

**Департамент образования Вологодской области
бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Вологодской области
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

**Методические указания
к практическим работам
по учебной дисциплине **Физика****

Профессия:

08.01.14 Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования,

15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))

08.01.07 Мастер общестроительных работ.

08.01.08. Мастер отделочных строительных работ

2017г

Рассмотрены и утверждены на заседании предметной цикловой комиссии общеобразовательных дисциплин

Методические указания по организации практических занятий предназначены для студентов 1 и 2 курса очной формы обучения профессий 08.01.14 Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования, 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки), 08.01.07 Мастер общестроительных работ, 08.01.08. Мастер отделочных строительных работ.

В методических указаниях представлена последовательность выполнения практических занятий по дисциплине «Физика» в виде логически выстроенных заданий, которые выполняются с помощью учебника, данной методички, словаря.

Перечень практических занятий соответствует содержанию программы дисциплины. Практические занятия студентов повышает интеллектуальный уровень обучающихся, формирует умение самостоятельно находить нужную информацию, систематизировать, обобщать, что необходимо для профессиональной подготовки будущего специалиста. Навыки исследовательской работы по дисциплине помогут студентам на старших курсах при выполнении и оформлении курсовых и дипломных проектов.

Автор: Неражева Л. П., преподаватель БПОУ ВО «Вологодский строительный колледж»

Содержание

1. Пояснительная записка.....	4
2. Методические рекомендации по выполнению практических заданий.....	4
3. Критерии оценки практических работ.....	17
4. Практические работы:	
4.1. Практическая работа «Механическое движение»	
4.2. Практическая работа «Динамика материальной точки. Законы Ньютона»	
4.3. Практическая работа «Движение тела по наклонной плоскости»	
4.4. Практическая работа «Механическая энергия и импульс»	
4.5. Практическая работа «Механические колебания и волны»	
4.6. Практическая работа «Характеристики молекул. Основные положения МКТ»	
4.7. Практическая работа «Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы»	
4.8. Практическая работа «Внутренняя энергия. Применение первого закона термодинамики к изопротессам»	
4.9. Практическая работа «Влажность воздуха»	
4.10. Практическая работа «Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Закон Кулона»	
4.11. Практическая работа «Конденсаторы»	
4.12. Практическая работа «Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Соединения проводников»	
4.13. Практическая работа «Работа тока. Закон Джоуля-Ленца»	
4.14. Практическая работа «Электрический ток в различных средах»	
4.15. Практическая работа «Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца»	
4.16. Практическая работа «Электромагнитная индукция»	
4.17. Практическая работа «Электромагнитные колебания»	
4.18. Практическая работа «Переменный электрический ток»	
4.19. Практическая работа «Электромагнитные волны»	
4.20. Практическая работа «Линзы. Построение изображений в тонкой линзе»	
4.21. Практическая работа «Виды излучения. Распады»	
4.22. Практическая работа «Фотоэффект»	
4.23. Практическая работа «Ядерные реакции»	
5. Информационное обеспечение обучения	

Пояснительная записка

Данные методические указания предназначены для совершенствования теоретических знаний и формирования практических умений и навыков по программе дисциплины .

Рекомендуемое количество часов для выполнения практических работ - 80

Методические рекомендации по выполнению практических заданий

Подготовка к практическим работам заключатся в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой. Для эффективного выполнения заданий ВІ должны знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических заданий.

В конце занятия преподаватель выставляет оценку, которая складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее.

Оценки за выполнение практических занятий выставляется по пятибалльной системе.

Условия и порядок выполнения работы:

1. Прочитать методические рекомендации по выполнению практической работы.
2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.
3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.
4. Работу выполнить в тетрадях, оформив надлежащим образом.
5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя или обучающегося, успешно выполнившего работу.
- 6 . Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка

Защита проводится путем индивидуальной беседы или выполнения зачетного задания. Работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.

Пропущенные практические работы отрабатываются в дополнительное время.

Большинство задач по физике можно условно разделить на качественные, количественные, графические, экспериментальные. Решение каждого вида задач имеет свои особенности.

Алгоритм решения качественных задач

- 1 этап — внимательно ознакомиться с условием задачи;
- 2 этап — выяснить, какие тела взаимодействуют;
- 3 этап — выяснить, о каком физическом явлении или группе явлений идет речь;
- 4 этап — выяснить состояние тела при начальных условиях;
- 5 этап — выяснить, что происходит с физическими телами в результате действия физического явления (например, изменение формы, объема или агрегатного состояния, а также силы, возникающие при этом);
- 6 этап — выяснить, как это сказывается на взаимодействующих телах;
- 7 этап — ответить на вопрос задачи.

Для качественных задач перечисленные этапы условны.

Задачи второго типа — *количественные*. Это задачи, в которых все физические величины заданы количественно какими-то числами. При этом физические величины могут быть как скалярными, так и векторными.

Алгоритм решения количественных задач

- 1 этап — записать кратко условие задачи в виде «Дано»;
- 2 этап — перенести размерность физических величин в систему «СИ»;
- 3 этап — выполнить анализ задачи (записать какое физическое явление рассматривается в задаче, сделать рисунок, обозначить на рисунке все известные и неизвестные величины, записать уравнения, которые описывают физическое явление, вывести из этих уравнений искомую величину в виде расчетной формулы).
- 4 этап — сделать проверку размерности расчетной формулы;
- 5 этап — сделать вычисления по расчетной формуле;
- 6 этап — обдумать полученный результат (Может ли быть такое с точки зрения здравого смысла?);
- 7 этап — записать ответ задачи.

Алгоритм решения графических задач.

К задачам этого типа относятся такие, в которых все или часть данных

заданы в виде графических зависимостей между ними. В решении таких задач можно выделить следующие этапы:

1 этап — прочитать внимательно условие задачи;

2 этап — выяснить из приведенного графика, между какими величинами представлена связь; выяснить, какая физическая величина является независимой, т. е. аргументом; какая величина является зависимой, т. е. функцией; определить по виду графика, какая это зависимости.

выяснить, что требуется — определить функцию или аргумент; по возможности записать уравнение, которое описывает приведенный график;

3 этап — отметить на оси абсцисс (или ординат) заданное значение и восстановить перпендикуляр до пересечения с графиком. Опустить перпендикуляр из точки пересечения на ось ординат (или абсцисс) и определить значение искомой величины;

4 этап — оценить полученный результат; записать ответ.

Алгоритм решения экспериментальных задач

Это задачи, в которых для нахождения неизвестной величины требуется часть данных измерить опытным путем.

1 этап — прочитать внимательно условие задачи; четко определить цель работы;

2 этап — определить, какое явление, закон лежат в основе опыта;

3 этап — продумать схему опыта; определить перечень приборов и вспомогательных предметов или оборудования для проведения эксперимента; продумать последовательность проведения эксперимента; в случае необходимости разработать таблицу для регистрации результатов эксперимента;

4 этап — выполнить эксперимент и результаты записать в таблицу;

5 этап — сделать необходимые расчеты, если это требуется согласно

условию задачи;

6 этап — обдумать полученные результаты и записать ответ.

Частные алгоритмы для решения задач по кинематике и динамике имеют следующий вид:

Алгоритм решения задач по кинематике

Необходимо выбрать систему отсчёта с указанием начала отсчёта времени и обозначить на схематическом чертеже все кинематические характеристики движения (перемещение, скорость, ускорение и время).

2. Записать кинематические законы движения для каждого из движущихся тел в векторной форме.

3. Спроецировать векторные величины на оси x и y и проверить, является ли полученная система уравнений полной.

4. Используя кинематические связи, геометрические соотношения и специальные условия, данные в задаче, составить недостающие уравнения.

5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестных.

6. Перевести все величины в одну систему единиц и вычислить искомые величины.

7. Проанализировать результат и проверить его размерность.

При решении задач на движение материальной точки по окружности необходимо дополнительно учитывать связь между угловыми и линейными характеристиками.

Алгоритм решения задач по динамике

1. Внимательно прочитать условие задачи и выяснить характер движения

2. Записать условие задачи, выразив все величины в единицах «СИ»

3. Сделать чертеж с указанием все сил, действующих на тело, векторы ускорений и системы координат

4. Записать уравнение второго закона Ньютона в векторном виде

5. Записать основное уравнение динамики (уравнение второго закона

Ньютона) в проекциях на оси координат с учетом направления осей координат и векторов

6. Найти все величины, входящие в эти уравнения; подставить в уравнения

7. Решить задачу в общем виде, т. е. решить уравнение или систему уравнений относительно неизвестной величины

8. Проверить размерность

9. Получить численный результат и соотнести его с реальными значениями величин.

Если в задаче рассматривается движение нескольких тел, необходимо записать 2 закон Ньютона для каждого из них и учесть кинематические и динамические связи между ними.

Алгоритм решения задач на применение закона сохранения импульса.

1. Необходимо проверить систему взаимодействующих тел на замкнутость.

2. Изобразить на чертеже векторы импульсов тел системы непосредственно перед и после взаимодействия.

3. Записать закон сохранения импульса в векторной форме.

4. Спроецировать векторные величины на оси x и y (выбираются произвольно, но так, чтобы было удобно проецировать).

5. Решить полученную систему скалярных уравнений относительно неизвестных в общем виде.

6. Проверить размерность и сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на вычисление работы постоянной силы

1. Выяснить, работу какой силы требуется определить в задаче, и записать исходную формулу: $A = F \cos \alpha$.

2. Сделать схематический чертёж и определить угол между силой и перемещением.

Если в условии задачи сила неизвестна, её следует найти из 2 закона Ньютона.

4. Определить величину модуля перемещения из законов кинематики.
5. Подставить значения модулей силы и перемещения в формулу работы и, проверив размерность, сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на определение мощности

1. Выяснить, какую мощность надо определить, среднюю или мгновенную.
2. Указать на чертеже силы, действующие на тело, и все кинематические характеристики движения.
3. Из 2 закона Ньютона определить силу тяги.
4. Из законов кинематики определить среднюю или мгновенную скорость.
5. Подставить полученные значения силы тяги и скорости в формулу мощности и, проверив размерность, сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на закон сохранения и превращения энергии.

1. Сделать схематический чертёж. Обозначить на нём кинематические характеристики начального и конечного состояний системы.
2. Проверить систему на замкнутость. Если система тел замкнута, решение проводится по закону сохранения механической энергии. Если система тел не замкнута, то изменение механической энергии равно работе внешних сил.
3. Выбрать нулевой уровень потенциальной энергии (произвольно).
4. Выяснить, какие внешние силы действуют на тело в произвольной точке траектории.
5. Записать формулы механической энергии в начальном и конечном положениях.
6. Установить связь между начальными и конечными скоростями тел системы.
7. Подставить полученные значения энергий и работы в формулу работы и сделать числовой расчёт.

Алгоритм решения задач на расчёт колебательного движения.

Задачи на расчёт колебательного движения условно можно разделить на

3 группы:

-задачи, решение которых основано на общих уравнениях гармонических колебаний.

-задачи на расчёт периода колебаний пружинного и математического маятников.

-задачи на расчёт характеристик упругих волн.

Первая группа:

1. Записать уравнение гармонических колебаний.
2. Определить начальную фазу колебаний, используя условие задачи, и выразить, если это необходимо, циклическую частоту колебаний ω через частоту ν или период колебаний T .
3. Определить мгновенные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания.
4. Если необходимо, использовать закон сохранения механической энергии.
5. Решить полученные уравнения относительно неизвестных.
6. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Вторая группа:

1. Выяснить, чему равно ускорение точки подвеса математического маятника. Если $a = 0$, то период колебаний определяется по формуле $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ для пружинного маятника.
2. Если необходимо, то записать формулы, связывающие период колебаний T с частотой ν или циклической частотой колебаний ω .
3. Решить полученные уравнения.
4. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Решение задач третьей группы предполагает использование уравнения плоской волны, формулы для расчёта длины волны, формул скорости распространения упругих волн в различных средах.

Алгоритм решения задач на «Первое начало термодинамики»

Задачи об изменении внутренней энергии тел можно разделить на группы.

В задачах первой группы рассматривают такие явления, где в изолированной системе при взаимодействии тел изменяется лишь их внутренняя энергия без совершения работы над внешней средой.

1. Установить у каких тел внутренняя энергия уменьшается, а у каких – возрастает.
2. Составить уравнение теплового баланса ($\Delta U = 0$), при записи которого в выражении $Q = cm(t_2 - t_1)$, для изменения внутренней энергии, нужно вычитать из конечной температуры тела начальную и суммировать члены с учетом получающегося знака.
3. Полученное уравнение решить относительно искомой величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

В задачах второй группы рассматриваются явления, связанные с превращением одного вида энергии в другой при взаимодействии двух тел. Результат такого взаимодействия: изменение внутренней энергии одного тела вследствие совершенной им или над ним работы.

1. Убедиться, что в процессе взаимодействия тел теплота извне к ним не подводится, т. е. действительно ли $Q = 0$.
2. Установить, у какого из двух взаимодействующих тел изменяется внутренняя энергия и что является причиной этого изменения – работа, совершенная самим телом, или работа, совершенная над телом.
3. Записать уравнение $Q = \Delta U + A$ для тела, у которого изменяется внутренняя энергия, учитывая знак перед A и к. п.д. рассматриваемого процесса.
4. Если работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии одного из тел, то $A = -\Delta U$, а если внутренняя энергия тела увеличивается за счет

работы, совершенной над телом, то $A = \Delta U$.

5. Найти выражения для ΔU и A .

6. Подставляя в исходное уравнение вместо ΔU и A их выражения, получим окончательное соотношение для определения искомой величины.

7. Полученное уравнение решить относительно искомой величины.

8. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на «Газовые законы»

По условию задачи даны два или несколько состояний газа и при переходе газа из одного состояния в другое его масса не меняется.

1. Представить какой газ участвует в том или ином процессе.

2. Определить параметры p , V и T , характеризующие каждое состояние газа.

3. Записать уравнение объединенного газового закона Клапейрона для данных состояний. Если один из трех параметров остается неизменным, уравнение Клапейрона автоматически переходит в одно из трех уравнений: закон Бойля – Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.

4. Записать математически все вспомогательные условия.

5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

6. Решение проверить и оценить критически.

По условию задачи дано только одно состояние газа, и требуется определить какой-либо параметр этого состояния или же даны два состояния с разной массой газа.

1. Установить, какие газы участвуют в рассматриваемых процессах.

2. Определить параметры p , V и T , характеризующие каждое состояние газа.

Для каждого состояния каждого газа (если их несколько) составить уравнение Менделеева – Клапейрона. Если дана смесь газов, то это уравнение записывается для каждого компонента. Связь между значениями давлений отдельных газов и результирующим давлением смеси

устанавливается законом Дальтона.

4. Записать математически дополнительные условия задачи
5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Электростатика»

Решение задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий.

1. Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.
2. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.
3. Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.
4. Записать математически все вспомогательные условия
5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Постоянный ток»

Задачи на определение силы тока, напряжения или сопротивления на участке цепи.

1. Начертить схему и указать на ней все элементы.
2. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие – параллельно.
3. Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для

каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.

4. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями и ЭДС (\mathcal{E}).

5. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.

6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

7. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Электромагнетизм»

Задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током

1. Сделать схематический чертеж, на котором указать контур с током и направление силовых линий поля.

2. Отметить углы между направлением поля и отдельными элементами контура.

3. Используя правило левой руки, определить направление сил поля (сила Ампера), действующих на каждый элемент контура, и проставить векторы этих сил на чертеже.

4. Указать все остальные силы, действующие на контур.

5. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.

6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

7. Решение проверить и оценить критически.

Задачи о силовом действии магнитного поля на заряженные частицы

1. Сделать чертеж, указать на нем силовые линии магнитного и электрического полей, проставить вектор начальной скорости частицы и отметить знак ее заряда.

2. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу.
3. Определить вид траектории частицы.
4. Разложить силы, действующие на заряженную частицу, вдоль направления магнитного поля и по направлению, ему перпендикулярному.
5. Составить основное уравнение динамики материальной точки по каждому из направлений разложения сил.
6. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
7. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
8. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Закон электромагнитной индукции»

1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить какая из величин B , S или, входящих в выражение для Φ , изменяется с течением времени.
2. Записать формулу закона электромагнитной индукции:
3. Выражение для $\Delta\Phi$ представить в развернутом виде (Φ) и подставить в исходную формулу закона электромагнитной индукции.
4. Записать математически все вспомогательные условия.
5. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Алгоритм решения задач на тему «Преломление света»

1. Установить переходит ли луч из оптически менее плотной среды в более плотную или наоборот.
2. Сделать чертеж, где указать ход лучей, идущих из одной среды в другую.
3. В точке падения луча на границу раздела сред провести нормаль и отметить углы падения и преломления.
4. Записать формулу закона преломления для каждого перехода луча из

одной среды в другую.

5. Составить вспомогательные уравнения, связывающие углы и расстояния, используемые в задаче.

6. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.

7. Решение проверить и оценить критически.

Критерии оценки практических работ:
Оценка «5» ставится в следующем случае:

— работа выполнена полностью;

— сделан перевод единиц всех физических величин в систему единиц «СИ», все необходимые данные занесены в условие, правильно выполнены чертежи, схемы, графики, рисунки, сопутствующие решению задач, сделана проверка на размерность, правильно проведены математические расчеты и дан полный ответ;

— на качественные и теоретические вопросы дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности, учащийся

приводит новые примеры, устанавливает связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу физики, а также с материалом, усвоенным при изучении других предметов, умеет применить знания в новой ситуации;

— учащийся обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий, а также правильное определение физических величин, их единиц и способов измерения.

Оценка «4» ставится в следующем случае:

— работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки;

— ответ на качественные и теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов, определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач;

— учащийся испытывает трудности в применении знаний в новой ситуации, не в достаточной мере использует связи с ранее изученным материалом и с материалом, усвоенным при изучении других предметов.

Оценка «3» ставится в следующем случае:

— работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее 2/3 от общего объема), но допущены существенные неточности;

— учащийся обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей;

— умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и сложных количественных задач, требующих преобразования формул.

Оценка «2» ставится в следующем случае:

— работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее 2/3 от общего объема задания); задания);

— учащийся показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, не умеет решать количественные и качественные задачи.

Перечень ошибок.

Грубые ошибки:

1. Незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, общепринятых символов обозначения физических величин, единиц их измерения.
2. Неумение выделить в ответе главное.
3. 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.
4. Неумение читать и строить графики и принципиальные схемы.
5. Неумение подготовить к работе установку или лабораторное оборудование, провести опыт, необходимые расчеты, или использовать полученные данные для выводов.
6. Небрежное отношение к лабораторному оборудованию и измерительным приборам.
7. Неумение определить показание измерительного прибора.
8. Нарушение требований правил безопасного труда при выполнении эксперимента.

Негрубые ошибки:

1. Неточности формулировок, определений, понятий, законов, теорий, вызванные неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия, ошибки, вызванные несоблюдением условий проведения опыта или измерений.

2. Ошибки в условных обозначениях на принципиальных схемах, неточности чертежей, графиков, схем.
3. Пропуск или неточное написание наименований единиц физических величин.
4. Нерациональный выбор хода решения.

Недочеты

1. Нерациональные записи при вычислениях, нерациональные приемы вычисления, преобразований и решений задач.
2. Арифметические ошибки в вычислениях, если эти ошибки грубо не искажают реальность полученного результата.
3. Отдельные погрешности в формулировке вопроса или ответа.
4. Небрежное выполнение записей, чертежей, схем, графиков.
5. Орфографические и пунктуационные ошибки.

Практическое занятие №1,2

Механическое движение

Цель занятия: усвоить основные методы решения прямой и обратной задачи кинематики, используя законы кинематики поступательного и вращательного движения.

Контрольные вопросы и задания

1. Кинематический закон движения для координатного способа определения движения материальной точки.
2. Кинематический закон движения для естественного движения для векторного способа определения движения.
3. Кинематический закон движения для естественного способа определения движения.
4. Как найти вектор скорости для конкретного, векторного и естественного способов определения движения?
5. Как найти вектор ускорения для разных способов определения движения?
6. Какую формулу можно использовать для нахождения пути, если точка прошла при криволинейном движении?
7. Докажите формулу, связывающую векторы линейной и угловой скорости.
8. Почему равны векторы тангенциального и нормального ускорения в случае криволинейного движения материальной точки? Как найти модули этих векторов?
9. Чему равны векторы тангенциального и нормального ускорения и их модули для вращательного движения материальной точки?
10. Как связан вектор полного ускорения с векторами углового ускорения и угловой скорости для вращательного движения? Запишите формулу связи и проанализируйте ее.

Примеры решения задач

Задача №1. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить угол, под которым тело брошено к горизонту, если максимальная высота подъема тела равна $1/4$ дальности его полета (рис. 1.1).

Дано: $h = \frac{1}{4} s$.

Найти: α .

Решение

Составляющие начальной скорости тела

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha;$$

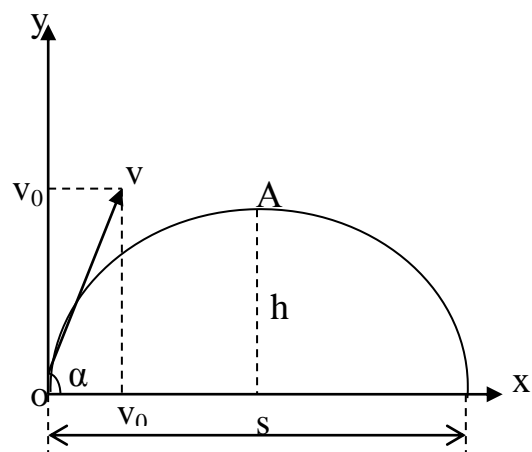


Рис. 1.

$$h = \frac{1}{4}s, \quad h = v_{0y}t - \frac{gt_1^2}{2}, \quad \text{где } t_1 = \frac{1}{2}t - \text{ время подъема, } t - \text{ время полета;}$$

$$v_y = v_{0y} - gt_1, \quad v_y = 0 \quad (\text{в точке А}), \quad \text{откуда } t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g};$$

$$s = v_{0x}t = 2v_{0x}t_1 = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}; \quad \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2g}, \quad \text{откуда}$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha, \quad \text{или } \operatorname{tg} \alpha = 1. \quad \alpha = \operatorname{arctg} 1 = 45^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 45^\circ$.

Задача №2. Из двух точек А и В, расположенных на расстоянии 90 м друг от друга, одновременно в одном направлении начали движение два тела. Тело, движущееся из точки А, имело скорость 5 м/с, а тело, движущееся из точки В, - скорость 2 м/с. Через какое время первое тело нагонит второе? Какое перемещение совершит каждое тело?

$$\text{Дано: } x_{02} = 90 \text{ м}, \quad v_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad v_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти: S_1, S_2, t_1 -?

$$\text{Решение: } x_1 = v_1 \cdot t$$

$$x_2 = x_{02} + v_2 \cdot t$$

$$t = t_1$$

$x_1 = x_2$, для точки С, в которой первое тело догонит второе.

$$v_1 \cdot t = x_{02} + v_2 \cdot t_1$$

$$v_1 \cdot t - v_2 \cdot t_1 = x_{02}$$

$$t_1 \cdot (v_1 - v_2) = x_{02}$$

$$t_1 = \frac{x_{02}}{v_1 - v_2}$$

$$S_1 = x_1 - x_{01} = v_1 \cdot t_1$$

$$S_2 = x_2 - x_{02} = v_2 \cdot t_1$$

$$t_1 = \frac{90 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 30 \text{ с}$$

$$S_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 30 \text{ с} = 150 \text{ м}$$

$$S_2 = 2 \frac{M}{c} \cdot 30c = 60 \text{ м}$$

Ответ: $t_1 = 30c$, $S_1 = 150 \text{ м}$, $S_2 = 60 \text{ м}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Движения двух материальных точек описываются следующими уравнениями: $x_1 = 20 + 2t - 4t^2$ и $x_2 = 2 + 2t + 0,5t^2$. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?
2. С высоты 1000 м падает тело без начальной скорости. Одновременно с высоты 1100 м падает другое тело с некоторой начальной скоростью. Оба тела достигают земли в один и тот же момент времени. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти начальную скорость второго тела.
3. Велосипедист проехал первую треть пути со скоростью 10 м/с, затем половину пути со скоростью 6 м/с и оставшуюся часть пути со скоростью 2 м/с. Чему равна средняя скорость велосипедиста?
4. Мяч бросили со скоростью 10 м/с под углом 40° к горизонту. Не учитывая сопротивления воздуха, найти: а) на какую высоту поднимется мяч? б) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю? в) сколько времени мяч будет в движении?
5. Камень, брошенный горизонтально, упал на землю через 0,5 с на расстоянии 5 м по горизонтали от места бросания. Не учитывая сопротивления воздуха, определить: а) с какой высоты брошен камень? б) чему равна начальная скорость камня? в) с какой скоростью камень упал на землю? г) какой угол составляет траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю?

Практическое занятие №2,3

Динамика материальной точки.

Законы Ньютона.

Цель занятия - усвоить методы классической механики и научиться решать задачи динамики материальной точки, динамики поступательного движения, определять энергетические характеристики и величины.

Контрольные вопросы и задания

1. Изложить понятие инертности.
2. Дать определение массы.
3. Дать определение силы.
4. Изложить первый закон Ньютона.

5. Изложить второй закон Ньютона.
6. Изложить третий закон Ньютона.
7. Дать определение силы тяжести.
8. Дать определение веса тела.
9. Записать силу трения.
10. Записать закон Гука.

Примеры решения задач

Задача 1. Шахтная клетка в покое весит 2500Н . С каким ускорением опускается клетка, если ее вес уменьшается до 2000Н ?

Дано: $P=2500\text{Н}$, $P' = 2000\text{Н}$

Найти: a - ?

Решение: Запишем II закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Запишем II закон Ньютона в проекциях на векторную ось:

$$mg - T = ma, \text{ где } P = mg - \text{ в покое}$$

$$T = P_1 \quad - \text{ при движении клетки}$$

$$P - P_1 = ma$$

$$a = \frac{P - P_1}{m}$$

$$m = \frac{P}{g}$$

$$a = \frac{(P - P_1)g}{P}$$

$$a = \frac{(2500\text{Н} - 2000\text{Н}) \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{2500\text{Н}} = 2 \text{ м/с}^2$$

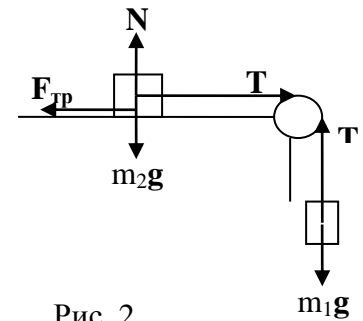
Ответ: $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Задача 2. Грузы одинаковой массы ($m_1 = m_2 = 0,5 \text{ кг}$) соединены нитью и перекинуты через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 2). Коэффициент трения груза m_2 о стол $\mu = 0,15$. Пренебрегая трением в блоке, определить: а) ускорение, с которым движутся грузы; б) силу натяжения нити.

Дано: $m_1 = m_2 = 0,5$ кг; $\mu = 0,15$.

Найти: a, T .

Решение:



По второму закону Ньютона уравнения движения грузов имеют вид:

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T, \\ m_2 a = T - \mu m_2 g; \end{cases}$$

$m_1 a + m_2 a = m_1 g - \mu m_2 g$, откуда

$$a = \frac{(m_1 - \mu m_2)g}{m_1 + m_2} = \frac{(0,5 - 0,15 \cdot 0,5)9,8}{0,5 + 0,5} = 4,17 \text{ м/с}^2;$$

$$T = m_1(g - a) = 0,5(9,8 - 4,17) = 2,82 \text{ Н.}$$

Ответ: $a = 4,17 \text{ м/с}^2, T = 2,82 \text{ Н.}$

Задача №3. Под действием силы в 20 Н материальная точка движется с $a = 0,4 \text{ м/с}^2$. С каким ускорением будет двигаться точка под действием силы в 50 Н?

Дано:

$$F_1 = 20 \text{ Н}$$

$$a_1 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F_2 = 50 \text{ Н}$$

Решение:

Движение материальной точки является равноускоренным.

По второму закону Ньютона можно определить массу материальной точки.

$$m = \frac{F_1}{a_1}$$

$$m = \frac{F_2}{a_2}$$

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2}$$

$$a_2 = \frac{a_1 \cdot F_2}{F_1}$$

$$a_2 = \frac{0,4 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 50\text{Н}}{20\text{Н}} = 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Ответ: $a_2 = 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$

Задача №4. На тело массой 2160 кг, лежащее на горизонтальной дороге, действует сила, под действием которой тело за 30 с пройдет расстояние 500 метров. Найти величину этой силы.

Дано: $m=2160$ кг, $t=30$ с, $S=500$ м

Найти: $F=?$

Решение:

$$F = m \cdot a$$

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$a = \frac{2 \cdot S}{t^2}$$

$$F = \frac{2 \cdot m \cdot S}{t^2}$$

$$F = \frac{2 \cdot 2160 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м}}{900 \text{ с}^2} = 2400 \text{ Н}$$

Ответ: $F=2400\text{Н}$

Задачи для самостоятельного решения

1. К нити подвешен груз массой 500 г. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом: а) поднимать с ускорением 2 м/с^2 ; б) опускать с тем же ускорением.
2. Человек тянет за один крючок динамометр с силой 60 Н, другой крючок динамометра прикреплен к стене. Каковы показания динамометра?
3. Две силы $F_1 = 4 \text{ Н}$ и $F_2 = 3 \text{ Н}$ приложены к одной точке тела. Угол между векторами \vec{F}_1 и \vec{F}_2 равен 90° . Чему равен модуль равнодействующей этих сил?
4. Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью (см. рис.) тянут с силой 15 Н вправо по столу. Массы брусков $m_1 = 1 \text{ кг}$ и $m_2 = 4 \text{ кг}$, $\mu = 0,1$.

С каким ускорением движутся бруски? Чему равна сила натяжения нити?

5. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.

6. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147 кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.

Практическое занятие №5,6

Движение тела по наклонной плоскости

Цель: усвоение обучающимися стандартного минимума фактических знаний о характерных особенностях движения тела по наклонной плоскости.

Примеры решения задач

Задача №1. Троллейбус массой 12 т движется равномерно под гору с уклоном 0,05 рад при силе тяги 4 кН. Определить силу сопротивления движению.

