

9 класс

24 ЧАСА
ДО ЭКЗАМЕНА

+ ШПАРГАЛКА

ОБЖ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ФИЗИКА ХИМИЯ ИСТОРИЯ
 ОБЖ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ИСТОРИЯ ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ
 ОБЖ БИОЛОГИЯ ИСТОРИЯ РУССКИЙ ЯЗЫК ФИЗИКА
 ОБЖ ЛАТВИЯ ОБЖ ГЕОГРАФИЯ ИНФОРМАТИКА БИОЛОГИЯ
 ОБЖ РУССКИЙ ЯЗЫК ФИЗИКА ХИМИЯ ГЕОМЕТРИЯ ОБЖ
 ОБЖ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ИНФОРМАТИКА ХИМИЯ
 ОБЖ РУССКИЙ ЯЗЫК ГЕОМЕТРИЯ БИОЛОГИЯ ГЕОГРАФИЯ ФИЗИКА
 ОБЖ ФИЗИКА ХИМИЯ ЛИТЕРАТУРА РУССКИЙ ЯЗЫК ОБЖ



С.А. Соколова

ФИЗИКА

**ОТВЕТЫ
НА ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ
БИЛЕТЫ**

9 класс



ШПАРГАЛКИ К БИЛЕТАМ

Издательство
«ЭКЗАМЕН»

**МОСКВА
2010**

УДК 373:53
ББК 22.3я721
С59

Соколова, С.А.

С59 Физика. Ответы на экзаменационные билеты. 9 класс: учебное пособие / С.А. Соколова. — М.: Издательство «Экзамен», 2010. — 128 с. (Серия «24 часа до экзамена»)

ISBN 978-5-377-03061-4

В данном пособии приводятся ответы на все вопросы экзаменационных билетов по физике, предлагаемых Министерством образования и науки РФ для проведения устной итоговой аттестации выпускников 9 классов общеобразовательных школ. В ответах на практические вопросы рассмотрены примеры решения типовых задач и примеры выполнения типовых заданий. Предлагаемые ответы полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым на экзаменах в школах, и помогут школьникам быстро и эффективно подготовиться к экзаменам, систематизировать и укрепить свои знания. В пособии содержатся шпаргалки к билетам.

Пособие предназначено для учащихся и преподавателей 9 классов общеобразовательных школ.

УДК 373:53
ББК 22.3я721

Учебное издание

Соколова Светлана Антоновна

ФИЗИКА

Ответы на экзаменационные билеты. 9 класс

Издательство «ЭКЗАМЕН»

Гигиенический сертификат

№ 77.99.60.953.Д.000454.01.09 от 27.01.2009 г.

Выпускающий редактор *Л.Д. Лапто*

Корректор *А.В. Полякова*

Дизайн обложки *И.Р. Захаркина*

Компьютерная верстка *М.В. Демина, М. В. Дерендяева*

Формат 84х108/32. Гарнитура «Таймс».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 8,1. Усл. печ. л. 6,72.

Тираж 30 000 экз. Заказ № 10334.

Общероссийский классификатор продукции

ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 35, стр. 1.

www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;

по вопросам реализации: sale@examen.biz

тел./факс 641-00-30 (многоканальный)

Текст отпечатан с диапозитивов в ОАО «Владимирская книжная типография»

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

Качество печати соответствует качеству предоставленных диапозитивов

ISBN 978-5-377-03061-4

© Соколова С.А., 2010

© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Билет № 1	7
1. Механическое движение. Характеристики механического движения. Относительность движения.	7
2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, расчёт сопротивления проволочного резистора.	12
3. Задача на расчёт количества теплоты, необходимого для нагревания тела.	12
Билет № 2	12
1. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Сила и сложение сил. Второй закон Ньютона.	12
2. Измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи при последовательном (параллельном) соединении проводников, анализ полученных результатов.	16
3. Задача на расчёт влажности воздуха.	17
Билет № 3	17
1. Третий закон Ньютона. Импульс. Закон сохранения импульса. Объяснение реактивного движения на основе закона сохранения импульса.	17
2. Измерение силы тока, проходящего через лампочку, и напряжения на ней, расчёт мощности электрического тока.	21
3. Задача на составление уравнения ядерной реакции.	21
Билет № 4	22
1. Сила тяжести. Свободное падение. Ускорение свободного падения. Закон всемирного тяготения.	22
2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, построение графика зависимости силы тока от напряжения.	23
3. Задача на определение конечной температуры при смешивании горячей и холодной воды.	24
Билет № 5	24
1. Сила упругости. Объяснение устройства принципа действия динамометра. Сила трения. Трение в природе и технике.	24
2. Наблюдение магнитного действия постоянного тока. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости направления магнитного поля от направления и величины тока.	26
3. Задача на расчёт массы тела по его плотности.	26
Билет № 6	27
1. Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда.	27
2. Наблюдения различных способов получения индукционного тока. Постановка качественных опытов по изменению величины и направления индукционного тока.	30
3. Задача на расчёт механической работы.	30
Билет № 7	31
1. Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.	31

2. Измерение уменьшения температуры горячей воды или увеличения температуры холодной воды при её смешивании с холодной (горячей), расчёт количества теплоты, которое отдаёт горячая вода (получает холодная вода).	34
3. Задача на расчёт заряда, прошедшего через проводник.	35
Билет № 8	35
1. Механические колебания. Механические волны. Звук. Колебания в природе и технике.	35
2. Изучение силы трения, возникающей при скольжении деревянного бруска с грузами по горизонтальной поверхности. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей и рода поверхностей.	46
3. Задача на применение закона Ома для участка цепи.	46
Билет № 9	47
1. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое движение атомов и молекул. Броуновское движение и диффузия.	47
2. Получение действительного изображения предмета в собирающей линзе. Проверка предположения: при приближении предмета к собирающей линзе на некоторое расстояние его чёткое изображение удаляется на такое же расстояние.	49
3. Задача на применение закона всемирного тяготения.	50
Билет № 10	50
1. Тепловое равновесие. Температура. Измерение температуры. Связь температуры со скоростью хаотического движения молекул.	50
2. Наблюдение действительных изображений предмета, полученных при помощи собирающей линзы. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости размеров изображения и расстояния до него от расстояния до источника света.	51
3. Задача на применение закона сохранения механической энергии.	52
Билет № 11	52
1. Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии тела. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.	52
2. Исследование условий равновесия рычага под действием груза и пружины динамометра. Построение графика зависимости показаний динамометра от расстояния груза до оси вращения.	54
3. Задача на расчет сопротивления проводника.	55
Билет № 12	55
1. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Примеры теплопередачи в природе и технике.	55
2. Измерение удлинения пружины от веса груза, подвешенного к ней. Построение графика зависимости удлинения пружины от веса груза.	58
3. Задача на расчёт общего сопротивления последовательного и параллельного соединения проводников.	59

Билет № 13	59
1. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость. Плавление. Кристаллизация.	59
2. Проверка предположения: при увеличении массы груза пружинного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.	61
3. Задача на расчёт пути или скорости при равноускоренном движении.	62
Билет № 14	62
1. Испарение. Конденсация. Кипение. Влажность воздуха.	62
2. Измерение фокусного расстояния и расчёт оптической силы собирающей линзы.	65
3. Задача на применение закона Гука.	65
Билет № 15	66
1. Электризация тел. Взаимодействие электрических зарядов. Закон сохранения электрического заряда.	66
2. Наблюдение явления испарения жидкости. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости скорости испарения от площади поверхности жидкости и рода жидкости.	67
3. Задача на применение второго закона Ньютона.	68
Билет № 16	68
1. Постоянный электрический ток. Электрическая цепь. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи.	68
2. Измерение веса тела в воздухе и веса тела, полностью погруженного в жидкость, расчёт силы Архимеда.	71
3. Задача на расчёт центростремительного ускорения при движении тела по окружности.	72
Билет № 17	72
1. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля – Ленца. Использование теплового действия тока в технике.	72
2. Проверка предположения: при увеличении длины нити нитяного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.	74
3. Задача на относительность механического движения.	74
Билет № 18	75
1. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.	75
2. Измерение силы упругости и удлинения пружины, расчёт жёсткости пружины.	77
3. Задача на отражение света от плоского зеркала.	77
Билет № 19	78
1. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Взаимодействие магнитов. Действие магнитного поля на проводник с током.	78
2. Измерение пути и времени при равномерном движении тела, построение графика зависимости пути от времени.	79
3. Задача на построение изображения в собирающей линзе.	80
Билет № 20	80
1. Явление электромагнитной индукции. Индукционный ток. Опыты Фарадея. Переменный ток.	80

2. Измерение разности температур сухого и влажного термометров и определение относительной влажности воздуха.	81
3. Задача на применение соотношения между скоростью распространения, частотой и длиной электромагнитной волны.	82
Билет № 21	82
1. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Явление преломления света.	82
2. Измерение времени соскальзывания бруска по наклонной плоскости при малом её наклоне и пройденного пути, расчёт ускорения равноускоренного движения.	84
3. Задача на применение закона сохранения импульса при неупругом ударе.	84
Билет № 22	85
1. Линза. Фокусное расстояние линзы. Построение изображения в собирающей линзе. Глаз как оптическая система.	85
2. Измерение силы, необходимой для равномерного подъёма бруска по наклонной плоскости, и пройденного пути, расчёт работы этой силы. ..	88
3. Задача на расчёт работы или мощности электрического тока.	88
Билет № 23	89
1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения.	89
2. Измерение объёма твёрдого тела и его массы. Расчёт плотности вещества, из которого оно изготовлено.	90
3. Задача на применение закона Джоуля — Ленца.	90
Билет № 24	90
1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Состав атомного ядра. Ядерные реакции.	90
2. Измерение силы трения, возникающей при скольжении бруска по горизонтальной поверхности, при различных давлениях бруска на стол, построение графика зависимости силы трения от силы давления.	92
3. Задача на построение изображения в рассеивающей линзе.	93
Билет № 25	93
1. Роль физики в формировании научной картины мира. Наблюдение и описание физических явлений. Физический эксперимент. Измерение физических величин.	93
2. Шарик скатывается с желоба, установленного на некоторой высоте над землёй, и летит горизонтально. Проверка предположения: при увеличении высоты, с которой брошен шарик, в 2 раза дальность полёта увеличивается в 2 раза. (Начальная скорость шарика не меняется при изменении высоты подъёма желоба.)	99
3. Задача на расчёт давления столба жидкости.	96
Шпаргалка	97

1. Механическое движение. Характеристики механического движения. Относительность движения.

Механическое движение тела — изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Так как тело обладает размерами (различные его части обладают разными координатами), то всякое тело можно считать материальной точкой, обладающей массой этого тела.

Например, самолет, летящий из Москвы в Санкт-Петербург, можно принять за материальную точку. Но при определении силы сопротивления воздуха, действующей на этот летящий самолет, считать его материальной точкой нельзя, так как сила сопротивления зависит от размеров и формы самолета.

Если все точки тела движутся одинаково, такое движение называют *поступательным*. При описании такого движения достаточно рассмотреть движение только одной точки. В данном случае тело тоже можно считать материальной точкой.

Тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь, называют *материальной точкой*.

Перемещение тела — вектор, соединяющий начальное положение тела с его последующим. Для нахождения положения тела в пространстве в заданный момент времени необходима система отсчета.

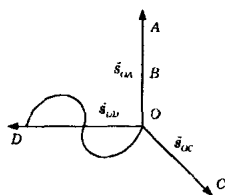


Рис. 1.1

Система координат, тело отсчета, с которой она связана, и прибор для измерения времени образуют систему отсчета, относительно которой рассматривается движение тела (рис. 1.1).

Используя систему отсчета, можно вычислить положение тела, т.е. решить основную задачу механики: определить координаты тела в данный момент времени. Зная координату его начального положения и вектор перемещения, определим координату движущегося тела.

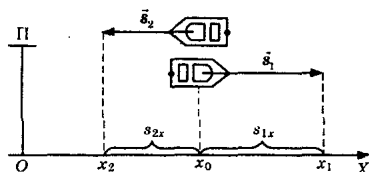


Рис. 1.2

Два катера плывут по реке в противоположных направлениях и встречаются около пристани П (рис.1.2). После встречи они продолжают движение в тех же направлениях в течение некоторого промежутка времени t . Определим координаты каждого

катера по отношению к пристани и расстояние между катерами через промежуток времени t после их встречи.

Проведем координатную ось OX параллельно движения катеров. Пристань примем за начало отсчёта. Спроецировав начала и концы векторов перемещения (s_1 и s_2) на ось OX , получим отрезки s_{1x} и s_{2x} , которые являются проекциями указанных векторов.

В данном случае точки x_1 и x_2 — это координаты концов векторов $\vec{s}_1$ и $\vec{s}_2$ соответственно, а точка x_0 — координата начала каждого из этих векторов. Поэтому

$$s_{1x} = x_1 - x_0, s_{2x} = x_2 - x_0.$$

Из этих уравнений выразим координаты x_1 и x_2 :

$$x_1 = x_0 + s_{1x}, x_2 = x_0 + s_{2x}.$$

Расстояние между двумя телами, как известно, равно модулю разности их координат:

$$L = x_1 - x_2.$$

Мы получили уравнения, по которым можно рассчитать искомые координаты.

Скорость равномерного прямолинейного движения — постоянная векторная величина, равная отношению перемещения $\vec{s}$ тела за любой промежуток времени t к значению этого промежутка:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \Rightarrow \vec{s} = \vec{v}t.$$

На графике зависимости модуля вектора скорости от времени (рис. 1.3) при равномерном движении тела площадь под графиком скорости численно равна модулю вектора перемещения.

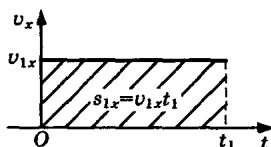


Рис. 1.3

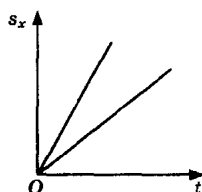


Рис. 1.4

График зависимости проекции перемещения от времени $s_x(t)$ — прямая, проходящая через начало координат (рис. 1.4).

Прямолинейное равноускоренное движение характеризуется ускорением.

Ускорением тела называют величину, равную отношению изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло.

Равноускоренное движение — это движение с постоянным ускорением.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

Ускорение — векторная величина, которая характеризуется не только модулем, но и направлением. Модуль вектора ускорения показывает, на сколько изменяется модуль вектора скорости в каждую единицу времени.

За единицу ускорения в СИ принимают ускорение такого равноускоренного движения, при котором за 1 с скорость тела изменяется на 1 м/с:

$$[a] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Зависимость проекции вектора скорости от времени при равноускоренном движении графически представлена прямой (рис. 1.5).

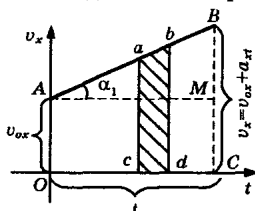


Рис. 1.5

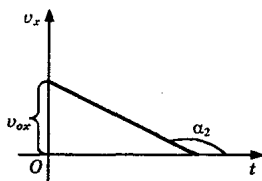


Рис. 1.6

На рис. 1.6 представлена зависимость проекции вектора скорости, уменьшающегося с течением времени, т.е. равнозамедленного движения.

Если скорость тела увеличивается по модулю, то график образует с положительным направлением оси t острый угол α_1 . Если скорость уменьшается по модулю, график образует с положительным направлением оси t тупой угол α_2 .

Выведем формулу, с помощью которой можно рассчитать проекцию вектора перемещения тела, движущегося прямолинейно и равноускоренно, за любой промежуток времени.

На рис. 1.5 отрезок AB представляет собой график проекции вектора скорости тела, движущегося с постоянным ускорением $\bar{a}$ (при начальной скорости $\bar{v}_0$).

Мы знаем, что при прямолинейном равномерном движении тела проекция вектора перемещения, совершенного этим телом, определяется по той же формуле, что и площадь прямоугольника, заключенного под графиком проекции вектора скорости. Поэтому проекция вектора перемещения численно равна площади этого прямоугольника.

Для этого на оси Ot выделим маленький промежуток времени cd . Из точек ab проведем перпендикуляры к оси Ot до их пересечения с графиком проекции вектора скорости в точках cd . Таким образом, за промежуток времени, соответствующий отрезку cd , скорость тела меняется от v_{ax} до v_{bx} .

Если выделенный промежуток времени достаточно мал, то проекция вектора скорости за это время не может заметно измениться. Поэтому движение тела в течение этого промежутка времени мало отличается от равномерного, т.е. от движения с постоянной скоростью.

В этом случае участок ab графика можно считать горизонтальным, а $abdc$ — прямоугольником, площадь которого численно равна проекции вектора перемещения за промежуток времени, соответствующий отрезку cd .

На такие прямоугольники можно разбить всю площадь фигуры $OABC$, являющейся трапецией. Следовательно, проекция вектора перемещения за промежуток времени, соответствующий отрезку AB , численно равна площади трапеции $OABC$ и определяется по той же формуле, что и эта площадь. Из рисунка видно, что площадь S трапеции $OABC$ равна сумме площадей прямоугольника $OAMC$ и прямоугольного треугольника ABM :

$$S = OA \cdot OC + \frac{1}{2} MB \cdot AM.$$

Значит, и проекцию вектора перемещения s_x , совершенного телом за промежуток времени t , можно определить по этой же формуле.

Поскольку $OA = v_{0x}$, $OB = AM = t$, $CM = a_x t$, то формула для определения проекции вектора перемещения будет выглядеть так

$$s_x = v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2.$$

Таким образом, мы получили формулу для расчета проекции вектора перемещения при равноускоренном движении.

По этой же формуле рассчитывают проекцию вектора перемещения и при движении тела с уменьшающейся по модулю скоростью, только в этом случае векторы скорости и ускорения будут направлены в противоположные стороны, поэтому их проекции будут иметь разные знаки.

Если начальная скорость равна нулю, то выражение для перемещения будет иметь вид

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2}.$$

График проекции перемещения от времени — парабола (рис. 1.7)

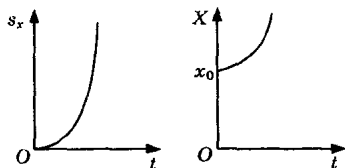


Рис. 1.7

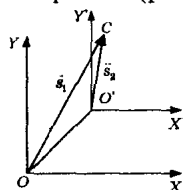


Рис. 1.8

Всякое движение тела рассматривается относительно системы отсчета.

Рассмотрим движение одного и того же тела относительно разных систем отсчета, которые могут двигаться относительно друг друга. Обозначим скорость движения движущейся системы относительно неподвижной v_1 , скорость тела относительно неподвижной системы отсчета v . Пусть в начальный момент времени начала координат подвижной и неподвижной систем отсчета совпадают и материальная точка находится в начале координат. За время Δt материальная точка перемещается в неподвижной системе на s , в подвижной на s_2 . Начало отсчета подвижной системы переместилось на s_1 . Значит, $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$.

Если все выражение разделить на Δt , то получим классический закон сложения скоростей.

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

Скорость тела относительно неподвижной системы координат равна геометрической сумме скорости тела относительно подвижной системы координат и скорости подвижной системы относительно неподвижной.

Из рис. 1.8 видно, что и перемещения, и скорости относительно разных систем отсчета различны. Относительны и траектории ($O'C$ — относительно подвижной и OC — относительно неподвижной).

С относительностью движения мы встречаемся часто. В обиходе принято выражение «солнце всходит и заходит», т.е. за тело отсчета в данном случае принята Земля. Так скорость человека в движущемся вагоне относительно вагона может равняться нулю, но не равна нулю скорость относительно станции, мимо которой проезжает вагон. Или представим вертолет, вертикально опускающийся на землю. Траектория движения любой точки вращающегося винта относительно вертолѐта будет окружность.

Для наблюдателя, находящегося на земле, та же самая точка будет двигаться по винтовой траектории. Из этого примера ясно, что *траектория движения тоже относительна, т.е. траектория движения одного и того же тела может быть различной в разных системах отсчета.*

Отсюда следует, что и *путь является величиной относительной. Относительность движения проявляется в том, что скорость, траектория, путь и некоторые другие характеристики движения относительны, т.е. они могут быть различны в разных системах отсчета.*

Понимание того, что движение одного и того же тела можно рассматривать в разных системах отсчета, сыграло огромную роль в развитии взглядов на строение Вселенной.

2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, расчёт сопротивления проволочного резистора.

Для проведения этой работы необходимо собрать электрическую цепь из источника тока, проволочного резистора, амперметра, вольтметра, разьединительного ключа (рис. 1.9).

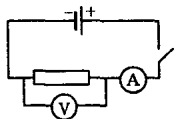


Рис. 1.9

Амперметр включаем в цепь последовательно, а вольтметр — параллельно.

При подключении амперметра и вольтметра соблюдают правила включения приборов в электрическую цепь: плюс прибора подсоединяют к плюсу источника тока.

Снимаем показания амперметра и вольтметра и по закону Ома для участка цепи $I = U/R$ рассчитываем сопротивление резистора

$$R = U/I.$$

3. Задача на расчет количества теплоты, необходимого для нагревания тела.

Какое количество теплоты потребуется для нагревания спирта объемом 1 л на 10°C ? Удельная теплоемкость спирта $2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, плотность спирта 800 кг/м^3 .

Дано:

$$V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$c = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$Q = ?$$

Решение:

Количество теплоты, необходимое для нагревания спирта на 10°C , рассчитывают по формуле

$$Q = cm\Delta t; m = \rho V; Q = c\rho V\Delta t.$$

$$Q = 2500 \text{ Дж/}(\text{кг}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 10^\circ\text{C} =$$

$$= 20\,000 \text{ Дж} = 20 \text{ кДж}.$$

Ответ: 20 кДж.

БИЛЕТ № 2

1. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Сила и сложение сил. Второй закон Ньютона.

Чтобы тело, находящееся в покое, изменило положение в пространстве, необходимо оказать на него некоторое воздействие. Поэтому кажется логичным утверждение, что без внешнего воздействия не может быть движения, и чем сильнее воздействие, тем больше скорость тела.

Чем лучше смазаны оси колёс и чем ровнее дорога, тем большее расстояние проходит тележка до остановки. В идеале, когда дорога абсолютно гладкая, т.е. когда исключены все внешние воздействия, тележка будет катиться без остановки по инерции.

Движение по инерции — движение тела, происходящее без внешних воздействий.

В земных условиях такое движение практически не встречается.

Обобщив результаты изучения движения тел при максимальном уменьшении сил трения, Г. Галилей сформулировал *принцип инерции*.

Если на тело не действуют внешние силы, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Равномерное прямолинейное движение и состояние покоя физически эквивалентны в том смысле, что они существуют без внешнего воздействия. Кроме того, понятия «движение» и «покой» относительны и зависят от выбора системы отсчета. Например, стол в комнате, неподвижный относительно системы отсчета, связанной с домом, движется вместе с Землей вокруг ее оси и вокруг Солнца, а вместе с Солнечной системой вокруг центра Галактики в расширяющейся Вселенной.

Однако эквивалентность и взаимозаменяемость состояния покоя и равномерного прямолинейного движения возможны лишь в *инерциальных системах отсчета*, покоящихся или движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.

Системы отсчета, в которых принцип инерции не выполняется, называют неинерциальными.

При резком увеличении скорости автобуса пассажир, находящийся в автобусе, отклоняется в сторону, противоположную направлению движения. Следовательно, скорость пассажира относительно автобуса изменяется в отсутствие внешних сил. Система отсчета, связанная с автобусом, является неинерциальной.

Инерциальная система отсчета — система отсчета, в которой тело, не взаимодействующее с другими телами, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Во всех инерциальных системах отсчета законы классической динамики имеют один и тот же вид. В этом состоит принцип относительности Галилея.

В 1687 г. принцип инерции Галилея был сформулирован И. Ньютоном в виде *первого закона динамики* (закона инерции).

Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее (его) изменить это состояние.

Тело движется прямолинейно и равномерно, так как все действующие на него силы скомпенсированы. Пока такая компенсация сохраняется, скорость тела либо постоянна (при прямолинейном равномерном движении), либо равна нулю (в состоянии покоя). Во Вселенной практически невозможно найти тело, не испытывающее внешние воздействия, и непосредственно экспериментально подтвердить первый закон Ньютона. Однако с его помощью можно

объяснить ряд опытов, что является косвенным подтверждением справедливости этого закона.

Монета, лежащая на картонке, закрывающей горлышко бутылки, при резком щелчке по картонке в горизонтальной плоскости падает в бутылку.

При резком торможении автомобиля пассажиры, не пристегнутые ремнями безопасности, продолжают по инерции движение вперед, что может привести к травме.

Межпланетная космическая станция, запускаемая с Земли, на большом расстоянии от планеты движется практически прямолинейно и равномерно, вообще не расходуя топливо.

Таким образом, *из первого закона Ньютона следует, что тело может двигаться как при наличии, так и при отсутствии внешнего воздействия.* Следовательно, скорость сама по себе не показывает, действуют на тело внешние силы или нет. Ответ на фундаментальный вопрос, *какая физическая величина является однозначным показателем наличия внешнего воздействия*, был дан И. Ньютоном во втором законе.

Тело движется прямолинейно и равномерно по абсолютно гладкой поверхности лишь в случае, когда отсутствует внешнее воздействие. Если подтолкнуть тело в направлении движения, его скорость увеличится. Воздействие на тело в направлении, противоположном его движению, уменьшает скорость тела. Следовательно, внешнее воздействие изменяет скорость. Таким образом, *не скорость, а ее изменение является показателем наличия или отсутствия внешнего воздействия.* При равномерном прямолинейном движении изменение скорости равно нулю, что свидетельствует об отсутствии внешнего воздействия.

При воздействии на движущееся тело других тел его скорость может изменяться не только по модулю, но и по направлению.

Направление внешнего воздействия может не совпадать с направлением скорости тела.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет форму и размеры.

Физическая природа взаимодействий может быть различной. Существует четыре фундаментальных взаимодействия: гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное. Сила является количественной мерой взаимодействия. Силы взаимодействия различной природы можно измерять в одних и тех же единицах с помощью одних и тех же эталонов.

