

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
БУРЯТИЯ**

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«БУРЯТСКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ИНФОРМАЦИОННО –
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»
(ГБПОУ «БРИЭТ»)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОУД.10 ФИЗИКА

10.02.01 «ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ»

Срок освоения ППСЗ - 3г 10мес

Форма обучения – очная

Уровень образования при приеме на обучение - основное общее образование

Квалификация - техник по защите информации

г. Улан-Удэ
2017

Методические рекомендации для выполнения лабораторных и практических работ учебно-методические материалы разработаны на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 года № 413 и Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО) с учетом получаемой специальности 10.02.01. «Организация и технология защиты информации», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.07.14 года.

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Бурятский республиканский информационно-экономический техникум»

Разработчик: Степанов Сергей Юрьевич

(фамилия, имя, отчество, должность, квалификационная категория (при наличии))

Методические рекомендации для выполнения лабораторных и практических работ рассмотрены на заседании МС

Протокол № _____ от «__» _____ г.

Председатель ЦК _____ Е.Д.Цыренов

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Раздел 1. Механика.....	5
Тема. Равномерное движение тела по окружности. Угловая и линейная скорости вращения.	
Лабораторная работа №1. Изучение движения тела по окружности.....	5
Тема. Работа, энергия. Закон сохранения в механике.	
Лабораторная работа №2. Изучение закона сохранения механической энергии.....	7
Тема. Система отсчета. Равномерное прямолинейное движение.	
Практическая работа 1.1. Прямолинейное равномерное и неравномерное движение тел....	7
Тема. Ускорение. Свободное падение тел	
Практическая работа 1.2. Свободное падение тел.....	11
Тема. Равномерное движение тела по окружности. Угловая и линейная скорости вращения.	
Практическая работа 1.3. Движение по окружности.....	14
Тема. Работа, энергия. Закон сохранения в механике.	
Практическая работа 1.4. Законы сохранения.....	18
Тема. Уравнение гармонической бегущей волны. Распространение волн в упругих средах.	
Практическая работа 1.5. Механические колебания и волны.....	20
2. Раздел 2. Молекулярная физика.....	25
Тема. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы.	
Лабораторная работа № 3. Экспериментальная проверка закона Гей-Люссака.....	25
Тема. Насыщенный пар, кипение. Влажность воздуха.	
Лабораторная работа № 4. Определение относительной влажности воздуха.....	25
Тема. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы.	
Практическая работа 2.1. Основные положения МКТ.....	27
Тема Первый закон термодинамики. Необратимость процессов в природе.	
Практическая работа 2.2. Законы термодинамики.....	33
Тема. Принцип действия тепловых двигателей. Коэффициент полезного действия.	
Практическая работа 2.3. Тепловые двигатели. КПД.....	36
3. Раздел 3. Электродинамика.....	42
Тема. Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность постоянного тока.	
Лабораторная работа № 5. Изучение последовательного и параллельного соединения проводников.....	42
Тема. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.	
Лабораторная работа № 6. Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.....	42
Тема. Связь между напряженностью и разностью потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.	
Практическая работа 3.1. Электростатика.....	44
Тема Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.	
Практическая работа 3.2. Законы постоянного тока.....	49

Тема. Электрическая проводимость различных веществ. Электронная проводимость металлов.	
Практическая работа 3.3. Электрический ток в различных средах.....	53
Тема Производство и использование электрической энергии. Передача электроэнергии.	
Практическая работа 3.4. Электромагнитные колебания.....	56
Тема. Электромагнитные волны. Плотность потока электромагнитного излучения.	
Практическая работа 3.5. Производство, передача и использование энергии.....	61
4. Раздел 4. Строение атома и квантовая физика.	
Тема. Трудности теории Бора. Квантовая механика.	
Практическая работа 4.1. Фотоэффект.....	62
Тема Биологическое действие радиоактивных излучений.	
Практическая работа 4.2. Ядерные реакции.....	66

Введение

Методические указания для выполнения лабораторных и практических работ составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Физика».

Актуальность изучения дисциплины многогранна и традиционно состоит в создании у обучаемых целостной системы взглядов на устройство окружающего мира, на природу и взаимосвязь явлений, в нем происходящих, а также в создании фундамента для последующего освоения студентами общетехнических дисциплин и дисциплин профессиональной подготовки. Формирование системы фундаментальных физических знаний в совокупности со способностью применять их в конкретной профессиональной деятельности, в условиях динамично развивающихся технологий, является одним из условий подготовки высокообразованного, профессионально-мобильного специалиста.

В этой связи целью лабораторных и практических занятий является Формирование следующих ОК:

ОК. 02 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 04 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК. 09 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК. 10 Применять математический аппарат для решения профессиональных задач

1. Раздел Механика.

Изучаемая тема: Равномерное движение тела по окружности. Угловая и линейная скорости вращения.

Лабораторная работа № 1

Изучение движения тела по окружности.

Цель работы: учащиеся смогут определить центростремительное ускорение шарика при его равномерном движении по окружности, закрепить формулы и понятия «центростремительное ускорение, угловая и линейная скорости вращения» и научиться их применять при расчетах.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Изучаемая тема: Тема. Работа, энергия. Закон сохранения в механике.

Лабораторная работа № 2

Изучение закона сохранения механической энергии.

Цель работы: научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и деформированной пружины, сравнить два значения потенциальной энергии системы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, груз массой m на нити длиной l , набор картонок, толщиной 2 мм, краска, кисточка и линейка.

Порядок работы: по учебнику

Время выполнения работы: 45 мин.

Отчет о проделанной работе

- 1) номер и название работы;
- 2) формулировку цели работы;
- 3) физическое обоснование цели работы и метода измерения;
- 4) рабочую формулу с расшифровкой всех буквенных обозначений;
- 5) результаты прямых измерений и вычислений;
- 6) там, где это предусмотрено работой, график;
- 7) вычисление искомой величины по рабочей формуле;
- 8) вывод формулы относительной погрешности (неопределенности) косвенного измерения и результат расчета по этой формуле;
- 9) оценку погрешности (неопределенности) измерения искомой величины. При оценке неопределенностей прямых и косвенных измерений студент должен руководствоваться правилами обработки результатов измерений.
- 10) подпись студента и дату выполнения данной лабораторной работы.

Критерии оценки:

Оценка «5» ставится в том случае, если учащийся:

- а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- г) правильно выполнил анализ погрешностей (VIII—X классы);
- д) соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но:

- а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерения;
- б) или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью;
- б), или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения;
- в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей (VIII—X класс);

г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

Оценка «2» ставится в том случае, если:

- а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,
- б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,
- в) или в ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3».

Рекомендуемая литература:

1. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Физика 10 класс, М.: Просвещение, 2012.

Изучаемая тема: Система отсчета. Равномерное прямолинейное движение.

Практическая работа № 1.1.

«Прямолинейное равномерное и неравномерное движение тел»

Цель работы : закрепить понятия «равномерное движение», «неравномерное движение», «путь», «скорость», «время», «траектория движения»); изучить алгоритм расчета движения тел при равномерном и неравномерном движении и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

При поступательном движении тела все точки тела движутся одинаково, и, вместо того чтобы рассматривать движение каждой точки тела, можно рассматривать движение только одной его точки.

Основные характеристики движения материальной точки: траектория движения, перемещение точки, пройденный ею путь, координаты, скорость и ускорение.

Линию, по которой движется материальная точка в пространстве, называют **траекторией**.

Перемещением материальной точки за некоторый промежуток времени называется вектор перемещения $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r} - \mathbf{r}_0$, направленный от положения точки в начальный момент времени к ее положению в конечный момент.

Скорость материальной точки представляет собой вектор, характеризующий направление и быстроту перемещения материальной точки относительно тела отсчета. **Вектор ускорения** характеризует быстроту и направление изменения скорости материальной точки относительно тела отсчета.

Равномерное прямолинейное движение

Равномерным прямолинейным движением называется такое прямолинейное движение, при котором материальная точка (тело) движется по прямой и в любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

Вектор скорости равномерного прямолинейного движения материальной точки направлен вдоль ее траектории в сторону движения. Вектор скорости при равномерном прямолинейном движении равен вектору перемещения за любой промежуток времени, поделенному на этот промежуток времени:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Примем линию, по которой движется материальная точка, за ось координат Ox , причем за положительное направление оси выберем направление движения точки. Тогда, спроецировав векторы r и v , на эту ось, для проекций $\Delta r_x = |\Delta r|$ и $\Delta v_x = |\Delta v|$ этих векторов мы можем записать:

$$v_x = \frac{\Delta r_x}{\Delta t}, \text{ отсюда получаем уравнение равномерного движения:}$$

$$\Delta r_x = v_x \cdot t.$$

Т.к. при равномерном прямолинейном движении $S = |\Delta r|$, можем записать: $S_x = v_x \cdot t$. Тогда для **координаты тела** в любой момент времени имеем:

$$x = x_0 + S_x = x_0 + v_x \cdot t,$$

где x_0 - координата тела в начальный момент $t = 0$.

Неравномерное движение

Движение, при котором за равные промежутки времени тело совершает неравные перемещения называют **неравномерным** или **переменным**. **Средней скоростью** v_{cp} называется величина, равная отношению перемещения тела Δr за некоторый промежуток времени Δt к этому промежутку:

$$\bar{v}_{cp} = \frac{\Delta \bar{r}}{\Delta t}$$

Модуль средней скорости определяется как отношение пути ΔS , пройденного телом за некоторый промежуток времени, к этому промежутку:

$$V_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Направление вектора средней скорости v_{cp} совпадает с направлением Δr (рисунок 1.2).

При неограниченном уменьшении Δt , v_{cp} стремится к предельному значению, которое называется **мгновенной скоростью**. Итак, **мгновенная скорость** v есть предел, к которому стремится средняя скорость v_{cp} , когда промежуток времени движения стремится к нулю:

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{r}}{\Delta t}$$

Из курса математики известно, что предел отношения приращения функции к приращению аргумента, когда последний стремится к нулю представляет собой первую производную этой функции по данному аргументу. Поэтому:

$$\bar{v} = \frac{dr}{dt}$$

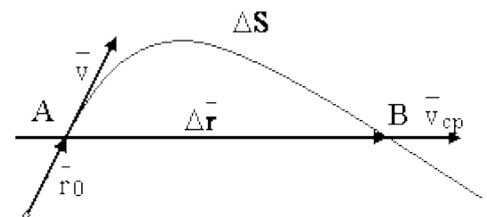


Рис. 1.

Мгновенная скорость \vec{v} есть векторная величина, равная первой производной радиуса - вектора движущейся точки по времени. Так как секущая в пределе совпадает с касательной, то **вектор скорости \vec{v} направлен по касательной** к траектории в сторону движения (рисунок 1.2).

По мере уменьшения Δt путь ΔS все больше будет приближаться к $|\Delta r|$, поэтому **модуль мгновенной скорости**:

$$v = |\vec{v}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

Таким образом, **модуль мгновенной скорости** v равен первой производной пути по времени:

$$v = \frac{dS}{dt}$$

При неравномерном движении тела его скорость непрерывно изменяется. Как быстро изменяется скорость тела, показывает величина, которая называется **ускорением**. **Средним ускорением** неравномерного движения в интервале от t до $t + \Delta t$ называется векторная величина, равная отношению изменения скорости Δv к интервалу времени Δt :

$$\vec{a}_{cp} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Мгновенным ускорением \vec{a} в момент времени t будет предел среднего ускорения:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{cp} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Таким образом, **ускорение Δa** есть векторная величина, равная первой производной скорости по времени. В данной системе отсчета вектор ускорения может быть задан проекциями на соответствующие координатные оси (проекциями a_x, a_y, a_z).

Составляющая a_τ вектора ускорения, направленная вдоль касательной к траектории в данной точке, называется **тангенциальным (касательным) ускорением**. Тангенциальное ускорение характеризует изменение вектора скорости **по модулю**. Вектор a_τ направлен в сторону движения точки при возрастании ее скорости (рисунок 2 - а) и в противоположную сторону - при убывании скорости (рисунок 2 - б).

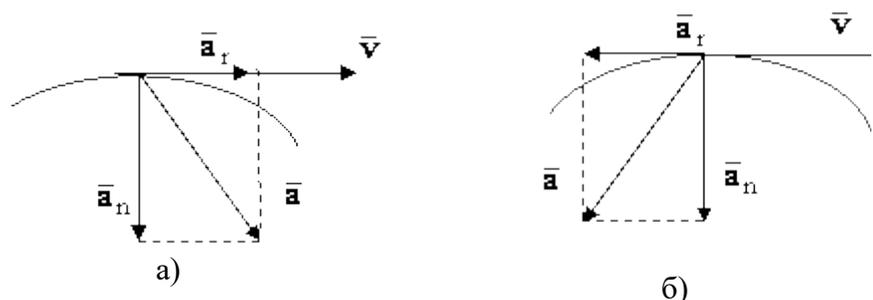


Рисунок 2

Тангенциальная составляющая ускорения a_τ равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю:

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

Вторая составляющая ускорения, равная:

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

называется **нормальной составляющей ускорения** и направлена по **нормали к траектории** к центру ее кривизны (поэтому ее называют так же **центростремительным** ускорением).

Полное ускорение есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n; \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 1 (1, 2), Упражнение 2 (1, 2).
Задачник Рымкевича: № 12, 16, 17, 19, 25, 26.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Что такое траектория, путь, скорость?
2. Напишите формулу нахождения скорости, пути и времени при равномерном и неравномерном движении.
3. что такое мгновенная скорость и ускорение?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;

3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. А. П. Рымкевич.

Изучаемая тема: Ускорение. Свободное падение тел.

Практическая работа № 1.2. «Свободное падение тел»

Цель работы: закрепить понятия «ускорение», «свободное падение тела», единицы измерения ускорения, научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Свободным падением тел называют падение тел на Землю в отсутствие сопротивления воздуха (в пустоте). В конце XVI века знаменитый итальянский ученый Г. Галилей опытным путем с доступной для того времени точностью установил, что в отсутствие сопротивления воздуха все тела падают на Землю равноускоренно, и что в данной точке Земли **ускорение всех тел при падении одно и то же**. До этого в течение почти двух тысяч лет, начиная с Аристотеля, в науке было принято считать, что тяжелые тела падают на Землю быстрее легких.

Ускорение, с которым падают на Землю тела, называется **ускорением свободного**

падения. Вектор ускорения свободного падения обозначается символом \vec{g} он направлен по вертикали вниз. В различных точках земного шара в зависимости от географической широты и высоты над уровнем моря числовое значение g оказывается неодинаковым, изменяясь примерно от $9,83 \text{ м/с}^2$ на полюсах до $9,78 \text{ м/с}^2$ на экваторе. На широте Москвы $g = 9,81523 \text{ м/с}^2$. Обычно, если в расчетах не требуется высокая точность, то числовое значение g у поверхности Земли принимают равным $9,8 \text{ м/с}^2$ или даже 10 м/с^2 .

