2)?

Дано: $m_{\text{CO}_2} = 1\text{г}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ $\frac{1}{\text{МОЛЬ}}$	СИ $m_{\text{CO}_2} = 0,001\text{кг}$	РЕШЕНИЕ: $N = v \cdot N_A; \quad v = \frac{m}{M}; \quad N = \frac{m}{M} N_A;$ $M_r = 16 \cdot 2 + 12 = 44;$ $M = M_r \cdot 10^{-3} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/МОЛЬ)}$ $N = \frac{0,001\text{кг}}{0,044\text{кг/МОЛЬ}} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}} = 1,4 \cdot 10^{22} \text{ (молекул)}$ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{кг/МОЛЬ}} \cdot 1/\text{МОЛЬ} = \text{МОЛЕКУЛ} \right]$ Ответ: $N = 1,4 \cdot 10^{22} \text{ (молекул)}$
N-?		

№4. Найти число атомов в алюминиевом предмете массой 135г.

Дано: $m_{\text{Al}} = 135\text{г}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ $\frac{1}{\text{МОЛЬ}}$	СИ $m_{\text{Al}} = 0,135\text{кг}$	РЕШЕНИЕ: $N = v \cdot N_A; \quad v = \frac{m}{M}; \quad N = \frac{m}{M} N_A;$ $M_r = 27;$ $M = M_r \cdot 10^{-3} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/МОЛЬ)}$ $N = \frac{0,135\text{кг}}{0,027} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}} = 3 \cdot 10^{24} \text{ (молекул)}$ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{кг/МОЛЬ}} \cdot 1/\text{МОЛЬ} = \text{МОЛЕКУЛ} \right]$ Ответ: $N = 3 \cdot 10^{24} \text{ (молекул)}$
N-?		

№5. Находившаяся в стакане вода массой 200г полностью испарилась за 20 суток. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1с?

Дано: $m = 200\text{г}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ $\frac{1}{\text{МОЛЬ}}$ $t = 20\text{сут}$	СИ $m = 0,2\text{кг}$	РЕШЕНИЕ: $N = v \cdot N_A; \quad v = \frac{m}{M}; \quad N = \frac{m}{M} N_A;$ $M_r = 18;$ $M = M_r \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/МОЛЬ)}$ $N = \frac{0,2\text{кг}}{0,018\text{кг/МОЛЬ}} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}} = 6,7 \cdot 10^{24} \text{ (молекул)}$ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{кг/МОЛЬ}} \cdot 1/\text{МОЛЬ} = \text{МОЛЕКУЛ} \right]$ $t = 20\text{сут} = 480\text{ч} \cdot 3600\text{с} = 1,728 \cdot 10^6 \text{ с}$ Средняя скорость испарения: $\frac{N}{t} = \frac{6,7 \cdot 10^{24}}{1,728 \cdot 10^6} \approx$
$\frac{N}{t} - ?$		

		$3,9 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{с}}$ молекул в секунду. Ответ: $\frac{N}{t} \approx 3,9 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{с}}$ молекул в секунду.
--	--	---

Итоговый контроль: самостоятельная работа(на два варианта, индивидуальные карточки 4 варианта, самостоятельная работа в форме игрового лото).

I вариант

№1. Сколько молекул воды содержится в капле массой 0,2г?

462(458). На изделие, поверхность которого 20 см^2 , нанесен слой серебра толщиной 1 мкм . Сколько атомов серебра содержится в покрытии?

II вариант

№1. Определите массу водорода, взятого в количестве 1000 моль.

465(461). Считая, что диаметр молекул водорода составляет около $2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, подсчитать, какой длины получилась бы нить, если бы все молекулы, содержащиеся в 1 мг этого газа, были расположены в один ряд вплотную друг к другу. Сопоставить длину этой нити со средним расстоянием от Земли до Луны.

III вариант

№1. Определите число атомов в 1 м^3 меди. Молярная масса равна $0,0635 \text{ кг/моль}$, плотность 9000 кг/м^3 .

№2. Какую массу имеют $2 \cdot 10^{23}$ молекул азота?

IV вариант

№1. Плотность алмаза 3500 кг/м^3 . Какой объем займут 10^{22} атомов этого вещества?

№2. Какую массу имеют $2 \cdot 10^{23}$ молекул азота?

Практическая работа № 8. Решение задач по теме
«Энергия теплового движения молекул»

Решение задач

Зад.№1 Каково давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул 600 м/с , а его плотность $1,54 \text{ кг/м}^3$?

$P - ?$ $V = 600 \text{ м/с}$ $\rho = 1,54 \text{ кг/м}^3$	$P = \frac{1}{3} m_0 n V^2$ Отразим на произведение $m_0 n$ $m_0 n = m_0 * \frac{N}{V} = \frac{m_0 N}{V} = \frac{m}{V} = \rho$
--	---

Следовательно,

$$P = \frac{1}{3} \rho V^2$$

$$P = \frac{1}{3} * 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * (600 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 = 184800 \text{ Па}$$

Ответ: $1,848 * 10^5 \text{ Па}$

Зад.№2 Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, если имея массу 8 кг , он занимает объем 10 м^3 при давлении 250 КПа ?

$v - ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $m = 8 \text{ кг}$ $V = 10 \text{ м}^3$ $P = 250 \text{ КПа}$	СИ $2,5 * 10^5 \text{ Па}$	$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2$ Рассмотрим n - концентрация $n = \frac{N}{V}; \quad m_0 n = \frac{m_0 N}{V} = \frac{m}{V}$ Следовательно, $P = \frac{1}{3} \frac{m}{V} v^2$ Выразим v из этого уравнения поэтапно: Умножим левую и правую части на $3V$ $3PV = m v^2$ Разделим первую и вторую часть на m $v^2 = \frac{3PV}{m}$ Возьмем квадратичный корень из первой и второй части. $v = \sqrt{\frac{3PV}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{3 * 2,5 * 10^5 \text{ Па} * 10 \text{ м}^3}{8 \text{ кг}}} \approx 968 \text{ м/с}$
---	---	---

Ответ: 968 м/с

Зад.№3 Найти концентрацию молекул кислорода, если давление его $0,3 \text{ МПа}$, а средняя квадратичная скорость молекул равна 900 м/с

$n - ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $P = 0,3 \text{ МПа}$	СИ $3 * 10^5 \text{ Па}$	$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2$ (1) $3 * 10^5 \text{ Па}$ Выразим n из уравнения (1)
---	-------------------------------------	---

$$v=900 \frac{м}{с}$$

$$\mu(O_2) = 16 * 2 = 32 * 10^{-3} \frac{кг}{моль}$$

$$Na=6,02*10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$n = \frac{3P}{m_0 v^2} \quad (2)$$

Мы не знаем массу m_0 -массу молекулы

кислорода. Для этого воспользуемся

$$\text{молярной массой кислорода } m_0 = \frac{\mu(O_2)}{Na}$$

$$n = \frac{3P}{\frac{\mu}{Na} * v^2} = \frac{3PNa}{\mu * v^2}$$

$$\text{Концентрация молекул - } n = \frac{3 * 3 * 10^5 \text{ Па} * 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{32 * 10^{-3} \frac{кг}{моль} * (900 \frac{м}{с})^2} \approx 2,1 * 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

$$\text{Ответ: } \approx 2,1 * 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

Зад.№4 Найти среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа при давлении 30 КПа. Концентрация молекул газа при указанном давлении $5 * 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

$E_k - ?$	СИ	$P = \frac{2}{3} n E_k$	$E_k = \frac{3 * 3 * 10^4 \text{ Па}}{2 * 5 * 10^{25} \text{ м}^{-3}} = 9 * 10^{-22} \text{ Дж}$
$P = 30 \text{ КПа}$	$3 * 10^4 \text{ Па}$	$E_k = \frac{3P}{2n}$	
$n = 5 * 10^{25} \text{ м}^{-3}$			

Ответ: $9 * 10^{-22} \text{ Дж}$

Температура. Энергия теплового движения молекул.

Решение задач.

Зад.№1 Определить кинетическую энергию молекулы одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 37°C и давлении 1,2 МПа.

$E_k - ?$ $n - ?$	СИ	$E_k = \frac{3}{2} kT \quad (1);$
$t = 37^\circ \text{C}$	$T = t + 273 \text{ K}$	$P = nkT \quad (2)$
$P = 1,2 \text{ МПа.}$	$1,2 * 10^6 \text{ Па}$	$k - \text{постоянная Больцмана } (1,38 * 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}})$
$k = 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$T = 37^\circ \text{C} + 273 \text{ K} = 310 \text{ K}$	Выразим из (2) уравнения $n \Rightarrow n = \frac{P}{kT}$

$i=3$ – число степеней свободы для 1го атомного газа

Итак: $E_k = \frac{3}{2} kT$ и $n = \frac{P}{kT}$

Вычислим:

$$E_k = \frac{3}{2} * 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} * 310 \text{ K} = 6,417 * 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$n = \frac{1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 310 \text{ К}} \approx 2,8 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$$

Ответ: $6,417 \cdot 10^{-21}$; $\approx 2,8 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$

Зад. №2 Найти температуру водорода и среднюю квадратичную скорость его молекул при давлении 150 КПа и концентрации молекул $1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

<p>T-? v-?</p> <p>P=150 КПа</p> <p>$N=1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$</p> <p>$k=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$</p> <p>$N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$</p> <p>$\mu(H_2O) = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$</p>	Cu	<p style="text-align: center;">$P=nkT$ (1)</p> <p style="text-align: center;">Выразим T из Уравнения (1)</p> <p style="text-align: center;">$T = \frac{P}{nk}$</p> <p style="text-align: center;">$T = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}} \approx$</p> <p style="text-align: center;">$\approx 724 \text{ К}$</p>
--	----	--

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (2)$$

Масса молекулы водорода неизвестна. Найдем его, используя молярную массу водорода.

$$\mu = m_0 N_A \Rightarrow m_0 = \frac{\mu}{N_A} \quad (3) \quad \text{Подставим вы-}$$

ражение (3) в

уравнение (2)

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{\frac{\mu}{N_A}}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{\mu}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 724 \text{ К} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}} \approx 3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

Ответ: $\approx 3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$

Зад. №3 При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул равна 700 м/с ?

<p>T-?</p> <p>$v = 700 \text{ м/с}$</p> <p>$k=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$</p> <p>$N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$</p> <p>$\mu(O_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$</p>	<p style="text-align: center;">$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ (1)</p> <p style="text-align: center;">Выразим из уравнения(1) поэтапно</p> <p style="text-align: center;">1. Возведем в квадрат обе части</p> <p style="text-align: center;">$v^2 = \frac{3kT}{m_0}$</p> <p style="text-align: center;">2. Умножим обе части на m_0</p>
--	---

$$v^2 m_0 = 3KT$$

3.разделим обе части на 3K

$$T = \frac{v^2 m_0}{3K}$$

Итак, $T = \frac{m_0 v^2}{3K}$ (2), но мы не знаем m_0 -массу одной молекулы кислорода. Найдем её, зная молекулярную массу кислорода:

$$\mu = m_0 Na \Rightarrow m_0 = \frac{\mu}{Na} \quad (3)$$

Подставим (3) в (2), получим: $T = \frac{\frac{\mu}{Na} * v^2}{3K} = \frac{\mu v^2}{3KNa}$

$$T = \frac{32 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} * (700 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{3 * 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}} * 6,02 * 10^{23} \text{моль}^{-1}} \approx 629 \text{К}$$

Ответ: $\approx 629 \text{К}$

Зад.№4 Средняя квадратичная скорость молекул газа, находящихся при температуре 110^0с , равна $600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите массу молекулы.

$m_0 - ?$
$t = 110^0 \text{с}$
$V = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
$K = 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}}$

$$T = t + 273 \text{К}$$

$$T = 110^0 \text{с} + 273 \text{К} = 383 \text{К}$$

$$V = \sqrt{\frac{3KT}{m_0}}$$

Выразим m_0 из этого уравнения.

1. Возведем левую и правую части в

квадрат $V^2 = \frac{3KT}{m_0}$

2. Умножим обе части на m_0 $V^2 m_0 = 3KT$

3. Разделим обе части на V^2 $m_0 = \frac{3KT}{V^2}$

Вычислим:

$$m_0 = \frac{3 * 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}} * 383 \text{К}}{(600 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} \approx 4,4 * 10^{-26} \text{кг}$$

Ответ: $\approx 4,4 * 10^{-26} \text{кг}$

Решите задачи:

№1. Зная абсолютную температуру T воздуха и давление p на различных высотах h стандартной атмосферы, найдите: 1) среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул E ; 2) концентрацию n молекул; 3) плотность воздуха ρ ; 4) среднюю квадратическую скорость V .

h , км	T , К	$p \cdot 10^3$, Па
0	288	101
0,5	285	95,6
1	282	89,9
2	275	79,4
5	256	54,0
10	223	26,5

№2. В баллоне вместимостью 10л находится газ при температуре 27С. Вследствие утечки газа давление снизилось на 4,2кПа. Какое число молекул вышло из баллона, если температура осталась неизменной?

Температура
Физический диктант

Вопросы	Ответы
1. Приведите примеры тепловых явлений: ...	... нагревание и охлаждение воды, таяние льда, плавление металлов, кипение воды.
2. Тепловое состояние тел характеризует ...	... температура.
3. Прибор для измерения температуры называется ...	... термометр.
4. Действие жидкостного термометра основано на ...	... тепловом расширении вещества.

5. Для определения температуры среды термометр следует поместить в эту среду и ...	... подождать до тех пор, пока температура прибора не перестанет изменяться.
6. Диффузия при более высокой температуре происходит ...	... быстрее.
7. В теле с большей температурой молекулы движутся ...	... быстрее.
8. Температура вещества определяется ...	... средней скоростью движения его молекул и их массой.
9. Температура является мерой ...	... средней кинетической энергии частиц вещества.
10. Тепловым движением называют ...	... беспорядочное движение частиц, из которых состоит тела.

Работа по карточкам.

Температура. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Карточка 1

1. Вычислите среднюю квадратичную скорость молекул азота при 0 °С.
2. Какой объем занимает газ при давлении $2 \cdot 10^5$ Па, если его масса равна 1 кг, а средняя квадратичная скорость молекул равна 600 м/с?

Температура. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Карточка 2

1. Рассчитайте давление, которое производят молекулы газа на стенки сосуда, если масса газа 3 г, объем $0,5 \cdot 10^{-3}$ м³, а средняя квадратичная скорость молекул 500 м/с.
2. Определите, при какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода равна 500 м/с.

Температура. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Карточка 3

1. Какова средняя квадратичная скорость молекул гелия при 27 °С?
2. Сколько молекул содержится в 2 м³ газа при давлении 150 кПа и температуре 27 °С?

Температура. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Карточка 4

1. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота равна второй космической скорости для Земли?
2. Чему равна концентрация молекул кислорода, если давление его равно 0,2 МПа, а средняя квадратичная скорость молекул составляет 700 м/с?

Температура. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Карточка 5

1. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота равна 943 м/с?
2. Определите среднюю квадратичную скорость движения молекул газа, который занимает объем 5 м³ при давлении $2 \cdot 10^5$ Па и имеет массу 6 кг.

Оформление отчета

1. Записи решения задач в тетрадях.

Контрольные вопросы

1. Справедлив ли закон для небольшого числа частиц?

2. Какие явления являются тепловыми?
3. Перечислите основные характеристики системы молекул.

Практическая работа № 9.

Решение задач по теме «Газовые законы. Уравнение Менделеева-Клапейрона»

Примеры решения задач по теме «Газовые законы»

Если при переходе газа из начального состояния в конечное один из параметров не меняется, то разумно использовать один из газовых законов (10.6), (10.7) или (10.9).

Для этого нужно знать зависимость параметров друг от друга, которая в общем случае даётся уравнением состояния, а в частных — газовыми законами.

Задача 1. Баллон вместимостью $V_1 = 0,02$ м³, содержащий воздух под давлением $P_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, соединяют с баллоном вместимостью $V_2 = 0,06$ м³, из которого воздух выкачан. Определите давление p , которое установится в сосудах. Температура постоянна.

Решение.

Воздух из первого баллона займёт весь предоставленный ему объём $V_1 + V_2$.

По закону Бойля—Мариотта $p_1 V_1 = p_2 (V_2 + V_1)$.

$$p = \frac{p_1 V_1}{V_2 + V_1} = 10^5 \text{ Па.}$$

Отсюда искомое давление

$$P_2 = \frac{4 \times 10^5 \times 0,02}{0,02 + 0,06} = 10^5 \text{ Па}$$

Задача 2. В запаянной пробирке находится воздух при атмосферном давлении и температуре 300 К. При нагревании пробирки на 100 °С она лопнула. Определите, какое максимальное давление выдерживает пробирка.

Решение. Объём воздуха при нагревании остаётся постоянным.

Для определения давления в пробирке при нагревании до 100 °С применяем закон

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

Шарля

По условию $T_2 = 400$ К. Заметим, что изменение температуры по шкале Кельвина равно изменению температуры по шкале Цельсия.

$$p_2 = \frac{p_1}{T_1} T_2 = 1,25 \text{ атм.}$$

Тогда давление

Однако разорваться пробирке мешает атмосферное давление. Тогда окончательно давление, которое может выдержать пробирка, $p_{\text{max}} = p_{\text{атм}} + p_2 \approx 2,25$ атм.

Задача 3. При нагревании газа при постоянном объёме на 1 К давление увеличилось на 0,2 %. Чему равна начальная температура газа?

Решение. Газ нагревается при постоянном объёме — процесс изохорный. По закону

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

Шарля $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$, где $T_2 = T_1 + \Delta T$. Из условия задачи следует, что $p_2 = p_1 \cdot 1,002$, т.

е. $\frac{p_1}{p_1 \cdot 1,002} = \frac{T_1}{T_1 + \Delta T}$, откуда $T_1 = \Delta T / 0,002 = 500$ К.

Задача 4. Давление воздуха внутри бутылки, закрытой пробкой, равно 0,1 МПа при температуре $t_1 = 7$ °С. На сколько градусов нужно нагреть воздух в бутылке, чтобы пробка вылетела? Без нагревания пробку можно вынуть, прикладывая к ней силу 30 Н. Площадь поперечного сечения пробки 2 см².

Решение. Чтобы пробка вылетела из бутылки, необходимо, чтобы давление воздуха в бу-

тылке было равно $p = \frac{F}{S} + p_0$.

При нагревании объём не изменяется. По закону Шарля $\frac{p_0}{T_1} = \frac{p}{T_2}$, откуда $T_2 = \frac{pT_1}{p_0}$. Следовательно,

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{T_1 F}{p_0 S} = 420 \text{ К.}$$

Примеры решения задач по теме «Уравнение состояния идеального газа»

При решении задач по данной теме надо чётко представлять себе начальное состояние системы и какой процесс переводит её в конечное состояние. Одна из типичных задач на использование уравнения состояния идеального газа: требуется определить параметры системы в конечном состоянии по известным макроскопическим параметрам в её начальном состоянии.

Задача 1. Воздух состоит из смеси газов (азота, кислорода и т. д.). Плотность воздуха ρ_0 при нормальных условиях (температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и атмосферное давление $p_0 = 101\,325 \text{ Па}$) равна $1,29 \text{ кг/м}^3$.

Определите среднюю (эффективную) молярную массу M воздуха.

Решение. Уравнение состояния идеального газа при нормальных условиях имеет вид

$$p_0 V_0 = \frac{m}{M} RT_0.$$

Здесь $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ и

$T_0 = 0^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 273 \text{ К}$,

M — эффективная молярная масса воздуха. Эффективная молярная масса смеси газов — это молярная масса такого воображаемого газа, который в том же объёме и при той же температуре оказывает на стенки сосуда то же давление, что и смесь газов, в данном случае воздух. Отсюда

$$M = \frac{m \times R \times T_0}{p_0 \times V_0} = \frac{\rho_0 \times R \times T_0}{p_0} = \frac{1,29 \times 8,31 \times 273}{101235} = 0,029 \text{ кг/моль}$$

Задача 2. Определите температуру кислорода массой 64 г, находящегося в сосуде объёмом 1 л при давлении $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Молярная масса кислорода $M = 0,032 \text{ кг/моль}$.

Решение. Согласно уравнению Менделеева—Клапейрона $pV = \frac{m}{M} RT$.

$$T = \frac{pVM}{mR} = 300 \text{ К.}$$

Отсюда температура кислорода

Задача 3. Определите плотность азота при температуре 300 К и давлении 2 атм. Молярная масса азота $M = 0,028 \text{ кг/моль}$.

Решение. Запишем уравнение Менделеева—Клапейрона: $pV = \frac{m}{M} RT$.

Разделив на объём левую и правую части равенства, получим

$$p = \frac{m}{VM} RT = \frac{\rho}{M} RT, \text{ откуда } \rho = \frac{pM}{RT} \approx 2,28 \text{ кг/м}^3.$$

Задача 4. Определите, на сколько масса воздуха в комнате объёмом 60 м^3 зимой при температуре 290 К больше, чем летом при температуре 27°C . Давление зимой и летом равно 10^5 Па .

Решение. Запишем уравнение Менделеева—Клапейрона: $pV = \frac{m}{M} RT$.

Из этого уравнения выразим массу газа: $m = \frac{pVM}{RT}$, где T принимает значения T_1 и T_2 — температуры воздуха зимой и летом. Молярная масса воздуха $M = 0,029 \text{ кг/моль}$. Температура воздуха летом $T_2 = 27^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$.

Таким образом,

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{pVM}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = 2,4 \text{ кг.}$$

СР-59. Изопроцессы

ВАРИАНТ № 1

1. При какой температуре находился газ, если при его изобарном нагревании на 300 К объем возрос в 2,5 раза?
2. Некоторая масса идеального газа нагревается изохорно от температуры 27 °С до 127 °С. Давление газа при этом возросло на 40 кПа. Определите первоначальное давление газа.
3. Газ изотермически сжали от объема 6 л до объема 4 л, при этом изменение давления равно 200 кПа. Определите начальное давление газа.

ВАРИАНТ № 2

1. Некоторая масса идеального газа нагревается при постоянном давлении от температуры 27 °С до 127 °С. Объем газа при этом увеличился на 1 л. Определите первоначальный объем газа.
2. В изохорном процессе давление идеального газа увеличивается на 50 кПа. На сколько градусов Кельвина увеличится при этом температура газа, если первоначальное давление было 200 кПа, а первоначальная температура 300 К? Масса газа остается неизменной.
3. Идеальный газ сжимают изотермически так, что объем газа изменяется в 1,4 раза, а давление на 200 кПа. Определите начальное давление газа.

СР-57. Уравнение Клапейрона – Менделеева

ВАРИАНТ № 1

1. Азот массой 0,3 кг при температуре 280 К оказывает давление на стенки сосуда равное $8,31 \cdot 10^4$ Па. Чему равен объем газа? Молярная масса азота 0,028 кг/моль.
2. В баллоне содержится газ под давлением 2,8 МПа при температуре 280 К. Удалив половину молекул, баллон перенесли в помещение с другой температурой. Определите конечную температуру газа, если давление уменьшилось до 1,5 МПа.
3. При увеличении температуры азота (N_2) от 27 °С до 1077 °С все молекулы распались на атомы. Во сколько раз увеличилось давление в сосуде?

ВАРИАНТ № 2

1. Газ находится в баллоне объемом 8,31 л при температуре 127 °С и давлении 100 кПа. Какое количество вещества содержится в газе?
2. Баллон содержит сжатый газ при температуре 300 К и давлении 200 кПа. Каким будет давление в баллоне, когда из него будет выпущено 0,6 массы газа, а температура понизится до 0 °С?
3. Некоторое количество водорода находится при температуре 200 К и давлении 400 Па. Газ нагревают до температуры 10 000 К, при которой молекулы водорода практически полностью распадаются на атомы. Определите давление газа, если его объем и масса остались без изменения. Молярная масса водорода 0,002 кг/моль.

Практическая работа № 10. Решение задач по теме «Внутренняя энергия. Работа»

Примеры решения задач по теме «Внутренняя энергия. Работа»

Для решения задач нужно уметь вычислять внутреннюю энергию и работу, пользуясь формулами (13.1) и (13.4). Надо ещё иметь в виду, что величины A , Q , ΔU могут быть как положительными, так и отрицательными.

Задача 1. Аэростат объёмом $V = 500 \text{ м}^3$ наполнен гелием под давлением $p = 10^5 \text{ Па}$. В результате солнечного нагрева температура газа в аэростате поднялась от $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Решение. Гелий является одноатомным газом, поэтому его внутренняя энергия определяется формулой (13.1). При температуре T_1 эта энергия равна

$$U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT_1,$$

а при температуре T_2 равна $U_2 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT_2$. Изменение энергии равно:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R(T_2 - T_1).$$

Масса гелия неизвестна, но её можно выразить с помощью уравнения Менделеева—Клапейрона

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

$$\frac{mR}{M} = \frac{pV}{T_1}.$$

через начальную температуру, давление и объём газа:

Подставляя значе-

ние $\frac{mR}{M}$ в уравнение для изменения энергии, получаем

$$\Delta U = \frac{3}{2} pV \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \approx 4 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Задача 2. В цилиндре под тяжёлым поршнем находится углекислый газ ($M = 0,044 \text{ кг/моль}$) массой $m = 0,20 \text{ кг}$. Газ нагревается на $\Delta T = 88 \text{ К}$. Какую работу он при этом совершает?

Решение.

Газ расширяется при некотором постоянном давлении p , которое создаётся атмосферой и поршнем.

В этом случае работа газа

$$A' = p(V_2 - V_1),$$

где V_1 и V_2 — начальный и конечный объёмы газа. Используя уравнение Менделеева—Клапейрона, выразим произведения

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1$$

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2$$

$$A' = \frac{m}{M} RT_1 - \frac{m}{M} RT_2$$

pV_2 и pV_1 через $\frac{m}{M} RT_2$ и $\frac{m}{M} RT_1$. Тогда

$$A' = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1) \approx 3,3 \text{ Дж.}$$

$$A = \frac{0,2 \text{ кг}}{0,044 \text{ кг/Моль}} \times \frac{8,31 \text{ Дж}}{(\text{Моль} \times \text{К})} \times 88 \text{ К} = 3,3 \text{ кДж}$$

Задача 3. Чему равна работа, совершённая газом (A') в количестве $\nu=3$ моль при сжатии, если температура увеличилась на $\Delta T=100\text{К}$? Потери тепла не учитывайте.

Решение.

При сжатии внешняя сила совершает положительную работу (A), за счёт которой происходит изменение внутренней энергии (ΔU) и соответственно температуры газа, т. е.

$$A = \Delta U.$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

, т.к.

$$\frac{m}{M} = \nu$$

Работа, совершённая силой давления газа:

$$A' = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T \approx -1250 \text{ Дж.}$$

Задача 4. На рисунке 13.4 показана зависимость давления газа от объёма при его переходе из состояния 1 в состояние 4. Определите работу газа.

Решение.

На первом участке $A_1 = pV = 2 \times 10^5 \text{ Па} \times 2 \times 10^{-3} \text{ м}^3 = 400 \text{ Дж}$

$$A_2 = 600 \text{ Дж}$$

$$A_3 = 800 \text{ Дж}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 1800 \text{ Дж}$$

Работа газа численно равна площади заштрихованной

фигуры. Процессы 1—2 и 3—4 изобарные, поэтому работа газа в этих процессах

$$A'_{1-2} = p_1(V_2 - V_1), \quad A'_{3-4} = p_2(V_4 - V_3).$$

В процессе 2—3 изменяются все три параметра газа. Работа газа в этом про-

цессе $A'_{2-3} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_3 - V_2).$

Таким образом, учтя, что $V_2 - V_1 = V_3 - V_2 = V_4 - V_3 = \Delta V$, получим

$$A' = (p_1 + p_2 + \frac{p_1 + p_2}{2}) \Delta V = \frac{3}{2} (p_1 + p_2) \Delta V = 1800 \text{ Дж.}$$

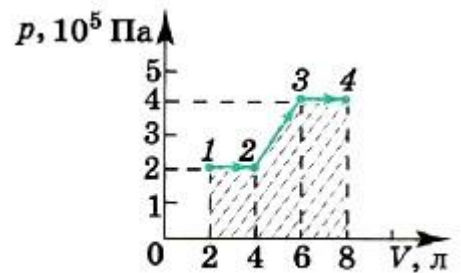


Рис. 13.4

Задачи для самостоятельного решения

1. Как изменится внутренняя энергия одноатомного идеального газа, если его давление увеличится в 3 раза, а объём уменьшится в 2 раза?

2. Стержень отбойного молотка приводится в движение сжатым воздухом. Масса воздуха в цилиндре за время хода поршня меняется от 0,1 до 0,5 г. Считая давление воздуха в цилиндре и температуру (27°C) постоянными, определите работу газа за один ход поршня ($M_{\text{возд}} = 0,029 \text{ кг/моль}$).

3. При изобарном расширении одноатомного газа, взятого в количестве 4 моль, его температура увеличилась на 100°C . Определите изменение внутренней энергии и работу, совершённую силой давления газа.

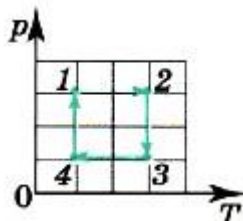
Образцы заданий ЕГЭ

С1. Объём идеального одноатомного газа, масса которого постоянна, увеличился при постоянном давлении 500 кПа на $0,03 \text{ м}^3$. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

С2. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жёсткими стенками объёмом $0,5 \text{ м}^3$. При нагревании его давление возросло на 4 кПа. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

C3. Во время опыта объём воздуха в цилиндре, закрытом подвижным поршнем, и его абсолютную температуру увеличили в 2 раза. Оказалось, однако, что воздух мог просачиваться сквозь зазор вокруг поршня, и за время опыта его давление в цилиндре не изменилось. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в цилиндре? (Воздух считайте идеальным газом.)

C4. В сосуде с небольшой трещиной находится газ, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление газа уменьшилось в 8 раз, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в сосуде? (Газ считайте идеальным.)



C5. В координатах p, T показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ. На каком участке цикла работа газа наибольшая по модулю?

<p align="center">Самостоятельная работа Внутренняя энергия газа. Работа газа при изопроцессах. <i>Вариант 1</i></p> <p>1) Рассчитайте внутреннюю энергию идеального газа в количестве 3 моль при температуре 127°C.</p> <p>2) Какова температура идеального газа, если внутренняя энергия 4 моль составляет 831 кДж.</p> <p>3) Какой объём занимает идеальный газ, если при нормальном атмосферном давлении его внутренняя энергия 540 Дж.</p> <p>4) Какую работу совершил воздух массой 200 г при изобарном нагревании на 20 К.</p>	<p align="center">Самостоятельная работа Внутренняя энергия газа. Работа газа при изопроцессах. <i>Вариант 2.</i></p> <p>1) Какова внутренняя энергия 5 моль одноатомного газа при температуре 27°C.</p> <p>2) Найдите концентрацию молекул одноатомного газа в сосуде при температуре 27°C и внутренней энергии 37 кДж.</p> <p>3) Каково давление идеального газа, занимающего объём 3 л, если его внутренняя энергия 270 Дж.</p> <p>4) Какое количество теплоты сообщили воздуху массой 200 г при изобарном нагревании на 20 К.</p>
<p align="center">Самостоятельная работа Внутренняя энергия газа. Работа газа при изопроцессах. <i>Вариант 3.</i></p> <p>1) Найдите концентрацию молекул одноатомного газа в сосуде при температуре 27°C и внутренней энергии 37 кДж.</p> <p>2) Какой объём занимает идеальный газ, если при нормальном атмосферном давлении его внутренняя энергия 540 Дж.</p> <p>3) Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определите работу.</p> <p>4) Рассчитайте внутреннюю энергию идеального газа в количестве 3 моль при температуре 127°C.</p>	<p align="center">Самостоятельная работа Внутренняя энергия газа. Работа газа при изопроцессах. <i>Вариант 4.</i></p> <p>1) Найдите концентрацию молекул одноатомного газа в сосуде при температуре 27°C и внутренней энергии 37 кДж.</p> <p>2) Какова температура идеального газа, если внутренняя энергия 4 моль составляет 831 кДж.</p> <p>3) Каково давление идеального газа, занимающего объём 3 л, если его внутренняя энергия 270 Дж.</p> <p>4) Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определите приращение его внутренней энергии.</p>

ОТВЕТЫ:

$U = 18,7 \text{ кДж}$

2. $n = 10 \text{ моль}$

3. $P = 60 \text{ кПа}$

4. $Q = 2,8 \text{ кДж}$

Вариант 3:

1. $n = 10 \text{ моль}$

2. $V = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

3. $A = 3,3 \text{ МДж}$

4. $U = 15 \text{ кДж}$

Вариант 4:

1. $n = 10 \text{ моль}$

2. $T = 16700 \text{ К}$

3. $P = 60 \text{ кПа}$

4. $\Delta U = 6,1 \text{ МДж}$

Практическая работа № 11.
Изучение первого и второго начала термодинамики.

Цели:

1. Изучить закон сохранения энергии, распространённый на тепловые явления – первый закон термодинамики.
2. Рассмотреть изопроцессы в газах с энергетической точки зрения, применив к ним первый закон термодинамики.
3. Дать понятие адиабатического процесса.
4. Сформировать понятие о физических принципах действия тепловых двигателей.
5. Познакомить учащихся с важнейшими направлениями применения тепловых двигателей в народном хозяйстве.
6. Выяснить экологические проблемы, связанные с использованием тепловых двигателей.

Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.-416 с.

Задание: изучить параграфы 81, 82 учебника, письменно ответить на вопросы.

Изучить параграф 83, решить задачи для самостоятельного решения 1,3,5 в конце параграфа.

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

1. Тело, состоящее из атомов или молекул, обладает:

- 1) Кинетической энергией беспорядочного теплового движения частиц.
- 2) Потенциальной энергией взаимодействия частиц между собой внутри тела.
- 3) Кинетической энергией движения тела относительно других тел.

Какие из перечисленных видов энергии являются составляющими частями внутренней энергии тела?

- А. Только 1. Б. только 2. В. только 3.
Г. 1 и 2. Д. 1 и 3. Е. 1, 2 и 3.

1. В каком случае работа, совершенная над телом внешними силами, приводит к изменению его внутренней энергии?

- А. если изменяется кинетическая энергия тела.
Б. Если изменяется потенциальная энергия тела.
В. только при изменении кинетической энергии беспорядочного теплового движения частиц в теле.
Г. только при изменении потенциальной энергии взаимодействия частиц, составляющих тело.
Д. При изменении потенциальной энергии взаимодействия частиц, составляющих тело, и при изменении кинетической энергии их беспорядочного теплового движения.
Е. Во всех случаях, перечисленных в ответах А-Д.

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

2. Осуществлены три процесса теплообмена. В первом процессе тело М получило количество теплоты Q от тела N. Во втором процессе тело М передало количество теплоты Q телу N. В третьем процессе тело М получило количество теплоты Q от тела N и передало такое же количество теплоты телу K в результате теплообмена. В каком случае произошло изменение внутренней энергии тела?

- * А. только в первом случае.
- * Б. только во втором случае.
- * В. только в третьем случае.
- * Г. только в первом и во втором случае.
- * Д. В первом, втором и третьем случае.

2. Какая физическая величина вычисляется по формуле

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT$$

- А. внутренняя энергия идеального одноатомного газа.
Б. Потенциальная энергия идеального одноатомного газа.
В. Количество теплоты в идеальном газе.
Г. Объем идеального газа.
Д. Давление идеального газа.

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

3. При постоянном давлении P объем газа увеличился на ΔV

Какая величина равна произведению

$$p \cdot \Delta V$$

- А. Работа, совершенная газом.
- Б. Работа, совершенная над газом внешними силами.
- В. Количество теплоты, полученное газом.
- Г. Количество теплоты, отданное газом.
- Д. Внутренняя энергия газа.

3. Над телом совершена работа A внешними силами, и телу передано количество теплоты. Чему равно изменение внутренней энергии тела?

А. $\Delta U = A$;

Б. $\Delta U = Q$;

В. $\Delta U = A + Q$;

Г. $\Delta U = A - Q$

Д. $\Delta U = Q - A$;

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

4. Первый закон термодинамики утверждает, что построить «вечный двигатель» невозможно. Каков смысл этого утверждения?

- А. Нельзя построить двигатель, который бы работал вечно, так как любая машина со временем изнашивается и ломается.
- Б. Нельзя построить машину, которая совершала бы полезную работу без потребления энергии извне и без каких-либо изменений внутри машины.
- В. Невозможно «вечное движение» ни в природе, ни в технике. Любые тела без действия внешних сил спустя некоторое время останавливаются.
- Г. Нельзя построить самый лучший на все времена двигатель. Пройдет время, и будет создан еще более лучший двигатель, чем сделан сейчас.

4. Идеальному газу передается количество теплоты таким образом, что в любой момент времени переданное количество теплоты ΔQ равно работе ΔA , совершенной газом. Какой процесс осуществлен?

- А. Адиабатный.
- Б. Изобарный.
- В. Изохорный.
- Г. Изотермический.
- Д. Это мог быть любой процесс.
- Е. Никакого процесса не было

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

5. При постоянном давлении 10^5 Па объем воздуха, находившегося в квартире, увеличился на 20 дм³. Какую работу совершил газ?

- А. $5 \cdot 10^6$ Дж
- Б. $2 \cdot 10^6$ Дж
- В. $2 \cdot 10^5$ Дж
- Г. $2 \cdot 10^4$ Дж
- Д. $2 \cdot 10^3$ Дж
- Е. 0 Дж

5. Идеальному газу передано количество теплоты Q , и внешние силы совершили над ним работу A . Как изменилась внутренняя энергия газа?

- А. Увеличилась на $Q+A$.
- Б. Увеличилась на Q .
- В. уменьшилась на A .
- Г. уменьшилась на Q .
- Д. Не изменилась.

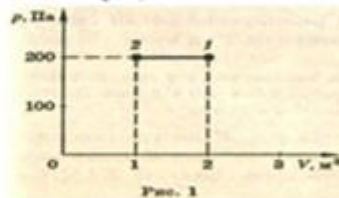
ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

6. В результате получения количества теплоты 20 Дж и совершения работы внутренняя энергия идеального газа увеличилась на 15 Дж. Какая работа была совершена?

- А. Газ совершил работу 35 Дж
- Б. Внешние силы совершили работу над газом 35 Дж.
- В. газ совершил работу 5 Дж.
- Г. внешние силы совершили работу над газом 5 Дж.
- Д. Работа газа равна нулю.

Вариант 2.

6. Идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 в процессе, представленном на диаграмме $p - V$ рисунка 1. Какая работа совершена в этом процессе?



- А) Газ совершил работу 200 Дж.
- Б) Внешние силы совершили работу над газом 200 Дж.
- В) Газ совершил работу 400 Дж.
- Г) Внешние силы совершили работу над газом 400 Дж.
- Д) Работа равна нулю.

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

7. Что служит рабочим телом в двигателе автомобиля?

- А. Воздух.
- Б. Вода.
- В. Пары бензина.
- Г. Поршень.
- Д. Цилиндр.

7. Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя количество теплоты 10 Дж и отдает холодильнику 6 Дж. Каков КПД машины?

- А. – 0,67. Б. 0,6. В. 0,4. Г. 0,375. Д. 0,25.

ТЕСТ «ТЕРМОДИНАМИКА»

8. Каково максимально возможное значение КПД тепловой машины, использующей нагреватель с температурой 427°C и холодильник с температурой 27°C?

- А. – 0,06. Б. – 0,57. В. – 0,94. Г. – 0,43. Д. – 0,70.

8. Какое из приведенных ниже высказываний передает смысл второго закона термодинамики?

- 1. Передача количества теплоты всегда и всюду возможна только в направлении от горячего тела к холодному.
 - 2. Неосуществим термодинамический процесс, в результате которого происходила бы передача тепла от одного тела к другому, более горячему, без каких-либо других изменений в природе.
 - 3. Общее количество энергии во Вселенной с течением времени убывает.
- А. 1,2 и 3. Б. 2 и 3. В. 1 и 2. Г. Только 1. Д. Только 2. Е. Только 3.

Практическая работа №12. Решение задач по теме «Первый закон термодинамики»

Цель: научиться применять первый закон термодинамики при решении задач.

Краткая теория

Если рассматривать все тела, участвующие в процессе, и учитывать изменение и механической и внутренней энергии всех тел, то в итоге получим, что полная энергия — величина постоянная. Это закон сохранения полной энергии. В термодинамике он носит название *первого начала* и формулируется следующим образом: теплота, сообщенная газу, идет на изменение его внутренней энергии и на работу, совершаемую газом против внешних сил:

$$Q = \Delta U + A$$

Устройства, превращающие энергию топлива в механическую энергию, называются тепловыми двигателями.

КПД теплового двигателя – важная его характеристика. ТД подчиняется первому закону термодинамики и конечно же второму закону термодинамики (передача тепла происходит от более нагретого тела к менее нагретому).

Коэффициентом полезного действия называют отношение полезной работы, совершенной данным двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя. КПД вы-

ражают в процентах.
$$\eta = \frac{A}{Q_n} \cdot 100\% \quad \eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} \cdot 100\%$$

Q_n – теплота, полученная от нагревателя, Дж Q_x - теплота, отданная холодильнику, Дж

Этот КПД является реальным, т.е. как раз эту формулу и используют для характеристики реальных тепловых двигателей.

В 19 веке в результате работ по теплотехнике французский инженер Сади Карно предложил другой способ для определения (через термодинамическую температуру):

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\%$$

T_n – термодинамическая температура нагревателя, К
 T_x - термодинамическая температура холодильника, К.

И этот коэффициент полезного действия получил название максимального. Главное значение этой формулы состоит в том, что любая реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру T_n , и холодильником с температурой T_x , не может иметь КПД, превышающий КПД идеальной тепловой машины. Не существует теплового двигателя, у которого КПД = 100% или 1.

Задания для аудиторной работы

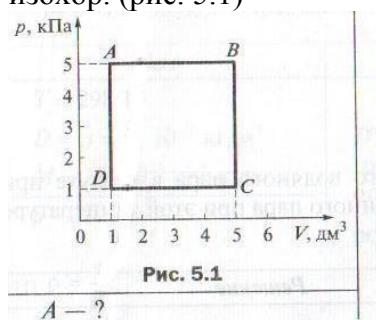
Вариант 1.

1. В стальном баллоне находится гелий массой 0.5 кг при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Как изменится внутренняя энергия гелия, если его температура повысится до 30°C .
2. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0.5 кг при изохорном повышении его температуры на 15°C .
3. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?
4. 0.2 кг азота нагревают при постоянном давлении от 20 до 80°C . Какое количество теплоты поглощается при этом? Какое количество теплоты поглощается при этом? Какую работу производит газ? Удельная теплоемкость азота при постоянном давлении $C = 108$ Дж/кг·К.

5. Водород массой $m = 4$ г, занимая первоначальный объем $V_1 = 0.1$ м³, расширяется до объема $V_2 = 1$ м³. Определите: 1) A_1 – работу газа при изобарном процессе; 2) A_2 – работу газа при изотермическом процессе. Начальная температура газа $T_1 = 300$ К.
6. Найти КПД теплового двигателя, если газ получает от нагревателя 200 Дж теплоты и отдает холодильнику 135 Дж.
7. Чему равен КПД теплового двигателя, если температура нагревателя 800°С, а температура холодильника 25°С?
8. Оцените максимальное значение КПД, которое может иметь тепловая машина с температурой нагревателя 727 °С и температурой холодильника 27 °С.
9. Каков КПД теплового двигателя, если рабочее тело, получив от нагревателя количество теплоты 1,6 МДж, совершило работу 400 кДж? Какое количество теплоты передано холодильнику?
10. Чему равен КПД идеального теплового двигателя, если температура нагревателя 500° С, а температура холодильника 20° С?

Вариант 2.

1. Определите работу A , совершаемую газом за один цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. (рис. 5.1)



2. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 400 моль, на 300°К ему сообщили количество теплоты 5.4 МДж. Определите работу газа и приращение его внутренней энергии.
3. В закрытом баллоне находится газ. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 500 Дж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?
4. В теплоизолированном цилиндре с поршнем находится азот массой 0.3 кг при температуре 20°С. Азот, расширяясь, совершает работу 6705 Дж. Определить изменение внутренней энергии азота и его температуру после расширения ($C_v = 745$ Дж/кг·К).
5. Углекислый газ массой $m = 20$ г нагрет от температуры $T_1 = 290$ К до температуры $T_2 = 300$ К при постоянном давлении. Определите: 1) A – работу, которую совершил газ при расширении; 2) ΔU – изменение его внутренней энергии.
6. КПД идеальной машины 60%, температура нагревателя 480С. Какова температура холодильника? Какая часть теплоты, получаемой от нагревателя, уходит в холодильник?
7. Тепловой двигатель совершает за цикл работу 100 Дж. Какое количество теплоты получено при этом от нагревателя, если КПД равен 20%?
8. Чему равен максимальный КПД идеального теплового двигателя, если температура нагревателя 455° С, а температура холодильника 273° С?
9. Определите КПД теплового двигателя, если количество теплоты, полученное от нагревателя за цикл, равно 500 Дж, а количество теплоты, отданное холодильнику за цикл, составляет 400 Дж.
10. Температуры нагревателя и холодильника идеальной тепловой машины соответственно равны 380К и 280К. Во сколько раз увеличится КПД машины, если температуру нагревателя увеличить на 200К?