Пропорциональность между силой F и ускорением a справедлива для сил различной физической природы. Направление ускорения совпадает с направлением силы независимо от направления скорости тела (рис. 2.1)

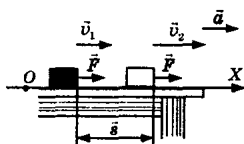


Рис. 2.1.

Коэффициент пропорциональности между силой и ускорением для данного тела является постоянной величиной, не зависящей от модуля и направления силы. Он характеризует меру инертности тела.

Инертность — физическое свойство, заключающееся в том, что любое тело оказывает сопротивление изменению его скорости (как по модулю, так и по направлению).

Количественной мерой инертности является масса тела.

Масса тела — физическая величина, являющаяся мерой инертности тела.

Чем больше сила, действующая на тело определенной массы, тем большее ускорение оно приобретает.

При прочих равных условиях, чем больше масса тела, тем труднее его сдвинуть.

Чем больше масса тела, тем меньшее ускорение оно приобретает при одной и той же действующей на него силе.

Связь между ускорением тела и силой, действующей на него, можно представить в виде $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Единица силы $[F] = [m][a] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ Н}$.

Единица силы — ньютон (Н). 1 Н — сила, которая сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с² в направлении действия силы.

Для измерения силы существует прибор, который получил название динамометр.

В механике различают 3 вида сил: сила упругости, сила тяготения и сила трения. В общем случае, если на тело действуют несколько сил, то результирующее ускорение тела определяется суммарной равнодействующей силой.

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Второй закон Ньютона читается так:

В инерциальной системе отсчета ускорение тела прямо пропорционально векторной сумме всех действующих на тело сил и обратно пропорционально массе тела

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}.$$

При решении задач динамики второй закон Ньютона удобнее применять в следующей записи

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}.$$

Произведение массы тела и его ускорения равно векторной сумме всех действующих на него сил.

Законы Ньютона позволяют не только изучать движение, но и управлять ими. Так рассчитываются координаты космических кораблей во время полетов с учётом действующих на них переменных сил, траектории небесных тел. При строительстве дорог учитывается, каким должно быть покрытие, чтобы силы трения были оптимальными как при езде, так и при торможении. Законы Ньютона позволяют не только изучать движение, но и управлять ими. В зимнее время дороги обрабатывают веществами, увеличивающими трение колёс о дорогу для того, чтобы тормозной путь был меньше. При расчёте механических конструкций (особенно, если в этой конструкции есть вращающиеся части) учитывают действие всех сил. Обязательно рассчитывают силы при строительстве любого сооружения с несущими конструкциями. При создании теории атома водорода Н. Бор в своих расчётах применял второй закон Ньютона.

2. Измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи при последовательном (параллельном) соединении проводников, анализ полученных результатов.

Для выполнения работы потребуется оборудование: источник питания, 2 низковольтных лампы на подставке (или 2 резистора), ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Соберём электрическую цепь согласно рис. 2.2. Такое соединение называется последовательным.

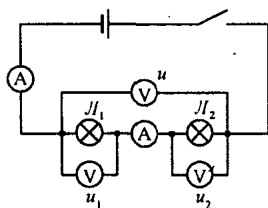


Рис. 2.2.

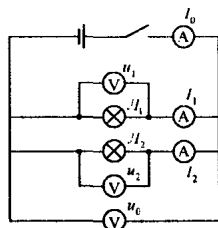


Рис. 2.3.

Измеряя силу тока на различных участках цепи, убеждаемся в том, что сила тока при последовательном соединении на всех участках одинакова.

Измерим напряжение U_1 , U_2 , U . Из результатов опытов следует, что $U = U_1 + U_2$. Напряжение при последовательном соединении сопротивлений равно сумме напряжений на всех участках цепи.

Соберём электрическую цепь согласно рис. 2.3.

Такое соединение сопротивлений называется параллельным. Подсоединим вольтметр, как указано на рис. 2.3.

Измерения показывают, что напряжение на всех участках цепи при параллельном соединении одинаково.

Измерения силы тока на различных участках цепи позволяют сделать вывод, что общая сила тока равна сумме токов на всех участках цепи.

3. Задача на расчёт влажности воздуха.

Какова относительная влажность, если температура воздуха равна 20°C , а его точка росы 10°C ?

Решение:

Относительную влажность воздуха определяем по формуле

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%,$$

где ρ — абсолютная влажность воздуха при температуре 20°C , равная плотности насыщенного водяного пара при температуре точки росы 10°C ; ρ_0 — плотность насыщенного водяного пара при температуре 20°C . Эти данные возьмём из таблицы «Плотность насыщенного водяного пара».

$$\varphi = \frac{9,4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}}{17,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}} \cdot 100\% = 54,3\%.$$

Ответ: $54,3\%$.

БИЛЕТ № 3

1. Третий закон Ньютона. Импульс. Закон сохранения импульса. Объяснение реактивного движения на основе закона сохранения импульса.

Сила, сообщающая телу ускорение, является мерой внешнего воздействия на него другого тела. Эта сила возникает при взаимодействии между этими телами. Так как объекты взаимодействия равноправны, то на второе тело со стороны первого также действует сила — сила противодействия.

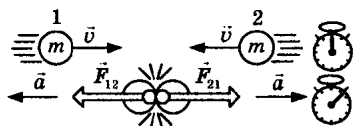


Рис. 3.1

Два одинаковых шара из пластилина (массой m каждый) движутся с одинаковой по модулю скоростью v (рис. 3.1), при встречном столкновении останавливаются.

При столкновении наблюдается равенство сил действия и противодействия. Покажем это.

Изменение скорости первого шара $\Delta \vec{v}_1 = 0 - \vec{v} = -\vec{v}$ направлено влево.

Изменение скорости второго шара $\Delta \vec{v}_2 = 0 - (-\vec{v}) = \vec{v}$ направлено вправо и равно по модулю Δv_1 . Ускорения шаров, характеризующие изменение их скорости в единицу времени, равны по модулю и противоположны по направлению:

$$a_1 = -a_2.$$

Согласно второму закону Ньютона, сила, действующая на первый шар со стороны второго, $F_{12} = ma_1$. Аналогично сила, действующая на второй шар со стороны первого, $F_{21} = ma_2$.

В этом состоит *третий закон Ньютона*.

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти тела:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Эти силы приложены к разным телам, всегда действуют парами и являются силами одной природы.

Ньютоном этот закон был сформулирован так:

«Любому действию всегда препятствует равное и противоположное противодействие».

Физическая природа действия и противодействия одинакова, так как они являются результатом взаимодействия тел.

Третий закон Ньютона справедлив при любом соотношении масс взаимодействующих тел, движущихся со скоростями, много меньшими скорости света.

В качестве примеров действия и противодействия можно рассматривать любые столкновения и удары. Так, при столкновении двух автомобилей каждый автомобиль получает повреждения.

Ускорение, приобретаемое телами в результате их взаимодействия, зависит от соотношения масс тел. Чем больше масса одного тела, тем труднее его сдвинуть. Все фундаментальные взаимодействия и соответственно силы, их характеризующие, реально действуют в определенной области пространства в течение некоторого конечного интервала времени.

В случае одномерного движения материальной точки вдоль оси x действующая на нее сила F может зависеть как от координаты точки, так и от времени. Это означает, что сила является функцией координаты и времени: $F = F(x, t)$.

Рассмотрим сначала, как влияет длительность действия силы на движение тела. Для упрощения математических оценок будем считать, что:

- модуль силы не зависит от координаты x :

$$F \neq F(x);$$

- сила, начиная действовать в момент времени $t = 0$, остается постоянной в течение времени Δt и затем прекращает свое действие, т.е. становится равной нулю при $t > \Delta t$. Подобная зависимость силы от времени реализуется, например, при броске шайбы хоккеистом.

Временной характеристикой действия силы является *импульс силы*.

Импульс силы — произведение силы и длительности ее действия:

$$p = F\Delta t.$$

Единица импульса силы — *ньютон-секунда* ($\text{Н} \cdot \text{с}$).

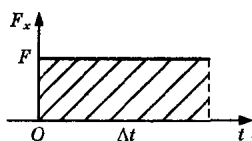


Рис. 3.2

Импульс силы численно равен площади прямоугольника со сторонами F и Δt (рис. 3.2).

Предположим, что до броска тело (шайба) массой m двигалось равномерно со скоростью $\vec{v}_0$. Под действием постоянной силы $\vec{F}$ оно в течение времени Δt будет двигаться равноускоренно с ускорением a :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Скорость, приобретаемую телом при равноускоренном движении за промежуток времени Δt , можно найти по формуле:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}\Delta t = \vec{v}_0 + \frac{\vec{F}}{m}\Delta t.$$

Перенесем v_0 в левую часть равенства с противоположным знаком и умножим обе части полученного соотношения на m , получим

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}\Delta t.$$

Правая часть этого соотношения содержит величины, характеризующие внешнее воздействие на тело. Левая часть представляет изменение *импульса тела*, характеризующего движение тела.

Импульс тела — векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость и имеющая направление скорости:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Единица импульса тела — *килограмм-метр в секунду* ($\text{кг} \cdot \text{м/с}$).

Импульс — фундаментальная и сохраняющаяся характеристика состояния физической системы.

В начальный момент времени импульс тела $p_0 = mv_0$, поэтому

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

Это выражение является уравнением движения тела.

Изменение импульса тела определяется импульсом силы, действующей на него. Импульс силы характеризуется произведением силы на время ее действия. Следовательно, аналогичное воздействие на тело может оказать небольшая сила, действующая значительный промежуток времени, и большая сила, которая действует кратковременно. Этот эффект хорошо известен хоккеистам. Скорость, приобретаемая шайбой при сильном броске (когда время контакта клюшки с шайбой оказывается порядка секунды) примерно совпадает со скоростью при мощном, но кратковременном щелчке.

Если импульс силы $\vec{F}_1 \Delta t_1$ при броске шайбы равен импульсу силы при щелчке $\vec{F}_2 \Delta t_2$, то площади заштрихованных прямоугольников равны (рис. 3.3).

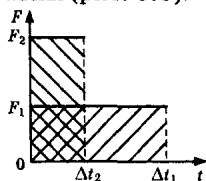


Рис. 3.3

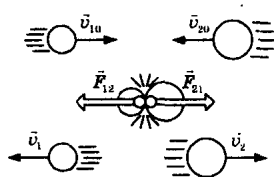


Рис. 3.4

При броске и при щелчке шайбы изменение импульса и конечная скорость шайбы будут одинаковы.

Рассмотрим систему, состоящую из двух тел, взаимодействующих друг с другом. Такую систему образуют, например, два шара массой m_1 и m_2 , движущихся навстречу друг другу с начальной скоростью $\vec{v}_{10}$ и $\vec{v}_{20}$ соответственно (рис. 3.4).

Пренебрегая внешними силами, действующими на шары (например, силой тяжести), данную систему тел можно считать *замкнутой*.

Замкнутая система — система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю.

Силы взаимодействия между телами системы называют *внутренними силами*. При столкновении шаров сила F_{12} , которая действует на первый шар со стороны второго (рис. 3.4), по третьему закону Ньютона равна по модулю и противоположна по направлению силе F_{21} , действующей на второй шар со стороны первого:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Запишем выражения для этих сил. Согласно второму закону Ньютона

$$\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_1, \quad \vec{F}_{21} = m_2 \vec{a}_2.$$

Обозначим скорость шаров после столкновения $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$, а длительность столкновения Δt .

Ускорение шаров

$$\vec{a}_1 = \frac{\Delta \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{10}}{\Delta t}, \quad \vec{a}_2 = \frac{\Delta \vec{v}_2}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{20}}{\Delta t}.$$

Объединяя эти выражения, находим:

$$m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{10}}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{20}}{\Delta t}.$$

Сократив обе части уравнения на Δt и перегруппировав слагаемые в обеих его частях, получим *закон сохранения импульса*:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}.$$

В правой части равенства содержится суммарный импульс системы в начальный момент времени, а в левой — сумма импульсов тел в произвольный момент времени, приобретенных в результате взаимодействия (столкновения). Это означает, что при столкновении суммарный импульс системы сохраняется.

Суммарный импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой.

Импульс сохраняется и для систем микрочастиц, для которых законы Ньютона не применимы. Закон сохранения импульса является следствием однородности пространства. При параллельном сдвиге замкнутой физической системы в любом направлении ее суммарный импульс не изменяется.

Один из основных примеров проявления закона сохранения импульса — *реактивное движение* — движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части, например, отделение пули, снаряда от ствола оружия. Отдачу испытывают пожарные, направляя водяную струю на горящий объект. Именно благодаря закону сохранения импульса перемещается водный транспорт. В природе встречаются живые организмы, которые перемещаются за счет реактивной отдачи, например медузы.

Движение ракеты — это тоже пример реактивного движения. Отделяющейся частью тела (ракеты) при таком движении является струя горячих газов, образующихся при сгорании топлива.

2. Измерение силы тока, проходящего через лампочку, и напряжения на ней, расчёт мощности электрического тока.

Для проведения работы необходимо оборудование: источник питания низковольтная лампа на подставке, вольтметр, амперметр, ключ, соединительные провода.

Соберём электрическую цепь согласно рис. 3.5. Амперметр соединим последовательно, а вольтметр — параллельно к электрической лампочке. Снимем показания амперметра и вольтметра.

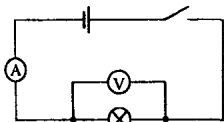


Рис. 3.5.

Вычислим мощность электрической лампочки по формуле:

$$P = IU.$$

Мощность измеряется в Вт.

3. Задача на составление уравнения ядерной реакции.

1. Написать реакцию α -распада для радия ${}^{226}_{88}\text{Rd}$.

${}^{226}_{88}\text{Rd} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{222}_{86}\text{X}$. В результате α -распада заряд ядра атома радия уменьшается на 2 элементарных заряда и становится равным 86. Так как порядковый номер элемента в таблице химических элементов Д.И. Менделеева указывает, какой это будет элемент, то определяем, что ${}^{222}_{86}\text{X} = {}^{222}_{86}\text{Rn}$. Это радон.

2. Написать реакцию превращения изотопа ${}^{40}_{19}\text{K}$ с β -распадом.

${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}e + {}^0_0\nu$ (нейтрино). В результате β -распада образуется элемент, который расположен в таблице химических элементов Д.И. Менделеева в следующей клетке за исходным.

При β -распаде нейтрон в ядре превращается в протон, электрон и антинейтрино. Электрон и антинейтрино вылетают из ядра, а оставшийся в ядре протон увеличивает порядковый номер превращающегося элемента на единицу.

БИЛЕТ № 4

1. Сила тяжести. Свободное падение. Ускорение свободного падения. Закон всемирного тяготения.

Выпустим яблоко из рук — оно упадёт на землю. Бросим мяч в горизонтальном направлении, он движется по кривой, но в итоге упадёт на землю. То же самое произойдёт с любыми другими телами. Следовательно, на тела действует сила, направленная к земле — это сила притяжения.

Сила, с которой Земля притягивает к себе тела, называется силой тяжести.

Сила тяжести обозначается буквой F с индексом $F_{\text{тяж}}$. Она всегда направлена вертикально вниз и приложена к телу, рис. 4.1.



Рис. 4.1.

Если тело движется только под действием силы тяжести, то оно находится в свободном падении.

Особенностью свободного падения является то, что все тела в данном месте Земли падают с одинаковым ускорением.

Это подтверждает и опыт, проведённый с телами разной массы и объёма, помещёнными в трубку длиной порядка 1,5 м, из которой откачан воздух. Все тела в этой трубке падают с одинаковым ускорением.

Современные методы измерения показывают, что ускорение падающих тел равно $9,8 \text{ м/с}^2$.

Это ускорение называется ускорением свободного падения. Ускорение свободного падения обозначается буквой g .

Зная, с каким ускорением движется тело под действием силы тяжести, согласно второму закону Ньютона можно записать формулу силы тяжести для тела любой массы.

$$F_{\text{тяж}} = 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot m.$$

В 1685 г. английский учёный И. Ньютон предположил, что все тела притягиваются друг к другу гравитационными силами.

Свободное падение яблока и притяжение Луны имеют общую причину — гравитационное притяжение к Земле. В отличие от сил уп-

ругости и трения гравитационное притяжение является взаимодействием тел друг с другом на расстоянии. Радиус действия гравитационного притяжения неограничен.

Закон всемирного тяготения гласит:

Два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной массе каждого из них и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

где F — модуль вектора силы гравитационного притяжения между телами массами m_1 и m_2 , находящимися на расстоянии друг от друга, G — это коэффициент, который называется гравитационной постоянной. $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Гравитационная постоянная показывает, с какой силой притягиваются два тела массами по 1 кг, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга.

Формула даёт точный результат при расчёте силы всемирного тяготения в случаях: если размеры тел пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними, если оба тела однородны и имеют шарообразную форму, если одно из взаимодействующих тел — шар, размеры и масса которого значительно больше, чем у второго тела, находящегося на поверхности этого шара или вблизи неё.

2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, построение графика зависимости силы тока от напряжения.

Для выполнения этого задания необходимы: 3 источника питания, ключ, электрическая лампочка (или резистор), амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Соберём электрическую цепь согласно рис 4.2. Замкнём цепь, отметим показания амперметра и вольтметра. Затем присоединим последовательно к первому источнику тока второй такой же источник тока и снова отметим показания приборов. Показания вольтметра увеличились вдвое. Увеличились вдвое и показания амперметра. При включении третьего источника тока показания приборов увеличиваются втрое.

Таким образом, можно прийти к выводу, что сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на концах проводника.

Графиком такой зависимости является прямая (рис. 4.3).

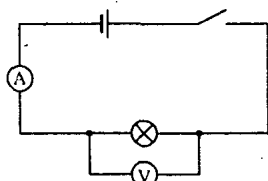


Рис. 4.2

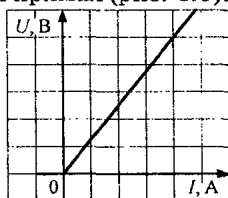


Рис. 4.3

3. Задача на определение конечной температуры при смешивании горячей и холодной воды.

В ванне смешали 20 кг горячей воды при температуре 96 °С и 40 кг холодной воды при температуре 6 °С. Пренебрегая потерями энергии на нагревание ванны и окружающей среды, определите установившуюся температуру в ванне.

Дано:

$$m_1 = 20 \text{ кг}$$

$$t_1 = 96 \text{ °С}$$

$$m_2 = 40 \text{ кг}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$t_0 = ?$$

Решение:

Количество теплоты, отданное горячей водой, равно количеству теплоты, полученному холодной водой.

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$$

$$cm_1(t_1 - t_0) = cm_2(t_0 - t_2),$$

раскрывая скобки, находим t_0 .

$$m_1 t_1 - m_1 t_0 = m_2 t_0 - m_2 t_2. \quad m_1 t_1 + m_2 t_2 = t_0 (m_1 + m_2).$$

$$t_0 = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}; \quad t_0 = \frac{20 \text{ кг} \cdot 96 \text{ °С} + 40 \text{ кг} \cdot 6 \text{ °С}}{20 \text{ кг} + 40 \text{ кг}} = 36 \text{ °С}.$$

Ответ: 36 °С.

БИЛЕТ № 5

1. Сила упругости. Объяснение устройства принципа действия динамометра. Сила трения. Трение в природе и технике.

Сила, вызванная деформацией тел и препятствующая изменению объёма тела, называется силой упругости.

Причиной деформации является движение одних частей тела относительно других. Особенность силы упругости состоит в том, что она направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения тел. В пружинах, стержнях и шнурах сила упругости направлена вдоль их осей, рис. 5.1. (Растянутая пружина стремится вернуться в нормальное состояние.)

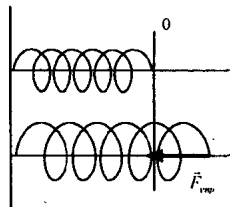


Рис.5.1.

Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна удлинению тела и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела относительно других частиц при деформации.

Эта формулировка носит название закона Гука и математически выглядит так: $\vec{F} = -k\vec{x}$, где k — коэффициент упругости (или жёсткости) и зависит от свойств материала и геометрии деформируемого тела.

Жёсткость выражается в ньютонах на метр (Н/м).

Сила упругости препятствует деформации.

Для измерения силы используется прибор, который называется *динамометр*.

Его устройство основывается на сравнении выбранной силы с силой упругости динамометра, рис. 5.2.

Любому движению всегда сопутствует сила трения. Она возникает при непосредственном соприкосновении тел и всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения, рис. 5.3. Различают три вида трения: трение покоя, трение скольжения и трение качения.

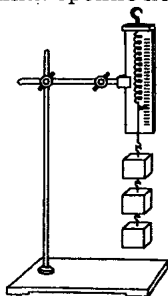


Рис. 5.2

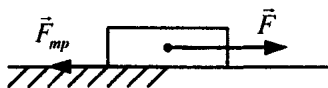


Рис. 5.3

Если на тело действует сила $\vec{F}$, но тело сохраняет состояние покоя, то это значит, что на тело действует и сила, равная по модулю и противоположная по направлению, — сила трения покоя, рис 5.3.

При увеличении силы $\vec{F}$ увеличивается и сила трения покоя. *Сила трения покоя — это та сила, которая мешает нам сдвинуть с места стол или другой какой-то предмет.*

Максимальная сила трения покоя пропорциональна силе нормального давления. $F_{\max} = \mu \vec{N}$.

Где μ — коэффициент трения. Тело получит ускорение, если $\vec{F}$ станет хоть немного больше, чем $\vec{F}_{\max}$.

На движущееся тело действует уже сила трения скольжения, которая всегда направлена в сторону, противоположную направлению движения тела относительно того тела, с которым оно соприкасается. Сила трения скольжения определяется по формуле: $\vec{F} = \mu \vec{N}$. Коэффициент трения скольжения зависит от шероховатостей и физических свойств соприкасающихся поверхностей.

Сила трения качения мала по сравнению с силой трения скольжения.

В силу необходимости силу трения увеличивают и уменьшают. Так, например, подводным лодкам, самолётам придают обтекаемую форму для того, чтобы уменьшить сопротивление, которое к тому же зависит и от скорости движения. Для уменьшения трения применяют смазочные материалы. В то же время дороги посыпают зимой песком для увеличения силы трения между колёсами транспорта и полотном дороги.

2. Наблюдение магнитного действия постоянного тока. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости направления магнитного поля от направления и величины тока.

Соберём электрическую цепь (рис 5.4).

При включении катушки с сердечником в электрическую цепь сердечник обладает свойством притягивать к себе железные предметы, например гвоздики. Стрелка компаса, помещённая вблизи электрических проводов с током, изменяет ориентацию (рис. 5.4.). Это свойство исчезает, если отключить цепь. Следовательно, электрический ток обладает магнитным действием.

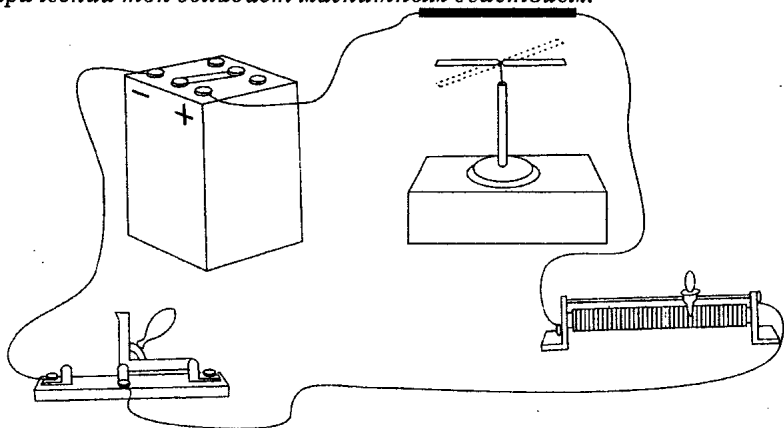


Рис. 5.4.

При изменении направления тока в электрической цепи, для этого достаточно поменять местами провода + и -, направление магнитной стрелки меняется на противоположное. Направление силовых линий магнитного поля определяется правилом буравчика.

При увеличении силы тока в электрической цепи, для этого нужно передвинуть ползунок реостата влево, вращающий момент магнитной стрелки увеличивается. Следовательно, чем больше сила тока в электрической цепи, тем сильнее создаваемое им магнитное поле.

3. Задача на расчёт массы тела по его плотности.

На сколько изменилась общая масса бензовоза, если в его бак долили 40 л бензина? Плотность бензина 710 кг/м^3 .

Дано:

$$V = 40 \text{ л} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\Delta m - ?$$

Решение:

Изменение общей массы бензовоза соответствует массе долитого бензина и определяется по формуле:

$$\Delta m = \rho V = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 28,4 \text{ кг}.$$

Ответ: 28,4 кг.

1. Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда.

Практика показывает, что результат действия силы зависит не только от её модуля, но и от площади поверхности, перпендикулярно которой она действует. Более острая кнопка легче входит в поверхность стены. На рыхлом снегу человек будет проваливаться, а, встав на лыжи, сможет спокойно передвигаться.

Физическая величина, равная отношению силы F , действующей перпендикулярно поверхности, к площади S этой поверхности, называется давлением P :

$$P = F/S.$$

Давление измеряется в паскалях (Па). $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Давление в 1 Па создаётся телом весом 1 Н при площади опоры 1 м^2 . В зависимости от того, какое давление необходимо создать, площадь опоры либо уменьшают, либо увеличивают.

Для передвижения по болотистой местности увеличивают площадь опоры у машин, делая широкими шины, или заменяют колёса на гусеницы. Площадь лезвия режущих предметов стараются сделать наименьшими для увеличения давления при работе ими.

Газы обладают свойством занимать весь предоставленный объём. Молекулы газа хаотично движутся, и кинетическая энергия движения больше потенциальной энергии взаимодействия между молекулами. В результате беспорядочного движения молекулы сталкиваются между собой, а также со стенками сосуда, в котором находятся. Эти соударения можно считать упругими. Давление возникает в результате ударов, которые испытывают стенки сосуда со стороны молекул.

Давление газа распространяется по всем направлениям одинаково.