Простым примером свободного падения является падение тела с некоторой высоты h без начальной скорости. Свободное падение является прямолинейным движением с постоянным ускорением. Если направить координатную ось OY вертикально вверх, совместив начало координат с поверхностью Земли, то для анализа свободного падения без начальной скорости можно использовать формулу, положив $v_0 = 0$, $y_0 = h$, $a = -g$. Обратим внимание на то, что если тело при падении оказалось в точке с координатой $y < h$, то перемещение s тела равно $s = y - h < 0$. Эта величина отрицательна, так как тело при падении перемещалось навстречу выбранному положительному направлению оси OY . В результате получим:

$$v = -gt.$$

Скорость отрицательна, так как вектор скорости направлен вниз.

$$y = h - \frac{gt^2}{2}.$$

Время падения $t_{\text{п}}$ тела на Землю найдется из условия $y = 0$:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Скорость тела в любой точке составляет:

$$v = \sqrt{2g(h - y)}$$

В частности, при $y = 0$ скорость $v_{\text{п}}$ падения тела на Землю равна

$$v_{\text{п}} = \sqrt{2gh}$$

Пользуясь этими формулами, можно вычислить время падения тела с данной высоты, скорость падения тела в любой момент после начала падения и в любой точке его траектории и т. д.

Аналогичным образом решается задача о движении тела, брошенного вертикально вверх с некоторой начальной скоростью v_0 . Если ось OY по-прежнему направлена вертикально вверх, а ее начало совмещено с точкой бросания, то в формулах равноускоренного прямолинейного движения следует положить: $y_0 = 0$, $v_0 > 0$, $a = -g$. Это дает:

$$v = v_0 - gt$$

Через время v_0 / g скорость тела v обращается в нуль, т. е. тело достигает высшей точки подъема. Зависимость координаты y от времени t выражается формулой

$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

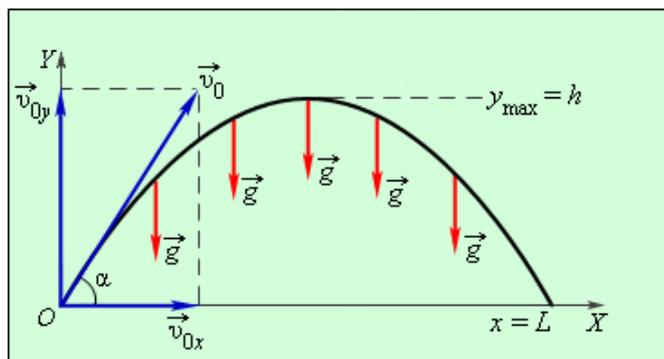
Тело возвращается на землю ($y = 0$) через время $2v_0 / g$, следовательно, время подъема и время падения одинаковы. Во время падения на землю скорость тела равна $-v_0$, т. е. тело падает на землю с такой же по модулю скоростью, с какой оно было брошено вверх.

Максимальная высота подъема

$$h = y_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Задача о свободном падении тел тесно связана с задачей о движении тела, брошенного под некоторым углом к горизонту. Для кинематического описания движения тела удобно одну из осей системы координат (ось OY) направить вертикально вверх, а другую (ось OX) – расположить горизонтально. Тогда движение тела по криволинейной траектории можно представить как сумму двух движений, протекающих **независимо** друг от друга – движения с ускорением свободного падения вдоль оси OY и равномерного прямолинейного движения вдоль оси OX . На рис. 1. изображен вектор начальной

скорости \vec{v}_0 тела и его проекции на координатные оси:



Таким образом, для движения вдоль оси OX имеем следующие условия:

$$x_0 = 0, v_{0x} = v_0 \cos \alpha, a_x = 0,$$

а для движения вдоль оси OY

$$y_0 = 0, v_{0y} = v_0 \sin \alpha, a_y = -g.$$

Приведем здесь некоторые формулы, описывающие движение тела, брошенного под углом α к горизонту.

Время полета:

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Дальность полета:

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad L = L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} \quad \text{при } \alpha = 45^\circ.$$

Максимальная высота подъема:

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

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 4 (1, 2, 3), Упражнение 3 (1, 2, 3)

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г

Изучаемая тема: Равномерное движение тела по окружности. Угловая и линейная скорости вращения.

Практическая работа № 1.3. «Движение по окружности»

Цель работы: закрепить понятия «ускорение», «свободное падение тела», единицы измерения ускорения, научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Движение тела по окружности является частным случаем криволинейного движения.

Наряду с вектором перемещения $\vec{\Delta s}$ удобно рассматривать *угловое перемещение* $\Delta\varphi$ (или угол поворота), измеряемое в радианах (рис. 1). Длина дуги связана с углом поворота соотношением

$$\Delta l = R \Delta\varphi.$$

При малых углах поворота $\Delta l \approx \Delta s$.

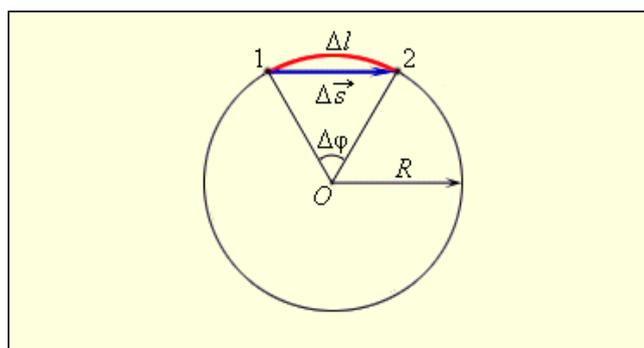


Рисунок. 1 Линейное $\vec{\Delta s}$ и угловое $\Delta\varphi$ перемещения при движении тела по окружности

Угловой скоростью ω тела в данной точке круговой траектории называют предел (при $\Delta t \rightarrow 0$) отношения малого углового перемещения $\Delta\varphi$ к малому промежутку времени Δt :

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}; (\Delta t \rightarrow 0).$$

Угловая скорость измеряется в рад/с.

Связь между модулем линейной скорости v и угловой скоростью ω :

$$v = \omega R.$$

При равномерном движении тела по окружности величины v и ω остаются неизменными.

В этом случае при движении изменяется только направление вектора \vec{v} .

Равномерное движение тела по окружности является движением с ускорением. Ускорение

$$\vec{\alpha}_n = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; (\Delta t \rightarrow 0),$$

направлено по радиусу к центру окружности. Его называют нормальным или *центростремительным ускорением*. Модуль центростремительного ускорения связан с линейной v и угловой ω скоростями соотношениями:

$$\alpha_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

Для доказательства этого выражения рассмотрим изменение вектора скорости $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ за малый промежуток времени Δt . По определению ускорения

$$\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; (\Delta t \rightarrow 0).$$

Векторы скоростей \vec{v}_A и \vec{v}_B в точках A и B направлены по касательным к окружности в этих точках. Модули скоростей одинаковы $v_A = v_B = v$.

Из подобия треугольников OAB и BCD (рис. 2) следует:

$$\frac{|OA|}{|AB|} = \frac{|BC|}{|CD|}.$$

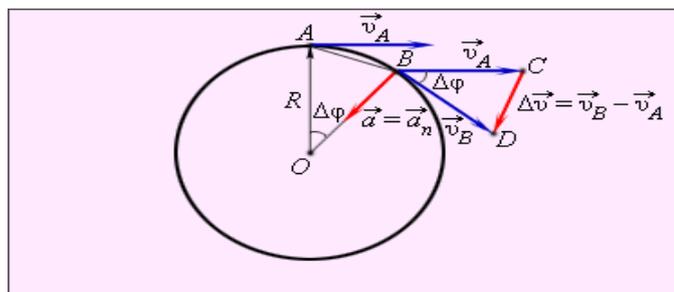


Рисунок.2 Центростремительное ускорение \vec{a}_n тела при равномерном движении по окружности

При малых значениях угла $\Delta\varphi = \omega\Delta t$ расстояние $|AB| = \Delta s \approx v\Delta t$. Так как $|OA| = R$ и $|CD| = \Delta v$, из подобия треугольников на рис. 1.6.2 получаем:

$$\frac{R}{v\Delta t} \approx \frac{v}{\Delta v} \quad \text{или} \quad \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{v^2}{R}.$$

$$\vec{\Delta v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

При малых углах $\Delta\varphi$ направление вектора $\vec{\Delta v}$ приближается к направлению на центр окружности. Следовательно, переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, получим:

$$\vec{a} = \vec{a}_n = \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t}; \quad (\Delta t \rightarrow 0); \quad a_n = \frac{v^2}{R}.$$

При изменении положения тела на окружности изменяется направление на центр окружности. При равномерном движении тела по окружности модуль ускорения остается неизменным, но направление вектора ускорения изменяется со временем. Вектор ускорения в любой точке окружности направлен к ее центру. Поэтому ускорение при равномерном движении тела по окружности называется центростремительным.

В векторной форме центростремительное ускорение может быть записано в виде

$$\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{R},$$

$$\vec{R}$$

где \vec{R} – радиус-вектор точки на окружности, начало которого находится в ее центре.

Если тело движется по окружности неравномерно, то появляется также касательная (или тангенциальная) составляющая ускорения:

$$a_\tau = \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t}; \quad (\Delta t \rightarrow 0).$$

В этой формуле $\Delta v_\tau = v_2 - v_1$ – изменение модуля скорости за промежуток времени Δt .

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

Направление вектора полного ускорения определяется в каждой точке круговой траектории величинами нормального и касательного ускорений (рис. 3).

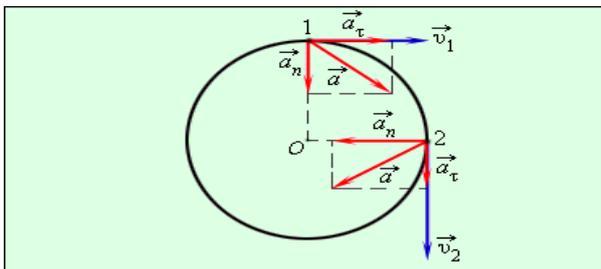


Рисунок.3 Составляющие ускорений при неравномерном движении тела по окружности

Движение тела по окружности можно описывать с помощью двух координат x и y (плоское движение). Скорость тела в каждый момент можно разложить на две составляющие v_x и v_y (рис. 4).

При равномерном вращении тела величины x , y , v_x , v_y будут периодически изменяться во времени по гармоническому закону с периодом

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

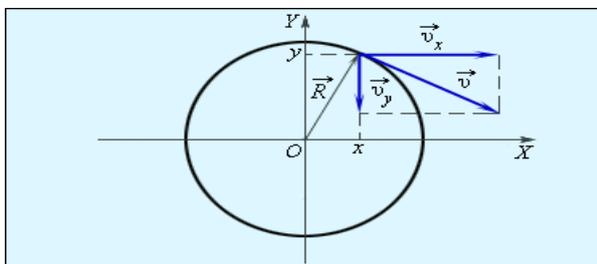


Рисунок. 4 Разложение вектора скорости по координатным осям

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 5 (1, 2)
Задачник Рымкевича: № 89, 92, 93, 100, 104, 106, 107, 110.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Что такое поступательное и вращательное движение?
2. Напишите формулу нахождения ускорения при вращательном движении.
3. Чему равно центростремительное ускорение?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Работа, энергия. Закон сохранения в механике.

**Практическая работа № 1.4.
«Законы сохранения»**

Цель работы: закрепить понятия «работа», «энергия», «закон сохранения энергии», «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», «импульс тела», «закон сохранения импульса». Научиться применять законы сохранения в механике на практике, при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.

$$\vec{p} = m \vec{v}, [p] = \frac{кг \cdot м}{с}$$

Изменение импульса тела равно импульсу силы.

$$\vec{F} \Delta t = \vec{p} - \vec{p}_0$$

Закон сохранения импульса: Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.

$$\vec{p}_{01} + \dots + \vec{p}_{0n} = \vec{p}_1 + \dots + \vec{p}_n = const$$

Работа постоянной силы равна произведению модулей векторов силы и перемещения на косинус угла между этими векторами.

$$A = FS \cos \alpha$$

Кинетическая энергия равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости.

$$E_k = \frac{m v^2}{2}$$

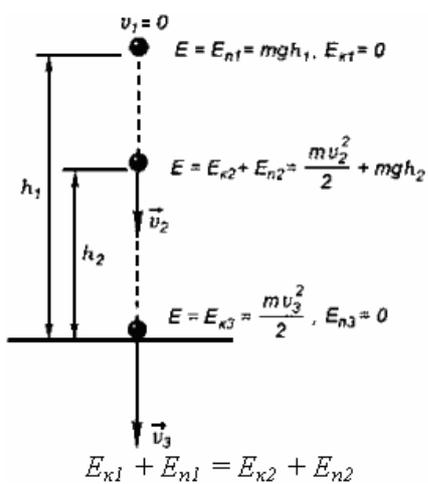
Кинетическая энергия – это физическая величина, характеризующая движущееся тело; изменение этой величины равно работе силы, приложенной к телу.

Величина mgh - это потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над нулевым уровнем.

Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упруго деформированного тела (пружины), взятому с противоположным знаком.

Потенциальная энергия деформированного тела равна работе силы упругости.

Закон сохранения энергии: Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы.



Мощностью называется величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена:

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

$$[N] = 1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ Вт (Ватт)}$$

Коэффициентом полезного действия называется величина, равная отношению полезной работы ко всей совершенной работе.

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}}$$

КПД показывает, насколько эффективно данная машина использует подводимую к ней энергию. Коэффициент полезного действия не может быть больше единицы. КПД можно записать в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}} \cdot 100\%$$

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.

2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 8 (1, 2, 3, 4), Упражнение 9 (1, 2, 4).
Задачник Рымкевича: № 314, 317, 321, 324, 331, 336, 353, 360, 373.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение импульсу тела.
2. Напишите закон сохранения энергии.
3. Что такое потенциальная энергия?
4. Напишите формулу нахождения работы силы.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Уравнение гармонической бегущей волны. Распространение волн в упругих средах.

Практическая работа № 1.5. «Механические колебания и волны»

Цель работы: закрепить понятия «механические колебания», «математический маятник», «гармоническая бегущая волна», «амплитуда колебаний», «период колебаний», «частота». Научиться применять изученные формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Колебания, рассматриваемые в разделе «Механика», называются механическими, при которых рассматриваются изменения положений, скоростей, ускорений и энергий каких-либо тел или их частей.

Силу, под действием которой происходит колебательный процесс, называют возвращающей силой.

Виды колебаний		
свободные	вынужденные	автоколебания
Колебания, происходящие под воздействием только одной возвращающей силы (первоначально сообщённой энергии).	Колебания, происходящие под воздействием внешней периодически изменяющейся силы (вынуждающей силы).	Колебания, происходящие при периодическом поступлении энергии от источника внутри колебательной системы.

Колебания делятся также на периодические и непериодические. Непериодические колебания можно разложить на периодические, которые описываются функцией:

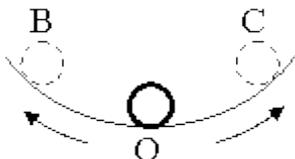
$$f(t) = f(t + nT),$$

где T – период (наименьшее время повторения),
 n – число колебаний.

Описать колебательный процесс – это значит выбрать параметр, зависящий от времени, и составить уравнение колебаний, решив его – получить закон колебаний.

Простейшим видом периодических колебаний являются гармонические колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Гармоническая колебательная система (система тел, совершающих колебания) обычно имеет одно положение, в котором может пребывать сколь угодно долго – положение равновесия O.