Дано: $m=12000$ кг, $\alpha = 0,05$ рад, $a = 0$, $F_T = 4 \cdot 10^3$ Н

Найти: $F_c = ?$

Решение:

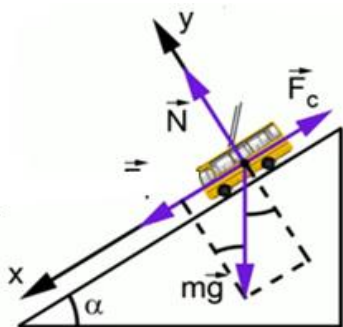


Рис. 3

Решение:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_c + \vec{F}_T = m\vec{a} \text{ по } ox: mg \cdot \sin \alpha + F_T - F_c = 0$$

при $\alpha \leq 0,1$ рад $\alpha = \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$

$$\cos \alpha = 1 \quad F_c = mg \cdot \alpha + F_T \quad F_c = 12 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,05 + 4 \cdot 10^3 = 10 \text{ [кН]}$$

Ответ: $F_c = 10$ кН.

Задача №2. На наклонной плоскости с углом 30° находится брусок массой m , на который действует горизонтальная сила, равная $mg/2$, прижимающая брусок к поверхности плоскости. С каким ускорением будет двигаться брусок при коэффициенте трения, равном $0,065$?

Дано: $\alpha = 30^\circ, F = \frac{mg}{2}, \mu = 0.065$

Найти: $a = ?$

Решение:

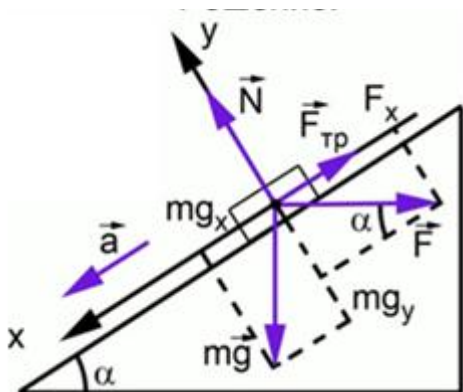


Рис. 4.

Решение:

$$mg_x = mg \cdot \sin \alpha = \frac{mg}{2}; F_x = F \cdot \cos \alpha = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}; mg_x > F_x$$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{по } ox: mg \cdot \sin \alpha - \mu N - F \cdot \cos \alpha = ma$$

$$\text{по } oy: -mg \cdot \cos \alpha + N - F \cdot \sin \alpha = 0$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha + \frac{mg}{2} \sin \alpha \quad mg \cdot \sin \alpha - \mu(mg \cdot \cos \alpha + \frac{mg}{2} \sin \alpha) - \frac{mg}{2} \cos \alpha = ma$$

$$a = g(\sin \alpha - \frac{\cos \alpha}{2} - \mu \cos \alpha - \frac{\mu \sin \alpha}{2})$$

$$a = 10(0,5 - \frac{\sqrt{3}}{4} - 0,065 \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{0,065}{4}) = 2,5(2 - 1,73 - 0,13 \cdot 1,73 - 0,065) = -0,05$$

Ответ: $a = 0$.

Задачи для самостоятельного решения

1. К нити подвешен груз массой 500 г. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом: а) поднимать с ускорением 2 м/с²; б) опускать с тем же ускорением.

2. На тело массой 10 кг, лежащее на наклонной плоскости (угол α равен 20°), действует горизонтально направленная сила 8 Н. Пренебрегая трением, определить: а) ускорение тела; б) силу, с которой тело давит на плоскость.
3. С вершины клина, длина которого 2 м и высота 1 м, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином $\mu=0,15$. Определить: а) ускорение, с которым движется тело; б) время прохождения тела вдоль клина; в) скорость тела у основания клина.
4. Два груза с неравными массами m_1 и $m_2(m_1 > m_2)$ подвешены на легкой нити, перекинутой через неподвижный блок. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая трением в оси блока, определить: а) ускорение грузов; б) силу натяжения нити.

Практическая работа №7,8

Механическая энергия и импульс.

Цель: выработка навыков решения задач; обобщить и систематизировать знания о законе сохранения и превращения механической энергии.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое энергия, работа, мощность?
2. Как определяется работа переменной силы?
3. Дайте определения кинетической и потенциальной энергии.
4. В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?
5. Каким свойством времени обусловлена справедливость закона сохранения механической энергии?
6. В чем физическая сущность закона сохранения и превращения энергии? Почему он является фундаментальным законом природы?
7. Как на основе закона сохранения механической энергии охарактеризовать положения устойчивого и неустойчивого равновесия консервативной системы?

Примеры решения задач

Задача 1. Снаряд массой 5 кг, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории имеет скорость 300 м/с. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой 3 кг полетел в обратном направлении со скоростью 100 м/с. Определить скорость второго, меньшего, осколка.

Дано: $m=5$ кг; $v=300$ м/с; $m_1=3$ кг; $v_1=100$ м/с.

Найти: v_2 .

Решение:

По закону сохранения импульса $m\bar{v} = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2$;

$$mv = -m_1v_1 + m_2v_2, \text{ где } m_2 = m - m_1; v_2 = \frac{mv + m_1v_1}{m_2} = \frac{5 \cdot 300 + 3 \cdot 100}{2} = 900 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v_2 = 900$ м/с.

Задача 2. С башни высотой 20 м горизонтально со скоростью 10 м/с брошен камень массой 400 г. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить кинетическую и потенциальную энергию камня через 1 с после начала движения.

Дано: $H = 20$ м; $v_0 = 10$ м/с; $m = 0,4$ кг; $t = 1$ с.

Найти: E_k , E_n .

Решение:

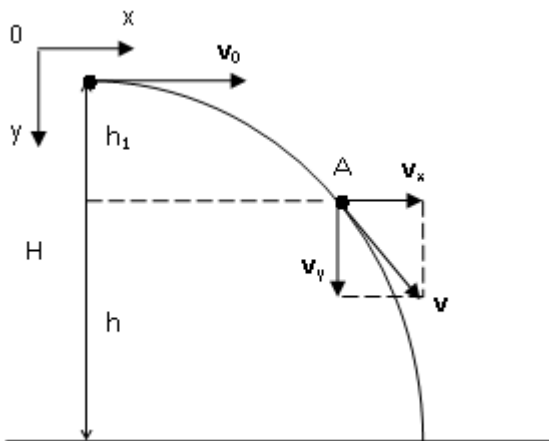


Рис. 5

В точке A $E_k = \frac{mv^2}{2}$, $E_n = mgh$, где $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$,

$$h = H - h_1, h_1 = \frac{gt^2}{2}; E_k = \frac{m}{2}(v_0^2 + g^2t^2), E_n = mg(H - \frac{gt^2}{2}).$$

Подставляя числовые данные, получим $E_k = 39,2$ Дж, $E_n = 59,2$ Дж.

Ответ: $E_k = 39,2$ Дж, $E_n = 59,2$ Дж.

Задача 3. Автомобиль массой 1,8 т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Определить: а) работу, совершаемую двигателем автомобиля на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1; б) развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолен за 5 мин.

Дано: $m = 1800$ кг; $\sin\alpha = 0,03$; $s = 5000$ м; $\mu = 0,1$; $t = 300$ с.

Найти: A, P .

Решение:

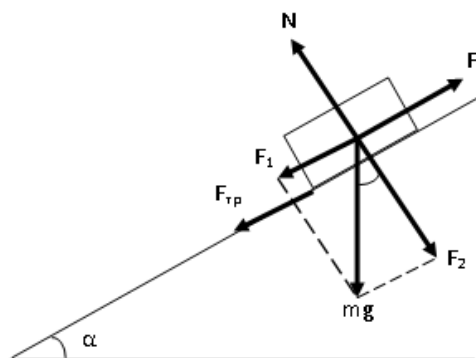


Рис. 6

$$A = F_1 s + F_{\text{тр}} s, \quad \text{где} \quad F_1 = mg \sin \alpha, \quad F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha; \quad A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha);$$

$$A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha); \quad P = \frac{A}{t}.$$

Подставляя числовые данные, получим:

$$A = 11,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$P = 38,3 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Ответ: $A = 11,5 \text{ МДж}, P = 38,3 \text{ кВт.}$

Задача 4. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нём.

Найти скорость вагона, если он движется со скоростью 36 км/ч навстречу снаряду.

Дано: $m_1=100 \text{ кг}, v_1=500 \text{ м/с}, m_2=10 \text{ т } 10^4 \text{ кг}, v_2=36 \text{ км/ч } 10 \text{ м/с}$

Найти: V -?

Решение: $m_1 \cdot v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$

$$\text{X: } m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v$$

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{100 \text{ кг} \cdot 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{100 \text{ кг} + 10000 \text{ кг}} = -4,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v = -4,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача 5. Мощность двигателя подъемного крана $P=4,4\text{кВт}$. Какой груз можно поднять при помощи этого крана на высоту 12 м в течении 30 сек. если подъем груза совершается равноускоренно? КПД=80%

Дано: $P=4400\text{Вт}$, $h=12\text{м}$, $t=30\text{с}$, $\eta=80\%$

Найти: m -?

Решение:

Действующая мощность $P = 0,8P$

$A = m g h$

Таким образом $mgh = 0,8Pt$

откуда

$$m = \frac{0,8Pt}{gh}$$

$$m = \frac{4400\text{Вт} \cdot 0,8 \cdot 30\text{с}}{10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 12\text{м}} = 880\text{кг}$$

Ответ: $m=880\text{кг}$

Задача 6. Парашютист массой 70 кг отделился от неподвижно висящего вертолета и, пролетев 150 м до раскрытия парашюта, приобрел скорость 40 м/с. Чему равна работа силы сопротивления воздуха?

Дано: $m = 70\text{ кг}$, $v_0 = 0$, $v = 40\text{ м/с}$, $S=h = 150\text{ м}$

Найти: A =?

Решение:

За нулевой уровень потенциальной энергии выберем уровень, на котором парашютист приобрел скорость v . Тогда при отделении от вертолета в начальном положении на высоте h полная механическая энергия парашютиста, равна его потенциальной энергии

$$E = E_{\text{п}} = mgh,$$

поскольку его кинетическая энергия на данной высоте равна нулю. Пролетев расстояние

$$s = h,$$

парашютист приобрел кинетическую энергию, а его потенциальная энергия на этом уровне стала равна нулю. Таким образом, во втором положении полная механическая энергия парашютиста равна его кинетической энергии:

Следовательно,

$$A = E_k - E_{п};$$

$$A = - mgh.$$

$$A = - 70 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 150 \text{ м} = -16 \text{ 100 Дж}.$$

Работа имеет знак «минус», поскольку она равна убыли полной механической энергии.

Ответ: $A = -16 \text{ 100 Дж}$.

Задача №7. На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью 20 м/с? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.

Дано: $V=20 \text{ м/с}$;

Найти: $h=?$

Решение:

Кинетическая энергия, полученная в броске, будет переходить постепенно в потенциальную энергию:

$$E_k = E_p$$

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = mgh$$

упрощаем это выражение до:

$$\frac{V^2}{2} = gh$$

При упрощенных расчетах принято величину ускорения свободного падения (g) рассчитывать как 10 Н/кг.

Математически преобразуем формулу для нахождения h :

$$h = \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{20^2}{2 \cdot 10} = 20 \text{ [м]}$$

Ответ: $h = 20$.

Задача №8. Необходимо рассчитать жесткость пружины, если известно, что при растяжении ее на 20 см пружина приобрела потенциальную энергию упругодеформированного тела 20 Дж.

Дано: $x=20 \text{ см}=0,2 \text{ м}$; $E_p=20 \text{ Дж}$;

Найти: $k=?$

Решение:

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

умножаем правую и левую часть на 2, для получения промежуточной формулы:

$$2 \cdot E_p = k \cdot x^2$$

выражаем величину k:

$$k = \frac{2 \cdot E_p}{x^2}$$

$$k = \frac{2 \cdot 20}{(0,2)^2} = 1000 \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

Ответ: $k = 1000 \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$

Задачи для самостоятельного решения

1. Какую работу совершает двигатель автомобиля «Жигули» массой 1,3 т трогаясь с места на первых 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?
2. Сани тянут на пути 100 м с силой 80 Н за веревку, составляющую угол 30° к горизонту. Какая работа совершается при этом?
3. Тело массой 100 кг поднимают с ускорением 2 м/с^2 на высоту 25 м. Какая работа совершается при подъеме тела?
4. Какую кинетическую энергию нужно сообщить телу массой 0,50 кг, чтобы оно поднялось вертикально вверх на 10 м? Сопротивлением пренебречь.
5. С какой начальной скоростью v_0 надо бросать вниз мяч с высоты 2 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 4 м? Считать удар о землю абсолютно упругим.
6. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 8 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретет пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении?
7. На какую высоту за минуту может поднять 400 м^3 воды насос, развивающий полезную мощность 2000 кВт?
8. Поезд массой 1200 т движется по горизонтальному пути с постоянной скоростью 54 км/ч. Определить коэффициент сопротивления движению, если тепловоз развивает полезную тяговую мощность 882 кВт.

9. Поезд массой 600 т равномерно поднимается в гору с уклоном 5 м на 1 км пути. Коэффициент трения 0,002. Определить развиваемую тепловозом мощность при скорости движения 36 км/ч.
10. Танк массой 30 т поднимается в гору с углом наклона 30° к горизонту. Какую максимальную скорость может развить танк при полезной мощности 360 кВт? Сопротивлением движению пренебречь.
11. Мальчик массой 22 кг, бегущий со скоростью 2,5 м/с, вскакивает сзади на платформу массой 12 кг. Чему равна скорость платформы массой с мальчиком?
12. Мяч массой 1,8 кг, движущийся со скоростью 6,5 м/с, под прямым углом ударяется в стенку и отскакивает от нее со скоростью 4,8 м/с. Чему равен импульс силы, действующей на мяч?
13. Вагон массой 30 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 1,5 м/с, автоматически на ходу сцепляется с неподвижным вагоном массой 20 т. С какой скоростью движется сцепка?
14. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростью 8 м/с и 3 м/с соответственно, направленными вдоль одной прямой. С какой скоростью они будут двигаться после упругого соударения, если первый догоняет второй? Двигутся навстречу друг другу?
15. На тележку массой 100 кг, движущуюся равномерно по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью 3 м/с, вертикально падает груз массой 50 кг. С какой скоростью будет двигаться тележка, если груз не соскальзывает с нее?
16. Граната, летевшая в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка массами 1 кг и 1,5 кг. Скорость большего осколка осталась после разрыва горизонтальной и возросла до 25 м/с. Определите скорость и направление движения меньшего осколка.
17. Ракета, поднимающаяся вертикально вверх со скоростью 100 м/с, разрывается на три части. Две части по 0,5 кг каждая разлетаются горизонтально – одна на восток, другая на запад. Чему равна скорость третьей части, масса которой равна 1 кг?
18. Снаряд массой 40 кг, летевший в горизонтальном направлении со скоростью 600 м/с, разрывается на две части с массами 30 и 10 кг. Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900 м/с. Определить величину и направление скорости меньшей части снаряда.
19. Определить импульс, полученный стенкой при ударе об нее шарика массой $m = 300$ г, если шарик двигался со скоростью $u = 8$ м/с под углом 60° к плоскости стенки. Удар о стенку считан упругим.
20. Шар массой $m_1 = 10$ кг сталкивается с шаром массой $m_2 = 4$ кг. Скорость первого шара $U_1 = 4$ м/с, второго $U_2 = 12$ м/с. Найти общую скорость шаров после

удара, когда шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным и неупругим.

Практическая работа №9,10.

Механические колебания и волны.

Цель: научиться самостоятельно находить параметры и величины, характеризующие механические колебания и волны, анализировать и синтезировать полученную информацию.

Контрольные вопросы.

1. Что собой представляет потенциальная энергия колебаний груза на пружине и математического маятника?
2. Как выполняется закон сохранения энергии при совершении колебаний (см. рис. 1,2)? Ответ поясните математической записью закона.

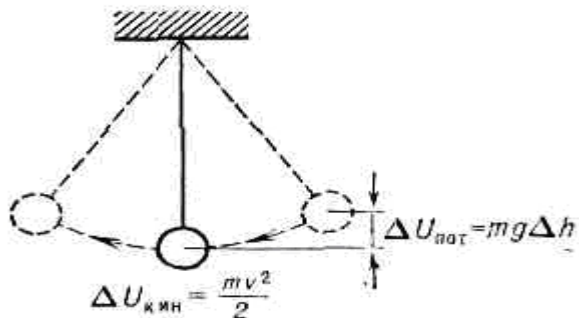
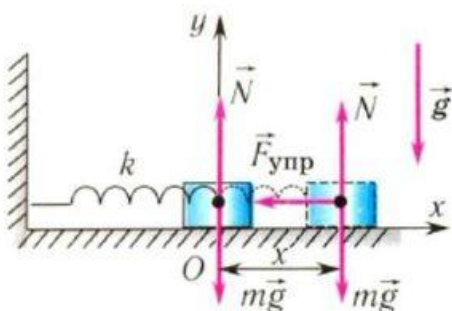


Рис.7. Колебания пружинного маятника.

Рис.8. Колебания математического маятника.

3. В каком случае в колебательной системе полная механическая энергия при свободных колебаниях остается неизменной?

Примеры решения задач

Задача1. По графику на рис.9 нужно определить: амплитуду (модульное значение), период колебаний, время всех колебаний. Рассчитать собственную частоту, циклическую частоту, записать уравнение гармонических колебаний.

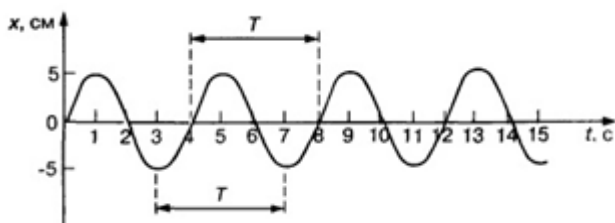


Рис.9.

Решение:

По графику на рис.9 определяем: амплитуду (модульное значение) $A = 5\text{ см}$; период колебаний $T = 4\text{ с}$; время всех колебаний $t = 15\text{ с}$.

Собственная частота колебаний: $\nu = \frac{1}{T}$, $\nu = 0,25\text{ с}$;

Циклическая частота: $\omega = 2\pi\nu$, $\omega = 0,5\pi$;

Фаза $\varphi = \omega \cdot t$, $\varphi = 7,5\pi$.

Записываем уравнение гармонических колебаний $x = A \cdot \sin(\varphi_0 + \omega \cdot t)$, т.е. $x = 0,05 \sin 7,5\pi$

Задача2. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A=4\text{ см}$ и периодом $T=2\text{ с}$. Напишите уравнение движения точки, если её движение начинается из положения $x_0 = 2\text{ см}$.

Дано: $A=0,04\text{ м}$, $T=0,02\text{ м}$, $x_0 = 2\text{ см}$

Найти: $x(t)$ -?

Решение:

Запишем уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$

В начальный момент времени $t=0$ положение точки:

$$x_0 = A \cdot \cos\varphi$$

Отсюда найдём начальную фазу:

$$\cos\varphi = \frac{x_0}{A} = 0,5; \quad \varphi = \frac{\pi}{3}$$

Зная период, можем найти угловую частоту колебаний:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \pi \text{ с}^{-1}$$

Подставляя значения амплитуды, угловой частоты и начальной фазы в уравнение колебаний, получаем:

$$x = 0,04 \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{3}\right), \text{ м}$$

Ответ: $x = 0,04 \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{3}\right)$, м

Задача3. Спиральная пружина обладает жёсткостью $k=25$ Н/м. Определите, тело какой массы m должно быть подвешено к пружине, чтобы за $t=1$ мин совершалось 25 колебаний.

Дано: $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, $t=60$ с, $N=25$

Найти: $m=?$

Решение:

По определению период равен:

$$T = \frac{t}{N}$$

Период также может быть выражен через массу тела и жёсткость пружины:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Объединяя формулы, найдём массу:

$$m = k \cdot \left(\frac{T}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \frac{k \cdot t^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot N^2} = 3,65 \text{ кг}$$

Ответ: $m=3.65$ кг

Задачи для самостоятельного решения

1. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.
2. Частота колебаний крыльев комара 600 Гц, а период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Какое из насекомых сделает при полете больше взмахов крыльями за 1 мин и на сколько?
3. Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,5 кН/м, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с?
4. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один совершает 10, а второй 30 колебаний?
5. Рыболов заметил, что за 10 с поплавков совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волн?
6. Частотный диапазон рояля от 90 до 9000 Гц. Найти диапазон длин звуковых волн в воздухе.

Практическая работа №11,12

Характеристики молекул. Основные положения МКТ

Цель: усвоить основные законы молекулярно-кинетической теории газов научиться применять их при решении задач.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте основные положения МКТ.
2. Дайте определение диффузии и броуновского движения.
3. Какой газ называют «идеальным»
4. Когда газ можно считать «идеальным»
5. При каких условиях происходит испарение?
6. Какой пар называют насыщенным?
7. Что такое влажность воздуха? Как определяется влажность воздуха?

Примеры решения задач

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

Дано: $m(\text{Al})=5,4 \text{ кг}$, $M(\text{Al})=27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

Найти: $\nu = ?$

Решение:

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

$$\nu = \frac{5,4 \text{ кг}}{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 200 \text{ моль}$$

Ответ: $\nu = 200 \text{ моль}$.

Задача №2. Чему равно число молекул в 10 г кислорода?

Дано: $m(\text{O}_2)=10 \text{ г}=0,01 \text{ кг}$, $M(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \text{ моль}^{-1}$, $N_a=6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Найти: N -?

Решение:

$$\nu = \frac{N}{N_a}$$

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

$$\frac{N}{N_a} = \frac{m}{M}$$

$$N = \frac{N_a \cdot m}{M}$$

$$N = \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ Моль}^{-1}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}} = 1,88 \cdot 10^{23}$$

Ответ: $N \approx 1,88 \cdot 10^{23}$

Задача №3. Определите сколько молекул воды в объёме 2л.

Дано: $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, $\rho(H_2O) = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $M(H_2O) = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}$

Найти: N -?

Решение:

$$N = \frac{N_a \cdot m}{M}$$

Найдём массу воды через объём и плотность:

$$N = \frac{V \cdot \rho}{M} \cdot N_A$$

$$N = \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ Моль}^{-1}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Моль}}} = 6,7 \cdot 10^{25}$$

Ответ: $N = 6,7 \cdot 10^{25}$

Задача №4. Каково давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул $600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а его плотность $1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$?

Дано: $v = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\rho = 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Найти: p -?

Решение:

$$p = \frac{1}{3} m_0 \cdot n \cdot v^2$$

$$m_0 \cdot n = m_0 \cdot \frac{N}{V} = \frac{m}{V} = \rho$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \cdot v^2$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot 1.54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(600 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = 184800 \text{ Па}$$

Ответ: $p=1,848 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить относительную молекулярную массу молекулы серной кислоты.
2. Сколько молекул в 4 молях углекислого газа?
3. Чему равно количество вещества в 2 куб. дм воды?
4. Чему равна масса молекулы азота, если известна молярная масса азота.
5. Под каким давлением находится газ в сосуде, если известны средний квадрат скорости его молекул, концентрация молекул и масса одной молекулы
6. Определить среднюю кинетическую энергию каждого атома газа в колбе, заполненной гелием, если известны объем колбы, общее число атомов газа, давление газа в колбе.
7. Вычислить средний квадрат скорости движения молекул газа, если известны масса газа, объем газа и давление газа.

Практическая работа №13,14

Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы.

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов

Примеры решения задач:

Задача №1. В сосуде объемом 1 л находится 2 г углекислого газа при температуре 17 °С. Каково давление газа?

Дано: $V=10^{-3} \text{ м}^3$, $m=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, $T=290 \text{ К}$, $M_r=44$

Найти: p -?

Решение:

Так как состояние газа не изменяется, то применяем уравнение Менделеева-

Клапейрона:
$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Все параметры, кроме искомого p , известны. Выражаем p :
$$p = \frac{mRT}{MV}$$

$$P = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 290 \text{ К}}{44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $p = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Задача №2. В цилиндре двигателя в начале такта сжатия температура воздуха была 40°C , а давление $0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Во время сжатия объем воздуха уменьшился в 15 раз, а давление увеличилось до $3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Определить температуру сжатого воздуха.

Дано: $P_1 = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T_1 = 313 \text{ К}$, $P_2 = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$, $V_1 = 15V_2$, $V_1 = 15V_2$

Найти: T_2 -?

Решение:

Так как параметры газа при переходе из первого состояния во второе изменяются, то для связи между параметрами применяем объединенный газовый закон:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Из него выражаем искомый параметр T_2 :

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1},$$

$$T_2 = 313 \text{ К} \cdot \frac{3,5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot V_2}{0,8 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 15V_2} = 913 \text{ К}$$

Ответ: $T_2 = 913 \text{ К}$

Задача №3. На графике в координатных осях $P(V)$ представлен замкнутый цикл для некоторой массы идеального газа. Представить этот цикл в координатных осях

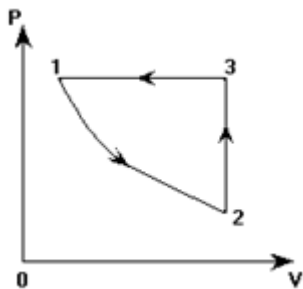
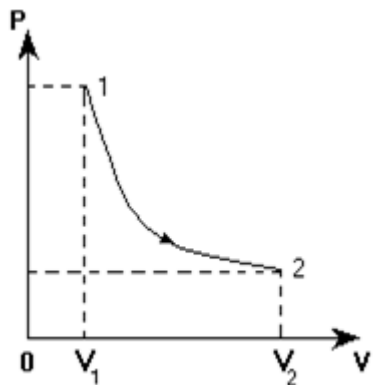


Рис. 10

Решение:

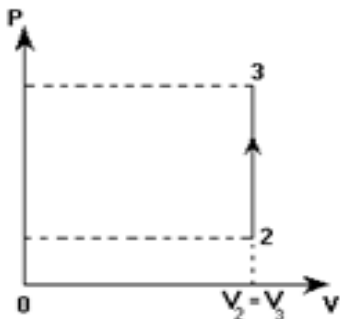
Проанализируем, как изменяются параметры газа при каждом изменении состояния:

1. **Переход 1-2.** Линия 1-2 - изотерма. Значит, температура остается постоянной ($T = \text{const}$). Давление P при переходе из состояния 1 в состояние 2 уменьшается (это видно из графика). Объем V возрастает (также из графика).



Процесс «1-2» - изотермическое расширение.

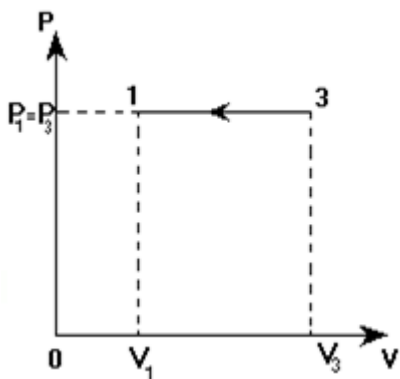
2. **Переход 2-3.** Остается постоянным объем ($V = \text{const}$). Давление газа при переходе из состояния 2 в состояние 3 возрастает. По закону Шарля: $P \sim T$. Значит, $T_3 > T_2$ (температура растет).



Процесс «2-3» - изохорное нагревание.

3. **Переход 3-1.** Не изменяется давление ($P = \text{const}$). Объем уменьшается ($V_1 < V_3$). Из закона Гей-Люссака ($P \sim T$) следует:

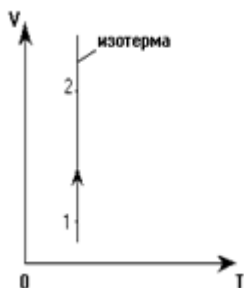
$T_1 < T_3$. Температура уменьшается.



Процесс «3-1» - изобарное охлаждение.

Изображаем эти процессы в координатных осях $V(T)$:

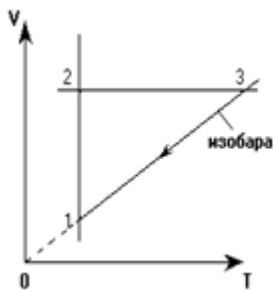
Переход 1-2. С учетом анализа: $T = const$, P уменьшается, V возрастает. Произвольно изображаем изотерму. На ней выбираем точки «1» и «2» с учетом того, что $V_2 > V_1$.



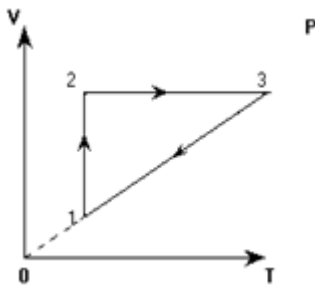
3. **Переход 2-3.** Через точку «2» проводим изохору, так как процесс 2-3 - изохорный ($V = const$). Точка «3» находится на этой изохоре, правее точки «2», так как согласно анализу $T_3 > T_2$. Точное положение точки «3» определится следующим построением изобары 3-1: точка «3» найдется пересечением изохоры 2-3 и изобары 3-1.



4. **Переход 3-1.** Через точку «1» проводим изобару и тем самым определяем положение точки «3». При переходе 1-3 объем газа уменьшается, что также соответствует анализу.



Итак, данный замкнутый процесс имеет следующий вид в координатных осях $V(T)$:



Задача №4. Два баллона соединены трубкой с краном. В первом находится газ под давлением 10^5 Па, во втором - под давлением $0,6 \cdot 10^5$ Па. Емкость первого баллона 1 л, второго - 3 л. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температуру считать постоянной.

Дано: $P_1 = 10^5$ Па, $P_2 = 0,6 \cdot 10^5$ Па, $V_1 = 10^{-3}$ м³, $V_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ м³,

Найти: $p' = ?$

Решение:

В этой задаче происходит изменение состояния обоих газов. Газ из первого баллона распределится по всему объему; P_1 и V_1 – его параметры в начальном состоянии, а P_1' и $V_1 + V_2$ – его параметры в конечном состоянии. Так как температура газа при этом не менялась, то для этого изменения состояния можно применить закон Бойля-Мариотта:

$$P_1 \cdot V_1 = P_1' \cdot (V_1 + V_2) .$$

Отсюда: $P_1' = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2}$ - конечное давление газа из первого баллона.