Этот вывод подтверждает опыт: если завязанный воздушный шарик поместить под колокол воздушного насоса и начать откачивать оттуда воздух, то шарик раздувается и принимает форму шара.

При уменьшении объёма газа его давление увеличивается, а при увеличении объёма его давление уменьшается, если масса и температура газа остаются постоянными.

При нагревании газа скорость движения молекул газа увеличивается, и число ударов молекул о стенки сосуда возрастает. Стенки сосуда будут испытывать большее давление.

Значит, чем выше температура газа, тем давление газа больше.

Закон Паскаля гласит: давление, производимое на жидкость или газ, передаётся без изменения в каждую точку жидкости или газа.

Объясняется это большей подвижностью молекул газа или жидкости. Если сжать газ, то в месте приложения силы молекулы

уплотнятся. Благодаря беспорядочному движению частиц очень быстро плотность газа опять выравнивается, но будет уже больше. Плотность газа при сжатии возрастает.

Если заполнить водой или дымом шар Паскаля, то при вдвигании поршня давление будет передаваться от верхних слоёв нижним. В результате чего часть воды будет выталкиваться через отверстия в шаре.

Давление на одном и том же уровне внутри жидкости — величина постоянная. Но в зависимости от глубины погружения давление будет увеличиваться, так как увеличивается сила тяжести жидкости.

Это давление можно вычислить по формуле:

$$p = \frac{mg}{s} = \frac{\rho Vg}{s} = \frac{\rho shg}{s} = \rho gh.$$

Давление жидкости зависит от плотности жидкости и высоты столба жидкости.

Согласно закону Паскаля поверхность однородной жидкости в сообщающихся сосудах устанавливается на одном уровне. Если в сообщающиеся сосуды налиты жидкости разных плотностей, то высоты этих жидкостей будут различны.

Закон Паскаля нашёл своё применение в гидравлических машинах: гидравлический пресс, гидравлический домкрат, гидравлический тормоз и т.д.

Воздушная оболочка, которая окружает Землю, называется атмосферой. Давление, которое создаёт атмосфера, передаётся по всем направлениям без изменения. В результате чего все тела, находящиеся на Земле, испытывают это давление, которое получило название *атмосферного*.

О существовании атмосферного давления свидетельствует опыт, который был проведён в 1654 году Отто Герике в г. Магдебурге: для доказательства существования атмосферного давления был выкачан воздух между двумя металлическими полушариями. Атмосферное давление так сильно их прижало друг к другу, что их не могли разъединить 8 пар лошадей.

Пипетка, автоматическая поилка для птиц, прибор ливер, который служит для взятия проб различных жидкостей — всё это примеры существования атмосферного давления.

Существование воздушной оболочки можно объяснить следующим образом: молекулы воздуха находятся в непрерывном и беспорядочном движении, с одной стороны, а с другой — на них действует сила тяжести. Поэтому они не покидают Землю, но и не падают на неё. Плотность воздуха быстро уменьшается с высотой. Границы атмосферы не определены. Так как плотность воздуха не постоянна, рассчитать атмосферное давление по формуле для вычисления давления жидкостей нельзя. Впервые измерить атмосферное дав-

ление удалось итальянскому учёному Торричелли. Он взял стеклянную трубку, запаянную с одного конца, и заполнил её ртутью.

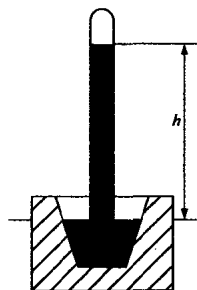


Рис. 6.1.

Затем трубку перевернули и опустили в сосуд с ртутью. Часть ртути вылилась, а часть осталась в трубке (рис. 6.1). Торричелли так объяснил свой опыт: атмосфера давит на поверхность ртути в чашке. Согласно закону Паскаля на этом же уровне в трубке давление точно такое же, как давление атмосферы. Значит, давление в трубке создаётся ртутным столбом, т.к. над ртутью в верхней части трубки нет воздуха.

Измерив высоту столба ртути в трубке, можно рассчитать атмосферное давление.

За единицу атмосферного давления принимают 1 мм. рт. ст. 1 мм. рт. ст. = 133,3 Па.

Для измерения атмосферного давления существует прибор, который называется барометр-анероид.

Для измерения давлений отличных от атмосферного используют жидкостные и металлические манометры.

Если внутрь жидкости или газа поместить какое-нибудь тело, то на него тоже будет оказываться давление.

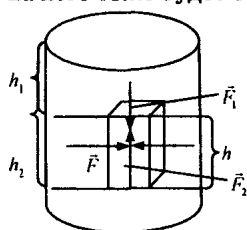


Рис. 6.2.

Рассмотрим сосуд с водой, в который поместим тело, имеющее форму параллелепипеда, рис.6.2.

Силы, которые действуют на боковые стенки тела, будут уравниваться, т.к. на одном уровне эти силы равны согласно закону Паскаля и направлены в разные стороны. Силы, которые действуют на верхнюю и нижнюю грань, разные, рис.6.2.

Сила $\vec{F}_1$ создаётся столбом жидкости h_1 , а сила $\vec{F}_2$ — столбом жидкости h_2 . Так как давление передаётся без изменения в каждую точку жидкости или газа, то на нижнюю грань будет оказывать действие сила $\vec{F}_2$.

Результирующая сила, действующая на погруженное в жидкость тело, равна $\vec{F} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1$.

Под действием этой силы тело начинает двигаться вверх, поэтому эта сила получила название выталкивающей силы. Рассчитаем эту силу:

$$F_2 = P_2 s_2 = \rho_{\text{ж}} g h_2 s. \quad F_1 = P_1 s_1 = \rho_{\text{ж}} g h_1 s.$$

$$F = \rho_{\text{ж}} g s (h_2 - h_1) = \rho_{\text{ж}} g h s,$$

где произведение $h s$ — есть объём погруженного тела, а произведение $\rho_{\text{ж}} V$ — это масса жидкости в объёме погруженного тела.

Следовательно, выталкивающая сила равна весу жидкости в объёме погруженного в неё тела.

$$F_{\text{выт}} = m_{\text{ж}}g = P_{\text{ж}}.$$

Выталкивающая сила направлена в сторону, противоположную силе тяжести. Это утверждение справедливо и для газов. Под действием выталкивающей силы воздушные шары поднимаются вверх. В жидкостях все тела легче. Выталкивающую силу ещё называют архимедовой силой, в честь древнегреческого учёного Архимеда, который рассчитал её значение:

$$F_A = \rho_{\text{ж}}gV.$$

Архимедова сила зависит от плотности жидкости и объёма погруженного в неё тела.

Соотношение силы тяжести и архимедовой силы учитывают при кораблестроении. Изменяя объём плавательного пузыря, рыба может менять глубину своего погружения. Для воздухоплавания используют воздушные шары. Их наполняют нагретым воздухом или газом, имеющим плотность меньше, чем воздух.

2. Наблюдения различных способов получения индукционного тока. Постановка качественных опытов по изменению величины и направления индукционного тока.

Для выполнения этой работы потребуются миллиамперметр, полосовой магнит и соединительные провода.

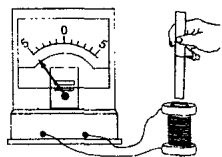


Рис. 6.3.

Соберём электрическую цепь (рис.6.3). Будем вдвигать полосовой магнит в катушку. При увеличении магнитного потока через площадь, ограниченную контуром катушки, миллиамперметр фиксирует появление силы тока. Если выдвигать полосовой магнит из катушки, то миллиамперметр также фиксирует появление силы тока, но другого направления.

Это явление было открыто в 1831 г. английским учёным М. Фарадеем и получило название явления электромагнитной индукции. Значение индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока.

Для этой демонстрации нужно быстро и медленно вдвигать и выдвигать магнит.

Чем больше скорость изменения магнитного потока через площадь, ограниченную контуром, тем больше значение индукции.

3. Задача на расчёт механической работы.

Воздушный змей, масса которого 500 г, поднимается с постоянной скоростью потоками воздуха на высоту 80 м. Определите работу силы, поднявшей змея. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Дано:

$$m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$h = 80 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$A = ?$

Решение:

Механическая работа определяется по формуле: $A = F s \cos \alpha$. Будем считать, что направление силы со стороны воздушного потока и направление перемещения совпадают, рис. 6.4, тогда $\alpha = 0$, и следовательно $\cos 0 = 1$.

$$A = F s. A = 0,5 \text{ кг} \cdot 80 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 400 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A = 400 \text{ Дж}$.

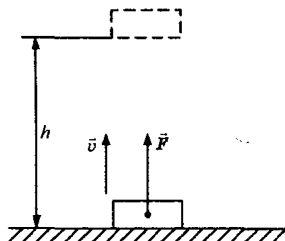


Рис. 6.4.

БИЛЕТ № 7

1. Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

Механическая работа совершается тогда, когда на тело действует сила, а тело совершает перемещение. Совершаемая при этом механическая работа определяется по формуле

$$A = \vec{F} \vec{s} \cos \alpha,$$

где $\vec{F}$ — вектор силы, $\vec{s}$ — вектор перемещения, α — угол между вектором силы и вектором перемещения (рис. 7.1).

За единицу работы принимают работу, совершенную силой 1 Н на пути в 1 м. Такую единицу называют джоулем (Дж).

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}.$$

В случае, когда на тело действует не одна, а несколько сил, то берут их равнодействующую.

Положительной считают работу сил, сонаправленных с перемещением тела, отрицательной — работу сил, направленных противоположно перемещению. Например, при движении поезда работа силы тяги — положительна, а работа силы трения — отрицательна (рис. 7.2).

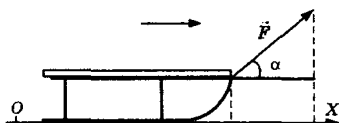


Рис. 7.1

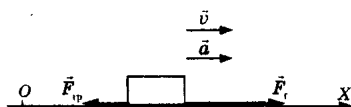


Рис. 7.2

Рассмотрим простейший случай, когда векторы силы и перемещения направлены по одной прямой в одну и ту же сторону. Тогда проекции силы, ускорения и скорости будут равны модулям этих векторов.

$$A = Fs, \text{ так как } \alpha = 0, \cos 0 = 1.$$

Согласно второму закону Ньютона

$$F = ma.$$

Перемещение и скорость тела при постоянно действующей на него силе связаны соотношением

$$s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}.$$

Подставив эти выражения в формулу $A = Fs$, получим

$$A = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Половину произведения массы тела на квадрат его скорости называют кинетической энергией E_k .

Работа силы (или равнодействующей сил) равна изменению кинетической энергии тела. Это утверждение называют теоремой о кинетической энергии тела:

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

Кинетическая энергия имеет ту же единицу измерения, что и работа, т.е. джоуль (Дж).

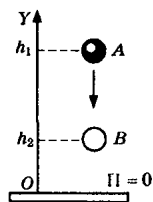


Рис. 7.3

Из теоремы о кинетической энергии следует, что кинетическая энергия — физическая величина, характеризующая движущееся тело. Изменение этой величины равно работе силы, приложенной к телу. Теорема о кинетической энергии, позволяющая вычислить работу силы, справедлива для любых сил, приложенных к движущемуся телу.

Вычислим работу силы тяжести при свободном падении (рис. 7.3).

При небольших расстояниях от поверхности земли сила тяжести постоянна и по модулю равна mg .

Пусть тело массой m свободно падает с высоты h_1 относительно уровня $\Pi = 0$ до высоты h_2 (рис. 7.3). В этом случае направления силы тяжести и перемещения совпадают и работа силы тяжести

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2, A = -(mgh_2 - mgh_1).$$

Величину mgh называют потенциальной энергией тела, поднятого на высоту h над выбранным нулевым уровнем:

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

Знак минус перед изменением потенциальной энергии означает, что, когда работа силы тяжести положительна, потенциальная энергия тела уменьшается, и наоборот.

Тело обладает потенциальной энергией, потому что оно взаимодействует с Землей, поэтому потенциальную энергию называют еще энергией взаимодействия.

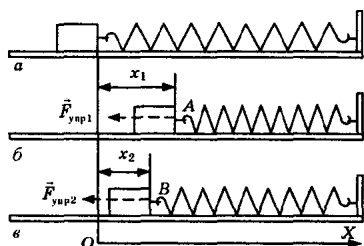


Рис. 7.4

Рассмотрим работу силы упругости — силы, возникающей при деформации тела (пружины).

На рис. 7.4, а пружина в недеформированном состоянии. Если пружину сжать, то возникает сила упругости, направленная влево, и при движении сила упругости совершает работу (рис. 7.4, б).

Перемещение конца пружины

равно разности координат конца пружины ($x_1 - x_2$). Так как модуль силы упругости изменяется, то для вычисления работы возьмем среднее значение силы упругости:

$$A = F_{cp} (x_1 - x_2), \quad F_{cp} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = k \frac{x_1 + x_2}{2},$$

$$A = k \frac{x_1 + x_2}{2} \cdot (x_1 - x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}.$$

Величину $kx^2/2$ называют потенциальной энергией упруго деформированного тела

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

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

Работа силы упругости и силы тяжести не зависит от формы траектории, а при замкнутой траектории работа этих сил равна нулю. В замкнутой системе тела при взаимодействии могут обладать как кинетической энергией, так и потенциальной, причём возможно эти энергии изменяются с течением времени. Пусть в какой то момент времени потенциальная и кинетическая энергии системы тел E_{p1} и E_{k1} , а потенциальная и кинетическая энергии системы этих же тел через какой то промежуток времени E_{p2} и E_{k2} . Работа силы тяжести и силы упругости равна взятому с противоположным знаком изменению потенциальной энергии тел системы:

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

С другой стороны, согласно теореме о кинетической энергии, эта же работа равна изменению кинетической энергии:

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

Приравняем правые части уравнений:

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

Из этого уравнения видно, что кинетическая и потенциальная энергия в результате взаимодействия и движения тел изменяется так, что увеличение одной из них равно уменьшению другой. Это значит, что сумма энергий обоих видов остаётся неизменной:

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}.$$

В левой части уравнения полная энергия тел системы в один момент времени, в правой части — полная энергия в другой момент времени. В этом состоит закон сохранения энергии.

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остаётся неизменной при любых движениях системы.

В любом механизме происходит превращение одного вида энергии в другой. Из-за неизбежных потерь энергии, вызванных прежде всего работой сил трения, полезная работа меньше затраченной, поэтому коэффициент полезного действия механизма всегда меньше единицы; его рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\%.$$

2. Измерение уменьшения температуры горячей воды или увеличения температуры холодной воды при её смешивании с холодной (горячей), расчёт количества теплоты, которое отдаёт горячая вода (получает холодная вода).

Для выполнения этой работы необходимы приборы и материалы: калориметр, измерительный цилиндр (мензурка), термометр, стакан с горячей водой, стакан с холодной водой.

Нальём 100 г горячей воды в калориметр, предварительно измерив её температуру ($t_{\text{гор}}$).

Нальём 100 г холодной воды в калориметр, также предварительно измерив её температуру ($t_{\text{хол}}$).

Осторожно помешивая, измерим температуру смешанной воды, ($t_{\text{см}}$).

Делаем вывод, что температура горячей воды уменьшилась, а температура холодной воды увеличилась.

Рассчитаем количество теплоты, отданное горячей водой, и количество теплоты, полученное холодной водой, по формулам:

$$Q_{\text{отд}} = cm(t_{\text{гор}} - t_{\text{см}}), Q_{\text{пол}} = cm(t_{\text{см}} - t_{\text{хол}})$$

где $m = 0,1 \text{ кг}$, c — удельная теплоёмкость воды, равная $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

При расчётах скорее всего количество теплоты, отданное горячей водой, окажется больше, чем количество теплоты, полученное холодной водой. Это можно объяснить тем, что часть тепла ушла на нагревание калориметра и окружающей среды.

3. Задача на расчёт заряда, прошедшего через проводник.

Какое количество электричества протекает через электрическую лампу, если она была включена на 20 мин, а в подводящих проводах сила тока была 2 А?

Дано:

$$t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$
$$I = 2 \text{ A}$$
 $q = ?$

Решение:

Количество электричества, протекшего через электрическую лампу определим по формуле: $q = It$. $Q = 2 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с} = 2400 \text{ Кл}$.

Ответ: 2400 Кл.

БИЛЕТ № 8

1. Механические колебания. Механические волны. Звук.
Колебания в природе и технике.

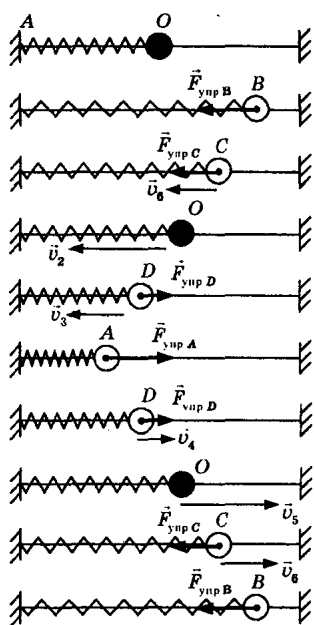


Рис. 8.1

Колебательные движения широко распространены в окружающей жизни. Примерами колебаний могут служить: движение маятника часов, поршня в двигателе внутреннего сгорания, вагона или машины на рессорах, качелей, иглы в швейной машине и т.д.

Все эти движения повторяются в пространстве с течением времени.

Промежуток времени, через который движение повторяется, называют периодом колебаний.

Единица измерения периода колебаний $[T] = 1 \text{ с}$.

Возьмем шарик с отверстием, наде-
тый на гладкую стальную струну и при-
крепленный к пружине (другой конец
которой прикреплен к вертикальной
стойке). Шарик может свободно сколь-
зить по струне, т.е. силы трения настоль-
ко малы, что не оказывают существенного
влияния на его движение. Когда ша-
рик находится в точке O (рис. 8.1), пружина

жина не деформирована, поэтому никакие силы в горизонтальном направлении на него не действуют. Точка O — положение равновесия шарика.

Переместим шарик в точку B . Пружина при этом растянется, и в ней возникнет сила упругости F . По закону Гука эта сила пропорциональна *смещению* и направлена противоположно ему. Значит, при смещении шарика вправо действующая на него сила направлена влево (*к положению равновесия*).

Если отпустить шарик, то под действием силы упругости он начнет ускоренно перемещаться влево (к точке O). Направление силы упругости и вызванного ею ускорения будет совпадать с направлением скорости шарика, поэтому по мере приближения шарика к точке O его скорость будет все время возрастать. При этом сила упругости с уменьшением деформации пружины будет уменьшаться. Известно, что любое тело обладает свойством сохранять свою скорость, если на него не действуют силы или если равнодействующая сил равна нулю. Поэтому, дойдя до положения равновесия, где сила упругости станет равна нулю, шарик не остановится, а будет продолжать двигаться влево.

При его движении от точки O к точке A пружина будет сжиматься. В ней снова возникнет сила упругости, которая и в этом случае будет направлена к положению равновесия. Поскольку сила упругости направлена против скорости движения шарика, то она тормозит его движение. В результате в точке A шарик остановится. Сила упругости, направленная к точке O , будет продолжать действовать, поэтому шарик вновь придет в движение и на участке AO его скорость будет возрастать.

Движение шарика от точки O к точке B снова приведет к растяжению пружины, вследствие чего опять возникнет сила упругости, направленная к положению равновесия и замедляющая движение шарика до полной его остановки. Таким образом, шарик совершит одно полное колебание. При этом в каждой точке его траектории (кроме точки O) на него будет действовать сила упругости пружины, направленная к положению равновесия.

Под действием силы, возвращающей тело в положение равновесия, тело может совершать колебания как бы само по себе. Первоначально эта сила возникла благодаря тому, что мы совершили работу по растяжению пружины, сообщив ей некоторый запас энергии. За счет этой энергии и происходили колебания.

Колебания, происходящие только благодаря начальному запасу энергии, называют свободными.

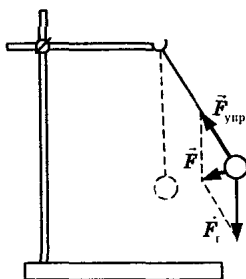


Рис. 8.2

Свободно колеблющиеся тела всегда взаимодействуют с другими телами и вместе с ними образуют систему тел, которая получила название *колебательной системы*.

В рассмотренном примере в колебательную систему входят шарик, пружина и вертикальная стойка, к которой прикреплен левый конец пружины. В результате взаимодействия этих тел и возникает сила, возвращающая шарик к положению равновесия.

На рис. 8.2 изображена колебательная система, состоящая из шарика, нити, штатива и Земли (Земля на рисунке не показана). В данном случае шарик совершает свободные

колебания под действием двух сил: силы тяжести и силы упругости нити. Их равнодействующая направлена к положению равновесия.

Системы тел, которые способны совершать свободные колебания, называют колебательными системами.

Одно из основных общих свойств всех колебательных систем — возникновение в них силы, возвращающей систему в положение устойчивого равновесия.

Колебательные системы — довольно широкое понятие, применимое к разнообразным явлениям. Рассмотренные нами колебательные системы называют маятниками. Существует несколько типов маятников: нитяные, пружинные и т.д.

В общем случае маятником называют твердое тело, совершающее колебания под действием приложенных сил около неподвижной точки или вокруг оси.

Наибольшее отклонение колеблющегося тела от положения равновесия называют амплитудой колебаний.

Число колебаний в единицу времени называют частотой колебаний:

$$[\nu] = \frac{1}{c} = 1 \text{ Гц.}$$

Период колебаний T и частота колебаний ν связаны следующей зависимостью:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ или } \nu = \frac{1}{T}.$$

Частоту свободных колебаний называют собственной частотой колебательной системы.

Состояние колебательной системы на данный момент времени называют фазой колебаний.

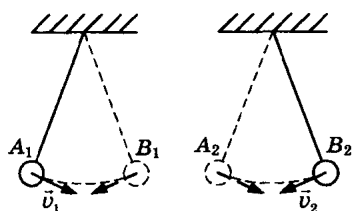


Рис. 8.3

В любой момент времени скорости маятников направлены в противоположные стороны. В этом случае колебания происходят в противоположных фазах, или говорят, что существует сдвиг по фазе (рис. 8.3).

Колебания, которые происходят под действием силы, пропорциональной смещению колеблющейся точки и направленной противоположно этому смещению, называют гармоническими колебаниями.

Под действием такой силы происходят колебания пружинного маятника, поэтому при определенных условиях они могут служить примером гармонических колебаний (в частности, при условии, что на них не оказывает заметного влияния сила трения).

Выясним, по какому закону меняется с течением времени координата колеблющегося пружинного маятника и как выглядит график этой зависимости.

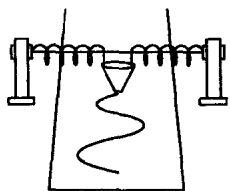


Рис. 8.4

Проведем опыт. В качестве груза возьмем какой-нибудь небольшой массивный сосуд с маленьким отверстием снизу (например, воронку), а под него положим длинную бумажную ленту. Сосуд с предварительно насыпанным в него песком (или налитой красящей жидкостью) приводят в колебательное движение (рис. 8.4). Если ленту перемещать с

постоянной скоростью в направлении, перпендикулярном плоскости колебаний, то на ней останется волнообразная дорожка из песка, каждая точка которой соответствует положению колеблющегося груза в тот момент, когда он проходил над ней. Наибольшие отклонения груза от положения равновесия в обе стороны одинаковы по модулю и равны *амплитуде колебаний* A .

Если график зависимости координаты от времени какого-нибудь тела представляет собой синусоиду (косинусоиду), т.е. если координата меняется со временем по закону синуса (косинуса), то в этом случае говорят, что и координата, и само тело совершают гармонические колебания.

Материальную точку, колеблющуюся на не изменяющемся со временем расстоянии от точки подвеса, называют *математическим маятником*.

Математический маятник — это модель; реально таких маятников не бывает.

Практически колебания, близкие к гармоническим, совершает тяжелый шарик (например, стальной), подвешенный на легкой и малорастяжимой нити, длина которой значительно больше диаметра этого шарика, при малой амплитуде и малом трении.

При совершении телом гармонических колебаний не только его координата, но и такие величины, как сила, ускорение, скорость, тоже изменяются по закону синуса или косинуса.

Колебательное движение вблизи среднего положения тела наиболее близко к равномерному движению, а вблизи крайних положений сильно отличается от равномерного движения.

Что же касается скорости, то она, наоборот, в крайних положениях равна нулю, а при прохождении телом положения равновесия достигает наибольшего значения.

Для любого промежуточного положения колеблющегося тела сумма потенциальной и кинетической энергий постоянная величина, равная первоначальному запасу потенциальной энергии колебательной системы:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} + \frac{mv_m^2}{2}.$$

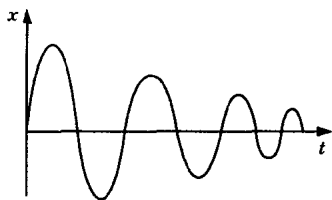


Рис. 8.5

Эту энергию сообщают системе, когда задают колебательное движение. Если бы при движении не было никаких потерь, то колебания совершались бы как угодно долго с постоянной амплитудой. Но реально потери энергии существуют всегда и расходуются на преодоление сил трения и сопротивления, т.е. со

временем механическая энергия постепенно переходит во внутреннюю энергию. Вследствие этого колебания затухают (рис. 8.5).

При этом уменьшается амплитуда, но сохраняется период колебаний:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

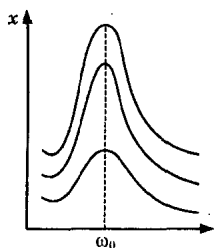


Рис. 8.6

Чтобы колебания были постоянны по амплитуде, необходимо энергию, расходуемую на преодоления трения и сопротивление, постоянно пополнять за счет работы вынуждающей силы. Такие колебания называют *вынужденными*. Вынужденные колебания — незатухающие.

Если частота вынуждающей силы равна частоте собственных колебаний, то амплитуда вынужденных колебаний достигает наибольшего значения. В этом заключается явление, которое называют *резонансом* (рис. 8.6).