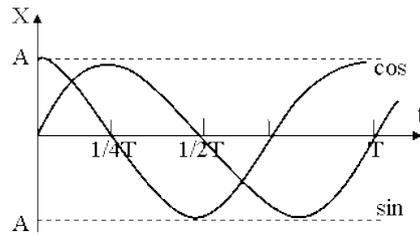
Отклонения от положения равновесия называют смещением, и обозначается X , а наибольшее смещение (точки B или C) называется амплитудой колебания и обозначается A .

Периодические колебания совершаются циклично. Движение в течение одного цикла (когда тело, пройдя все промежуточные положения, возвращается в исходное) называется полным колебанием (O-C-O-B-O). Время одного полного колебания называется периодом колебания (обозначается T). Если тело за

время t совершает n полных колебаний то $T = \frac{t}{n}$, а $\frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \nu$ и называется частотой колебаний. Число колебаний за 2π единиц времени называется циклической (круговой) частотой и обозначается ω :

$$\omega = 2\pi\nu.$$

Теперь можем дать математическую запись гармонического колебания и его графическое представление:



$$X = A \cos(\omega t + \varphi_0) = A \cos \varphi$$

$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin \varphi$$

где $\varphi = \omega t + \varphi_0$ – фаза колебания (физическая величина, определяющая положение колебательной системы в данный момент времени),

φ_0 – начальная фаза колебания.

При гармонических колебаниях скорость и ускорение тела также могут изменяться по закону синуса или косинуса. Однако фазы смещения X , скорости v и ускорения a разные и описываются уравнениями:

$$X = A \sin \omega t;$$

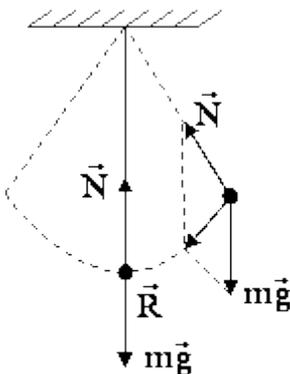
$$v = v_A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right);$$

$$a = a_A \sin(\omega t + \pi)$$

Между амплитудами смещения A , скорости v_A и ускорения a_A существует связь:

$$v_A = A\omega;$$

$$a_A = v_A \omega = A\omega^2.$$



Простейшими колебательными системами являются:

а) математический маятник – материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести.

Период колебания определяется уравнением:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Период T зависит лишь от длины маятника и местоположения (удалённости от центра Земли или другого небесного тела), которое определяется величиной ускорения

свободного падения $\left(g = \gamma \frac{M}{r^2}\right);$

б) пружинный маятник – материальная точка, закреплённая на абсолютно упругой пружине.

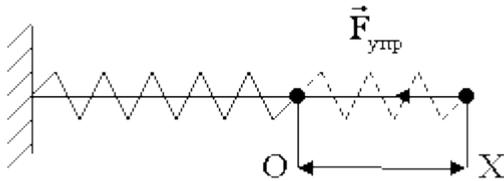
Период колебания определяется уравнением:

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

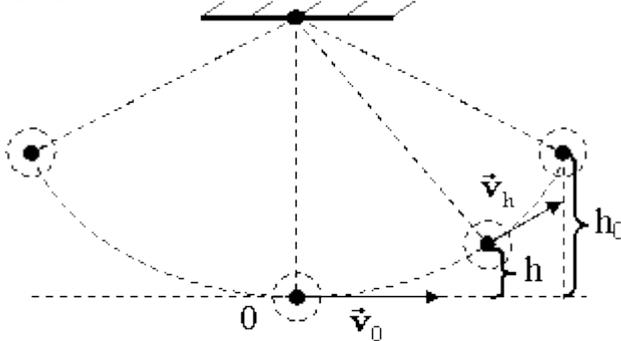
где m – масса материальной точки,

k – коэффициент упругости пружины, определяемый из закона Гука:

$$\vec{F}_{\text{упр}} = -kx$$



Характерной особенностью колебательного движения является *периодическое превращение кинетической энергии тела в потенциальную и обратно.*



Например, в крайнем положении тело (математический маятник) имеет нулевую скорость и в то же время – наибольшую высоту h_0 от горизонтали, проведённой через положение равновесия O . Следовательно, в этом состоянии кинетическая энергия тела равна нулю, а потенциальная имеет наибольшее значение, равное mgh_0 . При прохождении тела через положение равновесия имеем $h = 0$, а скорость тела достигнет наибольшего значения v_0 . Следовательно, потенциальная энергия тела равна нулю, а кинетическая имеет

$$\frac{mv_0^2}{2}$$

наибольшее значение $\frac{mv_0^2}{2}$. В промежуточных состояниях тело имеет и

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

кинетическую $\frac{mv^2}{2}$ и потенциальную (mgh) энергии, сумма этих энергий равна полной энергии колеблющегося маятника; таким образом:

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh = mgh_0 = \frac{mv_0^2}{2}$$

У пружинного маятника происходит периодическое превращение кинетической энергии колеблющегося тела в потенциальную энергию деформации пружины. Сумма кинетической энергии тела и потенциальной энергии пружины остаётся при колебаниях постоянной:

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2},$$

где x_0 – максимальная деформация пружины в процессе колебания.

Эти формулы, выражающие закон сохранения механической энергии, применимы только в том случае, если во время колебаний не происходит превращения механической энергии в тепловую, т.е. если нет никакого трения и колебания являются *незатухающими*. Если же колебательное движение происходит при наличии трения, то оно будет *затухающим*, при котором максимальные отклонения X_0 и скорости v_0 будут с течением времени уменьшаться.

Колебания, возникающие в некоторой точке пространства, за счёт того или иного взаимодействия могут передаваться от источника в разных направлениях. Процесс распространения колебания в пространстве называется *волновым процессом* или *волной*.

Вместе с колебаниями волной переносится и энергия колебаний, но сами носители этой энергии (колеблющиеся частицы среды) волной не переносятся.

В зависимости от направлений колебаний частиц среды и направления распространения волн различают волны:

1. Поперечные – в которых частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения волны (волны на поверхности жидкости, в твёрдых телах).
2. Продольные – в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны (волны в газах, внутри жидкости).

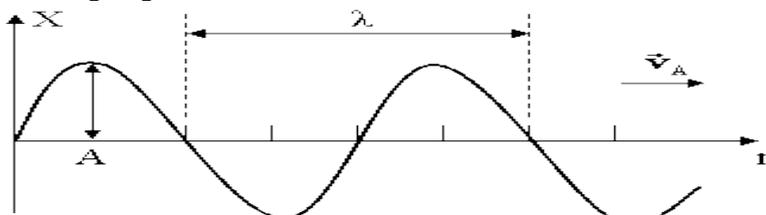
Скорость, с которой распространяется возмущение в среде, называют скоростью волны v_B . Расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний T (или кратчайшее расстояние между двумя ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе), называют длиной волны λ_B :

$$v_B = \frac{\lambda_B}{T} = \lambda_B \nu$$

где ν – частота колебаний.

Необходимо отметить, что скорость волны v_B зависит от свойств среды и при переходе через границу раздела сред изменяет свою величину, а частота колебаний ν зависит лишь от источника колебаний.

График волны



$$X = A \sin \omega \left(t - \frac{r}{v_B} \right),$$

где r – расстояние от источника волн до рассматриваемой точки среды вдоль направления распространения.

Звуковыми волнами называют процесс распространения продольных механических волн в упругих средах. В разных упругих средах *скорость распространения звука* различна: в воздухе $v_{зв} = 340$ м/с; в воде $v_{зв} = 1400$ м/с; в металле $v_{зв} = 5000$ м/с. Она зависит от плотности и упругости среды, в которой распространяется звук.

Громкость звука определяется переносимой волной энергией, которая пропорциональна квадрату амплитуды колебания частиц. *Высота тона* определяется частотой колебания частиц среды (чем больше частота колебания частиц, тем выше звук). Ухо человека воспринимает звук с частотой от 16 до 20000 Гц.

Звуковые волны с частотой колебаний частиц выше 20000 Гц называют *ультразвуком*. Ультразвук излучается при высокочастотных колебаниях некоторых кристаллических пластин (например, кварцевых) в переменном электрическом поле. Ультразвук широко применяется в технике, медицине и играет большую роль в

жизни многих животных, которые сами излучают и улавливают ультразвуковые волны (дельфины, летучие мыши). Звуковые волны с частотой меньше 16 Гц называются инфразвуковыми.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 3 (1, 2, 3, 4, 5)
Задачник Рымкевича: № 411, 413, 416, 418, 425, 430, 438, 443.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «свободные и вынужденные колебания»
2. Напишите уравнение гармонической бегущей волны.
3. Что такое резонанс?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов», если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Раздел 2. Молекулярная физика.

Изучаемая тема: Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы.

Лабораторная работа № 3 Экспериментальная проверка закона Гей-Люссака.

Цель работы: экспериментально проверить справедливость соотношения $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

Оборудование: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм, цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40-50 мм, наполненный горячей водой (60 °С), стакан с водой комнатной температурой, пластилин.

Изучаемая тема: Насыщенный пар, кипение. Влажность воздуха.

Лабораторная работа № 4

Определение относительной влажности воздуха.

Цель работы: на опыте научиться измерять относительную и абсолютную влажность воздуха.

Оборудование: термометр, стакан с водой, салфетка, психрометрическая таблица.

Порядок работы: по учебнику

Время выполнения работы: 45 мин.

Отчет о проделанной работе

- 1) номер и название работы;
- 2) формулировку цели работы;
- 3) физическое обоснование цели работы и метода измерения;
- 4) рабочую формулу с расшифровкой всех буквенных обозначений;
- 5) результаты прямых измерений и вычислений;
- 6) там, где это предусмотрено работой, график;
- 7) вычисление искомой величины по рабочей формуле;
- 8) вывод формулы относительной погрешности (неопределенности) косвенного измерения и результат расчета по этой формуле;
- 9) оценку погрешности (неопределенности) измерения искомой величины. При оценке неопределенностей прямых и косвенных измерений студент должен руководствоваться правилами обработки результатов измерений.
- 10) подпись студента и дату выполнения данной лабораторной работы.

Критерии оценки:

Оценка «5» ставится в том случае, если учащийся:

- а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- г) правильно выполнил анализ погрешностей (VIII—X классы);
- д) соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но:

- а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерения;
- б) или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью,

б), или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения,

в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей (VIII—X класс);

г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

Оценка «2» ставится в том случае, если:

а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,

б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,

в) или в ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3».

Рекомендуемая литература:

1. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Физика 10 класс, М.: Просвещение, 2012.

Изучаемая тема: Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы.

Практическая работа № 2.1. «Основные положения МКТ»

Цель работы: закрепить понятия «идеальный газ», «давление» «объем», «температура», «изопрцессы», «количество вещества», «броуновское движение». Научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Вещество может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Молекулярная физика - раздел физики, в котором изучаются физические свойства тел в различных агрегатных состояниях на основе их молекулярного строения.

Тепловое движение - беспорядочное (хаотическое) движение атомов или молекул вещества.

Молекулярно-кинетическая теория - теория, объясняющая тепловые явления в макроскопических телах и свойства этих тел на основе их молекулярного строения.

Основные положения молекулярно-кинетической теории:

1. вещество состоит из частиц - молекул и атомов, разделенных промежутками,
2. эти частицы хаотически движутся,
3. частицы взаимодействуют друг с другом.

МАССА И РАЗМЕРЫ МОЛЕКУЛ

Массы молекул и атомов очень малы. Например, масса одной молекулы водорода равна примерно $3,34 \cdot 10^{-27}$ кг, кислорода - $5,32 \cdot 10^{-26}$ кг. Масса одного атома углерода $m_{OC} = 1,995 \cdot 10^{-26}$ кг

Относительной молекулярной (или атомной) массой вещества M_r называют отношение массы молекулы (или атома) данного вещества к $1/12$ массы атома углерода: (атомная единица массы).

$$M_r = \frac{m_0}{1/12 m_{0C}}$$

$$[M_r] = 1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Количество вещества - это отношение числа молекул N в данном теле к числу атомов в $0,012$ кг углерода N_A :

$$\nu = \frac{N}{N_A}, [\nu] = 1 \text{ моль}$$

Моль - количество вещества, содержащего столько молекул, сколько содержится атомов в $0,012$ кг углерода.

Число молекул или атомов в 1 моле вещества называют *постоянной Авогадро*:

$$N_A = \frac{N}{\nu} = \frac{m}{\nu m_{0C}} = \frac{0,012 \text{ кг}}{1,995 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot 1 \text{ моль}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

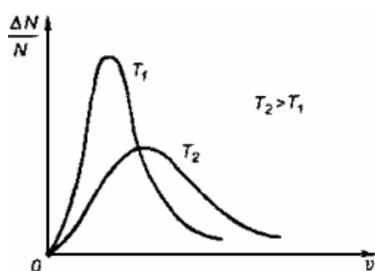
Молярная масса - масса 1 моля вещества:

$$M = m_0 N_A, [M] = 1 \text{ кг/моль}$$

Молярная и относительная молекулярная массы вещества связаны соотношением: $M = M_r \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ

Несмотря на беспорядочный характер движения молекул, их распределение по скоростям носит характер определенной закономерности, которая называется *распределением Максвелла*.



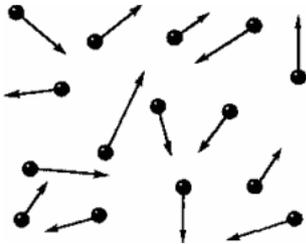
График, характеризующий это распределение, называют кривой распределения Максвелла. Она показывает, что в системе молекул при данной температуре есть очень быстрые и очень медленные, но большая часть молекул движется с определенной скоростью, которая называется наиболее вероятной. При повышении температуры эта наиболее вероятная скорость увеличивается.

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ В МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Идеальный газ - это упрощенная модель газа, в которой:

1. молекулы газа считаются материальными точками,
2. молекулы не взаимодействуют между собой,
3. молекулы, соударяясь с преградами, испытывают упругие взаимодействия.

Иными словами, движение отдельных молекул идеального газа подчиняется законам механики. Реальные газы ведут себя подобно идеальным при достаточно больших разрежениях, когда расстояния между молекулами во много раз больше их размеров.



Основное уравнение молекулярно-кинетической теории можно записать в виде

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

$$v = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{2\bar{E}}{m_0}} = \sqrt{\frac{3p}{m_0 n}}$$

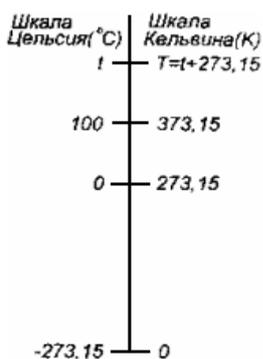
Скорость v называют средней квадратичной скоростью.

ТЕМПЕРАТУРА

Любое макроскопическое тело или группа макроскопических тел называется *термодинамической системой*.

Тепловое или термодинамическое равновесие - такое состояние термодинамической системы, при котором все ее макроскопические параметры остаются неизменными: не меняются объем, давление, не происходит теплообмен, отсутствуют переходы из одного агрегатного состояния в другое и т.д. При неизменных внешних условиях любая термодинамическая система самопроизвольно переходит в состояние теплового равновесия.