Практическая работа №13 .
Решение задач по теме «Коэффициент полезного действия тепловых двигателей»

Цели:

- 1. Повторить основные формулы.***
- 2. Научиться применять полученные знания для решения задач.***
- 3. Провести анализ полученных результатов.***

Основные формулы

6. Первый закон термодинамики

$$\Delta U = A + Q$$
$$Q = \Delta U + A'$$

7. КПД тепловых двигателей

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} \rightarrow A' = Q_1 - |Q_2|$$
$$\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} \rightarrow \eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Задача 1. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?

Дано:	"СИ"
$A' = 15 \text{ кДж}$	$1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$
$T = \text{const}$	
$Q = ?$	

Решение.

По I закону термодинамики: $Q = A' + \Delta U$
При изотермическом процессе ($T = \text{const}$)
внутренняя энергия газа не меняется, то есть

$$\Delta U = 0.$$

Тогда газ совершает механическую работу за счёт сообщенного ему количества теплоты:

$$Q = A'$$

Таким образом, газу сообщено количество теплоты, равное

$$Q = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 15 \text{ кДж}.$$

Ответ: $Q = 15 \text{ кДж}$.

Задача 2. В закрытом баллоне находится газ. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 500 Дж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?

Дано:

$$\Delta U = -500 \text{ Дж}$$

Q - ?

A' - ?

Решение.

Газ находится в закрытом баллоне, следовательно, объём газа не меняется, то есть $V = \text{const}$ и $\Delta V = 0$.

Газ работу не совершает, так как

$$A' = p\Delta V \Rightarrow A' = 0.$$

По I закону термодинамики $Q = A' + \Delta U \Rightarrow Q = \Delta U$.

Таким образом, при изменении внутренней энергии газ отдаёт количество теплоты, равное $Q = -500 \text{ Дж}$ (знак «-» показывает, что газ выделяет количество теплоты).

Ответ: Q = -500 Дж; A' = 0.

Задача 3. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 400 моль, на 300 °K ему сообщили количество теплоты 5,4 МДж. Определите работу газа и изменение его внутренней энергии.

Дано:

$$p = \text{const}$$

$$\nu = 400 \text{ моль}$$

$$\Delta T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$Q = 5,4 \text{ МДж}$$

A' - ?

ΔU - ?

“СИ”

$$5,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Решение.

Запишем первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A'$$

Работа газа при постоянном давлении:

$$A' = p\Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T$$

$$m \cdot \nu = \frac{m}{M}, \text{ то } A' = \nu R \Delta T$$

Изменение внутренней энергии системы: $\Delta U = Q - A'$

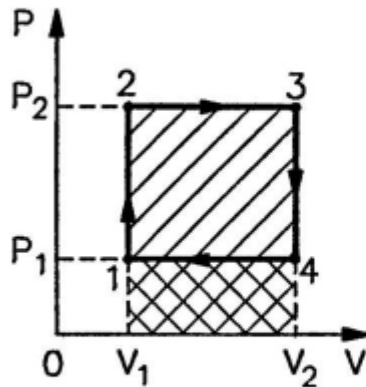
$$A' = 400 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}^\circ\text{K}} \cdot 300^\circ\text{K} = 99,72 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 0,9972 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$\Delta U = 5,4 \cdot 10^6 - 0,9972 \cdot 10^6 \approx 4,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Ответ: A' = 1МДж; ΔU = 4,4 МДж.

Задача 4. Найти работу тепловой машины за один цикл, изображенный на рисунке.

Решение.



Работа газа численно равна площади прямоугольника 1234:

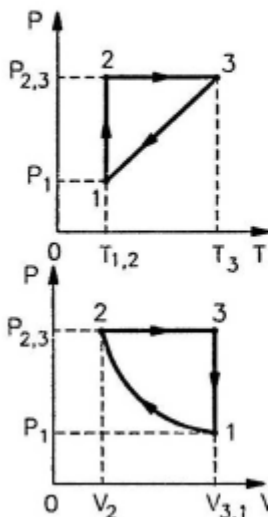
$$A = S_{1234}$$

$$A = (p_2 - p_1) \cdot (V_2 - V_1)$$

Ответ: $A = (p_2 - p_1) \cdot (V_2 - V_1)$.

Задача 5. Какую работу – положительную или отрицательную – совершает газ за один цикл (см. рисунок)? На каких участках количество теплоты поглощается, отдаётся?

Решение.



Перенесём этот график на диаграмму $p(V)$.

1→2: $T = \text{const}$, $p \uparrow \rightarrow V \downarrow$ - изотермическое сжатие.

2→3: $p = \text{const}$, $T \uparrow \rightarrow V \uparrow$ - изобарное расширение.

3→1: $p \downarrow$ и $T \downarrow \rightarrow V = \text{const}$ - изохорное охлаждение.

С помощью диаграммы $p(V)$ определим работу газа.

$A = p \Delta V$.

$$A_{31} = 0, \text{ т.к. } \Delta V = 0$$

Работа равна площади фигуры, ограниченной графиком процесса, осью OV и прямыми $V=V_1$ и $V=V_2$.

$$S_{12} < S_{23} \Rightarrow A_{12} < A_{23}$$

Таким образом за один цикл газ совершает **положительную работу**.

Газ поглощает количество теплоты на участке 2→3 (при расширении), отдаёт количество теплоты при сжатии – участок 1→2 и при охлаждении – участок 3→1.

Ответ: $A' > 0$; $Q_{23} > 0$; $Q_{12} < 0$; $Q_{31} < 0$.

Задача 6. Тепловой двигатель получает от нагревателя за одну секунду 7200 кДж теплоты и отдаёт холодильнику 5600 кДж. Каков КПД теплового двигателя?

Дано:

$$Q_1 = 7200 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 5600 \text{ кДж}$$

$\eta - ?$

“СИ”

$$7,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$5,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Решение.

По определению КПД тепловой машины:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{7,2 \cdot 10^6 - 5,6 \cdot 10^6}{7,2 \cdot 10^6} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{(7,2 - 5,6) \cdot 10^6}{7,2 \cdot 10^6} \cdot 100\% = \frac{1,6}{7,2} \cdot 100\% \approx 22\%$$

Ответ: $\eta = 22\%$.

Задача 7. Идеальная тепловая машина получает от нагревателя, температура которого 500°K, за один цикл 3360 Дж теплоты. Найти количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику, температура которого 400°K. Найти работу машины за один цикл.

Дано:

$$T_1 = 500^\circ\text{K}$$

$$Q_1 = 3360 \text{ Дж}$$

$$T_2 = 400^\circ\text{K}$$

$Q_2 - ?$
 $A' - ?$

Решение.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1}$$

Работа машины за один цикл: $A' = Q_1 - Q_2$

$$Q_2 = \frac{3360 \text{ Дж} \cdot 400^\circ\text{K}}{500^\circ\text{K}} = 2688 \text{ Дж}; \quad A' = 3360 - 2688 = 672 \text{ Дж}$$

Ответ: $Q_2 = 2688 \text{ Дж}; A' = 672 \text{ Дж}$.

Задача 8. Какое максимальное теоретически возможное значение КПД может иметь турбина, в которой используют пар с температурой 600°C, а отвод тепла осуществляется с помощью речной воды, обеспечивающей холодильнику температуру 27°C? Каковы основные пути повышения КПД тепловых машин?

Дано:	“СИ”	Решение.
$t_1 = 600^\circ\text{C}$	873°K	$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$
$t_2 = 27^\circ\text{C}$	300°K	
$\eta - ?$		$\eta_{\max} = \frac{873 - 300}{873} \cdot 100\% \approx 66\%$

Основной способ увеличения КПД – повышение температуры нагревателя T_1 и понижение температуры холодильника T_2 .

Ответ: $\eta_{\max} = 66\%$.

Задача 9. В паровой турбине расходуется дизельное топливо массой 0,35 кг на 1 кВт·ч мощности. Температура поступающего в турбину пара 250°C, температура холодильника 30°C. Вычислите фактический КПД турбины и сравните его с КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же температурных условиях.

Дано:	“СИ”	Решение.
$A' = 1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$1 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	Для реальной тепловой машины: $\eta = \frac{A'}{Q} \cdot 100\%$
$m = 0,35 \text{ кг}$		
$q = 42 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$		$Q = qm, \text{ где } q - \text{ удельная теплота сгорания топлива.}$
$t_1 = 250^\circ\text{C}$	$T_1 = 523^\circ\text{K}$	
$t_2 = 30^\circ\text{C}$	$T_2 = 303^\circ\text{K}$	
$\eta - ?$		
$\eta_{\max} - ?$		

$$\eta = \frac{A'}{qm} \cdot 100\% = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 100\%}{42 \cdot 10^6 \cdot 0,35} \approx 25\%$$

КПД идеальной тепловой машины: $\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% = \frac{523 - 303}{523} \cdot 100\% \approx 42\%$

Ответ: $\eta = 25\%, \eta_{\max} = 42\%$.

Самостоятельная работа

Вариант 1.

1. В стальном баллоне находится гелий массой 0.5 кг при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Как изменится внутренняя энергия гелия, если его температура повысится до 30°C .

Вариант 2.

- 1. Определите работу A , совершаемую газом за один цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. (рис. 5.1)

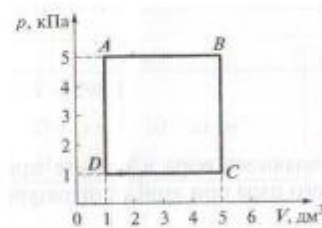


Рис. 5.1

$A = ?$

Самостоятельная работа

Вариант 1.

2. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0.5 кг при изохорном повышении его температуры на 15°C .

3. Найдите изменение внутренней энергии азота при изохорическом нагревании на 800°C , если его масса 1 кг, а удельная теплоемкость при постоянном объеме равна $745 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$

Вариант 2.

2. Какую работу совершил газ в процессе изобарического расширения при давлении

$4 \cdot 10^5 \text{ Па}$, если его температура повысилась с 17°C до 300 K , а объем достиг 4 л ?

3. Газ находится под давлением $2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. При сообщении газу $6 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ теплоты, он изобарно расширился на 2 м^3 . На сколько изменилась внутренняя энергия газа? Как изменилась температура газа?

Самостоятельная работа

Вариант 1.

4. 0.2 кг азота нагревают при постоянном давлении от 20 до 80°C. Какое количество теплоты поглощается при этом? Какое количество теплоты поглощается при этом? Какую работу производит газ? Удельная теплоемкость азота при постоянном давлении $C = 108 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$.

Вариант 2.

4. В теплоизолированном цилиндре с поршнем находится азот массой 0.3 кг при температуре 20°C. Азот, расширяясь, совершает работу 6705 Дж. Определить изменение внутренней энергии азота и его температуру после расширения ($C_v = 745 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$).

Самостоятельная работа

Вариант 1.

5. Водород массой $m = 4 \text{ г}$, занимая первоначальный объем $V_1 = 0.1 \text{ м}^3$, расширяется до объема $V_2 = 1 \text{ м}^3$. Определите: 1) A_1 – работу газа при изобарном процессе; 2) A_2 – работу газа при изотермическом процессе. Начальная температура газа $T_1 = 300 \text{ К}$.

Вариант 2.

5. Углекислый газ массой $m = 20 \text{ г}$ нагрет от температуры $T_1 = 290 \text{ К}$ до температуры $T_2 = 300 \text{ К}$ при постоянном давлении. Определите: 1) A – работу, которую совершил газ при расширении; 2) ΔU – изменение его внутренней энергии.

Практическая работа № 14.

Решение задач по теме «Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции полей»

I. Фронтальный опрос

Вопросы по материалу последних уроков:

1. Какой заряд называется точечным?
2. Сформулировать закон Кулона.
3. Что называется напряжённостью электрического поля?
4. Как направлен вектор напряжённости?

Проверим:

1) **Точечным зарядом называется заряд**, сосредоточенный на теле, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием

до других тел или до рассматриваемой точки поля. Иными словами, **точечный заряд** — это материальная точка, которая имеет электрический заряд.

Закон Кулона

Сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

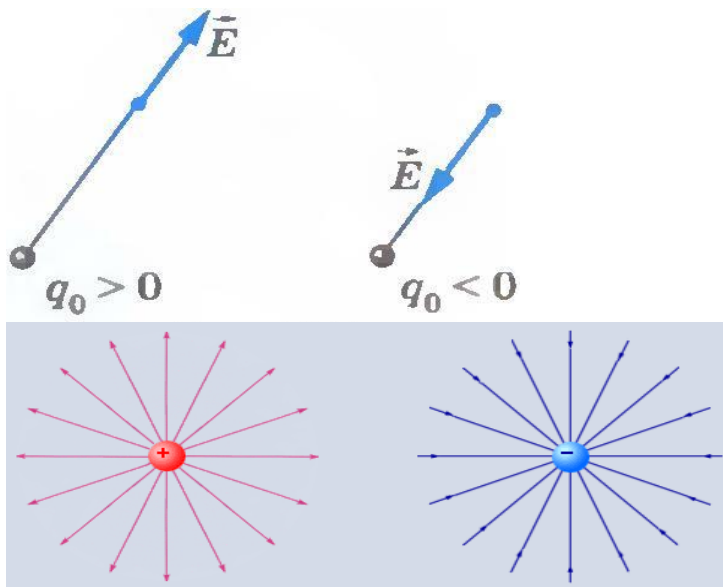
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

2)

3) **Напряженностью электрического поля называют** физическую величину, равную отношению силы, с которой **поле** действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда: **Напряженность электрического поля** – векторная физическая величина.

Пробный заряд.

- Определение.
- Пробным зарядом называется положительный заряд, величина которого столь мала, что не искажает первоначальное электрическое поле и использующийся для исследования электрических полей.



5. Зависит ли напряженность электрического поля от силы, действующей на заряд?
От величины этого заряда?

Напряженность поля не зависит от заряда вносимого в данную точку поля, она зависит только от поля и от положения пробного заряда в этом поле.

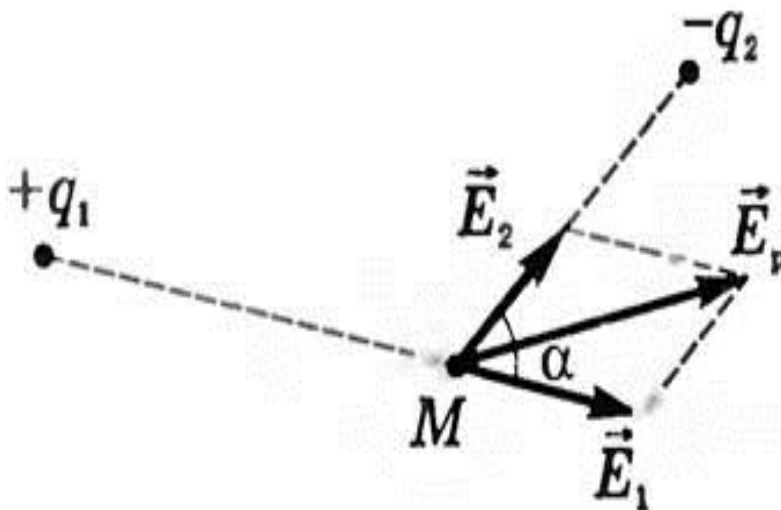
6. От чего зависит напряженность? Как вычислить напряженность поля, создаваемого точечным зарядом?

7. Сформулируйте принцип суперпозиции полей

Если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают [электрические поля](#),

напряженности которых $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$ и т. д., то результирующая [напряженность поля](#) в

этой точке равна: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$



Сегодня мы научимся применять закон Кулона, а также пользуясь принципом суперпозиции полей, находить напряженность поля, создаваемого несколькими точечными зарядами. Для этого нам потребуются знания, полученные на уроках математики.

II. Решение задач

При решении задач с использованием понятия напряжённости электрического поля нужно прежде всего знать формулы, определяющие силу, действующую на заряд со стороны электрического поля,

$$F = k \frac{|q_0| q}{r^2}.$$

и напряжённость поля точечного заряда.

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

Если поле создаётся несколькими зарядами, то для расчёта напряжённости в данной точке надо сделать рисунок и затем определить напряжённость как геометрическую сумму напряжённостей полей.

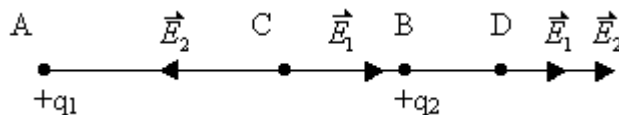
Задача 1. Как меняется модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов, если модуль одного из них увеличивать, уменьшать? Обратите внимание на направление вектора силы взаимодействия.

Задача 2. Два точечных заряда величиной $q_1 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_3 = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл находятся на расстоянии 3 м, а заряд величиной $q_2 = -10 \cdot 10^{-8}$ Кл поместили в центр отрезка, соединяющего два первых заряда. Определить величину и направление сил, действующих на второй заряд.

Задача 3. (Рассмотрим взаимодействие трёх точечных зарядов, расположенных в вершинах равнобедренного треугольника)

Переходим к решению задач на расчет напряженности электрического поля.

Задача 4. Заряды $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = 20$ нКл расположены в точках А и В. Найти напряженность поля в точках С и Д, если $AC = 10$ см, $CB = BD = 5$ см.



Дано:

$$q_1 = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 20 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$AC = a = 10 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$$

$$CB = BD = b = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E_C = ? \quad E_D = ?$$

В точке С: согласно принципу суперпозиции $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Так как векторы направлены в противоположные стороны, надо из большего по абсолютной величине вычесть меньший, то есть $E_C = |E_1 - E_2|$

Напряженность, создаваемая зарядом q_1 , $E_1 = \frac{kq_1}{a^2}$; зарядом q_2 $E_2 = \frac{k \cdot q_2}{b^2}$

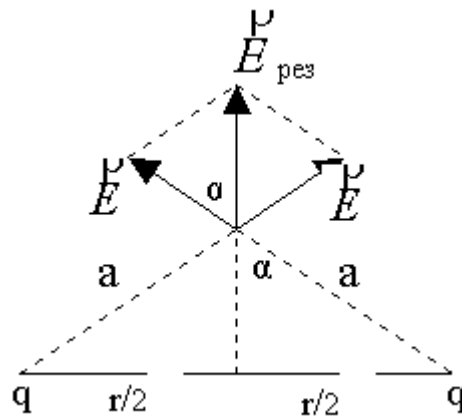
$$\text{Расчет: } E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{10^{-2} \text{ м}^2} = 9000 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}; E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 72000 \text{ Н/Кл}$$

$$E_c = 72000 \text{ Н/Кл} - 9000 \text{ Н/Кл} = 63000 \text{ Н/Кл}$$

В точке D: один ученик решает на доске, остальные – в тетрадях .

Вывод. При решении данной задачи мы применили принцип суперпозиции полей, воспользовавшись правилами сложения векторов, формулой напряженности поля точечного заряда, знанием того, как направлен вектор напряженности.

Задача 5. Одноименные заряды по 0,1 мкКл каждый расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность поля в точке, удаленной от каждого заряда на расстояние 5 см.



Дано: $q = 0,1 \text{ мкКл} = 10^{-7} \text{ Кл}$
 $r = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $a = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$

$E_{\text{рез.}} = ?$

1) Из построения следует, что $\vec{E}_{\text{рез}}$ является диагональю ромба со стороной E.
 $E_{\text{рез}} = 2E \cos \alpha$.

2) $E = \frac{kq}{a^2}$

3) $\cos \alpha$ найдем из $\triangle ABC$: $\cos \alpha = \frac{\sqrt{a^2 - r^2/4}}{a}$;

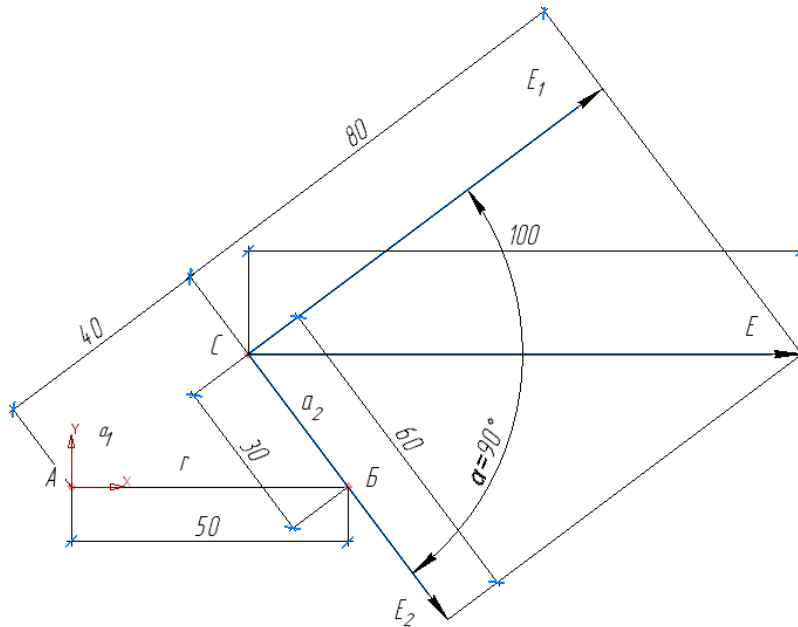
4) $E_{\text{рез}} = 2 \cdot \frac{kq}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - r^2/4}}{a}$

5) Вычисления: $\cos \alpha = \frac{4}{5}$; $E_{\text{рез}} = 5,76 \cdot 10^5 \text{ Н/Кл}$

Вывод. При решении данной задачи мы применили принцип суперпозиции полей, воспользовавшись правилами сложения векторов, соотношениями в прямоугольном треугольнике, формулой напряженности поля точечного заряда, знанием того, как направлен вектор напряженности.

Задача 6. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ равно 5 см. Какова напряженность поля в точке, находящейся на расстоянии 4 см от заряда q_1 и 3 см от заряда q_2 ?

Решение:



1) \vec{E} является диагональю параллелограмма $\Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha}$

2) $E_1 = \frac{kq_1}{a_1^2}$; $E_2 = \frac{kq_2}{a_2^2}$

3) угол α находим из треугольника ABC по теореме косинусов:

$$\frac{a_1^2 + a_2^2 - r^2}{2a_1a_2}$$

$$\cos \alpha = \frac{2a_1a_2}{a_1^2 + a_2^2 - r^2}$$

Заметим, что в данной задаче треугольник ABC является прямоугольным ($3^2 + 4^2 = 5^2$), E является диагональю прямоугольника и может быть найдена по теореме Пифагора $E =$

$$\sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

Вывод. При решении данной задачи мы применили принцип суперпозиции полей, воспользовавшись правилами сложения векторов, теоремой косинуса, формулой напряженности поля точечного заряда, знанием того, как направлен вектор напряженности.

Попробуем вместе сформулировать, что общего во всех рассмотренных задачах.

Во всех задачах использовали принцип суперпозиции полей, знание о том, как направлен вектор напряженности электрического поля, формулу для нахождения напряженности поля точечного заряда.

Задачи для самостоятельного решения

1. В направленном вертикально вниз однородном электрическом поле напряжённостью $1,3 \cdot 10^5$ Н/Кл капля жидкости массой $2 \cdot 10^{-9}$ г оказалась в равновесии. Определите заряд капли и число избыточных электронов на ней.

2. Точечный заряд $q = 10^{-9}$ Кл окружён сферической оболочкой из диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Внешний и внутренний радиусы оболочки равны соответственно $R_1 = 5$ см, а $R_2 = 6$ см. Определите напряжённость $E(r)$ электрического поля в зависимости от расстояния от заряда и начертите график этой зависимости.

3. Три concentric сферические сферы радиусами R , $2R$ и $3R$ несут равномерно распределённые по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = -q$ и $q_3 = +q$ соответственно. Известно что точечный заряд q создаёт на расстоянии R электрическое поле напряжённостью $E_1 = 63$ Н/Кл. Чему равна напряжённость поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстоянии, равном $2,5R$?

Практическая работа №15.

Исследование темы «Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Потенциальная энергия заряженного тела в однородном электростатическом поле».

Цели:

1. Изучить свойства проводников и диэлектриков в электростатическом поле.
 2. Потенциальная энергия заряженного тела в однородном электростатическом поле
- Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.-416 с.

Задание: изучить параграфы 92, 93 учебника.

Ответить письменно на вопросы и выполнить задания

1. Чем отличаются диэлектрики от проводников?
2. Какие диэлектрики называют полярными, а какие — неполярными?
3. Что называют поляризацией диэлектрика?
4. Как диэлектрик влияет на электрическое поле?

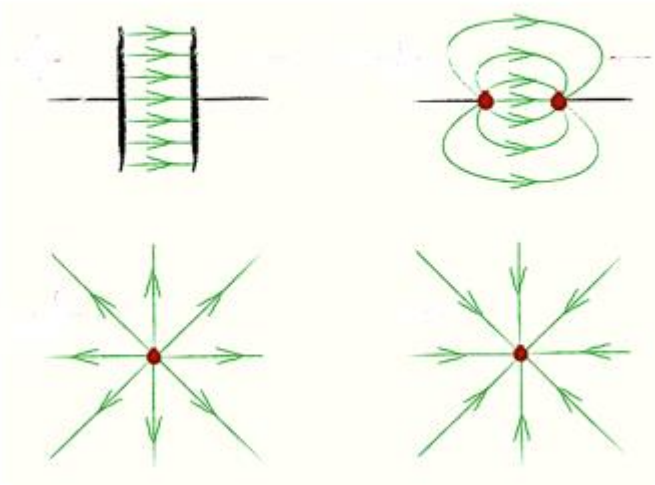
5. У какого вещества диэлектрическая проницаемость больше – у воздуха или у воды?

6. Как будет выглядеть формулировка закона Кулона, если точечные заряды поместить, например, в керосин?

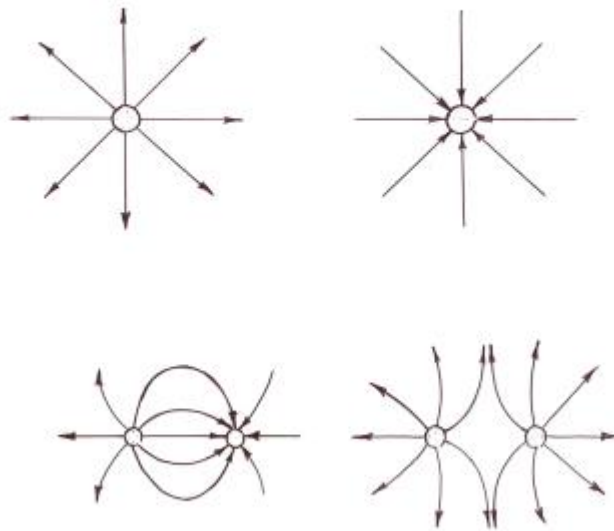
1. Как связано изменение потенциальной энергии заряженной частицы с работой электрического поля?
2. Чему равна потенциальная энергия заряженной частицы в однородном электрическом поле?

Выполнить задания

Расставьте + и -



Расставьте + и -



1. Чему равна разность потенциалов между двумя точками заряженного проводника?
2. Как связана разность потенциалов с напряжённостью электрического поля?
3. Потенциал электростатического поля возрастает в направлении снизу вверх. Куда направлен вектор напряжённости поля?
4. Как строятся эквипотенциальные поверхности?
5. Как по картине эквипотенциальных поверхностей поля можно судить о значении напряжённости в различных его точках?

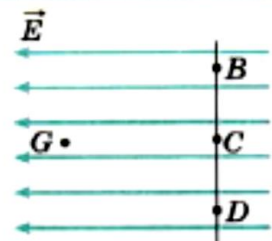


1. Что характеризует емкость?
2. Формула расчета емкости. Единицы измерения
3. Что представляет собой конденсатор?
4. От чего зависит емкость конденсатора?
5. Как рассчитать емкость цепи, содержащую несколько конденсаторов?
6. С какой целью применяются конденсаторы?

Выполнить задания

A1. Выберите правильное соотношение разности потенциалов между точкой G и точками B , C и D (см. рис.) в однородном электростатическом поле.

- 1) $\varphi_G - \varphi_B = \varphi_G - \varphi_D > \varphi_G - \varphi_C$
- 2) $\varphi_G - \varphi_B = \varphi_G - \varphi_D < \varphi_G - \varphi_C$
- 3) $\varphi_G - \varphi_B = \varphi_G - \varphi_C = \varphi_G - \varphi_D < 0$
- 4) $\varphi_G - \varphi_B = \varphi_G - \varphi_C = \varphi_G - \varphi_D > 0$



A2. Работа поля по перемещению заряда $q = 10^{-5}$ Кл из одной точки в другую равна 10 Дж. Разность потенциалов между этими точками равна

- 1) 10^{-4} В
- 2) 10^4 В
- 3) -10^6 В
- 4) 10^6 В

A3. Для перемещения заряда 10^{-6} Кл из точки, потенциал которой равен 2 В, в точку, потенциал которой равен 6 В, надо совершить работу, равную

- 1) $4 \cdot 10^{-6}$ Дж
- 2) $4 \cdot 10^6$ Дж
- 3) $-4 \cdot 10^{-6}$ Дж
- 3) $-2 \cdot 10^6$ Дж

Практическая работа № 17. Решение задач по теме «Электроёмкость. Энергия заряженного конденсатора»

Цель занятия: Научиться применять, полученные теоретические по теме: «Электроёмкость. Энергия заряженного конденсатора» знания при решении задач в стандартных.

«Электроёмкость» — последняя тема раздела «Электростатика». При решении задач на эту тему могут потребоваться все сведения, полученные при изучении электростатики: закон сохранения электрического заряда, понятия напряжённости поля и потенциала, сведения о поведении проводников в электростатическом поле, о напряжённости поля в диэлектриках, о законе сохранения энергии применительно к электростатическим явлениям. Основной формулой при решении задач на электроёмкость является формула (14.22).

Задача 1. Электроёмкость конденсатора, подключённого к источнику постоянного напряжения $U = 1000$ В, равна $C_1 = 5$ пФ. Расстояние между его обкладками уменьшили в $n = 3$ раза. Определите изменение заряда на обкладках конденсатора и энергии электрического поля.

Решение. Согласно формуле (14.22) заряд конденсатора

$$q = CU.$$

Отсюда изменение заряда

$$\Delta q = q_2 - q_1 = (C_2 - C_1)U = (nC_1 - C_1)U = (n - 1)C_1U = 10^{-8} \text{ Кл.}$$

Изменение энергии электрического поля

$$\Delta W_{\text{п}} = W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1} = \frac{q_2 U}{2} - \frac{q_1 U}{2} = \frac{(q_2 - q_1)U}{2} = \frac{(n - 1)C_1 U^2}{2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

Задача 2. Заряд конденсатора $q = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл. Ёмкость конденсатора $C = 10$ пФ. Определите скорость, которую приобретает электрон, пролетая в конденсаторе путь от одной пластины к другой. Начальная скорость электрона равна нулю. Удельный заряд электрона $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

Решение. Начальная кинетическая энергия электрона равна нулю, а конечная

равна $W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$. Применим закон сохранения энергии $\frac{mv^2}{2} - 0 = A$, где A — работа электрического поля конденсатора:

$$A = |e|U, \quad U = \frac{q}{C}.$$

Следовательно, $\frac{mv^2}{2} = \frac{|e|q}{C}$.

$$v = \sqrt{\frac{2|e|q}{mC}} \approx 10^7 \text{ м/с.}$$

Окончательно

Задача 3. Четыре конденсатора ёмкостями $C_1 = C_2 = 1$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ, $C_4 = 2$ мкФ соединены, как показано на рисунке 14.46. К точкам А и В подводится напряжение $U = 140$ В. Определите заряд q_1 и напряжение U_1 , на каждом из конденсаторов.

Решение. Для определения заряда и напряжения прежде всего найдём ёмкость батареи конденсаторов. Эквивалентная ёмкость второго и третьего конденсаторов $C_{2,3} = C_2 + C_3$, а эквивалентную ёмкость всей батареи конденсаторов, представляющей собой три последовательно соединённых конденсатора ёмкостями $C_1, C_{2,3}, C_4$, найдём из соотношения

$$1/C_{\text{экв}} = 1/C_1 + 1/C_{2,3} + 1/C_4, \quad C_{\text{экв}} = (4/7) \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Заряды на этих конденсаторах одинаковы:

$$q_1 = q_{2,3} = q_4 = U \times C_{\text{экв}} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

Следовательно, заряд первого конденсатора $q_1 = 8 \cdot 10^{-5}$ Кл, а разность потенциалов между его обкладками, или напряжение, $U_1 = q_1/C_1 = 80$ В.

Для четвёртого конденсатора аналогично имеем $q_4 = 8 \cdot 10^{-5}$ Кл, $U_4 = q_4/C_4 = 40$ В.

Найдём напряжение на втором и третьем конденсаторах: $U_2 = U_3 = q_{2,3}/C_{2,3} = 20$ В.

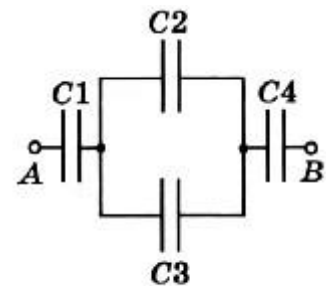


Рис. 14.46

Таким образом, на втором конденсаторе заряд $q_2 = C_2 U_2 = 2 \cdot 10^{-5}$ Кл, а на третьем конденсаторе $q_3 = C_3 U_3 = 6 \cdot 10^{-5}$ Кл. Отметим, что $q_{2,3} = q_2 + q_3$.

Задача 4. Определите эквивалентную электрическую ёмкость в цепи, изображённой на рисунке (14.47 а), если ёмкости конденсаторов известны.

Решение. Часто при решении задач, в которых требуется определить эквивалентную электрическую ёмкость, соединение конденсаторов не очевидно. В этом случае если удаётся определить точки цепи, в которых потенциалы равны, то можно соединить эти точки или исключить конденсаторы, присоединённые к этим точкам, так как они не могут накапливать заряд ($\Delta\phi = 0$) и, следовательно, не играют роли при распределении зарядов.

В приведённой на рисунке (14.47, а) схеме нет очевидного параллельного или последовательного соединения конденсаторов, так как в общем случае $\phi_A \neq \phi_B$ и к конденсаторам C_1 и C_2 приложены разные напряжения. Однако заметим, что в силу симметрии и равенства ёмкостей соответствующих конденсаторов потенциалы точек A и B равны. Следовательно, можно, например, соединить точки A и B . Схема преобразуется к виду, изображённому на рисунке (14.47, б). Тогда конденсаторы C_1 , так же как и конденсаторы C_2 , будут соединены параллельно и $C_{\text{эКВ}}$ определим по формуле $1/C_{\text{эКВ}} = 1/2C_1 + 1/2C_2$, откуда

$$C_{\text{эКВ}} = \frac{2C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Можно также просто не учитывать присутствие в схеме конденсатора C_3 , так как заряд на нём равен нулю. Тогда схема преобразуется к виду, изображённому на рисунке (14.47, в). Конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно, следовательно,

$$C'_{\text{эКВ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Эквивалентные конденсаторы с $C'_{\text{эКВ}}$ соединены параллельно, так что окончательно получим такое же выражение для эквивалентной ёмкости:

$$C_{\text{эКВ}} = 2C'_{\text{эКВ}} = \frac{2C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Задача 5. Энергия плоского воздушного конденсатора $W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$ Дж. Определите энергию конденсатора после заполнения его диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$, если:

- 1) конденсатор отключён от источника питания;
- 2) конденсатор подключён к источнику питания.

Решение. 1) Так как конденсатор отключён от источника питания, то его заряд q_0 остаётся постоянным. Энергия конденсатора до заполнения его диэлектриком

$$W_1 = \frac{q_0^2}{2C_1}; \quad W_{\text{п}} = \frac{qU}{2}; \quad C = \frac{q}{U}.$$

после заполнения $W_2 = \frac{C_2 U_0^2}{2}$, где $C_2 = \epsilon C_1$.

Тогда $W_2 = \frac{\epsilon C_1 U_0^2}{2} = \epsilon W_1 = 4 \cdot 10^{-7}$ Дж.

Задачи для самостоятельного решения

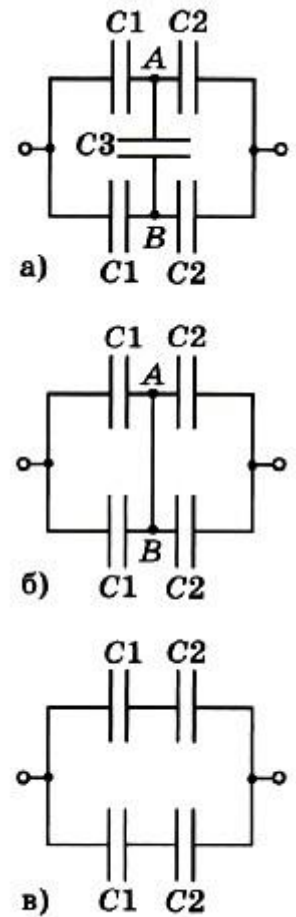
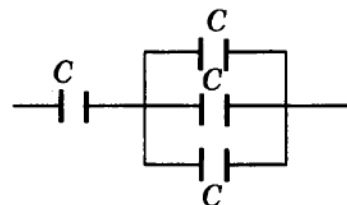


Рис. 14.47

СР-83. Электрическая емкость конденсатора

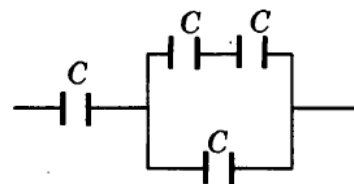
ВАРИАНТ № 1

1. Как изменится электрическая емкость плоского конденсатора, если площадь пластин увеличить в 3 раза?
2. Определите электроемкость батареи, состоящей из четырех одинаковых конденсаторов (см. рис.); электроемкость каждого конденсатора C .
3. Конденсатор электроемкостью 3 мкФ заряжен до напряжения 300 В, а конденсатор электроемкостью 2 мкФ — до напряжения 200 В. После зарядки конденсаторы соединили одноименными полюсами. Какая разность потенциалов установится между обкладками конденсаторов после соединения?



ВАРИАНТ № 2

1. Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь его обкладок и расстояние между ними уменьшить в 2 раза?
2. Определите электроемкость батареи, состоящей из четырех одинаковых конденсаторов (см. рис.); электроемкость каждого конденсатора C .
3. Конденсатор, электрическая емкость которого $C_1 = 5$ мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами $U_1 = 80$ В. Второй конденсатор, электрическая емкость которого $C_2 = 10$ мкФ, имеет разность потенциалов между пластинами $U_2 = 50$ В. Разноименно заряженные пластины конденсаторов попарно соединили проводниками. Чему равен модуль разности потенциалов U между пластинами каждого конденсатора?



CP-84. Энергия поля конденсатора

ВАРИАНТ № 1

1. Площадь пластин плоского конденсатора равна 200 см^2 , а расстояние между ними 8 мм . Определите энергию электрического поля конденсатора, если ему сообщили заряд 5 нКл и погрузили в машинное масло, диэлектрическая проницаемость которого $2,5$.
2. Первый конденсатор емкостью C подключен к источнику с ЭДС \mathcal{E} , а второй — емкостью C — подключен к источнику с ЭДС $3 \cdot \mathcal{E}$. Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого.
3. К незаряженному конденсатору емкостью C подключили последовательно заряженный до заряда q конденсатор той же емкости. Каким выражением определяется энергия системы из двух конденсаторов после их соединения?

ВАРИАНТ № 2

1. Конденсатор электроемкостью $0,02 \text{ Ф}$ заряжен до напряжения 30 В . Какой энергией обладает конденсатор?
2. Первый конденсатор емкостью $3 \cdot C$ подключен к источнику с ЭДС \mathcal{E} , а второй — емкостью C — подключен к источнику с ЭДС $3 \cdot \mathcal{E}$. Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого.
3. Заряженный до разности потенциалов 500 В конденсатор электроемкостью 1000 мкФ разряжают на резистор, опущенный в воду массой 10 г . На сколько градусов нагреется вода, если ее удельная теплоемкость $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$?

Практическая работа №18. Исследование темы "Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца Тепловое действие тока."

Цель: научиться применять формулы и законы изученной темы для решения задач, научиться оценивать реальность полученных результатов.

Теоретическое обоснование работы:

$I=U/R$ – закон Ома для участка цепи;

$I=E/(R+r)$ – закон Ома для замкнутой цепи;

$R=\rho \cdot l/S$ – сопротивление цилиндрического проводника;

$A=I \cdot U \cdot \Delta t$ – работа тока;

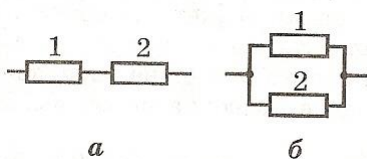
$Q=I^2 \cdot R \cdot \Delta t$ – закон Джоуля – Ленца;

$P=I \cdot U$ – мощность тока.

физическая величина	обозначение	единица измерения
сила тока	I	1 А
напряжение	U	1 В
сопротивление	R	1 Ом
удельное сопротивление	ρ	1 Ом·м
длина проводника	l	1 м
площадь сечения	S	1 м ²
ЭДС	E	1 В
работа тока	A	1 Дж
количество теплоты	Q	1 Дж
мощность	P	1 Вт

Примеры решения качественных и расчетных задач:

1). В каком из двух резисторов мощность тока больше при последовательном (см. рис. а) и параллельном (см. рис. б) соединении? $R_1 < R_2 < R$



Решение. При последовательном соединении сила тока в обоих резисторах одинакова. Из формулы $P=I^2 \cdot R$ следует, что при последовательном соединении мощность тока в резисторе прямо пропорциональна его сопротивлению. При параллельном соединении сила тока в резисторах не одинакова, поэтому использовать формулу $P=I^2 \cdot R$ нецелесообразно. В этом случае на всех резисторах одно и то же напряжение, поэтому целесообразно воспользоваться формулой $P=U^2/R$. Из нее следует, что при параллельном соединении мощность тока в резисторе обратно пропорциональна его сопротивлению.

Отв. а). Во втором; б). В первом.

2). Две электрические лампы, мощности которых 60 Вт и 100 Вт, рассчитаны на одно и то же напряжение. Сравните длины нитей накала обеих ламп, если их диаметры одинаковы.

Решение. Мощность равна $P=U^2/R$. Поэтому у лампы 100 Вт сопротивление нити накала меньше. Следовательно, ее нить короче, чем у лампы в 60 Вт.

3). Рассчитайте количество теплоты, которое выделит за 5 минут проволочная спираль сопротивлением 50 Ом, если сила тока 1,5 А.

Дано: СИ Решение

$\Delta t = 5$ мин. 300 с

R = 50 Ом

Найти: Q

$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t = 1,5^2 \cdot 50 \cdot 300 = 33750$ (Дж)

I = 1.5 А

Ответ: Q = 33750 Дж

4). Определите сопротивление нити накала лампочки, имеющей номинальную мощность 100 Вт, включенной в сеть с напряжением 220 В.

Дано: P = 100 Вт

U = 220 В

Найти: R

Решение

Используя формулы $P = I \cdot U$, $I = U/R$, получаем формулу для вычисления мощности $P = U^2/R$.

Выражаем из этой формулы сопротивление $R = U^2/P$.

$R = 220^2/100 = 484$ (Ом)

Ответ: $R = 484 \text{ Ом}$

Задачи на Мощность электрического тока с решениями

Формулы, используемые на уроках «Задачи на Мощность электрического тока»

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
<i>Сила тока</i>	I	А	$I = U / R$
<i>Напряжение</i>	U	В	$U = IR$
<i>Время</i>	t	с	$t = A / IU$
<i>Работа тока</i>	A	Дж	$A = IUt$
<i>Мощность тока</i>	P	Вт	$P = IU$

$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}; \quad 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин}; \quad 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}.$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1. Определить мощность тока в электрической лампе, если при напряжении 110 В сила тока в ней 200 мА.

<p><i>Дано:</i> $U = 110 \text{ В}$ $I = 200 \text{ мА}$ <hr style="border: 0.5px solid black;"/> $P - ?$</p>	$0,2 \text{ А}$	<p><i>Решение:</i> $P = IU$ $P = 0,2 \text{ А} \cdot 110 \text{ В} = 22 \text{ Вт}$ <i>Ответ:</i> 22 Вт</p>
---	-----------------	--

Задача № 2. Определить мощность тока в электрической лампе, если сопротивление нити накала лампы 400 Ом, а напряжение на нити 100 В.