Аналогично для давления газа из второго баллона:

$$P_2' = \frac{P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Согласно закону Дальтона общее давление газов равно сумме их давлений:

$$P' = P_1' + P_2' = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2};$$

$$P' = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{10^{-3} \text{ м}^3 + 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Ответ: $p' = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Баллон содержит сжатый газ при 27°C и давлении 40 атм. Каково будет давление, если из баллона выпустить половину газа, а температуру понизить до 12°C ?
2. Тонкий резиновый шар радиусом 2 см наполнен воздухом при температуре 20°C и нормальном давлении. Каков будет радиус шара, если его опустить в воду с температурой 4°C на глубину 20 м?
3. Цилиндрический сосуд заполнен газом при температуре 27°C и давлении 100 кПа и разделен пополам подвижной перегородкой. Каким будет давление, если газ в одной половине нагреть до 57°C , а во второй половине температуру газа оставить без изменения?
4. Построить графики изопроцессов в координатных осях $P(V)$ и $P(T)$.

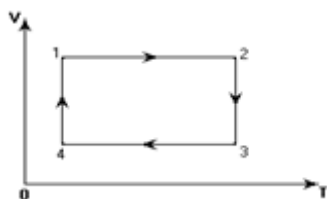


Рис. 11

5. Построить графики изопроцессов в координатных осях $P(T)$ и $V(T)$.

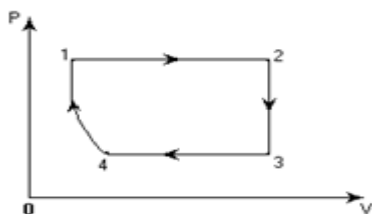


Рис. 12

Практическая работа №15.16

Внутренняя энергия. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?

Дано: $A = 15 \text{ кДж} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$, $T = \text{const}$

Найти: $Q = ?$

Решение:

При изотермическом процессе ($T = \text{const}$) внутренняя энергия газа не меняется, то есть

$$\Delta U = 0.$$

Тогда газ совершает механическую работу за счет 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 кДж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?

Дано: $\Delta U = 500 \text{ Дж}$

Найти: $Q = ?$ $A = ?$

Решение:

Газ находится в закрытом баллоне, следовательно, объем газа не меняется, то есть

$$V = \text{const} \quad \text{и} \quad \Delta U = 0.$$

Газ работу не совершает, т. к. $A = p\Delta V$ $A = 0$.

Тогда при изменении внутренней энергии газ отдает количество теплоты, равное $Q = 500 \text{ Дж}$ (знак « \gg » показывает, что газ выделяет количество теплоты)

Ответ: $Q = 500 \text{ Дж}$; $A = 0$.

Задача №3. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0,5 кг при изохорном повышении его температуры на 15 °С.

Дано: $m = 0,5$ кг, $V = \text{const}$, $\Delta t = 15$ С, $\Delta T = 15^{\circ}\text{K}$, $C_p = 920$ Дж/кг·°К

Найти: ΔU ?

Решение:

Согласно первому закону термодинамики:

$$\Delta U = Q + A$$

Работа газа

$$A = p \Delta V = 0,$$

т. к. $V = \text{const}$, $\Delta U = 0$.

То есть $\Delta U = Q$ - внутренняя энергия газа увеличилась за счет получения количества теплоты.

Количество теплоты, полученное кислородом:

$$Q = C_p m \Delta T$$

где C_p - удельная теплоемкость кислорода при постоянном давлении (находят из таблиц).

Следовательно, $\Delta U = C_p \cdot m \cdot \Delta T$;

$$\Delta U = 920 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{K} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 15^{\circ}\text{K} = 6900 \text{ Дж}.$$

Ответ: $\Delta U = 6900$ Дж = 6,9 кДж.

Задачи для самостоятельного решения

1. В цилиндре под поршнем находится 1,25 кг воздуха. Для его нагревания на 4°С при постоянном давлении было затрачено 5 кДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии воздуха, молярная масса которого 0,029 кг/моль.
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 некотором процессе газ совершил работу $A=30$ Дж, получив при этом количество теплоты $Q=50$ Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?
Ответ: 20 Дж.

4. В начальном состоянии внутренняя энергия идеального газа $U_1=25$ Дж. Газ изохорно нагрели, сообщив ему, количество теплоты $Q=50$ Дж. Определите величину внутренней энергии в конечном состоянии. Ответ: 75 Дж.
5. Идеальный газ, находящийся под давлением $p=2 \cdot 10^5$ Па и количеством 2 моль, изобарно нагрелся от температуры $T_1=300$ К до $T_2=370$ К. Количество теплоты переданное газу $Q=590 \cdot 10^{-5}$ Дж. Определите изменение внутренней энергии газа. Ответ: 83 мкДж.
6. При изотермическом сжатии газ передал окружающим телам теплоту 800 Дж. Какую работу совершил при этом газ? Какую работу совершили внешние силы?
7. При адиабатическом сжатии газа была совершена работа 200 Дж. Как и насколько изменилась при этом внутренняя энергия газа?
8. В процессе адиабатического расширения газ совершил работу равную $3 \cdot 10^3$ Дж. Как и на сколько изменилась внутренняя энергия газа, если при его адиабатическом сжатии над ним была совершена работа 200 Дж?
9. Один моль одноатомного идеального газа находится в закрытом сосуде при температуре 27°C . Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы повысить его давление в три раза?
10. Идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 4 так, как показано на рисунке. Вычислите работу, совершаемую газом.

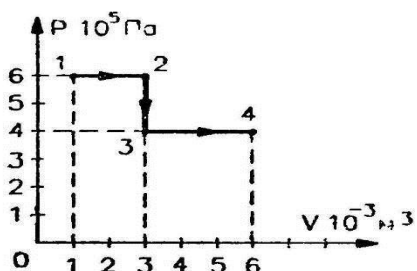


Рис. 13

Практическая работа №19,20

Напряженность электрического поля. Закон Кулона.

Цель: обобщить и систематизировать знания о принципе суперпозиции полей, законе Кулона, законе сохранения электрического заряда.

Примеры решения задач

Задача №1. Два одинаковых положительных точечных заряда расположены на расстоянии r друг от друга в вакууме. Определите напряжённость электрического поля в точке, расположенной на одинаковом расстоянии r от этих зарядов.

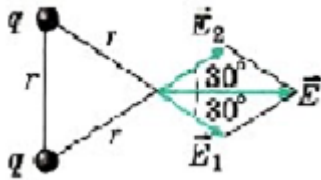


Рис. 14

Дано: $q_1 = q_2 = q, r$

Найти: $\vec{E}=?$

Решение: Согласно принципу суперпозиции полей искомая напряжённость \vec{E} равна геометрической сумме напряжённостей полей, созданных каждым из зарядов:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$

Модули напряжённостей полей зарядов равны:

$$E_1 = E_2 = k \frac{q}{r^2}.$$

Диагональ параллелограмма, построенного на векторах \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , есть напряжённость результирующего поля, модуль которой равен:

$$E = 2E_1 \cos 30^\circ = 2k \frac{q}{r^2} \frac{\sqrt{3}}{2} = k \frac{q\sqrt{3}}{r^2}.$$

Задача №2. Проводящая сфера радиусом $R = 0,2$ м, несущая заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-4}$ Кл, находится в вакууме. Определите: 1) модуль напряжённости \vec{E} электрического поля на её поверхности; 2) модуль напряжённости \vec{E}_1 электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии $r_1 = 10$ м от центра сферы; 3) модуль напряжённости \vec{E}_0 в центре сферы.

Дано: $R = 0,2$ м, $q = 1,8 \cdot 10^{-4}$ Кл, $r_1 = 10$ м

Найти: $\vec{E}=?$, $\vec{E}_1=?$, $\vec{E}_0=?$

Решение: Электрическое поле заряженной сферы вне её совпадает с полем точечного заряда. Поэтому

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

Следовательно,

$$1) E = k \frac{q}{R^2} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ Н/Кл};$$

$$2) E_1 = k \frac{q}{r_1^2} \approx 16 \cdot 10^3 \text{ Н/Кл};$$

3) напряжённость поля в любой точке внутри проводящей сферы равна нулю:
 $E_0 = 0$.

Задача №3. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 3$ см находятся три точечных заряда $q_1 = q_2 = 10^{-9}$ Кл, $q_3 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определите напряжённость электрического поля в центре треугольника в точке O .

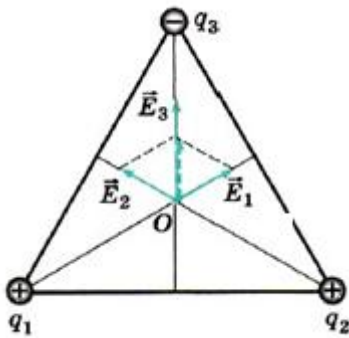


Рис. 15

Дано: $a = 3$ см, $q_1 = q_2 = 10^{-9}$ Кл, $q_3 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл

Найти: $E_0 = ?$

Решение: Согласно принципу суперпозиции полей напряжённость поля в точке O равна векторной сумме напряжённостей полей, созданных каждым зарядом в отдельности:

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3,$$

Причём

$$E_1 = E_2 = k \frac{q_1}{r^2},$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{r^2}, \quad \text{где}$$

$$r = \frac{a}{2 \cos 30^\circ} = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad |q_3| = 2q_1.$$

На рисунке показаны векторы напряжённостей \vec{E}_1 , \vec{E}_2 , \vec{E}_3 . Сначала сложим векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 . Как видно из рисунка, угол между этими векторами равен 120° . Следовательно, модуль суммарного вектора равен модулю $|\vec{E}_1|$ и направлен в ту же сторону, что и вектор \vec{E}_3 .

Окончательно запишем:

$$E_0 = E_1 + E_3 = k \frac{q_1}{r^2} + 2k \frac{q_1}{r^2} = 3k \frac{q_1}{r^2} = 9k \frac{q_1}{a^2} = 9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл.}$$

Ответ: $E_0 = 9 \cdot 10^4 \text{ Кл}$

Задача №4. Расстояние между двумя неподвижными зарядами $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 10^{-9} \text{ Кл}$ равно 1 м. В какой точке напряжённость электрического поля равна нулю?

Дано: $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 10^{-9} \text{ Кл}$, $r = 1 \text{ м}$

Найти: $x = ?$

Решение:

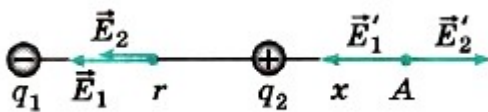


Рис. 16

Очевидно, что на отрезке между зарядами напряжённость не может быть равна нулю, так как напряжённости полей \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , созданных этими зарядами, направлены в одну сторону.

Следовательно, напряжённость поля может быть равна нулю или справа, или слева от зарядов на линии, проходящей через эти заряды.

Так как модуль первого заряда больше, чем модуль второго, то эта точка должна находиться ближе ко второму заряду, т. е. в нашем случае справа от зарядов.

Расстояние от второго заряда до точки А обозначим через x . Тогда из условия,

что $|\vec{E}'_1| = \vec{E}'_2$, можно записать: $k \frac{2q_2}{(r+x)^2} = k \frac{q_2}{x^2}$.

Решая это уравнение, получаем $\left(\frac{x+r}{x}\right)^2 = 2$, $\frac{x+r}{x} = \pm \sqrt{2}$.

Окончательно

$$x = \frac{r}{\sqrt{2}-1} \approx 2,4 \text{ м.}$$

Ответ: $x = 2,4 \text{ м}$

Задача №5. Два одинаковых шарика обладают зарядами 8 нКл и -4 нКл. Шарики приводят в соприкосновение и разводят на прежние места. Как изменилась сила взаимодействия этих зарядов (заряженных шариков)?

Дано: $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $q_2 = -4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

Найти: $\frac{F_1}{F}=?$

Решение:

Система из двух шариков замкнутая, следовательно, сумма зарядов, входящих в эту систему, остаётся величиной постоянной (закон сохранения электрического заряда):

$$q_1 + q_2 = Q$$

Так как шарики одинаковые, то при соприкосновении заряд перераспределится и заряды шариков будут одинаковыми ($q_1 = q_2 = q$):

$$q_1 + q_2 = 2q$$

$$q = \frac{Q}{2} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{2} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Запишем кулоновскую силу до взаимодействия зарядов (шариков):

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

Кулоновская сила после взаимодействия зарядов (шариков):

$$F_1 = \frac{k|q||q|}{\varepsilon \cdot r^2} = \frac{kq^2}{\varepsilon \cdot r^2}$$

Отношение этих сил равно:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{kq^2 \cdot \varepsilon \cdot r^2}{\varepsilon \cdot r^2 \cdot k|q_1||q_2|} = \frac{q^2}{|q_1||q_2|}$$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{8 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{8}$$

Ответ: $F = 8F_1$

Задача №6. Капля масла, масса которой 10^{-7} кг, находится в электрическом поле во взвешенном состоянии. Напряжённость электрического поля равна 100 Н/Кл. Необходимо определить заряд капли масла.

Дано: $m=10^{-7}$ кг; $E = 100 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$

Найти: $q=?$

Решение: На рисунке изображена капля, находящаяся в однородном электрическом поле (между положительно заряженной плоскостью (внизу) и отрицательно заряженной плоскостью (вверху)).

Капля будет находиться в состоянии покоя, если сила тяжести, действующая на неё, и сила электрического действия ($F_{эл}$) (то есть кулоновская сила, которая действует на заряд, сосредоточенный на капле) обеспечивают ей равновесие.

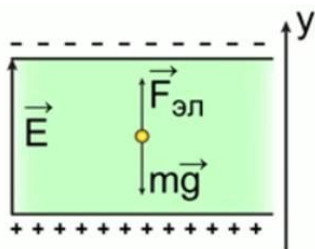


Рис. 17

$$\vec{F}_{\text{эл}} + \vec{mg} = 0$$

Согласно направлению векторов действующих сил и выбранной оси OY :

$$F_{\text{эл}} - mg = 0$$

$$F_{\text{эл}} = mg$$

Напряжённость электрического поля равна отношению электрической силы к заряду, помещённому в это поле:

$$E = \frac{F_{\text{эл}}}{q}$$

$$F_{\text{эл}} = E \cdot q$$

Так как $F_{\text{эл}} = mg$, то:

$$mg = E \cdot q$$

Из полученного выражения найдём заряд капли масла:

$$q = \frac{mg}{E}$$

$$q = \frac{10^{-7} \cdot 10}{100} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

Ответ: $q = 10^{-8}$ Кл

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 капельки и число избыточных электронов на ней.
2. Точечный заряд q — 10^{-9} Кл окружён сферической оболочкой из диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$. 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 концентрические 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 $2,5R$?
4. С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга?
5. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мкКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН?
6. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
7. В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила $0,4$ мкН. Найти напряжённость поля в этой точке.

Практическая работа №21,22

Энергия конденсатора

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов

Контрольные вопросы:

1. Как измерить разность потенциалов между двумя проводниками?
2. Почему диэлектрик ослабляет электростатическое поле?
3. Какой опыт доказывает отсутствие электрического поля внутри проводника?

Примеры решения задач

Задача №1. Какова емкость конденсатора, если при разности потенциалов $2,5 \cdot 10^3$ В на его обкладках находятся заряды по $50 \cdot 10^{-9}$ Кл?

Дано: $q = 50 \cdot 10^{-9}$ Кл, $\Delta\varphi = 2,5 \cdot 10^3$ В

Найти: $C = ?$

Решение:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi}$$

$$C = \frac{50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{2,5 \cdot 10^3 \text{ В}} = 2 \cdot 10^{-11} = 20 \text{ пФ}$$

Ответ: $C = 20$ пФ

Задача №2. Определить толщину диэлектрика между пластинами плоского конденсатора, емкость которого $1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, активная площадь пластин $14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, если диэлектрик — слюда ($\epsilon = 6$).

Дано: $C = 1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $S = 14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Найти: d — ?

Решение:

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

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

$$d = \frac{6 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{М}} \cdot 14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{1400 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,531 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Ответ: $d = 0,053 \text{ мм}$

Задача №3. Емкость батареи конденсаторов, образованной двумя последовательно включенными конденсаторами, $100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, а заряд $20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Определите емкость второго конденсатора, а также разность потенциалов на обкладках каждого из них, если $C_1 = 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$.

Дано: $C_{\text{общ}} = 100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $q = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $C_1 = 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$

Найти: $C_2 = ?$

Решение:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{\text{общ}} \cdot (C_1 + C_2) = C_1 \cdot C_2$$

$$C_{\text{общ}} \cdot C_1 + C_{\text{общ}} \cdot C_2 = C_1 \cdot C_2$$

$$C_1 \cdot C_2 - C_{\text{общ}} \cdot C_2 = C_{\text{общ}} \cdot C_1$$

$$C_2 \cdot (C_1 - C_{\text{общ}}) = C_{\text{общ}} \cdot C_1$$

$$C_2 = \frac{C_{\text{общ}} \cdot C_1}{C_1 - C_{\text{общ}}}$$

$$C_2 = \frac{100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot 200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}{200 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} - 100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 200 \text{ Ф}$$

При последовательном соединении заряд на конденсаторах равный:

$$q_1 = q_2$$

Напряжения также получатся одинаковыми:

$$U_1 = U_2 = \frac{q_1}{C_1}$$

$$U_1 = \frac{20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{200 \cdot 10^{-12}} = 100 \text{ В}$$

Ответ: $U_1 = U_2 = 100 \text{ В}$

Задача №4. Площадь пластин конденсатора равна $520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. На каком расстоянии нужно разместить пластины в воздухе, чтобы емкость конденсатора была равна $50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$?

Дано: $S=520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $C = 50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $\varepsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$

Найти: $d=?$

Решение:

Емкость конденсатора без диэлектрика:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$d = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{C}$$

$$d = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 520 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,0092 \text{ м}$$

Ответ: $d = 0,0092 \text{ м}$

Задача №5. Конденсатору емкостью $20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ сообщили заряд $5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Какова энергия заряженного конденсатора?

Дано: $C=20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $q=5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

Найти: $W=?$

Решение:

Энергию электрического поля, накопленную конденсатором, можно вычислить по формуле:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$W = \frac{(5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл})^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 0.625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Ответ: $W = 0.625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$

Задачи для самостоятельного решения

1. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином, равно 2 мм, а напряжение 200 В. Найти плотность энергии поля.
2. Найти емкость C уединенного металлического шара радиусом $R=1$ см.
3. Два металлических шара радиусами $R_1=2$ см и $R_2=6$ см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд $Q=1$ нКл. Найти поверхностную плотность σ зарядов на шарах.
4. Расстояние d между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 м, площадь S пластин равна 20 см^2 . В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной $d_1=0,7$ мм и эбонита толщиной $d_2=0,3$ мм. Определить емкость C конденсатора.
5. Два конденсатора емкостями $C_1=3$ мкФ и $C_2=6$ мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС $\xi=120$ В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

Практическая работа №23,24,25,26

Закон Ома для участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Соединения проводников.

Цель: Повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. При подключении лампочки к батарейки элементов с ЭДС 4,5В вольтметр показал напряжение на лампочке 4В, а амперметр силу тока 0,25А. Каково внутреннее сопротивление батарейки?

Дано: $U=4$ В, $\varepsilon = 4,5$ В, $I = 0,25$ А

Найти: $r = ?$

Решение:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

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

$$R + r = \frac{\varepsilon}{I}$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - R$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - \frac{U}{I}$$

$$r = \frac{4,5\text{В}}{0,25\text{ А}} - \frac{4\text{ В}}{0,25\text{ А}} = 2\text{ Ом}$$

Ответ: $R_1=2\text{ Ом}$.

Задача №2. При прохождении 20 Кл электричества по проводнику сопротивлением 0,5 Ом совершается работа 100 Дж. Найдите время существования тока в проводнике.

Дано: $q=20\text{ Кл}$, $A=100\text{ Дж}$

Найти: $t=?$

Решение:

$$A = I^2 \cdot R \cdot t$$

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

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

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

$$t = \frac{(20\text{ Кл})^2 \cdot 0,5\text{ Ом}}{100\text{ Дж}} = 2\text{ с}$$

Ответ: $t=2\text{ с}$

Задача №3. Аккумулятор с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом питает внешнюю цепь с сопротивлением 12,4 Ом. Какое количество теплоты Q выделится во всей цепи за время $t = 600\text{ с}$?

Дано: $\varepsilon = 6\text{ В}$, $r = 0,1\text{ Ом}$, $R = 12,4\text{ Ом}$, $t=600\text{ с}$

Найти: $Q=?$

Решение:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot t$ – количество теплоты, выделившейся на внешнем участке цепи

$Q_2 = I^2 \cdot r \cdot t$ – количество теплоты, выделившейся на внутреннем участке цепи

$$Q = Q_1 + Q_2 = I^2 \cdot (R + r) \cdot t = \frac{\varepsilon^2 \cdot t}{R + r}$$

$$Q = \frac{(6\text{В})^2 \cdot 600\text{ с}}{12,4\text{ Ом} + 0,1\text{ Ом}} = 1728\text{ Дж}$$

Ответ: $Q=1728\text{ Дж}$

Задача №4. Определите параметры источника тока, если известно, что максимальная мощность, равная 40 Вт, выделяется при подключении резистора сопротивлением 10 Ом.

Дано: $P_{max} = 40$ Вт, $R = 10$ Ом

Найти: $\varepsilon = ?$

Решение:

Максимальная мощность выделяется при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений, следовательно, $R = r = 10$ Ом.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} \cdot R = \frac{\varepsilon^2}{4R}$$

$$\varepsilon = 2\sqrt{R \cdot P_{max}}$$

$$\varepsilon = 2 \cdot \sqrt{10 \text{ Ом} \cdot 40 \text{ Вт}} = 40 \text{ В}$$

Ответ: $\varepsilon = 40$ В

Задачи для самостоятельного решения

1. За некоторый промежуток времени электрическая плитка, включённая в сеть с постоянным напряжением, выделила количество теплоты Q . Какое количество теплоты выделяют за то же время две такие плитки, включённые в ту же сеть последовательно? параллельно? Изменение сопротивления спирали в зависимости от температуры не учитывать.
2. Чему равно напряжение на клеммах гальванического элемента с ЭДС, равной E , если цепь разомкнута?
3. Чему равна сила тока при коротком замыкании аккумулятора с ЭДС $E = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,01$ Ом?
4. Батарейка для карманного фонаря замкнута на резистор переменного сопротивления. При сопротивлении резистора, равном 1,65 Ом, напряжение на нём равно 3,30 В, а при сопротивлении, равном 3,50 Ом, напряжение равно 3,50 В. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки.

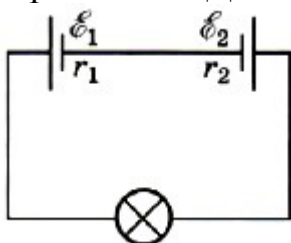


Рис.18

5. Источники тока с ЭДС 4,50 В и 1,50 В и внутренними сопротивлениями 1,50 Ом и 0,50 Ом, соединённые, как показано на рисунке (15.13), питают лампу от карманного фонаря. Какую мощность потребляет лампа, если известно, что сопротивление её нити в нагретом состоянии равно 23 Ом?
6. Замкнутая цепь питается от источника с ЭДС $E = 6$ В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом. Постройте графики зависимости силы тока в цепи,

напряжения на зажимах источника и мощности от сопротивления внешнего участка.

7. Два элемента, имеющие одинаковые ЭДС по 4,1 В и одинаковые внутренние сопротивления по 4 Ом, соединены одноимёнными полюсами, от которых сделаны выводы, так что получилась батарейка. Какую ЭДС и какое внутреннее сопротивление должен иметь элемент, которым можно было бы заменить такую батарейку?

Практическая работа №27,28

Электрический ток в различных средах

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. Почему каждый провод высоковольтной линии электропередач (ЛЭП) изготавливают тройным?

Ответ: чтобы не было условий для возникновения коронного разряда.

Задача №2. В процессе электролиза под действием тока плотностью $300 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ на электроде выделился слой меди толщиной $0,03 \cdot 10^{-3}$ м. В течении какого времени протекал этот электролиз?

Дано:

Эта задача прежде всего на первый закон Фарадея. Его и запишем:

$$\Delta m = k \cdot I \cdot t$$

Отсюда выразим время, необходимое для такого электролиза:

$$t = \frac{\Delta m}{k \cdot I}$$

Данное выражение не содержит величин из условия задачи, поэтому мы, конечно же, не можем его пока что использовать. Распишем неизвестные величины через известные. Начнем с массы:

$$\Delta m = \rho \cdot V$$

Плотность меди – табличная величина, которая равна $9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Объем же слоя меди можно выразить через его толщину и площадь:

$$\Delta m = \rho \cdot S \cdot d$$

Силу тока также свяжем с его плотностью. Плотность тока определяется как:

$$j = \frac{I}{S}$$

Отсюда:

$$I = j \cdot S$$

Подставим все выражения в первый закон Фарадея:

$$t = \frac{\rho \cdot S \cdot d}{k \cdot j \cdot S}$$

Как мы видим, данное выражение не зависит от площади пластины:

$$t = \frac{\rho \cdot d}{k \cdot j}$$

Электрохимический эквивалент также является табличной величиной, и для меди он равен $0,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$.

Подставим численные значения:

$$t = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 0,03 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 300} = 3 \cdot 10^3 \text{ с} = 50 \text{ мин}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Определите массу серебра, которое выделилось на катоде при электролизе азотнокислого серебра за 2 часа, если к раствору приложено напряжение 2 В, а его сопротивление – 5 Ом.
2. Электролиз проходил в течение 5 минут при силе тока 1,5 А. При этом на катоде выделилось 137 мг некоторого вещества. Что это за вещество?
3. Электролизом получено 120 мг меди. Сколько серебра можно получить, если через соответствующий электролит пройдет то же количество электричества?
4. Провода осветительной сети помещены в надежную изоляцию. Провода линии высокого напряжения — голые, т.е. без изоляции. Почему?

Практическая работа №29,30

Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца.

Цель: Обобщить знания о магнитном поле, совершенствовать умения объяснять магнитные явления.

Примеры решения задач

Задача №1. По четырем длинным прямым параллельным проводникам, проходящим через вершины квадрата, со стороной 30 см, перпендикулярно его плоскости, проходят одинаковые токи по 10А, причем по трем проводникам проходят токи в одном направлении, а по четвертому — в противоположном. Определите индукцию магнитного поля в центре квадрата.

Дано: $a=0,3 \text{ м}$, $I=10 \text{ А}$

Найти: $B=?$

Решение:

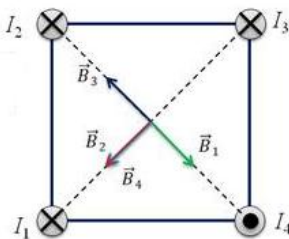


Рис. 19

Воспользуемся принципом суперпозиции полей:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4$$

Радиус линий магнитной индукции:

$$R = \frac{a \cdot \sqrt{2}}{2}$$

Т. К. векторы направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны:

$$\vec{B}_1 + \vec{B}_3 = 0$$

\vec{B}_2 и \vec{B}_4 - сонаправлены.

$$B = B_2 + B_4 = 2B_2 = 2 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{2 \cdot \mu_0 \cdot I}{\pi \cdot a \cdot \sqrt{2}}$$

$$B = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{\pi \cdot 0.3 \cdot \sqrt{2}} = 1.9 \cdot 10^{-5} \text{Тл} = 19 \text{мкТл}$$

Ответ: $B=19 \text{мкТл}$

Задача №2. Соленоид длиной 40 см и диаметром 4 см, содержит 2000 витков проволоки сопротивлением 150 Ом. Определите индукцию магнитного поля внутри катушки, если к ней подведено напряжение 6 В.

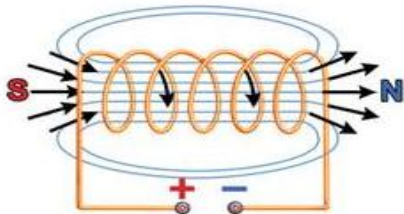


Рис. 20

Дано: $l=0.4 \text{м}$, $d=0.04 \text{ м}$, $N=2 \cdot 10^3$, $R=150 \text{Ом}$, $U=6 \text{ В}$

Найти: $B=?$

Решение:

Внутри соленоида магнитное поле однородно:

$$B = \mu_0 \cdot I \cdot n = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{l}, \text{ где } n = \frac{N}{l} \text{ — число витков на единицу длины}$$

По закону Ома для участка цепи:

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

$$B = \frac{\mu_0 \cdot U \cdot N}{l \cdot R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \text{В} \cdot 2 \cdot 10^3}{0.4 \cdot 150 \text{ Ом}} = 2,5 \text{мТл}$$

Ответ: $B=2,5 \text{мТл}$

Задача №3. Определите силу взаимодействия, приходящуюся на единицу длины проводов воздушной линии электропередач, если сила тока в линии составляет 500 А, а расстояние между проводами 50 см.

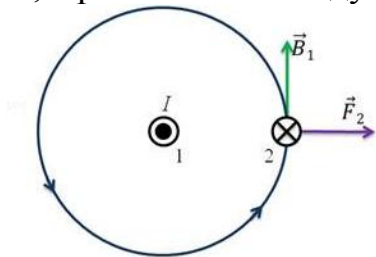


Рис. 21

Дано: $l=1$ м, $I=500$ А, $d=0.5$ м

Найти: $F_2 = ?$

Решение:

По закону Ампера:

$$F_2 = I \cdot B_1 \cdot l \cdot \sin 90^\circ$$

Для магнитного поля прямого тока:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d}$$

$$F_2 = \mu_0 \frac{I^2 \cdot l}{2\pi \cdot d}$$

$$F_2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{500^2 \cdot 1}{2\pi \cdot 0.5} = 0.1 \text{ Н}$$

Ответ: $F_2 = 0,1$ Н

Задача №4. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 10^{-4} Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Его скорость $1,6 \cdot 10^6$ м/с. Определить радиус окружности, по которой движется электрон.