Температура - физическая величина, характеризующая состояние теплового равновесия системы тел: все тела системы, находящиеся друг с другом в тепловом равновесии, имеют одну и ту же температуру.



Абсолютный нуль температуры - предельная температура, при которой давление идеального газа при постоянном объеме должно быть равно нулю или должен быть равен нулю объем идеального газа при постоянном давлении.

Термометр - прибор для измерения температуры. Обычно термометры градуируют по шкале Цельсия: температуре кристаллизации воды (таяния льда) соответствует 0°C , температуре ее кипения - 100°C .

Кельвин ввел абсолютную шкалу температур, согласно которой нулевая температура соответствует абсолютному нулю, единица измерения температуры по шкале Кельвина равна градусу Цельсия: $[T] = 1 \text{ K}$ (Кельвин).

Связь температуры в энергетических единицах и температуры в градусах Кельвина:

$$\theta = kT$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ - постоянная Больцмана.

Связь абсолютной шкалы и шкалы Цельсия:

$$T = t + 273$$

где t - температура в градусах Цельсия.

Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT \quad (1)$$

$$\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT \Rightarrow \bar{v}^2 = \frac{3kT}{m_0}$$

Средняя квадратичная скорость молекул

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Учитывая равенство (1), основное уравнение молекулярно-кинетической теории можно записать так:

$$p = nkT$$

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Пусть газ массой m занимает объем V при температуре T и давлении p , а M - молярная масса газа. По определению, концентрация молекул газа: $n = N/V$, где N -число молекул.

$$N = \frac{m}{M} N_A \Rightarrow n = \frac{mN_A}{VM}$$

Подставим это выражение в основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$p = nkT = \frac{mN_A}{VM} kT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} kN_A T$$

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

Величину R называют универсальной газовой постоянной, а уравнение, записанное в виде

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ или } pV = \nu RT$$

называют уравнением состояния идеального газа или уравнением Менделеева-Клапейрона. Нормальные условия - давление газа равно атмосферному ($p = 101,325 \text{ кПа}$) при температуре таяния льда ($T = 273,15 \text{ К}$).

1. Изотермический процесс

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянной температуре называют *изотермическим*.

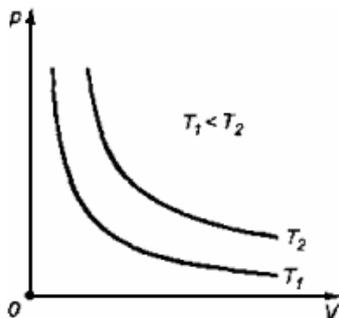
Если $T = \text{const}$, то

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow pV = \text{const}$$

Закон Бойля-Мариотта

Для данной массы газа произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется: $p_1 V_1 = p_2 V_2$ при $T = \text{const}$

График процесса, происходящего при постоянной температуре, называется изотермой.



2. Изобарный процесс

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении называют *изобарным*.

$$\text{Если } p = \text{const, то } pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака

Объем данной массы газа при постоянном давлении прямо пропорционален абсолютной температуре:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ при } p = \text{const}$$

Если газ, имея объем V_0 находится при нормальных условиях: $T_0 = 273 \text{ К}$, $p \approx 10^5 \text{ Па}$, а затем при постоянном давлении переходит в состояние с температурой T и объемом V , то можно записать

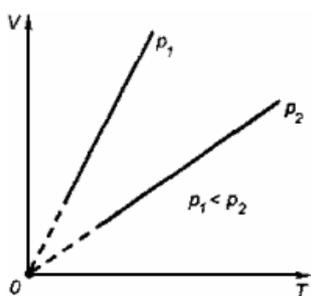
$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T} \Rightarrow p = p_0 \cdot \frac{T}{T_0}$$

Обозначив

$$\alpha = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{273} \text{ К}^{-1}$$

получим $V = V_0 \alpha T$

Коэффициент α называют температурным коэффициентом объемного расширения газов. График процесса, происходящего при постоянном давлении, называется *изобарой*.



3. Изохорный процесс

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном объеме называют изохорным. Если $V = const$, то

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \frac{p}{T} = const$$

Закон Шарля

Давление данной массы газа при постоянном объеме прямо пропорционально абсолютной температуре:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ при } V = const$$

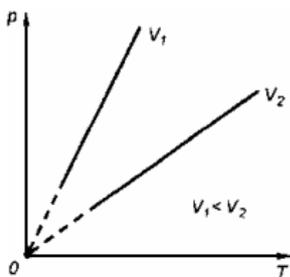
Если газ, имея объем V_0 , находится при нормальных условиях:

$$T_0 = 273 \text{ К}, p \approx 10^5 \text{ Па},$$

а затем, сохраняя объем, переходит в состояние с температурой T и давлением p , то можно записать

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T} \Rightarrow p = p_0 \cdot \frac{T}{T_0}$$

График процесса, происходящего при постоянном объеме, называется *изохорой*.



Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 11 (1, 3, 6, 7, 9, 10), Упражнение 12 (2, 3), Упражнение 13 (1, 3, 6). 472, 474, 481, 486, 495, 519.
Задачник Рымкевича: №

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Напишите формулу Бойля-Мариотта
2. Какие существуют газовые законы?
3. Напишите уравнение состояния идеального газа
4. Как давление связано с кинетической энергией?
5. Как называется процесс при котором T неизменно?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Тема. Первый закон термодинамики. Необратимость процессов в природе.

Практическая работа № 2.2. «Законы термодинамики»

Цель работы: закрепить понятия «термодинамика», необратимость процессов, «внутренняя энергия», «количество теплоты», «коэффициент полезного действия». Научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

<p>Термодинамика - раздел физики, рассматривающий явления, связанные с взаимопревращением механической и внутренней энергий и передачей внутренней энергии от одного тела к другому. Термодинамической системой называется совокупность тел, выделенная для рассмотрения вопросов термодинамики.</p>	<p>Изменение внутренней энергии ΔU может быть осуществлено двумя способами:</p> <ul style="list-style-type: none"> • путем совершения над телом работы: сжатие, растяжение тела; работа механизмов: пилы, дрели; • путем сообщения телу теплоты, то есть через теплопередачу: нагревание в закрытом сосуде, нагревание жидкости.
<p>Теплопередачей называется процесс перехода внутренней энергии от одного тела к другому без совершения над телом работы</p>	<p>Виды теплопередачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • конвекция; • теплопроводность; • лучеиспускание
<p>Конвекция - процесс передачи количества теплоты путем перемешивания холодных и теплых слоев жидкости или газа (центральное водяное отопление, ветры, морские течения, тяга в трубах, нагревание жидкости снизу сосуда).</p>	<p>Теплопроводность - процесс передачи количества теплоты от более нагретой части тела к менее нагретой без перемещения частиц (металлы - хорошие проводники тепла; дерево, стекло, кожа - плохие; газы менее теплопроводны, чем жидкость => плохая теплопроводность).</p>
<p>Лучеиспускание — теплопередача через излучение с помощью электромагнитных волн (энергия, получаемая Землей от Солнца).</p>	<p>Количество теплоты ΔQ - количество энергии, переданной от тела телу в результате теплопередачи (без совершения работы).</p>

Количество теплоты

$$\Delta Q = cm\Delta T$$

Теплоемкость тела

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}, C = mc$$

Удельная теплоемкость

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$$

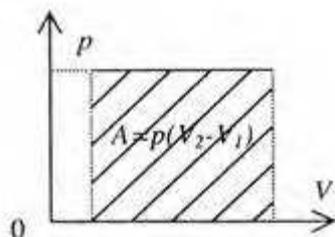


Рис. 39

Работа газа

$$A = p \Delta V$$

Работа A численно равна площади под графиком зависимости давления от объема (рис. 39).

Первый закон термодинамики

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

A - работа, совершаемая системой над внешними телами; A' - работа совершаемая внешними телами над системой.

I закон термодинамики, адиабатный процесс

$$\Delta U = -A$$

Адиабатным называется процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой ($\Delta Q = 0$).

I закон термодинамики, изохорный процесс

$$(V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0)$$

$$\Delta Q = \Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

I закон термодинамики, изотермический процесс

$$(T = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0)$$

$$\Delta Q = A = p \Delta V$$

I закон термодинамики, изобарный процесс

$$(p = \text{const})$$

$$\Delta Q = \Delta U + p \Delta V$$

Второй закон термодинамики: невозможен процесс, при котором теплота переходила бы произвольно от тел более холодных к более нагретым:

При адиабатном процессе система может выполнять работу над внешними телами (расширение газа) только за счет своей внут-ренней энергии.

Если при адиабатном процессе внешние тела совершают работу над системой, то ее внутренняя энергия увеличивается.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 15 (1, 2, 4, 7, 8, 11, 12)
Задачник Рымкевича: № 620, 624, 628, 633, 637, 646, 659, 679.
Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Какие процессы называются необратимыми?
2. Как формулируется первый закон термодинамики?

3. Как формулируется второй закон термодинамики?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Принцип действия тепловых двигателей. Коэффициент полезного действия.

Практическая работа № 2.3. «Тепловые двигатели. КПД»

Цель работы: закрепить понятия «КПД», «тепловой двигатель» и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Тепловым двигателем называется устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу. Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества, которое называется **рабочим телом**. В качестве рабочего тела обычно используются газообразные вещества (пары бензина, воздух, водяной пар). Рабочее тело получает (или отдает) тепловую энергию в процессе теплообмена с телами, имеющими большой запас внутренней энергии. Эти тела называются **тепловыми резервуарами**.

Как следует из первого закона термодинамики, полученное газом количество теплоты Q полностью превращается в работу A при изотермическом процессе, при котором внутренняя энергия остается неизменной ($\Delta U = 0$):

$$A = Q.$$

Но такой **однократный акт** преобразования теплоты в работу не представляет интереса для техники. Реально существующие тепловые двигатели (паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и т. д.) работают **циклически**. Процесс теплопередачи и преобразования полученного количества теплоты в работу периодически повторяется. Для этого рабочее тело должно совершать **круговой процесс** или **термодинамический цикл**, при котором периодически восстанавливается исходное состояние. Круговые процессы изображаются на диаграмме (p, V) газообразного рабочего тела с помощью замкнутых кривых (рис. 1). При расширении газ совершает положительную работу A_1 , равную площади под кривой abc , при сжатии газ совершает отрицательную работу A_2 , равную по модулю площади под кривой cda . Полная работа за цикл $A = A_1 + A_2$ на диаграмме (p, V) равна площади цикла.

Работа A положительна, если цикл обходится по часовой стрелке, и A отрицательна, если цикл обходится в противоположном направлении.

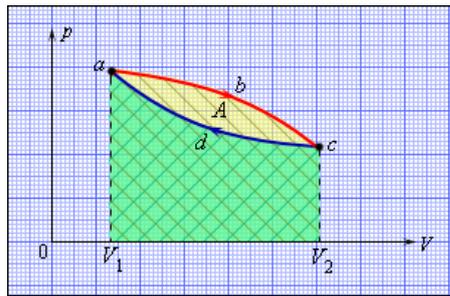


Рисунок 1.Круговой процесс на диаграмме (p, V) . abc – кривая расширения, cda – кривая сжатия. Работа A в круговом процессе равна площади фигуры $abcd$

Общее свойство всех круговых процессов состоит в том, что их невозможно провести, приводя рабочее тело в тепловой контакт только с одним тепловым резервуаром. Их нужно, по крайней мере, два. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют **нагревателем**, а с более низкой – **холодильником**. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты $Q_1 > 0$ и отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 < 0$. Полное количество теплоты Q , полученное рабочим телом за цикл, равно

$$Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 - |Q_2|.$$

При обходе цикла рабочее тело возвращается в первоначальное состояние, следовательно, изменение его внутренней энергии равно нулю ($\Delta U = 0$). Согласно первому закону термодинамики,

$$\Delta U = Q - A = 0.$$

Отсюда следует:

$$A = Q = Q_1 - |Q_2|.$$

Работа A , совершаемая рабочим телом за цикл, равна полученному за цикл количеству теплоты Q . Отношение работы A к количеству теплоты Q_1 , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя, называется **коэффициентом полезного действия** η тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}.$$

Коэффициент полезного действия указывает, какая часть тепловой энергии, полученной рабочим телом от «горячего» теплового резервуара, превратилась в полезную работу. Остальная часть $(1 - \eta)$ была «бесполезно» передана холодильнику. Коэффициент полезного действия тепловой машины всегда меньше единицы ($\eta < 1$). Энергетическая схема тепловой машины изображена на рис. 2.

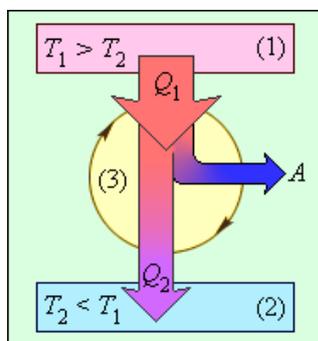


Рисунок 2. Энергетическая схема тепловой машины: 1 – нагреватель; 2 – холодильник; 3 – рабочее тело, совершающее круговой процесс. $Q_1 > 0, A > 0, Q_2 < 0; T_1 > T_2$

В двигателях, применяемых в технике, используются различные круговые процессы. На рис. 3 изображены циклы, используемые в бензиновом карбюраторном и в дизельном двигателях. В обоих случаях рабочим телом является смесь паров бензина или дизельного топлива с воздухом. Цикл карбюраторного двигателя внутреннего сгорания состоит из двух изохор (1–2, 3–4) и двух адиабат (2–3, 4–1). Дизельный двигатель внутреннего сгорания работает по циклу, состоящему из двух адиабат (1–2, 3–4), одной изобары (2–3) и одной изохоры (4–1). Реальный коэффициент полезного действия у карбюраторного двигателя порядка 30 %, у дизельного двигателя – порядка 40 %.

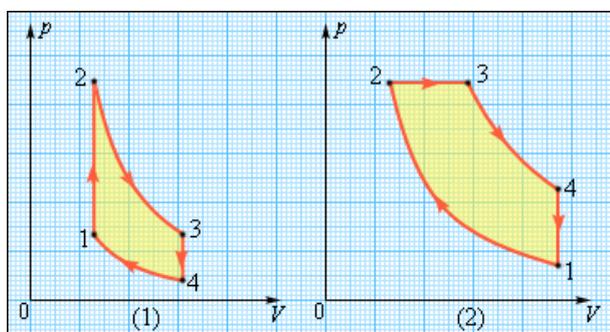


Рисунок 3. Циклы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания (1) и дизельного

двигателя (2)

В 1824 году французский инженер С. Карно рассмотрел круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат, который сыграл важную роль в развитии учения о тепловых процессах. Он называется *циклом Карно* (рис. 4).