Резонанс играет большую роль в самых разнообразных явлениях, причем в одних — полезную, в других — вредную. Его необходимо учитывать, в частности, в тех случаях, когда с помощью наименьшей периодической силы нужно получить определенный размах вынужденных колебаний. Например, тяжелый язык большого колокола можно раскачать, действуя сравнительно небольшой силой с частотой, равной собственной частоте языка. Но мы не достигнем желаемого результата, действуя не в резонанс, даже прикладывая большую силу.

Примерами вредного проявления резонанса могут служить слишком сильное раскачивание железнодорожного вагона при случайном совпадении его собственной частоты колебаний на рессорах с частотой ударов колес на стыках рельсов, сильное раскачивание пароходов на волнах и многие другие явления.

Если взять длинную пружину, подвесить ее на нитях и ударить рукой по ее левому концу (рис. 8.7, а), то от удара несколько витков пружины сблизятся, возникнет сила упругости, под действием кото-

рой эти витки начинают расходиться. Витки, минуя положение равновесия, будут продолжать расходиться. В результате в этом месте пружины образуется уже некоторое разрежение (рис. 8.7, б). Если по концу пружины ритмично ударять рукой, то при каждом ударе витки будут сближаться, образуя сгущения, и отходить друг от друга, образуя разрежения. Таким образом, витки пружины будут колебаться возле своего положения равновесия. Эти колебания постепенно передадутся от витка к витку вдоль всей пружины (рис. 8.7, в).

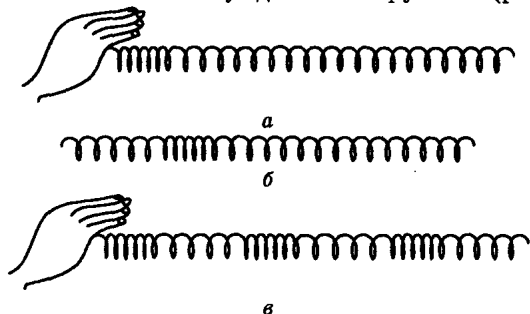


Рис. 8.7.

От ее левого конца к правому распространяется *возмущение*, т.е. изменение некоторых физических величин, характеризующих состояние среды. В данном случае это возмущение представляет собой изменение с течением времени силы упругости в пружине, ускорения и скорости движения колеблющихся витков, их смещения от положения равновесия.

Возмущения, распространяющиеся в пространстве, удаляясь от места их возникновения, называют волнами.

В данном определении речь идет о так называемых *бегущих волнах*. Основное общее свойство бегущих волн любой природы заключается в том, что они, распространяясь в пространстве, переносят энергию, например, колеблющиеся витки пружины обладают энергией. Взаимодействуя с соседними витками, они передают им часть своей энергии, благодаря чему вдоль пружины распространяется механическое возмущение (деформация), т.е. образуется бегущая волна. Но при этом каждый виток пружины колеблется около своего положения равновесия, и вся пружина остается на первоначальном месте.

Таким образом, в бегущей волне происходит перенос энергии без переноса вещества.

Упругие волны – это механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде. Например, если по какому-нибудь металлическому телу ударить молотком, то в нем возникнет упругая волна.

Волны, в которых колебания происходят вдоль направления распространения волны, называют продольными.

Кроме продольных волн существуют и *поперечные волны*. Возьмем длинный резиновый шнур (рис. 8.8, а), один конец которого закреплен.

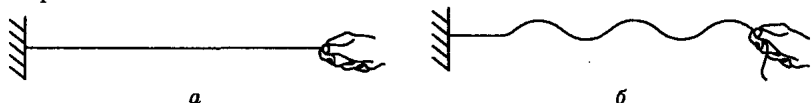


Рис. 8.8

Другой конец приведем в колебательное движение в вертикальной плоскости. Благодаря силам упругости, возникающим в шнуре, колебания будут распространяться вдоль шнура. В нем возникают волны (рис. 8.8, б), причем колебания частиц шнура происходят перпендикулярно направлению распространения волн.

Волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению их распространения, называются поперечными.

Движение частиц среды, в которой образуются как поперечные, так и продольные волны, можно наглядно продемонстрировать с помощью волновой машины (рис. 8.9).

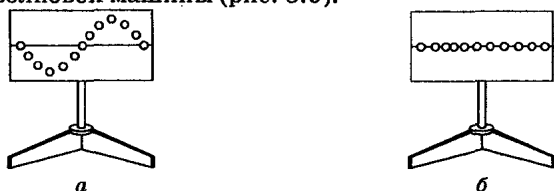


Рис. 8.9

На рис. 8.9, а показана поперечная волна, а на рис. 8.9, б — продольная.

Известно, что упругие силы при сдвиге слоев возникают только в твердых телах. В жидкостях и газах смежные слои свободно скользят друг по другу без появления противодействующих упругих сил. Раз нет упругих сил, то и образование упругих волн в жидкостях и газах невозможно. Поэтому *упругие поперечные волны могут распространяться только в твердых телах.*

При сжатии и разрежении (т.е. при изменении объема участков тела) упругие силы возникают как в твердых телах, так и в жидкостях и газах. Поэтому упругие продольные волны могут распространяться в любой среде — твердой, жидкой и газообразной.

Расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах, называют длиной волны:

$$\lambda = vT, \text{ или } \lambda = \frac{v}{\nu}$$

где v — скорость волны, T — период волны.

Формулы справедливы как для поперечных, так и для продольных волн.

Колеблющиеся тела могут являться источниками звуков.

Голоса людей, удары грома во время грозы, музыка, шум ветра... — все это звуки. Рассмотрим, как устроен камертон.

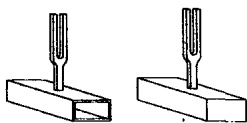


Рис. 8.10

Он представляет собой изогнутый металлический стержень на ножке. В данном случае камертон укреплен на резонаторном ящике (рис.8.10). Если по камертону ударить молоточком, он зазвучит. Колебания ветвей камертона незаметны. Но их можно обнаружить, если к звучащему камертону поднести маленький подвешенный на нити шарик (например, бусинку или пуговицу). Шарик будет периодически отскакивать, что свидетельствует о колебаниях ветвей камертона.

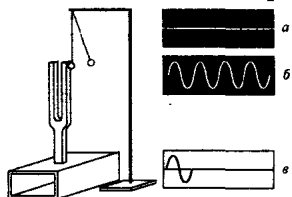


Рис. 8.11

Колебания звучащего камертона можно наблюдать иным способом. Для этого к одной ветви камертона прикрепим иголку и быстро проведем ее острием по закопченной стеклянной пластинке. Если камертон не звучал, на пластинке увидим прямую линию (рис. 8.11, а). Звучащий же камертон оставляет на пластинке след

в виде волнистой линии (рис. 8.11, б).

Одно полное колебание соответствует одному выступу и одной впадине этой линии (рис. 8.11, в).

Линия, изображенная на рисунке 8.11, б, очень близка к синусоиде. Таким образом, можно считать, что каждая ветвь звучащего камертона совершает гармонические колебания.

Различные опыты свидетельствуют о том, что любой источник звука обязательно колеблется (хотя чаще всего эти колебания незаметны для глаза). Например, звуки голосов людей и многих животных возникают в результате колебаний их голосовых связок, звучание духовых музыкальных инструментов, звук сирены, свист ветра, раскаты грома обусловлены колебаниями масс воздуха.

Но далеко не всякое колеблющееся тело является источником звука. Например, не издает звука колеблющийся грузик, подвешенный на нити или пружине. Исследования показали, что человеческое ухо способно воспринимать как звук механические колебания тел, происходящие с частотой от 20 до 20 000 Гц. Поэтому колебания, частоты которых находятся в этом диапазоне, называют *звуковыми*.

Механические колебания, частота которых превышает 20 000 Гц, называют *ультразвуковыми*, а колебания с частотами менее 20 Гц — *инфразвуковыми*. Следует отметить, что указанные границы звукового диапазона условны, так как зависят от возраста людей и индивидуальных особенностей их слухового аппарата. Обычно с возрастом верхняя частотная граница воспринимаемых звуков значительно понижается — некоторые пожилые люди могут слышать звуки с

частотами, не превышающими 6000 Гц. Дети же, наоборот, могут воспринимать звуки, частота которых несколько больше 20 000 Гц. Колебания, частоты которых больше 20 000 Гц или меньше 20 Гц, слышат некоторые животные.

Одна из характеристик звука — высота звука. Чем больше частота колебаний источника звука, тем выше издаваемый им звук.

Мы знаем, что ветви камертона совершают гармонические (синусоидальные) колебания. Таким колебаниям присуща только одна строго определенная частота. Гармонические колебания являются самым простым видом колебаний. Звук камертона является *чистым тоном*.

Чистым тоном называют звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.

Звуки от других источников (например, звуки различных музыкальных инструментов, голоса людей, звук сирены и многие другие) представляют собой совокупность гармонических колебаний разных частот, т.е. совокупность чистых тонов. Самую низкую (т.е. самую малую) частоту такого сложного звука называют *основной частотой*, а соответствующий ей звук определенной высоты — *основным тоном* (иногда его называют просто *тоном*). *Высоту сложного звука определяют именно высотой его основного тона.* Все остальные тоны сложного звука называют *обертонами*. Частоты всех обертонов данного звука в целое число раз больше частоты его основного тона (поэтому их называют также *высшими гармоническими тонами*).

Обертоны определяют *тембр* звука, т.е. такое его качество, которое позволяет нам отличать звуки одних источников от звуков других. Например, мы легко отличаем звук рояля от звука скрипки даже в том случае, если эти звуки имеют одинаковую высоту, т.е. одну и ту же частоту основного тона. Отличие же этих звуков обусловлено разным набором обертонов (совокупность обертонов различных источников может отличаться количеством обертонов, их амплитудами, сдвигом фаз между ними, спектром частот).

Таким образом, высота звука определяется частотой его основного тона: чем больше частота основного тона, тем выше звук.

Тембр звука определяется совокупностью его обертонов. Звук характеризуется громкостью. Громкость звука зависит от амплитуды колебаний: чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.

Громкость звука — это субъективное качество слухового ощущения, позволяющее располагать все звуки по шкале от тихих до громких.

В практике громкость звука принято характеризовать уровнем громкости звука, измеряемым в *фонах*, а в некоторых случаях в *белах* или *децибелах*. При листании газеты, например, издается звук громкостью ~ 20 дБ.

Звук распространяется во всех упругих телах — твердых, жидких и газообразных, но не может распространяться в безвоздушном пространстве. От свойств среды, в которой распространяется звук, зависит скорость звука, например, скорость звука в воздухе 340 м/с, а воде ~ 1500 м/с.

Поскольку звук — это волна, справедливы формулы

$$v = \frac{s}{t}, \quad v = \frac{\lambda}{T}, \quad v = v\lambda.$$

Звук способен отражаться от окружающих поверхностей (возникновение эха), а также поглощаться этими поверхностями. На свойстве звука отражаться от гладких поверхностей основано действие рупора (расширяющейся трубы). В рупоре волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука увеличивается.

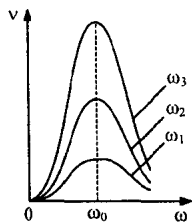


Рис.8.12

Если собственная частота звуковых колебаний совпадает с частотой вынуждающей силы, то наблюдается явление резонанса (рис. 8.12). В подтверждение этого можно продемонстрировать опыт.

Возьмем два камертона с одинаковыми собственными частотами, укрепленные на резонаторных ящиках и установленные на некотором расстоянии друг от друга. Один из камертонов приведем в колебание. Через некоторое время, прикоснувшись к нему рукой, его заглушают. Однако звук еще слышится. Его издает второй камертон. Если дотронуться и до него рукой, то звук исчезнет совсем. А так как второй камертон никто не возбуждал, то приходим к выводу: камертон возбужден звуковыми волнами, пришедшими к нему от первого камертона.

Если изменить частоту колебаний второго камертона, прикрепив к нему кусочек воска, то он не будет отзываться на колебания первого камертона, т.е. звука от него мы не услышим.

Если открыть крышку рояля и, нажав на педаль, громко произвести звук какой-нибудь высоты, то рояль отзовется звуком такой же высоты. Из всех струн рояля зазвучит только одна струна, настроенная на высоту произнесенного звука, остальные струны звучать не будут. Рассмотренное явление называют *звуковым резонансом*.

Тело, отзывающееся (*резонирующее*) на звук, называют *резонатором*. Всякое тело, способное звучать, может быть резонатором.

Когда камертон приводят в колебание, то совершают работу, т.е. камертону сообщают определенный запас энергии. Возбуждая звуковые колебания в воздухе, камертон расходует энергию. С течением времени запас энергии звучащего камертона уменьшается, уменьшается и громкость звука.

Для усиления звука камертоны часто устанавливают на так называемых *резонаторных ящиках* определенных размеров. При

звучании камертона в колебание приходит столб воздуха в ящике. Этот столб колеблется в резонанс с колебаниями камертона. Камертон, снабженный таким ящиком (резонатором), издает более громкий, но менее длительный звук (по закону сохранения энергии).

В музыкальных инструментах роль резонаторов выполняют части их корпусов. Например, в гитаре, скрипке и других подобных им струнных инструментах резонаторами служат деки.

Резонаторы способствуют усилению звука, издаваемого инструментами, и придают звуку характерную окраску — тембр, по которому можно отличить звучание одного инструмента от другого. Тембр звука зависит не только от формы и размера резонатора, но и от того, из какого дерева он изготовлен, и даже от состава лака, покрывающего его. Тембр определяется также материалом, из которого сделана струна, и даже тем, гладкая она или витая.

Источником голоса человека и многих животных являются голосовые связки — своеобразные струны. Под действием воздушной струи, идущей из легких, голосовые связки колеблются и издают слабый звук. Этот звук, проходя через естественные резонаторы — гортань и полость рта, усиливается и приобретает тот или иной тембр, свойственный голосу данного человека. По тембру голоса мы узнаем знакомых нам людей, не видя их.

Источники звука, частоты которых одинаковы и разность фаз их колебаний не изменяется со временем, называют когерентными.

Волны, создаваемые когерентными источниками, накладываются друг на друга, в результате чего происходит перераспределение энергии в пространстве. Если в данную точку пространства волны приходят в одинаковых фазах (рис. 8.13), т.е. разность хода волн равна целому числу длин волн λ , 2λ , 3λ и т.д., то они усиливают друг друга (максимум амплитуды колебаний — наибольшая громкость).

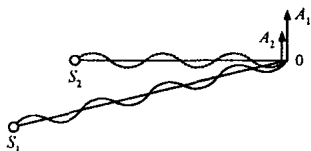


Рис. 8.13, а

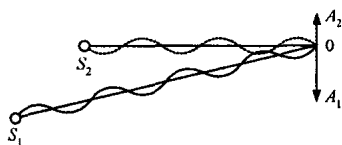


Рис. 8.13, б

Если разность хода равна нечетному числу полуволин $\left(\frac{\lambda}{2}, 3\frac{\lambda}{2}, 5\frac{\lambda}{2}, \dots\right)$, то в любой момент времени волны будут приходиться в противоположных фазах и гасить друг друга (минимум амплитуды колебаний, звука нет).

Явление сложения в пространстве волн, при котором образуется постоянное во времени распределение амплитуд результирующих колебаний, называют интерференцией.

2. Изучение силы трения, возникающей при скольжении деревянного бруска с грузами по горизонтальной поверхности. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей и рода поверхностей.

Для выполнения этой работы нужно оборудование: динамометр, набор грузов, деревянный брусок с крючком, широкая деревянная линейка.

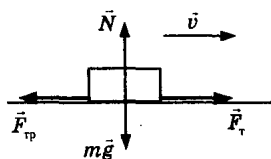


Рис. 8.14

На деревянную линейку положим брусок (рис. 8.14.). Зацепив брусок динамометром, брусок приведем в движение по деревянной линейке с постоянной скоростью. Снимем показания динамометра. При равномерном прямолинейном движении сила трения уравнивает силу

тяги, а сила реакции опоры – силу тяжести.

$$F = \mu N, N = mg.$$

Следовательно, $F = \mu mg$.

Рассчитаем коэффициент трения $\mu = \frac{F}{mg}$.

Если брусок во время перемещения с постоянной скоростью переворачивать разными гранями к поверхности скольжения, то приходим к выводу, что коэффициент трения не зависит от площади соприкосновения поверхностей.

При перемещении бруска по различного рода поверхностям (деревянная доска, пол, пластиковое покрытие стола) коэффициент трения меняется.

Коэффициент трения зависит от рода соприкасающихся поверхностей.

3. Задача на применение закона Ома для участка цепи.

Две электрические лампы сопротивлением 120 Ом каждая включены в сеть напряжением 240 В. Определите силу тока в каждой лампе при последовательном и параллельном соединениях ламп.

Дано:

$$R_1 = 120 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 120 \text{ Ом}$$

$$U = 240 \text{ В}$$

$$I_1 - ?$$

$$I_2 - ?$$

Решение:

При последовательном соединении ламп (рис. 8.15):

$$R_0 = R_1 + R_2, I = \frac{U}{R_0}, I = \frac{U}{R_1 + R_2},$$

$$I = \frac{240 \text{ В}}{120 \text{ Ом} + 120 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$$

При параллельном включении ламп (рис. 8.16): $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$,

(согласно закону Ома)

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}; I_1 = \frac{2U}{R}, I_2 = \frac{2 \cdot 240 \text{ В}}{120 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}.$$

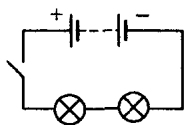


Рис. 8.15

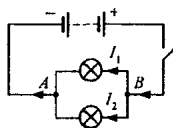


Рис. 8.16

Ответ: 1 А, 4 А.

БИЛЕТ № 9

1. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое движение атомов и молекул. Броуновское движение и диффузия.

Один из основоположников о молекулярном строении вещества — русский ученый М.В. Ломоносов. Согласно его теории: *все тела состоят из молекул, молекулы находятся в постоянном движении и взаимодействуют между собой.*

Хаотическое движение молекул называют *тепловым движением*. Интенсивность теплового движения возрастает с увеличением температуры.

Между молекулами существуют силы притяжения и отталкивания. Свойства вещества и его агрегатное состояние зависят от того, что доминирует: силы притяжения или тепловое движение.

Вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. В твердых телах концентрация молекул высокая и доминирующими являются силы взаимодействия. Поэтому твердые тела обладают свойством сохранять форму и объем. Молекулы твердых тел находятся в постоянном движении, но каждая молекула движется около положения равновесия.

В жидкостях концентрация меньше, значит меньше и силы взаимодействия, поэтому жидкость сохраняет объем, но легко меняет форму. В газах силы взаимодействия совсем невелики, так как расстояние между молекулами газа в несколько десятков раз больше размеров самих молекул, поэтому газ занимает весь предоставленный ему объем.

О строении вещества позволяют судить некоторые явления и опыты.

- Стальной шарик, который свободно проходит в кольцо, после нагревания в нем застревает.
- При нагревании жидкости увеличивается ее уровень.
- Мяч можно сжать.

Эти опыты позволяют сделать вывод: все тела состоят из частиц, между которыми есть промежутки. Такие частицы получили название *молекул*. Молекулы одного и того же вещества одинаковы.

Молекулы в свою очередь тоже делимы. Частицы, из которых состоят молекулы, называют *атомами*. Атомы тоже делимы.

В подтверждение того, что молекулы движутся, можно провести опыт: если в комнату внести сильно пахнущее вещество, то через некоторое время его запах распространится по всей комнате. Если в чай добавить молоко, то (даже не перемешивая жидкости) через некоторое время можно увидеть, что жидкость стала однородной.

Наиболее наглядным подтверждением беспорядочного теплового движения атомов и молекул является броуновское движение — движение мелких частиц, взвешенных в жидкости или газе. Беспорядочное движение мелких твёрдых частиц, находящихся в жидкостях или газах, впервые обнаружил в 1827 г. английский ботаник Р. Броун при наблюдении в микроскоп. Молекулы жидкости или газа сталкиваются с твёрдой частицей и изменяют направление и модуль скорости её движения. Число молекул, ударяющих частицу с различных сторон, и направление передаваемого ими импульса не постоянны во времени.

Факт существования броуновского движения свидетельствует о молекулярном строении вещества и беспорядочном движении молекул.

Взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие беспорядочного движения частиц вещества называют диффузией. В газах диффузия происходит быстрее, чем в жидкостях. Объясняется это тем, что расстояние между молекулами в газах больше, чем в жидкостях. В твердых телах тоже происходит диффузия, но для этого требуется много времени. При спайке металлических изделий происходит диффузия. На явлении диффузии основана засолка овощей, рыбы, сала. Благодаря диффузии молекулы воздуха попадают в воду.

О том, что молекулы отталкиваются, говорит тот факт, что сжатое тело стремится распрямиться (упругая деформация), а жидкость трудно сжать.

Знания о строении вещества позволяют не только объяснять физические явления, но и управлять ими. Зная строение тела, можно создавать новые вещества с уже заданными свойствами, например пластмасса и резина.

В зависимости от условий одно и то же вещество может находиться в различных состояниях: в твердом, жидком или газообразном. Наглядным примером этому служат лед, вода и водяной пар. Эти состояния называют *агрегатными состояниями*.

Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое широко используют в практике. В металлургии, например, плавят металлы, чтобы получить из них сплавы: чугун, сталь, бронзу и др. Пар, полученный из воды при ее нагревании, используют на электростанциях в паровых турбинах и для многих других технических целей. Сжиженными газами пользуются в холодильных установках.

В природе изменение агрегатных состояний происходит в широких масштабах. С поверхности океанов, морей, озер и рек испаряется вода, а при охлаждении водяного пара образуются облака, роса, туман или снег. Реки и озера зимой замерзают, а весной снег и лед тают.

Молекулы одного и того же вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях одни и те же, они ничем не отличаются друг от друга. То или иное агрегатное состояние вещества определяется расположением и характером движения и взаимодействия молекул.

В газах при атмосферном давлении расстояния между молекулами много больше размера самих молекул, поэтому сила притяжения молекул газа мала. Кинетическая энергия молекул газа вполне достаточна, чтобы совершить работу по преодолению сил молекулярного притяжения. Поэтому, если газу не мешают стенки сосуда, его молекулы разлетаются.

В жидкостях и твердых телах, плотность которых во много раз больше плотности газа, молекулы расположены ближе друг к другу. Средняя кинетическая энергия их уже недостаточна для того, чтобы совершить работу по преодолению сил молекулярного притяжения. Поэтому молекулы в жидкостях и особенно в твердых телах не могут далеко удаляться друг от друга.

2. Получение действительного изображения предмета в собирающей линзе. Проверка предположения: при приближении предмета к собирающей линзе на некоторое расстояние его четкое изображение удаляется на такое же расстояние.

Для выполнения работы необходимы: линза, предмет, изображение которого получаем (электрическая лампочка на подставке или зажжённая свеча), экран, направляющая линейка, измерительная линейка.

Расположим предмет перед линзой так, чтобы на экране получилось четкое увеличенное изображение предмета.

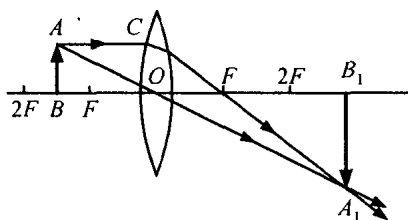


Рис. 9.1

Для построения изображения АВ достаточно использовать два удобных луча, рис 9.1. Из точки А проведем прямую АС параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот

луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки А. Восставим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки В. Соединим изображения точек А и В.

Изображение A_1B_1 получилось обратным, действительным, увеличенным.

Для данного случая справедлива формула:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Если будем приближать предмет к линзе, то её изображение удаляется. Измерения показывают, что насколько мы приближаем предмет к линзе, настолько его изображение удаляется от линзы.

3. Задача на применение закона всемирного тяготения.

Два корабля массой по 50 т каждый стоят на рейде на расстоянии 1000 м один от другого. Какова сила притяжения между ними? Гравитационная постоянная равна $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Дано:

$$m_1 = m_2 = 50 \text{ т} = 50\,000 \text{ кг.}$$

$$R = 1000 \text{ м}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

$$F = ?$$

Решение:

Силу притяжения между кораблями найдём, применяя закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}. F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{50000 \text{ кг} \cdot 50000 \text{ кг}}{1000 \text{ м} \cdot 1000 \text{ м}} \approx 0,17 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 0,17 \text{ Н.}$

БИЛЕТ № 10

1. Тепловое равновесие. Температура. Измерение температуры. Связь температуры со скоростью хаотического движения молекул.

В окружающем нас мире происходят различные физические явления, которые связаны с нагреванием и охлаждением тел. Если смешать горячую и холодную воду, то по истечении некоторого времени горячая вода остынет, а холодная — нагреется. Степень нагретости тел характеризуется *температурой* тел. Температуру измеряют с помощью термометра и выражают в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Смесь воды станет одинаковой температуры, то есть наступит тепловое равновесие.

Если пронаблюдать явление диффузии, например в жидкостях, при различных температурах, то диффузия при более высокой температуре происходит быстрее. Это означает, что скорость движения молекул тем больше, чем выше температура. То есть *эти две физические величины взаимно связаны*. Одно и то же вещество, находясь в теплом или холодном состоянии, отличается лишь тем, что скорости молекул разные.

Явления, связанные с нагреванием или охлаждением тел с изменением температуры, называются *тепловыми*.

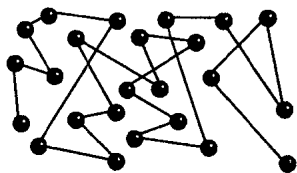


Рис. 10.1.

Молекулы, из которых состоит тела, находятся в непрерывном беспорядочном движении. Каждая молекула движется по очень сложной траектории. При своём движении они сталкиваются друг с другом и стенками сосуда (в жидкостях и газах). В результате этого они изменяют направление скорости. Их

движение можно представить рис 10.1.

Беспорядочное движение частиц, из которых состоят тела, называют тепловым движением.

В газах и жидкостях молекулы перемещаются относительно друг друга, совершают колебательные и вращательные движения. В твёрдых телах молекулы колеблются около своих средних положений равновесия.