Дано: $B = 10^{-4}$ Тл, $v = 1,6 \cdot 10^6$ м/с, $q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $\alpha = 90^\circ$

Найти: $R = ?$

Решение:

Сила Лоренца действует под прямым углом к скорости движения электрона, не изменяя модуля его скорости. В этих условиях она сообщает электрону лишь центростремительное ускорение. Поэтому можно записать, что

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$R = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 1,6 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-4} \text{ Тл}} = 9,1 \cdot 10^2 \text{ м}$$

Ответ: $R = 9,1 \cdot 10^2$ м

3) Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 5 мТл со скоростью 10 Мм/с под углом 30° к вектору индукции. Определить шаг спирали, по которой будет двигаться электрон.

4) Электрон влетает со скоростью v_0 под углом $\alpha < 90^\circ$ к параллельно направленным однородным электрическому и магнитному полям. Напряженность электрического поля E , индукция магнитного поля B . Сколько оборотов сделает электрон до смены направления движения вдоль полей?

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Однородное магнитное поле имеет индукцию 0,5 Тл. Вычислите поток магнитной индукции, проходящий через поверхность площадью, которой 25 см². Линии магнитной индукции перпендикулярны этой поверхности. Затем поверхность повернули на 60° . Чему будет равен поток индукции?

Задача2. С какой силой МП с индукцией 10 мТл действует на проводник с током 50 А, если длина активной части проводника 0,1 м? Ток и МП взаимно перпендикулярны.

Задача3. На проводник длиной 50 см с током 2 А действует МП с индукцией 0.1 Тл с силой 0,05 Н. Вычислите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Задача4. В направлении, перпендикулярном линиям индукции в магнитное поле влетает электрон со скоростью 10 Мм/с, окружность какого радиуса описал электрон, если индукция поля 10мТл?

Задача5. Протон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 1000 м/с под углом 60^0 к линиям магнитной индукции. Определите радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться протон, если магнитная индукция поля равна 10 мТл.

Задача6. По чертежам определить, к какому типу относится задача.

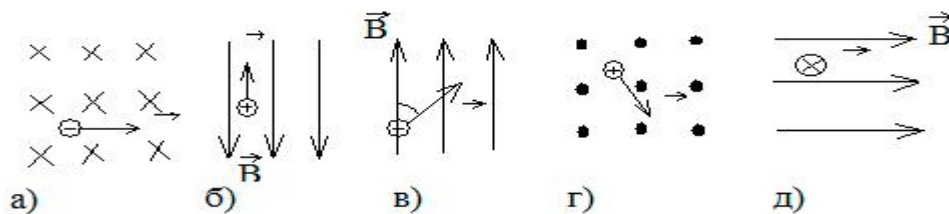


Рис. 22

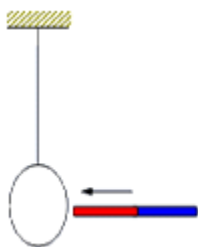
Практическая работа №31

Электромагнитная индукция

Цель: рассмотреть явление электромагнитной индукции; показать на нескольких примерах методы решения задач на использование законов электромагнитной индукции.

Контрольные вопросы

1. В кольцо из диэлектрика вдвигают магнит. Что при этом происходит с кольцом?
2. В вертикальной плоскости подвешено на нити медное кольцо. Сквозь него в горизонтальном направлении вдвигается один раз стержень, а другой раз магнит. Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?



3. После удара молнии иногда обнаруживается повреждение чувствительных электроизмерительных приборов, а также перегорание плавких предохранителей в осветительной сети. Почему?

4. Почему при включении электромагнита в электрическую цепь полная сила тока устанавливается не сразу?

5. Почему отключение от сети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостатов?

6. Одинаковое ли время потратит магнит на падение внутри узкой медной трубы и рядом с ней? В обоих случаях магнит не касается трубы.

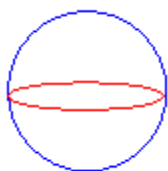
Ответ: в трубе магнит будет падать дольше.

7. Вертикальный проводник перемещают в магнитном поле Земли с запада на восток. Будет ли в нем возбуждаться электродвижущая сила индукции?

Ответ: будет.

8. Изолированное сверхпроводящее кольцо, по которому течет ток, изгибается в две окружности в виде восьмерки и затем складывается вдвое. Как меняется ток в кольце?

9. Два круговых проводника расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рисунке. Будет ли возникать индукционный ток в горизонтальном проводнике при изменении тока в вертикальном проводнике?



Ответ: не будет.

10. Как будут зависеть от времени показания гальванометра, включенного в цепь расположенного горизонтально кругового контура, если вдоль оси этого контура будет падать заряженный шарик?

Примеры решения задач

Задача №1. Как будут меняться показания амперметра, если соленоид быстро распрямить, потянув его за концы проволоки?

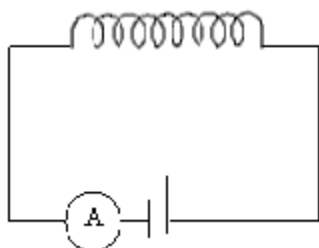


Рис.

Решение:

При распрямлении соленоида сцепленный с ним магнитный поток будет уменьшаться, а значит, в цепи возникнет электродвижущая сила индукции, которая, согласно правилу Ленца, будет препятствовать уменьшению магнитного потока.

Следовательно, в цепи появится индукционный ток, направленный так же, как ток, создаваемый источником электродвижущей силы, включенным в цепь. Поэтому сила тока в цепи сначала будет возрастать, а спустя некоторое время станет равной первоначальному значению.

Задачи для самостоятельного решения

1. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединенный с катушкой индуктивности, если катушку начнут приближать к покоящемуся постоянному магниту?
2. Рассчитайте время, за которое произошло увеличение силы тока с 0,5А до 1А в катушке индуктивностью 200мГн, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 0,2В.
3. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединенный с катушкой 1, индуктивно связанной с катушкой 2, по которой протекает постоянный электрический ток, если катушку 1 будут перемещать относительно катушки 2 (вверх - вниз)?
4. На какую величину изменится сила тока в катушке с индуктивностью 150мГн за 2с, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 50В.
5. Цепь, содержащую источник тока, катушку индуктивности и ключ, размыкают. При этом ток, текущий через катушку убывает от 12А до 0А за 1с. Нарисуйте, как примерно выглядит график зависимости силы тока от времени; рассчитайте какая энергия будет выделяться при этом, если индуктивность катушки 50мГн .

Практическая работа №32

Электромагнитные колебания

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Какие колебания называются электромагнитными?
2. Что называется колебательным контуром? Идеальным
3. Какие колебания называются свободными?
4. Какие колебания называются гармоническими?
5. Что такое собственная циклическая частота колебательной системы?
6. Что называется периодом колебаний?
7. Что называется амплитудой колебаний?
8. Что такое фаза колебаний
9. По какой формуле рассчитать энергию электрического поля?
10. По какой формуле рассчитать энергию магнитного поля?

11. Чему равна полная энергия?

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C=8$ пФ и катушку индуктивностью $L=0,5$ мГн. Максимальная сила тока в катушке $I_m=40$ мА. Определите максимальное напряжение на обкладках конденсатора.

Дано: $C = 8 \cdot 10^{-12} \text{Ф}$, $L = 0,5 \cdot 10^{-3}$, $I_m = 40 \cdot 10^{-3} \text{А}$

Найти: $U_m = ?$

Решение:

$$W = \frac{L \cdot I_m^2}{2}$$

$$W = \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$W_э = W_м$$

$$U_m^2 = \frac{L \cdot I_m^2}{C}$$

$$U_m = \sqrt{\frac{L \cdot I_m^2}{C}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-3} \text{А} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{Гн}^2}{8 \cdot 10^{-12} \text{Ф}}} = 317 \text{ В}$$

Ответ: $U_m=317\text{В}$

Задача №2. Колебательный контур имеет индуктивность $L=1,6$ мГн и емкость $C=0,04$ мкФ, максимальное напряжение на конденсаторе $U_m=200$ В. Определите максимальную силу тока в контуре, считая его идеальным.

Дано: $C=0,04 \cdot 10^{-6} \text{Ф}$, $L=1,6 \cdot 10^{-3} \text{Гн}$, $U_m=200 \text{В}$

Найти: $I_m = ?$

Решение:

$$W = \frac{L \cdot I_m^2}{2} + \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$\frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{C \cdot U_m^2}{2}$$

$$I_m^2 = \frac{C \cdot U_m^2}{L}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C \cdot U_m^2}{L}}$$

Ответ: $I_m=1\text{A}$

Задача№3. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C=4,9\text{мкФ}$ и катушки индуктивностью $L=1\text{ Гн}$. Амплитуда колебаний заряда на обкладках конденсатора $0,5\text{ мкКл}$. Напишите уравнение колебаний заряда.

Дано: $C=4,9 \cdot 10^{-6}\text{Ф}$, $L=1\text{ Гн}$, $q_m=0,5 \cdot 10^{-6}\text{ Кл}$

Найти: $q(t)$ - ?

Решение:

$$q(t)=q_m \cos \omega t$$

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{4,9 \cdot 10^{-6}\text{Ф} \cdot 1\text{Гн}}} = 451$$

$$q(t)= 0,5 \cdot 10^{-6} \cos (451)t$$

Ответ: $q(t)= 0,5 \cdot 10^{-6} \cos (451)t$

Задачи для самостоятельного решения

Задача№1. Определите период собственных колебаний колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью $L=0,1\text{ Гн}$ и конденсатора емкостью $C=2\text{ мкФ}$.

Задача№2. Частота свободных колебаний колебательного контура, содержащего катушку индуктивностью $L=0,04\text{ Гн}$, равна $\nu=800\text{ Гц}$. Какова емкость конденсатора этого контура?

Задача №3. . Сила тока в цепи переменного тока меняется со временем по закону $i = 20 \cos 100\pi t$. Определить характеристики колебательной системы и построить график данного колебательного процесса.

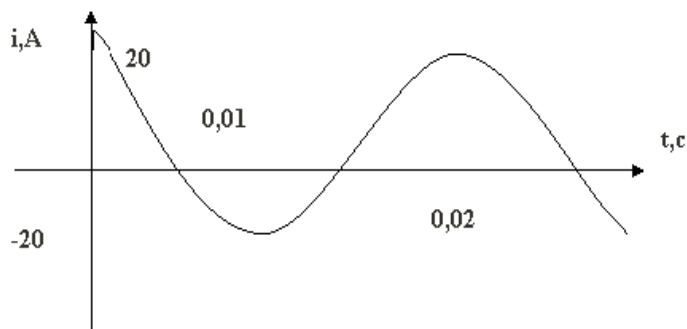


Рис. 23

Практическая работа №33

Переменный электрический ток

Цель: повторить основные формулы, научиться применять полученные знания для решения задач, провести анализ полученных результатов.

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

Дано: $C = 800 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $L = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$

Найти: $T = ?$

Решение:

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$T = 2 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 800 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Ответ: $T = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ с}$

Задача №2. Найти период переменного тока, для которого конденсатор ёмкостью 2 мкФ представляет сопротивление 20 Ом.

Дано: $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $X_c = 20 \text{ Ом}$

Найти: $T = ?$

Решение:

$$X_c = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$X_c = \frac{T}{C \cdot 2\pi}$$

$$T = 2\pi \cdot C \cdot X_c$$

$$T = 2 \cdot 3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 20 \text{ Ом} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

Ответ: $T = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$

Задача №3. В подводящих ветвях текут: а) постоянный; б) переменный ток (см. рис. 24). Какой ток будет в ветвях в случае а? В случае б)?

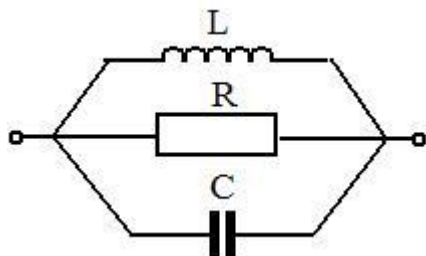


Рис. 24

Решение:

В случае постоянного тока ток будет течь в ветви, где есть катушка индуктивности и резистор. Ток в ветви конденсатора не будет.

В случае б) ток будет во всех ветвях.

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивности индуктивностью L . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 р.

Задача №2. Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 100 мА. Какова амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура, если емкость этого конденсатора 1 мкФ, а индуктивность катушки 1 Гн? Активным сопротивлением пренебречь.

Задача №3. В сеть переменного тока с действующим напряжением 220 В включено активное сопротивление 55 Ом. Определить действующее и амплитудное значение силы тока

Практическая работа №34

Электромагнитные волны

Цель: обобщить и систематизировать знания об электромагнитном поле, электромагнитных волнах и их свойствах; научиться применять полученные знания к решению задач

Контрольные вопросы

1. Почему на коротких волнах связь можно осуществить на более дальнее расстояние, чем на средних и длинных?
2. Какая модуляция применяется в радиосвязи?
3. Почему передающая и приёмная антенна располагаются в одной плоскости?
4. Важной частью открытого колебательного контура, в который входит антенна, является заземление. Почему же возникшие в антенне токи не уходят в землю?
5. Часто говорят, что генератор высокой частоты в радиопередатчике вырабатывает «несущую» частоту. Почему?

Примеры решения задач

Задача №1. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности $L = 1 \cdot 10^{-6}$ Гн и конденсатора, электроёмкость которого может изменяться в пределах от 10^{-8} Ф до $4 \cdot 10^{-8}$ Ф. На какой диапазон длин волн может быть настроен этот контур?

Дано: $L = 1 \cdot 10^{-6}$ Гн, $C_1 = 10^{-8}$ Ф, $C_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ Ф

Найти: $\lambda_1 = ?$, $\lambda_2 = ?$

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}$$

$$\lambda_1 = c \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}$$

$$\lambda_2 = c \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}$$

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 10^{-8} \text{ Ф}} = 188,4 \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-6} \text{Гн} \cdot 4 \cdot 10^{-8} \text{Ф}} = 376,8 \text{ м}$$

Ответ: $\lambda_1 = 188,4 \text{ м}$, $\lambda_2 = 376,8 \text{ м}$

Задача №2. Уравнение напряжённости электрического поля бегущей гармонической волны имеет вид $E = 100 \sin(10\pi t)$. Найдите амплитуду, частоту, период волны.

Дано: $E = 100 \sin(10\pi t)$, $E_{\text{max}} = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\omega = 10\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Найти: $\nu = ?$, $T = ?$

Решение:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

$$\nu = \frac{10\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{2\pi} = 5 \text{ Гц}$$

$$T = \frac{1}{5 \text{ Гц}} = 0,2 \text{ с}$$

Ответ: $\nu = 5 \text{ Гц}$, $T = 0,2 \text{ с}$

Задача №3. Радиостанция работает на частоте $\nu = 100 \cdot 10^6 \text{ Гц}$. Считая, что скорость распространения электромагнитных волн в атмосфере равна скорости света в вакууме, найдите соответствующую длину волны.

Дано: $\nu = 100 \cdot 10^6 \text{ Гц}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Найти: $\lambda = ?$

Решение:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{100 \cdot 10^6 \text{ Гц}} = 3 \text{ м}$$

Ответ: $\lambda = 3$ м

Задачи для самостоятельного решения

1. Частоту электромагнитной волны увеличили в 4 раза. Как при этом изменилась длина волны?
2. На какой частоте работает радиостанция, передавая программу на волне 250 м?
3. На какой частоте суда передают сигнал бедствия (СОС) если по международному соглашению длина радиоволны этого сигнала должна быть равной 600 м
4. Чему равна длина волн, посылаемых радиостанцией, работающей на частоте 1400 кГц?
5. Чему равен период колебаний в ЭМВ, распространяющейся в воздухе с длиной волны 3 м?

Практическая работа №35

Линзы. Построение изображений в тонкой линзе. Формула линзы.

Цель: рассмотреть примеры решения задач на применение формулы тонкой линзы, свойства основных лучей и правила построения изображений в тонкой линзе, в системе двух линз.

Контрольные вопросы:

1. С помощью собирающей линзы на экране получено действительное изображение предмета с увеличением Γ_1 . Не изменяя положение линзы, поменяли местами предмет и экран. Каким окажется увеличение Γ_2 в этом случае?
2. Как надо расположить две собирающие линзы с фокусными расстояниями F_1 и F_2 , чтобы параллельный пучок света, пройдя через них, остался параллельным?
3. Объясните, почему для того, чтобы получить четкое изображение предмета, близорукий обычно щурит глаза?
4. Как изменится фокусное расстояние линзы, если ее температура повысится?
5. На рецепте врача написано: +1,5 Д. Расшифруйте, какие это очки и для каких глаз?

Примеры решения задач

Задача №1. Заданы главная оптическая ось линзы NN , положение источника S и его изображения S' . Найдите построением положение оптического центра линзы C и ее фокусов для трех случаев (рис. 1).

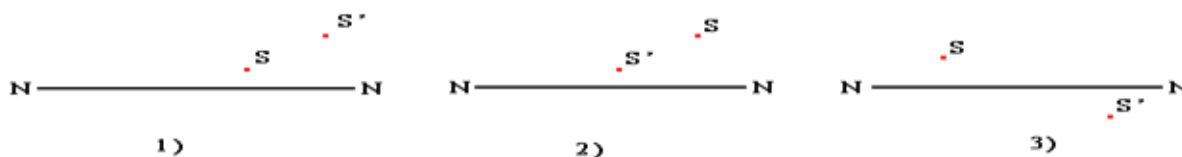


Рис.25

Решение:

Для нахождения положения оптического центра C линзы и ее фокусов F используем основные свойства линзы и лучей, проходящих через оптический центр, фокусы линзы или параллельно главной оптической оси линзы.

Случай 1. Предмет S и его изображение расположены по одну сторону от главной оптической оси NN (рис. 2).

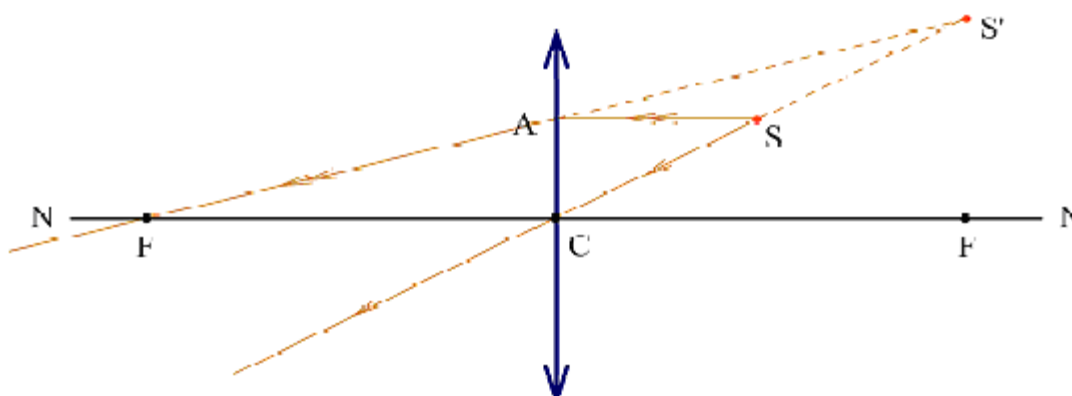


Рис.26

Проведем через S и S' прямую (побочную ось) до пересечения с главной оптической осью NN в точке C . Точка C определяет положение оптического центра линзы, расположенной перпендикулярно оси NN . Лучи, идущие через оптический центр C , не преломляются. Луч SA , параллельный NN , преломляется и идет через фокус F и изображение S' , причем через S' идет продолжение луча SA . Это значит, что изображение S' в линзе является мнимым. Предмет S расположен между оптическим центром и фокусом линзы. Линза является собирающей.

Случай 2. Проведем через S и S' побочную ось до пересечения с главной оптической осью NN в точке C - оптическом центре линзы (рис. 3).

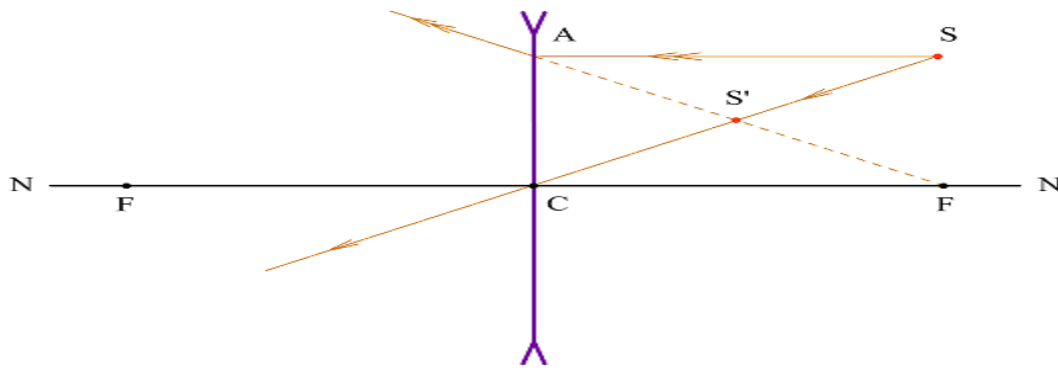


Рис. 27

Луч SA , параллельный NN , преломляясь, идет через фокус F и изображение S' , причем через S' идет продолжение луча SA . Это значит, что изображение мнимое, а линза, как видно из построения, рассеивающая.

Случай 3. Предмет S и его изображение лежат по разные стороны от главной оптической оси NN (рис. 4).

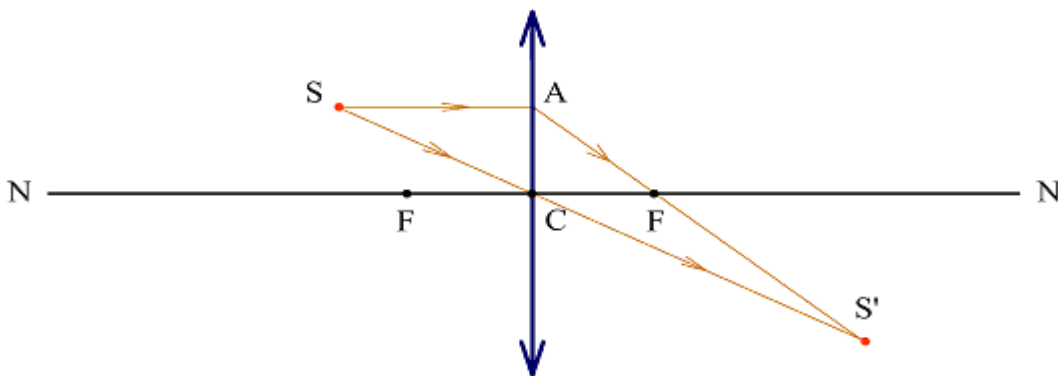


Рис.28

Соединив S и S' , находим положение оптического центра линзы и положение линзы. Луч SA , параллельный NN , преломляется и через фокус F идет в точку S' . Луч через оптический центр идет без преломления.

Задача №2. На рис. 5 изображен луч AB , прошедший сквозь рассеивающую линзу. Постройте ход луча падающего, если положение фокусов линзы известно.

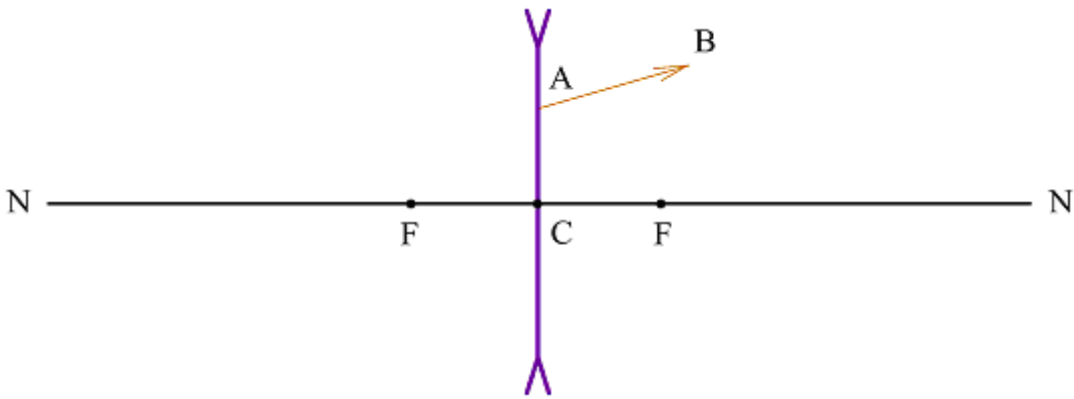


Рис. 29

Решение:

Продолжим луч AB до пересечения с фокальной плоскостью PP в точке F' и проведем побочную ось OO через F' и C (рис. 6).

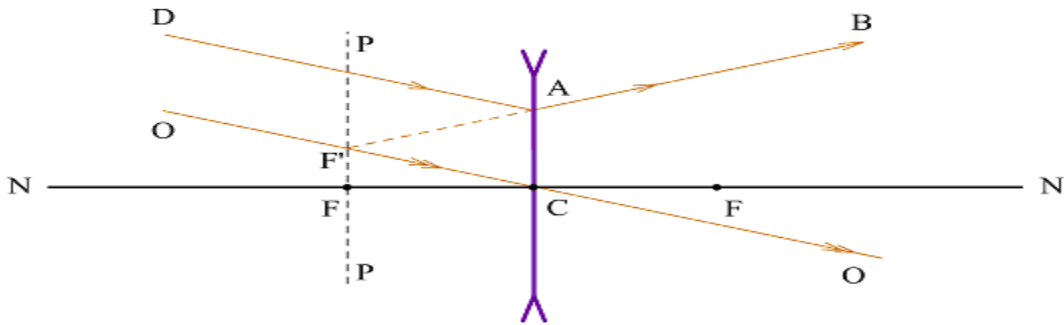


Рис.30

Луч, идущий вдоль побочной оси OO , пройдет, не меняя своего направления, луч DA , параллельный OO , преломляется по направлению AB так, что его продолжение идет через точку F' .

Задача №3. На собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 40$ см падает параллельный пучок лучей. Где следует поместить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F_2 = 15$ см, чтобы пучок лучей после прохождения двух линз остался параллельным?

Решение: По условию пучок падающих лучей EA параллелен главной оптической оси NN , после преломления в линзах он должен таковым и остаться. Это возможно, если рассеивающая линза расположена так, чтобы задние фокусы линз F_1 и F_2 совпали. Тогда продолжение луча AB (рис. 7), падающего на рассеивающую линзу, проходит через ее фокус F_2 , и по правилу построения в рассеивающей линзе преломленный луч BD будет параллелен главной оптической оси NN , следовательно, параллелен лучу EA . Из рис. 7 видно, что рассеивающую линзу следует поместить на расстоянии $d = F_1 - F_2 = (40 - 15) \text{ см} = 25$ см от собирающей линзы.

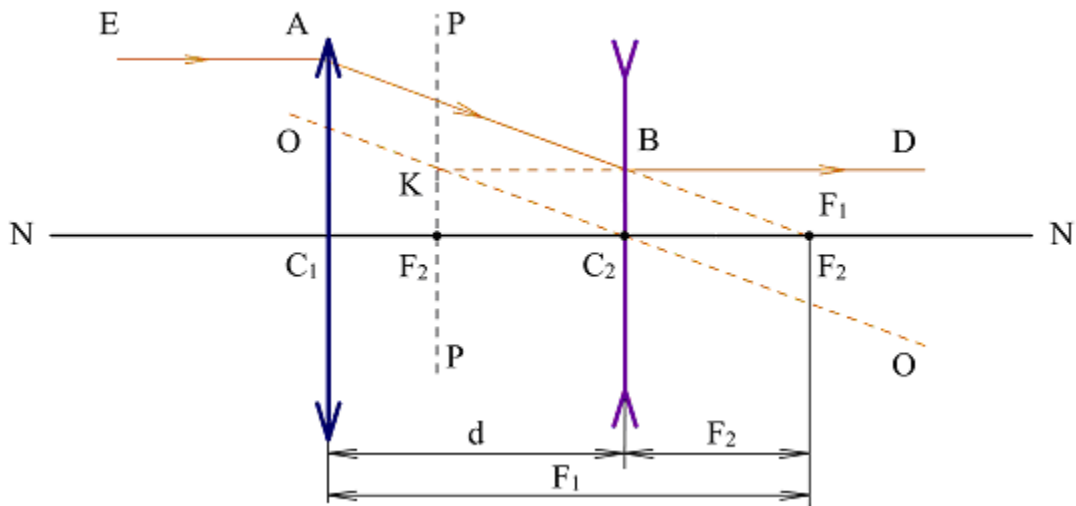


Рис.31

Ответ: на расстоянии 25 см от собирающей линзы.

Задача 4. Высота пламени свечи 5 см. Линза дает на экране изображение этого пламени высотой 15 см. Не трогая линзы, свечу отодвинули на $l = 1,5$ см дальше от линзы и, придвинув экран, вновь получили резкое изображение пламени высотой 10 см. Определите главное фокусное расстояние F линзы и оптическую силу линзы в диоптриях.

Решение: Применим формулу тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где d - расстояние от предмета до линзы, f - расстояние от линзы до изображения, для двух положений предмета:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1 + l} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}. \quad (2)$$

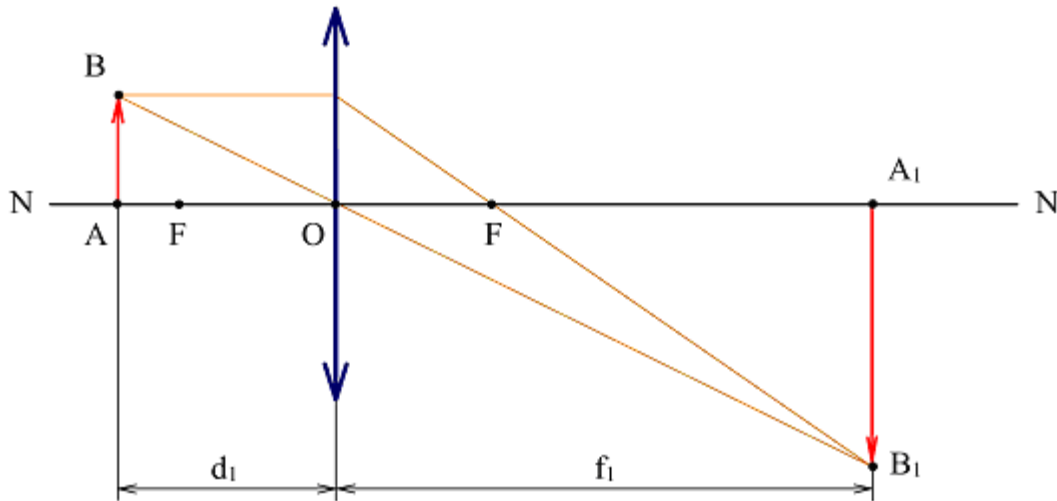


Рис.32

Из подобных треугольников AOB и A_1OB_1 (рис. 8) поперечное увеличение линзы

будет равно $\Gamma_1 = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f_1}{d_1}$, откуда $f_1 = \Gamma_1 d_1$.