<p><i>Дано:</i> $U = 100 \text{ В}$ $R = 400 \text{ Ом}$ <hr style="border: 0.5px solid black;"/> $P - ?$</p>	<p><i>Решение:</i> $P = IU; \quad I = \frac{U}{R}$ $I = \frac{100 \text{ В}}{400 \text{ Ом}} = 0,25 \text{ А}$ $P = 0,25 \text{ А} \cdot 100 \text{ В} = 25 \text{ Вт}$ <i>Ответ:</i> 25 Вт</p>
---	--

Задача № 3. Определить силу тока в лампе электрического фонарика, если напряжение на ней 6 В, а мощность 1,5 Вт.

<p><u>Дано:</u> $U = 6 \text{ В}$ $P = 1,5 \text{ Вт}$ $I = ?$</p>	<p><u>Решение:</u> $P = IU; \quad I = \frac{P}{U}$ $I = \frac{1,5 \text{ Вт}}{6 \text{ В}} = 0,25 \text{ А}$ Ответ: 0,25 А</p>
--	--

Задача № 4. В каком из двух резисторов мощность тока больше при

Задача № 5. Ученики правильно рассчитали, что для освещения елки нужно взять 12 имеющихся у них электрических лампочек. Соединив их последовательно, можно будет включить их в городскую сеть. Почему меньшее число лампочек включать нельзя? Как изменится расход электроэнергии, если число лампочек увеличить до 14?

<p><u>Дано:</u> $n_1 = 12$ $n_2 = 14$ $R_1 = R_2 =$ $= \dots = R_n$</p>	<p><u>Решение:</u> В елочной гирлянде лампы соединены последовательно, следовательно общее сопротивление гирлянды $R = n \cdot R_1$. Электрическая мощность гирлянды $P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{n R_1}$.</p>
---	---

Если количество ламп уменьшить, то мощность, приходящаяся на каждую лампу, увеличится и лампы могут перегореть. Если же количество ламп увеличить, то мощность, приходящаяся на каждую лампу, уменьшится и лампы будут гореть тусклее.

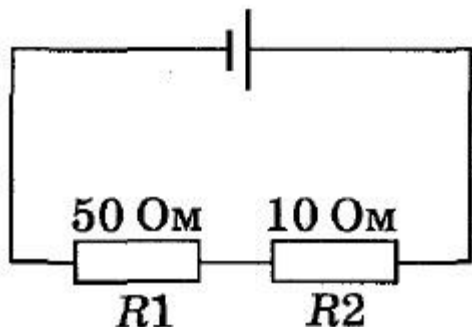
Задача № 6. В горном ауле установлен ветряной двигатель, приводящий в действие электрогенератор мощностью 8 кВт. Сколько лампочек мощностью 40 Вт можно питать от этого источника тока, если 5% мощности расходуется в подводящих проводах?

<p><u>Дано:</u> $P = 8 \text{ кВт} = 8 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ $P_1 = 40 \text{ Вт}$ $P_n = 0,95 P$ $N = ?$</p>	<p><u>Решение:</u> Так как на подводящие провода тратится 5% мощности, на лампы остается 95%, т. е. $P_n = 0,95 P = 0,95 \cdot 8 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 7,6 \cdot 10^3 \text{ Вт}$. $N = \frac{P_n}{P_1} = \frac{7,6 \cdot 10^3 \text{ Вт}}{40 \text{ Вт}} = 190 \text{ ламп}$.</p>
--	---

Задача № 7. Сила тока в паяльнике 4,6 А при напряжении 220 В. Определите мощность тока в паяльнике.

<p><u>Дано:</u> $U = 220 \text{ В}; \quad I = 4,6 \text{ А}$ $P = ?$</p>	<p><u>Решение:</u> $P = IU = 4,6 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} = 1012 \text{ Вт} \approx 1 \text{ кВт}$.</p>
--	--

Задача № 8. Одинакова ли мощность тока в проводниках ?



Дано:

$$R_1 = 50 \text{ Ом}; R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$P_1/P_2 = ?$$

Решение:

Резисторы R_1 и R_2 соединены последовательно, следовательно, $I_1 = I_2 = I$ и мощность

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = I^2 R_1 \\ P_2 = I^2 R_2 \end{array} \right\} : \frac{P_1}{P_2} = \frac{I^2 R_1}{I^2 R_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}; \frac{P_1}{P_2} = \frac{50 \text{ Ом}}{10 \text{ Ом}} = 5; P_1 = 5P_2.$$

Мощность, потребляемая R_1 , в 5 раз больше.

Задача № 9. На баллоне первой лампы написано 120 В; 100 Вт, а на баллоне второй — 220 В; 100 Вт. Лампы включены в сеть с напряжением, на которое они рассчитаны. У какой лампы сила тока больше; во сколько раз?

Дано:

$$U_1 = 120 \text{ В}; P_1 = 100 \text{ Вт}$$

$$U_2 = 220 \text{ В}; P_2 = 100 \text{ Вт}$$

$$I_1/I_2 = ?$$

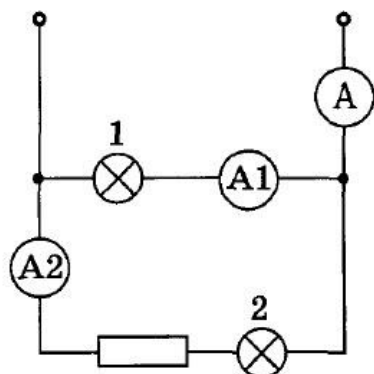
Решение:

$$P_1 = I_1 U_1; P_2 = I_2 U_2;$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1 U_1}{I_2 U_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{P_1 U_2}{P_2 U_1} = \frac{100 \text{ Вт} \cdot 220 \text{ В}}{100 \text{ Вт} \cdot 120 \text{ В}} = 1,83$$

Сила тока в первой лампе в 1,83 раза больше.

Задача № 10. (повышенной сложности) В сеть напряжением 120 В параллельно включены две лампы: 1 — мощностью 300 Вт, рассчитанная на напряжение 120 В, и 2, последовательно соединенная с резистором, — на 12 В. Определите показания амперметров А1 и А и сопротивление резистора, если амперметр А2 показывает силу тока 2 А.



Дано:

$$U = 120 \text{ В}; P_1 = 300 \text{ Вт}$$

$$U_1 = 120 \text{ В}; U_2 = 12 \text{ В}$$

$$I_2 = 2 \text{ А}$$

$$I_1 = ?; I = ?; R = ?$$

Решение:

$$P_1 = I_1 \cdot U_1; I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{300 \text{ Вт}}{120 \text{ В}} = 2,5 \text{ А};$$

$$I = I_1 + I_2 = 2,5 \text{ А} + 2 \text{ А} = 4,5 \text{ А}; R = \frac{U_R}{I_2};$$

$$U_R = U - U_2; R = \frac{U - U_2}{I_2} = \frac{120 \text{ В} - 12 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 54 \text{ О}$$

Задача № 11. При силе тока $I_1 = 3 \text{ А}$ во внешней цепи выделяется мощность $P_1 = 18 \text{ Вт}$, а при силе тока $I_2 = 1 \text{ А}$ — мощность $P_2 = 10 \text{ Вт}$. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

► Решение.

Для нахождения двух величин — \mathcal{E} и r — нужно записать два независимых уравнения, содержащих эти величины. Согласно

$$P_{\text{полн}} = I^2(R + r) = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (1)$$

Мощность тока на внешнем участке цепи

$$P = I^2 R. \quad (2)$$

Для упрощения вида уравнений подставим в (1) и (2) численные значения исходных величин, выраженные в единицах системы СИ, не указывая размерность.

Из уравнения (2) найдём

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2} = 2 \text{ Ом}, \quad R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} = 10 \text{ Ом}.$$

Подставляя поочередно R_1 и R_2 в уравнение (1), получим систему двух уравнений:

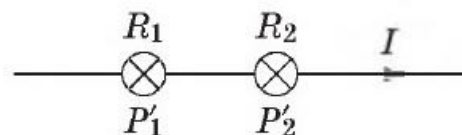
$$\begin{cases} \mathcal{E} = 3 \cdot (2 + r), \\ \mathcal{E} = 10 + r, \end{cases} \quad \text{откуда найдём } \mathcal{E} \text{ и } r.$$

► Ответ. $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$.

Задача № 12. Имеются две электрические лампочки мощностью $P_1 = 40 \text{ Вт}$ и $P_2 = 60 \text{ Вт}$, рассчитанные на напряжение сети $U = 220 \text{ В}$. Какую мощность будет потреблять каждая из лампочек, если их подключить к сети последовательно?

► Решение.

Согласно (3.36), мощность, потребляемая каждой из лампочек,



$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}, \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2}. \quad (1)$$

Если лампочки включить в сеть последовательно, то мощность каждой из них

$$P_1' = I^2 R_1, \quad P_2' = I^2 R_2, \quad (2)$$

поскольку в этом случае общей для них служит сила тока, которую найдём по формуле

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}. \quad (3)$$

Для упрощения формул воспользуемся численными значениями величин, приведёнными в условии задачи. Тогда из (1) и (3) найдём

$$R_1 = \frac{U^2}{P_1} = 1210 \text{ Ом}, \quad R_2 = \frac{U^2}{P_2} = 807 \text{ Ом}.$$

$$I = 0,11 \text{ А}.$$

Подставив в (2), найдём численные значения мощности P_1' и P_2' , потребляемой лампочками.

Следует отметить, что лампочка меньшей мощности потребляет теперь бóльшую мощность — светит ярче.

► Ответ. $P_1' = 14,6 \text{ Вт}$, $P_2' = 9,8 \text{ Вт}$.

Задачи на Закон Джоуля-Ленца

Формулы, используемые на уроках «Задачи на Закон Джоуля-Ленца»

Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
Сила тока	I	А	$I = U / R$
Напряжение	U	В	$U = IR$
Время	t	с	$t = Q / I^2 R$
Количество теплоты	Q	Дж	$Q = I^2 R t$

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}; \quad 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин}; \quad 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}.$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1. Какое количество теплоты выделит за 20 мин спираль электроплитки сопротивлением 25 Ом, если сила тока в цепи 1,2 А?

<p><i>Дано:</i> $t = 20$ мин $R = 25$ Ом $I = 1,2$ А <hr/> $Q - ?$</p>	<p>1200 с</p>	<p><i>Решение:</i> $Q = I^2 R t$ $Q = 1,2^2 \text{ А}^2 \cdot 25 \text{ Ом} \cdot 1200 \text{ с} =$ $= 43200 \text{ Дж} = 43,2 \text{ кДж}$ <i>Ответ:</i> 43,2 кДж</p>
--	---------------	---

Задача № 2. Какое количество теплоты выделит за 30 мин спираль электроплитки, если сила тока в цепи 2 А, а напряжение 220 В?

<p><i>Дано:</i> $t = 30$ мин $U = 220$ В $I = 2$ А <hr/> $Q - ?$</p>	<p>1800 с</p>	<p><i>Решение:</i> $Q = I^2 R t; U = IR; Q = I U t$ $Q = 2 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} \cdot 1800 \text{ с} =$ $= 792000 \text{ Дж} = 792 \text{ кДж}$ <i>Ответ:</i> 792 кДж</p>
--	---------------	---

Задача № 3. Сколько времени нагревалась проволока сопротивлением 20 Ом, если при силе тока 1 А в ней выделилось 6 кДж теплоты.

<p><i>Дано:</i> $Q = 6$ кДж $R = 20$ Ом $I = 1$ А <hr/> $t - ?$</p>	<p>6000 Дж</p>	<p><i>Решение:</i> $Q = I^2 R t; t = \frac{Q}{I^2 R}$ $t = \frac{6000 \text{ Дж}}{(1 \text{ А})^2 \cdot 20 \text{ Ом}} = 300 \text{ с} = 5 \text{ мин}$ <i>Ответ:</i> 5 мин</p>
---	----------------	--

Задача № 4. Электрическая плитка при силе тока 5 А за 30 мин потребляет 1080 кДж энергии. Рассчитайте сопротивление плитки.

<p><u><i>Дано:</i></u> $I = 5$ А $t = 30$ мин = 1800 с $A = 1080$ кДж = $1080 \cdot 10^3$ Дж <hr/> $R - ?$</p>	<p><u><i>Решение:</i></u> $A = I^2 R t; R = \frac{A}{I^2 t} =$ $= \frac{1080 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{(5 \text{ А})^2 \cdot 1800 \text{ с}} = 24 \text{ Ом.}$</p>
---	---

Задача № 5. Какое количество теплоты выделится за 25 мин в обмотке электродвигателя, если ее активное сопротивление равно 125 Ом, а сила тока, протекающего в ней, равна 1,2 А?

Дано:

$$t = 25 \text{ мин} = 1500 \text{ с}$$

$$R = 125 \text{ Ом}; I = 1,2 \text{ А}$$

$A = ?$

Решение:

$$A = I^2 R t = (1,2 \text{ А})^2 \cdot 125 \text{ Ом} \cdot 1500 \text{ с} = 270\,000 \text{ Дж} = 270 \text{ кДж.}$$

Задачи для самостоятельного решения:

- 1). Комната освещена с помощью елочной гирлянды, состоящей из 35 электрических лампочек, соединенных последовательно и питаемых от городской сети. После того как одна лампочка перегорела, оставшиеся 34 лампочки снова соединили последовательно и включили в сеть. Когда в комнате светлее: при 35 или при 34 лампочках?
- 2) Можно ли на место перегоревшего предохранителя вставить пучок медных проволок («жучок»)? Ответ обосновать.
- 3). Определите сопротивление электрического паяльника, потребляющего ток мощностью 300 Вт от сети напряжением 220 В.
- 4). Электродвигатель, включенный в сеть, работал 2 ч. Расход энергии при этом составил 1600 кДж. Определите мощность электродвигателя.
- 5). Нагреватель из нихромовой проволоки ($\rho = 110 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$) длиной 5 м и диаметром 0,25 мм включается в сеть постоянного тока напряжением 110 В. Определите мощность нагревателя.

Практическая работа 19. Исследование темы "Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи".

Практическая работа №19.

Практическая работа 19. Исследование темы "Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи".

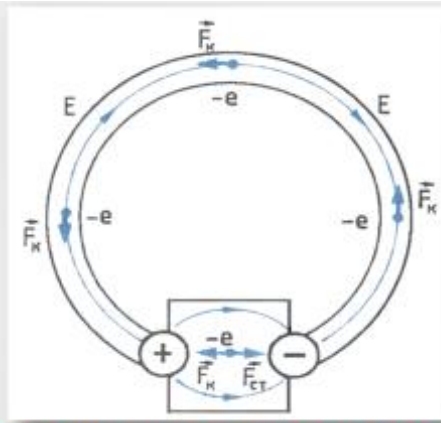
Сторонние силы



Чтобы ток был постоянным, надо поддерживать постоянное напряжение между шариками. Для этого необходимо устройство (источник тока).

В таком устройстве на заряды, кроме электрических сил, должны действовать силы неэлектрического происхождения.

Одно лишь электрическое поле заряженных частиц (кулоновское поле) не способно поддерживать постоянный ток в цепи.



Внутри источника тока заряды движутся под действием сторонних сил против кулоновских сил (электроны от положительного заряженного электрода к отрицательному), а во всей остальной цепи их приводит в движение электрическое поле.

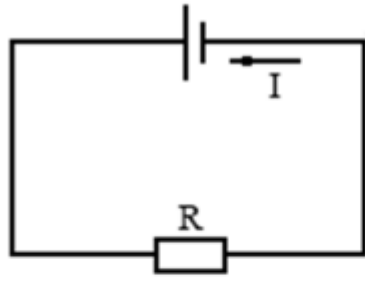
Электродвижущая сила

Действие сторонних сил характеризуется физической величиной, называемой электродвижущей силой (сокращённо ЭДС).

Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

ЭДС выражают в вольтах: $[\varepsilon] = \text{Дж/Кл} = \text{В}$



Рассмотрим простейшую **полную** (замкнутую) **цепь**, состоящую из источника тока и резистора сопротивлением R .

- \mathcal{E} – ЭДС источника тока,
- r – внутреннее сопротивление источника тока,
- R – внешнее сопротивление цепи,
- $R + r$ – полное сопротивление цепи.

Сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС цепи к её полному сопротивлению.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

Закон Ома для полной цепи

Сила тока (А)

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

ЭДС-
электродвижущая
сила источника тока
(В)

Сопротивление
нагрузки (Ом)

Внутреннее
сопротивление
источника тока
(Ом)

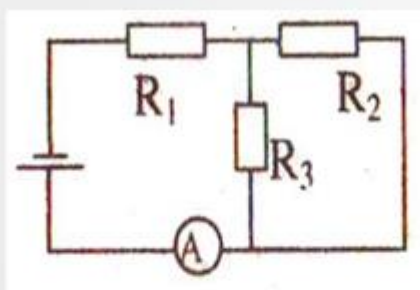
Решение задач:

№1 Гальванический элемент с ЭДС $E = 5,0$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,2$ Ом замкнут на проводник сопротивлением $R = 40,0$ Ом. Чему равно напряжение U на этом проводнике?

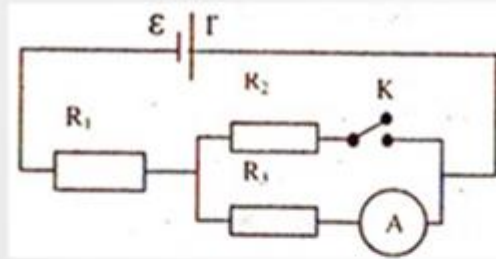
Ответ: 4,975В

№2 Определить ЭДС источника тока с внутренним сопротивлением $r = 0,3$ Ом, если при подключении к клеммам источника тока параллельно соединенных резисторов $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 6$ Ом сила тока в цепи: $I = 3$ А.

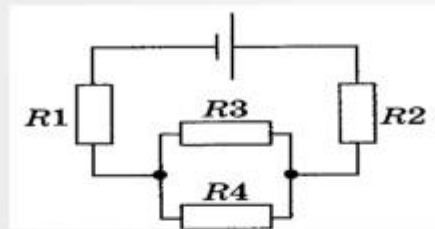
Ответ: 12,15В



В цепи, изображенной на схеме $R_1 = 2,9$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, внутреннее сопротивление источника тока равно 1 Ом. Амперметр показывает ток 1 А. Определите ЭДС и напряжение на зажимах батареи.



При разомкнутом ключе амперметр показывает ток 1А. Какой ток покажет амперметр при замкнутом ключе? ЭДС источника 10В, внутреннее сопротивление источника 1Ом, $R_1=50\text{Ом}$, $R_2=40\text{Ом}$, R_3 неизвестно.



ЭДС источника тока 3В, его внутреннее сопротивление 1Ом, сопротивление резисторов $R_1=R_2=1,75\text{Ом}$, $R_3=2\text{Ом}$, $R_4=6\text{Ом}$. Какова сила тока в резисторе R_4 ?

Задача 3. При подключении вольтметра сопротивлением $R_V = 200\text{Ом}$ непосредственно к зажимам источника он показывает $U = 20\text{В}$. Если же этот источник замкнуть на резистор сопротивлением $R = 8\text{Ом}$, то сила тока в цепи $I_2 = 0,5\text{А}$. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

Решение. По закону Ома для полной цепи в первом случае сила тока $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_V + r}$, во втором случае $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$. Показания вольтметра — падение

напряжения на его внутреннем сопротивлении, т. е. $U = I_1 R_V$. Из соотношения $I_1(R_V + r) = I_2(R + r)$ найдём внутреннее сопротивление источника:

$$r = \frac{I_1 R_V - I_2 R}{I_2 - I_1} = \frac{U - I_2 R}{I_2 - \frac{U}{R_V}} = \frac{(U - I_2 R) R_V}{I_2 R_V - U} = 40 \text{ Ом.}$$

Для ЭДС источника запишем: $\mathcal{E} = I_2(R + r) = 24 \text{ В.}$

Задача 4. Определите силу тока короткого замыкания для источника, который при силе тока в цепи $I_1 = 10 \text{ А}$ имеет полезную мощность $P_1 = 500 \text{ Вт}$, а при силе тока $I_2 = 5 \text{ А}$ — мощность $P_2 = 375 \text{ Вт}$.

Решение. Сила тока короткого замыкания $I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r}$. Полезная мощность $P = IU$, где U — напряжение на зажимах источника, или падение напряжения на внешнем участке цепи. Напряжения на зажимах источника в первом и во втором случаях

$$U_1 = \frac{P_1}{I_1} = \mathcal{E} - I_1 r, \quad U_2 = \frac{P_2}{I_2} = \mathcal{E} - I_2 r.$$

Вычтем почленно из первого выражения второе:

$$\frac{P_1}{I_1} - \frac{P_2}{I_2} = (\mathcal{E} - I_1 r) - (\mathcal{E} - I_2 r) = (I_2 - I_1) r,$$

откуда определим $r = \frac{P_1 I_2 - P_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} = 5 \text{ Ом.}$

ЭДС источника тока

$$\mathcal{E} = U_1 + I_1 r = \frac{P_1}{I_1} + \frac{I_1 (P_1 I_2 - P_2 I_1)}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} = \frac{P_1}{I_1} + \frac{P_1 I_2 - P_2 I_1}{I_2 (I_2 - I_1)} = 100 \text{ В.}$$

Окончательно для силы тока короткого замыкания $I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r} = 20 \text{ А.}$

Задачи для самостоятельного решения Вариант 1

Решите задачи.

9. В электроприборе за 15 мин электрическим током совершена работа 9 кДж. Сила тока в цепи 2 А. Определите сопротивление прибора.

10. Электрическая цепь состоит из двух резисторов сопротивлением по 4 Ом соединенных последовательно, источника тока с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Определить силу тока в цепи.

ЧАСТЬ С

Решите задачу.

11. Температура однородного медного цилиндрического проводника длиной 10 м в течение 57 с повысилась на 10 К. Определить напряжение, которое было приложено к проводнику в это время. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

Вариант 2

9. Каково напряжение на резисторе сопротивлением 360 Ом, если за 12 мин электрическим током была совершена работа 450 Дж?

10. Электрическая цепь состоит из двух резисторов сопротивлением по 10 Ом каждый соединенных параллельно, источника тока с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Определить силу тока в цепи.

ЧАСТЬ С

Решите задачу.

11. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

Вариант 3

Решите задачу.

9. В электроприборе с сопротивлением 2,5 Ом электрическим током за 15 мин совершена работа 9 кДж. Определите силу тока в цепи.

10. Электрическая цепь состоит из двух резисторов сопротивлением 15 Ом и 23 Ом соединенных последовательно, источника тока с ЭДС 100 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Определить силу тока в цепи.

ЧАСТЬ С

Решите задачу.

11. К однородному медному цилиндрическому проводнику на 15 с приложили разность потенциалов 1 В. Какова длина проводника, если его температура при этом повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

Вариант4

Решите задачи.

9. В резисторе сопротивлением 360 Ом при напряжении 15 В электрическим током была совершена работа 450 Дж. За какое время была совершена работа?

10. Электрическая цепь состоит из двух резисторов сопротивлением по 4 Ом соединенных параллельно, источника тока с ЭДС 16 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Определить силу тока в цепи.

ЧАСТЬ С

Решите задачу.

11. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 40 м приложили разность потенциалов 10 В. Каким будет изменение температуры проводника через 15 с? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

Практическая работа №20. Изучение темы "Электрический ток в полупроводниках р-п переход. Полупроводниковый диод. Транзисторы."

Цели: сформировать представление о свободных носителях электрического заряда в полупроводниках при наличии примесей с точки зрения электронной теории и опираясь на эти знания выяснить физическую сущность р-п-перехода; научить учащихся объяснять работу полупроводниковых приборов, опираясь на знания о физической сущности р-п-перехода; Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.:, Просвещение, 2019.-416 с.

Задание: изучить и законспектировать параграфы 110, 111 учебника, письменно ответить на вопросы, решить задачи.

1. Какую связь называют ковалентной?
2. В чём состоит различие зависимости сопротивления полупроводников и металлов от температуры?
3. Какие подвижные носители зарядов имеются в чистом полупроводнике?
4. Что происходит при встрече электрона с дыркой?
5. Почему сопротивление полупроводников сильно зависит от наличия примесей?
6. Какие носители заряда являются основными в полупроводнике с акцепторной примесью?
7. Какую примесь надо ввести в полупроводник, чтобы получить полупроводник *n*-типа?



1. Что происходит в контакте двух проводников *n*- и *p*-типов?
2. Что такое запирающий слой?
3. Какой переход называют прямым?
4. Для чего служит полупроводниковый диод?
5. Почему база транзистора должна быть узкой?
6. Как надо включать в цепь транзистор, у которого база является полупроводником *p*-типа, а эмиттер и коллектор — полупроводниками *n*-типа?
7. Почему сила тока в коллекторе почти равна силе тока в эмиттере?



A1. Выберите фамилию нашего соотечественника, получившего Нобелевскую премию за исследование полупроводников, использующихся в лазерах, средствах мобильной связи.

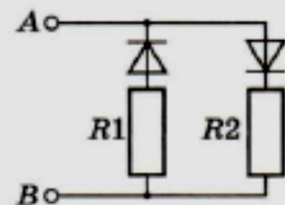
- 1) Басов 2) Прохоров 3) Гинзбург 4) Алфёров

A2. Идеальный *p-n*-переход присоединён через металлические контакты к источнику тока так, что к *p*-полупроводнику присоединена отрицательная клемма источника. Если током неосновных носителей зарядов пренебречь, то ток

- 1) в *p*-области перехода обеспечивается в основном движением дырок, в *n*-области — электронов
- 2) в *p*-области перехода обеспечивается в основном движением электронов, в *n*-области — дырок
- 3) в *p*-области и *n*-области перехода обеспечивается в равной степени движением дырок и электронов
- 4) в *p*-области и *n*-области перехода не идёт

C3. Чему примерно равна концентрация носителей заряда в полупроводнике *p*-типа, если он получен добавлением трёхвалентного металла в германий (число атомов примеси составляет 0,01% от числа атомов германия в кристалле). Собственной проводимостью германия можно пренебречь, плотность его считайте равной 5400 кг/м³. Молярная масса германия 0,0725 кг/моль.

C4. В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке *A* положительного полюса, а к точке *B* отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 7,2 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 14,4 Вт.



Укажите условия прохождения тока через диоды и резисторы в обоих случаях и определите сопротивление резисторов в этой цепи.

Практическая работа №21. Решение задач по теме «Сила Ампера и сила Лоренца».

Цель: научиться применять закон Ампера и формулу силы Лоренца при решении задач.

Краткая теория

Закон Ампера устанавливает, что на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, индукция которого B , действует сила, пропорциональная силе тока и индукции магнитного поля:

$$F_A = I \times l \times B \times \sin \alpha$$

Сила Ампера направлена перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы I и B . Для

определения направления силы, действующей на проводник с током, помещенный в магнитное поле, применяется правило левой руки.

Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называют силой Лоренца.

$$F_L = q \times v \times B \times \sin \alpha,$$

где q – модуль заряда, v – скорость движения заряженной частицы, α – угол между вектором скорости и вектором магнитной индукции.

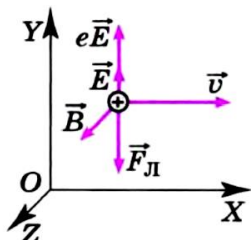


Рис. 1.33

Задача 1. В пространстве, где созданы одновременно однородные и постоянные электрическое и магнитное поля, по прямолинейной траектории движется протон. Известно, что напряжённость электрического поля равна \vec{E} . Определите индукцию \vec{B} магнитного поля.

Решение. Прямолинейное движение протона возможно в двух случаях.

1) Вектор \vec{E} направлен вдоль траектории движения протона. Тогда вектор \vec{B} также должен быть направлен вдоль этой траектории, и его модуль может быть любым,

так как магнитное поле не будет действовать на частицу.

2) Векторы \vec{E} , \vec{B} , и \vec{v} взаимно перпендикулярны, и сила, действующая на протон со стороны электрического поля, равна по модулю и противоположна по направлению силе Лоренца, действующей на протон со стороны магнитного поля (рис. 1.33). Так как $e\vec{E} + \vec{F}_L = 0$, то $eE - evB = 0$ и $B = \frac{E}{v}$.

Задача 2. Протон влетает в однородное магнитное поле со скоростью $v = 100$ м/с, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля $B = 0,1$ Тл. Масса и заряд протона равны соответственно $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Определите параметры траектории частицы.

Решение. Мы знаем, что на частицу, движущуюся параллельно линиям магнитной индукции, магнитное поле не действует.

Разложим скорость на две составляющие: одну параллельно линиям магнитной индукции, а другую перпендикулярно им — \vec{v}_{\parallel} и \vec{v}_{\perp} . Вдоль линий магнитной индукции протон движется с постоянной скоростью $\vec{v}_{\parallel} = v \cos \alpha$.

В плоскости, перпендикулярной \vec{B} , протон движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $r = \frac{mv_{\perp}}{qB}$ (см. формулу (1.6)). Согласно закону независимости движений протон участвует в двух движениях: вдоль линий индукции он движется равномерно и одновременно вращается в плоскости, перпендикулярной \vec{B} .

Таким образом, траекторией движения частицы будет винтовая линия. Радиус $r = \frac{mv_{\perp}}{qB} = \frac{mv \sin \alpha}{qB} \approx 9,1 \cdot 10^{-6}$ м. Шаг h винта — расстояние, которое пройдёт частица за время одного оборота: $h = v_{\parallel} T = v \cos \alpha \frac{2\pi m}{qB} \approx 3,3 \cdot 10^{-5}$ м.

Задача 3. В однородное магнитное поле влетает электрон со скоростью $v = 100$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к линиям магнитной индукции. Сколько оборотов сделает электрон, прежде чем попадёт на экран Э? Индукция магнитного поля $B = 0,01$ Тл. Расстояние от точки O поля, в которую попадает электрон, до экрана $l = 20$ см.

Решение. В поле на электрон начинает действовать сила Лоренца $F = |e|vB \sin \alpha$, которая заставляет электрон двигаться по окружности (рис. 1.34). При этом вдоль оси OX электрон движется равномерно со скоростью $v_x = v \cos \alpha$. Время, за которое электрон долетит до экрана, $t = \frac{l}{v \cos \alpha}$. Период обращения электрона по окружности $T = \frac{2\pi m}{|e|B}$ (см. формулу (1.7)). Таким образом, число оборотов

Вывод формулы для нахождения T :

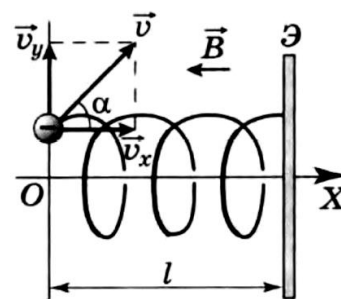


Рис. 1.34

Согласно второму закону Ньютона (см. рис. 1.30)

$$\frac{mv^2}{r} = |q|vB.$$

Отсюда

$$r = \frac{mv}{|q|B}. \quad (1.6)$$

Время, за которое частица делает полный оборот (период обращения), равно:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{|q|B}. \quad (1.7)$$

$$N = \frac{t}{T} = l |e|B / 2\pi m v \cos \alpha = 1,1 \cdot 10^6.$$

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1.

1. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 10^6 м/с в магнитном поле с индукцией 0.2 Тл перпендикулярно линиям индукции?
2. Определите модуль силы, действующей на проводник длиной 20 см при силе тока 10 А в магнитном поле с индукцией 0.13 Тл, если угол α между вектором B и проводником равен а) 90° ; б) 30° .
3. Определите, с какой силой магнитное поле, созданное током, действует на проводник, если магнитная индукция поля 1.5 Тл, рабочая длина проводника 0.4 м и по нему протекает ток 50 А.
4. Вычислите магнитную индукцию поля, если оно действует на проводник с силой 6 Н. Рабочая длина проводника, помещенного в магнитное поле, составляет 60 см, а ток, протекающий в нем, равен 15 А.
5. Параллельно пластинам плоского конденсатора создано однородное магнитное поле индукцией $B = 4$ мТл. Между пластинами перпендикулярно направлению магнитного поля и параллельно пластинам движется электрон со скоростью $v = 5000$ км/с. Определите напряженность E электрического поля между пластинами.
6. Заряженная частица электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл в вакууме со скоростью 10^5 м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Вычислим силу, действующую на электрон.
7. Проводник с током удерживается в магнитном поле, индукция которого равна 2 Тл, силой 4 Н. Определить длину проводника, если его сопротивление 3 Ом, разность потенциалов на концах составляет 20 В, а направление тока с линиями индукции образует угол, равный 90° .
8. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции?

Вариант 2.

1. По проводнику длиной 45 см протекает ток силой 20 А. Чему равна индукция магнитного поля, в которое помещен проводник, если на проводник действует сила 9 мН?
2. Сила тока в проводнике 4 А, длина активной части проводника 0.2 м, магнитное поле действует на проводник с силой 0.1 Н. Определите индукцию магнитного поля, если линии индукции поля и ток взаимно перпендикулярны.
3. Индукция магнитного поля, созданная прямолинейным проводником в точке, находящейся на расстоянии 20 см от проводника, равна $2 \cdot 10^{-5}$ Тл. Какой ток проходит по проводнику?
4. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника длиной 1 м каждый, по которым текут токи силой 10 и 40 А в одном направлении, если они находятся в воздухе на расстоянии 0.5 м друг от друга?
5. На проводник длиной 50 см, находящийся в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0.1 Тл, действует сила 0.05 Н. Вычислите угол между направлением силы тока и вектором магнитной индукции, если сила тока равна 2 А.
6. С какой скоростью должен двигаться проводник длиной 20 см в магнитном поле с индукцией $8 \cdot 10^{-2}$ Тл, чтобы в нем возникла ЭДС индукции 40 мВ. Проводник движется под углом 90° к вектору магнитной индукции.
7. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле с индукцией $5 \cdot 10^{-3}$ Тл. Радиус окружности, по которой он движется, равен 1 см. Определите модуль скорости движения электрона, если она направлена перпендикулярно к линиям индукции.
- а8. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 0.5 Тл, движется равномерно проводник длиной 10 см. По проводнику течет ток в 2 А. Скорость движения проводника 20 см/с и направлена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Найти работу перемещения проводника за 10 с движения.

Практическая работа №22. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции».

Цель: отработка практических навыков при решении задач.

Ход урока

I. Организационный момент

II. Повторение

- Что называется ЭДС-индукцией?
- Какая формула выражает основной закон электромагнитной индукции?
- Как формулируется правило Ленца?
- Объясните, как определяется направление индукционного тока в прямолинейном проводнике, движущемся в однородном магнитном поле. Как формируется правило правой руки?

III. Решение задач

1. Из провода длиной 2 м сделали квадрат, расположенный горизонтально. Какой заряд пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился. Сопротивление провода 0,1 Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

<p>Дано: $l = 2 \text{ м},$ $R = 0,1 \text{ Ом},$ $B = 50 \text{ мкТл}.$</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> <p>$q = ?$</p>	<p>Решение:</p> $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \Delta\Phi = B\Delta S;$ $\Delta S = S_2 - S_1 = 0 - \frac{l^2}{16} = -\frac{l^2}{16}.$ $\varepsilon_i = \frac{Bl^2}{16\Delta t}; I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{Bl^2}{16R\Delta t}. q = I\Delta t = \frac{Bl^2}{16R} = 125 \text{ мкКл}.$
---	---

(Ответ: $q = 125 \text{ мкКл}.$)

($\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$, $\alpha=0$)

2. Металлический стержень равномерно вращается вокруг одного из его концов в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной к основным линиям поля. Угловая скорость вращения стержня $\omega = 75 \text{ рад/с}$, его длина $l = 0,4 \text{ м}$, магнитная индукция поля $B = 0,1 \text{ Тл}$. Найти ЭДС-индукции стержня.

Дано:
 $\omega = 15 \text{ рад/с},$
 $l = 0,4 \text{ м},$
 $B = 0,1 \text{ Тл}.$
 $\alpha=0$
 $\varepsilon = ?$

Решение:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t},$$

где ΔS - площадь, описываемая стержнем за Δt .

Стержень описывает круг радиусом l , следовательно изменение площади

$$\Delta S = N\pi l^2, \text{ где } N \text{ — число оборотов.}$$

(Ответ: $\varepsilon = 0,6 \text{ В}.$)

3. Плоский проводящий виток, площадью $S = 60 \text{ см}^2$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4 \text{ Тл}$. Какой заряд пройдет по контуру, если его повернуть на угол 90° ? угол 180° ? Сопротивление контура $R = 2 \text{ Ом}$.

Дано:

$$S = 60 \text{ см}^2,$$

$$B = 0,4 \text{ Тл},$$

$$R = 2 \text{ Ом},$$

$$\alpha = 90^\circ,$$

$$\alpha = 18^\circ.$$

Решение:

$$q = I \Delta t; I = \frac{\varepsilon}{R}; \varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t}; q = -\frac{\Delta \Phi}{R}.$$

Если повернуть на $\alpha = 90^\circ$, то $\Phi_2 = 0$, $\Phi_1 = BS$,
 $\Delta \Phi = 0 - BS = -BS$.

$$q_1 = \frac{BS}{R}; q_1 = 1,2 \text{ мКл}.$$

На угол $\alpha = 18^\circ$, $\Delta \Phi = -2BS$.

$$\Phi_2 - \Phi_1 = -BS - BS = -2BS;$$

$$q_2 = \frac{2BS}{R}; q_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}.$$

(Ответ: $q_1 = 1,2 \text{ мКл}$, $q_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.)

Задача 1. Проволочный виток радиусом $r = 5 \text{ см}$ находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого направлен под углом $\alpha = 30^\circ$ к плоскости, ограниченной витком (рис. 2.11). Удельное сопротивление проволоки $\rho = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, её диаметр $d = 2 \text{ мм}$. Индукция магнитного поля изменяется по закону $B = B_0(1 - kt)$, где $k = 0,04 \text{ с}^{-1}$, $B_0 = 3 \text{ Тл}$. Определите силу и направление тока, идущего по витку. Будет ли направление тока оставаться постоянным?

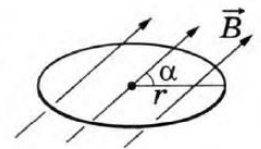


Рис. 2.11

Решение. Магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, будет непрерывно изменяться со временем, следовательно, вследствие явления электромагнитной индукции по витку пойдёт ток.

$$\text{ЭДС индукции } |\varepsilon_i| = |\Delta \Phi / \Delta t|.$$

Магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, определим по формуле $\Phi = BS \sin \alpha = B_0(1 - 0,04t)\pi r^2 \sin \alpha$. Тогда $\varepsilon_i = 0,04B_0\pi r^2 \sin \alpha$.

$$\text{Сопротивление витка } R = \rho \frac{2\pi r}{\pi d^2 / 4} = \rho \frac{8r}{d^2}.$$

$$\text{Сила тока в витке согласно закону Ома } I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{0,04B_0 \pi r^2 \sin \alpha}{\rho \frac{8r}{d^2}} =$$

$$= \frac{0,04B_0 \pi r d^2 \sin \alpha}{8\rho} \approx 0,19 \text{ А}.$$

Направление индукционного тока определим по правилу Ленца. Магнитный поток уменьшается, следовательно, индукционный ток должен быть направлен так, чтобы индукция магнитного поля, которое он создаёт, была направлена в ту же сторону, что и нормальная составляющая индукции внешнего магнитного поля. Воспользуемся правилом правого винта и увидим, что ток идёт против часовой стрелки.

В момент времени, равный 25 с , направление поля должно измениться на противоположное. Начиная с этого момента индукция магнитного поля увеличивается по модулю. Следовательно, согласно правилу Ленца индукция магнитного поля, созданного индукционным током, должна быть направлена в сторону, противоположную нормальной составляющей вектора \vec{B} , таким образом, направление индукционного тока не меняется.

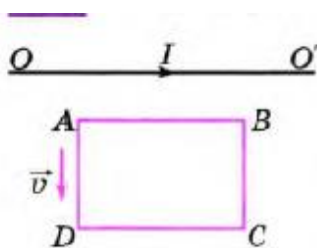


Рис. 2.12

Задача 2. Прямоугольный контур $ABCD$ перемещается поступательно в магнитном поле тока, идущего по прямолинейному длинному проводнику (рис. 2.12). Определите направление тока, индуцированного в контуре, если контур удаляется от провода. Какие силы действуют на контур?

Решение. Вектор магнитной индукции \vec{B} магнитного поля тока I в области расположения контура направлен перпендикулярно плоскости контура от нас. При удалении контура от провода магнитный поток через площадку $ABCD$ убывает ($\Delta\Phi < 0$). Следовательно, вектор магнитной индукции \vec{B}' магнитного поля тока I_i согласно правилу Ленца направлен от нас, как и вектор \vec{B} . Применяя правило буравчика, находим, что индукционный ток в контуре направлен по часовой стрелке.

Взаимодействие тока в контуре с прямолинейным током приводит к появлению сил, действующих на проводники контура. Применив правило левой руки, можно выяснить, что эти силы, во-первых, растягивают рамку, стремясь увеличить площадь контура, и, во-вторых, создают результирующую силу, направленную к прямолинейному проводнику. Оба действия будут препятствовать уменьшению магнитного потока через контур.

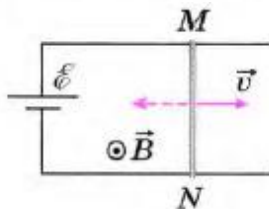


Рис. 2.13

Задача 3. Проводник MN (рис. 2.13) длиной $l = 0,4$ м и сопротивлением $R = 4$ Ом лежит на двух горизонтальных проводниках, замкнутых на источник тока, ЭДС которого $\mathcal{E} = 2$ В. Проводники находятся в вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл. Определите силу тока в проводнике, если он движется равномерно со скоростью $v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$:

а) вправо; б) влево. Сопротивлением проводников, по которым скользит проводник MN , можно пренебречь.

Решение. При равномерном перемещении проводника изменяется магнитный поток через площадь, ограниченную контуром, и, следовательно, возникает ЭДС индукции, которая равна $|\mathcal{E}_i| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$.

а) При движении проводника вправо магнитный поток через контур увеличивается, индукционный ток направлен так, чтобы согласно правилу Ленца компенсировать причину, его вызывавшую. В данном случае индукционный ток направлен по часовой стрелке, отсюда ЭДС индукции уменьшает силу тока, создаваемого источником. Изменение магнитного потока при движении проводника $\Delta\Phi = Bl\Delta x$, где $\Delta x = v\Delta t$, откуда

$$|\mathcal{E}_i| = Bl \left| \frac{\Delta x}{\Delta t} \right| = Blv.$$

По закону Ома для полной цепи $I_1 = \frac{\mathcal{E} - Blv}{R} = 0,4$ А.

б) При движении проводника влево магнитный поток уменьшается, индукционный ток, поддерживающий магнитный поток, будет направлен против часовой стрелки, ЭДС индукции вызывает ток того же направления, что и \mathcal{E} . Отсюда $I_2 = \frac{\mathcal{E} + Blv}{R} = 0,6 \text{ А}$.

Задача 4. Проволочную катушку, насчитывающую 1000 витков, помещают в однородное магнитное поле так, что линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости витков. Катушка подсоединена к гальванометру. Затем катушку удаляют из поля, при этом по цепи катушки проходит заряд 10^{-3} Кл. Определите индукцию магнитного поля, если площадь витка 10^{-3} м^2 , а полное сопротивление цепи катушки 2 Ом.

Решение. Магнитный поток через катушку изменяется за время t от $\Phi = NBS$ до нуля. Изменение магнитного потока $\Delta\Phi = NBS$.

В катушке индуцируется ЭДС. Значения ЭДС в различные моменты времени могут быть различны. По закону электромагнитной индукции ЭДС в некоторый момент времени определяется по формуле

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi_k}{\Delta t_k},$$

где $\Delta\Phi_k$ — изменение магнитного потока за малый промежуток времени Δt_k . Изменение магнитного потока за это время $\Delta\Phi_k = \mathcal{E}_i \Delta t_k$.

Согласно закону Ома ЭДС равна $\mathcal{E}_i = I_k R$, откуда изменение магнитного потока за время Δt_k равно $\Delta\Phi_k = I_k R \Delta t_k$.

Заряд, прошедший по проводнику, $\Delta q_k = I_k \Delta t_k$.

Полное изменение магнитного потока $\Delta\Phi = \sum_k \Delta\Phi_k = qR$.