В тепловом движении участвуют все молекулы тела. С изменением теплового движения молекул изменяется состояние тела. Оно может находиться в твёрдом, жидком или газообразном состоянии. Например, при повышении температуры льда, находящегося изначально при температуре -10°C , лёд нагревается, при температуре 0°C он плавится, далее образовавшаяся из льда вода нагревается и может превратиться в пар. С ростом температуры скорость молекул увеличивается, то есть увеличивается их кинетическая энергия.

2. Наблюдение действительных изображений предмета, полученных при помощи собирающей линзы. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости размеров изображения и расстояния до него от расстояния до источника света.

Для выполнения работы необходимы: линза, предмет, изображение которого получаем (электрическая лампочка на подставке или зажжённая свеча), экран, направляющая линейка.

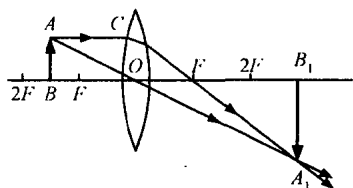


Рис. 10.2

Расположим предмет перед линзой так, чтобы на экране получилось чёткое увеличенное изображение предмета.

Для построения изображения АВ достаточно использовать два удобных луча, рис 10.2. Из точки А проведем прямую АС параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки А. Восста-

вим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки В. Соединим изображения точек А и В.

Изображение A_1B_1 получилось обратным, действительным, увеличенным.

Если будем приближать предмет к линзе, то её изображение удаляется и при этом увеличивается.

Когда предмет находится в фокусе линзы, изображение исчезает. После преломления лучи идут параллельным пучком света, что следует и из построения.

Если предмет удалять от линзы, то изображение предмета уменьшается, а в точке двойного фокуса размеры предмета и размеры изображения равны.

Построение можно осуществить теми же удобными лучами.

3. Задача на применение закона сохранения механической энергии.

Определите скорость тела на высоте 72 м, если его бросили вверх со скоростью 20 м/с. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Дано: $h = 72 \text{ м}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$ $v_0 = 20 \text{ м/с}$ $v = ?$	Решение: Запишем закон сохранения механической энергии: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$, отсюда $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$, $v = \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} 72 \text{ м}} = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$
---	--

Ответ: $v = 16 \text{ м/с}$.

БИЛЕТ № 11

1. Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии тела. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.

Существуют два вида механической энергии: потенциальная и кинетическая.

Потенциальной называют энергию, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела, например, потенциальной энергией обладают камень, поднятый над землей, сжатая или растянутая пружина.

Кинетической энергией обладают движущиеся тела: текущая вода, ветер, катящийся мяч, летящая пуля. Кинетическая энергия зависит от массы движущегося тела и от его скорости.

При взаимодействии тел одна энергия может переходить в другую. При падении шара с некоторой высоты его потенциальная энергия уменьшается, так как шар опускается все ниже и ниже. Зато постепенно увеличивается кинетическая энергия шара, так как уве-

личивается его скорость. Происходит превращение потенциальной энергии тела в кинетическую. Если шар ударился о свинцовую плиту и остановился, то кинетическая и потенциальная энергии его относительно плиты в этот момент будут равны нулю. Однако *шар и плита при ударе деформировались. Если измерить после удара температуру шара и плиты, то обнаруживается, что они нагрелись.*

При нагревании тела увеличивается средняя скорость движения молекул, следовательно, увеличивается их средняя кинетическая энергия. При деформации же тела изменяется взаимное расположение его молекул, поэтому изменяется и их потенциальная энергия. Таким образом, механическая энергия, которой обладал вначале шар, не исчезла, она перешла в энергию молекул.

Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела.

Внутренняя энергия тела не зависит ни от механического движения тела, ни от положения этого тела относительно других тел.

Кинетическая и потенциальная энергии одной молекулы очень малы, так как мала масса молекулы. Но молекул в теле очень много, поэтому внутренняя энергия тела, равная сумме энергий всех молекул, достаточно велика.

Внутренняя энергия тела не является какой-то постоянной величиной: у одного и того же тела она может изменяться. *При повышении температуры внутренняя энергия тела увеличивается, так как увеличивается средняя скорость.*

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: путем совершения работы и теплопередачей.

Изменение внутренней энергии тела за счет совершения работы можно продемонстрировать на опыте (рис. 11.1).

В тонкостенную латунную трубку нальём немного эфира и плотно закроем пробкой. Обовьём трубку верёвкой и будем быстро двигать её то в одну сторону, то в другую.

Через некоторое время эфир закипит и пар вытолкнет пробку. Этот опыт показывает, что внутренняя энергия эфира увеличилась, так как он нагрелся и даже закипел. *Увеличение внутренней энергии произошло за счет работы, совершенной при натирании трубки веревкой.*

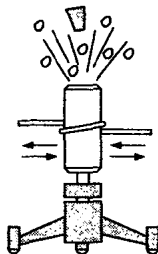


Рис. 11.1

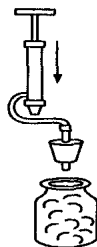


Рис. 11.2

Тела нагреваются также при ударах, разгибании и сгибании, вообще при деформации. Во всех этих случаях за счет совершенной работы увеличивается внутренняя энергия тел.

Если же работу совершает само тело, то его внутренняя энергия уменьшается. Это можно наблюдать на следующем опыте (рис. 11.2).

Через специальное отверстие в сосуд накачивают воздух, в котором содержится водяной пар. Через некоторое время пробка выскакивает из сосуда. В тот момент, когда пробка выскакивает, в сосуде появляется туман. Следовательно, его внутренняя энергия уменьшилась. Объясняется это тем, что находящийся в сосуде сжатый воздух, выталкивая пробку, совершает работу. Эту работу он совершает за счет своей внутренней энергии, которая при этом уменьшается. Об уменьшении энергии мы судим по охлаждению воздуха в сосуде.

Внутреннюю энергию тела можно изменить и другим способом — *теплопередачей*. Чайник с водой, стоящий на плите, металлическая ложка, опущенная в стакан с горячей водой, печь, в которой разведен огонь, крыша дома, освещаемая солнцем, нагреваются. Во всех случаях повышается температура тел, а значит, увеличивается их внутренняя энергия.

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом называют теплопередачей.

Если смешать горячую и холодную воду, результаты эксперимента показывают, что количество теплоты, отданное горячей водой, равно количеству теплоты, полученное холодной водой.

При переходе энергии от одного тела к другому энергия сохраняется.

Эта формулировка носит название закона сохранения энергии к тепловым процессам.

2. Исследование условий равновесия рычага под действием груза и пружины динамометра. Построение графика зависимости показаний динамометра от расстояния груза до оси вращения.

Для проведения этой работы необходимо иметь: рычаг, имеющий ось вращения, штатив, на который надевается рычаг, набор грузов, динамометр, измерительную линейку, штатив.

Соберем установку (рис. 11.3). Подвесим груз, например, к правому плечу рычага, а к другому плечу прикрепим динамометр так, чтобы рычаг находился в равновесии.

Измерим плечи рычага и запишем силу тяжести груза.

Так как рычаг находится в равновесии, то выполняется правило моментов сил. Алгебраическая сумма моментов сил, действующих на тело, относительно любой точки равна нулю.

$$M_1 = M_2, M_1 = F_1 l_1, M_2 = F_2 l_2.$$

При расчете равенство выполняется.

Из уравнения $F_1 l_1 = F_2 l_2$ следует, что показания динамометра прямо пропорциональны расстоянию груза до оси вращения. Графиком такой зависимости является прямая, проходящая через начало координат, рис. 11.4, что и подтверждается результатами опытов.

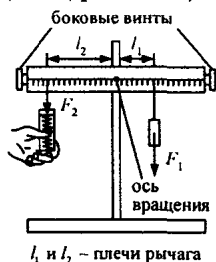


Рис. 11.3

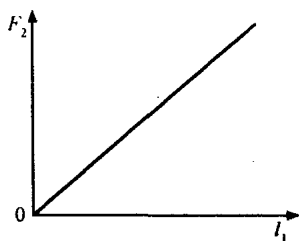


Рис. 11.4

3. Задача на расчет сопротивления проводника.

Электрический паяльник мощностью 110 Вт включен в сеть напряжением 220 В. Рассчитайте сопротивление паяльника и длину нихромовой проволоки паяльника, если сечение провода 1 мм^2 , а удельное сопротивление нихрома $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Дано:

$$P = 110 \text{ Вт}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$l - ? \quad R - ?$$

Решение:

Запишем уравнение для мощности тока:

$$P = IU = \frac{U^2}{R}. \text{ Согласно закону Ома } I = \frac{U}{R},$$

$$\text{тогда } R = \frac{U^2}{P} = \frac{220 \text{ В} \cdot 220 \text{ В}}{110 \text{ Вт}} = 440 \text{ Ом};$$

$$R = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow l = \frac{RS}{\rho};$$

отсюда определим длину нихромовой проволоки:

$$l = \frac{440 \text{ Ом} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}} = 400 \text{ м}.$$

Ответ: 440 Ом, 400 м.

БИЛЕТ № 12

1. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Примеры теплопередачи в природе и технике.

Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела.

Внутренняя энергия тела не зависит ни от механического движения тела, ни от положения этого тела относительно других тел.

Кинетическая и потенциальная энергии одной молекулы очень малы, так как мала масса молекулы. Но молекул в теле очень много, поэтому внутренняя энергия тела, равная сумме энергий всех молекул, достаточно велика.

Внутренняя энергия тела не является какой-то постоянной величиной: у одного и того же тела она может изменяться. При повышении температуры внутренняя энергия тела увеличивается, так как увеличивается средняя скорость.

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: путем совершения работы и теплопередачей.

Чайник с водой, стоящий на плите, металлическая ложка, опущенная в стакан с горячей водой, печь, в которой разведен огонь, крыша дома, освещаемая солнцем, нагреваются. Во всех случаях повышается температура тел, а значит, увеличивается их внутренняя энергия.

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом называют теплопередачей.

Перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия частиц называют теплопроводностью.

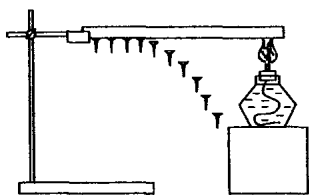


Рис. 12.1

Теплопроводность можно наблюдать на следующем опыте (рис. 12.1).

Закрепим один конец толстой медной проволоки в штативе, а к проволоке прикрепим воском несколько гвоздиков. При нагревании свободного конца проволоки в пламени спиртовки воск плавится и гвоздики постепенно отпа-

дают от проволоки. Сначала отпадут те, которые расположены ближе к пламени, затем по очереди все остальные. Это происходит потому, что сначала увеличиваются скорости колебательного движения частиц металла в том конце проволоки, который ближе к пламени. Температура этого конца повышается. В результате взаимодействия увеличивается скорость движения соседних частиц, т.е. повышается температура следующей части проволоки. Затем увеличивается скорость колебаний следующих частиц и т.д.

При теплопроводности само вещество не перемещается от одного конца тела к другому.

Различные вещества имеют разную теплопроводность. В этом можно убедиться, если повторить этот опыт со стержнями из разных металлов. Большую теплопроводность имеют металлы, особенно серебро и медь.

У жидкостей (за исключением расплавленных металлов), например ртути, теплопроводность невелика. У газов теплопроводность еще меньше, так как молекулы их находятся относительно далеко друг от друга. Соударения молекул происходят поэтому реже, и энергия от одних молекул к другим передается медленнее.

Шерсть, пух, мех и другие пористые тела между своими волокнами содержат воздух, поэтому обладают плохой теплопроводностью, они защищают тело животных от охлаждения.

Очень малую теплопроводность имеет сильно разреженный газ. Объясняется это тем, что *теплопроводность, т.е. перенос энергии от одной части тела к другой, осуществляют молекулы или другие частицы*, следовательно, там, где частиц очень мало, теплопроводность также очень мала.

Вещества с малой теплопроводностью применяют там, где нужно предохранить тело от охлаждения или нагревания. Например, кирпичные стены хорошо предохраняют воздух в комнате от охлаждения. Погреб обкладывают соломой, опилками, землей, которые обладают плохой теплопроводностью, поэтому продукты, находящиеся в погребе, предохраняют от нагревания. Для этого же между двойными стенками холодильных камер прокладывают пористые тела, например пенопласт.

Существует другой способ теплопередачи, который называют *конвекцией*.

При конвекции энергия переносится самими струями газа или жидкости. Воздух, который соприкасается с плитой или лампой, нагревается от ее поверхности и расширяется. Плотность расширившегося воздуха меньше плотности холодного, поэтому слои теплого воздуха всплывают в холодном воздухе. Ведь архимедова сила, действующая на теплый воздух со стороны холодного снизу вверх, больше, чем сила тяжести, действующая на теплый воздух, направленная вниз. Затем прогревается и начинает двигаться вверх следующий слой холодного воздуха и т.д.

Конвекция происходит в наших жилых комнатах, благодаря чему воздух в них нагревается. Благодаря конвекции воздух вблизи потолка комнаты теплее, чем вблизи пола. Это можно проверить, помещая комнатный термометр в верхнюю и нижнюю части комнаты.

В твердых телах конвекция происходить не может. При нагревании твердого тела в нем не могут образовываться потоки вещества.

Третий вид теплопередачи носит название *излучения*.

Возьмем теплоприемник — прибор, представляющий собой плоскую круглую коробку, одна сторона которой отполирована, как зеркало, а другая покрыта черной матовой краской. Внутри коробки находится воздух, который может выходить через отверстие в теплоприемнике. Соединим теплоприемник с жидкостным манометром (рис. 12.2) и поднесем к теплоприемнику сбоку электрическую включенную лампу или любой другой нагретый предмет. Мы заметим, что столбик жидкости в манометре переместился. Очевидно, воздух в теплоприемнике нагрелся и расширился.

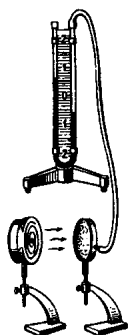


Рис. 12.2

Передача энергии излучением отличается от других видов теплопередачи тем, что она может осуществляться в полном вакууме. Излучением передается на Землю и солнечная энергия. Излучают энергию все тела при любой температуре: тело человека, печь, электрическая лампа. Но чем выше температура тела, тем больше энергии передает оно путем излучения.

Если теплоприемник повернуть к нагретому телу сначала черной, а затем блестящей стороной, то столбик жидкости в трубке манометра будет перемещаться в первом случае на большее расстояние, чем во втором. Это показывает, что тела с темной поверхностью лучше поглощают энергию и сильнее нагреваются. Оказывается, что тела с темной поверхностью и быстрее охлаждаются путем излучения. Например, в светлом чайнике горячая вода дольше не остывает, чем в темном.

Способность тел по-разному поглощать энергию излучения использует человек. Например, воздушные шары и крылья самолетов красят серебристой краской, чтобы они не нагревались солнцем. Если же нужно использовать солнечную энергию, например, для нагревания некоторых приборов, установленных на искусственных спутниках Земли, то эти части окрашивают в темный цвет.

2. Измерение удлинения пружины от веса груза, подвешенного к ней. Построение графика зависимости удлинения пружины от веса груза.

Для выполнения работы необходимы: динамометр, набор грузов, измерительная линейка, штатив.

Закрепив динамометр на штативе, отметим положение указателя динамометра (рис.12.3). Подвесим к динамометру один груз, масса которого известна, и измерим удлинение пружины в метрах (Δx).

Подвесим к динамометру два груза, потом три и четыре груза, каждый раз измеряя удлинение пружины.

По данным измерений строим график зависимости удлинения пружины от веса груза.

Зависимость выражается графиком, рис.12.4.

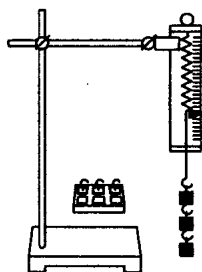


Рис 12.3

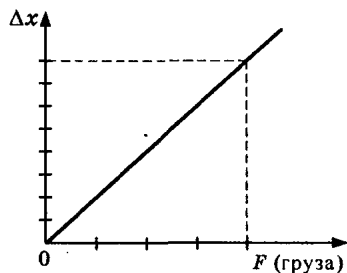


Рис. 12.4.

3. Задача на расчёт общего сопротивления последовательного и параллельного соединения проводников.

1. Две электрические лампы сопротивлением 120 Ом каждая включены в сеть напряжением 240 В. Определите силу тока в каждой лампе при последовательном и параллельном соединениях ламп.

Дано: $R_1 = 120 \text{ Ом}$ $R_2 = 120 \text{ Ом}$ $U = 240 \text{ В}$	Решение: При последовательном соединении ламп (рис. 12.5): $R_0 = R_1 + R_2, I = \frac{U}{R_0}, I = \frac{U}{R_1 + R_2},$ $I = \frac{240 \text{ В}}{120 \text{ Ом} + 120 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$
$I_1 - ?$	
$I_2 - ?$	

При параллельном включении ламп (рис. 12.6): $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, (согласно закону Ома) $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}; I_1 = \frac{2U}{R}; I_2 = \frac{2 \cdot 240 \text{ В}}{120 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}.$

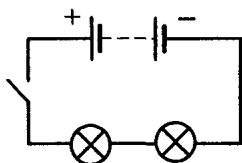


Рис. 12.5

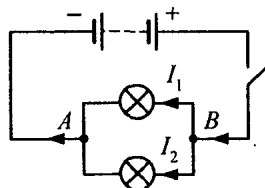


Рис. 12.6

Ответ: 1 А, 4 А.

БИЛЕТ № 13

1. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость. Плавление. Кристаллизация.

Энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче, называется количеством теплоты.

Количество теплоты, которое необходимо для нагревания тела, зависит от массы тела и от разности температур тела.

Если взять одинаковые по массе, но сделанные из *разных веществ* тела и сообщить им одинаковое количество теплоты, то измерения показывают, что они нагрелись до разных температур. Следовательно, *количество теплоты, которое необходимо для нагревания тела, зависит от того, из какого вещества оно состоит, то есть от рода вещества.*

Физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать телу массой 1 кг для того, чтобы его температура изменилась на 1 °С, называется удельной теплоёмкостью вещества.

Удельная теплоёмкость обозначается буквой c и измеряется в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Чтобы рассчитать количество теплоты, необходимое для нагревания тела или выделяемое им при охлаждении, следует удельную теплоёмкость умножить на массу тела и на разность между конечной и начальной температурами.

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где m — масса тела, $(t_2 - t_1)$ — разность температур.

Если изменять внутреннюю энергию тела, то можно перевести его из одного агрегатного состояния в другое.

Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют плавлением.

Чтобы расплавить тело, нужно сначала нагреть его до определенной температуры.

Температуру, при которой вещество плавится, называют температурой плавления вещества. Каждому веществу соответствует своя температура плавления.

Переход вещества из жидкого состояния в твердое называют отвердеванием или кристаллизацией.

Температуру, при которой вещество отвердевает (кристаллизуется), называют температурой отвердевания или кристаллизации.

Опыт показывает, что вещества отвердевают при той же температуре, при которой плавятся (рис.13.1).

В течение всего времени плавления температура вещества не изменяется, хотя подвод тепла происходит.

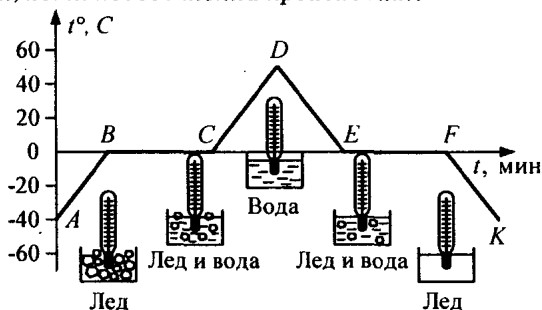


Рис. 13.1

Горизонтальные участки графика соответствуют моменту плавления вещества. Температура на этом участке остается неизменной. Наклонный участок графика соответствует нагреванию вещества до температуры плавления.

В твердом веществе молекулы (или атомы) расположены в строгом порядке и перемещаются около положения равновесия. При

нагревании тела средняя скорость движения молекул возрастает, следовательно, возрастает и их средняя кинетическая энергия и температура. Когда тело нагреется до температуры плавления, то *порядок в расположении частиц в кристаллах нарушится*. Кристаллы теряют свою форму: вещество плавится, переходя из твердого состояния в жидкое.

Вся энергия, которую получает кристаллическое тело при температуре плавления, расходуется на разрушение кристалла, поэтому температура тела в этот момент времени не изменяется.

Физическую величину, показывающую, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние, называют удельной теплотой плавления.

Удельную теплоту плавления обозначают λ . Ее единица — 1 Дж/кг.

При температуре плавления внутренняя энергия вещества в жидком состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в твердом состоянии.

Проведенные опыты показывают, что при *отвердевании кристаллического вещества выделяется точно такое же количество теплоты, которое поглощается при его плавлении.*

При отвердевании вещества все происходит в обратном порядке: средняя кинетическая энергия и скорость молекул в охлажденном расплавленном веществе уменьшаются.

Кристаллизация облегчается, если в жидкости с самого начала присутствуют какие-нибудь посторонние частицы, например пылинки. Они становятся центрами кристаллизации. В обычных условиях в жидкости имеется множество центров кристаллизации, около которых и происходит образование кристалликов.

Чтобы вычислить количество теплоты Q , необходимое для плавления кристаллического тела массой m , взятого при его температуре плавления и нормальном атмосферном давлении, нужно удельную теплоту плавления умножить на массу тела:

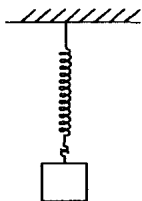
$$Q = \lambda m.$$

Количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации тела массой m , определяется той же формулой.

2. Проверка предположения: при увеличении массы груза пружинного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.

Для выполнения работы необходимы: динамометр, набор грузов, измерительная линейка, штатив, секундомер.

Закрепив динамометр на штативе (рис. 13.2) подвесим к динамометру груз и выведем систему из состояния равновесия.



Период колебаний пружинного маятника определяется по формуле:

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

Рис. 13.2

Время одного колебания определим как $T = t/n$, где t — время, например, 20 колебаний, n — число колебаний за это время.

При увеличении массы в 4 раза период уменьшается в 2 раза, что подтверждается результатами эксперимента.

3. Задача на расчёт пути или скорости при равноускоренном движении.

С горки длиной 50 м сани скатились за 10 с. Какую скорость они приобрели в конце горы?

Дано:	Решение:
$S = 50 \text{ м}$	Конечная скорость при равноускоренном движении определяется по формуле: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$. В проекции на направление движения $v = at$ (1), $v_0 = 0$.
$t = 10 \text{ с}$	
$v = ?$	

С учётом последнего, $s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2}$ (2).

Подставим значение ускорения из формулы (2) в формулу (1).

$$v = \frac{2s}{t^2} \cdot t = \frac{2s}{t}, \quad v = \frac{2 \cdot 50 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 10 м/с.

БИЛЕТ № 14

1. Испарение. Конденсация. Кипение. Влажность воздуха.

Молекулы жидкости непрерывно движутся с разными скоростями. Если какая-нибудь достаточно «быстрая» молекула окажется у поверхности жидкости, то она может преодолеть притяжение соседних молекул и вылететь из жидкости. Вылетевшие с поверхности жидкости молекулы образуют над нею пар. У оставшихся молекул жидкости при соударениях меняются скорости, некоторые из молекул приобретают при этом скорость, достаточную для того, чтобы, оказавшись у поверхности, тоже вылететь из жидкости. Идет процесс испарения.

Скорость испарения зависит от рода жидкости. Быстрее испаряется та жидкость, молекулы которой притягиваются друг к другу с меньшей силой.

Испарение происходит тем быстрее, чем выше температура жидкости.

Чем выше температура жидкости, тем большее число молекул способны преодолеть силы притяжения окружающих молекул и вылететь с поверхности жидкости.

Скорость испарения жидкости зависит от площади ее поверхности.

Чем больше площадь поверхности жидкости, тем большее число молекул участвует в процессе парообразования.

Одновременно с переходом молекул из жидкости в пар происходит и обратный процесс. Беспорядочно двигаясь над поверхностью жидкости, часть молекул, покинувших ее, снова в нее возвращается вследствие притяжения молекулами жидкости поверхностного слоя. В открытом сосуде масса жидкости вследствие испарения постепенно уменьшается, так как большинство молекул пара рассеивается в воздухе, не возвращаясь в жидкость. Но небольшая часть их возвращается обратно в жидкость, замедляя этим испарение жидкости. Поэтому *при ветре*, который уносит молекулы пара, *испарение жидкости происходит быстрее.*

Так как при испарении жидкость покидают наиболее быстрые молекулы, то средняя скорость остальных молекул жидкости становится меньше. Следовательно, и средняя кинетическая энергия остающихся в жидкости молекул уменьшается. Это означает, что *внутренняя энергия испаряющейся жидкости уменьшается, и жидкость охлаждается.*

Выходя из воды даже в жаркий день, мы чувствуем прохладу. Вода, испаряясь с поверхности нашего тела, отнимает от него некоторое количество теплоты.

Явление превращения пара в жидкость называют конденсацией. Конденсация пара сопровождается выделением энергии.

Летним вечером, когда воздух становится холоднее, выпадает роса. Это водяной пар, находившийся в воздухе, при охлаждении конденсируется, и маленькие капельки воды оседают на траве и листьях.

Кипение — это интенсивный процесс испарения жидкости. Температуру, при которой жидкость кипит, называют температурой кипения. Во время кипения температура жидкости не изменяется.

По мере нагревания воды пузырьки воздуха, растворенные в воде, становятся крупнее и многочисленнее. С ростом размеров пузырьков возрастает и архимедова сила, выталкивающая их из воды, и они всплывают. При определенной температуре с приближением к поверхности объем пузырьков резко возрастает. На поверхности они лопаются, и находившийся в них водяной пар выходит в атмосферу — вода кипит.

Физическую величину, показывающую, какое количество теплоты необходимо, чтобы обратить жидкостью массой 1 кг в пар без изменения температуры, называют удельной теплотой парообразования.

Удельную теплоту парообразования обозначают буквой L , ее единица — $1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

При температуре кипения внутренняя энергия вещества в парообразном состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в жидком состоянии.