Аналогично для второго положения предмета после передвижения его

на l : $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_1 + l}$, откуда $f_2 = (d_1 + l)\Gamma_2$.

Подставляя f_1 и f_2 в (1) и (2), получим:

$$\begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{\Gamma_1 d_1} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d_1 + l} + \frac{1}{(d_1 + l)\Gamma_2} = \frac{1}{F} \end{cases} \quad (3)$$

Из системы уравнений (3), исключив d_1 , находим

$$F = \frac{\ell \Gamma_1 \Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F} = 11 \text{ дптр.}$$

Ответ: $F = \frac{\ell \Gamma_1 \Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $D = \frac{1}{F} = 11 \text{ дптр.}$

Задача 5. Двояковыпуклая линза, сделанная из стекла с показателем преломления $n = 1,6$, имеет фокусное расстояние $F_0 = 10$ см в воздухе ($n_0 = 1$). Чему будет равно фокусное расстояние F_1 этой линзы, если ее поместить в прозрачную среду с показателем преломления $n_1 = 1,5$? Определите фокусное расстояние F_2 этой линзы в среде с показателем преломления $n_2 = 1,7$.

Решение:

Оптическая сила тонкой линзы определяется формулой

$$D = \frac{l}{F} = \left(\frac{n_l}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где n_l - показатель преломления линзы, n_{cp} - показатель преломления среды, F - фокусное расстояние линзы, R_1 и R_2 - радиусы кривизны ее поверхностей.

Если линза находится в воздухе, то

$$\frac{1}{F_0} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (4)$$

в среде с показателем преломления n_1 :

$$\frac{1}{F_1} = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (5)$$

в среде с показателем преломления n_2 :

$$\frac{1}{F_2} = \left(\frac{n}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (6)$$

Для определения F_1 и F_2 выразим $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ из (4):

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{n_0}{F_0 (n - n_0)}.$$

Подставим полученное значение в (5) и (6). Тогда получим

$$F_1 = \frac{F_0 (n - n_0) n_1}{(n - n_1) n_0} = 90 \text{ см},$$

$$F_2 = \frac{F_0 (n - n_0) n_2}{(n - n_2) n_0} = -102 \text{ см}.$$

Знак "-" означает, что в среде с показателем преломления большим, чем у линзы (в оптически более плотной среде) собирающая линза становится рассеивающей.

Ответ: $F_1 = \frac{F_0 (n - n_0) n_1}{(n - n_1) n_0} = 90 \text{ см}, \quad F_2 = \frac{F_0 (n - n_0) n_2}{(n - n_2) n_0} = -102 \text{ см}.$

Задача 6. Система состоит из двух линз с одинаковыми по модулю фокусными расстояниями. Одна из линз собирающая, другая рассеивающая. Линзы расположены на одной оси на некотором расстоянии друг от друга. Известно, что если поменять линзы местами, то действительное изображение Луны, даваемое этой системой, сместится на $l = 20$ см. Найдите фокусное расстояние каждой из линз.

Решение:

Рассмотрим случай, когда параллельные лучи 1 и 2 падают на рассеивающую линзу (рис. 9).

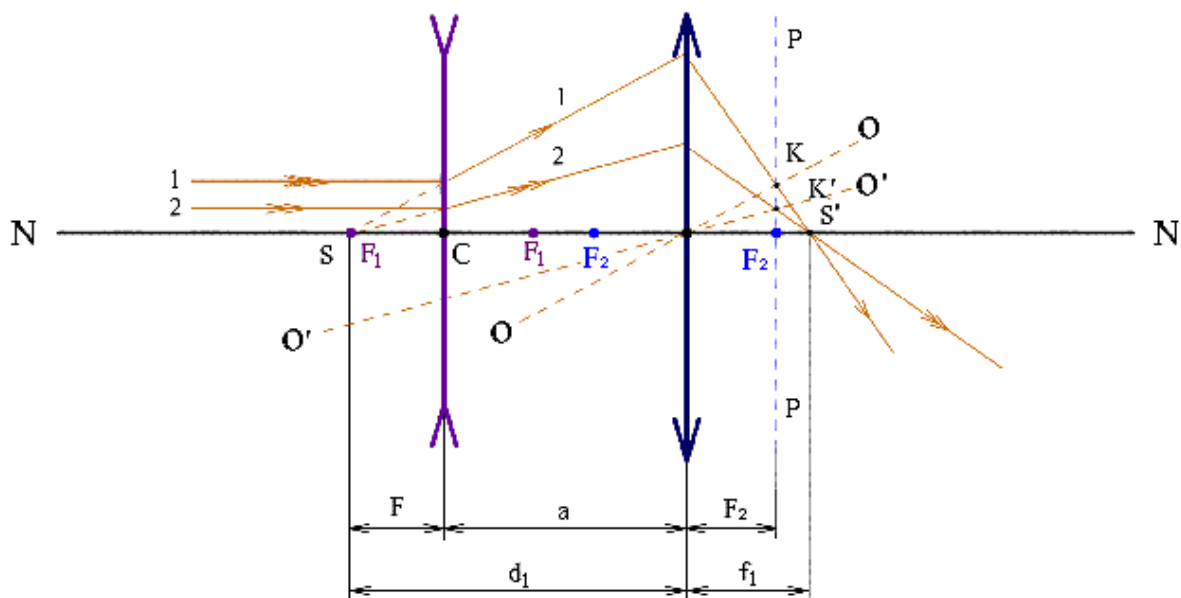


Рис.33

После преломления их продолжения пересекаются в точке S , являющейся фокусом рассеивающей линзы. Точка S является "предметом" для собирающей линзы. Ее изображение в собирающей линзе получим по правилам построения: лучи 1 и 2, падающие на собирающую линзу, после преломления проходят через точки пересечения соответствующих побочных оптических осей OO и $O'O'$ с фокальной плоскостью PP собирающей линзы и пересекаются в точке S' на главной оптической оси NN , на расстоянии f_1 от собирающей линзы. Применим для собирающей линзы формулу

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}, \tag{7}$$

где $d_1 = F + a$.

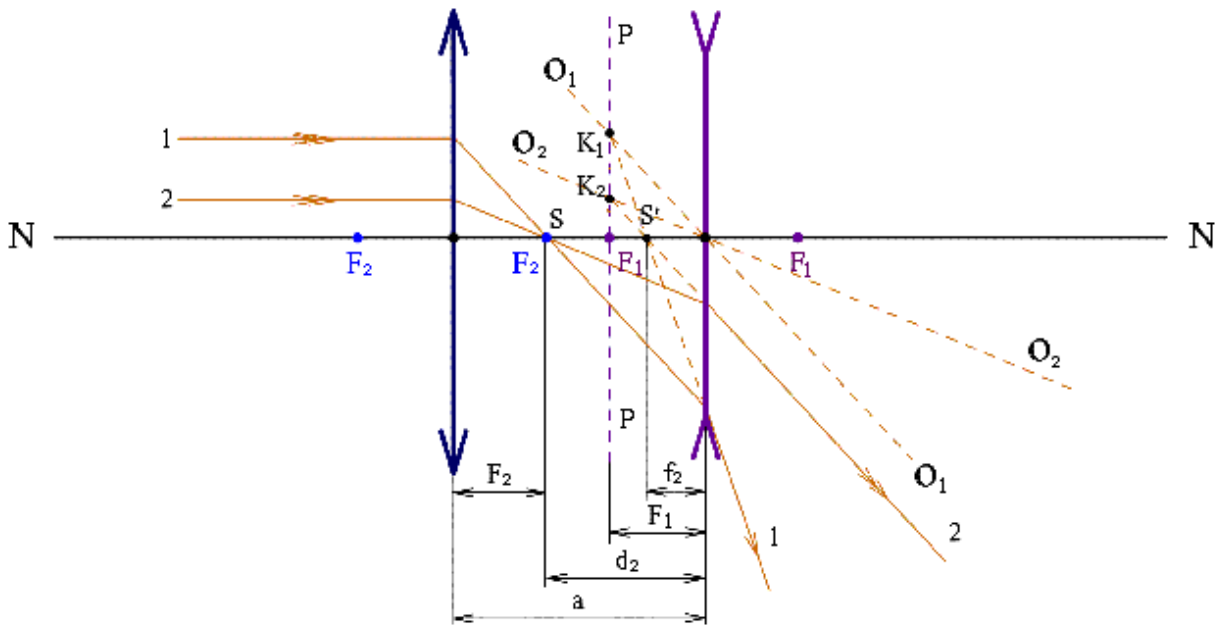


Рис.34

Пусть теперь лучи падают на собирающую линзу (рис. 10). Параллельные лучи 1 и 2 после преломления соберутся в точке S (фокусе собирающей линзы). Падая на рассеивающую линзу, лучи преломляются в рассеивающей линзе так, что продолжения этих лучей проходят через точки пересечения K_1 и K_2 соответствующих побочных осей O_1O_1 и O_2O_2 с фокальной плоскостью PP рассеивающей линзы. Изображение S' находится в точке пересечения продолжений вышедших лучей 1 и 2 с главной оптической осью NN на расстоянии f_2 от рассеивающей линзы. Для рассеивающей линзы

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2}, \quad (8)$$

где $d_2 = a - F$.

Из (7) и (8) выразим f_1 и $-f_2$:

$$f_1 = \frac{F(F+a)}{a}, \quad -f_2 = \frac{F(F-a)}{a}.$$

Разность между ними по условию равна

$$l = f_1 - (-f_2) = \frac{F(F+a)}{a} - \frac{F(F-a)}{a}.$$

Откуда $F = \frac{l}{2} = 10$ см.

Ответ: $F = \frac{l}{2} = 10$ см.

Задача 7. Собирающая линза дает на экране изображение S' светящейся точки S , лежащей на главной оптической оси. Между линзой и экраном на расстоянии $d = 20$ см от экрана поместили рассеивающую линзу. Отодвигая экран от рассеивающей линзы, получили новое изображение S'' светящейся точки S . При этом расстояние нового положения экрана от рассеивающей линзы равно $f = 60$ см.

Определите фокусное расстояние F рассеивающей линзы и ее оптическую силу в диоптриях.

Решение:

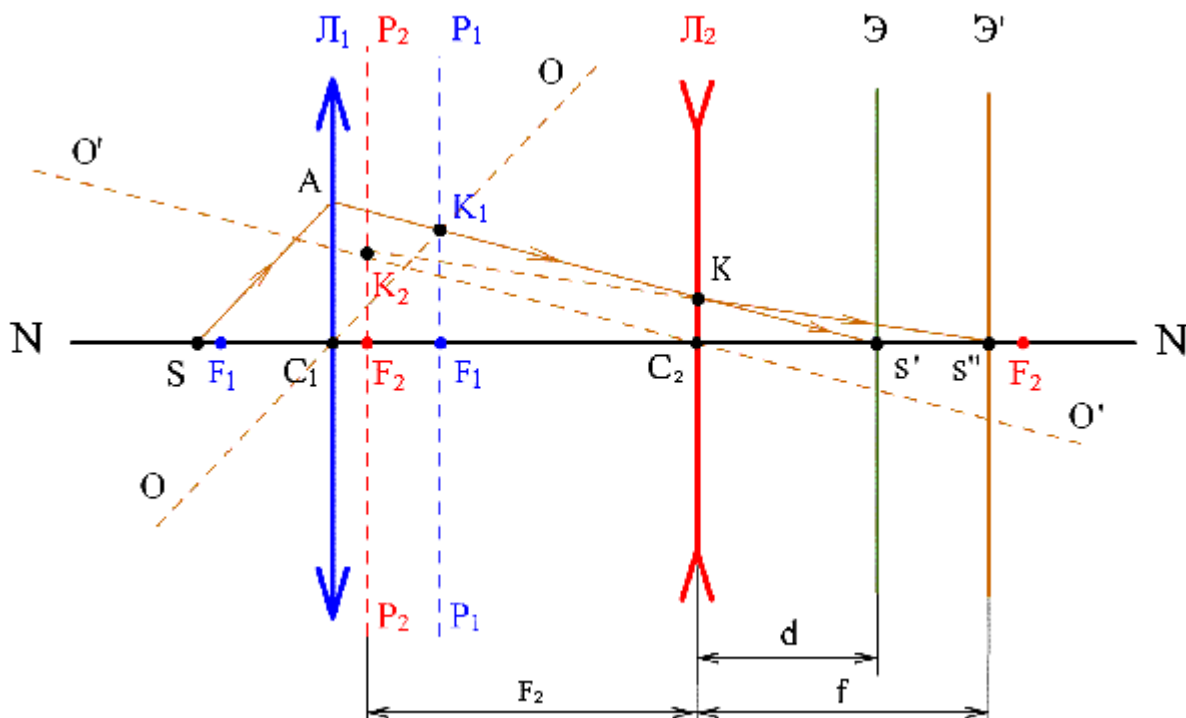


Рис.35

Изображение S' (рис. 11) источника S в собирающей линзе L_1 находится на пересечении луча, идущего вдоль главной оптической оси NN и луча SA после преломления идущего в направлении AS' по правилам построения (через точку K_1 пересечения побочной оптической оси OO , параллельной падающему лучу SA , с фокальной плоскостью P_1P_1 собирающей линзы). Если поставить рассеивающую линзу L_2 , то луч AS' изменяет направление в точке K , преломляясь (по правилу построения в рассеивающей линзе) в направлении KS'' . Продолжение KS'' проходит через точку K_2 пересечения побочной оптической оси $O'O'$ с фокальной плоскостью P_2P_2 рассеивающей линзы L_2 .

По формуле для рассеивающей линзы

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f},$$

где d - расстояние от линзы L_2 до предмета S' , f - расстояние от линзы L_2 до изображения S'' .

$$F = \frac{df}{d-f} = \frac{20 \cdot 60}{20-60} = -30 \text{ см.}$$

Отсюда Знак "-" указывает, что линза рассеивающая.

$$\text{Оптическая сила линзы } D = \frac{1}{F} = -\frac{1}{0,3} \approx -3,3 \text{ дптр.}$$

$$\text{Ответ: } F = \frac{df}{d-f} = 30 \text{ см, } D = \frac{1}{F} \approx -3,3 \text{ дптр.}$$

Задачи для самостоятельной работы

1. Тонкая стеклянная линза имеет оптическую силу $D = 5$ дптр. Когда эту линзу погружают в жидкость с показателем преломления n_2 , она действует как рассеивающая с фокусным расстоянием $F = 100$ см. Определите показатель преломления n_2 жидкости, если показатель преломления стекла линзы $n_1 = 1,5$.
2. Предмет находится на расстоянии $a = 0,1$ м от переднего фокуса собирающей линзы, а экран, на котором получается четкое изображение предмета, расположен на расстоянии $b = 0,4$ м от заднего фокуса линзы. Найдите фокусное расстояние F линзы. С каким увеличением Γ изображается предмет?
3. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 15$ см расположены вдоль общей главной оптической оси на расстоянии $l = 30$ см друг от друга. Где следует поместить точечный источник света, чтобы идущие от него лучи после прохождения обеих линз образовали пучок лучей, параллельных главной оптической оси? Рассмотрите два варианта.
4. Линза с фокусным расстоянием $F = 5$ см плотно вставлена в круглое отверстие в доске. Диаметр отверстия $D = 3$ см. На расстоянии $d = 15$ см от линзы на ее оптической оси находится точечный источник света. По другую сторону доски помещен экран, на котором получается четкое изображение источника. Каков будет диаметр D_1 светлого кружка на экране, если линзу вынуть из отверстия?
5. Постройте изображение точки, лежащей на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии, меньшем фокусного. Положение фокусов линзы задано.
6. Параллельный пучок света падает перпендикулярно на собирающую линзу, оптическая сила которой $D_1 = 2,5$ дптр. На расстоянии 20 см от нее находится рассеивающая линза с оптической силой $D_2 = -5$ дтр. Диаметр линз равен 5 см. На расстоянии 30 см от рассеивающей линзы расположен экран Э. Каков диаметр светлого пятна, создаваемого линзами, на экране?

7. Две собирающие линзы с оптическими силами $D_1 = 5$ дптр и $D_2 = 6$ дптр расположены на расстоянии $l = 60$ см друг от друга. Найдите, используя построение в линзах, где находится изображение предмета, расположенного на расстоянии $d = 40$ см от первой линзы, и поперечное увеличение системы.
8. Задан ход падающего и преломленного лучей в рассеивающей линзе (рис. 12). Найдите построением главные фокусы линзы.

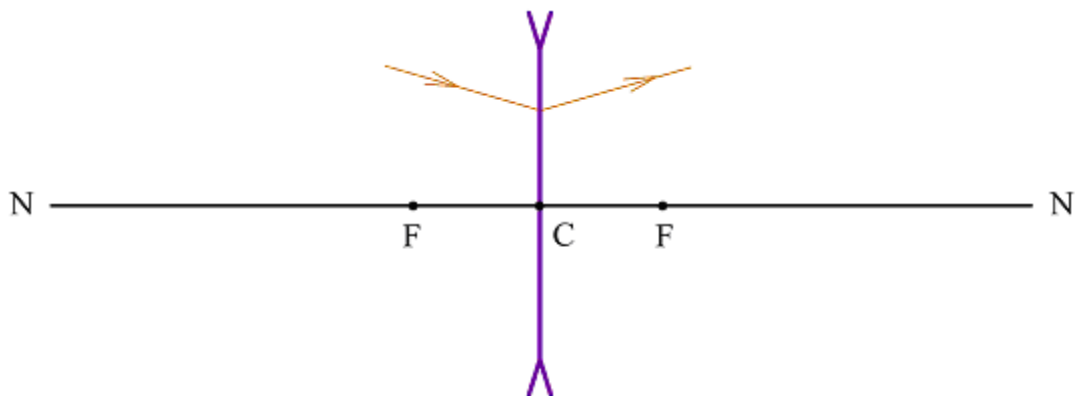


Рис.36

Практическая работа №36

Виды излучения. Распады

Цель: обобщить и систематизировать знания радиоактивных распадах, периоде полураспада; научиться применять полученные знания к решению задач

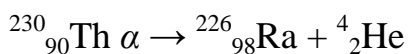
Примеры решения задач

Задача №1. Каков состав ядер:

1. кюрия – 247 ($Z = 96, N = 151$)
2. урана-235, 238, ($Z = 92, N = 143$), ($Z = 92, N = 146$)
3. неона – 20, 21 и 22, ($Z = 10, N = 10$), ($Z = 10, N = 11$), ($Z = 10, N = 12$)
4. натрия – 23, ($Z = 11, N = 12$)
5. серебра – 107, ($Z = 47, N = 60$)
6. радия – 226, ($Z = 88, N = 138$)
7. менделевия - 257, ($Z = 101, N = 156$)
8. свинец -207, ($Z = 82, N = 125$)
9. германий – 73. ($Z = 32, N = 41$)

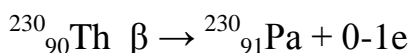
Задача №1. Изотоп тория $^{230}_{90}\text{Th}$ испускает α -частицу. Какой элемент при этом образуется?

Решение:



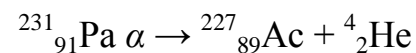
Задача 2: Изотоп тория $^{230}_{90}\text{Th}$ испускает β -радиоактивен. Какой элемент при этом образуется?

Решение:



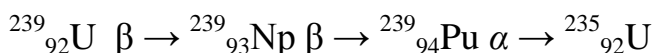
Задача 3: Протактиний $^{231}_{91}\text{Pa}$ α -радиоактивен. С помощью правил «сдвига» и таблицы элементов Менделеева определите, какой элемент получается с помощью этого распада.

Решение:



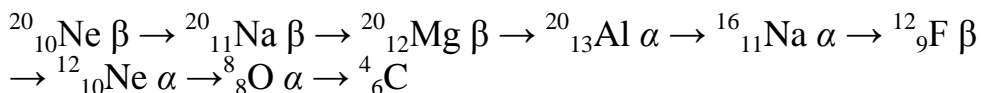
Задача 4: В какой элемент превращения уран $^{239}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и одного α -распада?

Решение:



Задача 5: Написать цепочку ядерных превращений неона: $\beta, \beta, \beta, \alpha, \alpha, \beta, \alpha, \alpha$

Решение:



Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Каков состав ядер:

1. натрия – 23
2. серебра – 107
3. радия – 226
4. менделевия – 257
5. свинец -207
6. германий – 73

Задача №2. Записать реакцию превращения актиния-227 во франций-223; какой распад имеет место?

Задача №3. Что произойдет с изотопом урана-237 при β -распаде?

Задача №4. Торий $^{232}_{90}\text{Th}$, испытав два электронных β -распада и один α -распад, превращается в элемент

Задача №5. Ядро изотопа урана $^{238}_{92}\text{U}$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа $^{234}_{92}\text{U}$. Какие это были распады?

Задача №6. В какой изотоп превратился ксенона $^{112}_{54}\text{Xe}$ после спонтанного α – распада?

Задача №7. Ядро изотопа полония $^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось после α – распада из ядра

Практическая работа №37

Фотоэффект

Цель: повторить законы фотоэффекта, научиться применять их на практике.

Контрольные вопросы

1. Какие из перечисленных явлений служат доказательством квантовой природы света. Выберите правильный ответ.
2. От каких параметров зависит максимальная кинетическая энергия электронов, вырывааемых с металла светом?
3. При каком условии возможен фотоэффект?

Примеры решения задач

Задача №1. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какова частота света, если максимальная скорость фотоэлектронов равна $7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

Дано: $v = 7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $A_{\text{вых}} = 4,08 \text{ эВ}$, $m_{\text{э}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Найти: $\nu = ?$

Решение:

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\nu = \frac{1}{h} \cdot \left(A_{\text{вых}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2} \right)$$

$$\nu = \frac{1}{6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \cdot \left(4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left(7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{2} \right)$$
$$= 1,34 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Ответ: $\nu = 1,34 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

Задача №2. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, падающий на кадмий, чтобы при фотоэффекте максимальная скорость вылетающих электронов была $2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

Дано: $v = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $A_{\text{вых}} = 4,08 \text{ эВ}$, $m_{\text{э}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Найти: $\lambda = ?$

Решение:

$$h \cdot \nu = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot h \cdot c}{2 \cdot A_{\text{ВЫХ}} + m_{\text{э}} \cdot v_{\text{max}}^2}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{2 \cdot 4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (2 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}})^2} = 0,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ: $\lambda = 0,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1. Работа выхода электрона из золота 4,76 эВ. Найти красную границу фотоэффекта.

Задача №2. Наибольшая длина волны света, при которой еще может наблюдаться фотоэффект на калии, равна 450 нм. Найдите скорость фотоэлектронов, выбитых из калия светом с длиной волны 300 нм.

Задача №3. Для полной задержки фотоэлектронов, выбитых из некоторого металла излучением с длиной волны 210 нм, требуется напряжение 2,7 В. Чему равна работа выхода для этого вещества?

Задача №4. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 ПГц?

Задача №5. Красная граница фотоэффекта для металла $6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найти величину запирающего напряжения для фотоэлектронов при освещении металла светом длиной волны 330 нм?

Задача №6. Определите наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм?

Задача №7. В опытах по фотоэффекту было найдено, что для света с длиной волны $\lambda_1 = 300$ нм запирающий потенциал $(U_3)_1 = 3,0$ В, для $\lambda_2 = 400$ нм $(U_3)_2 = 2,0$ В. Определите из этих данных значение постоянной Планка h .

Практическая работа №38,39

Ядерные реакции

Цель: обобщить и систематизировать знания радиоактивных распадах

Примеры решения задач

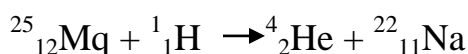
Задача№1. При бомбардировке нейтронами атома азота-14 испускается протон. В ядро какого изотопа превращается ядро азота? Написать реакцию.

Решение:



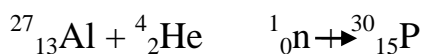
Задача№2. Ядро изотопа магния-25 подвергается бомбардировке протонами. Ядро какого элемента при этом образуется, если реакция сопровождается излучением α - частицы?

Решение:



Задача№3. При бомбардировке α -частицами алюминия образуется новое ядро и нейтрон. Записать ядерную реакцию и определить ядро, какого элемента при этом образуется.

Решение:



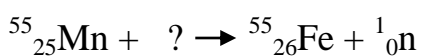
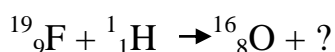
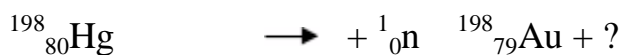
Задача№4. Допишите реакцию:



Задачи для самостоятельного решения

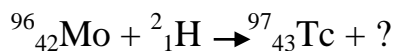
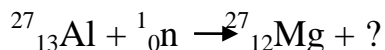
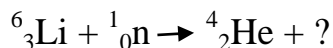
Задача№1. Во что превращается уран-238 после α -распада и двух β -распадов?

Задача№2. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



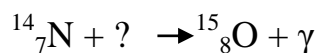
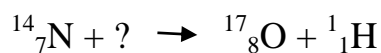
Задача№3. Во что превращается изотоп тория-234, ядра которого претерпевают три последовательных α -распада?

Задача №5. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

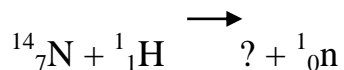
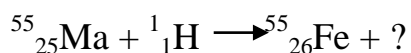
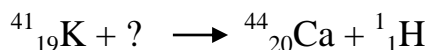
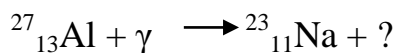
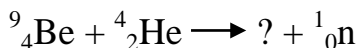
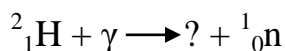
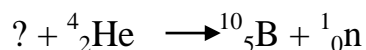


Задача №6. Ядра изотопа тория-232 претерпевают α -распад, два β -распада и еще один α -распад. Какие ядра после этого получаются?

Задача №7. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



Задача №8. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:



Лабораторные работы.

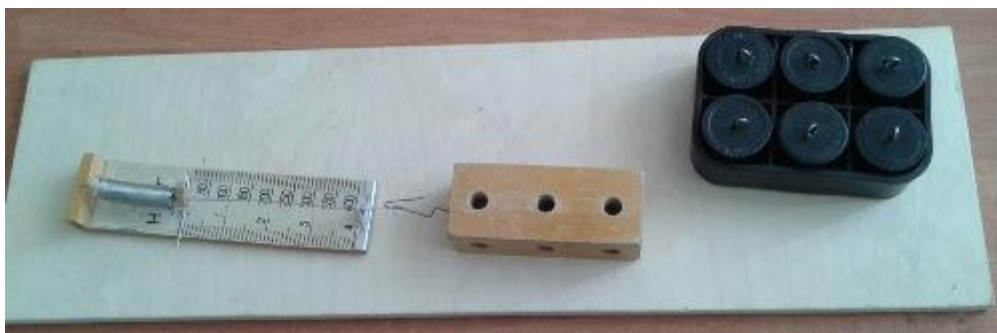
Лабораторная работа №1

Исследование движения тела под действием постоянной силы

Цель работы:

1. выяснить, зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, если зависит, то как.
2. Определить коэффициент трения дерева по дереву.

Оборудование: динамометр, деревянный брусок, деревянная линейка или деревянная плоскость, набор грузов по 100 г.



Краткие сведения.

Сила трения – это сила, которая возникает в том месте, где тела соприкасаются друг с другом, и препятствует перемещению тел.

Сила трения - это сила **электромагнитной природы**.

Возникновение силы трения объясняется **двумя причинами**:

- 1) Шероховатостью поверхностей
- 2) Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

Силы трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям и **подразделяются** на *силы трения покоя, скольжения, качения*.

В данной работе исследуется зависимость силы трения скольжения от веса тела.

Сила трения скольжения – это сила, которая возникает при скольжении предмета по какой-либо поверхности. По модулю она почти равна максимальной силе трения покоя. Направление силы трения скольжения противоположно направлению движения тела. Сила трения в широких пределах не зависит от площади соприкасающихся поверхностей. В данной работе надо будет убедиться в том, что сила трения скольжения пропорциональна силе давления (силе реакции опоры):

$F_{тр} = \mu N$, где μ - коэффициент пропорциональности, называется **коэффициентом трения**. Он характеризует не тело, а сразу два тела, трущихся друг о друга.

Порядок выполнения работы:

1. Определите цену деления шкалы динамометра.



2. Определите массу бруска. Подвесьте брусок к динамометру, показания динамометра - это вес бруска. Для нахождения массы бруска разделите вес на g . Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. Положите брусок на горизонтально расположенную деревянную линейку. На брусок поставьте груз 100 г.

3. Прикрепив к бруску динамометр, как можно более равномерно тяните его вдоль линейки. Запишите показания динамометра, это и есть величина силы трения скольжения.

4. Добавьте второй, третий, четвертый грузы, каждый раз измеряя силу трения. С увеличением числа грузов растет сила нормального давления.

5. Результаты измерений занесите в таблицу.

№ опыта	Масса бруска, m_1 , кг	Масса груза, m_2 , кг	Общий вес тела (сила нормального давления), $P = N = (m_1 + m_2)g$, Н	Сила трения, $F_{тр}$, Н	Коэффициент трения, μ	Среднее значение коэффициента трения, $\mu_{ср}$
1						
2						
3						
4						

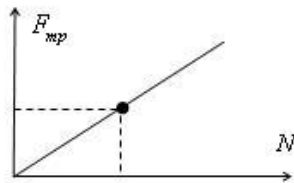
5						
---	--	--	--	--	--	--

6. Сделайте вывод: зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, и если зависит, то как?

7. В каждом опыте рассчитать коэффициент трения по формуле: $\mu = \frac{F_{тр}}{N}$.
Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

Результаты расчётов занести в таблицу.