Окончательно заряд, прошедший через поперечное сечение проводника при изменении магнитного потока на $\Delta\Phi$, равен:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{NBS}{R}, \text{ откуда } B = \frac{qR}{NS} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$$



Задачи для самостоятельного решения

1. Из куска тонкой проволоки сделано кольцо. При включении магнитного поля, направленного перпендикулярно плоскости конца, по нему протек заряд $Q = 10^{-5}$ Кл. Какой заряд Q_2 протечет по проволоке, если при включении поля кольцо деформировать в квадрат, расположенный в той же плоскости? (Ответ: $-0,2 \cdot 10^{-5}$ Кл.)

2. Катушка сопротивлением $R = 100$ Ом, состоящая из $N = 1000$ витков площадью $S = 5 \text{ см}^2$ каждый, внесена в однородное магнитное поле, которое уменьшилось по величине от $B_1 = 0,8$ Тл до $B_2 = 0,3$ Тл и не изменилось по направлению. Какой заряд прошел по проводнику за это время? (Ответ: $2,5 \cdot 10^{-6}$ Кл.)

3. Вектор магнитной индукции поля перпендикулярен плоскости кольца диаметром $d = 22$ мм и его проекция на нормаль к плоскости круга изменяется от $B_{n1} = -0,4$ Тл до $B_{n2} = 0,55$ Тл за $80 \cdot 10^{-3}$ с. Найти ЭДС-индукцию. (Ответ: 0,45 В.)

4. Проволочное кольцо диаметром $d = 5$ Ом помещено в переменное магнитное поле перпендикулярно его плоскости. Магнитная индукция нарастает линейно за $\Delta t_1 = 15$ с от нуля до $B = 0,02$ Тл и затем линейно уменьшается до нуля за $\Delta t_2 = 20$ с. Какое количество теплоты выделится в кольце?

СР-22. Закон электромагнитной индукции.
Изменение угла между контуром и полем.
Вращение рамки в однородном магнитном поле

ВАРИАНТ № 1

1. Круговой контур диаметром 4 см помещён в однородное магнитное поле индукцией 0,2 Тл. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля, сопротивление контура 1 Ом. Какой заряд протечёт по контуру при повороте его на 90° ?
2. Угловая скорость вращения рамки в однородном магнитном поле 45 рад/с, а максимальный магнитный поток 2 Вб. Определите максимальное значение ЭДС индукции, возникающей в этой рамке.
3. Круглая рамка площадью 300 см^2 имеет 100 витков и вращается в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл вокруг оси, проходящей через её диаметр и перпендикулярной вектору индукции. Найдите угловую скорость вращения рамки, если максимальная величина ЭДС индукции равна 15 В.

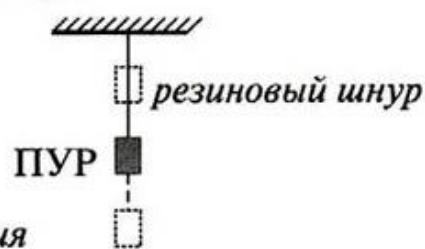
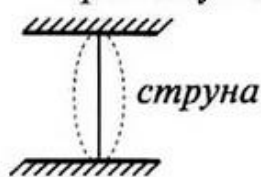
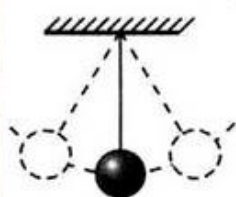
ВАРИАНТ № 2

1. Катушка, имеющая 100 витков и расположенная перпендикулярно магнитному полю с индукцией 6 Тл, поворачивается за 1 с на угол 90° . За это время в катушке наводится ЭДС со средним значением 0,6 В. Определите площадь поперечного сечения катушки.
2. Определите максимальный магнитный поток через рамку, вращающуюся в однородном магнитном поле с частотой 10 Гц. Максимальная ЭДС, возникающая в рамке, 3 В.
3. Круглая рамка имеет 100 витков и вращается в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл вокруг оси, проходящей через её диаметр и перпендикулярной вектору индукции. Найдите угловую скорость вращения рамки, если максимальная величина ЭДС индукции 20 В, а площадь рамки $0,08 \text{ м}^2$.

Практическая работа № 23 "Изучение механических колебаний"
Практическая работа № 23 "Изучение механических колебаний"
Краткая теория для решения задач на механические колебания.

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

движения, повторяющиеся через определенный промежуток времени



ПУР – положение устойчивого равновесия

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ –

колебания, происходящие только благодаря нач. запасу энергии.

КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА –

система тел, которая способна совершать свободные колебания.

Общие свойства свободных колебаний:

– возникновение $F_{\text{рез.}} \rightarrow$ ПУР

– $F_{\text{тр}} \rightarrow 0$

МАЯТНИК –

твердое тело, совершающее под действием приложенных сил колебания около неподвижной точки или вокруг оси.



ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ:

Амплитуда колебаний (A) – наибольшее по модулю отклонение колеблющегося тела от ПУР. $[A] = [м]$

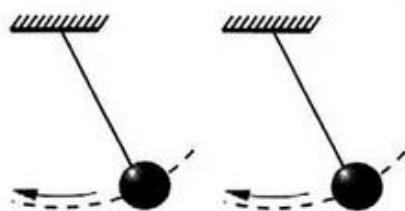
Период колебаний (T) – промежуток времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание. $[T] = [с]$

Частота колебаний (ν) – число колебаний в единицу времени.

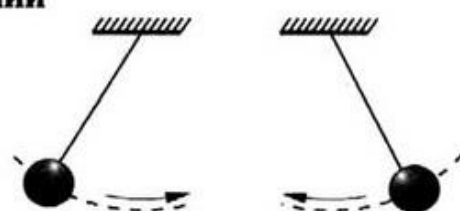
$[\nu] = [Гц]$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

Фаза колебаний



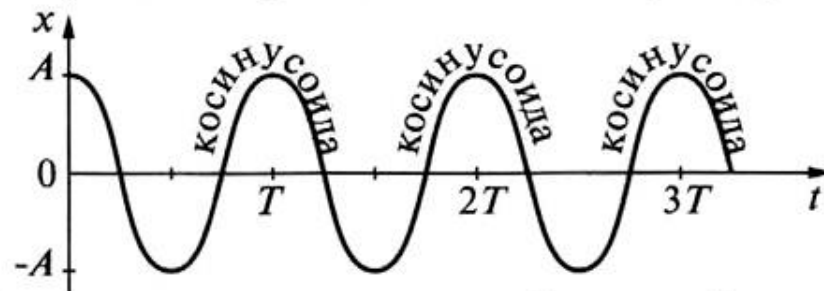
в одинаковых фазах



в противоположных фазах

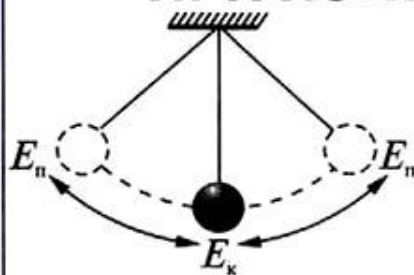
ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

колебания, которые происходят под действием силы, пропорциональной смещению колеблющейся точки и направленной противоположно этому смещению.

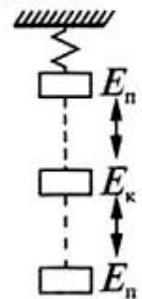


Периодические изменения во времени физической величины, происходящие по закону синуса ($y = \sin x$) или косинуса ($y = \cos x$), называются гармоническими колебаниями.

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ



Если потери энергии $\rightarrow 0$, то
 $E = E_k + E_n = \text{const}$
 E – первоначальный запас потенциальной энергии колебательной системы.



РЕАЛЬНО потери энергии
 есть всегда!
 (сопротивление воздуха, трение)

КОЛЕБАНИЯ ЗАТУХАЮЩИЕ
 (свободные)
 чем $F_{\text{сопр}} \uparrow \rightarrow A \downarrow$ быстрее

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

незатухающие колебания, совершаемые телом под действием внешней периодически изменяющейся силы.

$$(v_{\text{вын}} = v_{\text{внешн. силы}})$$

РЕЗОНАНС

резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний
 при $v_{\text{вын}} = v_0$ (собственная частота)

польза
 небольшой силой
 большой размах
 (колокол)

вред
 разрушение мостов
 вибрация фундаментов,
 станков, крыльев самолетов

Задачи на Механические колебания с решениями

Формулы, используемые на уроках «Задачи на Механические колебания».

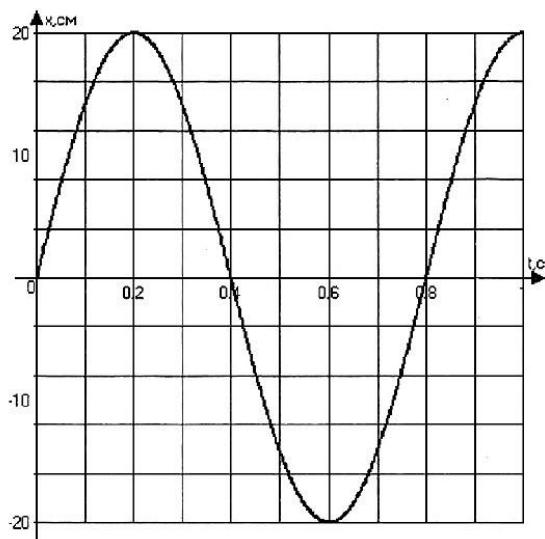
Название величины	Обозначение	Единица измерения	Формула
Амплитуда колебаний	A	м	
Период колебаний	T	с	$T = 1/\nu$; $T = t/N$
Частота колебаний	ν	Гц	$\nu = 1/T$; $\nu = N/t$
Число колебаний за какое-то время	N		$N = t/T$; $N = \nu t$
Время	t	с	$t = NT$; $t = N/\nu$
Циклическая частота колебаний	ω	Гц	$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$
Период колебаний пружинного маятника	T	с	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
Период колебаний математического маятника	T	с	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
Уравнение гармонических колебаний			$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0)$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1. Шарик на нити совершил 60 колебаний за 2 мин. Определите период и частоту колебаний шарика.

Дано:	СИ	Решение:
$N = 60$		$T = \frac{t}{N} = \frac{120}{60} = 2 \text{ (с)}$
$t = 2 \text{ мин}$	120 с	$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (Гц)}$
$T - ?$		Ответ: 2 с; 0,5 Гц
$\nu - ?$		

Задача № 2. 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.

Решение:

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

Задача № 3. Амплитуда незатухающих колебаний точки струны 2 мм, частота колебаний 1 кГц. Какой путь пройдет точка струны за 0,4 с? Какое перемещение совершит эта точка за один период колебаний?

Дано:

$$A = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$
$$\nu = 1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц};$$
$$t = 0,4 \text{ с}$$

Найти:

$$l - ?$$
$$S - ?$$

Решение:

Движение точки колеблющейся струны аналогично движению шарика на нити. Будем считать, что колебания начинаются в положении А.

Тогда за период колебания груз должен пройти в положение В, а из него в положение А. Расстояния ОА и ОВ равны по модулю амплитуде колебаний, то есть $OA = OB = A$. Поэтому расстояние от точки А до точки В: $AB = 2A$ (две амплитуды) и от В до А — тоже две амплитуды. Тогда общий путь колеблющегося шара за один период равен четырём амплитудам, то есть $l_1 = 4 \cdot A$.

Поскольку перемещение — это вектор, проведенный из начального положения тела в конечное, а положение тела в конце периода колебаний совпадает с его начальным положением, то перемещение тела (а в нашей задаче — точки струны) за период равно нулю, то есть $S = 0$.

Чтобы определить путь этой точки за все время движения, необходимо сначала определить число колебаний за все время движения N , а затем путь, пройденный точкой за одно колебание, умножить на число колебаний, то есть

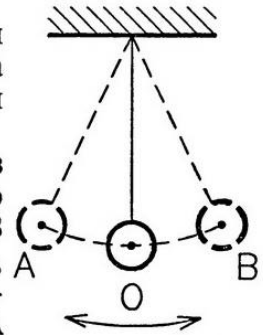
$$l = l_1 \cdot N$$

Найдем число колебаний $N = \frac{t}{T} = t \cdot \nu$, так как ν — частота, то есть число колебаний за 1 секунду, а t — время всех колебаний.

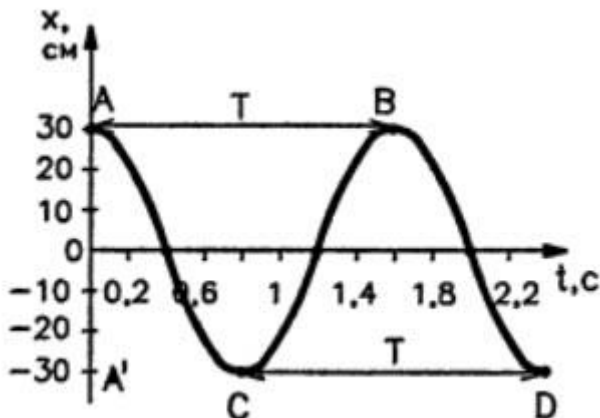
$$\text{Тогда } l = l_1 \cdot t \cdot \nu \text{ или } l = 4A \cdot t \cdot \nu; l = \left[\text{м} \cdot \text{с} \cdot \frac{1}{\text{с}} = \text{м} \right]$$

$$l = 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 10^3 = 3,2 \text{ м}$$

Ответ: $l = 3,2 \text{ м}; S = 0$.



Задача № 4. Пользуясь графиком изменения координаты колеблющегося тела от времени, определить амплитуду, период и частоту колебаний. Записать уравнение зависимости $x(t)$ и найти координату тела через 0,1 и 0,2 с после начала отсчета времени.



Дано:

График $x(t)$;
 $t_1 = 0,4$ с;
 $t_2 = 0,2$ с

Найти:

A — ?
 T — ?
 ν — ?
 $x(t)$ — ?
 x_1 — ?
 x_2 — ?

Решение:

- 1) Амплитуда колебаний — это наибольшее смещение от положения равновесия, поэтому необходимо определить по оси Ox — оси координаты — наибольшее удаление от точки O . Амплитуда колебаний будет равна длине отрезка OA . Для большей точности можно длину отрезка

AA' разделить на 2, так как отрезок AA' соответствует двум амплитудам.

Так как $|OA| = 30$ см, следовательно, и амплитуда колебаний $A = 30$ см = 0,3 м.

Или

$$A = \frac{|AA'|}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м.}$$

- 2) Период колебаний — это продолжительность одного полного колебания, или это наименьший промежуток времени, через который тело вернется в начальное положение. Из графика видно, что период — это промежуток времени между точками A и B (или C и D). Так как относительно оси времени Ot координата точки A $t_A = 0$, а точки B $t_B = 1,6$ с, то, очевидно, период равен

$$T = t_B - t_A = 1,6 - 0 = 1,6 \text{ с} \Rightarrow T = 1,6 \text{ с}$$

Найдем интервал времени между точками C и D :

$$t_C = 0,8 \text{ с}; t_D = 2,4 \text{ с} \Rightarrow T = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ с.}$$

Таким образом, получили, что для определения периода колебаний можно рассчитывать промежуток времени между двумя последовательными прохождениями точкой одинаковой координаты.

- 3) Определим теперь частоту колебаний по формуле:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$\text{Получим: } \nu = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ Гц.}$$

- 4) Запишем закон гармонического колебания, то есть уравнение зависимости $x(t)$. Из курса алгебры известно, что данная кривая — косинусоида. Поэтому координата колеблющегося тела изменяется по закону косинуса. Тогда

$$x = A \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

В это уравнение вместо множителя A , то есть амплитуды колебаний и периода T , подставим найденные из графика числовые значения.

$$\text{Отсюда: } x = 0,3 \cdot \cos \frac{2\pi}{1,6} \cdot t$$

Упростив это выражение, получим окончательно:

$$x = 0,3 \cos 1,25\pi t$$

- 5) Определим координату тела через 0,1 с и 0,2 с, подставляя эти числа в уравнение координаты. Тогда при $t_1 = 0,1$ с получим:

$$x_1 = 0,3 \cos 1,25\pi \cdot 0,1 = 0,3 \cos 0,125\pi \approx 0,28 \text{ м}$$

В данном случае значение косинуса аргумента $0,125\pi$ нужно определить с помощью «Таблицы значений синусов и тангенсов». Напомним, что π рад = 180° , тогда

$$\cos 0,125 \cdot 180^\circ = \cos 22,5^\circ \approx 0,924.$$

Аналогично найдем координату x_2 при $t_2 = 0,2$ с.

$$x_2 = 0,3 \cos 1,25\pi \cdot 0,2 = 0,3 \cos 0,25\pi = 0,3 \cos \frac{\pi}{4} = 0,3 \cos 45^\circ =$$

Задача № 5. Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны $1,6 \text{ м/с}^2$.

Дано:

$$\nu = 0,5 \text{ Гц};$$

$$g = 1,6 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$l - ?$$

Решение:

Период колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

По определению $\nu = \frac{1}{T}$, откуда $T = \frac{1}{\nu}$

$$\text{Получим, } \frac{1}{\nu} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Выразим длину маятника. Возведем обе части равенства в квадрат:

$$\frac{1}{\nu^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{l}{g} \Rightarrow l = \frac{g}{4\pi^2 \nu^2}; l = \left[\frac{M}{c^2 \cdot \Gamma^2} = \frac{M}{c^2 \cdot 1/c^2} = \frac{c^2 \cdot M}{c^2} = M \right]$$

$$l = \frac{1,6}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,5^2} \approx 0,16 \text{ м}$$

Ответ: $l \approx 0,16 \text{ м}$

Задача № 6. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине с жесткостью 250 Н/м. Амплитуда колебаний 15 см. Найти полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения груза.

Дано:

$$m = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг};$$

$$k = 250 \text{ Н/м};$$

$$A = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

Найти:

$$W - ?$$

$$v_{\max} - ?$$

Решение:

Полная механическая энергия колебания равна сумме кинетической энергии движения и потенциальной энергии взаимодействия, то есть

$$W = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

В положении наибольшего отклонения от положения равновесия ($x = A$) $W = E_p = \frac{kA^2}{2}$

В момент прохождения телом положения равновесия:

$$W = E_k = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$\text{Отсюда } W = \frac{250 \cdot 0,15^2}{2} = 2,8 \text{ Дж.}$$

Определим наибольшую скорость движения груза:

$$W = \frac{mv_m^2}{2} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}},$$

$$v_m = \left[\sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,8}{0,4}} = \sqrt{14} \approx 3,7 \text{ м/с}$$

Ответ: $W = 2,8 \text{ Дж}; v_{\max} = 3,7 \text{ м/с.}$

Задача № 7. Частота колебаний крыльев вороны в полете равна в среднем 3 Гц. Сколько взмахов крыльями сделает ворона, пролетев путь 650 м со скоростью 13 м/с?

Дано:

$$v = 3 \text{ Гц}; s = 650 \text{ м}$$

$$v = 13 \text{ м/с}$$

$$N = ?$$

Решение:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{650 \text{ м}}{13 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 50 \text{ с}; N = v \cdot t = 3 \text{ Гц} \cdot 50 \text{ с} = 150.$$

Задача № 8. Гармоническое колебание описывается уравнением

$$x = 2 \sin \left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{4} \right).$$

Чему равны циклическая частота колебаний, линейная частота колебаний, начальная фаза колебаний?

Дано:

$$x = 2 \sin \left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$\omega_0 = ?; \nu = ?; \varphi_0 = ?$$

Решение:

Сравним уравнение колебаний точки с уравнением, описывающим гармоническое колебание $x = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$;

$$\omega_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \varphi_0 = \frac{\pi}{4} \text{ рад}; \omega_0 = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{4} \text{ с}^{-1} = 0,25 \text{ Гц}.$$

Задача № 9. Математический маятник длиной 0,99 м совершает 50 полных колебаний за 1 мин 40 с. Чему равно ускорение свободного падения в данном месте на поверхности Земли? (Можно принять $\pi^2 = 9,87$.)

Дано:

$$l = 0,99 \text{ м}; N = 50$$

$$t = 1 \text{ мин } 40 \text{ с} = 100 \text{ с}$$

$$g = ?$$

Решение:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}; T = \frac{t}{N}; \frac{t}{N} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \frac{t^2}{N^2} =$$

$$= 4\pi^2 \frac{l}{g} \Rightarrow g = \frac{N^2 4\pi^2 l}{t^2} = \frac{2500 \cdot 4 \cdot (3,14)^2 \cdot 0,99 \text{ м}}{10\,000 \text{ с}^2} = 9,76 \text{ м/с}^2.$$

Задача № 10. **ОГЭ** Как и во сколько раз изменится период колебаний пружинного маятника, если шарик на пружине заменить другим шариком, радиус которого вдвое меньше, а плотность — в два раза больше?

► Решение. Период колебаний пружинного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, (1)
где $m = \frac{4\pi}{3} R^3 \rho$.

Выразим массу второго шарика через массу первого: $m_2 = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{R}{2}\right)^3 \cdot (2\rho) = \frac{1}{4} m_1$.

Тогда из (1) следует $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \frac{1}{2}$.

► Ответ. Период уменьшится в 2 раза.

Задача № 11. **ЕГЭ** Два математических маятника за одно и то же время совершают — первый $N_1 = 30$, а второй — $N_2 = 40$ колебаний. Какова длина каждого из них, если разность их длин $\Delta l = 7 \text{ см}$?

► Решение. Период колебаний математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Поскольку $N_1 < N_2$, длина первого маятника больше длины второго. Отношение их периодов

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{l + \Delta l}{l}} = \frac{N_2}{N_1}.$$

Отсюда найдём длину второго маятника: $l_2 = l = \frac{N_1^2}{N_2^2 - N_1^2} \Delta l$.

Длина первого маятника $l_1 = l + \Delta l$.

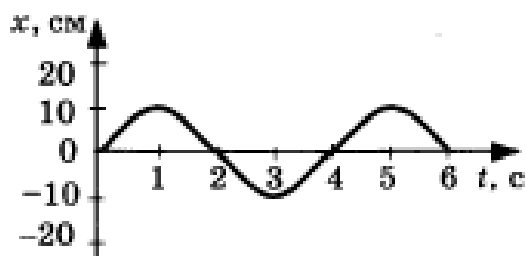
► Ответ. $l_1 = 16$ см, $l_2 = 9$ см.

Задачи для самостоятельного решения

ВАРИАНТ № 1

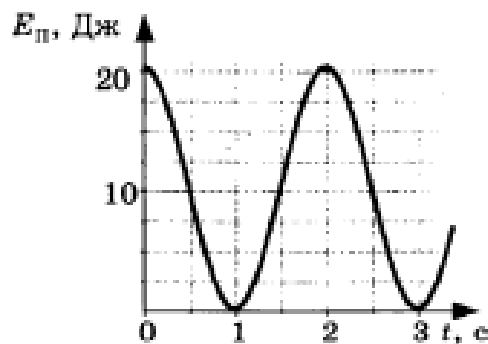
A1. Тело совершает гармонические колебания по закону $x = 0,2 \sin(4\pi t)$. Определите амплитуду колебаний.

A2. На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени.



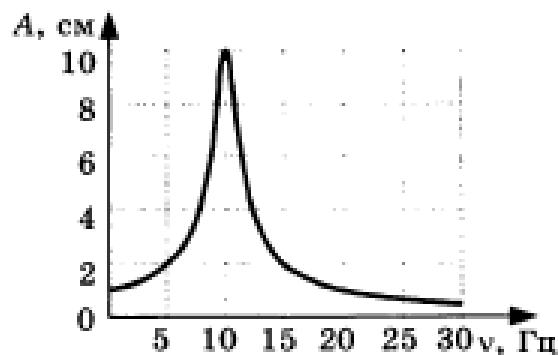
Частота колебаний равна

- A3.** На рисунке представлен график зависимости потенциальной энергии математического маятника (относительно положения его равновесия) от времени.



В момент времени $t = 1$ с кинетическая энергия маятника равна

- A4.** На рисунке представлен график зависимости амплитуды A вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей силы.



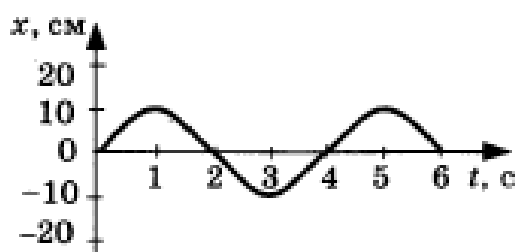
Резонанс происходит при частоте

- A5.** Волна с частотой 4 Гц распространяется по шнуру со скоростью 8 м/с. Длина волны равна

- В1.** Груз массой 0,08 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания. Какой массы новый груз нужно подвесить вместо первого, чтобы частота колебаний уменьшилась в 2 раза?
- В2.** Тело массой 5 кг совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Максимальная кинетическая энергия колеблющегося тела равна 2,5 Дж. Определите период колебаний.
- С1.** Математический маятник с длиной нити 24 см находится в лифте, который движется с ускорением 2 м/с^2 , направленным вверх. Рассчитайте период колебаний маятника.

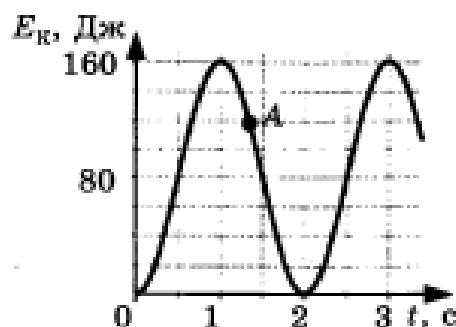
ВАРИАНТ № 2

- A1.** Координата математического маятника изменяется по закону $x = 10\sin(20t + 5)$. В соответствии с этой формулой циклическая частота колебаний равна
- A2.** На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени.



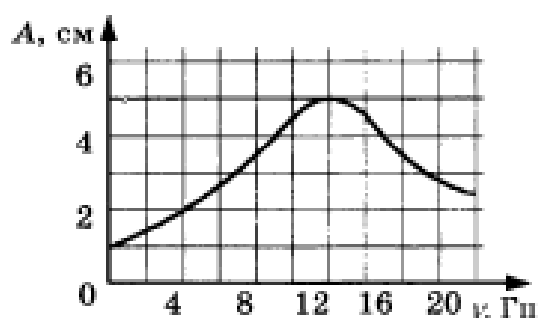
Амплитуда колебаний равна

- A3.** На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка, качающегося на качелях.



В момент, соответствующий точке A на графике, его полная механическая энергия равна

- A4.** На рисунке представлен график зависимости амплитуды A вынужденных колебаний от частоты ν внешней силы.



При резонансе амплитуда колебаний равна

- A5.** Волна частотой 3 Гц распространяется в среде со скоростью 6 м/с. Длина волны равна
- B1.** Тело массой 100 г совершает колебания на пружине с амплитудой 5 см. Максимальное значение модуля скорости этого тела равно 5 м/с. Определите частоту колебаний.
- B2.** На каком расстоянии от корабля находится айсберг, если посланный гидролокатором ультразвуковой сигнал, имеющий скорость 1500 м/с, вернулся назад через 0,4 с?
- C1.** Математический маятник на поверхности Земли имеет период колебаний 2,4 с. Определите период колебаний этого же маятника на поверхности планеты, радиус которой в 50 раз меньше земного радиуса, а плотность в 2 раза больше плотности Земли.

Практическая работа №24. Исследование темы "Переменный электрический ток. Резистор в цепи переменного тока. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока."

Цели: сформировать представление о переменном токе и его получении. Мгновенное и максимальное значения ЭДС, напряжения и силы переменного тока. Резистор в цепи переменного тока. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока.

Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.

Задание: изучить и законспектировать параграфы 21, 22 учебника, письменно ответить на вопросы, решить задачи.



1. При каких условиях в электрической цепи возникают вынужденные электромагнитные колебания?

2. Одинаково ли мгновенное значение силы переменного тока в данный момент времени во всех участках неразветвлённой цепи?



3. Чему равна амплитуда напряжения в осветительных сетях переменного тока, рассчитанных на напряжение 220 В?

4. Что называют действующими значениями силы тока и напряжения?



1. Напряжение на выходных клеммах генератора меняется по закону $u = 280 \cos(100t)$. Действующее значение напряжения в этом случае равно
1) 396 В 2) 280 В 3) 200 В 4) 100 В

2. По участку цепи сопротивлением R идёт переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на этом участке увеличили в 2 раза, а сопротивление участка уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока

1) не изменилась 3) возросла в 4 раза
2) возросла в 16 раз 4) уменьшилась в 2 раза



1. Как связаны между собой действующие значения силы тока и напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока?



2. Выделяется ли энергия в цепи, содержащей только конденсатор, если активным сопротивлением цепи можно пренебречь?

3. Выключатель цепи представляет собой своего рода конденсатор. Почему же выключатель надёжно размыкает цепь?

4. Как связаны между собой действующие значения силы тока и напряжения на катушке индуктивности, активным сопротивлением которой можно пренебречь?



1. Ёмкость конденсатора, включённого в цепь переменного тока, равна 2 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе $u = 75 \cos(2 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду силы тока

1) 0,003 А 2) 0,3 А 3) 0,58 А 4) 50 А

2. Напряжение на конденсаторе в цепи переменного тока меняется с циклической частотой $\omega = 4000 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда колебаний напряжения и силы тока $U_m = 200 \text{ В}$ и $I_m = 4 \text{ А}$. Определите ёмкость конденсатора.

1) 500 Ф 2) 0,5 мкФ 3) 5 мкФ 4) 2 мкФ

3. Индуктивность катушки равна 0,125 Гн. Уравнение колебаний силы тока в ней $i = 0,4 \cos(2 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду напряжения на катушке.

1) 100 В 2) 50 В 3) 10 В 4) 0,1 В

Практическая работа №25. Исследование темы «Генератор переменного тока. Трансформаторы. Генераторы тока. Трансформаторы. Токи высокой частоты. Получение, передача и распределение электроэнергии.»

Цели: сформировать представление о генераторах переменного тока, трансформаторах, получении, передаче и распределении электроэнергии.

Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.

Задание: изучить и законспектировать параграфы 26, 27 учебника, письменно ответить на вопросы, решить задачи.

1. Какими преимуществами обладает переменный ток по сравнению с постоянным?



2. На каком принципе основана работа генераторов переменного тока?
3. Что такое коэффициент трансформации?
4. Что понижает или повышает трансформатор?



1. Приведите примеры машин и механизмов, в которых совершенно не использовался бы электрический ток.

2. Чего лишились бы жители большого города при аварии электрической сети?



3. Как осуществляется передача электроэнергии на большие расстояния?
4. В чём преимущества передачи энергии на большие расстояния при использовании постоянного тока?

Задачи для самостоятельного решения



1. На сколько больше должно быть число витков во вторичной обмотке трансформатора с коэффициентом трансформации, равным 4, если число витков в первичной обмотке равно 1000?

2. Первичная обмотка понижающего трансформатора включена в сеть переменного тока с напряжением $U_1 = 220$ В. Напряжение на зажимах вторичной обмотки, сопротивление которой $R_2 = 1$ Ом, $U_2 = 20$ В. Сила тока во вторичной обмотке 2 А. Определите КПД трансформатора и коэффициент трансформации.

3. Определите, на какое расстояние можно передать электроэнергию мощностью 100 кВт по медным проводам площадью поперечного сечения 25 мм^2 при эффективном напряжении 20 кВ, при этом потери не должны превышать 10 % ($\cos \varphi = 0,8$).

4. По двухпроводной линии передаётся мощность 80 кВт. Сопротивление каждой линии $5,5 \cdot 10^{-2}$ Ом. На сколько можно снизить потери мощности, если в начале линии повысить напряжение в 10 раз, а в конце понизить в 10 раз с помощью трансформаторов, КПД которых 99 %? Вырабатываемое и потребляемое напряжение равно 120 В.

5. Сопротивление двухпроводной линии 0,92 Ом, действующие значения силы тока, идущего по линии, 580 А, а напряжения — 18 кВ. Определите подводимую мощность и потери мощности в проводах.


Практическая работа №26 «Изучение свойств механических волн.»

Цель: получить представление об упругих волнах, поперечных и продольных волнах, характеристиках волн. Понятие о дифракции волн, звуковых волнах.

Задание: изучить параграфы 29-31,33 по учебнику, сделать конспект, выписать все определения и формулы с объяснением и расшифровкой. Письменно ответить на вопросы в конце параграфов.

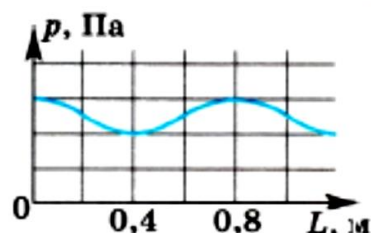
Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.

1. Какие волны называются поперечными, а какие продольными?
 2. Может ли в воде распространяться поперечная волна?
 3. На какое расстояние распространяется волна за время $t = T/4$ (см. рис. 5.5)?
 4. Что определяет амплитуду колебаний шаров в рассмотренной модели?
 5. Что называют длиной волны?
 6. Как связаны скорость волны и длина волны?
 7. Определите по рисунку 5.8, чему равна разность фаз колебаний двух соседних шаров; двух шаров, находящихся на расстоянии, равном длине волны.
- 
1. Какие волны называют когерентными?
 2. Что называют интерференцией?
 3. Приведите примеры дифракции волн, не упомянутые в тексте.
 4. При каких условиях дифракция волн проявляется особенно отчетливо?
1. Какую звуковую волну называют плоской? сферической?
 2. Почему в газах и жидкостях не существует поперечных волн?
 3. Какие колебания называют акустическими?
 4. От чего зависит скорость звука в воздухе?



1. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Чему равен промежуток времени между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 340 м/с.
- 1) 1,4 с 2) 1,2 с 3) 0,9 с 4) 0,6 с



2. На рисунке показан график зависимости давления воздуха в некоторый момент времени от расстояния до источника звука при распространении звуковой волны. Из этого графика следует, что длина звуковой волны равна
- 1) 0,2 м 3) 0,8 м
2) 0,4 м 4) 1,6 м

3. Динамик подключён к выходу генератора электрических колебаний звуковой частоты. Частота колебаний 6800 Гц. Определите длину звуковой волны, зная, что скорость звука в воздухе 340 м/с.

4. В одном направлении в разных средах бегут со скоростями v_1 и v_2 ($v_1 > v_2$) две плоские волны одинаковой частоты ν . Определите расстояние между точками, расположенными в этих двух средах вдоль направления распространения волн, колебания в которых происходят в фазе.

5. При возбуждении колебаний одного конца шнура с частотой 20 Гц вдоль него распространяется волна со скоростью 250 м/с. На сколько различаются длины волн в шнуре и в воздухе, в котором колебания шнура возбуждают волны? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

6. Провод массой 1,5 кг и длиной 30 м натянут между двумя опорами. Сила натяжения 2000 Н. Скорость распространения волны в проводе определяется

формулой $v = \sqrt{\frac{F_n}{\Delta m / \Delta l}}$, где F_n — сила натяжения провода, $\Delta m / \Delta l$ — масса на единицу длины. Определите время, за которое волна дойдёт от одной опоры до другой.

Практическая работа №27. Решение задач по теме «Электромагнитные ВОЛНЫ»

Для решения задач на эту тему надо знать уравнение электромагнитной волны, а также её свойства. Нужно также помнить, что при приёме электромагнитной волны колебательный контур настраивается на определённую частоту. Это означает, что частота собственных колебаний в контуре должна совпадать с частотой электромагнитной волны.

Задача 1. Две антенны, находящиеся на расстоянии 50 м друг от друга, излучают электромагнитные волны с частотой 10^7 Гц. Определите ближайшие к антеннам точки интерференционных максимумов.

Решение. Условие наблюдения интерференционного максимума — разность хода должна быть равна целому числу длин волн:

$$\Delta = x_1 - x_2 = \pm k\lambda.$$

Так как определяется ближайшая к антенне точка, то $k = 1$. Тогда $x_1 - x_2 = \pm\lambda$. Из условия задачи следует, что $x_1 + x_2 = L$. Решая эти уравнения относительно x_1 , получаем $x_1 = \frac{L \pm \lambda}{2}$.

Скорость распространения электромагнитных волн в воздухе равна $3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны $\lambda = c/\nu = 30$ м. Отсюда $x_1 = 10$ м.

Ближайшие к антеннам точки интерференционных максимумов находятся на расстоянии, равном 10 м.

Задача 2. Радиолокатор работает на длине волны 12 см и даёт 5000 импульсов в секунду. Длительность каждого импульса $\tau = 3$ мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе и чему равна глубина разведки локатора?

Решение. За время одного импульса сигнал должен дойти до объекта и вернуться назад, прежде чем будет послан следующий импульс. Число колебаний, содержащихся в импульсе, можно узнать, зная его продолжительность и период колебаний. Определим интервал времени между соседними импульсами: $\tau_0 = 1/\nu = 2 \cdot 10^{-4}$ с.

Легко видеть, что $\tau_0 \gg \tau$, т. е. именно за время τ_0 импульс, излучённый локатором, должен дойти до объекта наблюдения и вновь вернуться к локатору, т. е. пройти путь $2L$. Тогда $L = c\tau_0 / 2 = 3 \cdot 10^4$ м.

Для того чтобы определить число колебаний в каждом импульсе, необходимо знать время одного колебания, т. е. период T : $T = \frac{\lambda}{c} = 4 \cdot 10^{-10}$ с, откуда $n_0 = \tau/T = 7500$ колебаний.

Задача 3. В каком диапазоне длин волн может работать радиоприёмник, если ёмкость конденсатора его колебательного контура изменяется от $2 \cdot 10^{-10}$ до $8 \cdot 10^{-10}$ Ф, а индуктивность катушки — от $5 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ Гн?

Решение. Настроить контур — это значит подобрать его параметры таким образом, чтобы собственная частота колебаний была равна частоте принимаемой волны.

Длина волны, принимаемой контуром, определяется из соотношения $\lambda = cT$, где c — скорость распространения электромагнитных волн, равная $3 \cdot 10^8$ м/с; T — период колебаний.

Период колебаний T определяется по формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$, откуда $\lambda_1 = c2\pi\sqrt{L_1C_1} \approx 188$ м, $\lambda_2 = c2\pi\sqrt{L_2C_2} \approx 754$ м.

Таким образом, радиоприёмник может принимать волны в диапазоне от 188 до 754 м.

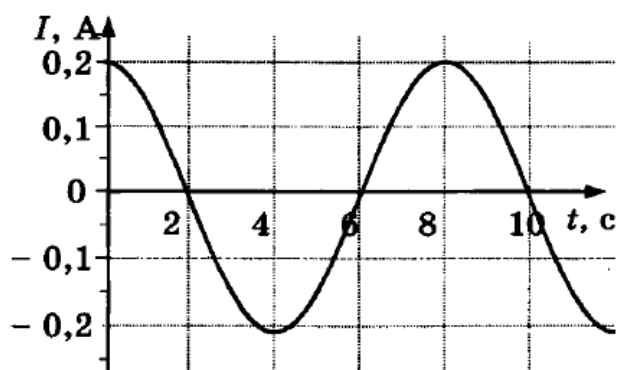


ВАРИАНТ № 1

A1. В уравнении гармонического колебания $q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ величина, стоящая под знаком косинуса, называется

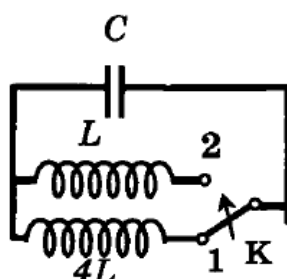
- 1) фазой
- 2) начальной фазой
- 3) амплитудой заряда
- 4) циклической частотой

A2. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите частоту колебаний тока.



- 1) 8 Гц
- 2) 0,125 Гц
- 3) 6 Гц
- 4) 4 Гц

A3. Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рис.), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) Уменьшится в 2 раза
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в 4 раза
- 4) Увеличится в 4 раза

A4. По участку цепи с сопротивлением R течёт переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на этом участке уменьшили в 2 раза, а его сопротивление уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока

- 1) уменьшится в 4 раза 2) уменьшится в 8 раз
3) не изменится 4) увеличится в 2 раза

A5. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на её концах 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 11 А, напряжение на её концах 9,5 В. Определите КПД трансформатора.

- 1) 105 % 3) 85 %
2) 95 % 4) 80 %

B1. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-6} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Вычислите ёмкость конденсатора в контуре, если индуктивность катушки равна 32 мГн. Ответ выразите в пикофарадах и округлите до десятых.

B2. Колебательный контур радиопередатчика содержит конденсатор ёмкостью 0,1 нФ и катушку индуктивностью 1 мкГн. На какой длине волны работает радиопередатчик? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до целых.

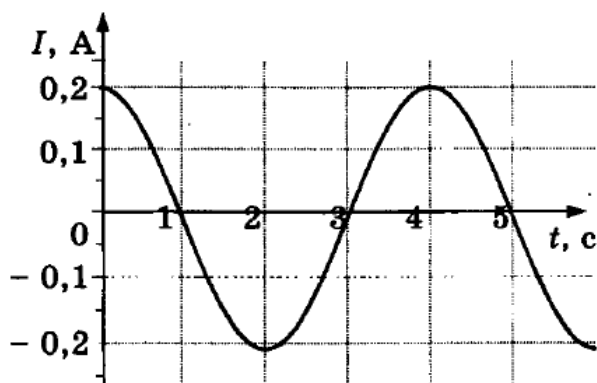
C1. Определите период электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если амплитуда силы тока равна I_m , а амплитуда электрического заряда на пластинах конденсатора q_m .

ВАРИАНТ № 2

A1. В уравнении гармонического колебания $i = I_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ величина ω называется

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1) фазой | 3) амплитудой силы тока |
| 2) начальной фазой | 4) циклической частотой |

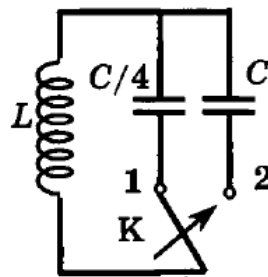
A2. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите амплитуду колебаний тока.



- | | | | |
|----------|----------|-----------|--------|
| 1) 0,4 А | 2) 0,2 А | 3) 0,25 А | 4) 4 А |
|----------|----------|-----------|--------|

A3. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рис.), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

- 1) Уменьшится в 4 раза
- 2) Увеличится в 4 раза
- 3) Уменьшится в 2 раза
- 4) Увеличится в 2 раза



A4. По участку цепи с сопротивлением R течёт переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на этом участке увеличили в 2 раза, а сопротивление участка уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1) не изменилась | 2) возросла в 16 раз |
| 3) возросла в 4 раза | 4) уменьшилась в 2 раза |

А5. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 110 В, сила тока в ней 0,1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 220 В, сила тока в ней 0,04 А. Чему равен КПД трансформатора?

1) 120 %

3) 80 %

2) 93 %

4) 67 %

В1. Напряжение на конденсаторе в цепи переменного тока меняется с циклической частотой $\omega = 4000 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда колебаний напряжения и силы тока равны соответственно $U_m = 200 \text{ В}$ и $I_m = 4 \text{ А}$. Найдите ёмкость конденсатора.

В2. Найдите минимальную длину волны, которую может принять приёмник, если ёмкость конденсатора в его колебательном контуре можно плавно изменять от 200 пФ до 1800 пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна 60 мкГн. Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

С1. В процессе колебаний в идеальном колебательном контуре в момент времени t заряд конденсатора $q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, а сила электрического тока в катушке равна $I = 3 \text{ мА}$. Период колебаний $T = 6,28 \cdot 10^{-6} \text{ с}$. Найдите амплитуду колебаний заряда.

Практическая работа №28. Исследование темы «Линзы. Построение изображения в линзе.»

Цель: получить представление о линзах, построении изображений в линзах. Формула тонкой линзы.

Задание: изучить параграфы 50,51 по учебнику, сделать конспект, выписать все определения и формулы с объяснением и расшифровкой. Письменно ответить на вопросы в конце параграфов. Выполнить задания.

Используемая литература.

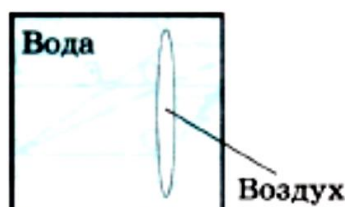
1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.

1. Какие лучи удобно использовать для построения изображения в линзе?
2. Что называется увеличением линзы?



1. С помощью очень тонких одинаковых сегментов изготовлены четыре двояковогнутые линзы. Показатель преломления глицерина больше, чем показатель преломления воды. У собирающей линзы

- 1) между стёклами глицерин, окружающая среда — воздух
- 2) между стёклами вода, окружающая среда — воздух
- 3) между стёклами глицерин, окружающая среда — вода
- 4) между стёклами вода, окружающая среда — глицерин



2. Линзу, изготовленную из двух тонких сферических стёкол одинакового радиуса, между которыми находится воздух (воздушная линза), опустили в воду. Как действует эта линза?