Соприкасаясь с холодным предметом, водяной пар конденсируется, при этом выделяется энергия, поглощенная при образовании пара. Точные опыты показывают, что, *конденсируясь, пар отдает то количество энергии, которое пошло на его образование*. Освобождающаяся при конденсации пара энергия может быть использована на крупных тепловых электростанциях: отработавшим в турбинах паром нагревают воду. Нагретую таким образом воду используют для отопления зданий, в банях, прачечных и для других бытовых нужд.

Чтобы вычислить количество теплоты, необходимое для превращения жидкости массой m , взятой при температуре кипения в пар, нужно удельную теплоту парообразования умножить на массу: $Q = \rho m$.

Количество теплоты, которое выделяет пар массой m , конденсируясь при температуре кипения, определяют по той же формуле.

В окружающем нас воздухе вследствие непрерывного испарения воды с поверхности водоёмов и растительных покровов всегда содержатся водяные пары. Чем больше водяных паров находится в объёме воздуха, тем ближе пар к состоянию насыщения, но чем выше температура воздуха, тем большее количество водяных паров необходимо для его насыщения!

Степень влажности воздуха определяется количеством паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

Абсолютная влажность ρ (плотность водяного пара) показывает, сколько граммов водяного пара содержится в 1 м^3 воздуха при данной температуре.

Это количество водяного пара при данной температуре сравнивают с количеством насыщенного пара при этой же температуре.

Относительной влажностью воздуха ϕ называют отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности ρ_0 насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженной в процентах.

Относительную влажность воздуха определяют по формуле:

$$\phi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%.$$

Влажность воздуха определяют приборы: гигрометры и психрометры.

Определение влажности имеет огромное значение при исследовании различных явлений в атмосфере, для производства. Например, на заводах, где может накапливаться статическое электриче-

ство, недопустима низкая влажность воздуха. В музеях, библиотеках поддерживается строго определённая влажность. Нормальная влажность воздуха порядка 60% – 70%.

2. Измерение фокусного расстояния и расчёт оптической силы собирающей линзы.

Для выполнения этой работы в качестве удалённого источника света используем свет, идущий от окна в кабинете, где проходит экзамен, собирающая линза, измерительная линейка, экран.

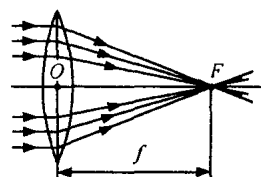


Рис. 14.1

При проведении опыта встанем у противоположной стены от окна.

С помощью линзы добиваемся получения четкого изображения окна на экране. Измеряем расстояние от линзы до экрана. Это и будет фокус линзы F .

Так как лучи падают от удалённого источника света, будем считать их параллельными, рис.14.1, а расстояние от источника света до экрана d стремится к ∞ . Тогда формула линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, принимает вид:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f}, F = f.$$

Оптическая сила линзы определится по формуле: $D = \frac{1}{F}$.

Фокусное расстояние измеряется в метрах.

Оптическая сила измеряется в диоптриях: 1дптр = $\frac{1}{\text{м}}$.

3. Задача на применение закона Гука.

На рис. 14.2 представлены графики зависимости удлинения от модуля приложенной силы для стальной (1) и медной (2) проволок равной длины и диаметра. Сравните жесткости проволок.

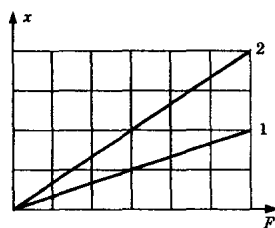


Рис. 14.2

Решение:

Жесткость проволок определим из закона Гука $F = k|x|$, отсюда

$$k = \frac{F}{x}.$$

Для проволоки 1 — $k_1 = \frac{F}{x_1}$, а для проволо-

локи 2 — $k_2 = \frac{F}{x_2}$. Из графика видно, что при одной и той же дефор-

мирующей силе медная проволока имеет удлинение в 2 раза больше, чем стальная, т.е. $\frac{x_2}{x_1} = 2$.

Таким образом $\frac{k_1}{k_2} = \frac{F}{x_1} \div \frac{F}{x_2}$, $\frac{k_1}{k_2} = \frac{x_2}{x_1} = 2$.

Ответ: 2.

БИЛЕТ № 15

1. Электризация тел. Взаимодействие электрических зарядов. Закон сохранения электрического заряда.

Древнегреческие ученые заметили, что *янтарь* (окаменевшая смола хвойных деревьев) при натирании его шерстью начинает притягивать к себе различные тела. По-гречески янтарь — электрон, отсюда произошло название «электричество». Про тело, которое после натирания притягивает к себе другие тела, говорят, что оно *наэлектризовано* или что ему *сообщен электрический заряд*.

В электризации всегда участвуют два тела: например, стеклянная палочка и кусочек шелка, эбонитовая палочка и мех или шерсть.

Заряд, полученный на стекле, потертом о шелк (и на всех телах, где получается заряд такого же рода), называли *положительным* (+), а заряд, полученный на янтаре (а также эбоните, сере, резине), потертом о шерсть, называли *отрицательным* (-). Если наэлектризовать эбонитовую палочку, подвешенную на нити, а затем приблизить к ней другую такую же палочку, наэлектризованную трением о тот же кусочек меха, то палочки оттолкнутся. Тела, имеющие заряды одного рода, взаимно отталкиваются.

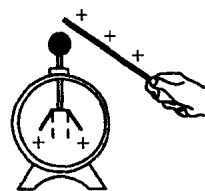


Рис. 15.1

Если поднести к наэлектризованной эбонитовой палочке стеклянную палочку, потертую о шелк, то увидим, что стеклянная и эбонитовая палочки взаимно притягиваются. Тела, имеющие заряды разных знаков, притягиваются.

Наличие заряда на теле может обнаружить прибор, который называют электроскопом.

Пластмассовую пробку, вставленную в металлическую оправу, пропущен металлический стержень, на конце которого укреплены два листочка из тонкой бумаги (рис. 15.1). Стенки прибора сделаны из стекла.

Чем больше заряд электроскопа, тем больше сила отталкивания листочков и тем на больший угол они разойдутся. Значит, по изменению угла расхождения листочков электроскопа можно судить, увеличился или уменьшился его заряд.

Наэлектризованные тела взаимодействуют друг с другом на расстоянии — притягиваются и отталкиваются.

Электрическое поле заряда действует некоторой силой на всякий другой заряд, оказавшийся в поле данного заряда — *это его свойство*.

За единицу электрического заряда принят один кулон (Кл). Единица названа в честь французского физика Ш. Кулона.

Чтобы доказать, что существует предел деления электрического заряда, и установить, каков этот предел, ученые проводили специальные опыты. Например, советский ученый А.Ф. Иоффе поставил опыт, в котором наэлектризовали мелкие пылинки цинка, видимые только под микроскопом. Заряд пылинок несколько раз меняли и каждый раз измеряли, на сколько изменился заряд. Опыты показали, что все изменения заряда пылинки были в целое число раз (т.е. в 2, 3, 4, 5 и т.д.) больше некоторого определенного наименьшего заряда, т.е. заряд пылинки изменялся хотя и очень малыми, но целыми порциями. Так как заряд с пылинки уходит вместе с частицей вещества, то Иоффе сделал вывод: в природе существует такая частица вещества, которая имеет самый маленький заряд, далее уже неделимый. Эту частицу называли *электрон*. Значение заряда электрона впервые определил американский ученый Р. Милликен. В своих опытах, сходных с опытами А.Ф. Иоффе, он использовал мелкие капельки масла.

Заряд электрона — отрицательный, который равен $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Электрический заряд — одно из основных свойств электрона. Этот заряд нельзя «снять» с электрона. Масса электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, она в 3 700 раз меньше массы молекулы водорода (наименьшей из всех молекул). При электризации тел выполняется закон сохранения зарядов. Этот закон справедлив для системы, в которую заряженные частицы не входят извне и не выходят наружу, т.е. для замкнутой системы.

В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остаётся неизменной:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Число заряженных частиц не изменяется, т.е. остается постоянным. При превращении элементарных частиц друг в друга экспериментально доказано, что сумма зарядов также остаётся постоянной.

2. Наблюдение явления испарения жидкости. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости скорости испарения от площади поверхности жидкости и рода жидкости.

Для проведения опытов необходимо оборудование: демонстрационный термометр, эфир, ватка, нитки, узкий сосуд с водой, широкий сосуд с водой, горячая вода, вентилятор (можно использовать фен).

Обернем конец термометра смоченной в эфире ваткой и привяжем её ниткой. Результат опыта — снижение температуры. Известно, что температура понижается при испарении жидкости. *Следовательно, испарение жидкости зависит от вещества жидкости.*

Если опыт повторить в потоке воздуха от вентилятора, испарение будет проходить с ещё большей скоростью. Но в потоке воздуха давление ниже. Следовательно, испарение зависит от давления: чем меньше давление, тем активнее испарение.

Из опыта знаем, что вода в узком сосуде испаряется медленнее, чем в широком. Следовательно, испарение зависит от площади свободной поверхности жидкости.

Посуда, вымытая горячей водой, высыхает быстрее, чем та, которая вымыта холодной. Доска, протертая тряпкой, смоченной в горячей воде, практически высыхает сразу. Следовательно, испарение зависит от температуры.

3. Задача на применение второго закона Ньютона.

Равноускоренный подъем груза массой 75 кг с помощью каната на высоту 15 м продолжался 3 с. Определите вес груза при подъеме.

Дано:
 $m = 75 \text{ кг}$
 $h = 15 \text{ м}$
 $t = 3 \text{ с}$
 $P = ?$

Решение:

Вес — это сила, с которой груз действует на канат. По третьему закону Ньютона канат действует на груз силой $\vec{T} = -\vec{P}$. Модули этих сил равны $T = P$.

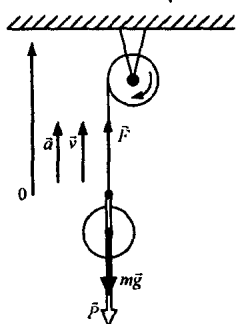


Рис. 15.2

Кроме того на тело действует сила тяжести mg (рис. 15.2). Запишем основное уравнение динамики в векторной форме:

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}.$$

Если связать систему отсчета с Землей и координатную ось Oy направить в сторону движения, то основное уравнение динамики имеет вид: $T - mg = ma$, откуда $T = m(g + a)$.

Модуль ускорения найдем из формулы $h = at^2/2$, откуда $a = 2h/t^2$.

Подставляя это выражение в основное уравнение, получим

$$T = P = m \left(g + \frac{2h}{t^2} \right), \quad T = 75 \text{ кг} \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{2 \cdot 15 \text{ м}}{9 \text{ с}^2} \right) = 985 \text{ Н}.$$

Ответ: 985 Н.

БИЛЕТ № 16

1. Постоянный электрический ток. Электрическая цепь. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи.

Металлы в твердом состоянии, как известно, имеют кристаллическое строение. Частицы в кристаллах расположены в определен-

ном порядке, образуя пространственную (кристаллическую) решетку. В узлах кристаллической решетки металла расположены *положительные ионы*, а в пространстве между ними движутся *свободные электроны*, т.е. не связанные с ядрами своих атомов. *Отрицательный заряд всех свободных электронов по модулю равен положительному заряду всех ионов решетки*. Поэтому в обычных условиях металл электрически нейтрален. Свободные электроны в нем движутся беспорядочно. Но если в металле создать электрическое поле, то свободные электроны начнут двигаться под действием электрических сил, возникнет электрический ток.

Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов.

Скорость движения самих электронов в проводнике под действием электрического поля невелика — порядка несколько миллиметров в секунду. С возникновением электрического поля все электроны начинают двигаться в одном направлении по всей длине проводника.

Электрический ток — упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике. В металлических проводниках электрический ток представляет собой упорядоченное движение электронов — частичек, обладающих отрицательным зарядом. В растворах кислот, солей, щелочей электрический ток обусловлен движением ионов обоих знаков.

За направление тока условно приняли то направление, по которому движутся (или могли бы двигаться) в проводнике положительные заряды, т.е. направление от положительного полюса источника тока к отрицательному.

Когда свободно заряженная частица — электрон в металле или ион в растворе кислот, солей или щелочей — движется по электрической цепи, то вместе с ней происходит и перемещение заряда. Электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника в 1 с, определяет силу тока в цепи. Значит, *сила тока равна отношению электрического заряда q , прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени его прохождения t :*

$$I = q/t,$$

где I — сила тока.

На Международной конференции по мерам и весам в 1948 г. было решено в основу определения *единицы силы тока* положить явление взаимодействия двух параллельных проводников с током. За единицу силы тока принимают силу тока, при которой отрезки таких параллельных проводников длиной 1 м взаимодействуют силой 0,0000002 Н. Эту единицу силы тока называют ампером (обозначается А) в честь французского ученого Ампера.

Применяют также дольные и кратные единицы силы тока: миллиампер (мА), микроампер (мкА), килоампер (кА); 1 мА = 0,001 А; 1 мкА = 0,000001 А; 1 кА = 1000 А.

Единица электрического заряда — кулон (Кл):

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}.$$

Кулон равен электрическому заряду, проходящему сквозь поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с.

Электрический заряд имеет и другое название — *количество электричества*.

Силу тока в цепи измеряют прибором, называемым амперметром.

При измерении силы тока *амперметр включают в цепь последовательно с тем участком, силу тока в котором измеряют.*

Электрический ток — это упорядоченное движение заряженных частиц. Оно создается электрическим полем, которое при этом совершает работу. Работу сил электрического поля, создающего электрический ток, называют *работой тока*.

Но не только от одной силы тока зависит работа тока: она зависит еще и от другой величины, которую называют *электрическим напряжением* или просто *напряжением*.

Зная работу тока A на данном участке цепи и весь электрический заряд q , прошедший по этому участку, можно определить напряжение, т.е. *работу тока при перемещении электрического заряда, равного 1 Кл.*

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

где R — величина постоянная для данного проводника и не зависит ни от напряжения, ни от силы тока.

Если напряжение на данном проводнике увеличится, например, в 4 раза, то во столько же раз увеличится и сила тока в нем.

Причина электрического сопротивления проводника — взаимодействие электронов с ионами кристаллической решетки металла. Поэтому можно предположить, что сопротивление проводника зависит от параметров проводника: *длины, площади поперечного сечения и вещества*, из которого он изготовлен.

Подтвердим это опытом. Возьмем

- 1) никелиновые проволоки одинаковой толщины, но разной длины;
- 2) никелиновые проволоки одинаковой длины, но разной толщины (разной площади поперечного сечения);
- 3) никелиновую и нихромовую проволоки одинаковой длины и толщины.

Силу тока в цепи измеряют амперметром, напряжение — вольтметром.

Зная напряжение на концах проводника и силу тока в нем, по закону Ома можно определить сопротивление каждого из проводников.

Приходим к выводу:

- 1) из двух никелиновых проволок одинаковой толщины более длинная проволока имеет большее сопротивление;

2) из двух никелиновых проволок одинаковой длины большее сопротивление имеет проволока с меньшим поперечным сечением;

3) никелиновая и нихромовая проволоки одинаковых размеров имеют разное сопротивление.

Зависимость сопротивления проводника от его размеров и вещества, из которого изготовлен проводник, впервые экспериментально изучил Г. Ом. Он установил, что сопротивление прямо пропорционально длине проводника, обратно пропорционально площади его поперечного сечения и зависит от вещества проводника:

$$R = \frac{\rho l}{S},$$

где ρ — удельное сопротивление, l — его длина, S — площадь поперечного сечения проводника.

Сопротивление проводника из данного вещества длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м² называют удельным сопротивлением этого вещества.

Единица сопротивления — 1 Ом, единица площади поперечного сечения — 1 м², а единица длины — 1 м, то единица удельного сопротивления:

$$\rho = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ м}^2}{1 \text{ м}} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м} \text{ или } \rho = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ мм}^2}{1 \text{ м}}.$$

Удобнее площадь поперечного сечения проводника выражать в квадратных миллиметрах.

Из всех металлов наименьшим удельным сопротивлением обладают серебро и медь. Следовательно, серебро и медь — лучшие проводники электричества.

Зависимость силы тока от напряжения на концах участка цепи и сопротивления этого участка называют законом Ома в честь немецкого ученого Г. Ома, открывшего этот закон в 1827 г.

Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению:

$$I = U/R,$$

здесь I — сила тока в участке цепи, U — напряжение на этом участке, R — сопротивление участка.

Закон Ома — один из основных физических законов.

2. Измерение веса тела в воздухе и веса тела, полностью погруженного в жидкость, расчёт силы Архимеда.

Для проведения этой работы нужно оборудование: динамометр, стакан с сильно солёной водой, стакан с пресной водой, тела разного объёма с привязанной нитью.

С помощью динамометра определим вес тела. К динамометру прикрепим груз, пружина динамометра растянется, сила упругости пружины, это и есть вес тела в воздухе (P_0).

Опустим тело, прикреплённое к динамометру, в сильно солёную воду. Отметим показания динамометра. Они окажутся меньше, чем вес тела ($P_{с.в.}$).

Опустим это же тело в стакан с пресной водой. Обращаем внимание на то, что показания динамометра уменьшились. Мы знаем, что плотность пресной воды меньше, чем морской.

Повторим опыт с телом большего объёма. Отмечаем, что показания динамометра соответственно увеличились, но по-прежнему остались меньше, чем вес тела в воздухе.

Следовательно, на тела, погруженные в жидкость, действует сила, направленная вверх и значение силы зависит от плотности жидкости и объёма погруженного в жидкость тела. Этот закон впервые был открыт Архимедом и математически записывается так:

$$F_a = \rho g V,$$

где ρ — плотность жидкости, g — ускорение свободного падения тела, V — объём погруженного в жидкость тела.

Рассчитаем значение силы Архимеда: $F_a = P_a - P_{с.в.}$.

3. Задача на расчёт центростремительного ускорения при движении тела по окружности.

Рассчитайте центростремительное ускорение $a_{ц.с.}$, которое испытывают пассажиры, сидящие в автомобиле, проезжающем по середине выпуклого моста радиусом 40 м со скоростью 10 м/с ?

Дано:	Решение:
$R = 40 \text{ м}$	Учтём, что скорость автомобиля, в котором сидят пассажиры, не меняется по модулю, следовательно, центростремительное ускорение, которое испытывают пассажиры в автомобиле, можно рассчитать по
$u = 10 \text{ м/с}$	
$a_{ц.с.} — ?$	
формуле: $a_{ц.с.} = \frac{u^2}{R} = \frac{(10 \text{ м/с})^2}{40 \text{ м}} = 2,5 \text{ м/с}^2$.	

Ответ: $a_{ц.с.} = 2,5 \text{ м/с}^2$.

БИЛЕТ № 17

1. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. Использование теплового действия тока в технике.

Чтобы определить работу электрического тока на каком-либо участке цепи, надо напряжение на концах этого участка цепи умножить на электрический заряд (количество электричества), прошедший по нему:

$$A = Uq,$$

где A — работа, U — напряжение, q — электрический заряд.

Электрический заряд, протекающий по электрической цепи, можно определить по формуле: $q = It$.

С учётом этого работа тока в электрической цепи определится:

$$A = UI t.$$

Работа электрического тока на участке цепи равна произведению напряжения на концах этого участка на силу тока и на время, в течение которого совершалась работа.

Работа измеряется в джоулях. $1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$.

Электрическую энергию измеряют приборами – счётчиками, которые одновременно измеряют напряжение, силу тока и время прохождения тока в цепи.

Работа электрического тока, произведённая в единицу времени, есть средняя мощность электрического тока.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UI t}{t} = UI.$$

За единицу мощности принят 1 Вт. $1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}$.

Измеряют мощность также в гектоваттах, киловаттах, мегаваттах.

$$1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ кВт} = 1\,000 \text{ Вт},$$

$$1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт}.$$

Измеряют мощность электрического тока приборами ваттметрами.

Одним из свойств электрического тока является его тепловое действие. Свободные электроны в металлах, ионы в растворах солей, кислот, щелочей при взаимодействии с ионами или атомами вещества проводника передают им свою энергию.

Многочисленные эксперименты доказывают, что в неподвижных металлических проводниках вся работа тока идёт на увеличение их внутренней энергии.

Нагреваясь, проводник отдаёт полученную энергию окружающим телам в виде тепловой энергии. К такому выводу независимо друг от друга пришли английский учёный Д. Джоуль и русский учёный Э.Х. Ленц.

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивлению проводника и времени.

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

Этот закон носит название закона Джоуля — Ленца.

Используя закон Ома, можно получить формулу:

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t.$$

Тепловое действие тока широко используется в технике.

Например, в лампах накаливания, в плавких предохранителях, в нагревательных приборах, в автоматических устройствах ограничения тока.

2. Проверка предположения: при увеличении длины нити нитяного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.

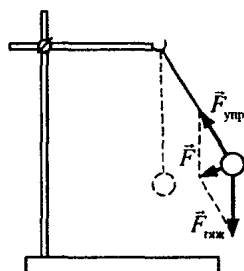


Рис. 17.1

Для выполнения этой работы нужны: часы с секундной стрелкой или секундомер, шарик, привязанный на нити, сантиметровая лента, штатив.

Соберем установку (рис. 17.1).

Период колебаний маятника определяем по формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Измерим длину маятника сантиметровой лентой. Рассчитаем период нитяного маятника, приняв ускорение свободного падения равным 10 м/с.

Отметим время нескольких колебаний, например 30. Тогда время одного колебания можно определить по формуле:

$$T = \frac{t}{n},$$

где n — число колебаний, t — время этих колебаний.

Повторим опыт, увеличив длину маятника в 4 раза, снова рассчитаем период маятника. Период колебаний увеличивается в 2 раза.

3. Задача на относительность механического движения.

Капли дождя, падающие вертикально, попадают на стекло окна вагона, движущегося со скоростью 36 км/ч, рис. 17.2, и оставляют на нём след под углом 60° к вертикали. Определить скорость падения капель.

Дано:

$$U = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v = ?$$

Решение:

Рассмотрим движение капли в системе отсчёта, связанной с движущимся вагоном, рис. 17.2.

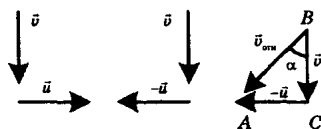


Рис. 17.2.

Пусть $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость капли в этой подвижной системе отсчёта. Используя закон сложения скоростей, получим:

$$\vec{v} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{отн}} \rightarrow \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v} - \vec{v} = \vec{v} + (-\vec{v}).$$

Построим вектор $\vec{v}_{\text{отн}}$. Итак, в системе отсчёта, связанной с вагоном, капли имеют скорость $\vec{v}_{\text{отн}}$, направленную под углом α к вертикали.

Модуль векторов $\vec{u}$, $u - \vec{u}$ равны, поэтому из $\triangle ABC$:

$$v = u / \operatorname{tg} \alpha = 20,8 \text{ км/ч} = 5,8 \text{ м/с.}$$

Ответ: 5,8 м/с.

БИЛЕТ № 18

1. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.

Наэлектризованные тела взаимодействуют друг с другом на расстоянии — притягиваются и отталкиваются.

Согласно учению Фарадея и Максвелла пространство, окружающее наэлектризованное тело, отличается от пространства, находящегося вокруг не наэлектризованных тел. *В пространстве, где находится электрический заряд, существует электрическое поле.* Электрическое поле представляет собой вид материи, отличающийся от вещества. О существовании электрического поля можно судить лишь по его действиям.

Электрическое поле заряда действует с некоторой силой на всякий другой заряд, оказавшийся в поле данного заряда.

Силу, с которой электрическое поле действует на внесенный в него электрический заряд, называют электрической силой.

Вблизи заряженных тел действие поля сильнее, а при удалении от них — ослабевает.

Главное свойство электрического поля — действие его на электрические заряды.

Электрическое поле неподвижных зарядов называют электростатическим. Оно не меняется со временем, и оно существует в пространстве, окружающем эти заряды, и неразрывно с ними связано.

Существуют переменные во времени электрические поля, которые не связаны с зарядами неразрывно.

Подтвердить действие электрического поля на заряды можно следующим опытом.

К положительно заряженному шарiku от электрофорной машины приблизим заряженный тоже положительно электростатический маятник. Уже на некотором расстоянии мы обнаружим, что маятник отталкивается. Если же будем приближать отрицательно заряженный электростатический маятник, то он будет притягиваться. Эти взаимодействия можно объяснить только наличием электрического поля вокруг заряженного шарика и его свойством действовать на заряды.

Электрическое поле способно совершать работу, значит, оно обладает энергией. Для того чтобы её использовать, нужно прежде её накопить. Устройством для накопления заряда и энергии электрического поля является конденсатор.

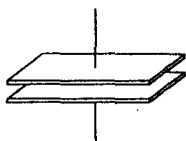


Рис. 18.1.

Если взять две пластины, рис 18.1, и зарядить одну положительно, а другую отрицательно, то в пространстве между пластинами создаётся электрическое поле, а между пластинами возникает напряжение.

Физическую величину, численно равную отношению заряда одной пластины к напряжению между пластинами, называют ёмкостью (C).

$$C = \frac{q}{U}.$$

Ёмкость измеряют в фарадах (Φ), $1 \Phi = \text{Кл/В}$. Заряд в 1 Кл очень велик и ёмкость в 1 Φ очень велика, поэтому на практике используют доли этой единицы:

$1 \text{ мк}\Phi = 10^{-6} \Phi$ (микрофарад)

$1 \text{ н}\Phi = 10^{-9} \Phi$ (нанофарад)

$1 \text{ пк}\Phi = 10^{-12} \Phi$ (пикофарад).

Систему двух проводников называют конденсатором.

На схемах конденсатор обозначают так: $-||-$.

Конденсаторы имеют различное устройство. Например, бумажный конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, изолированных друг от друга и от металлического корпуса бумажными лентами, пропитанными парафином. Полоски и ленты туго свёрнуты в пакет небольшого размера. По роду диэлектрика, находящегося между пластинами, конденсаторы бывают электролитическими, слюдяными, воздушными и т.д.

Конденсаторы бывают также постоянной ёмкости и переменной ёмкости.