8. По результатам измерений постройте график зависимости силы трения от силы нормального давления. При построении графика по результатам опытов экспериментальные точки могут не оказаться на прямой, которая соответствует формуле. Это связано с погрешностями измерения. В этом случае график надо проводить так, чтобы примерно одинаковое число точек оказалось по разные стороны от прямой. После построения графика возьмите точку на прямой (в средней части графика), определите по нему соответствующие этой точке значения силы трения и силы нормального давления и вычислите коэффициент трения. Это и будет средним значением коэффициента трения. Запишите его в таблицу.



9. Исходя из цели работы, запишите вывод и ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Что называется силой трения?
2. Какова природа сил трения?
3. Назовите основные причины, от которых зависит сила трения?
4. Перечислите виды трения.
5. Можно ли считать явление трения вредным? Почему?

Лабораторная работа № 2

Тема: Изучение закона сохранения импульса

Цель: экспериментально проверить справедливость закона сохранения импульса тел при прямом упругом соударении

Оборудование: два металлических шарика разной массы, рама для подвеса шариков, измерительная линейка.

Краткие сведения.

Величина, равная произведению массы материальной точки на ее скорость, называется **импульсом**.



$$p = mv$$

p — импульс тела

m — масса тела

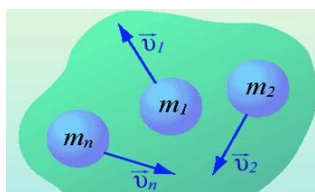
v — скорость тела

Импульс тела **направлен в ту же сторону, что и скорость тела**.

Единицей измерения импульса в СИ является **1 кг·м/с**.

Изменение импульса тела происходит при взаимодействии тел, например, при ударах.

Для системы материальных точек полный импульс равен сумме импульсов. При этом следует иметь в виду, что импульс – это векторная величина, и поэтому в общем случае импульсы складываются как векторы, т.е. по правилу параллелограмма.



$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$$

Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется замкнутой. **Замкнутая система** – это система тел, которые взаимодействуют только друг с другом.

Закон сохранения импульса: в замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

m_1, m_2 — массы взаимодействующих тел, кг

v_1, v_2 — скорости тел до столкновения, м/с

v'_1, v'_2 — скорости тел после столкновения, м/с

Закон сохранения импульса можно сформулировать и так: **если на тела системы действуют только силы взаимодействия между ними («внутренние силы»), то полный импульс системы тел не изменяется со временем, т.е. сохраняется. Этот закон применим к системе, состоящей из любого числа тел.** Отметим еще раз, что импульс – величина векторная, поэтому сохранение полного импульса означает сохранение не только его величины, но и направления.

Закон сохранения импульса выполняется при распаде тела на части и при абсолютно неупругом ударе, когда соударяющиеся тела соединяются в одно. Если распад или удар происходят в течение малого промежутка времени, то закон сохранения импульса приближенно выполняется для этих процессов даже при наличии внешних сил, действующих на тела системы со стороны тел, не входящих в нее, т.к. за малое время внешние силы не успевают значительно изменить импульс системы.

Под ударом в механике понимается кратковременное взаимодействие двух или более тел, возникающее в результате их соприкосновения (соударение шаров, удар молота о наковальню и др.). Самым простым является прямой (центральный) удар, то есть такой удар, при котором скорости соударяющихся тел до удара направлены по линии, соединяющей центры тел. При соударении взаимодействие длится такой короткий промежуток времени (иногда измеряемый тысячными долями секунды) и возникают столь большие внутренние силы взаимодействия, что внешними силами можно пренебречь и систему соударяющихся тел можно считать замкнутой и применять к ней закон сохранения импульса.

В зависимости от упругих свойств тел соударения могут протекать весьма различно. Принято выделять два крайних случая: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Абсолютно упругим называется удар, при котором после взаимодействия тела полностью восстанавливают свою форму. Таких ударов в природе не существует, так как всегда часть энергии затрачивается на необратимую деформацию тел. Однако для некоторых тел, например стальных закаленных шаров, потерями механической энергии при столкновении можно пренебречь и считать удар

абсолютно упругим. В случае центрального абсолютно упругого удара двух тел с массами m_1, m_2 и скоростями v_1, v_2 до удара и v'_1, v'_2 после удара можно записать закон сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

Абсолютно неупругим называется удар, при котором после соприкосновения тел они не восстанавливают полностью свою форму, соединяются вместе и движутся как единое целое с одной скоростью. При этом ударе часть их механической энергии переходит в работу деформации тел (внутреннюю энергию). Столкновение двух шаров из пластилина, когда после столкновения шары слипаются и движутся вместе, является примером абсолютно неупругого удара. В случае центрального абсолютно неупругого удара двух тел с массами m_1, m_2 движущихся со скоростями v_1, v_2 до удара и v' после удара можно записать законы сохранения импульса тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}'$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'$$

Закон сохранения импульса служит основой для объяснения обширного круга явлений природы, применяется в различных науках:

1. Закон строго выполняется в явлениях отдачи при выстреле, явлении реактивного движения, взрывных явлениях и явлениях столкновения тел.
2. Закон сохранения импульса применяют: при расчетах скоростей тел при взрывах и соударениях; при расчетах реактивных аппаратов; в военной промышленности при проектировании оружия; в технике - при забивании свай, ковке металлов и т.д

Описание работы.

Установка состоит из двух стальных шаров, на длинных подвесах и измерительной линейки под шарами. Центры масс соприкасающихся шаров лежат на одном уровне от точки подвеса. Отведя один из шаров (например, большей массы) в сторону и отпустив его, можно произвести прямой (центральный) удар шаров.



Если до столкновения один из шаров покоился $v_2=0$, то выражение закона сохранения импульса упростится. При прямом ударе оба шара после столкновения движутся по одной прямой, поэтому от векторной формы записи закона сохранения импульса можно перейти к алгебраической и учитывая, что после столкновения оба шара движутся в одном направлении, получим:

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

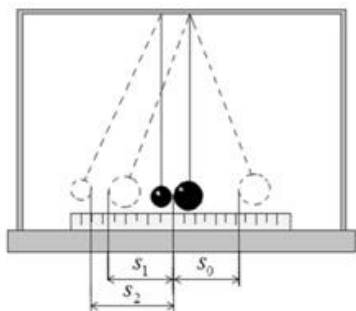


рис. 2

Для определения скорости первого шара v_1 до удара и скоростей шаров v'_1 и v'_2 после удара воспользуемся законом сохранения механической энергии. Потенциальная энергия шара в положении максимального отклонения

равняется его кинетической энергии при ударе $mgh = \frac{mv^2}{2}$, отсюда $v = \sqrt{2gh}$.

Высоту подъёма шара можно определить по его максимальному отклонению s от положения равновесия (рис.3,а).

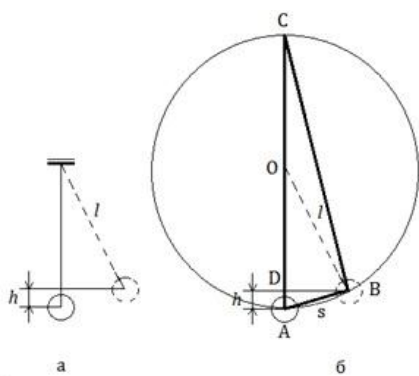


рис. 3

Треугольник ABC прямоугольный (опирается на диаметр). Катет AB является средней пропорциональной величиной между гипотенузой $AC=2l$ и своей проекцией на гипотенузу AD (рис.3,б): $AB^2=AC \cdot AD$ то есть $s^2 = 2lh$,

откуда $h = \frac{s^2}{2l}$. Следовательно, величины скоростей можно выразить

$$v_1 = s_0 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_1 = s_1 \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad v'_2 = s_2 \sqrt{\frac{g}{l}},$$

так: где S_0, S_1 - максимальные отклонения первого шара до и после удара; S_2 - максимальное отклонение второго шара после удара.

Запишем уравнение закона сохранения через выражения

$$m_1 s_0 \sqrt{\frac{g}{l}} = m_1 s_1 \sqrt{\frac{g}{l}} + m_2 s_2 \sqrt{\frac{g}{l}}$$

скоростей: $m_1 \cdot S_0 = m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$. Таким образом, проверка закона сохранения импульса в данной работе сводится к проверке справедливости последнего уравнения.

При малых углах отклонения шара от положения равновесия S_0 , S_1 и S_2 можно заменить соответствующими величинами, отсчитанными по горизонтальной шкале.

Порядок выполнения работы.

1. Перенесите рисунок 2 в отчет по работе.
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№	$m_1,$ г	$m_2,$ г	$S_0,$ мм	$S_1,$ мм	$S_2,$ мм	$\frac{m_1 \cdot S_0}{\Gamma \cdot \text{мм}}$ с	$\frac{m_1 \cdot S_1}{\Gamma \cdot \text{мм}}$ с	$\frac{m_2 \cdot S_2}{\Gamma \cdot \text{мм}}$ с	$\frac{m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2}{\Gamma \cdot \text{мм}}$ с
1									
2									

3. Определите массы шаров m_1 и m_2 . Запишите их результат в таблицу.
4. Отрегулируйте подвеску шаров так, чтобы их центры и точка касания находились на одной горизонтальной линии.
5. Отклоните шар большей массы на 5 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{cp}}$. Запишите его в таблицу (S_1).
6. Повторите опыт 5, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{cp}}$. Запишите его в таблицу (S_2).
7. Отклоните шар большей массы на 8 см от положения равновесия (S_0) и затем отпустите его. Заметьте максимальное отклонение этого шара после удара (S_1). Повторите опыт 5 раз и найдите среднее значение отклонения $S_{1\text{cp}}$. Запишите его в таблицу (S_1).
8. Повторите опыт 7, но теперь заметьте после удара максимальное отклонение шара с меньшей массой (S_2). Повторите опыт 5 раз, и найдите среднее значение отклонения $S_{2\text{cp}}$. Запишите его в таблицу (S_2).

9. Используя значения S_0 , S_1 и S_2 , вычислите импульс шара до удара $m_1 \cdot S_0$ и сумму импульсов шаров после удара $m_1 \cdot S_1 + m_2 \cdot S_2$ и внесите в таблицу их результаты.

10. Сравните импульс шара до удара с суммой импульсов шаров после удара. Запишите вывод по полученным результатам работы.

11. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое импульс материальной точки? По какой формуле он находится?
2. Импульс – величина векторная или скалярная?
3. Запишите формулу и формулировку закона сохранения импульса?
4. Выполняется ли закон сохранения импульса при распаде тела?
5. Какое движение называется реактивным?
6. Выполняется ли закон сохранения импульса при реактивном движении?

Лабораторная работа № 3

Тема: Сохранение механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости

Цель: научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины; сравнить две величины— уменьшение потенциальной энергии прикрепленного к пружине тела при его падении и увеличение потенциальной энергии растянутой пружины.

Оборудование: динамометр, жесткость пружины которого равна 40 Н/м; линейка измерительная; груз из набора по механике; масса груза равна $(0,100 \pm 0,002)$ кг; фиксатор; штатив с муфтой и лапкой.

Краткие сведения.

Если тело способно совершить работу, то говорят, что оно обладает энергией.

Механическая энергия тела – это скалярная величина, равная максимальной работе, которая может быть совершена в данных условиях.

Обозначается E Единица энергии в СИ [$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$]

Кинетическая энергия – это энергия тела, обусловленная его движением.

Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется **кинетической энергией тела**:

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

Кинетическая энергия – это энергия движения. Кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью \vec{v} равна работе, которую должна совершить сила, приложенная к покоящемуся телу, чтобы сообщить ему эту скорость:

$$A = \frac{mv^2}{2} = E_k$$

Наряду с кинетической энергией или энергией движения в физике важную роль играет понятие **потенциальной энергии** или **энергии взаимодействия тел**.

Потенциальная энергия – энергия тела, обусловленная взаимным расположением взаимодействующих между собой тел или частей одного тела.

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести (потенциальная энергия тела, поднятого над землёй).

$$E_p = mgh$$

Она равна работе, которую совершает сила тяжести при опускании тела на нулевой уровень.

Растянутая (или сжатая) пружина способна привести в движение прикрепленное к ней тело, то есть сообщить этому телу кинетическую энергию. Следовательно, такая пружина обладает запасом энергии. Потенциальной энергией пружины (или любого упруго деформированного тела) называют величину

$$E_p = \frac{kx^2}{2}, \text{ где } k \text{ – жесткость пружины, } x \text{ - абсолютное удлинение тела.}$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе силы упругости при переходе из данного состояния в состояние с нулевой деформацией.

Потенциальная энергия при упругой деформации – это энергия взаимодействия отдельных частей тела между собой силами упругости.

Если тела, составляющие **замкнутую механическую систему**, взаимодействуют между собой только силами тяготения и упругости, то работа этих сил равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}).$$

По теореме о кинетической энергии эта работа равна изменению кинетической энергии тел:

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

Следовательно $E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1})$ или $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$.

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, остается неизменной.

Это утверждение выражает *закон сохранения энергии* в механических процессах. Он является следствием законов Ньютона.

Сумму $E = E_k + E_p$ называют **полной механической энергией**.

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих между собой только консервативными силами, при любых движениях этих тел не изменяется. Происходят лишь взаимные превращения потенциальной энергии тел в их кинетическую энергию, и наоборот, или переход энергии от одного тела к другому.

$$E = E_k + E_p = \text{const}$$

Закон сохранения механической энергии выполняется только тогда, когда тела в замкнутой системе взаимодействуют между собой консервативными силами, то есть силами, для которых можно ввести понятие потенциальной энергии.

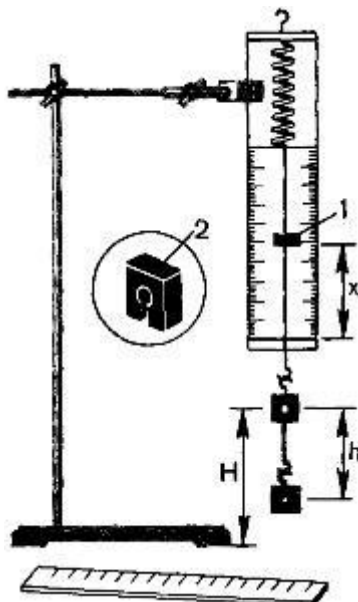
В реальных условиях практически всегда на движущиеся тела наряду с силами тяготения, силами упругости и другими консервативными силами действуют силы трения или силы сопротивления среды.

Сила трения не является консервативной. Работа силы трения зависит от длины пути.

Если между телами, составляющими замкнутую систему, действуют силы трения, то механическая энергия не сохраняется. Часть механической энергии превращается во внутреннюю энергию тел (нагревание).

Описание установки.

Для работы используется установка, показанная на рисунке. Она представляет собой укрепленный на штативе динамометр с фиксатором 1.



Пружина динамометра заканчивается проволочным стержнем с крючком. Фиксатор (в увеличенном масштабе он показан отдельно — помечен цифрой 2) — это легкая пластинка из пробки (размерами 5 X 7 X 1,5 мм), прорезанная ножом до ее центра. Ее насаживают на проволочный стержень динамометра. Фиксатор должен перемещаться вдоль стержня с небольшим трением, но трение все же должно быть достаточным, чтобы фиксатор сам по себе не падал вниз. В этом нужно убедиться перед началом работы. Для этого фиксатор устанавливают у нижнего края шкалы на ограничительной скобе. Затем растягивают и отпускают.

Фиксатор вместе с проволочным стержнем должен подняться вверх, отмечая этим максимальное удлинение пружины, равное расстоянию от упора до фиксатора.

Если поднять груз, висящий на крючке динамометра, так, чтобы пружина не была растянута, то потенциальная энергия груза по отношению, например, к поверхности стола равна mgh . При падении груза (опускание на расстояние $x = h$) потенциальная энергия груза уменьшится на

$$E_1 = mgh$$

а энергия пружины при ее деформации увеличивается на

$$E_2 = kx^2/2$$

Порядок выполнения работы:

1. Груз из набора по механике прочно укрепите на крючке динамометра.
2. Поднимите рукой груз, разгружая пружину, и установите фиксатор внизу у скобы.
3. Отпустите груз. Падая, груз растянет пружину. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение x пружины.

4. Повторите опыт пять раз. Найдите среднее значение h и x

5. Подсчитайте $E_{1cp}=mgh$ и $E_{2cp}=kx^2/2$

6. Результаты занесите в таблицу:

№ опыта	$h=x_{max}$, м	$h_{cp}=x_{cp}$, м	E_{1cp} , Дж	E_{2cp} , Дж	E_{1cp}/ E_{2cp}
1					
2					
3					
4					
5					

7. Сравните отношение E_{1cp}/E_{2cp} с единицей и сделайте вывод о погрешности, с которой был проверен закон сохранения энергии.

8. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Раскройте понятие механической энергии?
2. Какая энергия называется кинетической? По какой формуле она находится?
3. Какая энергия называется потенциальной? По какой формуле она находится?
4. Что называется полной механической энергией?
5. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
6. Как связано изменение потенциальной энергии падающего груза с изменением энергии пружины, растянутой при его падении?

Лабораторная работа №4

Тема: Сравнение работы силы упругости с изменением кинетической энергии тела

Цель работы: экспериментальная проверка теоремы о кинетической энергии.

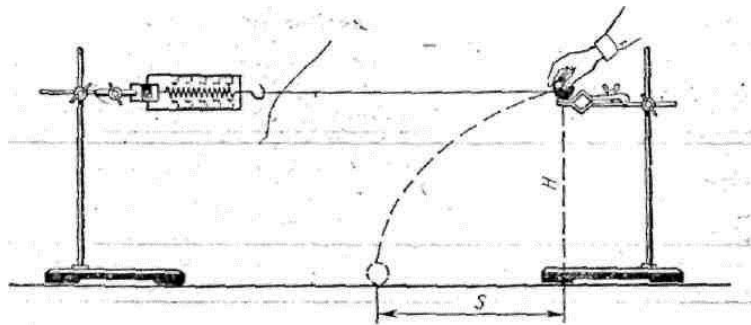
Оборудование: штативы для фронтальных работ — 2 шт.; динамометр учебный; шар; нитки; линейка измерительная 30 см с миллиметровыми делениями; весы учебные со штативом; гири Г4-210

Краткие сведения.

Теорема о кинетической энергии утверждает, что работа силы, приложенной к телу, равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = E_{k1} - E_{k2} = \Delta E_k$$

Для экспериментальной проверки этого утверждения можно воспользоваться установкой, изображенной на рисунке 1.



В лапке штатива закрепляют горизонтально динамометр. К его крючку привязывают шар на нити длиной 60—80 см. На другом штативе на такой же высоте, как и динамометр, закрепляют лапку. Установив шар на краю лапки, штатив вместе с шаром отодвигают от первого штатива на такое расстояние, чтобы на шар действовала сила упругости $F_{упр}$ со стороны пружины динамометра. Затем шар отпускают. Под действием силы упругости шар приобретает скорость v , его кинетическая энергия изменяется от 0 до $\frac{mv^2}{2}$.

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Для определения модуля скорости v шара, приобретенной под действием силы упругости $F_{упр}$, можно измерить дальность полета s шара при свободном падении с высоты H :

$$v = \frac{s}{t}, \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

Отсюда модуль скорости v равен: $v = \frac{s\sqrt{g}}{\sqrt{2H}}$, а изменение кинетической энергии равно $\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mS^2g}{4H}$.

Сила упругости во время действия на шар по закону Гука изменяется линейно от $F_{упр1} = 2H$ до $F_{упр2} = 0$, среднее значение силы упругости равно

$$F_{упр ср} = \frac{F_{упр1} + F_{упр2}}{2} = \frac{F_{упр1}}{2}.$$

Измерив деформацию пружины динамометра x , можно вычислить работу силы упругости: $A = F_{упр ср} x = \frac{1}{2} F_{упр1} x$.

Задача настоящей работы состоит в проверке равенства

$$A = \Delta E_k, \quad \text{т.е.} \quad \frac{1}{2} F_{упр1} x = \frac{mS^2g}{4H}.$$

Порядок выполнения работы.

1. Укрепите на штативах динамометр и лапку для шара на одинаковой высоте $H = 40$ см от поверхности стола. Зацепите за крючок динамометра нить с привязанным шаром.

2. Удерживая шар на лапке, отодвигайте штатив до тех пор, пока показание динамометра станет равным 2 Н. Отпустите шар с лапки и заметьте место его падения на столе. Опыт повторите 2—3 раза и определите среднее значение дальности полета S шара.

3. Измерьте массу шара с помощью весов и вычислите изменение кинетической энергии шара под действием силы упругости:

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mS^2g}{4H}$$

4. Измерьте деформацию пружины динамометра x при силе упругости 2 Н. Вычислите работу A силы упругости:

$$A = F_{\text{упр}} x = \frac{1}{2} F_{\text{упр}} x$$

5. Оцените границы погрешности определения значения изменения кинетической энергии ΔE_k и работы A силы упругости.

Динамометр имеет погрешность $\Delta_d = 0,05$ Н, погрешность $\Delta m = 0,02$ кг, $\Delta g = 0,02 \frac{м}{с^2}$.

Относительная погрешность изменения кинетической энергии

$$\varepsilon_{\Delta E_k} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta S}{S} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta H}{H}$$

Абсолютная погрешность изменения кинетической энергии

$$\Delta(\Delta E_k) = \varepsilon_{\Delta E_k} \cdot E_k$$

6. Сравните полученные значения работы A силы упругости и изменения кинетической энергии ΔE_k шара.

$F1 = mg$	ℓ	$\Delta\ell$	F	$h = l + \Delta l$	$E' = F1(\ell + \Delta\ell)$	$E' = \frac{F \cdot \Delta l}{2}$

7. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Какие системы тел называются консервативными?
2. От чего зависит значение кинетической энергии? Может ли она быть отрицательной?
3. От чего зависит значение потенциальной энергии. Может ли она быть отрицательной?
4. Какая энергия используется в пневматических тормозных системах автобусов, трамваев и других транспортных средств?

Лабораторная работа №5

Тема: Изучение законов сохранения на примере удара шаров

Цель работы: проверка на практике законов сохранения энергии и импульса на примере упругого и неупругого соударения тел.

Оборудование: штатив с двумя подвесами, набор шаров, масштабная линейка

Теоретическая справка.

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 $p = m \cdot v$

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 $K + W = E = const$.

Порядок выполнения работы

1 Соберите установку.

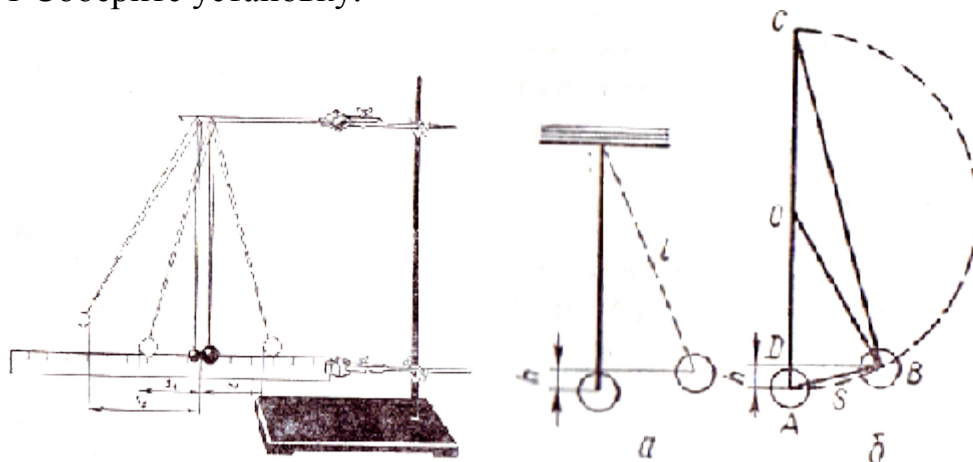


Рис.1 рис.2

ХОД РАБОТЫ

1. Определите массу шаров на весах и измерьте длину их подвеса.

3. Отведите большой шар на 5-7см (s_0) в сторону и отпустите его, производя прямой удар по другому шару. 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).

$$AB^2 = AC \cdot AD$$

$$S^2 = 2lh; h = \frac{s^2}{2l}$$

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:

m_1 , кг	m_2 , кг	h , м	t , с	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

Контрольные вопросы:

1. Что называют импульсом тела?
2. Сформулируйте закон сохранения импульса
3. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса?
4. Математическая запись закон сохранения импульса

Лабораторная работа № 6.

Тема: Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.

Цель работы: состоит в экспериментальной проверке формулы, связывающей период колебаний маятника с длиной его подвеса.

Оборудование: штатив с перекладиной и муфтой, нить с петлями на концах, груз с крючком, линейка, электронный секундомер

Основные сведения

Рассмотрим колебания нитяного маятника, т.е. небольшого тела (например, шарика), подвешенного на нити, длина которой значительно превышает размеры самого тела. Если шарик отклонить от положения равновесия и отпустить, то он начнет колебаться. Сначала маятник движется с нарастающей скоростью вниз. В положении равновесия скорость шарика не равна нулю, и он по инерции движется

вверх. По достижении наивысшего положения шарик снова начинает двигаться вниз. Это будут свободные колебания маятника.

Свободные колебания – это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из положения устойчивого равновесия.

Колебательное движение характеризуют амплитудой, периодом и частотой колебаний.

Амплитуда колебаний - это наибольшее смещение колеблющегося тела от положения равновесия. Обозначается A . Единица измерения - метр [1м].

Период колебаний - это время, за которое тело совершает одно полное колебание. Обозначается T . Единица измерения - секунда [1с].

Частота колебаний - это число колебаний, совершаемых за единицу времени. Обозначается ν . Единица измерения - герц [1Гц].

Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют **математическим маятником**.



Период колебаний математического маятника определяется

формулой:
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1),$$
 где l – длина подвеса, а g – ускорение свободного падения.

Период колебаний математического маятника зависит:

1) от длины нити. Период колебаний математического маятника пропорционален корню квадратному из длины нити $T \sim \sqrt{l}$. Т.е., например при уменьшении длины нити в 4 раза, период уменьшается в 2 раза; при уменьшении длины нити в 9 раз, период уменьшается в 3 раза.

2) от ускорения свободного падения той местности, где происходят колебания. Период колебаний математического маятника обратнопропорционален корню

квадратному из ускорения свободного падения $T \sim \frac{1}{\sqrt{g}}$.

Тело, подвешенное на пружине называют **пружинным маятником**.



Период колебаний пружинного маятника определяется формулой $T = 2\pi \sqrt{m/k}$, где m - масса тела, k - жесткость пружины.

Период колебаний пружинного маятника зависит:

1) от массы тела. Период колебаний пружинного маятника пропорционален корню квадратному из массы тела $T \sim \sqrt{m}$.

2) от жесткости пружины. Период колебаний пружинного маятника обратнопропорционален корню квадратному из жесткости пружины $T \sim \frac{1}{\sqrt{k}}$.

В работе мы исследуем колебания математического маятника. Из

формулы $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ следует, что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определённое количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

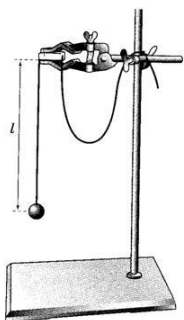
Выполнение работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

$l, м$	№ опыта	N	t, с	$t_{ср}, с$	T, с	$\nu, Гц$
$l_1 =$	1	30				
	2	30				

	3	30			
	4	30			
$l_2 =$	1	30			
	2	30			
	3	30			
	4	30			

2. Закрепите перекладину в муфте у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладины выступал за край поверхности стола. Подвесьте к перекладине с помощью нити один груз из набора. Расстояние от точки повеса до центра груза должно быть 25-30 см.



3. Подготовьте электронный секундомер к работе в ручном режиме.

4. Отклоните груз на 5-6 см от положения равновесия и замерьте время, за которое груз совершит 30 полных колебаний (при отклонении груза следите, чтобы угол отклонения не был велик).

5. Повторите измерение 3-4 раза и определите среднее время $t_{cp1}=(t_1+t_2+t_3+t_4)/4$

6. Вычислите период колебания груза с длиной подвеса 25-30 см по

формуле $T_1 = \frac{t_{cp1}}{N}$.

7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.

8. Повторите серию опытов с маятником новой длины и вычислите его период

колебаний по формуле $T_2 = \frac{t_{cp2}}{N}$.

9. Вычислите частоты колебаний для обеих маятников по

формулам $\nu_1 = \frac{N}{t_{\text{сп1}}}$ и $\nu_2 = \frac{N}{t_{\text{сп2}}}$.

10. Сравните периоды колебаний двух маятников, длины которых отличались в четыре раза, и сделайте вывод относительно справедливости формулы (1). Укажите возможные причины расхождения результатов.

11. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называют периодом колебаний маятника?
2. Что называют частотой колебаний маятника? Какова единица частоты колебаний?
3. От каких величин и как зависит период колебаний математического маятника?
4. От каких величин и как зависит период колебаний пружинного маятника?
5. Какие колебания называют собственными?

Лабораторная работа №7

Тема: Измерение влажности воздуха.

Цель работы: определить относительную и абсолютную влажность воздуха; проверить показания волосного гигрометра.

Оборудование: психрометр, штатив, стакан с водой, волосной гигрометр, психрометрическая таблица.

Содержание и метод выполнения работы

Относительная влажность φ определяется отношением абсолютной влажности ρ_a к плотности насыщенного водяного пара $\rho_{\text{нп}}$ при температуре окружающего воздуха, и выражается в процентах:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{нп}}} 100\% \quad (1)$$

Существует несколько методов измерения относительной влажности воздуха. В данной работе ее измеряют с помощью психрометра и волосного гигрометра.

ПСИХРОМЕТРОМ – по разности температур термометров, резервуар у одного из которых окружен полоской ткани, опущенной в воду, а у другого остается сухим, и специальной таблице.

ВОЛОСНЫМ ГИГРОМЕТРОМ непосредственно измеряют относительную влажность воздуха в процентах. Проверку и установку волосного гигрометра производят на основании определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра. Для установки стрелки гигрометра на соответствующее деление шкалы служит регулировочный винт I .