- 1) как собирающая линза
- 2) как рассеивающая линза
- 3) она не изменяет хода луча
- 4) может действовать и как собирающая, и как рассеивающая линза

3. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?

- 1) больше, чем фокусное расстояние
- 2) меньше, чем фокусное расстояние
- 3) при любом расстоянии изображение будет действительным
- 4) при любом расстоянии изображение будет мнимым

4. Предмет находится между собирающей линзой и её фокусом. Изображение предмета

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1) мнимое, перевёрнутое | 3) действительное, прямое |
| 2) действительное, перевёрнутое | 4) мнимое, прямое |

5. Оптическая сила линзы — это величина,

- 1) равная отношению фокусного расстояния линзы к её диаметру
- 2) обратная её фокусному расстоянию
- 3) равная отношению диаметра линзы к её фокусному расстоянию
- 4) обратная расстоянию от линзы до изображения предмета

Практическая работа №29. Изучение темы "Дисперсия света. Интерференция света. Дифракция света. Поляризация света"

Цель: получить представление о дисперсии, интерференции, дифракции и поляризации света

Задание: изучить параграфы 53-57, 60 по учебнику, сделать конспект, выписать все определения и формулы с объяснением и расшифровкой. Письменно ответить на вопросы в конце параграфов. Выполнить задания.

Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд. – М.: Просвещение, 2019.



1. На тетради написано красным карандашом «отлично» и зелёным — «хорошо». Имеется два стекла — зелёное и красное. Через какое стекло надо смотреть, чтобы увидеть слово «отлично»?

2. Почему только узкий световой пучок даёт спектр после прохождения сквозь призму, а у широкого пучка окрашенными оказываются лишь края?

3. Что такое дисперсия света?



1. Верно(-ы) утверждение(-я)

Дисперсией света объясняется физическое явление

А: фиолетовый цвет мыльной плёнки, освещаемой белым светом

Б: фиолетовый цвет абажура настольной лампы, светящейся белым светом

В: проявление цветного спектра после прохождения белого света через стеклянную призму

1) только А и В

2) только Б и В

3) А

4) В

2. Разложение пучка солнечного света в спектр при прохождении его через призму объясняется тем, что свет состоит из набора электромагнитных волн разной длины, которые, попадая в призму,

1) движутся с разной скоростью

2) имеют одинаковую частоту

3) поглощаются в разной степени

4) имеют одинаковую длину волны

3. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями по-разному

1) поглощаются

3) поляризуются

2) отражаются

4) преломляются



1. Как получают когерентные световые волны?
2. В чём состоит явление интерференции света?
3. С какой физической характеристикой световых волн связано различие в цвете?
4. После удара камнем по прозрачному льду возникают трещины, переливающиеся всеми цветами радуги. Почему?
5. Длина волны света в воде уменьшается в n раз (n — показатель преломления воды относительно воздуха). Означает ли это, что ныряльщик под водой не может видеть окружающие предметы в естественном свете?
6. Человеческий глаз может фиксировать изменение интенсивности излучения с частотой не более 20 Гц. По цепи лампы накаливания идёт переменный ток. Почему мы видим постоянное, а не пульсирующее излучение лампы?



1. Явление интерференции присуще
 - 1) только видимому свету
 - 2) только радиоволнам
 - 3) только звуковым волнам
 - 4) как электромагнитным, так и механическим волнам
2. Световые волны когерентны, если у них
 - 1) совпадают амплитуды
 - 2) совпадают частоты
 - 3) сдвиг фаз не зависит от времени
 - 4) совпадают частоты и сдвиг фаз не зависит от времени
3. Интерференцию света с помощью лазерной указки показать легче, чем с помощью обычного источника, так как пучок света, даваемый лазером,
 - 1) мощнее
 - 2) когерентный
 - 3) расходящийся
 - 4) ярче
4. Два точечных источника света находятся близко друг от друга и создают на удалённом экране устойчивую интерференционную картину. Это возможно, если эти два источника являются
 - 1) двумя лампами накаливания
 - 2) двумя солнечными зайчиками от разных зеркал
 - 3) малыми отверстиями в непрозрачном экране, освещёнными светом одного и того же точечного источника
 - 4) малыми отверстиями в непрозрачном экране, освещёнными светом двух точечных источников разных цветов

1. Какое явление называется дифракцией?
2. Почему дифракцию механических волн наблюдать легче, чем дифракцию света?

1. Доказательством поперечности световой волны служит явление
 - 1) дифракции
 - 2) интерференции
 - 3) дисперсии
 - 4) поляризации
2. Поляризация света доказывает, что свет — это
 - 1) поток заряженных частиц
 - 2) поток электронейтральных частиц
 - 3) поперечная волна
 - 4) продольная волна

Практическая работа №30. "

Изучение элементов теории относительности и релятивистской динамики"

Цель: получить представление о теории относительности и релятивистской механике

Задание: изучить параграфы 61-64 по учебнику, сделать конспект, выписать все определения и формулы с объяснением и расшифровкой. Письменно ответить на вопросы в конце параграфов. Выполнить задания.

Используемая литература.

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3 изд.-М.: Просвещение, 2019.

1. Что такое мировой эфир? Какими свойствами он обладает?
2. Какие способы были предложены учёными для того, чтобы ликвидировать противоречия между механикой и электродинамикой?

1. Какие утверждения лежат в основе теории относительности?
2. В чём отличие первого постулата теории относительности от принципа относительности в механике?
3. Какие события называются одновременными?

1. В основе специальной теории относительности лежат
 - 1) эксперименты, доказывающие независимость скорости света от скорости движения источника и приёмника света
 - 2) эксперименты по измерению скорости света в воде
 - 3) представления о том, что свет является колебанием невидимого эфира
 - 4) гипотезы о взаимосвязи массы и энергии, энергии и импульса
2. Для каких физических явлений был сформулирован принцип относительности Галилея?
 - 1) только для механических явлений
 - 2) для механических и тепловых явлений
 - 3) для механических, тепловых и электромагнитных явлений
 - 4) для любых физических явлений
3. Принцип относительности Эйнштейна справедлив
 - 1) только для механических явлений
 - 2) только для оптических явлений
 - 3) только для электрических явлений
 - 4) для всех физических явлений
4. Для описания физических процессов
 - А. все системы отсчёта являются равноправными
 - Б. все инерциальные системы отсчёта являются равноправнымиКакое из этих утверждений справедливо согласно специальной теории относительности?
 - 1) только А
 - 2) только Б
 - 3) и А, и Б
 - 4) ни А, ни Б

5. Нельзя установить, движется или покоится лаборатория относительно какой-либо инерциальной системы отсчёта, на основании проведённых в этой лаборатории наблюдений

- 1) оптических явлений
 2) электрических явлений
 3) механических явлений
 4) любых физических явлений

1. При каких скоростях движения релятивистский закон сложения скоростей переходит в классический (закон Галилея)?
 2. В чём принципиальное отличие скорости света от скоростей движения тел?

1. Формулы специальной теории относительности необходимо использовать при описании движения

- 1) только микроскопических тел, скорости которых близки к скорости света
 2) только макроскопических тел, скорости которых близки к скорости света
 3) любых тел, скорости которых близки к скорости света
 4) любых тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света

2. Время жизни заряженных частиц, покоящихся относительно ускорителя, равно τ . Чему равно время жизни частиц, которые движутся в ускорителе со скоростью $0,6c$?

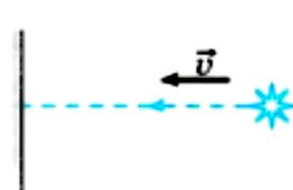
- 1) τ 2) $1,67\tau$ 3) $0,85\tau$ 4) $1,25\tau$

3. В инерциальной системе отсчёта свет распространяется в вакууме со скоростью c . В некоторой системе отсчёта с одинаковыми скоростями v движутся навстречу друг другу две светящиеся кометы. Скорость света, испущенного первой кометой, в системе отсчёта, связанной с другой кометой, равна

- 1) c 2) $c + v$ 3) $c + 2v$ 4) $2c + v$

4. Два электрона движутся в противоположные стороны со скоростями $0,5c$ и $0,6c$ относительно Земли (c — скорость света в вакууме). Скорость второго электрона в системе отсчёта, связанной с первым электроном, равна

- 1) $1,1c$ 2) c 3) $0,85c$ 4) $0,1c$



5. Свет от источника падает перпендикулярно поверхности неподвижного зеркала. Источник света приближается к зеркалу со скоростью v . Чему равна скорость отражённого света в инерциальной системе отсчёта, связанной с зеркалом? (Свет в вакууме распространяется со скоростью c .)

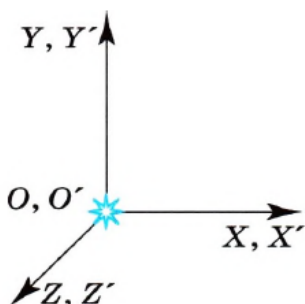
- 1) $c - v$ 2) c 3) $c + v$ 4) $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

1. Какие величины не изменяются при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой?
 2. Какие частицы могут двигаться со скоростью света?
 3. В чём состоит принцип соответствия?

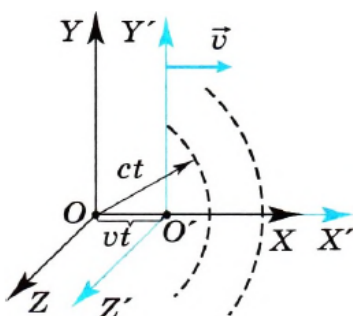
Практическая работа №31.

Решение задач по теме «Элементы специальной теории относительности»

Задачи на теорию относительности в основном решают по известным формулам. Надо обращать внимание на то, с каким телом связывать подвижную и неподвижную системы отсчёта, от этого зависят знаки в формулах.



a)



б) Рис. 8.4

Задача 1. Исходя из второго постулата теории относительности, выведите преобразования координат подвижной системы отсчёта K' в координаты неподвижной системы отсчёта K , если система отсчёта K' движется вдоль оси OX со скоростью v относительно системы K (преобразования Лоренца).

Решение. В начальный момент времени совместим начала координат подвижной и неподвижной систем (O совпадёт с O') (рис. 8.4, а).

Пусть в точке O (или O') в начальный момент времени произошла вспышка.

Спустя промежуток времени t оси совпадать уже не будут (рис. 8.4, б) и значения координат волнового фронта x и x' тоже.

Преобразования координат в классической механике имели вид

$$\begin{array}{ll}
 K \rightarrow K' & K' \rightarrow K \\
 x' = x - vt & x = x' + vt' \\
 y' = y & y = y' \\
 z' = z & z = z' \\
 t' = t & t = t'
 \end{array} \quad (1)$$

Согласно принципу соответствия преобразования координат в релятивистской механике должны оставаться линейными и переходить в соотношения (1) при $v \ll c$. Следовательно, они должны иметь вид

$$x' = \gamma(x - vt), \quad x = \gamma(x' + vt'). \quad (2)$$

Так как скорость света не зависит от движения системы отсчёта, в системе отсчёта K за время t сигнал вдоль оси OX распространился на расстояние $x = ct$, а в системе отсчёта K' — на расстояние $x' = ct'$. Подставив эти значения в формулы (2), имеем

$$ct' = \gamma t(c - v), \quad ct = \gamma t'(c + v).$$

Выразив t' из этих равенств и приравняв полученные выражения, имеем $\frac{\gamma(c - v)}{c} = \frac{c}{\gamma(c + v)}$, откуда получим

$$\gamma^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2} = \frac{1}{1 - v^2/c^2}, \quad \text{или} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Следовательно, для преобразования координат имеем выражения

$$\begin{array}{l}
 K \rightarrow K' \qquad K' \rightarrow K \\
 x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\
 y' = y \qquad y = y' \\
 z' = z \qquad z = z'
 \end{array}$$

Для t' и t находим соотношения:

$$t' = \frac{\gamma(c - v)}{c} t = \frac{ct - vt}{c\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{t - xv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad t = \frac{t' - x'v/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Задача 2. Выведите формулу сокращения длины стержня из преобразований Лоренца (см. задачу 1).

Решение. Пусть l — длина стержня в неподвижной системе отсчёта, l_0 — длина стержня в движущейся со скоростью v системе отсчёта, т. е. длина, измеряемая наблюдателем, покоящимся относительно стержня (рис. 8.5). Длина l определится разностью координат концов стержня: $l = x_2 - x_1$.

В системе координат K' , движущейся со скоростью v , длина l_0 стержня, равная разности его координат, определённых одновременно, равна $l_0 = x'_2 - x'_1$.

Используя преобразования Лоренца, для x'_1 и x'_2 имеем

$$x'_1 = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad x'_2 = \frac{x_2 - vt_2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Так как $t_1 = t_2$ (измерения проводятся одновременно), то $x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$. Окончательно $l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Задача 3. Среднее время жизни элементарной частицы — мюона в состоянии покоя равно $2,2 \cdot 10^{-6}$ с. Через какой промежуток времени наблюдатель увидит распад образовавшегося мюона, движущегося со скоростью $0,3c$?

Решение. Мюон движется относительно наблюдателя со скоростью $v = 0,3c$. Если бы наблюдатель двигался с ним, то он зафиксировал бы его время жизни, равное τ_0 . Но относительно неподвижного наблюдателя время жизни мюона увеличится, и наблюдатель увидит его распад через промежуток времени $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \approx 2,3 \cdot 10^{-6}$ с.

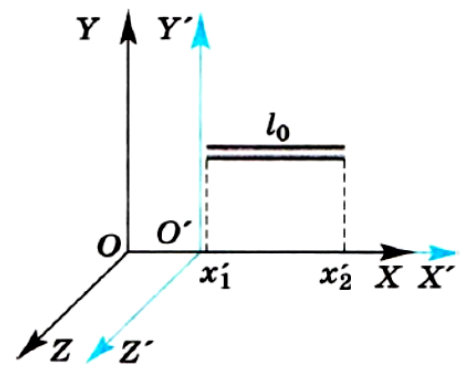


Рис. 8.5

Задача 4. Тонкое кольцо радиусом 40 см пролетает мимо наблюдателя со скоростью $v = 0,8c$. Определите изменения формы кольца, которые фиксирует наблюдатель.

Решение. Если бы наблюдатель двигался с такой же скоростью, что и кольцо, он бы не обнаружил изменений его формы. Относительно этого наблюдателя кольцо было бы неподвижно.

Относительно неподвижного наблюдателя размеры кольца вдоль направления его движения сокращаются, а в перпендикулярном к направлению движения направлении не изменяются. Поэтому кольцо будет казаться неподвижному наблюдателю сплюсненным.

Итак, продольный размер определяется по формуле $d'_1 = 2r\sqrt{1 - v^2/c^2}$, поперечный размер $d_2 = d'_2 = 2r$, откуда

$$\Delta d_1 = d'_1 - d_1 = 2r(\sqrt{1 - v^2/c^2} - 1) = -0,32 \text{ м}; \quad \Delta d_2 = 0.$$

Задача 5. С космического корабля, находящегося от Земли на расстоянии $s = 6 \cdot 10^6$ м, посылают на Землю световой сигнал и пучок быстрых частиц, имеющих скорость относительно корабля $v' = 0,8c$. Корабль движется к Земле со скоростью $v_0 = 0,4c$. Определите, через какие промежутки времени сигнал и пучок частиц дойдут до Земли.

Решение. Скорость света не зависит от движения источника, и поэтому время τ_1 , через которое световой сигнал дойдёт до Земли, равно:

$$\tau_1 = \frac{s}{c} = \frac{6 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} \text{ (с)} = 0,02 \text{ с.}$$

В неподвижной системе отсчёта, связанной с Землёй, скорость частиц определим согласно закону сложения скоростей (8.3): $v = \frac{v_0 + v'}{1 + v'v_0/c^2}$.

$$\text{Соответственно } \tau_2 = \frac{s(1 + v'v_0/c^2)}{v_0 + v'} = 0,022 \text{ с.}$$

Световой сигнал дойдёт до Земли на 2 мс раньше, чем пучок частиц.

Задача 6. Определите изменение массы льда при его плавлении при температуре 0°C . Исходная масса льда 10 кг, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение. При плавлении энергия системы увеличивается за счёт изменения потенциальной энергии взаимодействия молекул: $\Delta E = \lambda m$.

Энергия системы связана с массой следующим соотношением: $\Delta E = \Delta mc^2$.

$$\text{Отсюда } \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{\lambda m}{c^2} = 3,67 \cdot 10^{-11} \text{ кг.}$$



Задачи для самостоятельного решения

1. С точки зрения наблюдателя, находящегося в движущемся поезде, удары молний в землю в точке A (впереди поезда) и в точке B (позади поезда)

произошли одновременно. Какая молния ударила в землю раньше с точки зрения наблюдателя, находящегося на земле?

2. Электрон, ускоренный электрическим полем, приобретает скорость, при которой его полная энергия равна удвоенной энергии покоя. Чему равна ускоряющая разность потенциалов?

3. Выведите из преобразований Лоренца формулу преобразований промежутков времени.

4. Стержень длиной 1 м находится в космическом корабле, пролетающем мимо Земли со скоростью $0,8c$. Чему равна длина стержня для наблюдателя, находящегося на Земле? Стержень ориентирован вдоль скорости полёта.

5. На сколько увеличится масса стали при плавлении, если её исходная масса равна 20 кг? Удельная теплота плавления стали $8,2 \cdot 10^4$ Дж/кг.

6. Элементарная частица движется со скоростью c . Определите скорость частицы относительно наблюдателя, движущегося навстречу частице со скоростью v .

Практическая работа №32. Решение задач по теории фотоэффекта

Решение задач на законы фотоэффекта в основном требует использования уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, в которое входит такое понятие, как работа выхода. Обратите внимание на то, что в правой части уравнения Эйнштейна только работа выхода постоянна, а кинетическая энергия и соответственно задерживающее напряжение зависят от частоты падающего излучения.

Работа выхода определяется свойствами данного вещества, поэтому её значение можно найти в таблице.

Рассматривая свет как поток частиц, мы объясняем давление света изменением импульса падающего на поверхность фотона и делаем расчёты согласно законам классической механики.

При решении задач на химическое действие света учтите, что при превращении углекислого газа в кислород под действием света (фотосинтез) поглощается определённая энергия, а при обратном превращении энергия выделяется.

Задача 1. Определите массу фотона красного света, длина волны которого $\lambda = 6,3 \cdot 10^{-5}$ см.

Решение. Согласно теории относительности Эйнштейна энергия и масса связаны соотношением $E = mc^2$.

Энергия фотона $E = mc^2 = \frac{hc}{\lambda}$, откуда $m = \frac{h}{c\lambda} = 3,5 \cdot 10^{-36}$ кг.

Задача 2. На рисунке 10.10, а показана вольт-амперная характеристика фотоэффекта. Начертите вольт-амперные характеристики: 1) при увеличении частоты падающего излучения; 2) при увеличении падающего светового потока.

Решение. 1) При увеличении частоты растёт скорость электронов и соответственно увеличивается задерживающее напряжение. При том же световом потоке сила тока насыщения остаётся прежней (рис. 10.10, б, кривая 1).

2) При увеличении падающего светового потока и при той же частоте растёт ток насыщения, задерживающее напряжение остаётся прежним (рис. 10.10, б, кривая 2).

Задача 3. Отрицательно заряженная цинковая пластинка освещалась монохроматическим светом длиной волны 300 нм. Красная граница для цинка — $\lambda_{кр} = 332$ нм. Какой максимальный потенциал приобретёт цинковая пластинка?

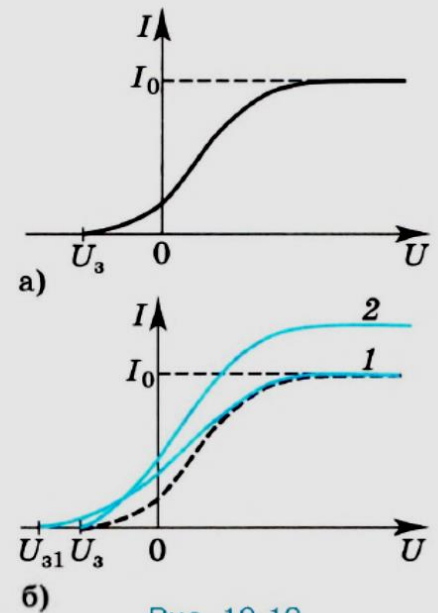


Рис. 10.10

Решение. Согласно формуле Эйнштейна $\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}$.

Максимальный потенциал цинковой пластинки U_3 определяется из выражения $\frac{mv_{\max}^2}{2} = q_e U_3$ (условие прекращения фототока):

$$U_3 = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}}{q_e} = \frac{hc}{q_e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right) = 0,4 \text{ В.}$$

Задача 4. Покажите, что свободный электрон не поглощает фотон.

Решение. В металле электрон, строго говоря, не является свободным, так как он взаимодействует с ионами кристаллической решётки и с другими электронами, обеспечивающими проводимость металла. Поэтому система электрон—фотон не является замкнутой. Если же электрон — отдельная частица, то при его взаимодействии с фотоном должны выполняться законы сохранения импульса и энергии. Предположим, что свободный покоящийся электрон поглотил фотон. По закону сохранения энергии энергия электрона равна энергии фотона:

$$h\nu = \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

где ν — частота электромагнитной волны, m — масса электрона, v — его скорость.

Система фотон—электрон — изолированная система, и закон сохранения импульса для неё имеет вид

$$\frac{h\nu}{c} = mv. \quad (2)$$

Из уравнения (1) имеем $v = \sqrt{\frac{2h\nu}{m}}$, а из уравнения (2): $v = \frac{h\nu}{mc}$.

Мы получили два разных выражения для скорости электрона, откуда следует, что свободный электрон не может поглотить фотон.

Задача 5. Перпендикулярно поверхности площадью 100 см^2 каждую минуту падает энергия, переносимая светом, $W = 72 \text{ Дж/мин}$. Определите световое давление в случаях: 1) свет полностью поглощается поверхностью; 2) свет полностью отражается; 3) половина падающей энергии поглощается, а половина отражается.

Решение. Считаем, что свет — это поток фотонов с энергией E_ϕ . Тогда число падающих за время Δt на поверхность фотонов $N = \frac{W\Delta t}{E_\phi}$. Импульс фотона $p = mc = \frac{E_\phi}{c}$.

1) При поглощении изменение импульса фотона $\Delta p = 0 - \frac{E_\phi}{c} = -\frac{E_\phi}{c}$.
Изменение импульса фотона равно импульсу подействовавшей на фотон силы

$f_{\Phi}\tau = -\frac{E_{\Phi}}{c}$, соответственно импульс силы, действовавшей на поверхность вследствие поглощения фотона, $f_{\Pi}\tau = \frac{E_{\Phi}}{c}$.

За время Δt на поверхность падает N фотонов, и суммарный импульс силы, действующей на поверхность, $F_{\Pi}\Delta t = N\frac{E_{\Phi}}{c} = \frac{W\Delta t}{E_{\Phi}}\frac{E_{\Phi}}{c} = \frac{W}{c}\Delta t$.

Тогда давление на стенку $p = \frac{F_{\Pi}}{S} = \frac{W}{Sc} = 4 \cdot 10^{-7}$ Па.

2) В случае когда свет полностью отражается, изменение импульса падающего на поверхность фотона $\Delta p = -2\frac{E_{\Phi}}{c}$.

Давление на стенку будет в 2 раза больше: $p = 8 \cdot 10^{-7}$ Па.

3) В случае когда половина фотонов поглощается, а половина отражается:

$$F_{\Pi}\Delta t = \frac{N}{2}\frac{E_{\Phi}}{c} + \frac{N}{2}\frac{2E_{\Phi}}{c} = \frac{3W\Delta t}{2E_{\Phi}}\frac{E_{\Phi}}{c} = \frac{3W}{2c}\Delta t.$$

Окончательно $p = \frac{F_{\Pi}}{S} = \frac{3W}{2Sc} = 6 \cdot 10^{-7}$ Па.

Задача 6. Известно, что на превращение одной молекулы углекислого газа в кислород и углеводород необходимо 9 фотонов. Хлорофилл лучше всего поглощает падающие на растение волны в диапазоне длин волн от 650 до 700 нм. Определите КПД фотосинтеза. При обратной химической реакции выделяется энергия, равная 4,9 эВ на одну молекулу.

Решение. Возьмём среднее значение длины волны в указанном диапазоне $\lambda = 675$ нм. Энергия фотона $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$.

Тогда падающая и вызывающая реакцию превращения энергия

$$E = 9h\frac{c}{\lambda} = 2,65 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = 16,5 \text{ эВ}.$$

КПД фотосинтеза $\eta = (4,9/16,5) \cdot 100\% = 29,6\%$.



Задачи для самостоятельного решения

1. Изобразите график зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света. Как с помощью такого графика определить постоянную Планка?

2. Определите абсолютный показатель преломления среды, в которой свет с энергией фотона $E = 4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж имеет длину волны $\lambda = 3,0 \cdot 10^{-7}$ м.

3. Определите энергию фотона, соответствующую длине волны $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7}$ м.

4. Определите энергию и массу фотонов, соответствующих границам видимого спектра (длины волн 0,76 мкм и 0,38 мкм).

5. Определите длину волны ультрафиолетового света, падающего на пластинку из цинка, если скорость вылетающих из неё электронов равна 2000 км/с. Работа выхода электронов из цинка равна $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

6. Красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{max}} = 700$ нм. Отношение скоростей вылетающих электронов при освещении светом с длинами волн λ_1 и λ_2 равно $3/4$. Определите λ_2 , если $\lambda_1 = 600$ нм.

7. Какой максимальный заряд приобретает золотой шарик радиусом $r = 0,1$ м при освещении его поверхности светом с длиной волны $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ м? Работа выхода электронов из золота $4,59$ эВ.

8. Определите давление света на стенки электрической лампочки мощностью 100 Вт. Диаметр колбы лампы 5 см. Стенки лампы пропускают 85% излучаемого спиралью света, остальное поглощают. Считайте, что на излучение идёт 9% потребляемой лампой мощности.

Практическая работа №33. Решение задач по темам «Световые кванты», «Атомная физика»

Для решения задач по атомной физике надо знать постулаты Бора, понимать, как происходит излучение и поглощение энергии атомом. Обратите внимание на то, что практически во все выражения атомной физики входит постоянная Планка.

Задача 1. Определите радиус n -й стационарной орбиты электрона в атоме водорода и энергию электрона на этой орбите.

Решение. Согласно первому постулату Бора стационарными являются те орбиты, для которых момент импульса кратен приведённой постоянной Планка:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}. \quad (1)$$

Электрон движется по орбите под действием кулоновской силы притяжения к ядру. Согласно второму закону Ньютона запишем

$$\frac{m_e v_n^2}{r_n} = k \frac{q_e^2}{r_n^2}. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) образуют систему двух уравнений относительно двух неизвестных r_n и v_n . Решая её, получим

$$r_n = \frac{h^2 n^2}{k(2\pi)^2 m_e q_e^2}. \quad (3)$$

Радиус первой стационарной орбиты электрона в атоме водорода $r_1 = 0,529 \cdot 10^{-10}$ м, а радиус n -й орбиты $r_n = r_1 n^2$.

Энергия электрона на n -й орбите равна сумме его потенциальной и кинетической энергий: $E_n = E_{\text{пот } n} + E_{\text{кин } n} = -k \frac{q_e^2}{r_n} + \frac{m_e v_n^2}{2}$. Потенциальная энергия электрона в атоме отрицательна, так как нулевой уровень отсчёта на бесконечности, а по мере приближения электрона к ядру его потенциальная энергия уменьшается. Из уравнения (2) следует $\frac{m_e v_n^2}{2} = k \frac{q_e^2}{2r_n}$, откуда $E_n = -k \frac{q_e^2}{2r_n}$. Подставив в это выражение r_n из формулы (3), получим

$$E_n = -k^2 \frac{(2\pi)^2 m_e q_e^4}{2h^2} \frac{1}{n^2}, \text{ где } n = 1, 2, 3, \dots. \quad (4)$$

Полная энергия электрона, движущегося по первой боровской орбите, $E_1 = -2,17 \cdot 10^{-18}$ Дж = -13,6 эВ, $E_n = \frac{E_1}{n^2}$.

Задача 2. Докажите, что на длине стационарных орбит укладывается целое число n волн де Бройля. Нарисуйте такие орбиты для $n = 2$ и $n = 3$.

Решение. Длина волны де Бройля $\lambda = \frac{h}{m_e v_n}$.

Если радиус электронной орбиты r_n , то длина окружности, по которой движется электрон в атоме, должна быть равна $2\pi r_n = n\lambda$, $n = 1, 2, \dots$.

Подставив в это уравнение λ , получим $2\pi r_n = n \frac{h}{m_e v_n}$.

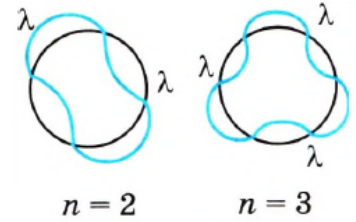


Рис. 11.10

Преобразуя это выражение, получаем условие стационарности орбит электрона в атоме (первый постулат Бора): $m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$.

На рисунке 11.10 показаны эти орбиты. Мы видим, что волны как бы замыкаются на себя. Если этого нет, то волна быстро затухает, орбита нестационарная.

Задача 3. В результате поглощения атомом фотона электрон в атоме водорода перешёл с первой боровской орбиты на вторую. Определите частоту этого фотона.

Решение. Длину волны поглощённого фотона можно определить по формуле Бальмера: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$.

Частота фотона $\nu = \frac{c}{\lambda}$, где c — скорость света, равная $3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, следовательно, $\nu = cR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) = 2,5 \cdot 10^{15}$ Гц.

Задача 4. Электрон в атоме водорода с первой орбиты переходит на орбиту, радиус которой в девять раз больше. Какую энергию ΔE должен поглотить атом?

Решение. Радиусы разрешённых орбит $r_n = r_1 n^2$, следовательно, электрон переходит на третью боровскую орбиту. Атом при этом должен поглотить энергию (см. формулу (4) задачи 1) $\Delta E = E_3 - E_1 = -k^2 \frac{(2\pi)^2 m_e q_e^4}{2h^2} \frac{1}{9} + k^2 \frac{(2\pi)^2 m_e q_e^4}{2h^2} \frac{1}{1} = k^2 \frac{(2\pi)^2 m_e q_e^4}{2h^2} \frac{8}{9} \approx 1,926 \cdot 10^{-18}$ Дж ≈ 12 эВ.

Задача 5. Определите максимальную и минимальную длины волн, излучаемых атомом в серии Бальмера.

Решение. Согласно формуле Бальмера—Ридберга $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$. Отсюда $\lambda = \frac{1}{R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)}$.

Очевидно, что максимальная длина волны соответствует минимальному значению разности $\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, т. е. $\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} = \frac{5}{36}$.

Минимальная длина волны соответствует максимальному значению этой разности, т. е. $n \rightarrow \infty$. Окончательно

$$\lambda_{\max} = \frac{36}{5R} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 656 \text{ нм}, \quad \lambda_{\min} = \frac{4}{R} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 365 \text{ нм}.$$

Волна с максимальной длиной λ_{\max} излучается в видимой части спектра (красная линия), волна с минимальной длиной волны λ_{\min} излучается в ультрафиолетовой части спектра.

Задача 6. На рисунке 11.11 представлена схема энергетических уровней атомов хрома в кристалле рубидия. Определите: 1) какой длины волны должно быть излучение для так называемой «накачки»; 2) чему равна длина волны, излучаемой рубиновым лазером.

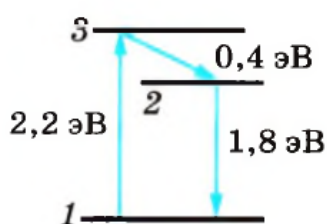


Рис. 11.11

Решение. Поглощаемый атомом хрома фотон должен иметь энергию $h\nu = \frac{hc}{\lambda_1} = E_3 - E_1 = \Delta E_1$, откуда $\lambda_1 = \frac{hc}{\Delta E_1} \approx 5,64 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

Длина излучаемой волны $\lambda_2 = \frac{hc}{E_2 - E_1} \approx 6,9 \times 10^{-7} \text{ м}$. Генерируемое лазером излучение красного цвета.

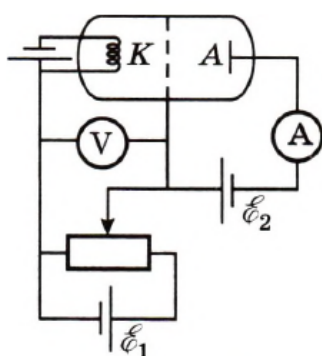


Рис. 11.12

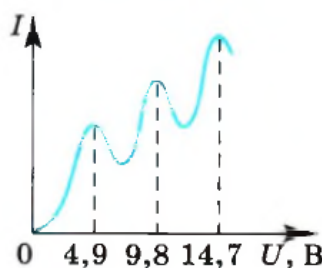


Рис. 11.13

Задача 7. На рисунке 11.12 показана схема установки Д. Франка и Г. Герца. Стекланный сосуд заполнен парами ртути. Источник \mathcal{E}_1 подключён между подогреваемым катодом и сеткой через потенциометр, регулирующий подаваемое напряжение. Между сеткой и анодом подключена небольшая ЭДС \mathcal{E}_2 , создающая задерживающее поле. Амперметр показывает силу тока в анодной цепи. На рисунке 11.13 показана зависимость силы тока от напряжения между катодом и сеткой. Объясните эту зависимость, исходя из положения, что энергетические уровни атома могут принимать только дискретные значения.

Решение. Электроны излучаются катодом вследствие термоэлектронной эмиссии, затем они попадают в ускоряющее их электрическое поле (разность потенциалов U_1), создаваемое между катодом и сеткой. Если соударения с атомами ртути упругие, то в результате этих ударов кинетическая энергия электронов изменяется слабо, так как масса атома ртути много больше массы электрона ($m_{\text{ат}} \gg m_e$). Вследствие удара об

атом электрон только отклоняется от направленного движения. Чем больше подаваемое напряжение, тем больше электронов достигнет анода. Напряжение U_2 между сеткой и анодом не может существенно повлиять на анодный ток, так как оно небольшое.

До значения напряжения U_1 , равного 4,9 В, атомы ртути от электронов получают только небольшую порцию энергии, увеличивающую кинетическую энергию их теплового движения. Однако, как мы видим, начиная с $U_1 = 4,9$ В, анодный ток в цепи резко уменьшается. Это можно объяснить тем, что энергия, потерянная электроном при ударе, идёт на возбуждение атома ртути, разность энергии возбуждённого и основного состояния которого равна 4,9 В. Взаимодействие электрона с атомом становится неупругим, электрон теряет большую порцию своей энергии при ударе, и даже слабое поле между сеткой и анодом задерживает электроны, сила тока уменьшается.

При увеличении напряжения энергия электрона увеличивается и её хватает и на возбуждение атома, и на преодоление задерживающего поля, сила тока увеличивается. При напряжении $U_1 = 9,8$ В сила тока опять уменьшается, так как энергии одного электрона хватает на возбуждение уже двух атомов ртути, и он полностью теряет свою энергию, затем при дальнейшем увеличении напряжения U_1 сила тока вновь увеличивается и т. д.

Опыт Франка и Герца показывает, что атомы могут поглощать энергию не непрерывно, а только определёнными порциями.

Задача 8. Определите энергию ионизации иона гелия He^+ .

Решение. Теория Бора справедлива для атома водорода и для водородоподобных атомов, т. е. для атомов, у которых на внешней орбите находится один электрон.

У атома гелия два электрона, заряд ядра равен $2|q_e|$. У иона гелия на орбите один электрон, следовательно, его можно считать водородоподобным атомом.

Электрон в атоме гелия, находящийся на ближайшей к ядру орбите ($n = 1$), имеет энергию $E_1 = -k^2 \frac{(2\pi)^2 Z^2 q_e^4 m_e}{2h^2} \frac{1}{1^2}$ ($Z = 2$).

Будем считать, что энергия электрона, вырванного из атома, равна 0. Следовательно, энергия, которую надо сообщить электрону, чтобы он покинул атом (энергия ионизации), равна $E_{\text{и}} = 0 - E_1 \approx 55$ эВ.



Задачи для самостоятельного решения

1. Определите скорость v и ускорение a электрона на первой боровской орбите, радиус которой $r_1 = 5,29 \cdot 10^{-11}$ м; $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

2. Определите длину волны света, испускаемого атомом водорода при его переходе из стационарного состояния с энергией $E_4 = -0,85$ эВ ($m = 4$) в состояние с энергией $E_2 = -3,4$ эВ ($n = 2$).

3. Определите напряжённость и потенциал поля ядра атома водорода на расстоянии, соответствующем первой боровской орбите.

4. В каких пределах должна находиться энергия $W_{\text{эл}}$ электронов, бомбардирующих атомы водорода, чтобы спектр возбуждённых атомов водорода имел только одну спектральную линию?

5. Минимальная частота линии спектральной серии Бальмера для атома водорода $2,5 \cdot 10^{15}$ Гц. Чему равны частоты двух ближайших линий этой серии?

6. При какой частоте падающего излучения электрон в атоме водорода перейдёт с первой боровской орбиты на вторую?

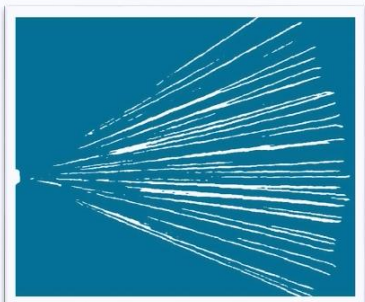
7. При каком значении потенциала между катодом и сеткой будет наблюдаться резкое падение анодного тока в опыте Франка и Герца, если трубку наполнить атомарным водородом?

Практическая работа №34 Изучение темы «Закон радиоактивного распада. Период полураспада.» Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям.

Ссылка на видео https://vk.com/video-162848679_456239079

Цель: объяснить характер движения заряженных частиц по готовым фотографиям.

Оборудование: фотографии треков заряженных частиц, полученных в камере Вильсона, пузырьковой камере и фотоэмульсии.



Теория

Треком частицы называют след, оставленный ею в среде, где она двигалась. Появление трека является следствием взаимодействия частицы с частицами среды, оказавшимися на пути ее движения. Трек может представлять собою совокупность микроскопических капель жидкости, возникших в перенасыщенном паре или совокупность пузырьков пара, возникших в перегретой жидкости. Для получения таких треков используют соответственно камеры Вильсона и пузырьковые камеры. Треки также могут образовываться продуктами химических реакций, произошедших в веществе в результате пролета через него частицы.

Вещества, специально созданные для получения подобных треков, называют фотоэмульсиями.

По виду треков можно судить о величине электрического заряда, величине и направлении скорости, длине свободного пробега, энергии частицы.

Трек образуется ионами атомов той среды, через которую движется частица. Ионизация происходит под действием электрического поля заряда частицы. Чем больше заряд частицы, тем сильнее ее электрическое поле и, следовательно, больше ионов образуется по ходу ее движения. Кроме того, чем меньше скорость частицы, тем с большим числом атомов в данном элементе объема среды она успеет взаимодействовать, а значит концентрация образованных ионов зависит и от скорости пролета частицы. Ионы появившиеся в камере Вильсона становятся центрами конденсации пара, в пузырьковой камере вызывают появление мельчайших пузырьков пара, в фотоэмульсии вступают в химическую реакцию, приводящую к изменению цвета эмульсии в месте нахождения иона. Следовательно, толщина трека зависит от концентрации ионов и определяется величиной заряда частицы и ее скоростью. Толщина трека тем больше, чем больше заряд и меньше

скорость.

При движении частицы в среде ее энергия постепенно убывает в основном из-за взаимодействия с атомами среды. Следовательно, длина трека определяется запасом энергии частицы. При прочих равных условиях трек тем длиннее, чем большей энергией обладала частица в начальный момент своего движения.

Дополнительную информацию о свойствах частицы можно получить с помощью магнитного поля. Известно, что при движении частицы в магнитном поле со стороны поля на нее действует сила Лоренца, которая зависит от величины ее заряда q , скорости v , индукции магнитного поля B и угла между направлениями скорости и магнитного поля α :

$$F=qvB\sin\alpha \quad (1).$$

Эта сила сообщает частице центростремительное ускорение

$$a= v^2/R.$$

На основании второго закона Ньютона можно утверждать, что

$$qvB=m v^2/R \quad (2),$$

m – масса частицы,

R - радиус ее траектории.

Направление действия силы Лоренца определяется *правилом левой руки*: если левую руку расположить так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь, а четыре сомкнутых пальца указывали направление движения положительно заряженной частицы, то отогнутый на 90° в плоскости ладони большой палец укажет направление силы Лоренца.

Зная радиус трека, величину и направление магнитного поля и скорости можно указать знак заряда частицы, величину отношения ее заряда к массе.

Сравнивая треки известной и неизвестной частиц по отношению заряда к массе, известному для одной частицы и радиусам треков находят отношение заряда к массе неизвестной частицы и устанавливают ее природу.

Связь отношений зарядов к массе с радиусами частиц можно получить, воспользовавшись формулой (2). Записав ее для одной и другой частицы, получим:

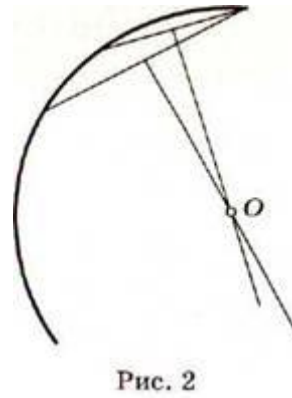
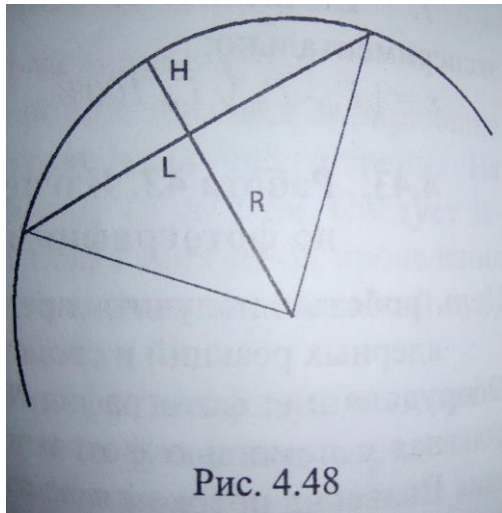
$$q_1/m_1=v_1BR_1$$

$$q_2/m_2=v_2BR_2.$$

Если скорости частиц одинаковы, то

$$q_1/m_1= q_2R_1/m_2R_2 \quad (3)$$

Радиус кривизны трека можно определить по длине хорды. Связь между хордой окружности и радиусом можно получить, если через центр хорды провести радиус. Еще два радиуса проводят к концам хорды.



Радиус, проходящий через центр хорды, образует с ней прямой угол. В образовавшихся прямоугольных треугольниках имеет место равенство:

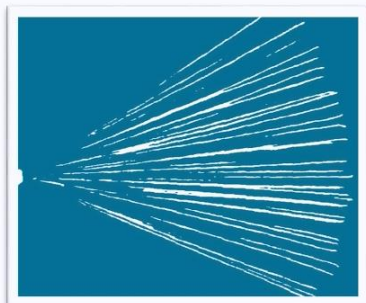
$R^2 = (L/2)^2 + (R-H)^2$, L- длина хорды, H – длина отрезка радиуса между окружностью и хордой. Раскрыть скобки и выразить из полученного выражения радиус кривизны трека.

Анализируя изменение радиуса кривизны трека, можно узнать в каком направлении она двигалась и как менялась ее скорость. Радиус кривизны трека больше на его начальном участке. По мере уменьшения скорости радиус тоже уменьшается.

Порядок выполнения работы

Задание 1

Задание 1: на двух из трех представленных фотографий изображены треки заряженных частиц, движущихся в магнитном поле. Укажите на каких.



Фотография 1

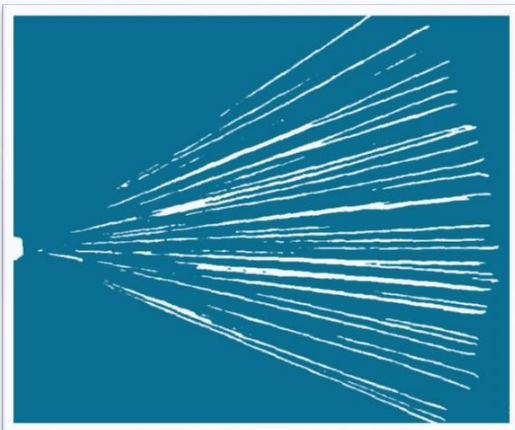


Фотография 2



Фотография 3

Задание 2: Внимательно рассмотрите фотографию треков альфа-частиц, двигавшихся в камере Вильсона и ответьте на следующие вопросы:



1. В каком направлении двигались альфа-частицы?
2. Почему длина треков альфа-частиц примерно одинакова?
3. Как менялась толщина трека по мере движения частиц и что из этого следует?