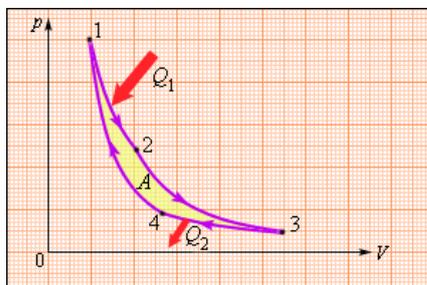


Рисунок 4. Цикл Карно

Цикл Карно совершает газ, находящийся в цилиндре под поршнем. На изотермическом участке (1–2) газ приводится в тепловой контакт с горячим тепловым резервуаром (нагревателем), имеющим температуру T_1 . Газ изотермически расширяется, совершая работу A_{12} , при этом к газу подводится некоторое количество теплоты $Q_1 = A_{12}$. Далее на адиабатическом участке (2–3) газ помещается в адиабатическую оболочку и продолжает расширяться в отсутствие теплообмена. На этом участке газ совершает работу $A_{23} > 0$. Температура газа при адиабатическом расширении падает до значения T_2 . На следующем изотермическом участке (3–4) газ приводится в тепловой контакт с холодным тепловым резервуаром (холодильником) при температуре $T_2 < T_1$. Происходит процесс изотермического сжатия. Газ совершает работу $A_{34} < 0$ и отдает тепло $Q_2 < 0$, равное произведенной работе A_{34} . Внутренняя энергия газа не изменяется. Наконец, на последнем участке адиабатического сжатия газ вновь помещается в адиабатическую оболочку. При сжатии температура газа повышается до значения T_1 , газ совершает работу $A_{41} < 0$. Полная работа A , совершаемая газом за цикл, равна сумме работ на отдельных участках:

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}.$$

На диаграмме (p, V) эта работа равна площади цикла.

Процессы на всех участках цикла Карно предполагаются квазистатическими. В частности, оба изотермических участка (1–2 и 3–4) проводятся при бесконечно малой разности температур между рабочим телом (газом) и тепловым резервуаром (нагревателем или холодильником).

Как следует из первого закона термодинамики, работа газа при адиабатическом расширении (или сжатии) равна убыли ΔU его внутренней энергии. Для 1 моля газа

$$A = -\Delta U = -C_V (T_2 - T_1),$$

где T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры газа.

Отсюда следует, что работы, совершенные газом на двух адиабатических участках цикла Карно, одинаковы по модулю и противоположны по знакам

$$A_{23} = -A_{41}.$$

По определению, коэффициент полезного действия η цикла Карно есть

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A_{12} + A_{34}}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}.$$

С. Карно выразил **коэффициент полезного действия цикла** через температуры нагревателя T_1 и холодильника T_2 :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Цикл Карно замечателен тем, что на всех его участках отсутствует соприкосновение тел с различными температурами. Любое состояние рабочего тела (газа) на цикле является **квазиравновесным**, т. е. бесконечно близким к состоянию теплового равновесия с окружающими телами (тепловыми резервуарами или **термостатами**). Цикл Карно исключает теплообмен при конечной разности температур рабочего тела и окружающей среды (термостатов), когда тепло может передаваться без совершения работы. Поэтому цикл Карно – наиболее эффективный круговой процесс из всех возможных при заданных температурах нагревателя и холодильника:

$$\eta_{\text{Карно}} = \eta_{\text{max}}.$$

Любой участок цикла Карно и весь цикл в целом может быть пройден в обоих направлениях. Обход цикла по часовой стрелке соответствует тепловому двигателю, когда полученное рабочим телом тепло частично превращается в полезную работу. Обход против часовой стрелки соответствует **холодильной машине**, когда некоторое количество теплоты отбирается от холодного резервуара и передается горячему резервуару **за счет совершения внешней работы**. Поэтому идеальное устройство, работающее по циклу Карно, называют **обратимой тепловой машиной**.

В реальных холодильных машинах используются различные циклические процессы. Все холодильные циклы на диаграмме (p, V) обходятся против часовой стрелки. Энергетическая схема холодильной машины представлена на рис. 5.

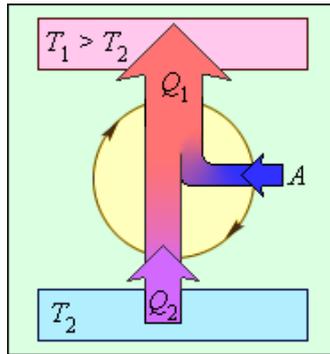


Рисунок 5. Энергетическая схема холодильной машины. $Q_1 < 0, A < 0, Q_2 > 0, T_1 > T_2$

Устройство, работающее по холодильному циклу, может иметь двойное предназначение. Если полезным эффектом является отбор некоторого количества тепла $|Q_2|$ от охлаждаемых тел (например, от продуктов в камере холодильника), то такое устройство является обычным холодильником. Эффективность работы холодильника можно охарактеризовать отношением

$$\beta_x = \frac{|Q_2|}{|A|},$$

т. е. эффективность работы холодильника – это количество тепла, отбираемого от охлаждаемых тел на 1 джоуль затраченной работы. При таком определении β_x может быть и больше, и меньше единицы. Для обращенного цикла Карно

$$\beta_x = \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Если полезным эффектом является передача некоторого количества тепла $|Q_1|$ нагреваемым телам (например, воздуху в помещении), то такое устройство называется **тепловым насосом**. Эффективность β_T теплового насоса может быть определена как отношение

$$\beta_T = \frac{|Q_1|}{|A|},$$

т. е. количеством теплоты, передаваемым более теплым телам на 1 джоуль затраченной работы. Из первого закона термодинамики следует:

$$|Q_1| > |A|,$$

следовательно, β_T всегда больше единицы. Для обращенного цикла Карно

$$\beta_T = \frac{1}{\eta} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Задачник Рымкевича: № 668, 669, 670, 674, 676, 677, 678, 681.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом полезного действия?
2. Чему равно максимальное значение КПД теплового двигателя?
3. Какое устройство называют тепловым двигателем?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Раздел 3. Электродинамика.

Изучаемая тема: Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность постоянного тока.

Лабораторная работа № 5

Изучение последовательного и параллельного соединения проводников.

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

Оборудование: источник тока, два проволочных резистора, амперметр, вольтметр, реостат.

Изучаемая тема: Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

Лабораторная работа № 6

Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

Цель работы: научиться измерять ЭДС источника тока и косвенными измерениями определять его внутреннее сопротивление.

Оборудование: аккумулятор или батарейка для карманного фонаря, вольтметр, амперметр, реостат, ключ.

Порядок работы: по учебнику

Время выполнения работы: 45 мин.

Отчет о проделанной работе

- 1) номер и название работы;
- 2) формулировку цели работы;
- 3) физическое обоснование цели работы и метода измерения;
- 4) рабочую формулу с расшифровкой всех буквенных обозначений;
- 5) результаты прямых измерений и вычислений;
- 6) там, где это предусмотрено работой, график;
- 7) вычисление искомой величины по рабочей формуле;
- 8) вывод формулы относительной погрешности (неопределенности) косвенного измерения и результат расчета по этой формуле;
- 9) оценку погрешности (неопределенности) измерения искомой величины. При оценке неопределенностей прямых и косвенных измерений студент должен руководствоваться правилами обработки результатов измерений.
- 10) подпись студента и дату выполнения данной лабораторной работы.

Критерии оценки:

Оценка «5» ставится в том случае, если учащийся:

- а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- г) правильно выполнил анализ погрешностей (VIII—X классы);
- д) соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но:

- а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерения;
- б) или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью,

б), или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения,

в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей (VIII—X класс);

г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

Оценка «2» ставится в том случае, если:

а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,

б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,

в) или в ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3».

Рекомендуемая литература:

2. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Физика 10 класс, М.: Просвещение, 2012.

Изучаемая тема: Связь между напряженностью и разностью потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.

Практическая работа № 3.1. «Электростатика»

Цель работы: закрепить понятия «потенциал», «напряженность», «электрическое поле», «электрический заряд», «закон Кулона», единицы измерения заряда, напряженности, потенциала. Научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Электрон имеет наименьший существующий в природе отрицательный электрический заряд: $g = e = -1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл	Протон и позитрон (античастица электрона) имеет наименьший положительный электрический заряд: $g = 1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл
Величина заряда, или количество электричества, - избыток электрических зарядов одного знака в каком-либо теле.	Общий электрический заряд любого тела - алгебраическая сумма всех электрических зарядов, находящихся в этом теле.
Электрически заряженное тело имеет неодинаковое число отрицательных и положительных элементарных зарядов.	Электрически нейтральное тело имеет одинаковое число элементарных зарядов противоположного знака.
Одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются. При соприкосновении заряды частично переходят с наэлектризованного тела, но не уничтожаются, а лишь перераспределяются между телами. Заряды сосредоточены на поверхности => внутри проводника поля нет.	Электростатическая индукция - явление возникновения противоположных зарядов на концах изолированного проводника при внесении его в электрическое поле. Если проводник разрезать на две части, то одна из них окажется заряженной положительно, а другая - отрицательно. Если проводник вынести из электрического поля, не разрезая, то он снова окажется нейтральным.

Закон Кулона в вакууме

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Закон Кулона в среде

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

Напряженность электрического поля

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

Напряженность электрического поля точечного заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}$$

Поверхностная плотность зарядов

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

Закон сохранения электрического заряда

$$g = g_1 + g_2 + \dots + g_n$$

Напряженность бесконечной плоскости

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$$

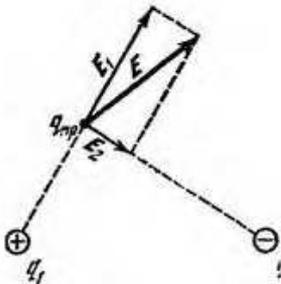


Рис. 1

Принцип суперпозиции (наложения) полей: если поле создается несколькими зарядами, то напряженность E в какой-либо точке поля равна геометрической сумме напряженностей полей, созданных в этой точке каждым зарядом в отдельности:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

Потенциал

$$\varphi = \frac{A}{q}, \varphi = \frac{\Pi}{q}$$

Разность потенциалов

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

Потенциал точечного заряда

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = k \frac{q}{\epsilon r}$$

Связь потенциала и напряженности

$$E = \frac{\Delta\varphi}{d}$$

Потенциальная энергия двух зарядов

$$W = W_n = \frac{kq^2}{\epsilon r} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$$

Работа сил электростатического поля

$$A = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots = \sum_{i=1}^n \Delta A_i, \Delta A = -\Delta\Pi, \Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1$$

Потенциальная энергия

$$A = q\Delta\varphi = q \frac{k}{\epsilon} \left(\frac{q_1}{r_1} - \frac{q_1}{r_2} \right) = \frac{kqq_1}{\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{qq_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Потенциал поля положительного заряда уменьшается при удалении от заряда, а потенциал поля отрицательного заряда увеличивается.

В проводниках

- положительные заряды перемещаются от потенциала

$$\varphi_1 > \varphi_2 \text{ К } \varphi_2;$$

- отрицательные заряды - наоборот

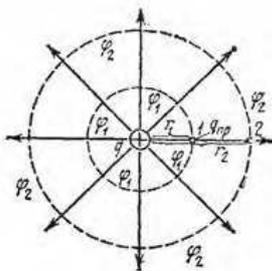


Рис. 2

Принцип суперпозиции полей: если поле создано несколькими зарядами, потенциал в любой точке равен алгебраической сумме потенциалов, созданных в этой точке каждым зарядом в отдельности.

Линии напряженности направлены в сторону убывания потенциала (рис. 2):

$$\varphi_2 < \varphi_1$$

Потенциал измеряется потенциальной энергией единичного положительного заряда, находящегося в данной точке поля.

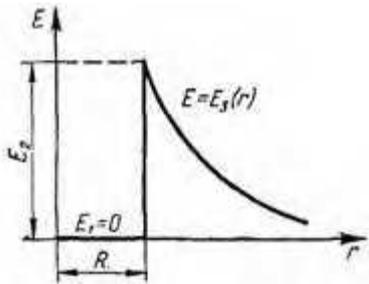


Рис. 3

Напряженность электрического поля внутри сферы радиуса R равна 0

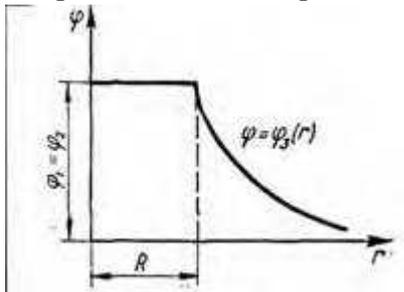


Рис. 4

Потенциал φ в любой точке внутри сферы одинаков и равен потенциалу φ на поверхности сферы радиуса R.

Емкость уединенного проводника

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

Емкость сферического проводника

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$$

Емкость конденсатора

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

Емкость не зависит:

1. от материала проводника;
2. от наличия внутри пустот и полостей, т.к. заряд скапливается на поверхности, а внутри проводника поле равно нулю

Емкость зависит:

- от формы проводника;
- от его размеров;
- от диэлектрической проницаемости среды;
- от наличия вблизи заряженных тел

Емкость параллельных конденсаторов

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$$

Емкость сферического конденсатора

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Емкость последовательно соединенных конденсаторов

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

Энергия электрического поля

$$W_c = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2c} = \frac{C\varphi^2}{2}$$

Полная энергия системы

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{qU}{2}$$

Энергия неотключенного конденсатора

$$W = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$$

Энергия отключенного конденсатора

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

Энергия однородного электрического поля

$$W = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} V$$

Объемная плотность энергии

$$w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$$

Сила притяжения пластин плоского конденсатора

$$F = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2 S}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon\epsilon_0}$$

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 16 (2, 3, 4)
Задачник Рымкевича: № 682, 683, 690, 692, 695, 698, 699, 705.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Какой формулой находим потенциал точки?
2. Дайте определение напряженности электрического поля.
3. Перечислите основные свойства электростатического поля.
4. Как формулируется принцип суперпозиции полей?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

3. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
4. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Тема Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

Практическая работа № 3.2. «Законы постоянного тока»

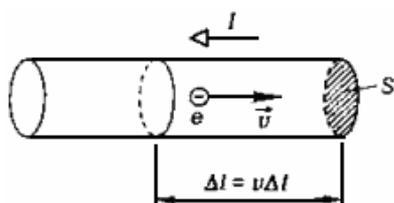
Цель работы: закрепить понятия «сила тока», «электрический ток», «закон Ома», «работа и мощность постоянного тока», «электродвижущая сила» и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Электрический ток - это упорядоченное движение заряженных частиц.

За направление тока принято направление движения положительных зарядов.

Электрический ток вызывает нагревание проводника. Вокруг проводника с током существует магнитное поле. Электрический ток способен оказывать химическое действие.



Сила тока - заряд, переносимый через поперечное сечение проводника в единицу времени:

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

$$[I] = 1 \text{ A (Ампер)}$$

При токе 1 А через поперечное сечение проводника за 1 с проходит заряд 1 Кл.

За время Δt через поперечное сечение проводника S проходят заряженные частицы, содержащиеся в объеме

$$\Delta V = S \Delta t = S v \Delta t$$

где v - их средняя скорость направленного движения.

Если заряд каждой частицы равен q_0 , а их концентрация n , то общий заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время t равен

$$\Delta q = q_0 n S v \Delta t$$

Отсюда сила тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q_0 n v S$$

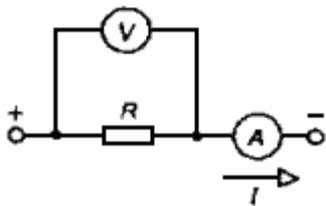
Электрический ток возникает при наличии свободных заряженных частиц и электрического поля.

Концентрация свободных носителей заряда в проводниках существенно выше, чем в диэлектриках. Для создания стационарного электрического поля внутри проводника между его концами должна поддерживаться разность потенциалов. Если она длительное время остается неизменной, то по проводнику проходит постоянный электрический ток.