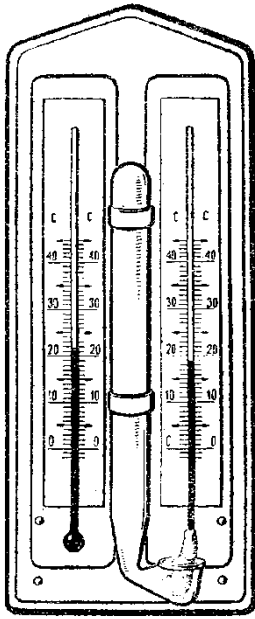


Рис. 6

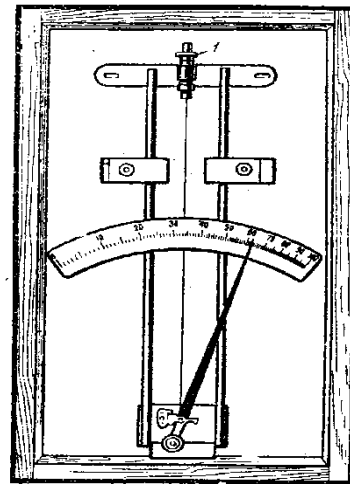


Рис. 7

Порядок выполнения работы

Задание №1. Определение относительной влажности воздуха психрометром.

1. Зарисуйте схему опыта, укажите название основных частей прибора (рис.6).
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 10

Температура сухого термометра, $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура влажного термометра, $t_2, ^\circ\text{C}$	Разность показаний термометров, $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность воздуха, $\varphi, \%$

3. Закрепите психрометр в лапке штатива.
4. Наполните резервуар психрометра водой таким образом, чтобы кисея намочла.
5. Через 10-15 минут снимите показания приборов.
6. По психрометрической таблице определите относительную влажность воздуха.
7. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 10.

Задание №2. Определение относительной влажности волосным гигрометром.

1. Зарисуйте схему опыта.
2. Укажите название основных частей прибора (рис.7).
3. Определите влажность воздуха волосным гигрометром, результат запишите в тетрадь.
4. Сравните показания прибора с результатом предыдущего опыта, сделайте вывод.

Задание №3. Определение абсолютной влажности воздуха.

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 11

Температура окружающего	Плотность насыщенного водяного	Относительная влажность	Абсолютная влажность

воздуха, t_1, C	пара при данной температуре, $\rho_{\text{н.п.}}, \text{кг/м}^3$	воздуха, $\phi, \%$	воздуха, $\rho_a, \text{кг/м}^3$

2. Определите температуру окружающего воздуха, а также плотность насыщенного водяного пара при данной температуре (см. Приложение 2).
3. Учитывая значение относительной влажности воздуха, полученной в первом задании, рассчитайте абсолютную влажность воздуха, используя формулу 1.
4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 11.
5. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы

Вариант №1.

1. Может ли относительная влажность увеличиваться, если абсолютная влажность убывает?
2. Абсолютная влажность воздуха $6,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Найти относительную влажность при температуре 20, 16 и 8° С.

Вариант №2.

1. При какой относительной влажности появляется роса?
2. При температуре 15° С относительная влажность воздуха 84%. Определите абсолютную влажность и точку росы.

Вариант №3.

1. При какой относительной влажности появляется туман?
2. При температуре 30° С относительная влажность воздуха составляет 50%. Выпадет ли роса, если температура понизится до 19° С?

Вариант №4.

1. Как изменится разность показаний термометров в психрометре при понижении температуры, если абсолютная влажность остается неизменной?
2. Вычислить абсолютную и относительную влажность воздуха при температуре 26°С, если точка росы 11° С.

3. Приложение 2

4. Плотность насыщенного водяного пара при различных значениях температуры

t, C	$\rho \times 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	t, C	$\rho \times 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	t, C	$\rho \times 10^{-3}, \text{кг/м}^3$
-10	2,14	11	10,0	28	27,2
-5	3,24	12	10,7	29	28,7
-4	3,51	13	11,4	30	30,3
-3	3,81	14	12,1	40	51,2
-2	4,13	15	12,8	50	83,0
-1	4,47	16	13,6	60	130,0
0	4,80	17	14,5	80	293
1	5,20	18	15,4	100	598
2	5,60	19	16,3	120	1123
3	6,00	20	17,3	160	3259
4	6,40	21	18,3	200	7763
5	6,80	22	19,4		
6	7,30	23	20,6		
7	7,80	24	21,8		
8	8,30	25	23,0		
9	8,80	26	24,4		
10	9,40	27	25,8		

Лабораторная работа №8

Тема: Измерение поверхностного натяжения жидкости.

Цель работы: опытным путем определить коэффициент поверхностного натяжения воды.

Оборудование: бюретка (воронка) с зажимом, весы учебные с разновесом, сосуд с водой, сосуд для сбора капель (2 шт), штангенциркуль, штатив для фронтальных работ.

Содержание и метод выполнения работы

Поверхностное натяжение определяется отношением модуля силы поверхностного натяжения F , действующей на границу поверхностного слоя жидкости, к длине этой границы l :

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad (1)$$

Поверхностное натяжение α зависит от природы граничных сред и температуры жидкости.

В данной работе поверхностное натяжение воды определяется методом отрыва капель. Для этого собирают установку по рисунку 8. В лапке штатива закрепляют бюретку (или воронку). В бюретку наливают дистиллированную воду и с помощью зажима регулируют ее вытекание так, чтобы вода отдельными каплями падала в подставленный стакан.

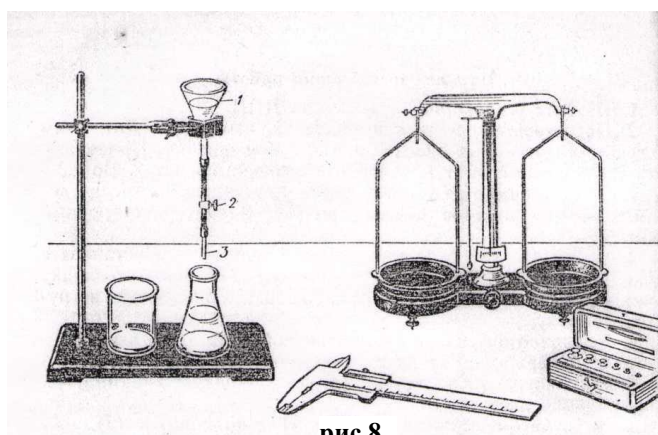


рис.8

В момент отрыва капли модуль силы поверхностного натяжения F равен модулю силы тяжести $F_{тяж}$, действующей на каплю массой m : $F = F_{тяж}$, или $\alpha \pi D = mg$. Отсюда:

$$\alpha = \frac{mg}{\pi D} \quad (2)$$

Для повышения точности измеряют массу n капель и вычисления ведут по формуле:

$$\alpha = \frac{Mg}{n\pi D}, \quad (3)$$

где M – масса вылившейся воды, g – модуль ускорения свободного падения, n – число капель воды, D – внутренний диаметр стеклянной трубки-наконечника.

Порядок выполнения работы

1. Зарисуйте схему опыта (рис.8).
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 12

№	Диаметр трубки и D , м	Масса пустого сосуда m_1 , кг	Масса сосуда с каплями m_2 , кг	Масса капля M , кг	Число капель n	Поверхностное натяжение α , Н/м	Среднее значение поверхностного натяжения $\alpha_{ср}$, Н/м	Табличное значение поверхностного натяжения	Относительная погрешность δ , %

								НИЯ $\alpha_{таб}$, Н/м	
1									
2									

3. Соберите установку по рисунку 8.
4. Измерьте внутренний диаметр стеклянной трубки-наконечника 3 (см. рис.8).
5. Измерьте массу пустого сосуда с точностью до 0,01 г.
6. Установите зажим, налейте в бюретку (воронку) дистиллированную воду.
7. Подставьте под трубку **второй (!)** сосуд и, постепенно ослабляя (перемещая) зажим, добейтесь, чтобы вода из трубки вытекала отдельными каплями с частотой 30-40 капель в минуту.
8. Подставьте под трубку пустой, **взвешенный (!)** сосуд и, отсчитав 50 капель, отодвиньте его.
9. Вторично взвесьте сосуд и вычислите массу вылившейся воды.
10. Вычислите поверхностное натяжение по формуле (3).
11. Опыт повторите, собрав в сосуд 100 капель.
12. Рассчитайте среднее значение поверхностного натяжения воды.
13. Сравните полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения воды.
14. Определите относительную погрешность методом оценки результатов измерений, используя формулу:

$$\delta = \frac{|\alpha_{cp} - \alpha_{таб}|}{\alpha_{таб}} 100\%$$

15. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 12.
16. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы.

Вариант №1.

1. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
2. Керосин по каплям вытекает из бюретки через отверстие диаметром 2мм, причем капли падают одна за другой с интервалом 1 с. За какое время вытечет 25 см³ керосина?

Вариант №2.

1. Почему в лабораторной работе рекомендуется проводить измерения для возможно большего числа капель?
2. В ванночку вместимостью 6 см³ по каплям вытекает вода из трубки с внутренним диаметром 1 мм. Найти, сколько капель должно вытечь из трубки, чтобы заполнить ванночку.

Вариант №3.

1. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
2. При определении силы поверхностного натяжения капельным методом число капель глицерина, вытекающего из капилляра, составляет 50. Общая масса глицерина 1 г, а радиус шейки капли в момент отрыва 0,5 мм. Определите поверхностное натяжение глицерина.

Вариант №4.

1. Почему при выполнении лабораторной работы следует добиваться медленного падения капель?
2. Определите радиус капли спирта, вытекающей из узкой вертикальной трубки диаметром 2 мм. Считайте, что в момент отрыва капля сферическая. Поверхностное натяжение спирта 22 мН/м, а его плотность 800кг/м³.

Лабораторная работа №9

Тема: Изучение деформации растяжения.

Цель работы: определить модуль упругости резины.

Оборудование: 1) резиновая лента с петелькой на одном конце и узлом на другом; 2) динамометр (или два лабораторных набора грузов); 3) штангенциркуль; 4) линейка измерительная с миллиметровыми делениями; 5) штатив для фронтальных работ.

Содержание и метод выполнения работы

Модуль Юнга характеризует упругие свойства материала. Это постоянная величина, зависящая только от материала и его физического состояния. Поскольку модуль Юнга входит в закон Гука, который справедлив только для упругих деформаций, то и модуль Юнга характеризует свойства веществ только при упругих деформациях. Модуль Юнга можно определить из закона Гука:

$$\sigma = E\varepsilon, \tag{1}$$

где σ - механическое напряжение; E - модуль Юнга; ε - относительное удлинение. Так как

$$\sigma = \frac{F}{S} \tag{2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \tag{3}$$

то из (1)-(3) следует, что

$$E = \frac{Fl_0}{S\Delta l} \tag{4}$$

Измерив силу F , площадь сечения S , начальную длину l_0 и растяжение Δl резиновой ленты по формуле (4) рассчитывают модуль упругости E .

Порядок выполнения работы

1. Зарисуйте схему опыта.
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 13

Ширина ленты a, м	Толщина ленты b, м	Начальная площадь сечения ленты S₀, м²

3. Измерьте ширину и толщину ленты с помощью штангенциркуля.
4. Вычислите начальную площадь сечения ленты по формуле $S_0=ab$.
5. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 13.
6. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 14

№	Начальная длина ленты l₀, м	Длина ленты при растяжении и l, м	Удлинение Δl, м	Начальная площадь сечения ленты S₀, м²	Площадь сечения ленты при растяжении S, м²	Деформирующая сила F, Н	Модуль Юнга E, Па	Среднее значение модуля Юнга E_{ср}, Па	Погрешность	
									абсолютная Δ_{ср}, Па	относительная δ, %
1										
2										
3										

7. Укрепите конец ленты с узлом в лапке штатива и измерьте начальную длину ленты l_0 (от точки крепления до петельки).
8. Вставьте в петельку крючок динамометра (или груза) и растяните ленту на 1-2 см.
9. Измерьте длину ленты l деформирующую силу F .
10. Рассчитайте удлинение ленты Δl .
11. Рассчитайте площадь образца S в деформированном состоянии, учитывая, что объем резины увеличивается незначительно при малых деформациях ($V_0 = V$, $S_0 l_0 = Sl$):

$$S = \frac{S_0 l_0}{l}$$

12. Рассчитайте модуль Юнга по формуле (4).
13. Опыт повторите при удлинениях 4 и 6 см.
14. Найдите среднее значение модуля Юнга.
15. Определите погрешность измерений методом среднего арифметического:
 - рассчитайте абсолютную погрешность, допускаемую в каждом опыте:

$$\Delta_1 = |E_1 - E_{cp}|, \quad \Delta_2 = |E_2 - E_{cp}|, \quad \Delta_3 = |E_3 - E_{cp}|;$$
 - рассчитайте среднюю абсолютную погрешность:

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3}{3};$$

- рассчитайте относительную погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta_{cp}}{E_{cp}} 100\%.$$

16. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 14.
17. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы.

Вариант №1.

1. Что такое модуль Юнга?
2. К стальной нити диаметром 2 мм и длиной 1 м подвешен груз массой 200 г. На сколько удлинится нить, если модуль Юнга стали 220 ГПа? Каково относительное удлинение нити?

Вариант №2.

1. Что называется пределом упругости?
2. Какую растягивающую силу надо приложить к стальной проволоке длиной 3,6 м и площадью поперечного сечения 10^{-6} м^2 для удлинения ее на 2 мм?

Вариант №3.

1. Что называется пределом прочности?
2. Под действием силы в 50 Н проволока длиной 2,5 м и площадью поперечного сечения $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ удлинилась на 1 мм. Определите модуль Юнга.

Вариант №4.

1. Что такое механическое напряжение и в чем оно измеряется?
2. Вычислите модуль упругости для железа, если известно, что железная проволока длиной 1,5 м и сечением 10^{-6} м^2 под действием силы в 200 Н удлинилась на 1,5 мм.

Лабораторная работа №10

Тема: Изучение изотермического процесса.

Цель работы: опытным путем проверить закон Бойля-Мариотта.

Оборудование: прибор для изучения газовых законов, барометр (один на класс), лента измерительная, штатив для фронтальных работ, резиновая груша, стакан с водой.

Содержание и метод выполнения работы

Изотермический процесс - это переход газа из одного состояния в другое, при котором масса газа и температура остаются неизменными.

Закон Бойля-Мариотта говорит о том, что при изотермическом процессе произведение давления на объем есть величина постоянная, т.е.

$$pV = \text{const} \text{ или } p_1V_1 = p_2V_2.$$

Объем воздуха в трубке в любом состоянии равен $V = L \cdot S$, где L - длина трубки, занятая воздухом, S - площадь поперечного сечения трубки. Так как сечение трубки постоянно, то проверка подлежит равенство:

$$pL = \text{const} \text{ или } p_1L_1 = p_2L_2.$$

Порядок выполнения работы

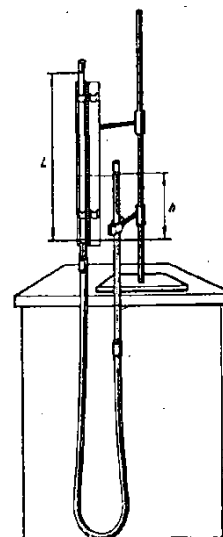
1. Зарисуйте схему опыта (рис.5).
2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 9

№	Разность уровней воды $h, \text{мм}$	Длина трубки, занятая воздухом $L, \text{мм}$	Дополнительное давление $\Delta p, \text{мм.рт.ст}$	Атмосферное давление воздуха $p_a, \text{мм.рт.ст}$	Давление воздуха в трубке $p, \text{мм.рт.ст}$	Произведение давления на условный объем $C = p \cdot L, \text{мм.рт.ст} \cdot \text{мм}$
1						
2						
3						
4						
5						

3. Соберите установку по рисунку:

- прибор для изучения газовых законов укрепите в лапке штатива и расположите у края стола;
- в трубку налейте воду (кран на пробке должен быть открыт);
- закройте кран;
- другой конец трубки переместите вертикально вверх 20-30 см.



на

p_a
рис.5

4. Измерьте разность уровней воды h и длину трубки занятой воздухом L .
5. Опыт повторите 4-5 раз.
6. Результаты измерений запишите в таблицу 1.
7. Вычислите дополнительное давление воздуха по формуле:

$$\Delta p = h / 13,6.$$

8. Определите по барометру атмосферное давление
9. Вычислите давление воздуха в трубке по формуле

$$p = p_a + \Delta p.$$

10. Вычислите произведение давления газа на условный объем $C = p \cdot L$.

11. Результаты вычислений занесите в таблицу 9.
12. Сделайте вывод.
13. Выполните контрольные задания.

Контрольные вопросы

Вариант №1.

1. При изохорном нагревании идеального газа, взятого при температуре

- 320 К, его давление увеличилось от $1,4 \cdot 10^5$ до $2,1 \cdot 10^5$ Па. Как изменилась температура газа?
2. Газ при давлении $8 \cdot 10^5$ Па и температуре 12°C занимает объем 855 л. Каково будет давление, если газ данной массы при температуре 47°C займет объем 800л?

Вариант №2.

1. Определить массу 20 л воздуха, находящегося при температуре 273 К по давлением 300 кПа.
2. Как изменится давление воздуха в шине автомобиля при нагревании на 36 К, если при давлении $1,7 \cdot 10^5$ Па температура газа была 314 К?

Вариант №3.

1. Какое давление создает один киломоль идеального газа при температуре 400 К, если газ занимает объем $0,2 \text{ м}^3$?
2. Газ при температуре 258 К занимает объем 12,32 л. Какой объем будет занимать этот газ при температуре 308 К?

Вариант №4.

1. Какой инертный газ находится в сосуде объемом 0,5 л при температуре 300 К и давлении $12,5 \cdot 10^5$ Па, если масса газа 5 г?
2. При температуре 300К давление газа в закрытом сосуде было 75 кПа. Каким будет давление при температуре 260 К?

Лабораторная работа №11

Тема: Изучение теплового расширения твердых тел

Цель работы: пронаблюдать на практике тепловое расширение твёрдых тел, научиться производить расчеты линейных и объемных изменений твердых тел при изменении их температуры; учиться применять полученные теоретические знания к решению практических задач и объяснять механизм теплового расширения тел на основе молекулярно-кинетической теории.

Оборудование: стержень алюминиевый; деревянный брусок, булавка с большой головкой и насаженной бумажной стрелкой, штатив с лапкой и муфтой, спиртовка со спирто, монетка, дощечка с 2-мя гвоздями.

Краткие сведения.

Тепловым расширением называется увеличение линейных размеров тела и его объема, происходящие при повышении температуры.

Расширение твердого тела вдоль одного его измерения называется *линейным*.

Величина, показывающая, на какую долю начальной длины, взятой при 0°C , увеличивается длина тела от нагревания его на 1°C , называется *коэффициентом*

линейного расширения и обозначается через α . $\alpha = \frac{l-l_0}{l_0 \Delta t}$

Увеличение объема тел при нагревании называется *объемным расширением*. Объемное расширение характеризуется коэффициентом объемного

расширения и обозначается через β . $\beta = \frac{V-V_0}{V_0 \Delta t}$

Коэффициент объемного расширения твердого тела равен утроенному коэффициенту линейного расширения, т.е. $\beta = 3\alpha$.

Порядок выполнения работы:

1. Для наблюдения расширения твердых тел, закрепить один конец стержня в лапку штатива, а другой конец плотно прижать сверху к булавке, положенной на деревянный брусок (см. рисунок).
2. Зажечь спиртовку, поднести к стержню и наблюдать за поведением стрелки. Что наблюдали?
3. Убрать спиртовку, снова наблюдать за поведением стрелки. Что наблюдали?
4. Провести наблюдение с холодной и нагретой монеткой

$V_1, м^3$	$V_2, м^3$	$\Delta V, м^3$	$\beta, 1/К$

Расчётные задания:

1. Длина медной проволоки при нагревании от 0^0 до 100^0 увеличилась на 0,17м. Определите температурные коэффициенты линейного и объёмного расширения меди, если первоначальная длина проволоки 100м.
2. Стальной стержень при температуре 0^0 имеет длину 0,2 м. При какой температуре его длина будет 0, 213м?

Контрольные вопросы:

1. Что происходит с телами при охлаждении и расширении?
2. Почему тела расширяются? Что изменяется у тела в процессе расширения?
3. Когда балалайку вынесли из теплого помещения на мороз, ее стальные струны стали более натянуты. Какой вывод можно сделать о различии в тепловом расширении стали и дерева?
4. Почему при пайке применяют легкоплавкие металлы (олово, свинец) и их сплавы?
5. Почему стаканы из толстого стекла лопаются чаще, чем тонкостенные, при наливании в них крутого кипятка?
6. Длина медной проволоки при нагревании от 0^0 до 100^0 увеличилась на 0,17м. Определите температурные коэффициенты линейного и объёмного расширения меди, если первоначальная длина проволоки 100м.
7. Стальной стержень при температуре 0^0 имеет длину 0,2 м. При какой температуре его длина будет 0, 213м?

Тема: Определение коэффициента полезного действия электрического чайника.

Цель: целенаправленное обучение поисковой деятельности, актуализация личностного смысла обучающихся к изучению темы, создание условий для развития навыков общения и совместной деятельности.

Оборудование: электрический чайник, термометр, часы с секундной стрелкой.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите электрочайник. По паспортным данным определите электрическую мощность электроприбора P .
2. Налейте в чайник воду объёмом V , равным 1 л (1 кг)
3. Измерьте с помощью термометра начальную температуру воды t_1 .
4. Включите чайник в электрическую сеть и нагревайте воду до кипения.
5. Определите по таблице температуру кипения воды t_2 .
6. Заметьте по часам промежуток времени, в течение которого нагревалась вода Δt
7. Используя данные измерений, вычислите:
 - а) совершённую электрическим током работу, зная мощность чайника P и время нагревания воды Δt , по формуле $A_{\text{эл.тока}} = P \cdot \Delta t$
 - б) количество теплоты, полученное водой и равное полезной работе, $Q_{\text{нагр.}} = cm(t_2 - t_1)$
8. Рассчитайте коэффициент полезного действия электрочайника.
9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$P, \text{Вт}$	$V, \text{м}^3$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{с}$	$A_{\text{эл.тока}}, \text{Дж}$	$Q_{\text{нагр.}}, \text{Дж}$	$\eta, \%$

Контрольные вопросы:

1. Как рассчитать количество теплоты, выделяющегося в проводнике при протекании по нему тока, зная сопротивление этого проводника?
2. Почему спираль электрочайника изготавливают из проводника большой площади сечения? Дайте развёрнутый ответ.
3. Приведите примеры других электроприборов, в которых нагревательным элементом является спираль. Чем эти приборы отличаются друг от друга?

Лабораторная работа №13

Тема: Измерение температуры нити лампы накаливания.

Цель работы: определить температуру нити лампы накаливания по вольтамперной характеристике.

Оборудование: Лампа 6,3 В, амперметр, вольтметр (учебные), реостат (100 Ом), ключ, провода, монтажная панель.

Краткие сведения.

Температуру нити лампы накаливания можно узнать, пользуясь зависимостью

сопротивления от температуры: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$. Для этого, измерив предварительно сопротивление нити лампы в холодном состоянии тестером, снять вольтамперную характеристику лампы. По найденным значениям силы тока и напряжения найти сопротивление нити и её температуру. Однако необходимо учесть, что сопротивление металлов зависит от температуры не совсем линейно. Особенно это становится заметно при больших перепадах температуры (как в данном случае). Поэтому, при измерении сопротивления в холодном состоянии выбирается $\alpha_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, а в горячем $\alpha_2 = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Порядок выполнения работы

1. Измерьте сопротивление нити лампы в холодном состоянии с помощью тестера. Это даст возможность вычислить сопротивление нити при нуле градусов Цельсия. Для вычисления воспользуйтесь значением термического коэффициента α_1 .

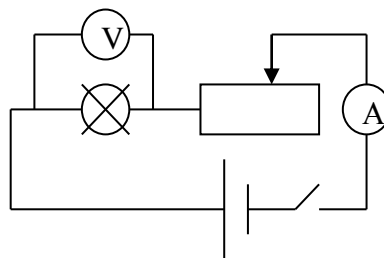
2. Соберите цепь согласно схеме.

3. Снимите ВАХ, перемещая движок реостата (минимум 10 замеров). Результаты занесите в таблицу.

4. Вычислите сопротивление и температуру для каждого замера, используя значением термического коэффициента α_2 и вычисленным R_0 .

5. Постройте ВАХ и зависимость $R = f(t)$.

6. Сделайте выводы.



Контрольные вопросы

1. Чем объясняется зависимость электрического сопротивления металлов от температуры?

2. Каковы основные источники погрешностей измерений в данном эксперименте?

3. Каким способом можно повысить точность измерений в данном эксперименте?

Лабораторная работа №14

Тема: Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников

Цель работы: проверить законы последовательного и параллельного соединений проводников.

Оборудование: источник электрической энергии; резисторы (3шт.); амперметр постоянного тока; вольтметр постоянного тока; реостат; ключ; соединительные провода.

Содержание и метод выполнения работы

Потребители электрической энергии – электрические лампочки, электронагревательные приборы, провода и т.п. – обладают определенным сопротивлением, поэтому их часто называют «проводниками» или резисторами. Обычно электрическая цепь состоит из нескольких резисторов, соединенных

последовательно. Параллельно или смешанно. Для простоты расчета электрических цепей все резисторы мысленно заменяют одним, при включении которого режим цепи не нарушается, т.е. сила тока и напряжение остаются прежними. Сопротивление этого резистора называют **эквивалентным** общему сопротивлению нескольких резисторов, образующих цепь.

В работе необходимо измерить напряжение и силу тока в цепи и на отдельных участках, и проверить выполнение законов последовательного соединения проводников:

$$I_{общ} = I_1 = I_2 = I_3; \quad U_{общ} = U_1 + U_2 + U_3; \quad R_{эkv} = R_1 + R_2 + R_3,$$

а также - законов параллельного соединения проводников:

$$I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3; \quad U_{общ} = U_1 = U_2 = U_3; \quad \frac{1}{R_{эkv}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Порядок выполнения работы

Задание №1. Проверка законов последовательного соединения проводников.

1. Зарисуйте в тетради электрическую схему, изображенную на рис.11:

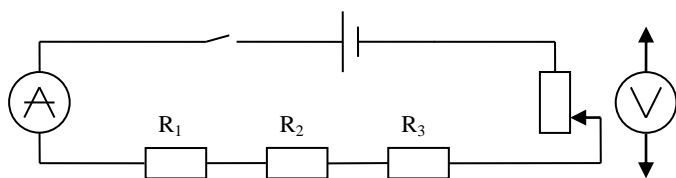


рис.11

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 19

№	Сопротивление				Напряжение				Сила тока			
	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R _{эkv} , Ом	U ₁ , В	U ₂ , В	U ₃ , В	U _{общ} , В	I ₁ , А	I ₂ , А	I ₃ , А	I _{общ} , А

3. Собрать электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 11.
4. Записать сопротивление резисторов.
5. Рассчитать эквивалентное сопротивление резисторов.
6. После проверки преподавателем, цепь замкнуть и измерить напряжение на отдельных резисторах. Для этого прикоснуться наконечниками проводов, идущих от вольтметра к клеммам резисторов.
7. Измерить напряжение на концах всей группы резисторов.
8. По закону Ома для участка цепи вычислить силу тока в каждом резисторе.
9. Измерить общую силу тока в цепи.
10. Результаты записать в таблицу 19.
11. Проверить законы последовательного соединения проводников, сделать вывод.

Задание №2. Проверка законов параллельного соединения проводников.

1. Зарисуйте в тетради электрическую схему, изображенную на рис.12:

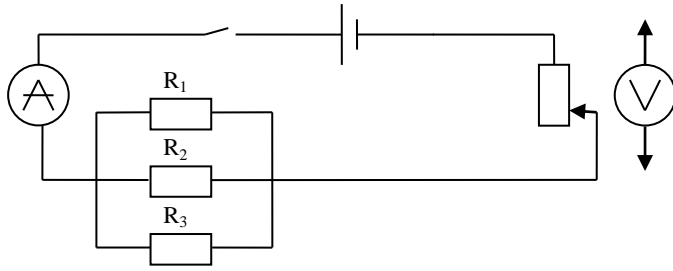


рис.12

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 20

№	Сопротивление				Напряжение				Сила тока			
	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	$R_{э\text{кв}},$ Ом	$U_1,$ В	$U_2,$ В	$U_3,$ В	$U_{\text{общ}},$ В	$I_1,$ А	$I_2,$ А	$I_3,$ А	$I_{\text{общ}},$ А

3. Собрать электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 12.
4. Записать сопротивление резисторов.
5. Рассчитать эквивалентное сопротивление резисторов.
6. После проверки преподавателем цепь замкнуть, и с помощью реостата установить определенную (заданную преподавателем) силу тока.
7. Далее производить измерения и вычисления по аналогии с первым заданием.
8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 20.
9. Проверить законы параллельного соединения проводников, сделать вывод.

Контрольные вопросы

Вариант №1.

1. Как присоединяют в электрическую цепь амперметр?
2. Нарисовать схему включения 10 ламп для освещения трамвайного вагона, рассчитанных на напряжение 120 В каждая. Напряжение в трамвайной сети 600 В.

Вариант №2.

1. Какое соединение проводников называют параллельным?
2. Нарисовать любую схему комбинированного соединения, собранную из семи резисторов сопротивлением 10 Ом каждый. Рассчитайте эквивалентное сопротивление этой цепи.

Вариант №3.

1. Как присоединяют в электрическую цепь вольтметр?
2. Нарисуйте схему включения в сеть пяти ламп, рассчитанных на напряжение 12 В каждая, если напряжение в сети 10 В.

Вариант №4.

1. Какое соединение проводников называют последовательным?
2. Как с помощью резисторов, имеющих сопротивления 300 Ом, собрать участок электрической цепи, имеющей сопротивление 500 Ом? Нарисуйте эту схему.

Лабораторная работа №15

Тема: Изучение закона Ома для полной цепи.

Оборудование: источник электрической энергии; амперметр постоянного тока; вольтметр постоянного тока; реостат; ключ; соединительные провода.

Содержание и метод выполнения работы

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника тока является результатом разделения в нем положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами. Сторонние силы-силы, действующие против электрического поля и выполняющие работу за счет какой-либо энергии, подведенной извне. Величина, измеряемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного

положительного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока ε (э. д. с.).

Если цепь разомкнуть, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При замкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней цепи с сопротивлением R и во внутренней части цепи с сопротивлением r :

$$\varepsilon = U + U_0 \quad \text{или} \quad \varepsilon = U + Ir \quad (1)$$

В работе предлагается измерить силу тока и напряжение в цепи при двух различных положениях движка реостата. В первом случае формула (1) запишется как: $\varepsilon = U_1 + I_1 r$, во втором случае: $\varepsilon = U_2 + I_2 r$.