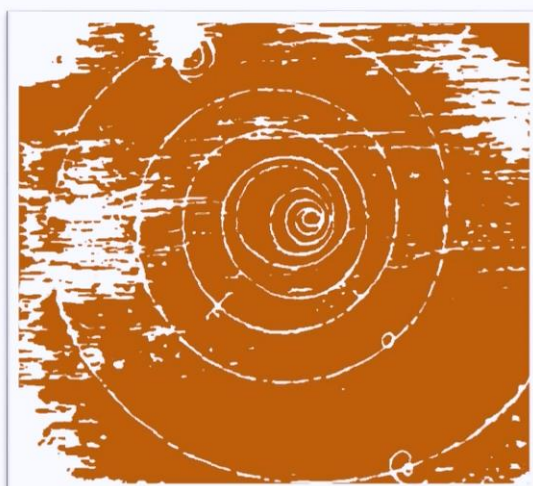
Задание 3: по фотографии треков альфа-частиц в камере Вильсона, находившейся в магнитном поле, определите и объясните:



1. Почему менялся радиус кривизны и толщина треков по мере движения альфа-частиц?
2. В какую сторону двигались альфа-частицы?



Задание 4: по фотографии трека электрона в пузырьковой камере, находившейся в магнитном поле, определите:



1. Почему трек имеет форму спирали?
2. В каком направлении двигался электрон?
3. Что могло послужить причиной того, что трек электрона гораздо длиннее треков альфа-частиц?

Не забудьте сделать общий вывод о проделанной работе!

Практическая работа №35 изучение темы "Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер урана. Цепная реакция деления. Ядерный реактор.

При определении энергетического выхода ядерных реакций считаем суммы массовых чисел слева и справа в уравнении реакции. Вычитаем из одной суммы другую и получаем разность в атомных единицах массы (а. е. м.).

Умножив полученное значение на $931,5 \frac{\text{МэВ}}{c^2}$ и на c^2 ($E = \Delta mc^2$), окончательное значение энергии выражаем в мегаэлектронвольтах (МэВ).

Если разность больше нуля, то реакция идёт с выделением энергии, если меньше нуля, то с поглощением.

Задача 1. При столкновении нейтрона с ядром кислорода $^{16}_8\text{O}$ испускается дейтерий. Какое ядро образуется в результате этой реакции?

Решение. Уравнение данной реакции $^{16}_8\text{O} + {}^1_0n \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^2_1\text{H}$.

Общее число нуклонов в ядрах справа $16 + 1 = 17$, а слева $A + 2$, по закону сохранения массовых чисел $17 = A + 2$, $A = 15$.

Полный заряд нуклонов слева $8 + 0 = 8$, откуда $Z = 7$.

Следовательно, образуется ядро $^{15}_7\text{X}$.

По периодической системе элементов находим, что это азот $^{15}_7\text{N}$.

Задача 2. Может ли произойти реакция $^{13}_6\text{C} + {}^1_1p \rightarrow ^{13}_7\text{N} + {}^1_0n$, если энергия протона равна 2,5 МэВ? Массы ядер углерода 13,003355 а. е. м., азота 13,005739 а. е. м.

Решение. Суммарные массы ядер до реакции равны:

$$13,003355 \text{ а. е. м.} + 1,007276 \text{ а. е. м.} = 14,010631 \text{ а. е. м.}$$

Суммарные массы ядер после реакции равны:

$$13,005739 \text{ а. е. м.} + 1,008665 \text{ а. е. м.} = 14,014404 \text{ а. е. м.}$$

Тогда $\Delta m = 14,010631 \text{ а. е. м.} - 14,014404 \text{ а. е. м.} = -0,003773 \text{ а. е. м.}$

Мы знаем, что $1 \text{ а. е. м.} = 931,5 \text{ МэВ}/c^2$. Чтобы вызвать эту реакцию, необходима энергия: $\Delta E = \Delta mc^2 = 3,5 \text{ МэВ}$. Следовательно, такая реакция произойти не может.

Задача 3. Вычислите энергию, выделившуюся при ядерной реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0n$.

Решение. Масса ядер, вступивших в реакцию,

$$9,012183 \text{ а. е. м.} + 4,002603 \text{ а. е. м.} = 13,014786 \text{ а. е. м.}$$

Масса ядер после реакции

$$12,0 \text{ а. е. м.} + 1,008665 \text{ а. е. м.} = 13,008665 \text{ а. е. м.}$$

Разность масс $\Delta m = 13,014786 \text{ а. е. м.} - 13,008665 \text{ а. е. м.} = 0,006121 \text{ а. е. м.}$

Выделившаяся энергия $\Delta E = mc^2 = 5,7 \text{ МэВ}$.

Задачи для самостоятельного решения

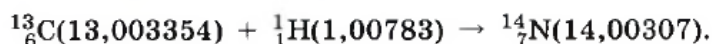
1. При бомбардировке ядер бора $^{11}_5\text{B}$ протонами образуется бериллий ^8_4Be . Какое ещё ядро образуется при этой реакции?

2. Известно, что в результате деления ядра урана $^{235}_{92}\text{U}$, захватившего нейтрон, образуются ядра бария $^{142}_{56}\text{Ba}$ и криптона $^{91}_{36}\text{Kr}$, а также три свободных нейтрона. Удельная энергия связи ядер бария 8,38 МэВ/нуклон, криптона 8,55 МэВ/нуклон и урана 7,59 МэВ/нуклон. Чему равна энергия, выделяющаяся при делении одного ядра урана?

3. Какая энергия выделяется при захвате электрона ядром бериллия: $^7_4\text{Be}(7,016930) + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^7_3\text{Li}(7,016005) + \nu$? В скобках указаны атомные массы (в а. е. м.).

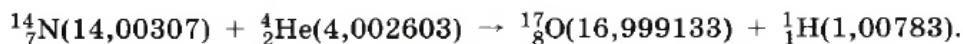
4. Определите энергию, выделяющуюся при термоядерной реакции $^2_1\text{H}(2,014102) + {}^3_1\text{H}(3,016049) \rightarrow {}^4_2\text{He}(4,002603) + {}^1_0n$.

1. Записана ядерная реакция, в скобках указаны атомные массы (в а. е. м.) участвующих в ней частиц:



Вычислите энергетический выход ядерной реакции. Ответ выразите в мегаэлектронвольтах (МэВ), считая, что 1 а. е. м. соответствует 931 МэВ. Поставьте знак «минус», если энергия поглощается.

2. Записана ядерная реакция, в скобках указаны атомные массы (в а. е. м.) участвующих в ней частиц:



Вычислите энергетический выход ядерной реакции. Ответ выразите в мегаэлектронвольтах (МэВ), считая, что 1 а. е. м. соответствует 931 МэВ. Поставьте знак «минус», если энергия поглощается.

3. Какая энергия выделяется при ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$? Ответ выразите в пикоджоулях (пДж) и округлите до десятых. Энергия покоя лития ${}^7_3\text{Li}$ — 6533,8 МэВ, водорода ${}^1_1\text{H}$ — 938,3 МэВ, гелия ${}^4_2\text{He}$ — 3728,4 МэВ.

4. Излучение Солнца обусловлено энергией, выделяющейся в термоядерной реакции превращения ядра водорода ${}^1_1\text{H}$ в гелий ${}^4_2\text{He}$. При этом образование одного ядра гелия сопровождается выделением энергии $4,2 \cdot 10^{-12}$ Дж. Чему равна масса гелия, возникающего в Солнце каждую секунду, если мощность излучения Солнца составляет $4 \cdot 10^{26}$ Вт? Масса ядра гелия $6,6 \cdot 10^{-27}$ кг. Ответ выразите в миллионах тонн, округлив до десятков.

5. Излучение Солнца обусловлено энергией, выделяющейся в термоядерной реакции, при которой четыре ядра водорода ${}^1_1\text{H}$ рождают ядро гелия ${}^4_2\text{He}$. Энергия связи ядра ${}^4_2\text{He}$ составляет 7 МэВ/нуклон. Чему равна масса гелия, возникающего в Солнце каждую секунду, если мощность излучения Солнца составляет $4 \cdot 10^{26}$ Вт? Масса ядра гелия $6,6 \cdot 10^{-27}$ кг. Ответ выразите в миллионах тонн.

4.2 Лабораторные работы

Лабораторная работа №1. Исследование движения тела под действием постоянной силы.

Лабораторная работа 1

«Исследование движения тела под действием постоянной силы»

Цель работы: экспериментально доказать, что под действием постоянной силы тело движется с постоянным ускорением.

Приборы и материалы: жёлоб дугообразный; шарик; штатив с муфтой и лапкой; линейка; лист белой бумаги; лист копировальной бумаги.

Описание установки и методики выполнения работы

Экспериментальная установка для проведения работы показана на рисунке 1.

В работе исследуется движение шарика, который перемещается по дугообразному жёлобу. После того как шарик оторвётся от жёлоба, на него будет действовать только сила тяжести. Она направлена вертикально вниз и остаётся во время движения неизменной. Напомним, что тело под действием постоянной силы должно двигаться с постоянным ускорением, т. е. равноускоренно. Это утверждение и проверяется в данном исследовании. Идея опыта состоит в следующем. Предположив, что тело движется по вертика-

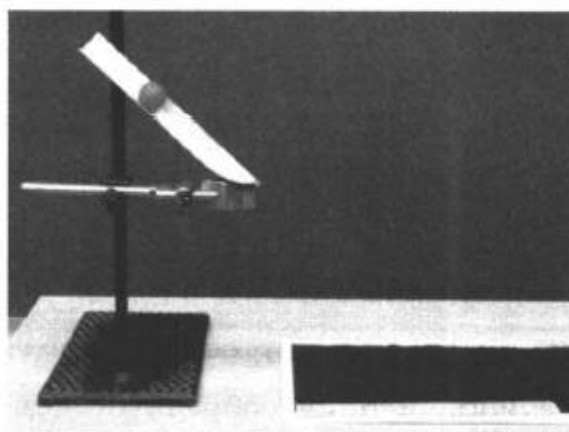


Рис. 1

ли равноускоренно, получить аналитически соотношение между перемещениями в вертикальном и горизонтальном направлениях, а затем экспериментально проверить, выполняется ли это соотношение.

Аналитический вид зависимости дальности полёта шарика s от начальной высоты H можно получить из проекций уравнений его движения на горизонтальную и вертикальную оси координат. Начало отсчёта системы координат совмещают с концом жёлоба, ось x направляют вдоль направления начальной скорости (горизонтально), а ось y — вертикально вниз. Проекция на ось x скорости шарика не изменяется и равна v_0 , координата x шарика равна

$$x = v_0 t. \quad (1)$$

Проекция его скорости на ось y изменяется, поскольку ускорение свободного падения направлено вертикально вниз, и координата y тела равна

$$y = \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Искомую зависимость получают, выразив время из уравнения (2): $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$, и, подставив полученное выражение в уравнение (1):

$$x = v_0 \sqrt{\frac{2y}{g}}.$$

Так как в точке падения $x = s$, а $y = H$, то

$$s = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

Если шарик пускать горизонтально с разных высот при одной и той же начальной скорости, то полученную зависимость можно представить так:

$$s = C \sqrt{H}, \text{ откуда } \frac{s}{\sqrt{H}} = C,$$

где $C = v_0 \sqrt{\frac{2}{g}} = \text{const.}$

Постоянство этого отношения и следует доказать экспериментально.

Порядок выполнения работы

1. Закрепите дугообразный жёлоб в лапке штатива на высоте 10—12 см от поверхности стола так, чтобы его отогнутый конец располагался горизонтально (см. рис. 1).

2. Нанесите на поверхности жёлоба метку, от которой будет производиться пуск шарика. Его необходимо пускать с одного и того же места, чтобы обеспечить шарiku одинаковое значение начальной скорости.
3. Положите лист бумаги на то место стола, где ожидается падение шарика, приклейте его скотчем и накройте листом копировальной бумаги. После падения шарика на бумаге останется чёткая метка.
4. Произведите пуск шарика от метки, нанесённой на жёлобе.
5. Измерьте линейкой высоту нижнего края жёлоба H и дальность полёта шарика s . Результаты всех измерений и вычислений записывайте в таблицу 6.

Таблица 6

N° опыта	s , мм	$s_{\text{ср}}$, мм	H , мм	\sqrt{H} , мм ^{1/2}	$\frac{s_{\text{ср}}}{\sqrt{H}}$, мм ^{1/2}
1					
2					
3					

6. Повторите пуск шарика 5—7 раз и найдите среднее значение расстояния $s_{\text{ср}}$. _____

7. Проведите 2—3 серии по 5—7 пусков, увеличивая высоту жёлоба на 5 см в каждой серии, и найдите $s_{\text{ср}}$. _____

8. Вычислите для каждой серии пусков \sqrt{H} и отношение $C = \frac{s_{\text{ср}}}{\sqrt{H}}$.

9. Сравните значения отношений $\frac{s_{\text{ср}}}{\sqrt{H}}$, полученные для каждой серии пусков. Сделайте вывод.

Вывод: _____

Контрольные вопросы

1. Как зависит дальность полёта тела s от высоты H , с которой оно брошено? _____

2. Какую роль в решении поставленной в эксперименте задачи играет сопротивление воздуха? Что и как изменится, если его учитывать? _____

3. В чём причина погрешностей выполненных измерений? Как можно их уменьшить? Как изменяется точность измерений с изменением высоты, с которой начинает падать груз? _____

Лабораторная работа № 2 по теме:

«ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ».

Цель работы: определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр

лабораторный, весы с разновесами, груз на нити, лист бумаги, линейка, пробка.

Теоретическая часть работы.

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиуса R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и натяжение нити \vec{F} (рис. а). Они создают центростремительное ускорение \vec{a}_y , направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_y = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}.$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период обращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также, используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$. Разложим силу \vec{F} на составляющие \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.

Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Направление координатных осей выберем так, как показано на рисунке б. В проекциях на ось O_1y уравнение движения шарика примет вид: $0 = F_2 - mg$. Отсюда $F_2 = mg$: составляющая \vec{F}_2 уравнивает силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на шарик.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось O_1x : $ma_n = F_1$. Отсюда $a_y = \frac{F_1}{m}$.

Модуль составляющей F_1 можно определить различными способами. Во-первых, это можно сделать из подобия треугольников OAB и FBF_1 :

$$\frac{F_1}{R} = \frac{mg}{h}.$$

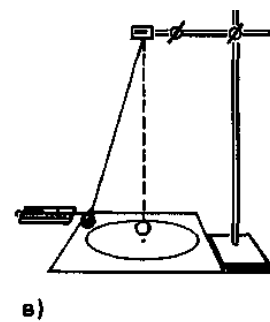
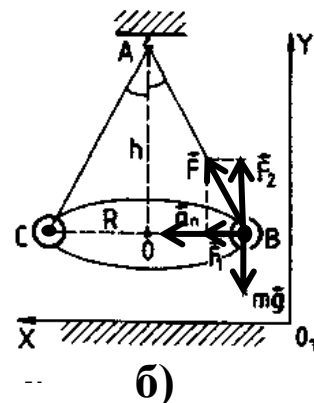
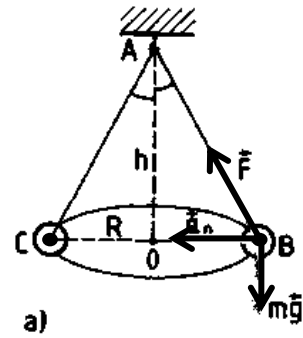
Отсюда $F_1 = \frac{mgR}{h}$ и $a_y = \frac{gR}{h}$. Из треугольника AOB получаем h

$$h = \sqrt{l^2 - R^2}, \text{ где } l - \text{длина нити.}$$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно непосредственно измерить динамометром. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис. в), и определяем показание динамометра. При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую \vec{F}_1 .

Сопоставим все три выражения для a_n :

$$a_y = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad a_y = \frac{gR}{h}, \quad a_y = \frac{F_1}{m} \quad \text{и убедимся, что они близки между собой.}$$



Ход работы.

1. Определите массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Шарик, подвешенный на нити, закрепите в лапке штатива, используя кусок пробки.
3. Вычертите на листе бумаги окружность радиусом 20 см ($R = 20 \text{ см} = \underline{\hspace{2cm}}$ м).
4. Штатив с маятником располагаем так, чтобы продолжение шнура проходило через центр окружности.
5. Взяв нить пальцами у точки подвеса, приведите маятник во вращательное движение над листом бумаги так, чтобы шарик описывал такую же окружность, как и начерченная на бумаге.
6. Отсчитываем время, за которое маятник совершает 50 полных оборотов ($N = 50$).
7. Рассчитайте период обращения маятника по формуле: $T = t / N$.
8. Рассчитайте значение центростремительного ускорения по формуле (1):

$$a_{ц} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Определите высоту конического маятника (h). Для этого измерьте расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса.

10. Рассчитайте значение центростремительного ускорения по формуле (2):

$$a_{ц} = \frac{gR}{h} = \underline{\hspace{2cm}}$$

11. Оттяните горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измерьте модуль составляющей \vec{F}_1 .

Затем вычисляем ускорение по формуле (3): $a_{ц} = \frac{F_1}{m} = \underline{\hspace{2cm}}$

12. Результаты измерений и вычислений заносим в таблицу.

Радиус окружности $R, \text{ м}$	Число оборотов N	Время $t, \text{ с}$	Период об- ращения $T = t / N$	Высота маятника $h, \text{ м}$	Масса шарика $m, \text{ кг}$	(1) Центр-ое ускорение $a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ м/с^2	(2) Центр-ое ускорение $a_n = \frac{gR}{h}$ м/с^2	(3) Центр-ое ускорение $a_n = \frac{F_1}{m}$ м/с^2

13. Сравните полученные три значения модуля центростремительного ускорения.

_____ **ВЫВОД:** _____

Дополнительно:

Найдите относительную и абсолютную погрешность косвенного измерения $a_{ц}$ (1) и (3):

Формула (1). $\varepsilon_{a_{ц}} = \left(\frac{\Delta R}{R} + 2\frac{\Delta t}{t}\right) \cdot 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$; $\Delta a_{ц} = \left(\frac{\Delta R}{R} + 2\frac{\Delta t}{t}\right) \cdot$

$a_{ц} = \underline{\hspace{2cm}}$;

Формула (3). $\varepsilon_{a_{ц}} = \left(\frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$; $\Delta a_{ц} = \left(\frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot$

$a_{ц} = \underline{\hspace{2cm}}$.

Лабораторная работа № 3 ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ УДАРА ШАРОВ И БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Цель работы: проверка на практике законов сохранения энергии и импульса на примере упругого и неупругого соударения тел.

Студент должен:

уметь: объяснять сравнение силы с изменением кинетической энергии тела, обрабатывать результаты измерений; объяснять полученные результаты и делать выводы.

знать: понятие импульса тела, закон сохранения импульса, упругого и неупругого удара.

Обеспеченность занятия

Приборы и материалы: штатив с двумя подвесами, набор шаров, масштабная линейка.

Раздаточные материалы: методические рекомендации для выполнения лабораторных работ студентами по дисциплине «Физика».

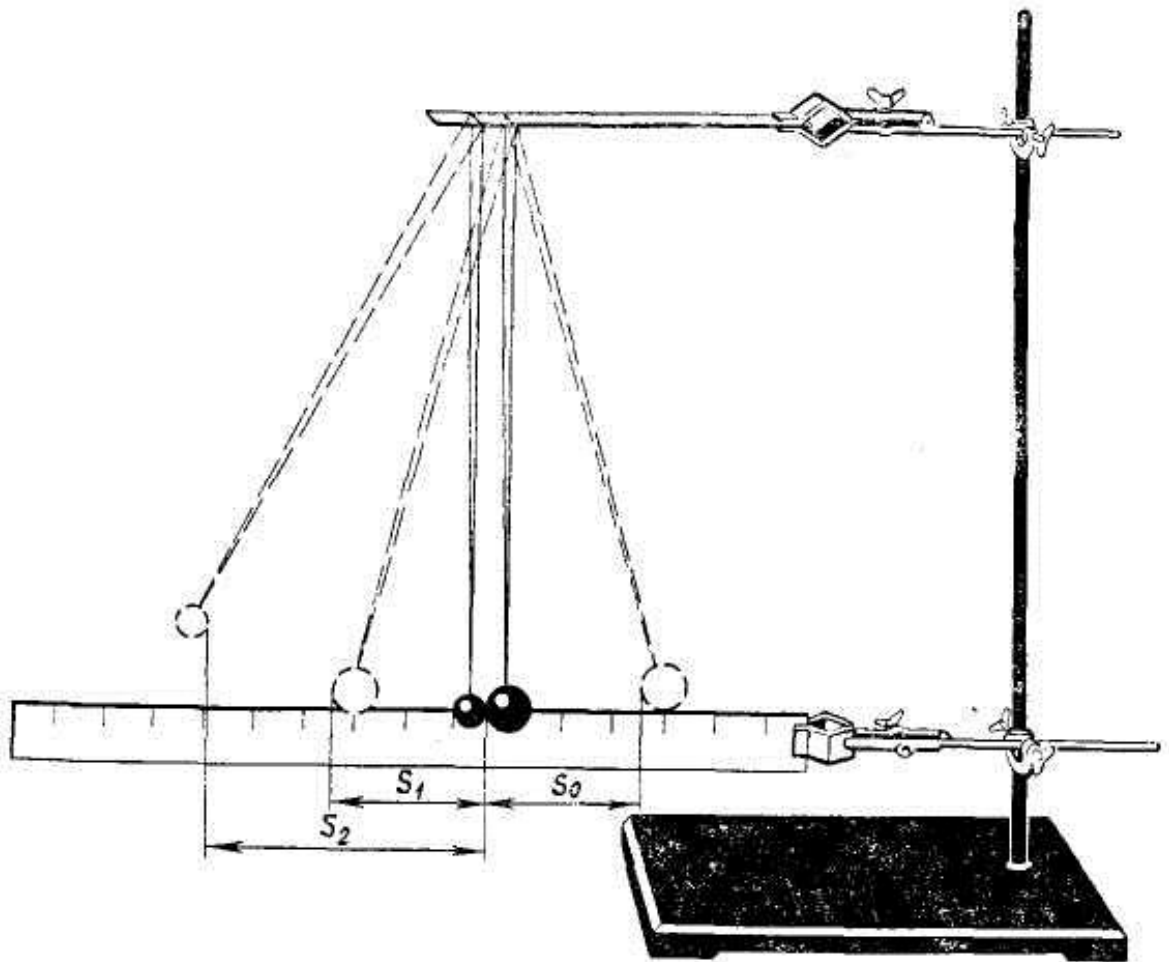
Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы

Векторная величина p , равная произведению массы m материальной точки на ее скорость v , и имеющая направление скорости, называется **импульсом**, или **количеством движения**, этой материальной точки $p = mv$.

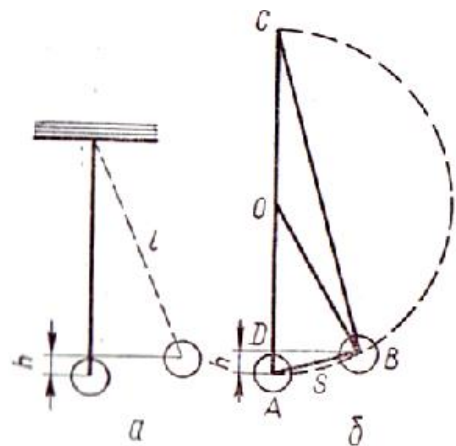
Закон сохранения импульса: Импульс замкнутой механической системы не меняется с течением времени (сохраняется) при любых взаимодействиях материальных точек системы между собой.

Закон сохранения энергии: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия сохраняется, т.е. не меняется со временем $E_k + E_p = const$.

Описание установки



Соберите установку:



Инструкция по выполнению лабораторной работы

1. Определите массу шаров на весах и измерьте длину их подвеса.
2. Отведите большой шар на 5-7см (S_0) в сторону и отпустите его, произведя прямой удар по другому шару.
3. Заметьте максимальные отклонения шаров после удара S_1 и S_2 .
4. Определите скорости шаров до и после удара:

$$mgh = \frac{mv^2}{2};$$

$$v = \sqrt{2gh}.$$

5. Высоту подъема шара определите по максимальному отклонению s от положения равновесия (см. рис.2). $AB^2 = 2CB \cdot AD$ (из треугольников ADB и CDB), $S^2 = 2lh$;

$$h = \frac{s^2}{2l}.$$

Тогда скорости шаров:

$$v_{01} = S_0 \cdot \sqrt{gl};$$

$$v_1 = S_1 \cdot \sqrt{gl};$$

$$v_2 = S_2 \cdot \sqrt{gl}.$$

6. Вычислите импульсы шаров до и после взаимодействия.

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1:

$m_1,$ кг	$m_2,$ кг	$h, м$	$l, м$	$v_{01}, м/с$	$v_1,$ м/с	$v_2,$ м/с	$p_{01},$ кг·м/с	$p_1,$ кг·м/с	$p_2,$ кг·м/с

8. Исходя из цели работы, запишите вывод и ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как применить законы сохранения энергии и импульса в случаях центральных упругого и неупругого соударения шаров?
2. Какие виды соударений называются абсолютно упругим и абсолютно неупругим ударом?
3. Как определить потери энергии при неупругом и коэффициент восстановления при упругом ударах.
4. Как определить скорость полёта пули с помощью баллистического маятника?
5. Как оценить результат измерений независимыми от измерений способами? (зависимыми способами?)
6. Какая система называется замкнутой?

Порядок выполнения отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в тетрадях для лабораторных работ и должен содержать:

1. название работы;
2. цель работы;
3. оборудование;
4. ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин);
5. расчеты - окончательная запись результатов работы;
6. вывод.
7. Ответы на контрольные вопросы

Лабораторная работа №4

Определение влажности воздуха

Цель работы: закрепить понятие о влажности воздуха и способах ее измерения; определить абсолютную и относительную влажность воздуха, точку росы;

научиться пользоваться

справочными таблицами: «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры», «Психрометрическая таблица»

приборами для измерения влажности воздуха – психрометром.

Оборудование: Психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Краткая теория.

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_a - называется плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

$$\rho_a = \frac{m_{\text{водяного пара}}}{V_{\text{воздуха}}} \quad [\rho_a] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Относительная влажность воздуха φ показывает сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_0} \cdot 100\% \quad [\varphi] = \% ,$$

где ρ_0 -плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры» Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40 - 60 %. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным.

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

Психрометр или психрометр Августа (см.рисунок) состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы T_p

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара

$$\rho_0 = \rho_a$$

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую

комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

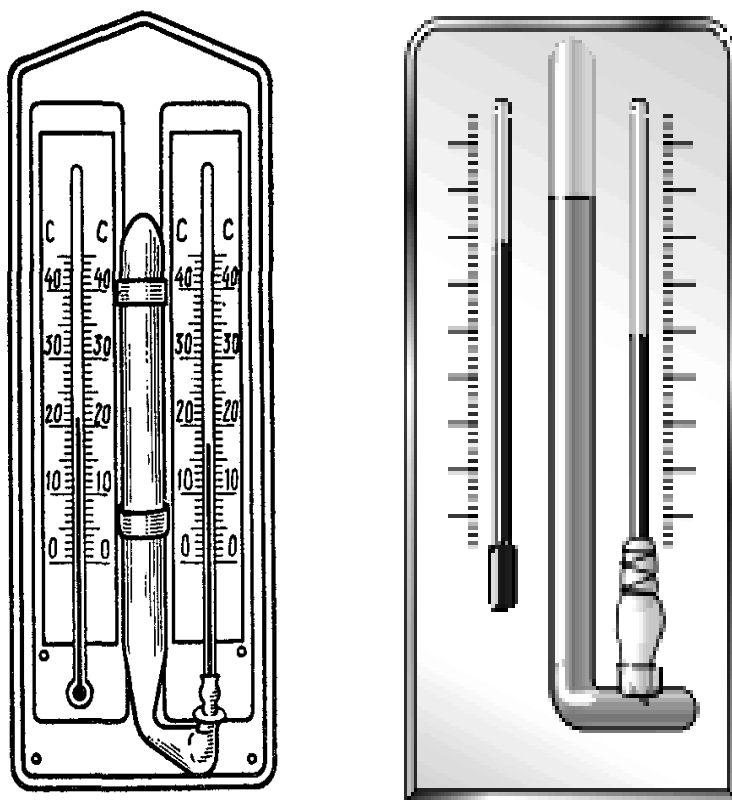


Рисунок «Психрометры»

Порядок выполнения работы:

1. Снять показания психрометра в различных частях класса.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ измерения	Местоположение психрометра	Показания сухого термометра, T_c , К	Показания увлажненного термометра, T_y , К	Разность показаний сухого и увлажненного термометров, $T_c - T_y$, К	Относительная влажность воздуха, φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м ³	Точка росы, T_p , К
1							
2							
3							

5. Сделать выводы по работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометров наибольшая?
2. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?
4. Относительная влажность воздуха при 20⁰С равна 58%. При какой температуре выпадает роса?
5. Относительная влажность воздуха при температуре 293 К равна 44 %. Что показывает увлажненный термометр психрометра?
6. В комнате объемом 150 м³ при температуре 300 К содержится 2,07 кг водяных паров. Определите относительную и абсолютную влажность воздуха.

Определение относительной влажности
по психрометрической таблице

Определение относительной влажности по психрометрической таблице осуществляется следующим образом. По вертикальному левому столбцу температур психрометрической таблицы отмечается величина температуры, соответствующая температуре сухого термометра t_c . По горизонтальной верхней строке психрометрической таблицы выбирается столбец, соответствующий разности температур сухого и увлажненного термометров ($t_c - t_y$). В точке пересечения горизонтальной строки, соответствующей показаниям сухого термометра t_c и вертикального столбца, соответствующего разности температур $t_c - t_y$ считывается величина относительной влажности воздуха (в процентах) для данных условий проведения опыта.

Например:

Показания сухого термометра 18°C (291 К)

$t_c = 18^{\circ}\text{C}$,

а показания увлажненного термометра 15°C (288 К)

$t_y = 15^{\circ}\text{C}$,

находим разность показания сухого и увлажненного термометров

$t_c - t_y = 18^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C} = 3^{\circ}\text{C}$ (3 К)

В вертикальном столбике найдем показания сухого термометра (18°C), а горизонтальной строке разность показаний сухого и увлажненного термометров (3°C), и на пересечении данных показаний находим относительную влажность воздуха $\varphi = 73\%$

Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра		Разность показаний сухого и влажного термометров											
К	$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
273	0	100	82	63	45	28	11						
	1	100	83	65	48	32	16						
	2	100	84	68	51	35	20						
	3	100	84	69	54	39	24	10					
	4	100	85	70	56	42	28	14					
278	5	100	86	72	58	45	32	19	6				
	6	100	86	73	60	47	35	23	10				
	7	100	87	74	61	49	37	26	14				
	8	100	87	75	63	51	40	28	18	7			
	9	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
283	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4		
	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
	14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	
288	15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
	16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8
	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
	18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13
	19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
293	20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
	24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
298	25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
	26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29
	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
	29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
303	30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Определение абсолютной влажности

А) Определение абсолютной влажности по известному объему воздуха и содержанию водяного пара выполняется по уравнению

$$\rho_a = \frac{m_{\text{водяного пара}}}{V_{\text{воздуха}}}$$

Например:

В 6 м³ воздуха содержится 62 г водяного пара.

$$V_{\text{воздуха}} = 6 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{водяного пара}} = 62 \text{ г} = 62 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

Тогда абсолютную влажность можно рассчитать:

$$\rho_a = \frac{62 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{6 \text{ м}^3} = 10,33 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Б) Определение абсолютной влажности по известной относительной влажности воздуха и температуре воздуха (показанию сухого термометра психрометра) выполняется по формуле

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

и с использованием таблицы «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Например:

Относительная влажность воздуха $\varphi = 73\%$

температура воздуха (показания сухого термометра) 18°C (291 К)

$$t_c = 18^\circ\text{C}$$

По таблице определяем плотность насыщенного водяного пара (ρ_0) при данной температуре (18°C)

$$\rho_0 = 15,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

По формуле рассчитываем абсолютную влажность воздуха:

$$\rho_a = \frac{15,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 73\%}{100\%} = 11,242 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 11,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Определение точки росы

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы T_p

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара

$$\rho_0 = \rho_a$$

Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{кг/м}^3$
-10	0,260	2,14	16	1,813	13,6
-5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
-4	0,437	3,51	18	2,066	15,4
-3	0,476	3,81	19	2,199	16,3
-2	0,517	4,13	20	2,333	17,3
-1	0,563	4,47	21	2,493	18,3
0	0,613	4,80	22	2,639	19,4
1	0,653	5,20	23	2,813	20,6
2	0,706	5,60	24	2,986	21,8
3	0,760	6,00	25	3,173	23,0
4	0,813	6,40	26	3,359	24,4
5	0,880	6,80	27	3,559	25,8
6	0,933	7,30	28	3,786	27,2
7	1,000	7,80	29	3,999	28,7
8	1,066	8,30	30	4,239	30,3
9	1,146	8,80	40	7,371	51,2
10	1,226	9,40	50	12,33	83,0
11	1,306	10,0	60	19,92	130,0
12	1,399	10,7	80	47,33	293
13	1,492	11,4	100	101,3	598
14	1,599	12,1	120	198,5	1123
15	1,706	12,8	160	618,0	3259
			200	1554	7763

При определении точки росы используется таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах» и значение абсолютной влажности ρ_a . В колонке плотности находим значение наиболее близко совпадающее со значением ρ_a и проецируем на колонку температур, полученное значение и есть точка росы T_p .

Например:

$$\text{Абсолютная влажность воздуха равна: } \rho_a = 11,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Находим в колонке плотности находим значение наиболее близко совпадающее со значением ρ_a . В данном случае это $11,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Проецируем в горизонтальном направлении на колонку температур; полученное значение 13°C и есть точка росы

$$T_p = 13^\circ\text{C}$$

Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{кг/м}^3$
-10	0,260	2,14	16	1,813	13,6
-5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
-4	0,437	3,51	18	2,066	15,4
-3	0,476	3,81	19	2,199	16,3
-2	0,517	4,13	20	2,333	17,3
-1	0,563	4,47	21	2,493	18,3
0	0,613	4,80	22	2,639	19,4
1	0,653	5,20	23	2,813	20,6
2	0,706	5,60	24	2,986	21,8
3	0,760	6,00	25	3,173	23,0
4	0,813	6,40	26	3,359	24,4
5	0,880	6,80	27	3,559	25,8
6	0,933	7,30	28	3,786	27,2
7	1,000	7,80	29	3,999	28,7
8	1,066	8,30	30	4,239	30,3
9	1,146	8,80	40	7,371	51,2
10	1,226	9,40	50	12,33	83,0
11	1,306	10,0	60	19,92	130,0
12	1,399	10,7	80	47,33	293
13	1,492	11,4	100	101,3	598
14	1,599	12,1	120	198,5	1123
15	1,706	12,8	160	618,0	3259
			200	1554	7763

О ВЛАЖНОСТИ

Для человека комфортный уровень влажности составляет от 40 до 60%. Когда работает центральное отопление, влажность в помещениях падает до 25%.

В ЧЕМ ОПАСНОСТЬ СУХОГО ВОЗДУХА?

- Дискомфорт, усталость, болезни. Сухой воздух препятствует попаданию кислорода в систему кровообращения, Симптомы недостаточного потребления кислорода - истощение, плохая концентрация, усталость.

- Увеличивается восприимчивость к инфекции. Самоочищающая способность бронхиальной трубы уменьшается из-за вдыхаемого сухого воздуха, в результате чего увеличивается восприимчивость к инфекциям и различным респираторным заболеваниям.

- Сухость кожи. Недостаток влаги в воздухе ускоряет испарение воды с кожи. За сутки кожа теряет около 1/2 литра воды, а в зимнее время - до литра. Она становится сухой, грубой и начинает шелушиться, выглядит старой и некрасивой.

- Сухость глаз. Невлажный воздух также вызывает дополнительные раздражения у тех, кто носит контактные линзы.

- Пыль. Влажность «связывает» пыль. Сухой воздух и вдобавок тепло, выделяемое обогревателями, напротив, приводят к тому, что пыль летает по всей комнате. Это особенно противопоказано астматикам и аллергикам.

- Гибнут растения. Их листья становятся коричневыми, со сморщенными кончиками, бутоны и цветки засыхают и опадают.

- Расстроенные музыкальные инструменты.

Расстроенные музыкальные инструменты - также результат недостаточной влажности воздуха.

- Трещины на предметах из дерева. Если в помещении постоянно сухой воздух, мебель и другие деревянные предметы постепенно теряют изначальный внешний вид. Они начинают ссыхаться и со временем появляются трещины.

Есть два способа борьбы с сухим климатом: с помощью пульверизатора (опрыскивателя) - способ простой, дешевый, но не слишком эффективный. Наиболее оптимальный вариант - установить в квартире увлажнитель воздуха.

ЧТО ТАКОЕ УВЛАЖНИТЕЛЬ?

Представьте себе коробку из-под торта. Представили? Примерно таков размер современных испарительных увлажнителей. Есть еще один вид увлажнителей -ультразвуковые, появившиеся на мировом рынке около 5 лет. Их дизайн разнообразен: в виде шаров, летающих тарелок, «треуголок Наполеона» и т.д.

ИСПАРИТЕЛЬНЫЕ УВЛАЖНИТЕЛИ

Принцип работы: внутри прибора находится специальная сетка-испаритель, которая постоянно пропитывается водой из резервуара. Встроенный вентилятор засасывает воздух из помещения и направляет его на испаритель, В помещение поступает охлажденный увлажненный воздух.

Для каких целей подходит: для улучшения качества воздуха в квартире; если в доме есть

маленькие дети или домашние животные; идеален в квартирах после ремонта или при постоянной запыленности помещения.

Преимущества: в некоторых моделях - дополнительная функция ионизации. Можно подобрать модель, где визуально не видно работу увлажнителя (пар не выходит). Поэтому маленькие дети не будут обращать внимания на прибор. Если закончится вода, то вентилятор увлажнителя будет продолжать работать, влажность при этом поддерживаться уже не будет, на срок службы самого увлажнителя это никак не повлияет.

Недостатки: периодическая замена увлажняющего фильтра.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ УВЛАЖНИТЕЛИ

Принцип работы: высокая частота вибрации специальной мембраны позволяет «выбивать» из воды холодный пар.

Для каких целей подходит: для улучшения качества воздуха в квартире; для помещений, где есть предметы, требующие особых параметров влажности (цветы, мебель, антиквариат, паркет, музыкальные инструменты).

Преимущества: в некоторых моделях - дополнительная функция ионизации. Есть индикация, показывающая текущую влажность в помещении.

Недостатки: при использовании слишком жесткой воды срок службы фильтра может уменьшиться. Также нет однозначного ответа относительно 100% безопасности ультразвука для детей и животных. По словам менеджера одного из магазинов, очень много обращений с таким вопросом, но производители отвечают уверенно: «Противопоказаний нет».

Увлажнители не требуют специального монтажа: все, что вам нужно сделать, - это залить воду в бачок и включить увлажнитель в розетку. Уровень шума низкий, рядом с ним можно спать.

КАК ИЗМЕРЯЮТ ВЛАЖНОСТЬ НА РАССТОЯНИИ?

Чтобы предсказать погоду, надо узнать, откуда и куда движется влажный воздух. Для этого надо уметь определять влажность воздуха на расстоянии. Делают это, например, с помощью датчиков, измеряющих интенсивность инфракрасного излучения Земли, установленных на спутниках. Водяные пары очень сильно поглощают излучение в этом диапазоне, поэтому на фотографиях Земли, сделанных со спутника в этой части спектра, яркость изображения зависит от концентрации водяных паров, находящихся над данной точкой поверхности планеты.

КАКАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЛУЧШЕ?

Интересуясь прогнозом погоды, мы редко обращаем внимание на влажность воздуха, считая, что главное - это температура и осадки. Однако излишне сухой воздух с относительной влажностью менее 40% делает сухими слизистые оболочки лёгких и носоглотки, увеличивая риск инфекций и кровотечений. Влажный воздух (>60%) в помещении создаёт идеальные условия для роста плесени и размножения так называемых пылевых клещей, что может вызывать аллергию у лиц, склонных к этим заболеваниям. Кроме того, высокая влажность может стать причиной тепловых ударов, т.к. становится тяжело отдавать избыточное тепло с потом. Увеличение влажности до 70% при температуре 32°C приводит к кажущемуся росту температуры окружающего воздуха на несколько градусов. Иными словами, нам кажется, что температура

воздуха выросла до 41°C. Наоборот, когда влажность нулевая, те же 32°C ощущаются нами как 28°C. Поэтому, если вам стало зябко в холодной комнате, то поставьте на пол таз с тёплой водой, влажность воздуха увеличится, и вам станет теплее. Считается, что условиям комфорта соответствует температура 20-22°C при относительной влажности воздуха 45-50%. Известно, что зимой воздух в доме становится таким сухим, что иногда даже першит в горле. Объяснение кроется в зависимости парциального давления насыщенного водяного пара от температуры, ведь в тёплую комнату воздух поступает снаружи, где парциальное давление водяных паров очень мало. Например, если на улице 0°C и 50%-ная влажность, то такой воздух после нагрева до 20 °C будет иметь относительную влажность всего 13%, т.е. в 4 раза меньше, чем необходимо для комфорта. Ну а когда за окном мороз, влажность воздуха в доме становится ещё меньше, и приходится прибегать к увлажнителям. Поэтому и комнатные растения зимой рекомендуют поливать чаще, чем летом.

ПОЧЕМУ ПРОДУКТЫ БЫСТРО ВЫСЫХАЮТ В ХОЛОДИЛЬНИКЕ?

В холодильной камере самое холодное место, испаритель, находится вверху, откуда холодный и поэтому тяжёлый воздух опускается вниз. Соприкасаясь с более тёплыми продуктами и стенками холодильника, воздух нагревается, а его относительная влажность уменьшается, т.к. нагретый воздух в состоянии поглотить больше влаги, чем холодный. Таким образом, холодный воздух, нагревшись, сразу становится сухим и отбирает часть влаги у продуктов. Потом тёплый, а значит, лёгкий воздух поднимается вверх к испарителю, где охлаждается до первоначальной температуры, но влажность его оказывается выше первоначальной из-за воды, отобранной у продуктов. Это повторяется несколько раз, пока относительная влажность воздуха не превысит 100%, и тогда на поверхности испарителя появляются капельки воды или кристаллики льда. Так циркулирующий по холодильнику воздух «перевозит на себе» воду от более тёплых продуктов к более холодному испарителю. При этом продукты, лишаясь воды, охлаждаются, т.к. они теряют тепло, необходимое для испарения. Легко посчитать, например, что огурец массой 50 г, потеряв всего 0,1 г влаги, охладится более чем на градус. Поэтому сухие продукты охлаждаются в холодильнике медленнее, чем влажные. А вообще, лучше хранить продукты в холодильнике в закрытой посуде или во влагонепроницаемой плёнке, хотя остывать они будут, конечно, медленнее. Чтобы ускорить циркуляцию воздуха и охлаждение продуктов, в современных моделях холодильников используют вентиляторы.

КАК ИЗБЕЖАТЬ ЗАПОТЕВАНИЯ СТЁКОЛ?

Влага из тёплого воздуха конденсируется на холодной поверхности. Из графика давления насыщенных паров от температуры следует, что при влажности 50% нагретый до 20 °C воздух начнёт конденсироваться на поверхностях, если их температура ниже 10°C. Поэтому, когда мы входим с мороза домой, то у нас сразу запотевают очки, а маска для подводного плавания быстро запотекает изнутри при погружении в воду. Автомобилисты страдают от запотевания изнутри окон в неразогретых ещё машинах. Чтобы не дать образоваться скоплению мельчайших капелек на холодном стекле, необходимо уменьшить поверхностное натяжение воды, из которой они состоят. Тогда капелькам станет энергетически выгодно сливаться друг с другом,

образуя плёнку воды, которая снова сделает окно или очки прозрачными. Чтобы понизить величину поверхностного натяжения, можно просто натереть куском мыла поверхность стекла, а потом сделать её опять прозрачной, растерев какой-нибудь тряпочкой. Таким же образом работают и фирменные антизапотеватели, цена которых часто зависит от фантазии и корысти их производителей. Кроме того, следует помнить, что в прохладную погоду окна автомобиля изнутри не будут потеть, если: а) воздух постоянно движется у внутренней поверхности стекла и б) стёкла изнутри уже тёплые.

Лабораторная работа № 5

Тема: «ИЗМЕРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ»

Цель: определить коэффициент поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

Оборудование: сосуд с водой, узкая трубка, сосуд для сбора капель, весы.