Закон Ома для участка цепи

Сила тока прямо пропорциональна приложенному напряжению U и обратно пропорциональна сопротивлению проводника R :

$$I = U/R$$



Сопротивление проводника равно 1 Ом, если при напряжении 1 В через него течет ток 1 А. Сопротивление R проводника прямо пропорционально его длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения S :

$$R = \rho \frac{l}{S}, [R] = 1 \text{ Ом}$$

где ρ - удельное сопротивление материала

$$[\rho] = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

При последовательном соединении двух проводников: $I = I_1 = I_2$, $U = U_1 + U_2$

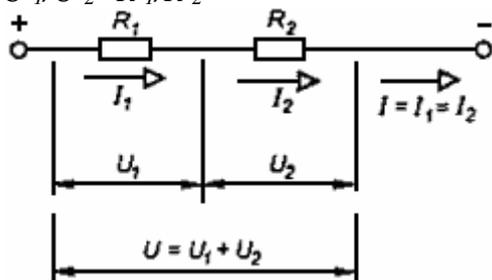
Разделив второе равенство на первое, получаем:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} \Rightarrow R = R_1 + R_2$$

Так как $I = U_1/R_1 = U_2/R_2$

то

$$U_1/U_2 = R_1/R_2$$



При параллельном соединении двух проводников:

$$I = I_1 + I_2, U = U_1 = U_2$$

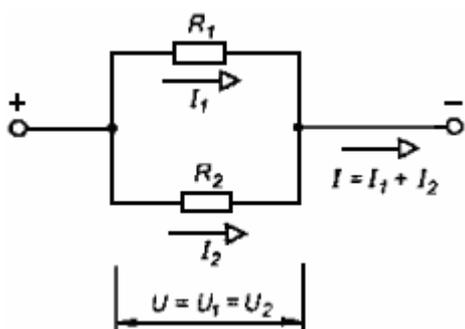
Разделив первое равенство на второе, получаем:

$$\frac{I}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Так как

$$U = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$\text{то } I_1/I_2 = R_1/R_2$$



РАБОТА И МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

При прохождении тока через проводник происходит его нагревание, значит электрическая энергия переходит в тепловую.

Работа электрического поля по перемещению заряда Δq из одной точки в другую равна произведению напряжения U между этими точками на величину заряда Δq : $A = \Delta q U$.

Учитывая, что $\Delta q = I \Delta t$, получаем:

$$A = IU \Delta t$$

Итак, энергия, выделяющаяся при протекании тока на участке цепи, пропорциональна силе тока, напряжению и времени.

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

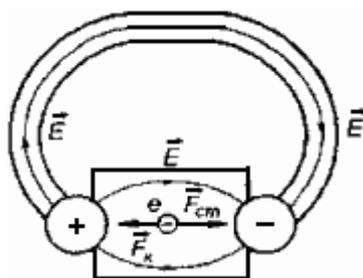
Так как $U = IR$, то разделив последнее равенство на t , получаем выражения для мощности электрического тока:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА

Если два заряженных тела соединить проводником, то через него пойдет кратковременный ток. Избыточные электроны с отрицательно заряженного тела перейдут на положительно заряженное. Потенциалы тел окажутся одинаковыми, значит, напряжение на концах проводника станет равно нулю, и ток прекратится. Для существования длительного тока в проводнике нужно поддерживать разность потенциалов на его концах неизменной. Этого можно достичь, перенося свободные электроны с положительного тела на отрицательное так, чтобы заряды тел не менялись со временем.

Силы электрического взаимодействия сами по себе не способны осуществлять подобное разделение зарядов. Они вызывают притяжение электронов к положительному телу и отталкивание от отрицательного. Поэтому внутри источника тока должны действовать сторонние силы, имеющие неэлектрическую природу и обеспечивающие разделение электрических зарядов.



ЭДС источника равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи

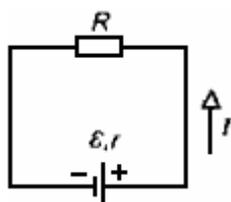
$$\mathcal{E} = U_1 + U_2 = IR + Ir = I(R + r)$$

где r - внутреннее сопротивление источника.

Закон Ома для полной цепи

Сила тока прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи:

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



Работа сторонних сил по перемещению вдоль замкнутого контура заряда $q = I \Delta t$ равна

$$A_{\text{сж}} = EI\Delta t$$

Она идет на нагревание внешнего и внутреннего участков цепи:

$$A_{\text{сж}} = Q$$
$$EI\Delta t = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

Сокращая, получаем: $\varepsilon = IR + Ir$.

В случае, когда последовательная цепь содержит несколько источников тока, результирующая ЭДС равна алгебраической сумме ЭДС источников с учетом их знаков: $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots$, а внутреннее сопротивление - сумме всех их внутренних сопротивлений: $r = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 19 (2, 3, 5, 6, 7, 9).
Задачник Рымкевича: № 775, 778, 780, 783, 791, 794, 796, 798.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Формула нахождения силы тока.
2. Дайте определение мощности тока.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Электрическая проводимость различных веществ. Электронная проводимость металлов.

Практическая работа № 3.3. «Электрический ток в различных средах»

Цель работы: закрепить понятия «электрическая проводимость» «закон электролиза», «сверхпроводимость», «электронные пучки», «самостоятельные и несамостоятельные разряды». Научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Экспериментально было доказано, что носителями тока в металлах являются электроны. В отсутствие электрического поля электроны движутся хаотически, и ток в проводнике не возникает. Под действием внешнего электрического поля движение электронов становится упорядоченным, и в проводнике возникает электрический ток. Сила тока I в проводнике выражается формулой:

$$I = envS,$$

где e — заряд электрона, v — скорость упорядоченного движения электронов, S — площадь поперечного сечения проводника.

Если измерять сопротивление металлического проводника при различных температурах, то можно заметить, что сопротивление линейно растет с увеличением температуры. Зависимость сопротивления R от температуры t выражается формулой:

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

где R_0 — сопротивление проводника при температуре 0°C , α — температурный коэффициент. Аналогичный вид имеет формула и для удельного сопротивления ρ :

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где ρ_0 — удельное сопротивление проводника при температуре 0°C .

В области низких температур сопротивление металлического проводника скачком падает до нуля. Это явление называется сверхпроводимостью.

Собственная проводимость полупроводников (проводимость чистых полупроводников) осуществляется перемещением свободных электронов (электронная проводимость) и перемещением связанных электронов на вакантные места-дырки (дырочная проводимость). Проводимость полупроводников сильно зависит от наличия примесей в нем. Примеси, которые отдают лишние валентные электроны, называются донорными. В таком полупроводнике электроны являются основными носителями тока, а дырки-неосновными, а сам полупроводник называется полупроводником n -типа. Примером такой примеси служит мышьяк для кремния. Примеси, которым не хватает валентных электронов, называются акцепторными. В таком полупро-

воднике дырки являются основными носителями тока, а электроны-неосновными, а сам полупроводник называется полупроводником p -типа. Примером такой примеси служит индий.

Полупроводники нашли широкое применение в радиотехнике. На основе полупроводников изготавливают диоды, транзисторы, термисторы, фоторезисторы и др.

Чтобы создать ток в вакууме, необходим источник создания носителей тока. Действие такого источника основывается на явлении термоэлектронной эмиссии, которое заключается в том, что сильно нагретые тела испускают электроны. Рассмотрим систему

из двух электродов, один из которых нагрет до температуры, достаточной для термоэлектронной эмиссии. Вокруг нагретого электрода формируется так называемое электронное облако. Если мы подключим к отрицательному полюсу источника тока нагретый электрод (катод), а к положительному-холодный (анод), то в результате между электродами возникнет электрическое поле, напряженность которого направлена к нагретому электроду. Под действием этого поля часть электронов из электронного облака движется к холодному электроду, в результате чего в цепи возникает ток. Если же теперь поменять полюсы источника тока, то под действием созданного электрического поля электроны будут двигаться к нагретому катоду, ранее покинув его. Ток в цепи не возникнет. Таким образом, мы имеем одностороннюю проводимость. На основе только что описанной системы изготавливают вакуумные диоды.

Носителями тока в растворах или расплавах электролитов являются положительно и отрицательно заряженные ионы. В таком случае проводимость называется ионной. Если сосуд с раствором или расплавом электролита включить в цепь, то положительные ионы будут двигаться к катоду, а отрицательные-к аноду. Движение ионов в растворе или в расплаве электролита сопровождается переносом вещества и выделением его на электродах. Процесс выделения вещества на электродах называется электролизом. Масса m вещества, выделившегося на электроде при электролизе, согласно закону Фарадея, прямо пропорциональна заряду q , прошедшему через раствор или расплав электролита: $m = kq = kIt$, где I — сила тока в цепи, t — время прохождения тока, k — электрохимический эквивалент данного вещества. Электрохимический эквивалент вещества зависит только от рода вещества и выражается формулой:

$$k = \frac{1}{eN_A} \frac{M}{n},$$

где e - заряд электрона, N_A — число Авогадро, M — молярная масса вещества, n — валентность вещества.

При нормальных условиях газ является диэлектриком. Если же газ начать нагревать или облучать ультрафиолетовыми, рентгеновскими или другими лучами, то некоторая часть молекул газа распадется на положительные ионы и электроны. Это объясняется тем, что при одном из вышеописанных воздействий на газ молекулы начинают достаточно быстро двигаться для того, чтобы при столкновениях распасться. В результате газ становится проводником с ионно-электронной проводимостью. Протекание тока через газ называется газовым разрядом. Различают самостоятельный и несамостоятельный газовый разряд. Если при прекращении действия ионизатора (нагревание, излучения) прекратится и газовый разряд, то такой разряд принято называть несамостоятельным. Если же при прекращении действия ионизатора γ и газовый разряд не прекратится, то такой разряд принято называть самостоятельным. Самостоятельный разряд возникает при очень больших напряжениях на электродах. Под действием созданного между электродами высокого электрического поля E электроны приобретают кинетическую энергию, пропорциональную длине их свободного пробега L :

$$\frac{mv^2}{2} = eEl.$$

Если эта энергия будет превышать работу, необходимую для того, чтобы ионизовать атом газа, то при столкновении этого электрона с атомом будет происходить ионизация, в результате которой из атома вырвется еще один электрон. В результате число таких электронов возрастает образуется электронная лавина. Описанный выше процесс ионизации называется ионизацией электронным ударом.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 20 (3, 4, 5, 7, 9)
Задачник Рымкевича: № 859, 862, 865, 871, 876, 877, 878, 883.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 10 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Электромагнитные колебания.

Практическая работа № 3.4.

«Электромагнитные колебания»

Цель работы: закрепить понятия раздела электромагнитные колебания и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Электромагнитные колебания - взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей.

Электромагнитные колебания появляются в различных электрических цепях. При этом колеблются величина заряда, напряжение, сила тока, напряженность электрического поля, индукция магнитного поля и другие электродинамические величины.

Свободные электромагнитные колебания возникают в электромагнитной системе после выведения ее из состояния равновесия, например, сообщением конденсатору заряда или изменением тока в участке цепи.

Это затухающие колебания, так как сообщенная системе энергия расходуется на нагревание и другие процессы.

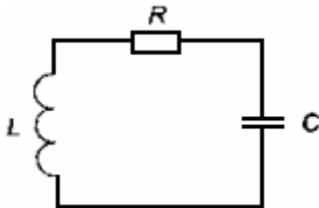
Вынужденные электромагнитные колебания - незатухающие колебания в цепи, вызванные внешней периодически изменяющейся синусоидальной ЭДС.

Электромагнитные колебания описываются теми же законами, что и механические, хотя физическая природа этих колебаний совершенно различна.

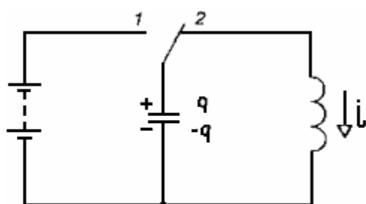
Электрические колебания - частный случай электромагнитных, когда рассматривают колебания только электрических величин. В этом случае говорят о переменном токе, напряжении, мощности и т.д.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Колебательный контур - электрическая цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкостью C , катушки индуктивностью L и резистора сопротивлением R .



Состояние устойчивого равновесия колебательного контура характеризуется минимальной энергией электрического поля (конденсатор не заряжен) и магнитного поля (ток через катушку отсутствует).



Величины, выражающие свойства самой системы (параметры системы): L и m , $1/C$ и k

величины, характеризующие состояние системы:

$$E_p = \frac{q^2}{2C} \quad \text{и} \quad E_p = \frac{kx^2}{2}$$

$$E_k = \frac{Li^2}{2} \quad \text{и} \quad E_k = \frac{mv^2}{2}$$

величины, выражающие скорость изменения состояния системы: $u = x'(t)$ и $i = q'(t)$.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Можно показать, что уравнение свободных колебаний для заряда $q = q(t)$ конденсатора в контуре имеет вид

$$q'' = -\frac{1}{LC} \cdot q \text{ или } q'' = -\omega_0^2 \cdot q \quad (1)$$

где q'' - вторая производная заряда по времени. Величина

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

является циклической частотой. Такими же уравнениями описываются колебания тока, напряжения и других электрических и магнитных величин.

Одним из решений уравнения (1) является гармоническая функция

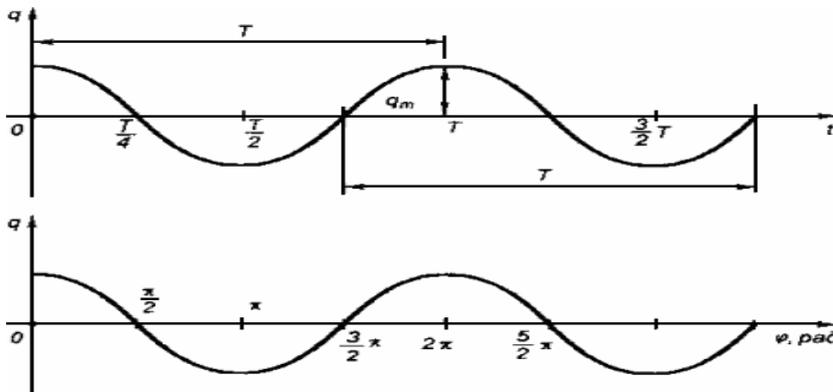
$$q = q_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (2)$$

Период колебаний в контуре дается формулой (Томсона):

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{LC} \quad (3)$$

Величина $\varphi = \omega t + \varphi_0$, стоящая под знаком синуса или косинуса, является фазой колебания.

Фаза определяет состояние колеблющейся системы в любой момент времени t .