Отсюда

$$\varepsilon = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2} \quad (2)$$

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} \quad (3)$$

Порядок выполнения работы

1. Зарисуйте в тетради электрическую схему, изображенную на рисунке:

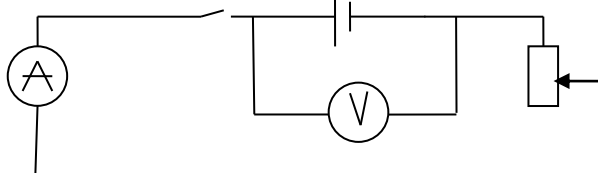


рис.13

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Таблица 21

№	Сила тока в цепи I , А	Напряжение на внешней части цепи U , В	ЭДС ε , В	Среднее значение ЭДС $\varepsilon_{\text{ср}}$, В	Внутреннее сопротивление r , Ом	Среднее значение внутреннего сопротивления $r_{\text{ср}}$, Ом	Относительная погрешность δ , %
1							
2							
3							
4							

3. Соберите электрическую цепь по схеме (рис.13).
4. Определите цену деления амперметра и вольтметра.
5. После проверки схемы преподавателем, замкните цепь.
6. Передвигая ползунок реостата, установите в цепи силу тока, соответствующую нескольким делениям шкалы амперметра.
7. Занесите показания амперметра и вольтметра в таблицу 21.
8. Передвиньте ползунок реостата вправо (или влево). Вновь снимите показания приборов и занесите их в таблицу.
9. Опыт повторите 2-4 раза.
10. Рассчитайте значение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока по формулам 2 и 3 для каждого случая.
11. Определите средние значения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.
12. Определите относительную погрешность измерения методом среднего арифметического:

- рассчитайте абсолютную погрешность, допускаемую в каждом опыте:
 $\Delta_1 = |\varepsilon_1 - \varepsilon_{cp}|$, $\Delta_2 = |\varepsilon_2 - \varepsilon_{cp}|$, $\Delta_3 = |\varepsilon_3 - \varepsilon_{cp}|$, $\Delta_4 = |\varepsilon_4 - \varepsilon_{cp}|$;
- рассчитайте среднюю абсолютную погрешность:

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4}{4};$$

- рассчитайте относительную погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta_{cp}}{\varepsilon_{cp}} 100\%.$$

13. Результаты вычислений занесите в таблицу 21.

14. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы

Вариант №1.

1. В каком направлении движутся электроны проводимости в полной цепи постоянного тока на внешнем участке?
2. Разность потенциалов на клеммах разомкнутого источника тока 4 В. Определить внутреннее сопротивление источника тока, если при сопротивлении внешнего участка цепи 4 Ом сила тока равна 0,8 А.

Вариант №2.

1. ЭДС источника электрической энергии 16 В. Какой физический смысл этого выражения?
2. Определить силу тока в цепи при коротком замыкании батареи с ЭДС 12 В, если при замыкании ее на внешний резистор сопротивлением 4 Ом сила тока равна 2 А.

Вариант №3.

1. В каком направлении движутся электроны проводимости в полной цепи постоянного тока на внутреннем участке?
2. При замыкании источника тока на резистор с сопротивлением 14 Ом напряжение на зажимах источника 28 В, а при замыкании на резистор с сопротивлением 29 Ом напряжение на зажимах 29 В. Найдите ЭДС источника.

Вариант №4.

1. В каком случае вольтметр, включенный на зажимы генератора, показывает ЭДС генератора и в каком случае – напряжение на концах внешнего участка цепи?
2. При замыкании источника тока на резистор с сопротивлением 14 Ом напряжение на зажимах источника 28 В, а при замыкании на резистор с сопротивлением 29 Ом напряжение на зажимах 29 В. Найдите внутреннее сопротивление источника.

Лабораторная работа №16

Тема: Изучение явления электромагнитной индукции

Цель работы: Проверить экспериментально правило Ленца для определения индукционного тока.

Оборудование: миллиамперметр, магнит дугообразный, катушка индуктивности, соединительные провода, источник электрической энергии, ключ, катушка с железным сердечником.

Содержание и метод выполнения работы

Явление возникновения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного поля, пронизывающего контур, называется электромагнитной индукцией. Направление индукционного тока определяется по правилу Ленца: «возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван».

В данной работе требуется проверить следующий экспериментальный факт: если поток внешнего магнитного поля возрастает ($\Delta\Phi > 0$), то линии индукций внешнего и

индукционного поля противоположно направлены, в противном случае ($\Delta\Phi < 0$) - линии индукций внешнего и индукционного поля сонаправлены.

Порядок выполнения работы

Задания №1

1. Зарисуйте в тетради электрическую схему (рис.14):

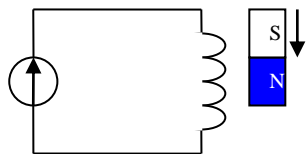


рис.14

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений:

Таблица 22

№	Способ получения индукционного тока	I_i	B_i	B_m	$\Delta\Phi_m$
1	Внесение в катушку северного полюса				
2	Удаление из катушки северного полюса				
3	Внесение в катушку южного полюса магнита				
4	Удаление из катушки южного полюса				

3. Соберите установку по схеме, изображенной на рисунке 14.

4. Подключив катушку к зажимам амперметра, выполните действия, указанные во втором столбце таблицы 22.

Внимание! При выполнении опытов магнит перемещать вертикально, положение катушки не менять.

5. Для каждого способа получения индукционного тока определите:

- направление индукционного тока I_i в катушке по направлению отклонения стрелки миллиамперметра и по направлению намотки витков катушки;

- направление вектора магнитной индукции поля индукционного тока B_i в катушке по правилу буравчика (правого винта);

- направление вектора магнитной индукции поля магнита B_m в катушке по расположению полюсов магнита;

- изменение магнитного потока поля магнита $\Delta\Phi_m$ через катушку по направлению движения магнита.

6. Результаты опытов запишите в соответствующие столбцы таблицы 1.

Для краткости записи направление индукционного тока I_i в катушке условно изображать в виде дуговых стрелок « \curvearrowright », « \curvearrowleft », направления B_i , B_m - в виде вертикальных стрелок « \uparrow », « \downarrow », а $\Delta\Phi_m$ - знаками « $+$ » (возрастание магнитного потока), « $-$ » (убывание магнитного потока).

7. На основе результатов проделанных опытов сделайте вывод.

ЗАДАНИЕ №2.

1. Зарисуйте в тетради электрическую схему (рис.15):

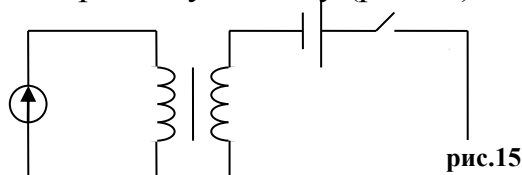


рис.15

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений:

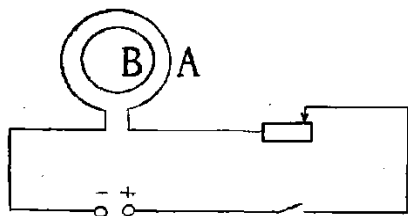
Таблица 23

Способ получения индукционного	I	B	$\Delta\Phi_m$	I_i	B_i
разомкнуть ключ					
замкнуть ключ					

3. Соберите установку по схеме, изображенной на рисунке 15.

4. Выполните действия, указанные в первом столбце таблицы 23.

5. Для каждого способа получения индукционного тока определите:
- направление тока I в первой цепи определять по полярности источника тока и по направлению намотки витков катушки;
 - направление индукционного тока $I_{\text{в катушке}}$ по направлению отклонения стрелки миллиамперметра и по направлению намотки витков катушки;
 - направление векторов магнитной индукции полей тока B и $B_{\text{г}}$ по правилу



буравчика (правого винта);

6. Результаты опытов запишите в соответствующие столбцы таблицы 23.

Для краткости записи все величины условно изображать в виде знаков, использованных в первом задании.

7. На основе результатов проделанных опытов сделайте вывод.

Контрольные вопросы

Вариант № 1.

1. Каковы условия возникновения индукционного тока?
2. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке В (рис.16), если в цепи витка А ключ замыкают.

Вариант № 2.

1. На каких физических явлениях основано действие электрических генераторов и моторов?
2. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке В (рис.16), если в цепи витка А при замкнутом ключе скользящий контакт реостата передвигают вправо.

Вариант № 3.

1. Приведите примеры применения явления электромагнитной индукции.
2. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке В (рис.16), если в цепи витка А ключ размыкают.

Вариант № 4.

1. В основе работы каких устройств лежит явление электромагнитной индукции?
2. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке В (рис.16), если в цепи витка А при замкнутом ключе скользящий контакт реостата передвигают влево.

Лабораторная работа №17

Тема: Индуктивность и емкость в цепи переменного тока.

Цель: изучить зависимость емкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока и параметров элементов.

Оборудование: работа выполняется при помощи виртуальной лаборатории.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь, показанную на рисунке 1.

2. Установить следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Конденсатор – рабочее напряжение 400 В, емкость 10 мкФ;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

3. Изменяя емкость конденсатора от 5 до 50 мкФ (через 5 мкФ), записать показания вольтметров (напряжение на конденсаторе и на резисторе).
4. Рассчитать эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения емкости конденсатора (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
5. Определить значения емкостных сопротивлений конденсатора для соответствующих значений его емкости и сравните их с рассчитанными по формуле (3).
6. Установить емкость конденсатора 10 мкФ. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты емкостного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.

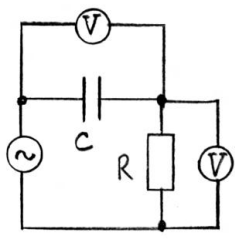


рис. 1

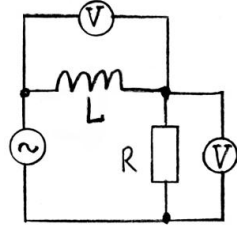


Рис.2.

1.

7. Соберите цепь показанную на рисунке 2.
8. Установить следующие значения параметров:
Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;
Катушка - индуктивность 50 мГн;
Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.
9. Изменяя индуктивность катушки от 50 до 500 мГн (через 50 мГн), записать показания вольтметров (напряжение на катушке и на резисторе).
10. Рассчитать эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения индуктивности катушки (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
11. Определить индуктивные сопротивления катушки для соответствующих значений ее индуктивности и сравните их с рассчитанными по формуле (1).
12. Установить индуктивность катушки 100 мГн. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторить измерения и расчеты индуктивного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.
11. Построить графики зависимостей индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока.
12. Сделать вывод:

Контрольные вопросы:

1. Почему емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты переменного тока а, индуктивное сопротивление – увеличивается?
2. Каковы разности фаз между током и напряжением для катушки и конденсатора?
3. В каких единицах измеряются емкостное и индуктивное сопротивления?

4. Как записывается аналог закона Ома для максимальных (эффективных) значений для реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности?

Лабораторная работа №18

Тема: Определение показателя преломления стекла.

Оборудование: стеклянная пластинка с двумя параллельными гранями; булавки с пластмассовыми головками (3 шт.); транспортир; подъемный столик; таблица тригонометрических функций.

Содержание и метод выполнения работы

Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т.е. преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

1. Падающий и преломленный луч лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным через точку падения луча к границе раздела двух сред.
2. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления γ – величина постоянная для данных сред и называется коэффициентом преломления второй среды относительно первой $n_{2,1}$:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2,1} \quad (1)$$

В данной работе рассматривается переход света из воздуха в стекло. Учитывая, что скорость света в воздухе составляет 99,9% скорости света в вакууме, можно принять значение абсолютного показателя воздуха примерно равным единице, т. е.:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \approx 1 \quad (2)$$

Так как коэффициент преломления второй среды относительно первой $n_{2,1}$:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (3)$$

то, учитывая формулы (1)-(3), получим:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (4)$$

В данной работе n – показатель преломления стекла, который и необходимо найти.

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений:

Таблица 24

№	Угол падения светового луча $\alpha, ^\circ$	Угол преломления светового луча $\gamma, ^\circ$	Синус угла падения $\sin \alpha$	Синус угла преломления $\sin \gamma$	Коэффициент преломления стекла n	Среднее значение коэффициента преломления стекла $n_{ср}$	Относительная погрешность $\delta, \%$
1							
2							
3							
4							

2. На подъемный столик положите развернутую тетрадь для лабораторных работ.
3. На лист тетради плашмя положите стеклянную пластинку и карандашом

- обведите ее контуры.
- С другой стороны стекла наколите, как можно дальше друг от друга, две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна одной из параллельных граней пластинки.
 - Третью булавку расположите по грани с другой стороны стекла и вколите ее так, чтобы, смотря вдоль всех булавок через стекло, видеть их расположенными на одной прямой (см. рис.17а).

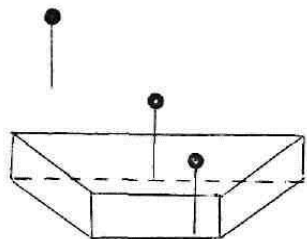


рис.17а

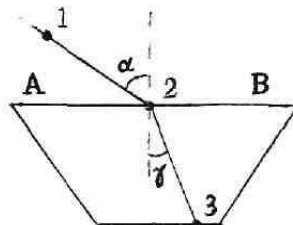


рис.17б

- Стекло, булавки снимите; места наколов отметьте точками 1, 2, 3 (см. рис.17б).
- Через точки 1 и 2, 2 и 3 проведите прямые до пересечения с контурами стекла. Через точку 2 проведите перпендикуляр к границе АВ сред воздух – стекло (см.рис.17.б).
- Отметьте угол падения α и угол преломления γ .
- Транспортиром измерьте углы и по таблице (или калькулятору) определите синусы измеренных углов.
- Опыт повторите 3-4 раза, меняя каждый раз угол α .
- Вычислите значения коэффициента преломления, используя формулу (4).
- Найдите среднее значение коэффициента преломления стекла.
- Определите погрешность измерений методом среднего арифметического:
 - рассчитайте абсолютную погрешность, допускаемую в каждом опыте: $\Delta_1=|n_1-n_{cp}|$, $\Delta_2=|n_2-n_{cp}|$, $\Delta_3=|n_3-n_{cp}|$, $\Delta_4=|n_4-n_{cp}|$;
 - рассчитайте среднюю абсолютную погрешность:

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4}{4};$$
 - рассчитайте относительную погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta_{cp}}{n_{cp}} 100\%.$$
- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 24.
- Сделайте вывод.

Контрольные вопросы

Вариант №1.

- В чем различия абсолютного и относительного показателей преломления?
- Определите, на какой угол отклонится световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения 75° .

Вариант №2.

- При каких условиях наблюдается полное отражение света?
- В дно пруда вертикально вбит шест высотой 1,25 м. Определить длину тени от шеста на дне пруда, если солнечные лучи падают на поверхность воды под углом 38° , а шест целиком находится в воде.

Вариант №3.

- В каких случаях свет на границе раздела двух сред не преломляется?
- Выйдет ли луч света из воды в воздух, если угол падения равен 30° ? 60° ?

Вариант №4.

- Что называется абсолютным показателем преломления среды?
- Мальчик старается попасть палкой в предмет, находящийся на дне ручья глубиной 40 см. На каком расстоянии от предмета палка попадает в дно

ручья, если мальчик точно прицелившись, двигает палку под углом 45° к поверхности воды.

Лабораторная работа №19

Тема: Наблюдение интерференции и дифракции света.

Цель работы: экспериментально изучить явление интерференции и дифракции.

Оборудование: электрическая лампа с прямой нитью накала, две стеклянные пластинки, стеклянная трубка, стакан с раствором мыла, кольцо проволочное с ручкой диаметром 30 мм., компакт-диск, штангенциркуль, капроновая ткань.

Краткие сведения:

Интерференция – явление характерное для волн любой природы: механических, электромагнитных.

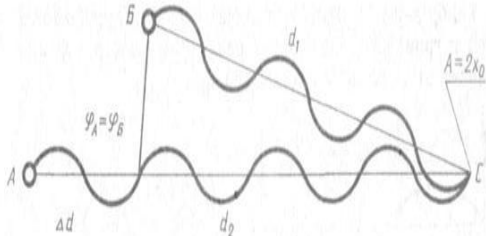
Интерференция волн – сложение в пространстве двух (или нескольких) волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление результирующей волны.

Обычно интерференция наблюдается при наложении волн, испущенных одним и тем же источником света, пришедших в данную точку разными путями. От двух независимых источников невозможно получить интерференционную картину, т.к. молекулы или атомы излучают свет отдельными цугами волн, независимо друг от друга. Атомы испускают обрывки световых волн (цуги), в которых фазы колебаний случайные. Цуги имеют длину около 1 метра. Цуги волн разных атомов налагаются друг на друга. Амплитуда результирующих колебаний хаотически меняется со временем так быстро, что глаз не успевает эту смену картин почувствовать. Поэтому человек видит пространство равномерно освещенным. Для образования устойчивой интерференционной картины необходимы когерентные (согласованные) источники волн.

Когерентными называются волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную разность фаз.

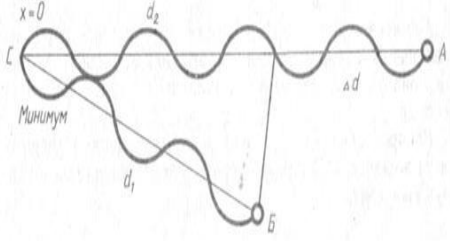
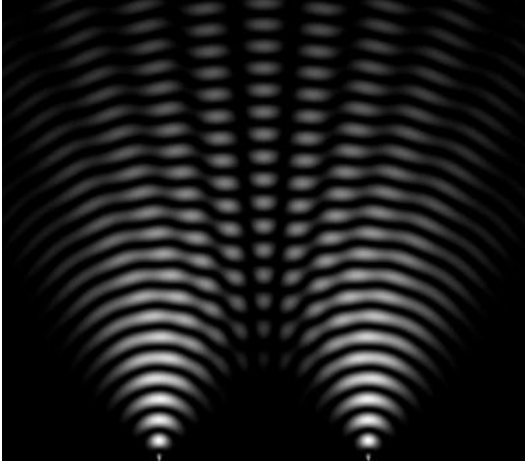
Амплитуда результирующего смещения в точке С зависит от разности хода волн на расстоянии $d_2 - d_1$.

Условие максимума

	$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ <p>где $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$ (разность хода волн равна четному числу полуволн) Волны от источников А и Б придут в точку С в одинаковых фазах и “усилят друг друга”. $\varphi_A = \varphi_B$ - фазы колебаний</p>
---	---

	$\Delta\varphi=0$ - разность фаз $A=2X_{max}$ – амплитуда результирующей волны.
--	--

Условие минимума

	$\Delta d = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}, (\Delta d = d_2 - d_1)$ <p>где $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$ (разность хода волн равна нечетному числу полуволн) Волны от источников А и Б придут в точку С в противофазах и “погасят друг друга”. $\varphi_A \neq \varphi_B$ - фазы колебаний $\Delta\varphi = \pi$ - разность фаз $A=0$ – амплитуда результирующей волны.</p>
	<p>Интерференционная картина – регулярное чередование областей повышенной и пониженной интенсивности света.</p> <p>Интерференция света – пространственное перераспределение энергии светового излучения при наложении двух или нескольких световых волн.</p>

Вследствие дифракции свет отклоняется от прямолинейного распространения (например, близи краев препятствий).

Дифракция – явление отклонения волны от прямолинейного распространения при прохождении через малые отверстия и огибании волной малых препятствий.

Условие проявления дифракции: $d < \lambda$, где d – размер препятствия, λ – длина волны. Размеры препятствий (отверстий) должны быть меньше или соизмеримы с длиной волны.

Существование этого явления (дифракции) ограничивает область применения законов геометрической оптики и является причиной предела разрешающей способности оптических приборов.

Дифракционная решетка – оптический прибор, представляющий собой периодическую структуру из большого числа регулярно расположенных элементов, на которых происходит дифракция света. Штрихи с определенным и постоянным для данной дифракционной решетки профилем повторяются через

одинаковый промежуток d (период решетки). Способность дифракционной решетки раскладывать падающий на нее пучок света по длинам волн является ее основным свойством. Различают отражательные и прозрачные дифракционные решетки. В современных приборах применяют в основном отражательные дифракционные решетки.

Условие наблюдения дифракционного максимума:

$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$, где $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3$; d - период решетки, φ - угол, под которым наблюдается максимум, а λ - длина волны.

Из условия максимума следует $\sin \varphi = (k \cdot \lambda) / d$.

Пусть $k=1$, тогда $\sin \varphi_{кр} = \lambda_{кр} / d$ и $\sin \varphi_{ф} = \lambda_{ф} / d$.

Известно, что $\lambda_{кр} > \lambda_{ф}$, следовательно $\sin \varphi_{кр} > \sin \varphi_{ф}$. Т.к. $y = \sin \varphi_{ф}$ - функция возрастающая, то $\varphi_{кр} > \varphi_{ф}$

Поэтому фиолетовый цвет в дифракционном спектре располагается ближе к центру.

В явлениях интерференции и дифракции света соблюдается закон сохранения энергии. В области интерференции световая энергия только перераспределяется, не превращаясь в другие виды энергии. Возрастание энергии в некоторых точках интерференционной картины относительно суммарной световой энергии компенсируется уменьшением её в других точках (суммарная световая энергия – это световая энергия двух световых пучков от независимых источников). Светлые полосы соответствуют максимумам энергии, темные – минимумам.

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Опустите проволочное кольцо в мыльный раствор. На проволочном кольце получается мыльная плёнка.



Объяснение. Появление светлых и темных полос объясняется интерференцией световых волн, отраженных от поверхности пленки. треугольник $d = 2h$. Разность хода световых волн равна удвоенной толщине плёнки. При вертикальном расположении пленка имеет клинообразную форму. Разность хода световых волн в верхней её части будет меньше, чем в нижней. В тех местах пленки, где разность хода равна четному числу полуволн, наблюдаются светлые полосы. А при нечетном числе полуволн – темные полосы.

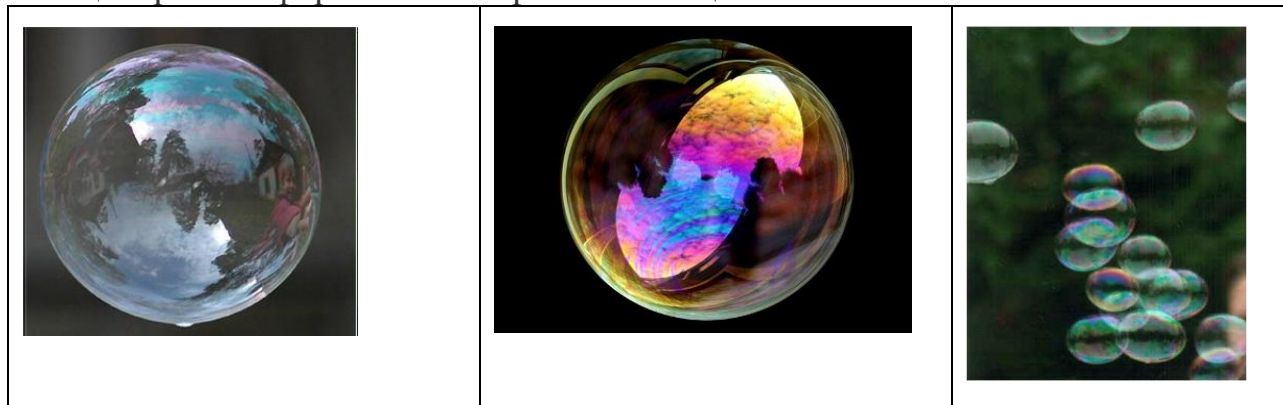
Горизонтальное расположение полос объясняется горизонтальным расположением линий равной толщины пленки.

<p><u>Освещаем мыльную пленку белым светом (от лампы).</u> <u>Наблюдаем окрашенность светлых полос в спектральные цвета: вверху – синий, внизу – красный.</u></p>		<p><i>Объяснение.</i> Такое окрашивание объясняется зависимостью положения светлых полос о длины волн падающего цвета.</p>
---	---	--

Наблюдаем также, что полосы, расширяясь и сохраняя свою форму, перемещаются вниз.

Объяснение. Это объясняется уменьшением толщины пленки, так как мыльный раствор стекает вниз под действием силы тяжести.

Задание 2. С помощью стеклянной трубки выдуйте мыльный пузырь и внимательно рассмотрите его. При освещении его белым светом наблюдайте образование цветных интерференционных колец, окрашенных в спектральные цвета. Верхний край каждого светлого кольца имеет синий цвет, нижний – красный. По мере уменьшения толщины пленки кольца, также расширяясь, медленно перемещаются вниз. Их кольцеобразную форму объясняют кольцеобразной формой линий равной толщины.



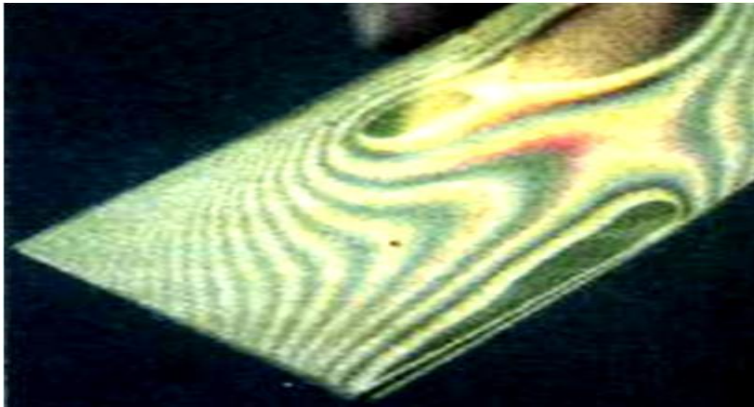
Ответьте на вопросы:

1. Почему мыльные пузыри имеют радужную окраску?
2. Какую форму имеют радужные полосы?
3. Почему окраска пузыря все время меняется?

Задание 3. Тщательно протрите две стеклянные пластинки, сложите вместе и сожмите пальцами. Из-за неидеальности формы соприкасающихся поверхностей между пластинками образуются тончайшие воздушные пустоты.



При отражении света от поверхностей пластин, образующих зазор, возникают яркие радужные полосы – кольцеобразные или неправильной формы. При изменении силы, сжимающей пластинки, изменяются расположение и форма полос. Зарисуйте увиденные вами картинки.



Объяснение: Поверхности пластинок не могут быть совершенно ровными, поэтому соприкасаются они только в нескольких местах. Вокруг этих мест образуются тончайшие воздушные клинья различной формы, дающие картину интерференции. В проходящем свете условие максимума $2h=kl$
Ответьте на вопросы:

1. Почему в местах соприкосновения пластин наблюдаются яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы?
2. Почему с изменением нажима изменяются форма и расположение интерференционных полос?

Задание 4. Рассмотрите внимательно под разными углами поверхность компакт-диска (на которую производится запись).



Объяснение: Яркость дифракционных спектров зависит от частоты

нанесенных на диск бороздок и от величины угла падения лучей. Почти параллельные лучи, падающие от нити лампы, отражаются от соседних выпуклостей между бороздками в точках А и В. Лучи, отраженные под углом равным углу падения, образуют изображение нити лампы в виде белой линии. Лучи, отраженные под иными углами имеют некоторую разность хода, вследствие чего происходит сложение волн.

Что вы наблюдаете? Объясните наблюдаемые явления. Опишите интерференционную картину.

Поверхность компакт-диска представляет собой спиральную дорожку с шагом соизмеримым с длиной волны видимого света. На мелкоструктурной поверхности проявляются дифракционные и интерференционные явления. Блики компакт- дисков имеют радужную окраску.

Задание 5. Посмотрите сквозь капроновую ткань на нить горячей лампы. Поворачивая ткань вокруг оси, добейтесь четкой дифракционной картины в виде двух скрещенных под прямым углом дифракционных полос.



Объяснение: В центре креста виден дифракционный максимум белого цвета. При $k=0$ разность хода волн равна нулю, поэтому центральный максимум получается белого цвета. Крест получается потому, что нити ткани представляют собой две сложенные вместе дифракционные решетки со взаимно перпендикулярными щелями. Появление спектральных цветов объясняется тем, что белый свет состоит из волн различной длины. Дифракционный максимум света для различных волн получается в различных местах.

Зарисуйте наблюдаемый дифракционный крест. Объясните наблюдаемые явления.

Литература

Основные источники:

1. Степанова Г.Н. Физика. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39116.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Степанова Г.Н. Физика. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39117.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Степанова Г.Н. Физика. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 202 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39708.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Степанова Г.Н. Физика. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Углублённый уровень/ Степанова Г.Н.— Электрон.текстовые данные.— М.: Русское слово, 2013.— 306 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39709.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительные источники:

1. Дмитриева Е.И. Физика для инженерных специальностей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дмитриева Е.И.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2013.— 142 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/729.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Дмитриева Е.И. Физика для инженерных специальностей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дмитриева Е.И.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2013.— 142 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/729.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Лабораторные работы по физике. Выпуск 1. Механика [Электронный ресурс]: сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ по физике/ — Электрон.текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 81 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30808.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Лабораторные работы по физике. Выпуск 2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: сборник методических указаний для выполнения

лабораторных работ по физике/ — Электрон.текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30809.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Соболева В.В. Общий курс физики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к решению задач и выполнению контрольных работ по физике/ Соболева В.В., Евсина Е.М.— Электрон.текстовые данные.— Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2013.— 250 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17058.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Пинский А. А., Граковский Г. Ю. ФИЗИКА: учебник/А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский. - М., ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014.

7. Методические указания к лабораторным работам по учебной дисциплине «Физика», 2017 г.

8. Методические указания к практическим работам по учебной дисциплине «Физика», 2017 г.

Интернет-ресурсы:

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
2. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
3. www.iprbookshop.ru. (ЭБС «IPRbooks»)Электронная библиотека).
4. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал.Доступность, качество, эффективность).
5. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
6. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
7. www.school-collection.edu.ru (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
8. <https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).
9. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
10. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
11. www.kvant.mcsme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»)