Теория.

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости стремится уменьшить потенциальную энергию и сокращается. При этом совершается работа A :

$$A = \sigma \times \Delta S$$

где σ - коэффициент поверхностного натяжения. Единицы измерения Дж/м² или Н/м

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S} \quad \text{или} \quad \sigma = \frac{F}{l}$$

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S} = \frac{F}{l}$$

где F – сила поверхностного натяжения, l – длина границы поверхностного слоя жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения химически чистой жидкости определяется природой жидкости, ее температурой. При повышении температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается. При температуре, называемой критической, он становится равным нулю, так как исчезают различия между жидкостью и ее насыщенным паром. Коэффициент поверхностного натяжения существенно изменяется при добавлении в жидкость поверхностно-активных веществ.

Поверхностное натяжение можно определять различными методами.

В лабораторной работе используется **метод отрыва капель**.

Стремление жидкости уменьшить площадь поверхности проявляется и в том, что малый объем жидкости принимает форму, близкую к шару. В этом случае сила тяжести, действующая на каплю, мала, и форма капли жидкости определяется поверхностной энергией. Этим же объясняется шаровидная форма капель в состоянии невесомости.

Опыт осуществляют со шприцом, в котором находится исследуемая жидкость. Нажимают на поршень шприца так, чтобы из отверстия узкого конца шприца медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести равна силе поверхностного натяжения F

$$F_{тяж} = m_{капли} \cdot g, \quad (1)$$

граница свободной поверхности – окружность капли

$$l = \pi \cdot d_{капли} \quad (2)$$

Следовательно:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{m_{\text{капли}} \times g}{\pi \times d_{\text{капли}}} \quad (3)$$

Опыт показывает, что

$$d_{\text{капли}} = 0,9d,$$

где d – диаметр канала узкого конца шприца или капельницы.

Массу капли можно найти, посчитав количество капель n и зная массу всех капель m .

Масса капель m будет равна массе жидкости в шприце. Зная объем жидкости в шприце V и плотность жидкости ρ можно найти массу

$$m = \rho \cdot V$$

Ход работы.

Порядок выполнения работы.

1. Взвесьте на электронных весах пустую емкость для сбора капель и запишите полученное значение массы m_0 в таблицу 1. (Предварительно убедитесь, что в емкости нет воды.)
2. Открывая кран (используя другую посуду), добейтесь, чтобы в процессе вытекания жидкости формировались *отдельные* капли воды.
3. Подставив емкость для сбора капель, накапайте в нее N капель воды. Капли воды не должны сливаться между собой. Число капель указано в таблице 1. (Может варьироваться преподавателем.)
4. Взвесьте на электронных весах массу емкости с водой m . Данные запишите в таблицу.
5. После взвешивания надо вылить воду из емкости, насухо протереть емкость.
6. Выполните пункты 2-5 для указанных значений N .

Номер измерения	Число капель	Масса емкости без воды m_0 , г	Масса емкости с водой m , г	Масса N капель воды m_N , г	Масса одной капли воды $m_{капли}$, г	коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ
1	2	3	4	5=(4-3)	6=5/2	7 (по ф.3) а/з)
1	20					
2	30					
3	40					
4	45					
5	50					

Обработка результатов измерений.

1. Для каждого N (числа капель) найдите массу N капель воды. Для этого из массы емкости с водой надо вычесть массу емкости без воды: $mN = m - m_0$. Данные запишите в таблицу.
2. Для каждого N рассчитайте массу одной капли: $m_i = mN/N$. Данные запишите в таблицу.
3. Будем считать радиус шейки равным внутреннему радиусу кончика трубки $R = 0,7\text{мм}$.
4. По формуле (3) для каждого случая рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ . Расчеты проводить в системе СИ. Данные запишите в таблицу.
5. Найдите среднее значение $\sigma_{\text{ср}}$.
6. Оцените абсолютную и относительную погрешности среднего значения $\sigma_{\text{ср}}$
7. Проанализируйте полученный результат. Сравните полученный результат со справочными данными.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение коэффициента поверхностного натяжения (силовое и энергетическое). Получите его размерность.
2. Где возникают силы поверхностного натяжения? Качественно объясните их возникновение. Как они направлены? Приведите примеры.
3. От каких факторов зависит коэффициент поверхностного натяжения?
4. Качественно объясните зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры. Что такое критическая температура?
5. Объясните, почему при отсутствии внешних сил форма капель жидкости - сферическая?
6. Расскажите о методе определения коэффициента поверхностного натяжения в данной работе. Каковы недостатки этого метода?

7. Расскажите о явлении смачивания. Приведите примеры.
8. Что такое капиллярные явления? Объясните явление подъема жидкости в капиллярах при условии смачивания. Чем определяется высота подъема?
9. Как определить абсолютную и относительную погрешности определения среднего значения ?

Лабораторная работа №6 **Изучение плоского конденсатора**

Цель работы: исследовать зависимость емкости плоского конденсатора от площади его пластин и расстояния между ними.

Оборудование: мультиметр с функцией измерения электроемкости, например DT890B, алюминиевая фольга, линейка, листы офисной бумаги.

Состав отчета

1. Название работы
2. Цель работы
3. Оборудование
4. Определение: плоский конденсатор
5. Расчетные формулы 1 с пояснениями
6. Задания 1, 2, 3
7. Таблицы замеров и расчетов (2 таблицы)
8. Графики зависимости емкости от площади перекрытия пластин и толщины диэлектрика
9. Выводы по всем заданиям

Перед тем как ученикам будет сформулировано задание на проведение эксперимента, с ними обсуждают «особенности конструкции плоского конденсатора.

Плоским конденсатором называют устройство, состоящее из двух металлических пластин, расположенных параллельно друг другу и разделенных слоем диэлектрика. Емкость такого конденсатора C зависит от площади пластин S , расстояния между ними d , диэлектрической проницаемости диэлектрика ϵ :

$$C = \frac{S\epsilon\epsilon_0}{d}. \quad (1)$$

Где ϵ - диэлектрическая проницаемость,
 ϵ_0 - электрическая постоянная в СИ

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$$

Под величиной S в формуле (1) имеется в виду площадь поверхности, на которой пластины контактируют друг с другом, или, по другому, площадь перекрытия пластин.

Простейшую модель такого устройства можно изготовить из двух кусков алюминиевой фольги (например, той, которая используется в кулинарии для запекания продуктов), между которыми прокладывают лист бумаги. Куски берут одинаковых размеров и прямоугольной формы.

Значение емкости такого конденсатора можно оценить с помощью линейки.

Линейкой измеряют длину и ширину кусков фольги и вычисляют их площадь. Расстояние между пластинами определяется толщиной бумажного листа. Ее определяют как отношение толщины стопки из нескольких десятков листов к числу листов в стопке.

Для проверки значения емкости, рассчитанного по формуле (1), используют мультиметр. Современные портативные мультиметры могут измерять емкость с точностью до 1 пФ. Однако следует иметь в виду, что провода щупов, которыми прибор подключается к цепи, также имеют собственную емкость, поэтому на индикаторе мультиметра, подготовленного для измерения емкостей, но не подключенного к конденсатору, высвечивается значение емкости в несколько пикофард.

По ходу работы ученикам предлагается выполнить три задания.

Ход работы

Первое задание сводится к проверке формулы (1) для расчета емкости плоского конденсатора.

1. Приступая к его выполнению, настраивают мультиметр в режим измерителя емкости.
2. Затем собирают модель плоского конденсатора, для чего отделяют от рулона фольги два куса размерами 200х300 мм. Измеряют линейкой длину и ширину каждого куска. Определяют толщину бумажного листа, который будет служить диэлектриком. Удобно использовать обычную офисную бумагу плотностью 80 г/м². Толщина такого листа составляет 0,1 мм. Куски фольги складывают стопкой, проложив между ними бумагу. Обращают внимание, чтобы куски располагались строго один над другим. Куски фольги плотно прижимают друг к другу, положив на них сверху какой-нибудь предмет с большой площадью поверхности, например книгу.
3. Щупами мультиметра касаются кусков фольги и измеряют емкость собранного конденсатора.
4. Вычисляют по формуле (1) значение емкости. При расчете ϵ бумаги принимают за 1.
5. Сравнивая результаты измерения и расчета, делают вывод о справедливости формулы (1).

Для регистрации результатов измерений готовят таблицу следующего вида:

Таблица 1 Зависимость емкости конденсатора от площади пластин

$S, 10^{-3}, \text{ м}^2$					
$C, 10^{-12}, \Phi$					

В ходе выполнения второго задания исследуют зависимости емкости конденсатора от площади перекрытия пластин.

Ученикам предлагают собрать модель конденсатора, как описано в задании 1.

После чего они измеряют и заносят в таблицу 1 площадь поверхности S , по которой верхняя пластина перекрывает нижнюю, и измеряют мультиметром емкость конденсатора C .

6. Затем сдвигают верхний кусок фольги вдоль одной из сторон на $1/5$ ее длины и повторяют измерение площади и емкости.

7. Перемещение верхнего куска фольги повторяют еще трижды, каждый раз уменьшая площадь перекрытия на 1/5 часть от исходного значения. Для каждого нового положения верхнего куска определяют площадь перекрытия кусков и измеряют их емкость.
8. Используя данные измерений, строят график зависимости $C(S)$, анализируя его вид, делают вывод о справедливости утверждения о том, что емкость плоского конденсатора прямо пропорционально зависит от площади перекрытия его пластин.

Целью третьего задания является исследование зависимости емкости конденсатора от расстояния между пластинами.

Для регистрации результатов измерений готовят таблицу следующего вида:

Таблица 2 Зависимость емкости конденсатора от расстояния между пластинами

$d, 10^{-3}, м$	0,1(1 лист)	0,2(2листа)	0,3(3листа)	0,4(4 листа)	0,5(5 листов)
$C, 10^{-12}, Ф$					

9. Собирают модель конденсатора, как описано в задании 1, разместив между кусками фольги один лист бумаги. Куски фольги в этом опыте должны оставаться строго один над другим.
10. Мультиметром измеряют емкость конденсатора и заносят ее значение в таблицу.
11. Между пластинами вкладывают второй лист и вновь измеряют емкость.
12. Измерение емкости повторяют еще 3-4 раза, увеличивая каждый раз расстояние между пластинами на толщину одного листа бумаги.
13. По данным измерений строят график зависимости $C(d)$, анализируют его вид и делают вывод о справедливости утверждения о том, что емкость плоского конденсатора обратно пропорционально зависит от расстояния между пластинами.

Лабораторная работа №7. Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников.

Цель работы: установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

Экспериментальная проверка законов последовательного и параллельного соединений проводников:

- 1) ознакомиться с приборами для проведения этой лабораторной работы
- 2) научиться соединять резисторы последовательно и параллельно
- 3) научиться измерять и рассчитывать сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов

Оборудование: амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник питания, набор из двух резисторов сопротивлениями 5 Ом, 10 Ом, реостат, ключ замыкания тока, соединительные провода.

Теоретическая справка.

Электрический ток - упорядоченное движение заряженных частиц. Количественной мерой электрического тока служит **сила тока**.

Сила тока - скалярная физическая величина, равная отношению заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени t , к этому интервалу времени:

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

В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в **амперах [А]**.

$$[1\text{А}=1\text{Кл}/1\text{с}]$$

Прибор для измерения силы тока **Амперметр**. Включается в цепь **последовательно**

Напряжение - это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равно работе электрического поля по перемещению заряда из

точки с потенциалом ϕ_1 в точку с потенциалом ϕ_2 :

$$U = \frac{A}{q}$$

Единица напряжения - Вольт [В] [1В=1Дж/1Кл]

Прибор для измерения напряжения - **Вольтметр**. Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов.

Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется **электрическим сопротивлением проводника**. Электрическое сопротивление проводника зависит от **размеров и формы**

проводника и от **материала**, из которого изготовлен проводник. В СИ единицей электрического сопротивления проводников служит **Ом [Ом]**.

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Графическая зависимость силы тока **I** от напряжения **U** - **вольт-амперная характеристика**.

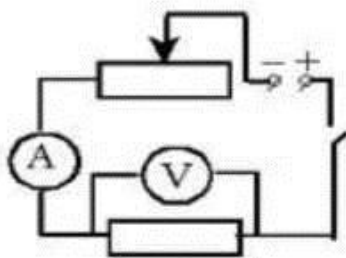
Закон Ома для участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

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

Ход работы.

Часть А

1. Для выполнения работы соберите электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора сопротивлением 5 Ом и ключа. Параллельно проволочному резистору присоедините вольтметр (см. схему).



2. Опыт 1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.

Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до **1,4 В**, затем до **2,4 В** и до **3,4 В**.

Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Напряжение, В			
Сила тока, А			

3. По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения.

Сделайте вывод.

4. Опыт 2. Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах.

Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением **5 Ом**, затем **10 Ом** и **15 Ом**. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, **2,4 В**. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл. 2.

Сопротивление участка, Ом			
Сила тока, А			

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления

Сделайте вывод

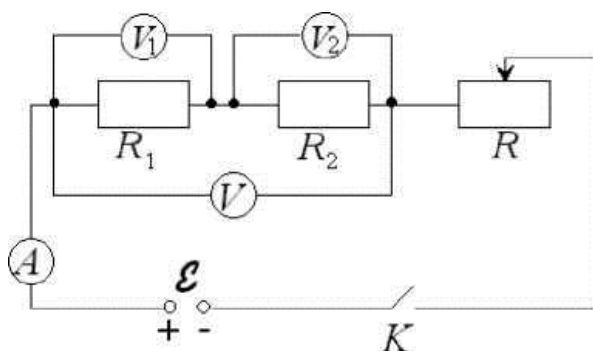
Часть Б. Изучение последовательного и параллельного соединения проводников

Часть Б1: изучение последовательного соединения

1. Заполните пропуски в формулах последовательного соединения

$$U=U_1+U_2 \quad R=R_1+R_2 \quad \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

2. Соберите цепь для изучения последовательного соединения по схеме:



3 Измерьте силу тока. Поочерёдно включая вольтметр к первому резистору, ко второму резистору и ко всему участку, измерьте напряжение. Результаты измерений занесите в таблицу

I, A	U1 B	U2 B	U B	R1 Ом	R2 Ом	R Ом

4 Вычислите сопротивления и занесите результаты в таблицу

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \dots \text{ Ом} \quad R_2 = \frac{U_2}{I} = \dots \text{ Ом} \quad R = \frac{U}{I} = \dots \text{ Ом}$$

5 Проверьте формулы (см пункт 1) последовательного соединения по данным таблицы

6 Посмотрите на резисторы и запишите: $R_1 = \dots \text{ Ом}$ $R_2 = \dots \text{ Ом}$

7 Вычислите рассчитанное сопротивление при последовательном соединении

$$R = R_1 + R_2 = \dots \text{ Ом}$$

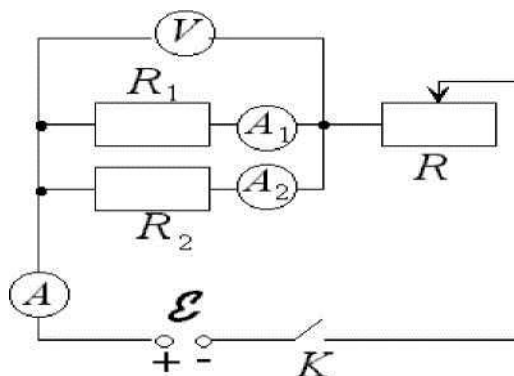
8 Сравните измеренное и рассчитанное сопротивления при последовательном соединении

Часть Б2: Изучение параллельного соединения

1 Заполните пропуски в формулах параллельного соединения

$$I = I_1 + \dots + I_2 \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{\dots} + \dots + \frac{1}{R_2} \quad \dots = \frac{R_1}{\dots}$$

2 Соберите цепь для изучения параллельного соединения



3 Замкните цепь и измерьте силу тока и напряжение на участке при параллельном соединении Запишите: $I = \dots\dots\dots A$ $U = \dots\dots\dots V$

4 Пользуясь измеренными данными вычислите сопротивление участка при параллельном соединении

$$R = \frac{U}{I} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{измеренное сопротивление})$$

5 Посмотрите на резисторы и запишите $R_1 = \dots\dots\dots \text{Ом}$ $R_2 = \dots\dots\dots \text{Ом}$

6 Вычислите по формуле (см пункт 1) сопротивление при параллельном соединении

$$\frac{1}{R} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{рассчитанное сопротивление})$$

7 Сравните рассчитанное и измеренное сопротивления при параллельном соединении

Вывод. _____

Контрольные вопросы к лабораторной работе

- 1) Как определить сопротивление резистора, используя амперметр и вольтметр?
- 2) Что такое сопротивление проводника?
- 3) Чем ЭДС отличается от напряжения?
- 4) Чем отличается величина силы тока, протекающего по последовательно соединенным элементам цепи от силы тока, протекающего по параллельным элементам цепи.
- 5) Как соединяются потребители электроэнергии в квартирах? Почему?

Лабораторная работа №8. Исследование свойства электрического тока в полупроводниках; проводимость полупроводников.

Учебная цель: исследовать зависимость прямого тока от величины прямого напряжения, приложенного к диоду. Выяснить зависимость обратного тока от величины обратного напряжения

Учебные задачи: устройство и принцип действия полупроводникового диода, строить по числовым данным вольт-амперную кривую – характеристику диода.

Правила безопасности: правила проведения в кабинете во время выполнения практического занятия

Норма времени: 2 часа

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь: пользоваться измерительными приборами, собирать по схеме установку для снятия вольт-амперной характеристики диода

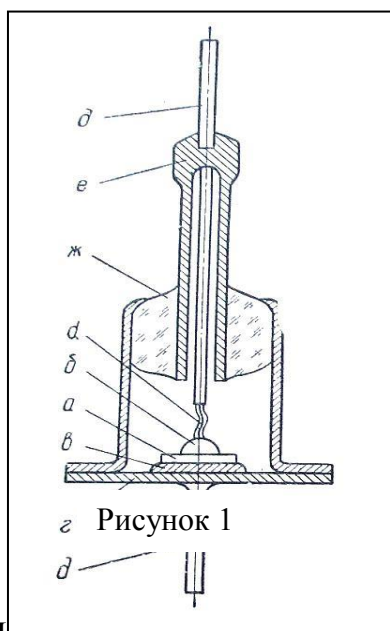
знать: устройство и принцип действия полупроводникового диода, параметры, характеризующие полупроводниковый диод, промышленное применение

Оборудование:

- методические указания по выполнению практического занятия
- тетрадь для лабораторно-практических работ, карандаш, линейка, ластик.

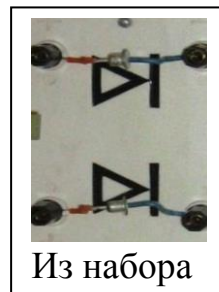
Полупроводниковый диод смонтированный на панели, источник питания, миллиамперметр, вольтметр, резистор R2, реостат, провода с наконечниками

Теоретическое обоснование основная деталь плоского полупроводникового диода Д7Ж монокристаллическая пластинка германия. Выводы диода подведены на панели к двум зажимам «+», «-»

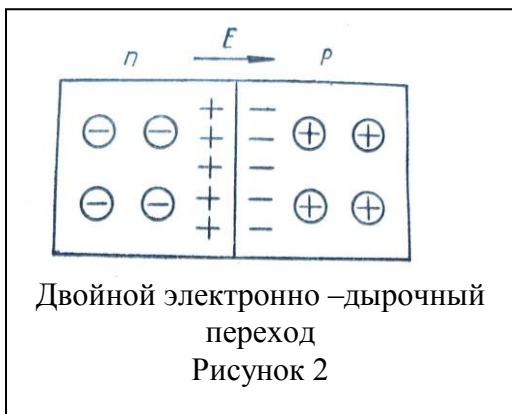


Принцип действия диода

- а - пластинка германия
- б – капля индия
- в – олово
- г -основание металлического корпуса
- д – контактный вывод
- е – второй контактный вывод (проходит в металлической трубочке)
- ж – стеклянный изолятор



В германии с электронной проводимостью, кроме электронов имеются неосновные носители электрического тока – дырки. В германии с дырочной проводимостью, кроме основных носителей – дырок, имеются неосновные – электроны. При отсутствии внешнего электрического поля через границу двух полупроводников диода взаимно диффундируют основные и неосновные носители тока; электроны и дырки из n-германия диффундируют в р-германий, а дырки и электроны переходят из р-германия в n-германий. В результате на границе двух полупроводников возникает двойной слой электрических зарядов и электрическое поле E , которое препятствует дальнейшей диффузии основных носителей тока.



Одновременно образуется *запирающий слой* – главная часть сопротивления диода, обеднённая носителями тока. По обе стороны от границы полупроводников происходит рекомбинация электронов и дырок

е Электрическое поле отсут-

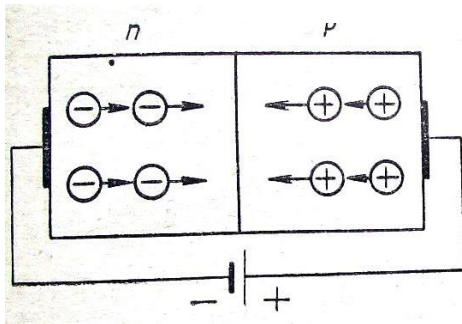


Рисунок 3

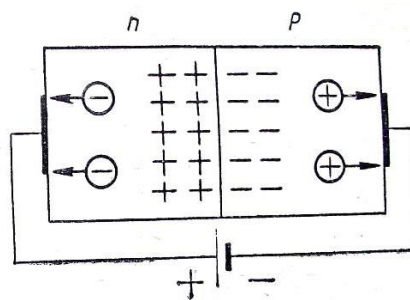


Рисунок 4

При действии на диод внешнего электрического поля, направленного от дырочного полупроводника к электронному, основные носители тока в каждом полупроводнике движутся к границе раздела полупроводников, рисунок 3. Толщина слоя уменьшается, а сопротивление резко снижается.

Ток называется *прямым током диода*. Это ток образованный основными носителями электронами направлен от дырочного полупроводника к электронному. С изменением полярности, изменяется положение основных носителей, рисунок 4. Толщина запирающего слоя увеличивается, а сопротивление резко возрастает. Небольшой ток течёт через диод; он создаёт движение неосновных носителей. Этот ток направлен от электронного полупроводника к дырочному

и называется *обратным током диода*. В зависимости от направления тока в диоде. Напряжение и сопротивление в диоде называют прямым и обратным.

Параметры полупроводникового диода Д7Ж для температуры окружающей среды 20°C

Наибольшая амплитуда обратного напряжения 400 в
Обратный ток при наибольшем обратном напряжении (среднее значение) 0,3 ма
Наибольший выпрямленный ток (среднее значение прямого тока) 300 ма
Падение напряжения на диоде при наибольшем прямом токе 0,5 в

Вопросы для закрепления теоретического материала для письменного ответа:

1. Какие вещества называют полупроводниками? Какие элементы таблицы Менделеева являются наиболее типичными представителями полупроводников.
2. Что такое «дырки»?
3. Какие носители тока обеспечивают собственную проводимость полупроводника?
4. Что такое электронно-дырочный переход?
5. Что такое запирающий слой?
6. Что такое полупроводниковый диод?
7. Что такое вольт-амперная характеристика, какие параметры необходимо снимать для её построения?
8. Что такое прямой ток диода, прямое напряжение на диоде?
9. Что такое обратный ток диода, обратное напряжение диода?
10. Примеры применения полупроводниковых приборов
11. При каком условии полупроводники становятся хорошими диэлектриками?
12. Какие явления происходят в полупроводнике при повышении температуры?
13. Какие частицы являются основными носителями заряда в полупроводниках с донорными примесями? Какова причина их возникновения?
14. Какие частицы являются основными носителями заряда в полупроводнике с акцепторными примесями. Какова причина их возникновения.
15. Почему электронно-дырочный переход нельзя получить механическим соединением полупроводников р и n типов

Содержание и Последовательность выполнения работы:

1. Произвести измерения для выяснения зависимости прямого тока от величины прямого напряжения, приложенного к диоду.
2. Произвести измерения для выяснения зависимости обратного тока от величины обратного напряжения.
3. По числовым данным первой и второй таблиц построить кривую, представляющую собой вольт-амперную характеристику диода.
4. По оси ординат отложить ток в мА. По оси абсцисс – напряжение в вольтах.
5. Прямой ток и прямое напряжение считают положительными, обратный ток и обратное напряжение – отрицательными.

Задачи практической работы:

Задание 1

Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 5. Прямое напряжение создаётся реостатом $R_{п}$, (как потенциометр). Прямой ток диода измеряем миллиамперметром. Вольтметр включаем в цепь со шкалой 3 вольта.

Замкнув цепь, снимаем показания

меняя реостатом напряжение, записываем в таблицу 1.

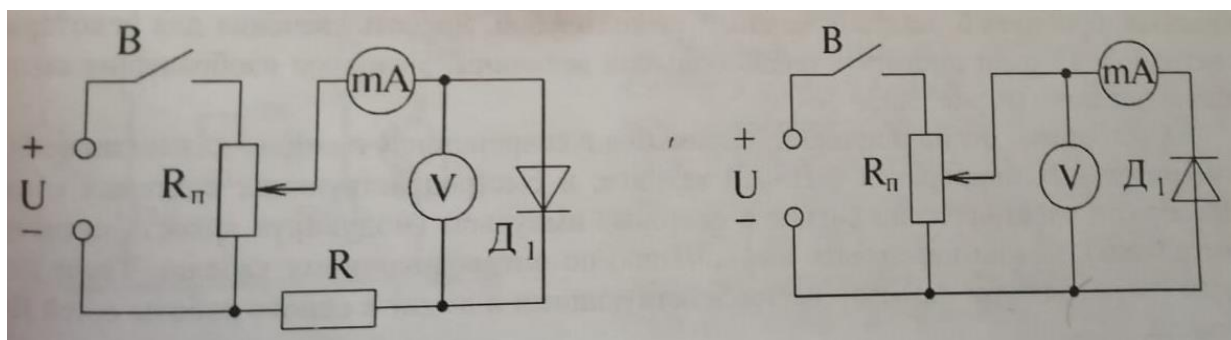


Схема для снятия
ВАХ диода прямого тока
Рисунок 5

Схема для снятия
ВАХ диода обратного тока
Рисунок 6

Таблица №1

№ п /п	Прямой ток диода, ма	Прямое напряжение на диоде в
1	1	0,1

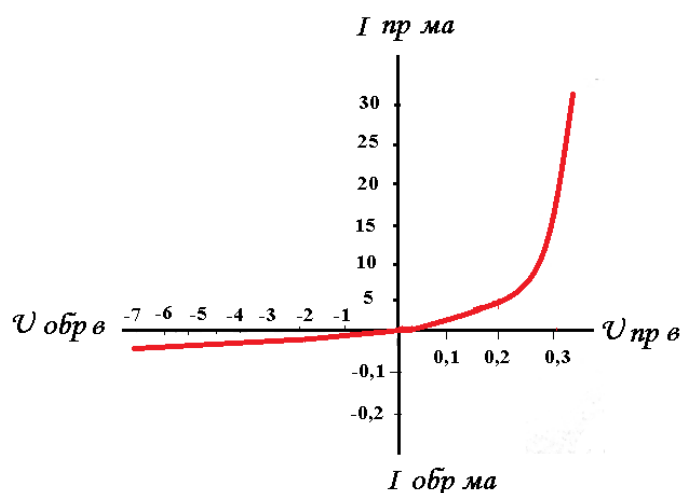
Таблица № 2

2	1,5	0,13
3	2	0,15
4	3	0,18
5	5	0,20
6	7	0,22
7	10	0,23
8	15	0,25
9	20	0,26
10	30	0,28

№ п /п	Обратный ток	Обратное напряжение на диоде в
1	0,01	1
2	0,013	2
3	0,015	3
4	0,02	4
5	0,021	5
6	0,03	6
7	0,031	7

Примечание: В таблицах и на графике показан пример выполнения работы

Задание 2 Для изучения зависимости обратного тока от величины обратного напряжения, приборы включаем в цепь по схеме, рисунок 6. Напряжение на диод подаём потенциометром R . Напряжение измеряем вольтметром по шкале 15 в. Величину тока миллиамперметром со шкалой 1,5ма. Результат измерений записать в таблицу №2. По числовым данным первой и второй таблиц построить вольт – амперную характеристику диода, рисунок 7.



Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода Д7Ж

Рисунок 7

Вывод

Полученная кривая имеет нелинейный характер: она показывает резкое возрастание прямого

тока, начиная с напряжения 0,2 в. Поэтому номинальное значение прямого тока для изучаемого диода достигается уже при напряжении около 0,3 в.

Величина обратного тока составляет лишь сотые доли миллиампера и мало зависит от величины обратного напряжения. Это указывает на то, что диод в обратном (не пропускаемом) направлении имеет очень большое сопротивление, которое увеличивается с возрастанием обратного напряжения. Благодаря односторонней проводимости диод широко применяется для выпрямления переменного тока

По окончании работы студент должен представить:

- Выполненную в лабораторно – практической тетради работу в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Лабораторная работа № 9. «Наблюдение действия магнитного поля на
ТОК»

Цель работы: исследовать взаимодействие тока с постоянным магнитом.

Оборудование: источник тока, реостат, ключ, витки проволоки, катушка, полосовой магнит, штатив, динамометр, амперметр, соединительные провода.

Порядок выполнения работы

Первый опыт

1. На штативе подвесьте динамометр, к динамометру прикрепите магнит, под магнитом расположите катушку и соберите электрическую схему согласно рисунку Л.1.

2. Установите бегунок реостата в положение, соответствующее максимальному сопротивлению.

3. Замкните цепь.

4. Изменяйте силу тока, уменьшая сопротивление реостата, и записывайте показания динамометра в таблицу.

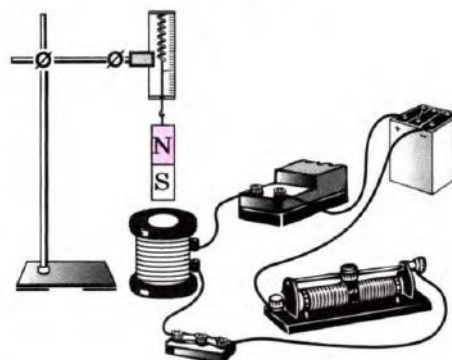


Рис. Л.1

Физическая величина	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
I, A						
F, H						

5. Измените направление тока в катушке. Проведите аналогичные измерения, также записывая результаты измерений в таблицу. Отметьте изменения показаний динамометра.

6. Нарисуйте катушку и обозначьте полюсы её магнитного поля.

7. Постройте график зависимости силы взаимодействия катушки с магнитом от силы тока, сделайте вывод.

Второй опыт

1. На штативе подвесьте витки из проволоки и соберите электрическую схему согласно рисунку Л.2.

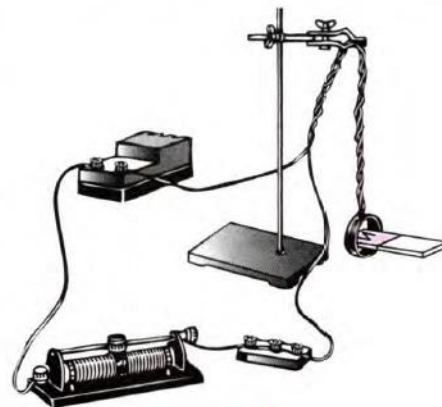


Рис. Л.2

¹ Инструкции к лабораторным работам составлены А. Б. Долицким, А. З. Сивяковым и Н. А. Парфентьевой при участии Ю. И. Дика и Г. Г. Никифорова.

2. Поднесите к мотку проволоки магнит и наблюдайте за движением витков проволоки. Запишите свои наблюдения.

3. Поверните магнит и поднесите его к виткам проволоки другим полюсом. Наблюдения запишите.

4. Измените направление тока в витках проволоки и поднесите к ним магнит сначала одним полюсом, затем другим.

5. Покажите направление тока в витках проволоки.

6. Объясните результаты опытов.

Контрольные вопросы

1. В чём главное отличие переменных электрических и магнитных полей от постоянных?
2. В чём заключается явление электромагнитной индукции?
3. Как должен двигаться замкнутый проводящий контур в однородном магнитном поле, не зависящем от времени: поступательно или вращательно, чтобы в нём возник индукционный ток?
4. Дайте определение потока вектора магнитной индукции.



Лабораторная работа №10. Изучение закона электромагнитной индукции.

Цель работы: изучить одно из самых важных явлений электромагнетизма — явление электромагнитной индукции.

Оборудование: источник тока, гальванометр, катушка 1, железный сердечник, U-образный магнит, магнитная стрелка, реостат, ключ, витки проволоки или катушка 2, диаметр которой больше диаметра катушки 1, соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Соберите схему согласно рисунку Л.3.

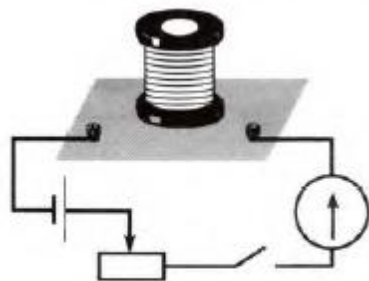


Рис. Л.3

В катушку вставьте железный сердечник. Замкните цепь, заметьте при этом, в какую сторону отклонится стрелка гальванометра. С помощью магнитной стрелки установите расположение магнитных полюсов катушки. В дальнейшем при выполнении работы можно будет судить о расположении магнитных полюсов катушки с током по направлению отклонения стрелки гальванометра.

2. Отключите от цепи реостат и ключ, замкните гальванометр на катушку, сохранив порядок соединения их клемм.

3. Приставьте сердечник к одному из полюсов U-образного магнита и вдвиньте внутрь катушки (рис. Л.4), наблюдая одновременно за стрелкой гальванометра. На рисунках (см образец) укажите:

- * как изменяется магнитный поток ($\Delta\Phi > 0$ или $\Delta\Phi < 0$);
- * направление вектора магнитной индукции поля магнита B_M ;
- * направление вектора магнитной индукции магнитного поля катушки B_K ;
- * направление индукционного тока в витках катушки в соответствии с правилом Ленца;
- * в соответствии с последним указать отклонение стрелки миллиамперметра.

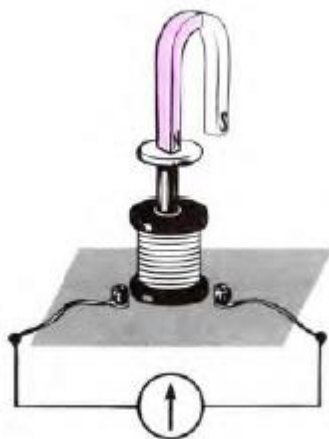
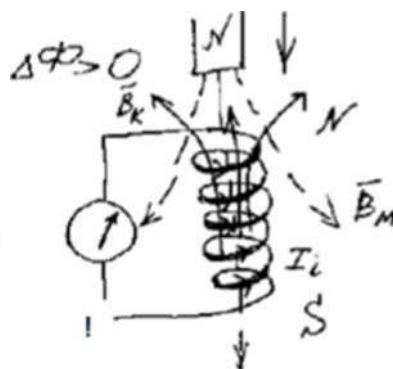


Рис. Л.4



4. Повторите наблюдение, выдвигая сердечник из катушки, а также меняя полюсы магнита.
5. **Зарисуйте 4 схемы опытов и проверьте выполнение правила Ленца в каждом случае. На каждом рисунке укажите направления векторов индукции полюса магнитных полей и направление индукционного тока**
6. Наденьте вторую катушку или витки проволоки на первую катушку так, чтобы их оси совпадали. Замкните гальванометр на витки (или вторую катушку) (рис. Л.5).

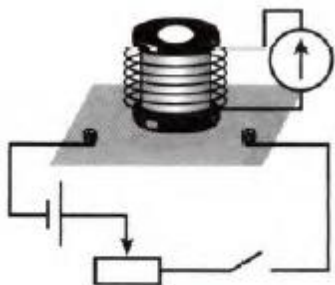
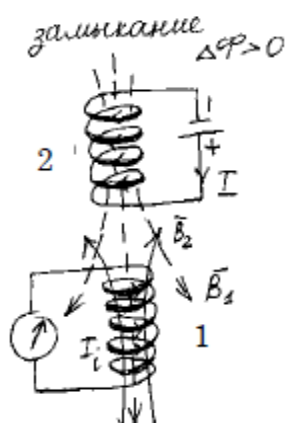


Рис. Л.5

7. Вставьте в обе катушки железный сердечник и присоедините первую катушку через выключатель и реостат к источнику питания (см. рис. Л.5).
8. Замыкая и размыкая ключ, наблюдайте за отклонением стрелки гальванометра.
9. Изменяйте реостатом силу тока в цепи
10. **Зарисуйте схему опыта и проверьте выполнение правила Ленца.**

На рисунках (см образец) укажите:

- * как изменяется магнитный поток ($\Delta\Phi > 0$ или $\Delta\Phi < 0$);
- * направление вектора магнитной индукции поля катушки 1 B_1 ;
- * направление вектора магнитной индукции магнитного поля катушки 2 B_2 ;
- * направление индукционного тока в витках катушки в соответствии с правилом Ленца;
- * в соответствии с последним указать отклонение стрелки миллиамперметра.



образец!

Сделайте общий вывод

Лабораторная работа №11. Измерение действующего и амплитудного значения переменного напряжения. Измерение индуктивности катушки.

1) Измерение действующего и амплитудного значения переменного напряжения

Цель работы: экспериментально определить соотношение между амплитудным и действующим значениями переменного напряжения.

Оборудование: источник питания 42/4,5 В, мультиметр, магазин емкостей лабораторный, конденсатор 4,7 мкФ, конденсатор 1 мкФ – 4 шт., диод.

Во вводной беседе ученикам поясняют, что переменный ток, протекая по проводнику, так же как и постоянный ток, вызывает его нагревание. В этом легко убедиться, вспомнив действие бытовых электронагревательных приборов. Значения переменного тока меняются от одного момента времени к другому. Значит, в разные промежутки времени выделяется разное количество тепла. Действие переменного тока на проводник удобно сравнивать с действием постоянного тока, выделяющего в проводнике столько же тепла за длительный промежуток времени. Величина постоянного тока, при которой за одинаковый промежуток времени в том же проводнике выделяется такое же количество тепла, что и при переменном токе, называется действующим или эффективным значением переменного тока. Аналогично определяется и действующее значение напряжения.

Действующие значения силы тока и напряжения – I , U связаны с их амплитудными значениями – I_m , U_m простыми соотношениями:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ и } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \text{ или } \frac{I_m}{I} = \sqrt{2} \text{ и } \frac{U_m}{U} = \sqrt{2}.$$

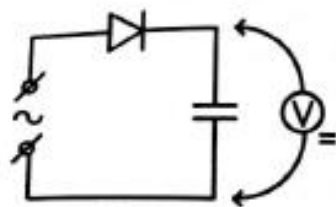


Рис. 4.27

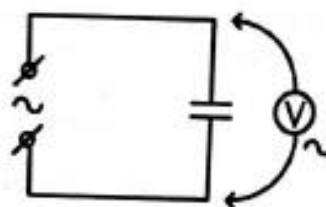


Рис. 4.28

Для практических расчетов электрических цепей переменного тока важно знать именно действующие значения тока и напряжения. Поэтому шкалы амперметров и вольтметров переменного тока градуируют в действующих значениях этих величин.

По действующему значению тока и напряжения, при необходимости, можно определить и их амплитудные значения. Амплитудное значение напряжения учитывают, например, при расчете изоляции проводов.

Амплитудное значение напряжения можно не только вычислить по его действующему значению, но и измерить экспериментально. Для этого к источнику переменного тока подключают цепь из конденсатора и диода, соединенных последовательно (рис. 4.27).

Диод пропускает ток лишь в одном направлении. В тот момент, когда гнездо источника тока, соединенное с анодом диода, имеет положительный потенциал, он открывается, и по цепи идет ток, заряжающий конденсатор. Конденсатор заряжается до тех пор, пока напряжение на его пластинах не сравняется с амплитудным значением напряжения источника за вычетом падения напряжения на открытом диоде. При перемене полярности гнезд источника диод закроется, а конденсатор останется заряженным. Чтобы измерить амплитудное значение напряжения, достаточно измерить напряжение на конденсаторе и прибавить к результату 0,6 В – падение напряжения на открытом диоде.

Эксперимент проводят, выполняя поэтапно следующие действия. Готовят таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	C, (мкФ)	U _m , (В)	U, (В)	U _m /U	ε



Рис. 4.29

Изучают инструкцию к мультиметру в части его использования как вольтметра постоянного и переменного напряжения.

Настраивают мультиметр для измерения переменного напряжения. Предел выбирают с учетом того, что выходное напряжение источника питания составляет 5–6 В.

Собрав цепь по схеме рис. 4.28, измеряют действующее значение напряжения на конденсаторе емкостью 4,7 мкФ (рис. 4.29).

Затем мультиметр готовят для измерения постоянного напряжения.

Собирают цепь по схеме рис. 4.27 и измеряют амплитудное значение напряжения.

Вычисляют отношение амплитудного и действующего значений напряжения.

Повторяют опыт дважды, увеличив емкость конденсатора до 6,7 мкФ и 8,7 мкФ, для чего к конденсатору в 4,7 мкФ, установленному на магазине емкостей, добавляют соответствующее число конденсаторов по 1,0 мкФ.

Делают вывод о влиянии емкости конденсатора на результат опыта.

Вычисляют относительную погрешность измерений: $\epsilon = \frac{U_m - \sqrt{2}}{\sqrt{2}} 100\%$.

В завершении ученикам могут быть предложены следующие контрольные вопросы:

1. Какая полярность напряжения будет на выводах конденсатора в цепи, собранной по схеме рис. 4.27?
2. Как объяснить некоторое увеличение погрешности измерений с уменьшением емкости конденсатора?

2) Измерение индуктивности катушки

Цель работы: освоить метод измерения индуктивности катушки, основанный на определении ее индуктивного сопротивления

Оборудование: мультиметр, катушка дроссельная, источник питания 42/4,5 В, резистор на панели 330 Ом.

Для осознанного усвоения метода измерения индуктивности, который используется в работе, с учениками проводят беседу об особенностях протекания тока в цепи, содержащей проволочный проводник в виде катушки.

Напоминают, что активным сопротивлением проводника называют сопротивление, из-за которого происходит превращение электрической энергии в проводнике в его внутреннюю энергию, что приводит к его нагреванию.

Активное сопротивление провода зависит от его геометрических размеров, материала и температуры. Если из провода сделать катушку, то наряду с активным сопротивлением R_k она будет обладать еще и индуктивным сопротивлением X_L , которое зависит от частоты изменения тока в ней ν и ее индуктивности L :

$$X_L = 2\pi\nu L \quad (1).$$

Наличие индуктивного сопротивления в цепи приводит к тому, что на протяжении четверти периода колебаний тока энергия от источника поступает в цепь и запасается в катушке в виде энергии магнитного поля. В следующую четверть периода эта энергия возвращается в цепь. Чтобы подчеркнуть, что при этом не происходит преобразования электромагнитной энергии в другие виды, такое сопротивление в отличие от активного называют реактивным.

Полное сопротивление катушки переменному току Z определяется формулой:

$$Z = \sqrt{R_k^2 + X_L^2} \quad (2).$$

Откуда

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_k^2} \quad (3).$$

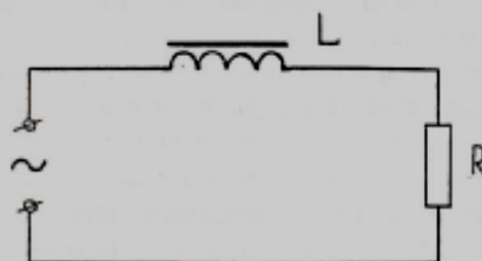


Рис. 4.30

Один из методов измерения индуктивности катушки основан на определении ее полного сопротивления переменному току. Полное сопротивление определяют, измерив напряжение на катушке и силу тока в ней. По закону Ома для действующих значений силы тока и напряжения справедливо равенство:

$$I = \frac{U}{Z} \quad (4).$$

Откуда

$$Z = \frac{U}{I} \quad (5).$$

Зная Z и R_k , по формуле (2) вычисляют X_L , а затем по формуле (1) находят L .

Нередко из-за отсутствия амперметра переменного тока измерить напрямую силу тока в катушке не удастся. Тогда последовательно с ней соединяют резистор R , сопротивление которого известно (рис. 4.30). Измерив напряжение на резисторе U_R и зная значение его сопротивления, вычисляют силу тока в цепи.

Экспериментальную часть работы начинают с того, что готовят таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	R_k , Ом	R , Ом	U , В	U_R , В	I , А	Z , Ом	X_L , Ом	L ,	

Мультиметр настраивают для измерения сопротивлений и измеряют им активное сопротивление катушки R_k и сопротивление резистора R .