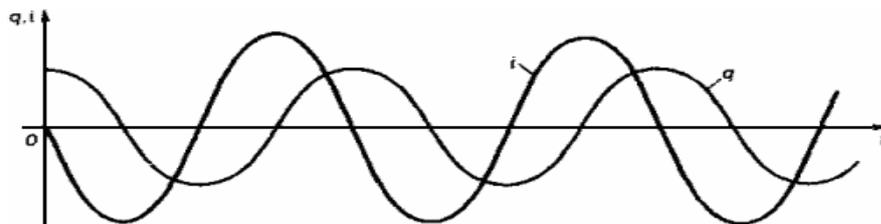


Ток в цепи равен производной заряда по времени, его можно выразить

$$i = q' = -q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (4)$$

Чтобы нагляднее выразить сдвиг фаз, перейдем от косинуса к синусу

$$i = \omega q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \pi/2) \quad (5)$$

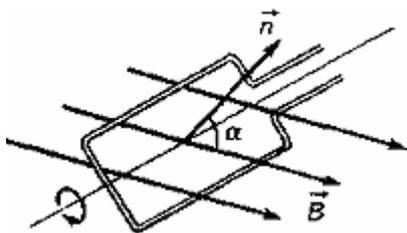


ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

1. Гармоническая ЭДС возникает, например, в рамке, которая вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле с индукцией B . Магнитный поток Φ , пронизывающий рамку с площадью S ,

$$\Phi = BS \cos \alpha = BS \cos \omega t$$

где $\alpha = \omega t$ угол между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции.



По закону электромагнитной индукции Фарадея ЭДС индукции равна

$$\varepsilon_i = - \Delta \Phi / \Delta t$$

где $\Delta \Phi / \Delta t$ скорость изменения потока магнитной индукции.

Гармонически изменяющийся магнитный поток вызывает синусоидальную ЭДС индукции

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BS \omega \sin \omega t = \varepsilon_m \sin \omega t$$

где $\varepsilon_m = BS \omega$ амплитудное значение ЭДС индукции.

2. Если к контуру подключить источник внешней гармонической ЭДС

$$e = \varepsilon_m \sin \omega t$$

то в нем возникнут вынужденные колебания, происходящие с циклической частотой ω , совпадающей с частотой источника.

При этом вынужденные колебания совершают заряд q , разность потенциалов u , сила тока i и другие физические величины. Это незатухающие колебания, так как к контуру подводится энергия от источника, которая компенсирует потери. Гармонически изменяющиеся в цепи ток, напряжение и другие величины называют переменными. Они, очевидно, изменяются по величине и направлению. Токи и напряжения, изменяющиеся только по величине, называют пульсирующими.

В промышленных цепях переменного тока России принята частота 50 Гц.

Для подсчета количества теплоты Q , выделяющейся при прохождении переменного тока по проводнику с активным сопротивлением R , нельзя использовать максимальное значение мощности, так как оно достигается только в отдельные моменты времени. Необходимо использовать среднюю за период мощность - отношение суммарной энергии W , поступающей в цепь за период, к величине периода:

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{T} = \frac{1}{2} I_m U_m = \frac{1}{2} I_m^2 R$$

Поэтому количество теплоты, выделится за время T :

$$Q = \frac{1}{2} I_m U_m T$$

Действующее значение I силы переменного тока равно силе такого постоянного тока, который за время, равное периоду T , выделяет такое же количество теплоты, что и переменный ток:

$$I^2 RT = \frac{1}{2} I_m^2 RT$$

Отсюда действующее значение тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Аналогично действующее значение напряжения

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 4 (1, 2, 3, 4, 5)
Задачник Рымкевича: № 945, 946, 948, 953, 957, 959, 960.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Какие колебания называются вынужденными?
2. Напишите формулу Томсона.
3. Что такое индуктивное сопротивление?

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Производство, передача и использование энергии.

Практическая работа № 3.5. «Производство, передача и использование энергии»

Цель работы: закрепить понятия и научиться применять формулы при решении задач, тестовых вопросов.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Электрическая энергия используется почти повсеместно. Конечно, большая часть производимой электроэнергии приходится на промышленность. Помимо этого, крупным потребителем будет являться транспорт.

Многие железнодорожные линии уже давно перешли на электрическую тягу. Освещение жилищ, улиц городов, производственные и бытовые нужды сел и деревень - все это тоже является крупным потребителем электроэнергии.

Огромная часть получаемой электроэнергии превращается в механическую энергию. Все механизмы, используемые в промышленности, приводятся в движение за счет электродвигателей. Потребителей электроэнергии достаточно, и находятся они повсюду.

А производится электроэнергия лишь в немногих местах. Возникает вопрос о передаче электроэнергии, причем на большие расстояния. При передаче на большие расстояния, происходит много потерь электроэнергии. Главным образом, это потери на нагрев электропроводов.

По закону Джоуля-Ленца энергия, расходуемая на нагрев, вычисляется по формуле:

$$Q = I^2 * R * t .$$

Так как снизить сопротивление до приемлемого уровня практически невозможно, то приходится уменьшать силу тока. Для этого повышают напряжение. Обычно на станциях стоят повышающие генераторы, а в конце линий передач стоят понижающие трансформаторы. И уже с них энергия расходуется по потребителям.

Потребность в электрической энергии постоянно увеличивается. Для того чтобы соответствовать запросам на увеличение потребления есть два пути:

1. Строительство новых электростанций
2. Использование передовых технологий.

Эффективное использование электроэнергии

Первый способ требует затрат большого числа строительных и денежных ресурсов. На строительство одной электростанции тратится несколько лет. К тому же, например, тепловые электростанции потребляют много невозобновляемых природных ресурсов, и наносят вред окружающей природной среде.

Использовать передовые технологии очень верное решение данной проблемы. К тому же необходимо избегать напрасных трат электроэнергии и свести неэффективное использование к минимуму.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 5 (1, 2, 3, 4,5).

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 45 мин.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется передача электроэнергии на большие расстояния?
2. Дайте определение постоянного тока.
3. Напишите формулу Джоуля-Ленца.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г

Раздел 4. Строение атома и квантовая физика.

Изучаемая тема: Трудности теории Бора. Квантовая механика.

Практическая работа № 4.1. «Фотоэффект»

Цель работы: закрепить понятия «фотоэффект», «фотоны», «давление света» и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Фотоэлектрический эффект был открыт в 1887 году немецким физиком Г. Герцем и в 1888–1890 годах экспериментально исследован А. Г. Столетовым. Наиболее полное исследование явления фотоэффекта было выполнено Ф. Ленардом в 1900 г. К этому времени уже был открыт электрон (1897 г., Дж. Томсон), и стало ясно, что фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) состоит в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света.

Схема экспериментальной установки для исследования фотоэффекта изображена на рис. 1

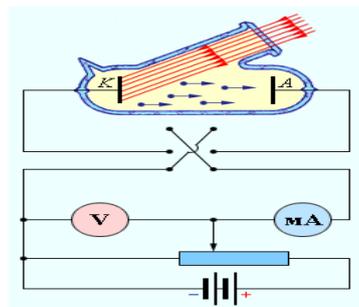


Рисунок 1.Схема экспериментальной установки для изучения фотоэффекта

В экспериментах использовался стеклянный вакуумный баллон с двумя металлическими электродами, поверхность которых была тщательно очищена. К электродам прикладывалось некоторое напряжение U , полярность которого можно было изменять с помощью двойного ключа. Один из электродов (катод К) через кварцевое окошко освещался монохроматическим светом некоторой длины волны λ . При неизменном световом потоке снималась зависимость силы фототока I от приложенного напряжения. На рис.2 изображены типичные кривые такой зависимости, полученные при двух значениях интенсивности светового потока, падающего на катод.

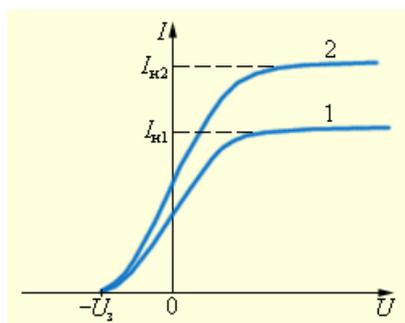


Рисунок 2. Зависимость силы фототока от приложенного напряжения. Кривая 2 соответствует большей интенсивности светового потока. $I_{н1}$ и $I_{н2}$ – токи насыщения, U_3 – запирающий потенциал

Кривые показывают, что при достаточно больших положительных напряжениях на аноде А фототок достигает насыщения, так как все электроны, вырванные светом из катода, достигают анода. Тщательные измерения показали, что ток насыщения I_n прямо пропорционален интенсивности падающего света. Когда напряжение на аноде отрицательно, электрическое поле между катодом и анодом тормозит электроны. Анода могут достичь только те электроны, кинетическая энергия которых превышает $|eU|$. Если напряжение на аноде меньше, чем $-U_3$, фототок прекращается. Измеряя U_3 , можно определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов:

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_3$$

Многочисленными экспериментаторами были установлены следующие основные закономерности фотоэффекта:

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты света ν и не зависит от его интенсивности.
2. Для каждого вещества существует так называемая *красная граница фотоэффекта*, т. е. наименьшая частота ν_{\min} , при которой еще возможен внешний фотоэффект.
3. Число фотоэлектронов, вырываемых светом из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света.
4. Фотоэффект практически безынерционен, фототок возникает мгновенно после начала освещения катода при условии, что частота света $\nu > \nu_{\min}$.

Все эти закономерности фотоэффекта в корне противоречили представлениям классической физики о взаимодействии света с веществом. Согласно волновым представлениям при взаимодействии с электромагнитной световой волной электрон должен был бы постепенно накапливать энергию, и потребовалось бы значительное время, зависящее от интенсивности света, чтобы электрон накопил достаточно энергии для того, чтобы вылететь из катода. Как показывают расчеты, это время должно было бы исчисляться минутами или часами. Однако, опыт показывает, что фотоэлектроны появляются немедленно после начала освещения катода. В этой модели также было невозможно понять существование красной границы фотоэффекта. Волновая теория света не могла объяснить независимость энергии фотоэлектронов от интенсивности светового потока и пропорциональность максимальной кинетической энергии частоте света.

Таким образом, электромагнитная теория света оказалась неспособной объяснить эти закономерности.

Выход был найден А. Эйнштейном в 1905 г. Теоретическое объяснение наблюдаемых закономерностей фотоэффекта было дано Эйнштейном на основе гипотезы М. Планка о том, что свет излучается и поглощается определенными порциями, причем энергия каждой такой порции определяется формулой $E = h\nu$, где h – постоянная Планка. Эйнштейн сделал следующий шаг в развитии квантовых представлений. Он пришел к выводу, что свет имеет прерывистую (дискретную) структуру. Электромагнитная волна состоит из отдельных порций – квантов, впоследствии названных фотонами. При взаимодействии с веществом фотон целиком передает всю свою энергию $h\nu$ одному электрону. Часть этой энергии электрон может рассеять при столкновениях с атомами вещества. Кроме того, часть энергии электрона затрачивается на преодоление потенциального барьера на границе металл–вакуум. Для этого электрон должен совершить работу выхода A , зависящую от свойств материала катода. Наибольшая кинетическая энергия, которую может иметь вылетевший из катода фотоэлектрон, определяется законом сохранения энергии:

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_3 = h\nu - A$$

Эту формулу принято называть *уравнением Эйнштейна для фотоэффекта*.

С помощью уравнения Эйнштейна можно объяснить все закономерности внешнего фотоэффекта. Из уравнения Эйнштейна следуют линейная зависимость максимальной кинетической энергии от частоты и независимость от интенсивности света, существование красной границы, безынерционность фотоэффекта. Общее число фотоэлектронов, покидающих за 1 с поверхность катода, должно быть пропорционально числу фотонов, падающих за то же время на поверхность. Из этого следует, что ток насыщения должен быть прямо пропорционален интенсивности светового потока.

Как следует из уравнения Эйнштейна, тангенс угла наклона прямой, выражающей зависимость запирающего потенциала U_3 от частоты ν (рис. 5.2.3), равен отношению постоянной Планка h к заряду электрона e :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e}.$$

Это позволяет экспериментально определить значение постоянной Планка. Такие измерения были выполнены в 1914 г. Р. Милликенем и дали хорошее согласие со значением, найденным Планком. Эти измерения позволили также определить работу выхода A :

$$A = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}},$$

где c – скорость света, $\lambda_{\text{кр}}$ – длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта. У большинства металлов работа выхода A составляет несколько электрон-вольт (1 эВ = $1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж). В квантовой физике электрон-вольт часто используется в качестве энергетической единицы измерения. Значение постоянной Планка, выраженное в электрон-вольтах в секунду, равно

$$h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}.$$

Среди металлов наименьшей работой выхода обладают щелочные элементы. Например, у натрия $A = 1,9$ эВ, что соответствует красной границе фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} \approx 680$ нм. Поэтому соединения щелочных металлов используют для создания катодов в *фотоэлементах*, предназначенных для регистрации видимого света.

Итак, законы фотоэффекта свидетельствуют, что свет при испускании и поглощении ведет себя подобно потоку частиц, получивших название *фотонов* или *световых квантов*.

Энергия фотонов равна

$$E = h\nu.$$

Фотон движется в вакууме со скоростью c . Фотон не имеет массы, $m = 0$. Из общего соотношения специальной теории относительности, связывающего энергию, импульс и массу любой частицы,

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2,$$

следует, что фотон обладает импульсом

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}.$$

Таким образом, учение о свете, совершив виток длительностью в два столетия, вновь возвратилось к представлениям о световых частицах – корпускулах.

Но это не был механический возврат к корпускулярной теории Ньютона. В начале XX века стало ясно, что свет обладает двойственной природой. При распространении света проявляются его волновые свойства (интерференция, дифракция, поляризация), а при взаимодействии с веществом – корпускулярные (фотоэффект). Эта двойственная природа света получила название *корпускулярно-волнового дуализма*. Позже двойственная природа была открыта у электронов и других элементарных частиц. Классическая физика не может дать наглядной модели сочетания волновых и корпускулярных свойств у микрообъектов. Движением микрообъектов управляют не законы классической механики Ньютона, а законы квантовой механики. Теория излучения абсолютно черного тела, развитая М. Планком, и квантовая теория фотоэлектрического эффекта Эйнштейна лежат в основании этой современной науки.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.
2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 12 (2, 3, 4)
Задачник Рымкевича: № 1135, 1136, 1138, 1141, 1148, 1152, 1155, 1168.

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 90 мин.

Контрольные вопросы

1. Напишите уравнение Эйнштейна.
2. Какой формулой находят работу выхода?
3. Чему равна постоянная Планка?
4. Напишите формулу нахождения энергии фотона.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

Изучаемая тема: Биологическое действие радиоактивных излучений.

Практическая работа № 4.2. «Ядерные реакции»

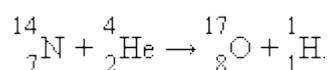
Цель работы: закрепить понятия «ядерная сила», «ядерные реакции», «период полураспада», «радиоактивные превращения» «деление ядер» и научиться применять формулы при решении задач.

Краткие теоретические и справочно-информационные материалы по теме занятия.

Ядерная реакция – это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением вторичных частиц или γ -квантов.

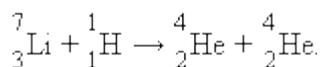
В результате ядерных реакций могут образовываться новые радиоактивные изотопы, которых нет на Земле в естественных условиях.

Первая ядерная реакция была осуществлена Э. Резерфордом в 1919 году в опытах по обнаружению протонов в продуктах распада ядер (см. § 6.5). Резерфорд бомбардировал атомы азота α -частицами. При соударении частиц происходила ядерная реакция, протекавшая по следующей схеме:



При ядерных реакциях выполняется несколько законов сохранения: импульса, энергии, момента импульса, заряда. В дополнение к этим классическим законам при ядерных реакциях выполняется закон сохранения так называемого *барионного заряда* (т. е. числа нуклонов – протонов и нейтронов). Выполняется также ряд других законов сохранения, специфических для ядерной физики и физики элементарных частиц.

Ядерные реакции могут протекать при бомбардировке атомов быстрыми заряженными частицами (протоны, нейтроны, α -частицы, ионы). Первая реакция такого рода была осуществлена с помощью протонов большой энергии, полученных на ускорителе, в 1932 году:



Однако наиболее интересными для практического использования являются реакции, протекающие при взаимодействии ядер с нейтронами. Так как нейтроны лишены заряда, они беспрепятственно могут проникать в атомные ядра и вызывать их превращения. Выдающийся итальянский физик Э. Ферми первым начал изучать реакции, вызываемые нейтронами. Он обнаружил, что ядерные превращения вызываются не только быстрыми, но и медленными нейтронами, движущимися с тепловыми скоростями.

Ядерные реакции сопровождаются энергетическими превращениями. *Энергетическим выходом* ядерной реакции называется величина

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2 = \Delta M c^2.$$

где M_A и M_B – массы исходных продуктов, M_C и M_D – массы конечных продуктов реакции. Величина ΔM называется дефектом масс. Ядерные реакции могут протекать с выделением ($Q > 0$) или с поглощением энергии ($Q < 0$). Во втором случае первоначальная кинетическая энергия исходных продуктов должна превышать величину $|Q|$, которая называется *порогом реакции*.

Для того чтобы ядерная реакция имела положительный энергетический выход, удельная энергия связи нуклонов в ядрах исходных продуктов должна быть меньше удельной энергии связи нуклонов в ядрах конечных продуктов. Это означает, что величина ΔM должна быть положительной.

Возможны два принципиально различных способа освобождения ядерной энергии.

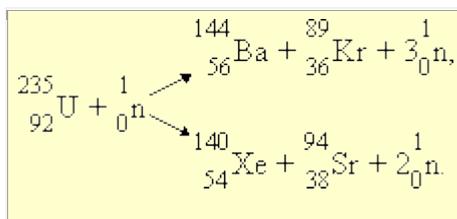
1. *Деление тяжелых ядер.* В отличие от радиоактивного распада ядер, сопровождающегося испусканием α - или β -частиц, реакции деления – это процесс, при котором нестабильное ядро делится на два крупных фрагмента сравнимых масс.

В 1939 году немецкими учеными О. Ганом и Ф. Штрассманом было открыто деление ядер урана. Продолжая исследования, начатые Ферми, они установили, что при бомбардировке урана нейтронами возникают элементы средней части периодической системы – радиоактивные изотопы бария ($Z = 56$), криптона ($Z = 36$) и др.

Уран встречается в природе в виде двух изотопов: $^{238}_{92}\text{U}$ (99,3 %) и $^{235}_{92}\text{U}$ (0,7 %). При бомбардировке нейтронами ядра обоих изотопов могут расщепляться на два осколка. При

этом реакция деления $^{235}_{92}\text{U}$ наиболее интенсивно идет на медленных (тепловых) нейтронах, в то время как ядра $^{238}_{92}\text{U}$ вступают в реакцию деления только с быстрыми нейтронами с энергией порядка 1 МэВ.

Основной интерес для ядерной энергетики представляет реакция деления ядра $^{235}_{92}\text{U}$. В настоящее время известны около 100 различных изотопов с массовыми числами примерно от 90 до 145, возникающих при делении этого ядра. Две типичные реакции деления этого ядра имеют вид:



Обратите внимание, что в результате деления ядра, инициированного нейтроном, возникают новые нейтроны, способные вызвать реакции деления других ядер. Продуктами деления ядер урана-235 могут быть и другие изотопы бария, ксенона, стронция, рубидия и т. д.

Кинетическая энергия, выделяющаяся при делении одного ядра урана, огромна – порядка 200 МэВ. Оценку выделяющейся при делении ядра энергии можно сделать с помощью понятия удельной энергии связи нуклонов в ядре. Удельная энергия связи нуклонов в ядрах с массовым числом $A \approx 240$ порядка 7,6 МэВ/нуклон, в то время как в ядрах с массовыми числами $A = 90–145$ удельная энергия примерно равна 8,5 МэВ/нуклон. Следовательно, при делении ядра урана освобождается энергия порядка 0,9 МэВ/нуклон или приблизительно 210 МэВ на один атом урана. При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти.

Продукты деления ядра урана нестабильны, так как в них содержится значительное избыточное число нейтронов. Действительно, отношение N/Z для наиболее тяжелых ядер составляет примерно 1,6 (рис. 6.6.2), для ядер с массовыми числами от 90 до 145 это отношение порядка 1,3–1,4. Поэтому ядра-осколки испытывают серию последовательных β^- -распадов, в результате которых число протонов в ядре

увеличивается, а число нейтронов уменьшается до тех пор, пока не образуется стабильное ядро.

При делении ядра урана-235, которое вызвано столкновением с нейтроном, освобождается 2 или 3 нейтрона. При благоприятных условиях эти нейтроны могут попасть в другие ядра урана и вызвать их деление. На этом этапе появятся уже от 4 до 9 нейтронов, способных вызвать новые распады ядер урана и т. д. Такой лавинообразный процесс называется *цепной реакцией*. Схема развития цепной реакции деления ядер урана представлена на рис. 1

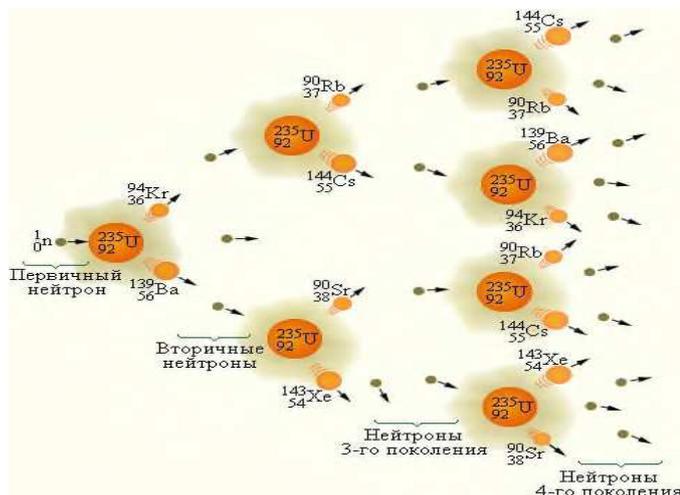


Рисунок 1. Схема развития цепной реакции

Для осуществления цепной реакции необходимо, чтобы так называемый *коэффициент размножения нейтронов* был больше единицы. Другими словами, в каждом последующем поколении нейтронов должно быть больше, чем в предыдущем. Коэффициент размножения определяется не только числом нейтронов, образующихся в каждом элементарном акте, но и условиями, в которых протекает реакция – часть нейтронов может поглощаться другими ядрами или выходить из зоны реакции. Нейтроны, освобожденные при делении ядер урана-235, способны вызвать деление лишь ядер этого же урана, на долю которого в природном уране приходится всего лишь 0,7 %.

Такая концентрация оказывается недостаточной для начала цепной реакции. Изотоп $^{238}_{92}\text{U}$ также может поглощать нейтроны, но при этом не возникает цепной реакции.

Цепная реакция в уране с повышенным содержанием урана-235 может развиваться только тогда, когда масса урана превосходит так называемую *критическую массу*. В небольших кусках урана большинство нейтронов, не попав ни в одно ядро, вылетают наружу. Для чистого урана-235 критическая масса составляет около 50 кг.

Критическую массу урана можно во много раз уменьшить, если использовать так называемые *замедлители* нейтронов. Дело в том, что нейтроны, рождающиеся при распаде ядер урана, имеют слишком большие скорости, а вероятность захвата медленных нейтронов ядрами урана-235 в сотни раз больше, чем быстрых. Наилучшим замедлителем нейтронов является *тяжелая вода* D_2O . Обычная вода при взаимодействии с нейтронами сама превращается в тяжелую воду.

Хорошим замедлителем является также графит, ядра которого не поглощают нейтронов. При упругом взаимодействии с ядрами дейтерия или углерода нейтроны замедляются до тепловых скоростей.

Применение замедлителей нейтронов и специальной оболочки из бериллия, которая отражает нейтроны, позволяет снизить критическую массу до 250 г.

В атомных бомбах цепная неуправляемая ядерная реакция возникает при быстром соединении двух кусков урана-235, каждый из которых имеет массу несколько ниже критической.

Устройство, в котором поддерживается управляемая реакция деления ядер, называется *ядерным* (или *атомным*) *реактором*. Ядерная реакция протекает в активной зоне реактора, которая заполнена замедлителем и пронизана стержнями, содержащими обогащенную смесь изотопов урана с повышенным содержанием урана-235 (до 3 %). В активную зону вводятся регулирующие стержни, содержащие кадмий или бор, которые интенсивно поглощают нейтроны. Введение стержней в активную зону позволяет управлять скоростью цепной реакции.

Активная зона охлаждается с помощью прокачиваемого теплоносителя, в качестве которого может применяться вода или металл с низкой температурой плавления (например, натрий, имеющий температуру плавления 98 °С). В парогенераторе теплоноситель передает тепловую энергию воде, превращая ее в пар высокого давления, который направляется в турбину, соединенную с электрогенератором, а из турбины поступает в конденсатор. Во избежание утечки радиации контуры теплоносителя I и парогенератора II работают по замкнутым циклам.

Турбина атомной электростанции является тепловой машиной, определяющей в соответствии со вторым законом термодинамики общую эффективность станции. У современных атомных электростанций коэффициент полезного действия приблизительно

$$\frac{1}{3}.$$

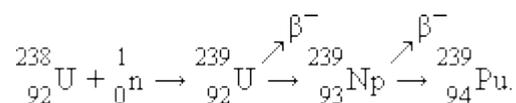
равен $\frac{1}{3}$. Следовательно, для производства 1000 МВт электрической мощности тепловая мощность реактора должна достигать 3000 МВт. 2000 МВт должны уноситься водой, охлаждающей конденсатор. Это приводит к локальному перегреву естественных водоемов и последующему возникновению экологических проблем.

Однако, главная проблема состоит в обеспечении полной радиационной безопасности людей, работающих на атомных электростанциях, и предотвращении случайных выбросов радиоактивных веществ, которые в большом количестве накапливаются в активной зоне реактора. При разработке ядерных реакторов этой проблеме уделяется большое внимание. Тем не менее, после аварий на некоторых АЭС, в частности на АЭС в Пенсильвании (США, 1979 г.) и на Чернобыльской АЭС (1986 г.), проблема безопасности ядерной энергетики встала с особенной остротой.

Наряду с ядерным реактором, работающим на медленных нейтронах, большой практический интерес представляют реакторы, работающие без замедлителя на быстрых нейтронах. В таких реакторах ядерным горючим является обогащенная смесь, содержащая



не менее 15 % изотопа ${}_{92}^{235}\text{U}$. Преимущество реакторов на быстрых нейтронах состоит в том, что при их работе ядра урана-238, поглощая нейтроны, посредством двух последовательных β^- -распадов превращаются в ядра плутония, которые затем можно использовать в качестве ядерного топлива:



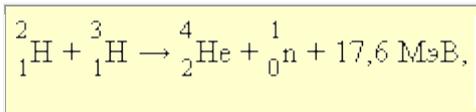
Коэффициент воспроизводства таких реакторов достигает 1,5, т. е. на 1 кг урана-235 получается до 1,5 кг плутония. В обычных реакторах также образуется плутоний, но в гораздо меньших количествах.

Первый ядерный реактор был построен в 1942 году в США под руководством Э. Ферми. В нашей стране первый реактор был построен в 1946 году под руководством И. В. Курчатова.

2. *Термоядерные реакции.* Второй путь освобождения ядерной энергии связан с реакциями синтеза. При слиянии легких ядер и образовании нового ядра должно выделяться большое количество энергии. Это видно из кривой зависимости удельной энергии связи от массового числа A (рис. 6.6.1). Вплоть до ядер с массовым числом около 60 удельная энергия связи нуклонов растет с увеличением A . Поэтому синтез любого ядра с $A < 60$ из более легких ядер должен сопровождаться выделением энергии. Общая масса продуктов реакции синтеза будет в этом случае меньше массы первоначальных частиц.

Реакции слияния легких ядер носят название термоядерных реакций, так как они могут протекать только при очень высоких температурах. Чтобы два ядра вступили в реакцию синтеза, они должны сблизиться на расстояние действия ядерных сил порядка $2 \cdot 10^{-15}$ м, преодолев электрическое отталкивание их положительных зарядов. Для этого средняя кинетическая энергия теплового движения молекул должна превосходить потенциальную энергию кулоновского взаимодействия. Расчет необходимой для этого температуры T приводит к величине порядка 10^8 – 10^9 К. Это чрезвычайно высокая температура. При такой температуре вещество находится в полностью ионизированном состоянии, которое называется *плазмой*.

Энергия, которая выделяется при термоядерных реакциях, в расчете на один нуклон в несколько раз превышает удельную энергию, выделяющуюся в цепных реакциях деления ядер. Так, например, в реакции слияния ядер дейтерия и трития



выделяется 3,5 МэВ/нуклон. В целом в этой реакции выделяется 17,6 МэВ. Это одна из наиболее перспективных термоядерных реакций.

Осуществление *управляемых термоядерных реакций* даст человечеству новый экологически чистый и практически неисчерпаемый источник энергии. Однако получение сверхвысоких температур и удержание плазмы, нагретой до миллиарда градусов, представляет собой труднейшую научно-техническую задачу на пути осуществления управляемого термоядерного синтеза.

На данном этапе развития науки и техники удалось осуществить только *неуправляемую реакцию синтеза* в водородной бомбе. Высокая температура, необходимая для ядерного синтеза, достигается здесь с помощью взрыва обычной урановой или плутониевой бомбы.

Термоядерные реакции играют чрезвычайно важную роль в эволюции Вселенной. Энергия излучения Солнца и звезд имеет термоядерное происхождение.

Ход работы:

1. Внимательно ознакомьтесь с кратким и справочно-информационным материалом по теме занятия.

2. Используя изученный материал, учебник по Физике и задачник Физика А. П. Рымкевича решите задачи.
Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. Упражнение 14 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)
Задачник Рымкевича: № 1175, 1182, 1186, 1192, 1195, 1196, 1198, 1202, 1209, 1210, 1212, 1215, 1217, 1220

Если у вас возникли вопросы в ходе выполнения задания обратитесь за консультацией к педагогу.

Время на выполнение работы 135 мин.

Критерии оценки:

1. Работа оценивается на «пять баллов» если все задачи решены верно;
2. Работа оценивается на «четыре балла» если допущена 1 ошибка в решении задач т.е. ход решения был верным, но из-за ошибки в вычислениях ответ был неверным;
3. Работа оценивается на «три балла» если допущены 2 ошибки в решении задач;
4. Оценка «2» ставится в случае, если не решены задачи.

Рекомендуемая литература

1. Учебник Физика 11 класс. Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, М.: Просвещение, 2012 г
2. Задачник по физике 10-11 класс. Рымкевич.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 603332450510203670830559428146817986133868575882

Владелец Цыренов Евгений Данзанович

Действителен с 25.02.2021 по 25.02.2022