Переводят мультиметр в режим вольтметра переменного напряжения и измеряют им напряжение на катушке U и напряжение на резисторе U_R .

Затем переходят к расчетам. Вычисляют силу тока в цепи по формуле $I = U_R/R$. Вычисляют значение полного сопротивления Z по формуле (5). Вычисляют по формуле значение индуктивного сопротивления катушки X_L . Вычисляют по формуле (1) значение индуктивности катушки.

При подведении итогов сравнивают значения индуктивного и активного сопротивлений катушки, обсуждают вопрос о зависимости индуктивности катушки от силы тока в цепи, о сопротивлении катушки в цепи постоянного тока.

Лабораторная работа № 12. «Наблюдение сплошного и линейчатого спектров»

Цель работы: сформировать представление о различных видах спектров излучения светящихся тел, о зависимости вида спектра излучения тела от его агрегатного состояния.

Оборудование: рейка с брусками, упор, блок-лампа накаливания, блок-лампа неоновая, экран со шкалами и щелью, два соединительных провода; рамка с дифракционными решетками, источник питания.

Теория

Работа важна, тем, что ее результаты служат экспериментальным подтверждением теории Бора о строении атома. В работе наблюдают спектры двух видов: непрерывный спектр излучения света раскаленной нитью лампы накаливания и линейчатый спектр тлеющего электрического разряда в неоновой лампе. Объяснение результатов наблюдений спектров осуществляют на основе представлений о строении атома.

Наблюдение и исследование спектров используют во многих отраслях науки и техники. С помощью спектрального анализа определяют состав и строение веществ, химический состав небесных тел, скорости их движения и вращения.

В содержании работы, выполняемой учениками основной школы, упор делается на наблюдение видов спектров, их сравнение и объяснение с позиций сведений о строении атома. В результате наблюдений учащиеся должны объяснить линейчатый характер спектра света, излучаемого и поглощаемого атомарным газом.

По итогам наблюдений в тетради зарисовывают вид непрерывного спектра лампы накаливания и линейчатого спектра неоновой лампы, соблюдая последовательность расположения основных цветов.

На занятиях в полной школе вводят дополнительные задания по определению границ спектральной чувствительности глаза человека, для чего ученикам предлагается предельно длины волн крайних участков спектра красной и фиолетовой областей непрерывного спектра.

Из теории Бора следует, что излучение электромагнитных волн происходит при переходе атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией. Частота излучаемой волны напрямую зависит от разности энергий этих состояний. Электромагнитные волны оптического диапазона имеют частоты порядка 10^{16} Гц. Чтобы вещество могло «светиться», то есть испускать электромагнитные волны, воспринимаемые глазом человека как свет, его атомам необходимо сообщить определенный запас энергии.

Передать энергию атому можно различными способами. Энергия атомов возрастает при нагревании вещества. С повышением температуры увеличивается средняя скорость хаотического движения его частиц. В результате столкновений друг с другом им и передается дополнительная энергия, которая может быть впоследствии израсходована атомом на излучение. Причем чем выше температура вещества, тем больший запас энергии может получить атом и тем с большей частотой он сможет испустить волну. Этим объясняется тот факт, что при постепенном нагревании нити лампы накаливания она начинает светиться вначале красноватым светом, но по мере прогрева к красному цвету добавляются цвета, соответствующие более высоким частотам. Ее цвет постепенно желтеет, затем становится белым. Известно, что в белом свете присутствуют электромагнитные волны всех частот видимого спектра.

Увеличить запас энергии атомов вещества можно также, пропуская через него электрический разряд (благодаря этому светятся газы, например, при тлеющем или искровом разряде), за счет энергии химических реакций, облучая вещество электромагнитными волнами (явление люминесценции), и другими способами.

Атом каждого химического элемента имеет свой строго определенный набор энергетических состояний или уровней, в которых он может находиться. Поэтому, переходя из одного состояния в другое, он может испускать электромагнитные волны строго определенных частот.

Спектры, состоящие из отдельных линий, называют *линейчатыми*. Такие спектры дают вещества, находящиеся в газообразном состоянии. Газ должен быть разрежен и состоять из отдельных атомов вещества. В этом случае атомы практически не взаимодействуют друг с другом и в состоянии излучать только те частоты, которые свойственны данному химическому элементу. Для получения линейчатых спектров используют, как правило, свечение газового разряда или раскаленных паров.

В излучении веществ, атомы которых сильно взаимодействуют друг с другом, присутствуют все частоты оптического диапазона. **Спектр такого излучения представляет собой цветную радужную полоску, где цвета плавно переходят от красного к фиолетовому, и называется *непрерывным*.** Непрерывные спектры дают сильно сжатые газы, раскаленные жидкости и твердые тела, а также высокотемпературная плазма.

Для изучения спектров применяют специальные приборы — спектроскопы и спектрографы. С помощью спектроскопа осуществляют визуальные исследования спектрального состава света. Спектрограф служит для фотографирования спектров. В зависимости от конструкции приборов разложение света на спектральные составляющие происходит в них либо с помощью призмы, либо дифракционной решеткой. Призма дает неравномерный спектр: он сжат в длинноволновой части и растянут в коротковолновой. Дифракционный спектр равномерный. В данной лабораторной работе спектры получают с помощью дифракционной решетки.

Ход работы.

На первом этапе с помощью дифракционной решетки наблюдают непрерывный спектр.

1. Для монтажа экспериментальной установки используют лампу накаливания, рейку с брусками, экран со щелью и шкалой, выпрямитель и штатив.
2. Рейку размещают поперек рабочего стола брусками вверх и закрепляют наклонно лапкой штатива (рис. 3.2.38).

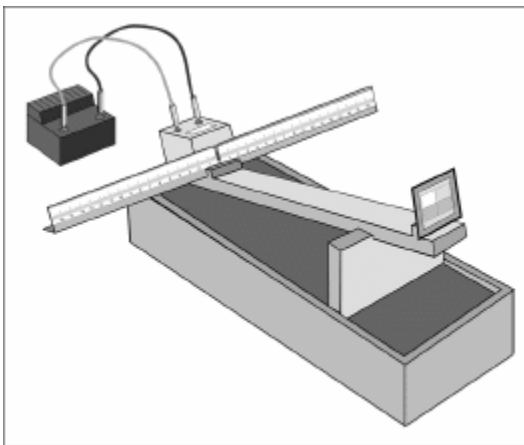
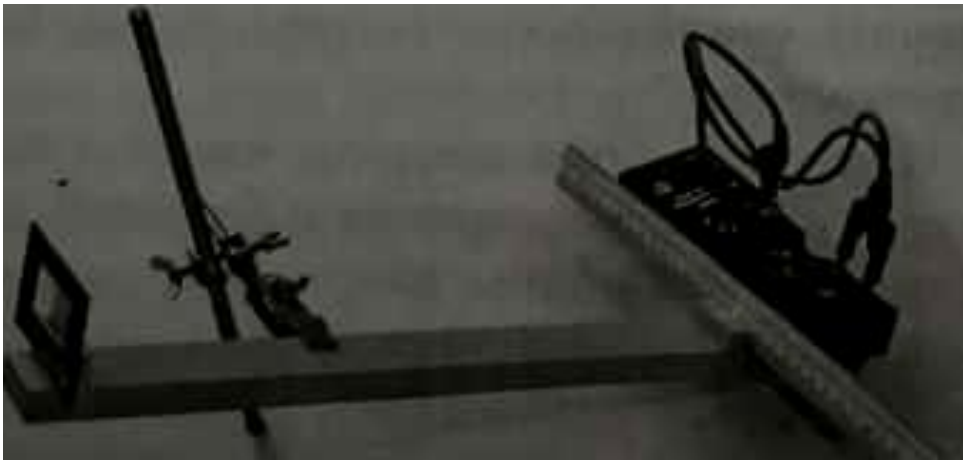


Рис.

- Брусок с магнитами должен быть обращен к наблюдателю.
3. На противоположный конец рейки вплотную ко второму бруску прикладывают экран со шкалой. При этом щель экрана должна совпасть с меткой на бруске.
 4. Затем на тот же конец рейки устанавливают лампу накаливания, так чтобы ее корпус прижимал экран к бруску.
 5. На другом конце рейки к бруску с магнитами прикладывают рамку с дифракционными решетками. В опыте используют дифракционную решетку, имеющую 600 штрихов на миллиметр.
 6. Лампу накаливания соединительными проводами подключают к источнику питания и настраивают (центрируют) установку так, чтобы на шкале экрана по обе стороны от щели наблюдались симметричные спектральные полосы.
 7. Наблюдая спектр, ученики определяют, из каких основных цветов он состоит, в какой последовательности эти цвета чередуются в спектре.
 8. Ответить на вопрос, почему наблюдаемый спектр называют непрерывным или сплошным.
 9. В качестве дополнительного задания целесообразно наблюдать спектры второго и последующих порядков через дифракционную решетку с меньшим числом штрихов

и дать объяснения полученным результатам.

10. Указать конкретно, какое физическое тело и в каком состоянии является источником света, спектр которого они наблюдают.

11. По итогам наблюдений в тетради зарисовывают вид спектра лампы накаливания, соблюдая последовательность расположения основных цветов. Сравнивают полученный спектр со спектром солнечного света.

На втором этапе работы наблюдают линейчатый спектр.

12. Вместо лампы накаливания на рейку помещают источник света с линейчатым спектром – неоновую лампу в корпусе.

13. Настройку экспериментальной установки, проведение наблюдений и анализ их результатов проводят в том же порядке, что и при выполнении первого этапа работы.

14. В результате наблюдений объяснить линейчатый характер спектра света, излучаемого и поглощаемого атомарным газом.

15. По итогам наблюдений в тетради зарисовывают вид линейчатого спектра неоновой лампы, соблюдая последовательности в расположения основных цветов.

5 Материалы для итоговой аттестации

1 Раздел «Кинематика»

1. Санки съехали с одной горки и въехали на другую. Во время подъема на горку скорость санок, двигавшихся прямолинейно и равноускоренно, за 4 с изменилась от 12 м/с до 2 м/с, при этом модуль ускорения был равен
- 2,5 м/с²
 - 3,5 м/с²
 - 2,5 м/с²
 - 4) 3,5 м/с²
2. Поезд, двигаясь из состояния покоя, за 20с приобрел скорость 4м/с. его ускорение
- 5м/с²
 - 0,2м/с²
 - 10м/с²
 - 2м/с²
3. Координата точки, движущейся прямолинейно меняется по закону $x=5+8t+4t^2$ м, ее ускорение равно
- 8 м/с²
 - 4м/с²
 - 5м/с²
 - 2м/с²
4. Ускорение велосипедиста на одном из спусков трассы равно 1,2 м/с². На этом спуске его скорость увеличилась на 18 м/с. Велосипедист спускается с горки за
- 1) 0,07 с
 - 2) 7,6 с
 - 3) 15 с
 - 4) 21,6 с
5. Какое расстояние пройдет автомобиль до полной остановки, если шофер резко тормозит при скорости 72 км/ч, а от начала торможения до остановки проходит 6 с?
- 1) 36 м
 - 2) 60 м
 - 3) 216 м
 - 4) 432 м
6. Поезд начинает равноускоренное движение из состояния покоя и проходит за четвертую секунду 7 м. Какой путь пройдет тело за первые 10 с? м
7. Катер, переправляясь через реку шириной 800 м, двигался перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанной с водой. На сколько будет снесен катер течением, если скорость течения реки 1,5 м/с? м
8. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются.
- Ускорение

$$\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Скорость при равномерном прямолинейном движении

$$\frac{s}{t}$$

Проекция перемещения при равноускоренном прямолинейном движении

$$v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_{0x} + a_x t$$

$$v \cdot t$$

9. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются.

Проекция ускорения

$$\frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

Проекция перемещения при равномерном прямолинейном движении

$$v_x \cdot t$$

Проекция скорости при равноускоренном прямолинейном движении

$$v_{0x} + a_x t$$

$$v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$\frac{s}{t}$$

10. Тело, двигаясь равноускоренно, в течение пятой секунды от начала движения прошло путь 45 м. Какой путь оно пройдет за 8 с от начала движения? **320** м

11. Автомобиль движется по закруглению дороги радиусом 20 м с центростремительным ускорением 5 м/с². Скорость автомобиля равна

- 1) 12,5 м/с
- 2) 10 м/с
- 3) 5 м/с
- 4) 4 м/с

2 Механические колебания и волны

12. Установите соответствие между физическими явлениями и их названиями.

Сложение звуковых волн в пространстве

Интерференция звука

Отражение звуковых волн от преград

Эхо

Резкое возрастание амплитуды колебаний

Резонанс

Преломление

Гром

13. Тело массой 600 г подвешено к цепочке из двух параллельных пружин с коэффициентами жесткости 500 Н/м и 250 Н/м. Период собственных колебаний равен $0,18$ с
14. С какой скоростью проходит груз пружинного маятника положение равновесия, если жесткость пружины 400 Н/м, а амплитуда колебаний 2 см? Масса груза 1 кг. $0,4$ м/с
15. Волна с частотой 4 Гц распространяется по шнуру со скоростью 8 м/с. Длина волны равна

- 0,5 м
- 2 м
- 32 м
- для решения не хватает данных

16. Наибольшее смещение от положения равновесия это

- амплитуда
- скорость
- частота
- период

17. Период колебания 2с. Значит сделано число колебаний

- 2 кол
- 1 кол
- 3 кол
- 4 кол

18. Время одного колебания – это

- фаза
- амплитуда
- период
- частота

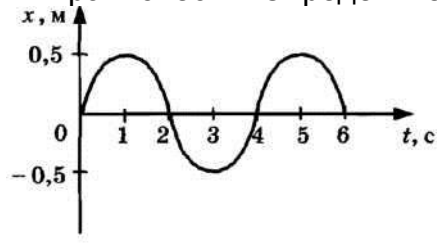
19. За 120 мин маятник сделал 20 колебаний. Период колебания равен

- 4 мин
- 10 мин
- 6 мин
- 2 мин

20. Амплитуда свободных колебаний тела равна 50 см. Какой путь прошло это тело за $1/4$ периода колебаний?

- 0,5 м
- 1 м
- 1,5 м
- 2 м

21. На рисунке представлен график зависимости смещения груза от положения равновесия. Определите период колебаний груза.



4

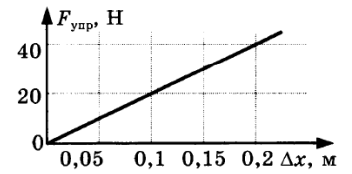
22. Стальную деталь проверяют ультразвуковым дефектоскопом, работающим на частоте 1 МГц. Отраженный от дефекта сигнал возвратился на поверхность детали через 8 мкс после послышки. Определите, на какой глубине находится дефект, если длина ультразвуковой волны в стали 5 мм. 12 см

3 Раздел « Динамика »

23. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 8 м/с и 3 м/с соответственно, направленными вдоль одной

прямой. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого соударения?

- 3,6 м/с
- 5 м/с
- 6 м/с
- 0 м/с



24. На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

25. Под действием силы $F=4\text{Н}$ тело движется с ускорением $a=0,5\text{ м/с}^2$, его масса:

- 2кг
- 8кг
- 4кг
- 0,8 кг

26. Тело массой 200г ускоренно падает под действием силы тяжести равной

- 200Н
- 20Н
- 0,2Н
- 2Н

27. Тело массой 2кг, падая с высоты 6м, обладает энергией

- 120 Дж
- 12 Дж
- 1200 Дж
- 0,12 Дж

28. Мешок с сахаром перетаскивали на 5м, при этом была совершена работа 2кДж. Для этого пришлось приложить силу

- 400Н
- 40Н
- 4Н
- 10.000Н

29. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 640 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Земли на расстоянии одного земного радиуса от ее поверхности?

- 320 Н
- 213 Н
- 160 Н
- 80 Н

30. На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от величины ее деформации. Жесткость этой пружины равна

- 0.02 Н/м
- 2 Н/м
- 20 Н/м
- 200 Н/м

31. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене с силой 10 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какой величины силу (Н) надо приложить к бруску, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх? 9
32. Определите массу груза, который нужно сбросить с аэростата, движущегося равномерно вниз, чтобы он стал двигаться с такой же по модулю скоростью вверх. Общая масса аэростата и груза 1100 кг. Архимедова сила, действующая на аэростат, равна 10 кН. Силу сопротивления воздуха при подъеме и спуске считайте одинаковой. Масса груза равна 200, кг
33. Установите соответствие между физическими законами и их формулами.
Закон всемирного тяготения

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$F = kx$$

$$\sum \vec{F}_i = 0$$

34. Система отсчета связана с автомобилем. Она является инерциальной, если автомобиль
- движется равномерно по прямолинейному участку шоссе
 - разгоняется по прямолинейному участку шоссе
 - движется равномерно по извилистой дороге
 - по инерции вкатывается на гору
35. Какие из величин (скорость, сила, ускорение, перемещение) при механическом движении всегда совпадают по направлению?
- Сила и ускорение
 - Сила и перемещение
 - Сила и скорость
 - Ускорение и перемещение
36. Установите соответствие между видами движения и их основными свойствами

Свободное падение

Движение под действием только силы тяжести

Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью

Движение, при котором ускорение в любой момент времени направлено к центру окружности

Реактивное движение

Происходит за счет отделения от тела с некоторой скоростью какой-либо его части

Движение происходит в двух взаимно противоположных направлениях

Движение с постоянной скоростью

4 Раздел «Молекулярная Физика»

37. «Расстояние между соседними частицами вещества мало (они практически соприкасаются)». Это утверждение соответствует модели
- 1) только твердых тел
 - 2) только жидкостей
 - 3) твердых тел и жидкостей
 - 4) газов, жидкостей и твердых тел

38. При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа

- уменьшилось в 3 раза
- увеличилось в 9 раз
- увеличилось в 3 раза
- не изменилось

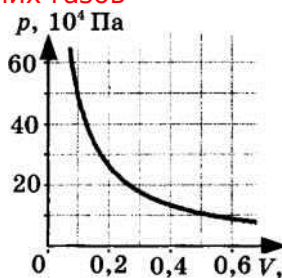
39. Чему равна средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул идеального газа при температуре $27\text{ }^\circ\text{C}$?

- $6,2 \cdot 10^{-21}$ Дж
- $2,8 \cdot 10^{-21}$ Дж
- $4,1 \cdot 10^{-21}$ Дж
- $0,6 \cdot 10^{-21}$ Дж

40. При одной и той же температуре насыщенный пар в закрытом сосуде отличается от ненасыщенного пара в таком же сосуде

- давлением
- скоростью движения молекул
- средней энергией хаотического движения
- отсутствием примеси посторонних газов

41. На рисунке показан график изменения давления идеального газа при его расширении. Какое количество газообразного вещества (в молях) содержится в этом сосуде, если температура газа равна 300 K ?



Ответ округлите до целого числа. 20

42. В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 2 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль первого газа. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление, если температура газов в сосуде поддерживалась постоянной?

парциальное давление первого газа

увеличилось

парциальное давление второго газа

уменьшилось

давление газа в сосуде

не изменилось

43. «Расстояние между соседними частицами вещества в среднем во много раз превышает размеры самих частиц». Это утверждение соответствует

- только модели строения газов
- только модели строения жидкостей
- модели строения газов и жидкостей
- модели строения газов, жидкостей и твердых тел

44. При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул изменилась в 4 раза. Как изменилось при этом давление газа?

- В 16 раз
- В 2 раза
- В 4 раза
- Не изменилось

45. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $6,21 \times 10^{-21}$ Дж?

- 27 °C
- 300 °C
- 45 °C
- 573 °C

46. При одной и той же температуре насыщенный водяной пар в закрытом сосуде отличается от ненасыщенного пара

- концентрацией молекул
- средней скоростью хаотического движения молекул
- средней энергией хаотического движения
- отсутствием примеси посторонних газов

47. Два сосуда, наполненные воздухом под давлением 800 кПа и 600 кПа, имеют объемы 3 л и 5 л соответственно. Сосуды соединяют трубкой, объемом которой можно пренебречь по сравнению с объемами сосудов. Найдите установившееся в сосудах давление. Температура постоянна. **675**

48. Установите соответствие между названием физической величины и формулой, по которой ее можно определить.

количество вещества

$$\frac{m}{M}$$

масса молекулы

$$\frac{m}{N_A}$$

число молекул

$$v \cdot N_A$$

$$\frac{m}{V}$$

49. Давление газа обусловлено

- состоянием, при котором прекращается тепловое движение молекул
- хаотическим движением частиц, взвешенных в жидкостях или газах
- столкновениями с молекулами
- совокупностью ударов молекул о данную поверхность

50. Основное уравнение М.К.Т имеет вид:

- $P = 3/2 kT$
- $P = 3 m_0 n v^2$
- $P = 3/2 m_0 n v^2$
- $P = 1/3 m_0 n v^2$

51. Процесс, протекающий при постоянной температуре называют

- изохорным
- изотермическим
- изобарным
- адиабатным

52. Давление данного количества газа при постоянном объеме

- не зависит от температуры
- линейно зависит от температуры
- обратно пропорционально его температуре
- равен температуре

5 Раздел «Термодинамика»

53. Перед горячей штамповкой латунную болванку массой 3 кг нагрели от 15 °C до 75 °C. Какое количество теплоты получила болванка? Удельная теплоемкость латуни 380 Дж/(кг · К).

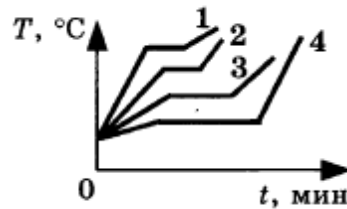
- 47 кДж
- 68,4 кДж

- 760 кДж
- 5700 кДж

54. Для кристаллических тел характерно:

- 25% обладают анизотропией
- 25% сохраняют форму
- 25% сохраняют объем
- 25% переходят в жидкое состояние только при определенной температуре – температуре плавления

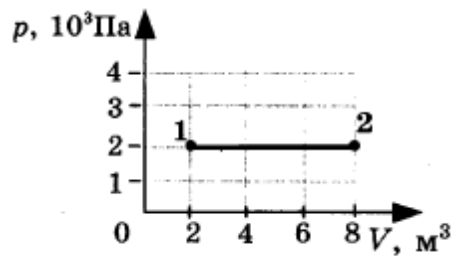
55. На рисунке приведены графики изменения со временем температуры четырех веществ. В начале нагревания все эти вещества находились в жидком состоянии. Какое из веществ имеет наибольшую температуру кипения?



ния?

- 1
- 2
- 3
- 4

56. Какая работа совершается газом при переходе его из состояния 1 в состояние 2?



яние 2?

- 8 кДж
- 12 кДж
- 8 Дж
- 6 Дж

57. Тепловая машина с КПД равным 60% за некоторое время получает от нагревателя количество теплоты равное 50 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за это время окружающей среде?

- 20 Дж
- 30 Дж
- 50 Дж
- 80 Дж

58. Какое количество дров (в кг) потребуется, чтобы вскипятить 50 кг воды, имеющей температуру 10 °С, если КПД нагревателя 25%? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота сгорания дров 10 МДж/кг.

- 7,56

59. Установите соответствие между особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа

изохорный

изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует

адиабатный

все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остается без изменения

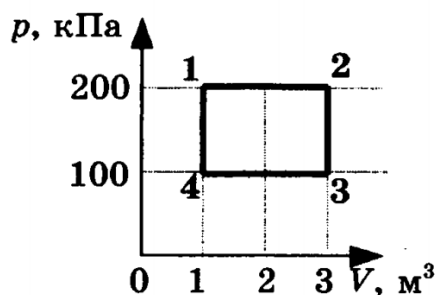
изотермический

изобарный

60. В калориметре находился лед при температуре (-5 °С). Какой была масса льда (в кг **с точностью до 4х знаков после запятой**), если после добавления в калориметр 4 кг воды, имеющей температуру 20 °С, и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной 0 °С, причем в калориметре была только вода? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг×К), льда 2100 Дж/(кг × К), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

• 0,9868

61. Работа газа за термодинамический цикл 1—2—3—4 равна



- 1) 100 кДж
- 2) 200 кДж
- 3) 300 кДж
- 4) 400 кДж

62. Установите соответствие между особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

все переданное газу количество теплоты идет на изменение - внутренней энергии газа

изохорный

все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остается без изменения

изотермический

изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует

адиабатный

изобарный

6 Раздел «Электростатика»

63. При трении о шерсть пластмассовой палочки она заряжается отрицательно

- протоны переходят с шерсти на палочку
- протоны переходят с палочки на шерсть
- электроны переходят с шерсти на палочку
- электроны переходят с палочки на шерсть

64. Закон Кулона записывается в виде ...

○ $F = k \frac{q_1 q_2}{r}$;

○ $F = \frac{q_1 q_2}{kr}$

○ $F = k^2 \frac{q_1 q_2}{r^2}$

• $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

65. Электрическое поле – это

- физическая величина, характеризующая способность тела к электрическим взаимодействиям
- вид материи, главное свойство которой оказывать силовое действие на материальные объекты
- вид материи, главное свойство которой оказывать силовое действие на объекты, обладающие электрическим зарядом
- физическая величина, характеризующая силовое действие поля на электрический заряд.

66. Расстояние между зарядами уменьшилось в 3р, при этом сила взаимодействия.....

- уменьшилась в 9р
- уменьшилась в 3р
- увеличилась в 3р
- увеличилась в 9р

67. Один из зарядов уменьшили в 3р, при этом сила взаимодействия

- уменьшилась в 9р
- увеличилась в 3р
- увеличилась в 9р
- Уменьшилась в 3р



68. Напряженность электрического поля

- Больше в точке 2
- Больше в точке 1
- Равная во всех точках
- Не определяется этим рисунком

69. Если наэлектризованное тело притягивается к эбонитовой палочке, потертой о шерсть, то оно заряжено

- положительно
- отрицательно
- не заряжено
- не движется

70. В процессе электризации участвуют частицы

- протоны
- нейтроны
- электроны
- ядро атома

71. Напряженность поля, действующего на заряд силой F можно рассчитать по формуле

- $E = Fq$
- $E = F/q$
- $E = q/F$
- $E = Fq^2$

72. На заряд 2 Кл в электрическом поле действует сила 8Н. Напряженность поля равна

- 4

73. Емкость конденсатора рассчитывается по формуле

- $C = U/q$
- $C = U/\phi$
- $C = q / U$
- $C = qU$

74. Напряжение между пластинами конденсатора 12 В, заряд 36 Кл. Емкость конденсатора равна (Ф)

- 3

75. При уменьшении расстояния между обкладками конденсатора в 2 раза, его емкость

- увеличится в 4 раза
- увеличится в 2 раза
- уменьшится в 2 раза
- уменьшится в 4 раза

76. Линии напряженности электрического поля начинаются (выходят) на заряде

- положительном
- отрицательном
- единичном
- элементарном

77. Основной энергетической характеристикой поля является.

- напряженность
- емкость
- потенциал
- заряд

78. Потенциал электрического поля можно рассчитать по формуле

- $\phi = W \cdot q$
- $\phi = q / W$
- $\phi = W/q$
- $\phi = W/q^2$

79. Линии напряженности электрического поля заканчиваются (входят) на заряде

- единичном
- отрицательном
- положительном
- элементарном

7 Раздел «Электрический ток»

80. К проводникам относятся:

- 33.333% металлы,
- -33.333% дерево,
- 33.333% растворы кислот
- 33.333% растворы солей
- -33.333% химический элемент «Кремний»

81. К диэлектрикам относятся:

- -33.333% металлы,
- 33.333% дерево,
- -33.333% растворы кислот
- 33.333% воздух
- 33.333% эбонит

82. Электрический ток это

- -50% движение электронов в металле
- -50% хаотическое движение заряженных частиц.
- 50% направленное движение электронов
- 50% направленное движение ионов

83. О прохождении электрического тока по проводнику судят

- по его действию
- по величине напряжения в сети
- по количеству приборов в сети
- по движению электронов

84. Основная характеристика источника тока

- Заряд
- электродвижущая сила
- сопротивление
- ёмкость

85. При пропускании тока через металлический проводник наблюдаются действия тока

- Тепловое
- Химическое
- магнитное
- электростатическое

86. Силу тока можно рассчитать по формуле

- $I = q / t$
- $I = t / q$
- $I = q t$
- $I = q^2 / t$

87. За 3 мин по проводнику протекает 360 Кл . Сила тока в проводнике равна

- 12 А
- 36 А
- 24 А
- 2 А

88. Закон Ома для участка цепи записывается в виде

- $I = R U$
- $I = R / U$
- $I = U / R$
- $I = U / R^2$

89. Сила тока $I = 5A$. Это значит, что

- за 5с проходит 5 Кл электричества
- за 5с проходит 1 Кл электричества
- за 1с проходит 5 Кл электричества
- за 1с проходит 1Кл электричества

90. В источниках тока происходит

- разделение зарядов
- соединение зарядов
- сохранение электрических зарядов
- уничтожение электрических зарядов

91. Разделение зарядов в гальваническом источнике тока происходит за счет

- механической энергии
- химической реакции
- сопротивления проводника
- Электрической энергии

92. Сопротивление электрической цепи увеличилось в 5 раз, сила тока при этом:

- не изменилась
- уменьшилась в 5 раз
- увеличилась в 5 раз
- уменьшилась в 10 раз

93. Тепловое действие тока обусловлено

- напряжением
- работой
- энергией
- сопротивлением

94. Для существования тока в проводниках необходимо наличие

- протонов,
- электрического поля,
- свободных электронов

- 33.333% свободных ионов
95. Сила тока в электрической цепи измеряется
- -50% омметром
 - -50% электрометром
 - 50% амперметром
 - -50% вольтметром
 - 50% гальванометром
96. Три резистора сопротивлениями соответственно 20 Ом, 50 Ом, 80 Ом соединены последовательно их общее сопротивление:
- 180 Ом
 - 15 Ом
 - 70 Ом
 - 100 Ом

8 Раздел «Магнетизм»

97. Связь между электрическими и магнитными явлениями установил
- Ньютон
 - Ампер
 - Эрстед
 - Джоуль
98. В пространстве магнитное поле возникает вблизи
- проводников с током
 - металлических предметов
 - заряженных тел
 - движущихся нейтронов
99. Магнитное поле – это
- особое вещество
 - особое состояние тела
 - особый вид материи
 - особое тело
100. Магнитное поле создается
- 33.333% током заряженных частиц,
 - 33.333% изменяющимся во времени электрическим полем
 - 33.333% собственными магнитными моментами частиц.
 - -33.333% особым веществом
 - -33.333% особым телом
 - -33.333% неподвижной заряженной частицей
101. На проводник с током в магнитном поле действует
- сила тока
 - сила Кулона
 - сила Ампера
 - сила Лоренца
102. На проводник с током магнитное поле не действует, если проводник расположен
- ✓ вдоль силовых линий поля
 - поперек силовых линий поля
 - под некоторым углом к силовым линиям
 - под углом 45° к силовым линиям
103. На движущуюся заряженную частицу в магнитном поле действует
- сила тока
 - сила Кулона
 - сила Ампера
 - сила Лоренца
104. На движущуюся заряженную частицу магнитное поле не действует, если она движется....
- вдоль силовых линий поля
 - поперек силовых линий поля

- под некоторым углом к силовым линиям
- под углом 45° к силовым линиям

105. Сила Лоренца действует на движущейся в магнитном поле...

- 33.333% протон
- 33.333% электрон
- -33.333% нейтрон
- 33.333% ион

106. 135. Направление силовых линий магнитного поля у проводника с током определяется правилом

- левой руки
- сложением векторов
- правой руки
- вычитанием векторов

107. Основными характеристиками магнитного поля являются

- 33.333% магнитная индукция,
- 33.333% магнитный поток
- 33.333% магнитная проницаемость.
- -33.333% сила тока
- -33.333% напряженность

108. 140. Ученый, открывший, что переменное магнитное поле создает электрическое -это

- Ньютон
- Ампер
- Эрстед
- Фарадей

109. Явление электромагнитной индукции открыто

- Ампером
- Максвеллом
- Фарадеем
- Герцем

110. Суть явления электромагнитной индукции заключается в появлении

- 33.333% электрического поля в катушке
- 33.333% магнитного поля в катушке
- 33.333% индукционного тока в катушке
- -33.333% зарядов в проводниках катушки

111. Индукционный ток появляется тогда, когда замкнутый контур

- находится в магнитном поле
- подключен к источнику тока
- пронизывается, изменяющемся магнитным потоком
- пронизывается электрическим полем

112. В катушку, соединенную с гальванометром, в течении первых двух секунд (0-2) вдвигают магнит. В течении следующих двух секунд (2-4) магнит остается неподвижным внутри катушки, , затем перемещают катушку (в период 4-6) и затем его магнит вынимают в течении двух секунд (6-8). Индукционный ток течет в катушке в отрезки времени

- 33.333% 0-2 с
- 33.333% 4-6 с
- -33.333% 2-4 с
- 33.333% 6-8 с

145. Гальванометр, подсоединенный к катушке покажет ток если:

- 50% в катушку вставляют постоянный магнит
- 50% из катушки выдвигают магнит,
- -50% магнит остается неподвижным,
- -50% магнит вращается внутри катушки вдоль своей оси.

146. Величина ЭДС индукции зависит

- 25% от скорости изменения магнитного потока
- 25% индуктивности
- 25% силы тока
- 25% величины вектора магнитной индукции
- -25% направления электрического тока

147. Устройство для производства индукционного переменного электрического тока - это

- трансформатор
- конденсатор
- генератор
- индуктор

148. При работе генератора электрический ток индуцируется в

- конденсаторе
- полюсных наконечниках
- обмотке возбуждения
- обмотке статора

149. Для изменения напряжения при передаче электрической энергии служит

- генератор
- индуктор
- трансформатор
- конденсатор

150. Первичная катушка трансформатора подключается к

- источнику питания
- потребителю
- конденсатору
- ротору

151. Вторичная катушка трансформатора подключается к

- источнику питания
- потребителю
- конденсатору
- ротору

152. Расставьте соответствие величин и единиц измерения

Индуктивность	Тл
Магнитный поток	Вб
Электродвижущая сила	В
Сила тока	А
Сила Ампера	Н

153. Трансформатор повышающий, если

- -50% Количество витков первичной обмотки больше количества витков вторичной обмотки
- 50% Количество витков первичной обмотки меньше количества витков вторичной обмотки
- 50% Напряжение в первичной обмотке меньше напряжения во вторичной обмотке
- -50% Напряжение в первичной обмотке больше напряжения во вторичной обмотке

9 Раздел « Электромагнитное поле, волны»

154. Электромагнитные колебания получают в

- конденсаторе
- катушке
- колебательном контуре
- трансформаторе

155. Основные параметры колебательного контура

- катушка
- напряженность
- емкость
- индуктивность

156. Электромагнитные колебания – это процесс периодического преобразования энергии

- электрического поля во внутреннюю энергию контура
- электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот
- электрического поля в кинетическую энергию контура
- электрического поля в потенциальную энергию контура

157. Энергия электрического поля сосредоточена в

- конденсаторе
- катушке
- колебательном контуре
- трансформаторе

158. Энергия магнитного поля сосредоточена в

- конденсаторе
- катушке
- колебательном контуре
- трансформаторе

159. Электрическое поле создается:

- неподвижным зарядом,
- магнитным полем,
- движущимся зарядом,
- переменным магнитным полем

160. Электромагнитное поле- это

- электрическое поле и электрическая волна вместе
- магнитное поле и магнитная волна вместе
- совокупность переменных электрического и магнитного поля
- совокупность движущихся заряженных частиц

161. Электромагнитное поле создает:

- неподвижная заряженная частица
- заряженная частица, движущаяся с постоянной скоростью
- заряженная частица, движущаяся с ускорением
- частица, движущаяся с переменной скоростью.

162. Ученый, предсказавший существование электромагнитного поля и волн

- Фарадей
- Герц
- Попов
- Максвелл.

163. Впервые получил электромагнитные волны экспериментально

- Попов
- Фарадей
- Максвелл
- Герц

164. Открытый колебательный контур впервые создал

- Попов
- Фарадей
- Максвелл
- Герц

10 Раздел « Акустика»

165. Раздел физики, изучающий звуковые явления называется

- кинематикой
- динамикой
- акустикой

○ оптикой

166. Охотник выстрелил, находясь на расстоянии 170 м от лесного массива. Через сколько времени после выстрела охотник услышит эхо? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

- 1) 0,5 с
- 2) 1 с
- 3) 2 с
- 4) 4 с

167. Установите соответствие между физическими явлениями и их названиями.

Сложение волн в пространстве	Интерференция
Отражение звуковых волн от преград	эхо
Резкое возрастание амплитуды колебаний звука	Резонанс
	Преломление
	гром

168. Камертон излучает звуковую волну длиной 0,5 м. Скорость звука 340 м/с. Какова частота колебаний камер тона?

- 680 Гц
- 17 Гц
- 170 Гц
- 3400 Гц

169. Эхо, вызванное оружейным выстрелом, дошло до стрелка через 2 с после выстрела. Определите расстояние до преграды, от которой произошло отражение, если скорость звука в воздухе 340 м/с.

- 85 м
- 340 м
- 680 м
- 1360 м

170. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются.

Период колебаний	$\frac{t}{N}$
Длина волны	vT
Скорость распространения волны	λv
	$\frac{1}{T}$
	$\frac{N}{t}$

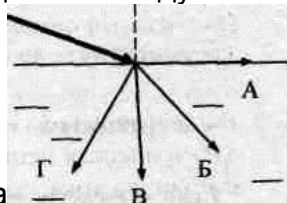
171. Громкость звука определяется

- частотой
- периодом
- амплитудой

- тембром
-
- 172. Высота тона определяется
 - частотой
 - периодом
 - амплитудой
 - тембром
- 173. Громкость звука измеряют в
 - Б
 - дБ
 - Гц
 - Н
- 174. Звук не распространяется в
 - газах
 - жидкостях
 - вакууме
 - твердых телах
- 175. Быстрее всего звук распространяется в
 - газах
 - жидкостях
 - вакууме
 - твердых телах

11 Раздел « Оптика »

- 176. Расстояние между предметом и его изображением в зеркале уменьшилось на 60 см. Расстояние между предметом и зеркалом.
 - уменьшилось на 30 см
 - уменьшилось на 60 см
 - увеличилось на 30 см
 - увеличилось на 60 см
- 177. При прохождении через плотную прозрачную среду световой луч
 - нагревается
 - преломляется
 - тускнеет
 - отражается
- 178. Узкий световой пучок падает из воздуха на поверхность воды. Ход



преломленного пучка света

- А
- Б
- В
- Г
- 179. Преломление - это
 - изменение направления распространения луча при прохождении в однородной среде
 - изменение направления распространения луча при отражении от границы раздела двух сред
 - изменение направления распространения луча при прохождении из одной среды в другую
 - изменение скорости распространения луча при прохождении из одной среды в другую
- 180. Отражение это
 - изменение направления распространения луча при прохождении в однородной среде
 - изменение направления распространения луча при отражении от границы раздела двух сред

- изменение направления распространения луча при прохождении из одной среды в другую
- изменение скорости распространения луча при прохождении из одной среды в другую

181. Угол падения это

- угол между лучами: падающим и отраженным
- угол между перпендикуляром и отраженным лучом
- угол между перпендикуляром и падающим лучом
- угол между падающим лучом и поверхностью

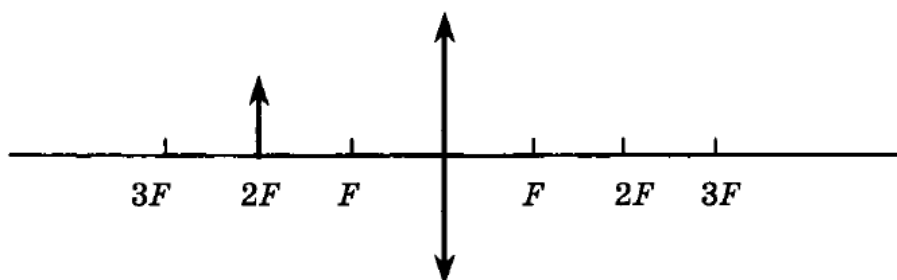
182. Угол отражения это

- угол между лучами: падающим и отраженным
- ✓ угол между перпендикуляром и отраженным лучом
- угол между перпендикуляром и падающим лучом
- угол между падающим лучом и поверхностью

183. Угол преломления это

- угол между лучами: падающим и отраженным
- угол между перпендикуляром и преломленным лучом
- угол между перпендикуляром и падающим лучом
- угол между падающим лучом и поверхностью

184. Если предмет находится от собирающей линзы на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию (см. рис.), то его изображение будет



- действительным, перевёрнутым и увеличенным
 - действительным, прямым и увеличенным
 - мнимым, перевёрнутым и уменьшенным
 - действительным, перевёрнутым, равным по размеру предмету
185. В основу специальной теории относительности были положены
- 1) эксперименты, доказывающие независимость скорости света от скорости движения источника и приёмника света
 - 2) эксперименты по измерению скорости света в воде
 - 3) представления о том, что свет является колебанием невидимого эфира
 - 4) гипотезы о взаимосвязи массы и энергии, энергии и импульса

186. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите максимальное расстояние между крайними точками полутени на полу.

- 6

187. Расстояние от предмета до экрана, где получается четкое изображение предмета, 4 м. Изображения в 3 раза больше самого предмета. Найдите фокусное расстояние линзы. (ответ укажите в сантиметрах)

- 75

188. Оптически более плотная среда - это среда с **большим** показателем преломления

189. При переходе из оптически менее плотной среды в оптически более плотную среду угол падения **больше** угла преломления

12 Раздел «Квантовая физика»

190. Явление фотоэффекта было открыто физиком по фамилии **Герц**

191. Исследование фотоэффекта провел русский физик по фамилии **Столетов**

192. Фотоэффект - это выбивание светом **электронов** из металла

193. Формула Планка

- $E = h \cdot c$
- $E = h \cdot \nu$
- $E = h \cdot t$
- $E = h \cdot m$

194. Излучение лазера — это

- тепловое излучение
- вынужденное излучение
- спонтанное (самопроизвольное) излучение
- люминесценция

195. В своих опытах Столетов измерял максимальную силу тока (ток насыщения) при освещении электрода ультрафиолетовым светом. Сила тока насыщения при увеличении интенсивности источника света и неизменной его частоте будет

- увеличиваться
- уменьшаться
- остается неизменной
- сначала увеличиваться, затем уменьшаться

196. Де Бройль выдвинул гипотезу, что частицы вещества (например, электрон) обладают волновыми свойствами. Эта гипотеза впоследствии была

- опровергнута путём теоретических рассуждений
- опровергнута экспериментально
- подтверждена в экспериментах по дифракции электронов
- подтверждена в экспериментах по выбиванию электронов из металлов при освещении

197. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найдите среднюю длину волны излучения в метрах. Ответ запишите в виде $n, m \cdot 10^{-k}$

- $9,9 \cdot 10^{-7}$

198. При фотоэффекте число электронов, выбиваемых монохроматическим светом из металла за единицу времени, не зависит от

- 33.333%** частоты падающего света
- 33.333%** интенсивности падающего света
- 33.333%** работы выхода электронов из металла

199. В настоящее время широко распространены лазерные указки, авторучки, брелоки. При неосторожном обращении с таким (полупроводниковым) лазером можно

- вызвать пожар
- прожечь костюм и повредить тело
- получить опасное облучение организма
- повредить сетчатку глаза при прямом попадании лазерного луча в глаз

13 Ядерная физика

200. В ядре атома $^{48}_{20}\text{Ca}$ находится **20** протонов, **48** нуклонов и **28** нейтронов.
201. Явление радиоактивности было открыто в **1897** году
202. Ядро атома претерпевает спонтанный α -распад. Как изменяются перечисленные ниже характеристики атомного ядра при таком распаде? (подберите соответствующий ответ)
- | | |
|-----------------------|---------------|
| масса ядра | уменьшается |
| заряд ядра | уменьшается |
| число протонов в ядре | уменьшается |
| | не изменяется |
| | увеличивается |
203. Кюри открыли элемент **радий**. (Напишите название элемента одним словом)
204. Исследование состава радиоактивного излучения провел физик по фамилии **Резерфорд**
205. β -частица имеет **отрицательный** заряд
206. α -частица имеет **положительный** заряд
207. Планетарную модель атома создал по фамилии **Резерфорд**
208. Ядро состоит из
- протонов и ионов
 - электронов и ионов
 - ионов и нуклонов
 - нуклонов
209. Частицы в ядре удерживают **ядерные** силы
210. Число протонов в изотопе кислорода $^{16}_8\text{O}$
- 8
211. Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома, ядро которого состоит из 2-х протонов и 3-х нейтронов
- 2