Результаты опытов показывают, что *ёмкость конденсатора зависит от расстояния между пластинами конденсатора, площади пластин и диэлектрической проницаемости среды, расположенной между пластинами.*

Формула ёмкости конденсатора имеет вид: $C = \frac{\varepsilon \cdot s}{4\pi k d}$, где

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Кл}^2}$ коэффициент пропорциональности в формуле Кулона.

При подключении конденсатора к источнику постоянного тока (зарядка конденсатора) на пластинах конденсатора накапливается заряд, а при подключении его к потребителю (например, к лампе-вспышке фотоаппарата) конденсатор разряжается за более короткое время. Энергия конденсатора определяется формулой:

$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

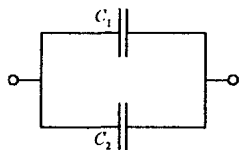


Рис. 18.2

Для увеличения ёмкости конденсаторы соединяют в батареи, рис. 18.2. Такое соединение называют параллельным. При таком соединении систему конденсаторов можно рассматривать как один конденсатор с площадью пластин, равной сумме площадей пластин каждого из конденсаторов. Общая ёмкость при

таком соединении определяется по формуле: $C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_n$.

Конденсаторы находят широкое применение в радиотехнике, для возбуждения квантовых источников света, в стробоскопах.

2. Измерение силы упругости и удлинения пружины, расчёт жёсткости пружины.

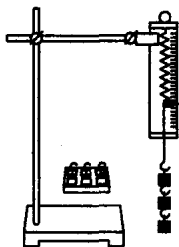


Рис. 18.3.

Для выполнения работы необходимы: динамометр (жёсткость пружины которого будем измерять), набор грузов, измерительная линейка, штатив.

Закрепив динамометр на штативе, отметим положение указателя динамометра (рис. 18.3). Подвесим к динамометру груз, масса которого известна, и измерим удлинение пружины в метрах (Δx).

Согласно закону Гука

$$F = |k\Delta x|,$$

а по второму закону Ньютона

$$F = mg.$$

Из этих уравнений определим жёсткость пружины:

$$k\Delta x = mg,$$

$$k = mg/\Delta x.$$

Коэффициент жёсткости показывает, какую силу надо приложить, чтобы растянуть пружину на единицу длины.

3. Задача на отражение света от плоского зеркала.

Постройте изображение светящейся точки S в плоском зеркале MN .

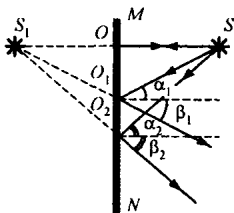


Рис. 18.4

Решение:

Из точечного источника S возьмем произвольные лучи SO , SO_1 , SO_2 , падающие на плоское зеркало MN . Эти лучи отражаются так, что выполняется закон отражения света:

$$\angle \alpha_1 = \angle \beta_1 ; \angle \alpha_2 = \angle \beta_2 .$$

Изображение этой точки находится на пересечении продолжений отраженных лучей в

точке S_1 (рис. 18.4). Получаем мнимое изображение, находящееся за зеркалом на таком же расстоянии, что и светящаяся точка.

БИЛЕТ № 19

1. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Взаимодействие магнитов. Действие магнитного поля на проводник с током.

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил, что стрелка магнитного компаса изменяет свою ориентацию вблизи проводника с электрическим током. Он пришел к выводу: всюду, где существуют движущиеся заряды, существует магнитное поле.

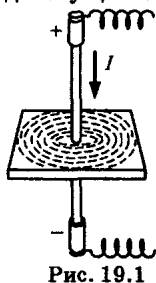


Рис. 19.1

Для указания направления магнитного поля было введено понятие магнитных линий. *Магнитные линии — это воображаемые линии, вдоль которых расположились бы маленькие магнитные стрелки, помещенные в магнитное поле.* Магнитные линии являются замкнутыми и никогда не пересекаются (рис. 19.1).

За направление магнитной линии принимают направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки, помещенной в эту точку. В тех областях пространства, где магнитное поле более сильное, магнитные линии изображают ближе друг к другу, т.е. гуще, чем в тех местах, где поле слабее.

Слово «магнит» в переводе с греческого означает «камень из Магнесии». Впервые магнитные явления были обнаружены у некоторых камней из железной руды (естественные магниты). Позже люди научились создавать искусственные магниты (постоянные магниты). На рис. 19.2 видно, что к разным частям магнита железные опилки притягиваются по-разному. Это говорит о том, что по всей длине магнита его свойства неодинаковы. Наиболее чётко они проявляются по краям магнита (полюса магнита). Магнитная стрелка на оси устанавливается по линии север — юг. Тот полюс, что смотрит на север, был назван северным; тот, что смотрит на юг, — южным. *Магниты обладают свойством: одноимённые полюса отталкиваются, разноимённые полюса притягиваются. Что подтверждается опытами.*

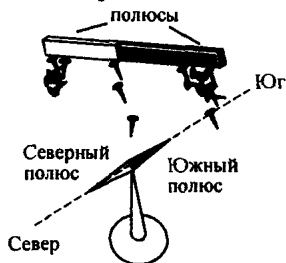


Рис. 19.2

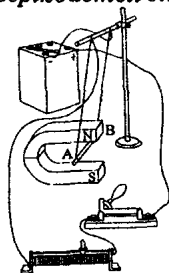


Рис. 19.3

Магнитное поле оказывает воздействие на проводник с током, помещенный в магнитное поле и не совпадающий с его магнитными линиями. Наличие такой силы можно показать с помощью установки, изображенной на рис. 19.3.

Подвесим проводник АВ на гибких проводах, которые через реостат и ключ присоединены к источнику тока. Проводник помещен между полюсами дугообразного магнита, т.е. находится в магнитном поле.

При замыкании ключа в цепи возникает электрический ток, и проводник приходит в движение.

Если убрать магнит, то при замыкании цепи проводник с током останется на месте. Значит, со стороны магнитного поля на проводник с током действует некоторая сила, отклоняющая его от первоначального положения. Действие магнитного поля на проводник с током может быть использовано для обнаружения магнитного поля в данной области пространства.

Таким образом, магнитное поле создается электрическим током и обнаруживается по его действию на электрический ток, т.е. на электрические заряды.

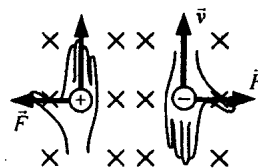


Рис. 19.4

Направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, можно определить, используя правило левой руки: если левую руку расположить так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца были направлены по току, то отстав-

ленный на 90° большой палец покажет направление действующей на проводник силы (рис. 19.4).

Если направление тока в проводнике или скорость заряженной частицы совпадают с линиями магнитной индукции или параллельны ей, то сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля, равна нулю.

2. Измерение пути и времени при равномерном движении тела, построение графика зависимости пути от времени.

Для выполнения этой работы потребуется: линейка деревянная, динамометр, секундомер, измерительная лента, брусок с крючком, грузы.

С помощью динамометра будем перемещать брусок с грузами или без грузов по деревянной линейке с постоянной скоростью, рис. 19.5.

Измерим длину перемещения и время, за которое брусок переместился на это расстояние. Рассчитаем скорость перемещения бруска.

$$v = \frac{s}{t}.$$

Так как $s = vt$, графиком такой зависимости является прямая, проходящая через начало координат, рис. 19.6.

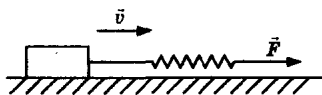


Рис. 19.5

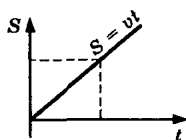


Рис. 19.6

3. Задача на построение изображения в собирающей линзе.

Постройте изображение предмета, находящегося между фокусом и двойным фокусным расстоянием.

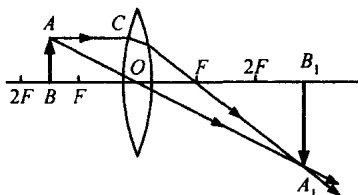


Рис. 19.7

Для построения изображения достаточно использовать два удобных луча. Обозначим предмет AB (рис. 19.7). Из точки A проведем прямую AC параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки A . Восставим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки B . Соединим изображения точек A и B .

Изображение A_1B_1 получилось обратным, действительным, увеличенным.

Для данного случая справедливы формулы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{A_1B_1}{AB},$$

где Γ — коэффициент увеличения.

БИЛЕТ № 20

1. Явление электромагнитной индукции. Индукционный ток. Опыты Фарадея. Переменный ток.

Явление электромагнитной индукции было открыто М. Фараде-ем в 1831г.

При вдвигании постоянного магнита в катушку гальванометр, включённый в цепь, регистрирует ток, рис. 20.1.



Рис. 20.1.



Рис. 20.2.

Если выдвигать магнит, то ток, возникший в катушке, имеет другое направление.

Если же магнит находится внутри катушки без движения, то ток не возникает.

На рис. 20.2 верхняя катушка подключена к источнику тока. Когда цепь замыкают или размыкают, то в нижней катушке возникает электрический ток, а при включённом постоянном токе электрический ток в нижней катушке исчезает.

Таким образом, можно прийти к выводу, что электрический ток появлялся в нижней катушке всякий раз, когда менялся магнитный поток, пронизывающий площадь контура катушки.

Ток, наведённый в контуре изменяющимся магнитным потоком, называют *индукционным*, а само явление — *электромагнитной индукцией*.

Закон электромагнитной индукции читается так:
при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур, между его концами возникает напряжение.

Величина возникающего индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока.

Петербургский учёный Х. Ленц установил с помощью эксперимента направление индукционного тока.

Индукционный ток возникает такого направления, чтобы своим магнитным полем препятствовать изменению магнитного потока, которым он вызван.

Правило Ленца означает, что если внешнее поле усиливается, то индукционный ток возникает такого направления, что его магнитное поле препятствует возрастанию внешнего поля. Если же внешнее поле ослабевает, то магнитное поле возникшего индукционного тока препятствует его ослаблению. Открытие явления электромагнитной индукции позволило создать устройства, вырабатывающие переменный электрический ток.

Такие устройства называются генераторами переменного тока. Генераторы переменного тока устанавливаются на электростанциях. Основными частями генератора являются статор (неподвижная часть) и ротор (вращающаяся часть). В обмотку ротора, рис. 20.3, подают постоянный ток и приводят во вращение. Статор представляет собой систему неподвижных катушек (обмоток). При вращении ротора обмотка статора оказывается в переменном магнитном поле. Поэтому в них возникает переменный ток.

2. Измерение разности температур сухого и влажного термометров и определение относительной влажности воздуха.

Для выполнения этой лабораторной работы необходим психрометр Августа.

1) Влажность воздуха можно определить по волосному гигрометру. В основе работы этого прибора лежит свойство обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину в зависимости от влажности.

2) Самый точный метод измерения влажности по психрометру Августа. По разности показаний сухого и влажного термометров при температуре сухого термометра определяем относительную влажность. Сухой термометр измеряет температуру окружающего воздуха, влажный – температуру ткани, смоченной водой. С поверхности ткани происходит испарение, в результате чего влажный термометр показывает меньшую температуру. Разница температур зависит от температуры воздуха и относительной влажности. Психрометрическую таблицу составляют в соответствии с этими данными.

3. Задача на применение соотношения между скоростью распространения, частотой и длиной электромагнитной волны.

С какой частотой происходят колебания в электромагнитной волне, если её длина равна 30 м? Скорость электромагнитной волны $3 \cdot 10^8$ м/с.

Дано: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $\lambda = 30 \text{ м}$ $\nu = ?$	Решение: Длина волны определяется $\lambda = cT = c \frac{1}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}, \nu = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{30 \text{ м}} = 10^7 \text{ Гц.}$
--	--

Ответ: 10^7 Гц.

БИЛЕТ № 21

1. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Явление преломления света.

С давних пор существовали два взгляда на природу света. Одни ученые считали, что свет представляет собой волну, другие рассматривали свет как поток частиц (корпускул).

В 1802 г. английский ученый Т. Юнг поставил опыт по сложению пучков света от двух источников, в результате чего получил не изменяющуюся во времени картину, состоящую из чередующихся светлых и темных полос. Юнг объяснил это интерференцией света. Но интерференцией обладают механические и звуковые волны. Следовательно, свет — это волна.

Другой английский ученый Дж. К. Максвелл создал теорию электромагнитной волны. Но оказалось, что свет и электромагнитные волны обладают общими свойствами (поперечность, одна и та же скорость распространения в вакууме $300\,000$ км/с, интерференция, дифракция, поглощение, отражение, поляризация), поэтому ученый предположил, что свет является частным случаем электромагнитной волны. Дальнейшее развитие науки подтвердило это предположение.

Видимый свет — небольшой диапазон электромагнитных волн с длиной волны от $3,8 \cdot 10^{-7}$ до $7,6 \cdot 10^{-7}$ м. С увеличением частоты электромагнитного излучения в большей степени проявляются его корпускулярные свойства, т.е. свойства, присущие потоку частиц,

и в меньшей — волновые. Частицы электромагнитного излучения называют фотонами или квантами. На основе наблюдений и опытов были установлены законы распространения света, при этом использовано понятие луча света.

Луч — это линия, вдоль которой распространяется свет.

При помощи экрана с небольшим отверстием можно получить узкий пучок света. Свет в однородной прозрачной среде распространяется прямолинейно. Этим объясняется образование теней и полутеней от непрозрачных предметов в повседневной жизни. В грандиозных масштабах тень и полутень наблюдают при солнечном и лунном затмениях.

Кроме закона прямолинейного распространения света существуют еще два: закон отражения и закон преломления.

Если направить узкий пучок света на поверхность воды в большом сосуде, то часть света отразится от поверхности воды, а другая пройдет из воздуха в воду. Опыты доказали, что луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к отражающей поверхности лежат в одной плоскости, причем угол падения равен углу отражения. Углы падения и отражения принято измерять от перпендикуляра к поверхности раздела двух сред (рис. 21.1).

Закон отражения света часто применяют на практике, например: на заднее колесо велосипеда ставят уголкового отражателя, для наблюдения за поверхностью моря в подводной лодке используют перископ, в каждом доме используют плоское зеркало.

При переходе света из одной среды в другую луч света изменяет свое направление. Это явление называют преломлением. Разные среды преломляют лучи по-разному. Показатель преломления среды — способность преломлять лучи света.

Луч падающий, преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости (рис. 21.2).

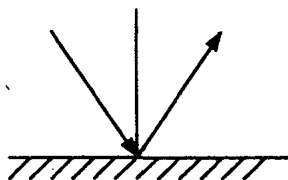


Рис. 21.1

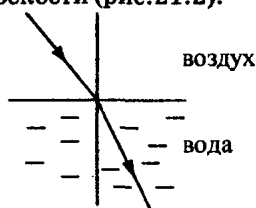


Рис. 21.2

В зависимости от сред угол преломления может быть меньше или больше угла падения. Например, если рассматривать переход луча из воздуха в воду, то угол преломления меньше угла падения. При обратном переходе луча угол преломления будет больше угла падения.

Преломление света является причиной того, что кажущаяся глубина водоема меньше реальной. На основе закона преломления света построены все оптические приборы: фотоаппарат, очки, лупа, проекционное оборудование.

2. Измерение времени соскальзывания бруска по наклонной плоскости при малом её наклоне и пройденного пути, расчёт ускорения равноускоренного движения.

Для выполнения работы потребуется: метроном, штатив, жёлоб лабораторный металлический длиной порядка 1,5, шарик металлический диаметром 1,5–2 см, цилиндр металлический, лента измерительная.

Соберём установку согласно рис. 21.3.

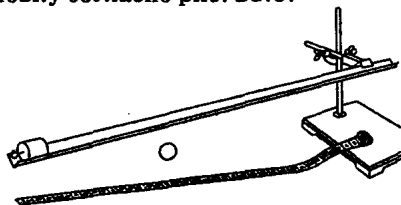


Рис. 21.3.

Измерим расстояние, пройденное шариком за три-четыре удара метронома. *Промежуток времени между двумя ударами метронома составляет 0,5 с.*

$$t = 0,5с \cdot n,$$

где n — число ударов метронома, не считая нулевого удара.

При равноускоренном движении без начальной скорости пройденное расстояние определим по формуле:

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2}.$$

3. Задача на применение закона сохранения импульса при неупругом ударе.

Два неупругих тела, массы которых 2 кг и 8 кг, движутся навстречу друг другу, рис. 21.4 (а) со скоростью 4 м/с каждое.

Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара.

Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 8 \text{ кг}$$

$$v_1 = v_2 = 4 \text{ м/с}$$

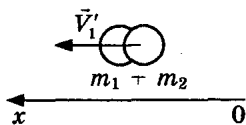
$$v'_1 - ? \quad v'_2 - ?$$

Решение:

В результате неупругого удара после соударения тела станут двигаться как единое целое, рис. 21.4(б), поэтому скорость тел будет одинаковой.



До взаимодействия
Рис. 21.4 (а)



После взаимодействия
Рис. 21.4 (б)

Согласно закону сохранения импульса

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

В проекции на ось OX :

$$-m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'_1.$$

$$\text{Отсюда } v'_1 = \frac{m_2 v_2 - m_1 v_1}{m_1 + m_2}. \quad v'_1 = \frac{8 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ кг} + 8 \text{ кг}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 4 м/с; направление скорости указано на рис. 21.4(б).

БИЛЕТ № 22

1. Линза. Фокусное расстояние линзы. Построение изображения в собирающей линзе. Глаз как оптическая система.

Все оптические приборы основаны на свойстве света преломляться. Главной частью оптических приборов является линза. Линза — это совокупность двух сферических поверхностей, изготовленных из стекла. Прямая ($C_1 C_2$), проходящая через центры сферических поверхностей, называется оптической осью линзы, точка O , лежащая на оптической оси в центре линзы, называется оптическим центром линзы, рис. 22.1.

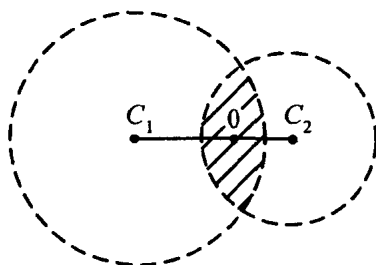


Рис. 22.1.

Линза обладает свойством преобразовывать пучок параллельных лучей в сходящийся в одной точке.

Эта точка называется фокусом линзы. Выпуклая линза носит название собирающей линзы. У линзы два фокуса, по одному с каждой стороны. Луч, проходящий через оптический центр линзы, проходит без преломления.

Вогнутая линза преобразует пучок параллельных лучей в расходящийся, поэтому получила название рассеивающей линзы. Если расходящийся пучок лучей продолжить, то они тоже соберутся в одной точке. Это и будет фокус рассеивающей линзы. Фокус рассеивающей линзы — мнимый.

Для построения изображения в линзах достаточно построения хода двух лучей: один проходит через оптический центр линзы без

преломления, второй — луч, параллельный главной оптической оси, рис. 22.2.

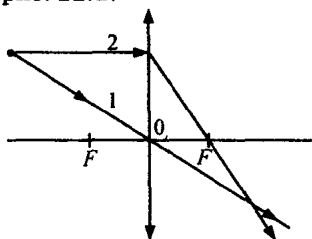


Рис. 22.2

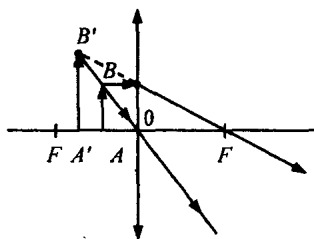


Рис. 22.3

Для собирающей линзы рассмотрим три положения предмета.

1. Предмет находится между линзой и фокусом, рис. 22.3.

Построим изображение предмета с помощью двух лучей. Изображение — увеличенное, мнимое, прямое. Такие изображения получают при пользовании лупой.

2. Предмет находится между фокусом и двойным фокусом, рис. 22.4.

Изображение — действительное, увеличенное, перевернутое.

Такие изображения получают в проекционных аппаратах.

3. Предмет находится за двойным фокусом, рис. 22.5.

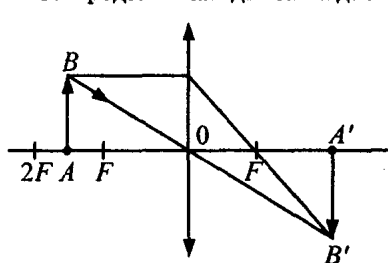


Рис. 22.4

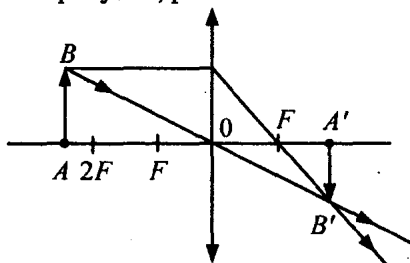


Рис. 22.5

Линза дает уменьшенное, перевернутое, действительное изображение. Такое изображение используется в фотоаппарате.

Рассеивающая линза при любом расположении предмета дает уменьшенное, мнимое, прямое изображение, рис. 22.6.

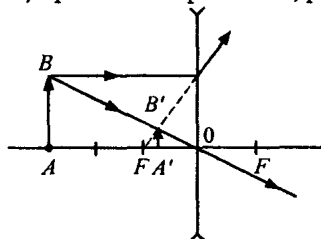


Рис. 22.6.

Преломляющую способность линзы, т.е. фокусное расстояние, характеризует величина, которая называется оптической силой линзы.

Оптическая сила линзы — это величина, обратная фокусному расстоянию линзы.

Единица оптической силы линзы — 1 диоптрия (дптр).

1 диоптрия — это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м.

У рассеивающей линзы фокус имеет отрицательное значение.

В фотоаппарате должно получаться действительное и уменьшенное изображение. В фотоаппаратах используют короткофокусную линзу, т.к. изображение должно располагаться близко от линзы, ведь это расстояние ограничено размерами фотоаппарата, рис. 22.7.

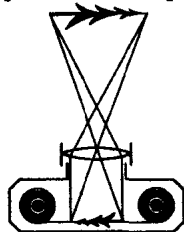


Рис. 22.7

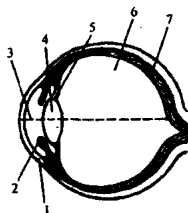


Рис. 22.8

Глаз человека имеет почти шарообразную форму, рис. 22.8.

Его окружает плотная оболочка, которая называется склерой. Передняя часть склеры прозрачна и называется роговой оболочкой 1. За роговой оболочкой находится радужная оболочка 2, которая может быть окрашена у разных людей по-разному. Между роговой и радужной оболочками находится водянистая жидкость.

В радужной оболочке есть отверстие — зрачок 3, диаметр которого может изменяться в зависимости от освещения. За зрачком расположено прозрачное тело — хрусталик 4, который похож на собирающую линзу. Хрусталик прикреплен мышцами 5 к склере.

За хрусталиком расположено стекловидное тело 6. Оно прозрачно и заполняет всю остальную часть глаза. Задняя часть склеры — глазное дно, покрыто сетчаткой 7.

Сетчатка состоит из тончайших волокон, которые устилают глазное дно. Они представляют собой разветвленные окончания зрительного нерва.

Свет, падающий на глаз, преломляется на передней поверхности глаза, в роговице, хрусталике и стекловидном теле, благодаря чему на сетчатке образуется действительное, уменьшенное, перевернутое изображение рассматриваемых предметов, рис. 22.9.

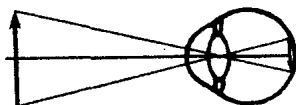


Рис. 22.9

Свет, падая на окончания зрительного нерва, из которых состоит сетчатка, раздражает эти окончания. Раздражения по нервным

волокнам передаются в мозг, и человек получает зрительное восприятие окружающего мира. Процесс зрения корректируется мозгом, поэтому предмет мы воспринимаем прямым.

Кривизна хрусталика может изменяться. Когда мы смотрим на дальние предметы, то кривизна хрусталика невелика, потому что мышцы, окружающие его, расслаблены. При переводе взгляда на близлежащие предметы мышцы сжимают хрусталик, его кривизна увеличивается.

Способность глаза приспособливаться к видению на разных расстояниях называется аккомодацией глаза. Предел аккомодации наступает, когда предмет находится на расстоянии 12 см от глаза. Расстояние наилучшего видения для нормального глаза равно 25 см. Зрение двумя глазами увеличивает поле зрения, а также позволяет различить, какой предмет находится ближе и какой — дальше от нас. Дело в том, что на сетчатках левого и правого глаза получаются отличные друг от друга изображения. Чем ближе предмет, тем заметнее это отличие, оно и создает впечатление разницы в расстояниях. Благодаря зрению двумя глазами мы видим предмет объемным.

2. Измерение силы, необходимой для равномерного подъёма бруска по наклонной плоскости, и пройденного пути, расчёт работы этой силы.

Для проведения этой работы необходимы: широкая деревянная линейка, брусок, штатив, динамометр.

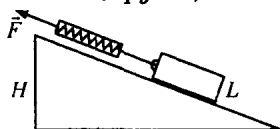


Рис. 22.10.

Соберём установку (рис. 22.10). С помощью динамометра равномерно перемещаем брусок вдоль линейки. Динамометр показывает силу тяги F , необходимую для равномерного подъёма груза вдоль наклонной плоскости. Измеряем

длину (l) наклонной плоскости.

Работу определим по формуле: $A = Fs \cos \alpha$, где α — угол между направлением силы и направлением движения бруска вверх, который равен 0, $\cos 0 = 1$.

3. Задача на расчёт работы или мощности электрического тока.

Определите мощность тока в электрической лампе, если при напряжении 220 В сила тока в ней 0,5 А. Какую работу совершает электрический ток в этой лампе за 1 ч?

Дано:

$$U = 220 \text{ В}$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$$t = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

$$P - ? \text{ А} - ?$$

Решение

Мощность определим по формуле: $P = IU$,

$$P = 0,5 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} = 110 \text{ Вт}.$$

Работу электрического тока можно определить по формуле: $A = Pt$,

$$A = 110 \text{ В} \cdot 3600 \text{ с} = 396000 \text{ Дж}.$$

Ответ: 110 Вт, 396 кДж.

1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения.

Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами *Левкиппом* и *Демокритом* примерно 2500 лет назад. Частицы эти были названы *атомами*, что означает *неделимые*. Но примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые ставили под сомнение представления о неделимости атомов. Результаты этих экспериментов наводили на мысль о том, что атомы имеют сложное строение. Наиболее ярким свидетельством сложного строения атома явилось открытие явления радиоактивности, сделанное в 1896 г. французским физиком *А. Беккерелем*.

А. Беккерель обнаружил, что химический элемент уран самопроизвольно (т.е. без каких-либо внешних воздействий) излучает ранее неизвестные невидимые лучи, которые позже были названы *радиоактивным излучением*. Эту способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению называли *радиоактивностью*.

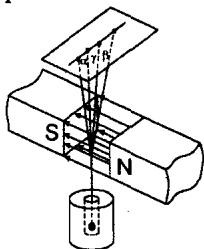


Рис. 23.1

В 1899 г. *Э. Резерфорд* провел эксперимент, в результате которого было обнаружено, что радиоактивное излучение радия неоднородно: оно распадается в магнитном поле на положительные заряды, отрицательные заряды и никак не заряженное излучение (рис. 23.1).

Положительно заряженные частицы называли *α-частицами*, отрицательно заряженные — *β-частицами*, а нейтральные — *γ-частицами* или *γ-квантами*.

Позже было установлено, *β-частица* представляет собой электрон, а *α-частица* — полностью ионизированный атом химического элемента гелия, *γ-излучение* — один из видов электромагнитного излучения. Явление радиоактивности давало основания предположить, что в состав атома входят отрицательно и положительно заряженные частицы.

Излучения радиоактивных веществ оказывают очень сильное воздействие на все живые организмы. Даже сравнительно слабое излучение, которое при полном поглощении повышает температуру тела лишь на 0,001 °C, нарушает жизнедеятельность клеток.

При большой интенсивности излучения живые организмы погибают. Опасность излучения усугубляется тем, что они не вызывают никаких болевых ощущений даже при смертельных дозах.

При работе с любым источником радиации необходимо принимать меры по радиационной защите всех людей, могущих попасть в зону действия излучения.

2. Измерение объёма твёрдого тела и его массы. Расчёт плотности вещества, из которого оно изготовлено.

Для выполнения работы потребуется: большая металлическая гайка с привязанной нитью, мензурка, стакан с водой, рычажные весы, разновесы.

Плотность вещества определяют по формуле $\rho = \frac{m}{V}$.

Массу тела определяем методом взвешивания на рычажных весах в граммах. Объем тела определяем с помощью мензурки.

Нальем в мензурку воды и определим объем налитой воды. Опустив в мензурку гайку, уровень воды поднимется. Разность показаний уровней воды в мензурке — это и есть объем тела неправильной формы (гайки). Выразим его в кубических сантиметрах (см^3). По таблице плотности твердых веществ определим, из какого вещества изготовлено исследуемое тело.

3. Задача на применение закона Джоуля — Ленца.

Какое количество теплоты выделит электрический ток за 5 мин работы, если его сопротивление 200 Ом, сила тока 4 А?

Дано:

$$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

$$R = 200 \text{ Ом}$$

$$I = 4 \text{ А}$$

$$Q = ?$$

Решение

Согласно закону Джоуля — Ленца $Q = I^2 R t$,

$$Q = 4 \text{ А} \cdot 4 \text{ А} \cdot 200 \text{ Ом} \cdot 300 \text{ с} = 960\,000 \text{ Дж} = 960 \text{ кДж}.$$

Ответ: 960 кДж

БИЛЕТ № 24

1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Состав атомного ядра. Ядерные реакции.

Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами *Левкиппом* и *Демокритом* примерно 2500 лет назад. Частицы эти были названы *атомами*, что означает *неделимые*. Но примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые ставили под сомнение представления о неделимости атомов. Результаты этих экспериментов наводили на мысль о том, что атомы имеют сложное строение. Наиболее ярким свидетельством сложного строения атома явилось открытие явления радиоактивности, сделанное в 1896 г. французским физиком *А. Беккерелем*.

А. Беккерель обнаружил, что химический элемент уран самопроизвольно (т.е. без каких-либо внешних воздействий) излучает ранее неизвестные невидимые лучи, которые позже были названы *радиоактивным излучением*. Эту способность атомов некоторых

химических элементов к самопроизвольному излучению называли *радиоактивностью*.

В 1899 г. Э. Резерфорд провел эксперимент, в результате которого было обнаружено, что радиоактивное излучение радия неоднородно: оно распадается в магнитном поле на положительные заряды, отрицательные заряды и никак не заряженное излучение (рис. 24.1).

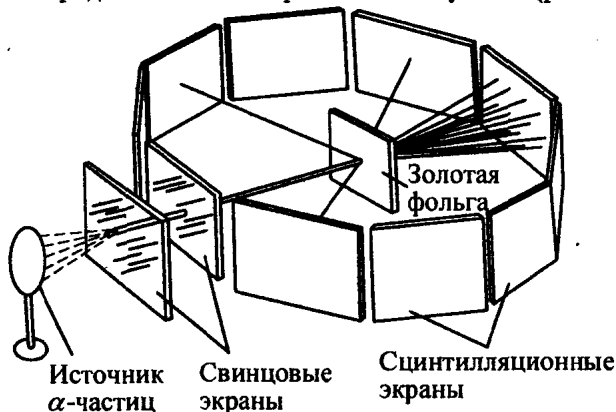


Рис. 24.1

Положительно заряженные частицы называли *α-частицами*, отрицательно заряженные — *β-частицами*, а нейтральные — *γ-частицами* или *γ-квантами*.

Позже было установлено, β-частица представляет собой электрон, а α-частица — полностью ионизированный атом химического элемента гелия, γ-излучение — один из видов электромагнитного излучения. Явление радиоактивности давало основания предположить, что в состав атома входят отрицательно и положительно заряженные частицы.

Английский физик Дж. Дж. Томсон в 1903 г. предложил одну из первых моделей строения атома. По предположению Томсона, атом представляет собой шар, по всему объему которого равномерно распределен положительный заряд. Внутри этого шара находятся электроны. Каждый электрон может совершать колебательные движения около своего положения равновесия. Положительный заряд шара равен по модулю суммарному отрицательному заряду электронов, поэтому электрический заряд атома в целом равен нулю.

В 1911 г. Э. Резерфорд опроверг эту теорию. Он провел такой эксперимент. Из свинцового сосуда, в котором находилось радиоактивное вещество, вылетали α-частицы через узкий канал. Поскольку α-частицы непосредственно увидеть невозможно, то для их обнаружения служил стеклянный экран, покрытый тонким слоем специального вещества, благодаря чему в местах попадания в экран α-частиц возникают вспышки, которые наблюдают с помощью

микроскопа, рис. 24.1. Такой метод регистрации частиц называют **методом сцинтилляций** (т.е. вспышек). Всю эту установку поместили в сосуд, из которого откачан воздух (чтобы устранить рассеяние α -частиц за счет их столкновений с молекулами воздуха).

Если на пути α -частиц нет никаких препятствий, то они падают на экран узким, слегка расширяющимся пучком. Если же на пути α -частиц поместить тонкую золотую фольгу, то при взаимодействии с фольгой α -частицы рассеиваются по всем направлениям на разные углы.

Перемещая экран вместе с микроскопом вокруг фольги, можно обнаружить, что некоторое (очень небольшое) число частиц рассеялось на углы, близкие к 90° , а некоторые (единичные частицы) — на углы порядка 180° , т.е. в результате взаимодействия с фольгой были отброшены назад.

Резерфорд пришел к выводу: столь сильное отклонение α -частиц возможно только в том случае, если внутри атома имеется чрезвычайно сильное электрическое поле. Было рассчитано, что такое поле могло быть создано зарядом, сконцентрированным в очень малом объеме (по сравнению с объемом атома). Исходя из этих соображений, Резерфорд предложил ядерную (планетарную) модель атома. В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее очень малый объем атома. Вокруг ядра движутся электроны, масса которых значительно меньше массы ядра. Атом электрически нейтрален, поскольку заряд ядра равен модулю суммарного заряда электронов. Резерфорду удалось оценить размер атомных ядер — он приблизительно равен $10^{-14} - 10^{-15} \text{ м}$.

2. Измерение силы трения, возникающей при скольжении бруска по горизонтальной поверхности, при различных давлениях бруска на стол, построение графика зависимости силы трения от силы давления.

Для выполнения этой работы нужно оборудование: динамометр, набор грузов, деревянный брусок с крючком, широкая деревянная линейка.

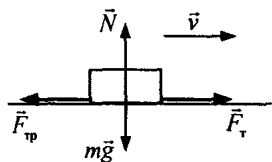


Рис. 24.2

На деревянную линейку положим брусок (рис. 24.2). Зацепив брусок динамометром, брусок приведем в движение по деревянной линейке с постоянной скоростью. Снимем показания динамометра. При равномерном прямолинейном движении сила тяжести уравновешивается силой реакции опоры, а сила тяги

уравновешивает силу трения.

$$\vec{F}_{мр} = \vec{F}_m.$$

3. Задача на построение изображения в рассеивающей линзе.

Дана рассеивающая линза, у которой задано положение главной оптической оси (положение фокусов не задано); AB — луч, падающий на линзу, BK — этот же луч после преломления в линзе. Построить ход луча CD после преломления в линзе, рис. 24.3.

Решение:

Построим луч MN , идущий вдоль оптической оси линзы и параллельный лучу AB , рис. 24.3. В точке P пересекаются продолжения лучей BK и MN , причём точка P расположена в фокальной плоскости линзы. Плоскость, перпендикулярная главной оптической оси и проходящая через точку P , является фокальной плоскостью. Проведём луч K_1L , идущий вдоль оптической оси и параллельный лучу CD . Луч CD после преломления в линзе идёт так, что его продолжение пересекается с лучом K_1L в точке Q , принадлежащей фокальной плоскости линзы. Таким образом, DQ — продолжение искомого луча, а DT — искомый луч.

БИЛЕТ № 25

1. Роль физики в формировании научной картины мира. Наблюдение и описание физических явлений. Физический эксперимент. Измерение физических величин.

Физика — одна из основных наук о природе. В окружающем нас мире постоянно происходят изменения, или явления.

В физике изучают: механические, электрические, магнитные, тепловые, звуковые и световые явления.

Любые превращения или проявления свойств вещества, которые происходят без изменения его состава, называют физическими явлениями.

Задача физики заключается в том, чтобы открывать и изучать законы, которые связывают между собой различные физические явления, происходящие в природе.

Например, свободное падение тел является следствием притяжения их к Земле.

Законы физики используют другие науки: биология, химия, география, астрономия.

В физике, кроме обычных слов, используют термины, обозначающие физические понятия. Например, любое из окружающих нас тел (вертолёт, машина, дома, воздух, ...) принято называть физическим телом или просто телом.

Всё то, из чего состоят физические тела, называют *веществом*. Алюминий — вещество, а алюминиевая кастрюля — физическое тело.

Вещество — вид материи, который определяется с помощью органов чувств. Звук — вещество, которое мы определяем с помо-

щью органов слуха, запахи — вещество, которое мы определяем с помощью органов обоняния, и т.д.

Существует и другой вид материи, который распознаётся только по его свойствам, это — поле. К ним относятся магнитное, электрическое и электромагнитное поля.

Так, магнитное поле обнаруживается по свойству притягивать к себе железные предметы, электрическое поле — по его действию на электрические заряды.

Открытию новых законов помогают наблюдения за окружающими явлениями и постановка целенаправленных экспериментов. Во время наблюдений или проведения экспериментов проводят измерения.

Измерить какую-нибудь величину — это значит сравнить её с однородной величиной, принятой за единицу.

Например, измерить длину стержня — значит сравнить её с другой длиной, которая принята за единицу длины, например, с метром.

В удобных целях все страны мира стремятся пользоваться одинаковыми единицами физических величин. С 1963 г. в России и других странах применяется Международная система единиц — СИ (система интернациональная). За основные единицы измерения в этой системе приняты: единица длины — *метр* (1м), единица времени — *секунда* (1с), единица массы — *килограмм* (1кг), единица силы тока — *ампер* (1А).

Для измерения физических величин применяют физические приборы. Прежде чем приступить к измерению, необходимо определить цену деления шкалы прибора. Для того, чтобы определить цену деления шкалы, нужно между двумя ближайшими делениями шкалы, возле которых написаны значения величины, просчитать число делений и разницу между значениями разделить на число делений. Чем меньше цена деления, тем больше точность прибора.

Развитие науки позволяет достичь высокого уровня развития техники, в то же время развитие техники влияет на развитие науки. Так, усовершенствованные машины, компьютеры, точные измерительные и другие приборы используются учёными при исследовании физических явлений.

2. Шарик скатывается с жёлоба, установленного на некоторой высоте над землёй, и летит горизонтально. Проверка предположения: при увеличении высоты, с которой брошен шарик, в 2 раза дальность полёта увеличивается в 2 раза. (Начальная скорость шарика не меняется при изменении высоты подъёма жёлоба.)

Для проведения работы необходимо оборудование: стальной шарик, лоток дугообразный, фанерная доска с пеналом для приёма

шарика, штатив, полоска белой бумаги размером 300×40 мм, копировальная бумага, линейка измерительная.

Соберём установку рис. 25.1.

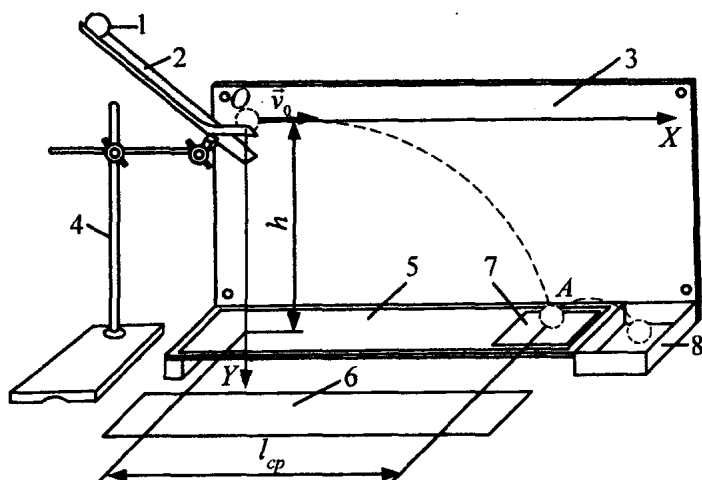


Рис. 25.1.

Шарик 1 начинает движение в лотке 2 и вылетает в точке O с начальной скоростью v_0 , пролетая вдоль доски 3. Жёлоб закреплён в штативе 4 так, что точка O находится на высоте h над доской 5. Для фиксации точки падения шарика на доску помещаем полоску белой бумаги 6, а сверху полоску копировальной бумаги 7. При падении шарик оставляет метку на белой бумаге. После падения шарик попадает в пенал 8.

Измерим высоту и дальность полёта шарика, увеличим высоту падения шарика в 2 раза. Измерения дальности полёта шарика показывают, что дальность полёта шарика при той же начальной скорости не увеличивается в 2 раза. Координата $y = \frac{gt^2}{2}$, рис. 25.2.

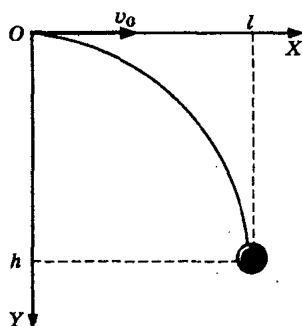


Рис. 25.2.

Из уравнения координаты $x = v_0 t$ выразим $t = \frac{x}{v_0}$ и подставим в

уравнение $y = h = \frac{gx^2}{2v_0^2}$, то есть при увеличении высоты в 2 раза

дальность полёта увеличивается $\sqrt{2}$.

Предположение, что при увеличении высоты падения шарика в 2 раза дальность полёта шарика увеличивается в 2 раза — не оправдывается.

3. Задача на расчёт давления столба жидкости.

Подводная лодка погрузилась в море на глубину 60 м. Определите, какое дополнительное давление испытывает лодка, если плотность морской воды 1030 кг/м³. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Дано:

$$h = 60 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta p = ?$$

Решение

При погружении лодка испытывает дополнительно гидростатическое давление, которое определяют по формуле:

$$\Delta p = \rho gh,$$

$$\Delta p = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 60 \text{ м} = 618000 \text{ Па} = 618 \text{ кПа}.$$

Ответ: 618 кПа.

СОДЕРЖАНИЕ

Билет № 1 1-4

1. Механическое движение. Характеристики механического движения. Относительность движения
2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, расчёт сопротивления проволочного резистора
3. Задача на расчёт количества теплоты, необходимого для нагревания тела

Билет № 2 5-7

1. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Сила и сложение сил. Второй закон Ньютона
2. Измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи при последовательном (параллельном) соединении проводников, анализ полученных результатов
3. Задача на расчёт влажности воздуха

Билет № 3 8-10

1. Третий закон Ньютона. Импульс. Закон сохранения импульса. Объяснение реактивного движения на основе закона сохранения импульса
2. Измерение силы тока, проходящего через лампочку, и напряжения на ней, расчёт мощности электрического тока
3. Задача на составление уравнения ядерной реакции

Билет № 4 11-12

1. Сила тяжести. Свободное падение. Ускорение свободного падения. Закон всемирного тяготения.
2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, построение графика зависимости силы тока от напряжения.
3. Задача на определение конечной температуры при смешивании горячей и холодной воды.

2. Измерение силы упругости и удлинения пружины, расчёт жёсткости пружины.
3. Задача на отражение света от плоского зеркала.

Билет № 19 49-50

1. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Взаимодействие магнитов. Действие магнитного поля на проводник с током.
2. Измерение пути и времени при равномерном движении тела, построение графика зависимости пути от времени.
3. Задача на построение изображения в собирающей линзе.

Билет № 20 51

1. Явление электромагнитной индукции. Индукционный ток. Опыты Фарадея. Переменный ток.
2. Измерение разности температур сухого и влажного термометров и определение относительной влажности воздуха.
3. Задача на применение соотношения между скоростью распространения, частотой и длиной электромагнитной волны.

Билет № 21 52-53

1. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Явление преломления света.
2. Измерение времени соскальзывания бруска по наклонной плоскости при малом её наклоне и пройденного пути, расчёт ускорения равноускоренного движения.
3. Задача на применение закона сохранения импульса при неупругом ударе.

Билет № 22 54-56

1. Линза. Фокусное расстояние линзы. Построение изображения в собирающей линзе. Глаз как оптическая система.
2. Измерение силы, необходимой для равномерного подъёма бруска по наклонной плоскости, и пройденного пути, расчёт работы этой силы.
3. Задача на расчёт работы или мощности электрического тока.

2. Получение действительного изображения предмета в собирающей линзе. Проверка предположения: при приближении предмета к собирающей линзе на некоторое расстояние его чёткое изображение удаляется на такое же расстояние.

3. Задача на применение закона всемирного тяготения.

Билет № 10 28-29

1. Тепловое равновесие. Температура. Измерение температуры. Связь температуры со скоростью хаотического движения молекул.
2. Наблюдение действительных изображений предмета, полученных при помощи собирающей линзы. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости размеров изображения и расстояния до него от расстояния до источника света.
3. Задача на применение закона сохранения механической энергии.

Билет № 11 30-31

1. Внутренняя энергия. Работа и теплота. Как способы изменения внутренней энергии тела. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.
2. Исследование условий равновесия рычага под действием груза и пружины динамометра. Построение графика зависимости показаний динамометра от расстояния груза до оси вращения.
3. Задача на расчёт сопротивления проводника.

Билет № 12 32-34

1. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Примеры теплопередачи в природе и технике.
2. Измерение удлинения пружины от веса груза, подвешенного к ней. Построение графика зависимости удлинения пружины от веса груза.
3. Задача на расчёт общего сопротивления последовательного и параллельного соединения проводников.

Билет № 13 35-36

1. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость. Плавление. Кристаллизация.

БИЛЕТ № 1

1. Механическое движение. Характеристики механического движения. Относительность движения. Механическое движение тела — изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Так как тело обладает размерами (различные его части обладают разными координатами), то всякое тело можно считать материальной точкой, обладающей массой этого тела.

Например, самолет, летящий из Москвы в Санкт-Петербург, можно привязать за материальную точку. Но при определении силы сопротивления воздуха, действующей на этот летящий самолет, считать его материальной точкой нельзя, так как сила сопротивления зависит от размеров и формы самолета.

Если все точки тела движутся одинаково, такое движение называют поступательным. При описании такого движения достаточно рассмотреть движение только одной точки. В данном случае тело тоже можно считать материальной точкой.

Тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь, называют материальной точкой.

Перемещение тела — вектор, соединяющий начальное положение тела с его последующим. Для нахождения положения тела в пространстве в заданный момент времени необходима система отсчета.

Система координат, тело отсчета, с которым она связана, и прибор для измерения времени образуют систему отсчета, относительно которой рассматривается движение тела (рис. 1.1).

Используя систему отсчета, можно вычислять положение тела, т.е. решать основную задачу механики: определить координаты тела в данный момент

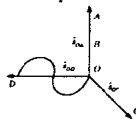


Рис. 1.1

2. Проверка предположения: при увеличении массы груза пружинного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.
3. Задача на расчёт пути или скорости при равноускоренном движении.

Билет № 14 37-39

1. Испарение. Конденсация. Кипение. Влажность воздуха.
2. Измерение фокусного расстояния и расчёт оптической силы собирающей линзы.
3. Задача на применение закона Гука.

Билет № 15 40-41

1. Электризация тел. Взаимодействие электрических зарядов. Закон сохранения электрического заряда.
2. Наблюдение явления испарения жидкости. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости скорости испарения от площади поверхности жидкости и рода жидкости.
3. Задача на применение второго закона Ньютона.

Билет № 16 42-44

1. Постоянный электрический ток. Электрическая цепь. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи.
2. Измерение веса тела в воздухе и веса тела, полностью погруженного в жидкость, расчёт силы Архимеда.
3. Задача на расчёт центростремительного ускорения при движении тела по окружности.

Билет № 17 45-46

1. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля - Ленца. Использование тепловое действия тока в технике.
2. Проверка предположения: при увеличении длины нити нитяного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.
3. Задача на относительность механического движения.

Билет № 18 47-48

1. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.

времени. Зная координату его начального положения и вектор перемещения, определим координату движущегося тела.

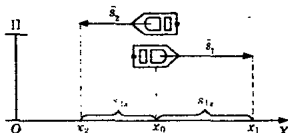


Рис. 1.2

Два катера плывут по реке в противоположных направлениях и встречаются около пристани П (рис. 1.2). После встречи они продолжают движение в тех же направлениях в течение некоторого промежутка времени t . Определим координаты каждого катера по отношению к пристани и расстояние между катерами через промежуток времени t после их встречи.

Проведем координатную ось OX параллельно движению катеров. Пристань примем за начало отсчёта. Спроецировав начала и концы векторов перемещения (s_1 и s_2) на ось OX , получим отрезки s_{1x} и s_{2x} , которые являются проекциями указанных векторов.

В данном случае точки x_1 и x_2 — это координаты концов векторов $\vec{s}_1$ и $\vec{s}_2$ соответственно, а точка x_0 — координата начала каждого из этих векторов. Поэтому

$$s_{1x} = x_1 - x_0, s_{2x} = x_2 - x_0.$$

Из этих уравнений выразим координаты x_1 и x_2 :

$$x_1 = x_0 + s_{1x}, x_2 = x_0 + s_{2x}.$$

Расстояние между двумя телами, как известно, равно модулю разности их координат:

$$L = x_1 - x_2.$$

Мы получили уравнения, по которым можно рассчитать искомые координаты.

Скорость равномерного прямолинейного движения — постоянная векторная величина, равная отно-

Билет № 5 13-14

1. Сила упругости. Объяснение устройства принципа действия динамометра. Сила трения. Трение в природе и технике.
2. Наблюдение магнитного действия постоянного тока. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости направления магнитного поля от направления и величинны тока.
3. Задача на расчёт массы тела по его плотности.

Билет № 6 15-17

1. Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда.
2. Наблюдения различных способов получения индукционного тока. Постановка качественных опытов по изменению величины и направления индукционного тока.
3. Задача на расчёт механической работы.

Билет № 7 18-20

1. Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.
2. Измерение уменьшения температуры горячей воды или увеличения температуры холодной воды при смешивании с холодной (горячей), расчёт количества теплоты, которое отдает горячая вода (получает холодная вода).
3. Задача на расчёт заряда, прошедшего через проводник.

Билет № 8 21-24

1. Механические колебания. Механические волны. Звук. Колебания в природе и технике.
2. Изучение силы трения, возникающей при скольжении деревянного бруска с грузами по горизонтальной поверхности. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей и рода поверхностей.
3. Задача на применение закона Ома для участка цепи.

Билет № 9 25-27

1. Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое движение атомов и молекул. Броуновское движение и диффузия.

Билет № 23 57

1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения.
2. Измерение объема твёрдого тела и его массы. Расчёт плотности вещества, из которого оно изготовлено.
3. Задача на применение закона Джоуля — Ленца.

Билет № 24 58-59

1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Состав атомного ядра. Ядерные реакции.
2. Измерение силы трения, возникающей при скольжении бруска по горизонтальной поверхности, при различных давлениях бруска на стол, построение графика зависимости силы трения от силы давления.
3. Задача на построение изображения в рассеивающей линзе.

Билет № 25 60-61

1. Роль физики в формировании научной картины мира. Наблюдение и описание физических явлений. Физический эксперимент. Измерение физических величин.
2. Шарик скатывается с желоба, установленного на некоторой высоте над землёй, и летит горизонтально. Проверка предположения: при увеличении высоты, с которой брошен шарик, в 2 раза дальность полёта увеличивается в 2 раза. (Начальная скорость шарика не меняется при изменении высоты подъёма желоба.)
3. Задача на расчёт давления столба жидкости.

шению перемещения $\vec{s}$ тела за любой промежуток времени t к значению этого промежутка:

$$\vec{s} / t \rightarrow \vec{v} \vec{t}.$$

На графике зависимости модуля вектора скорости от времени (рис. 1.3) при равномерном движении тела площадь под графиком скорости численно равна модулю вектора перемещения.

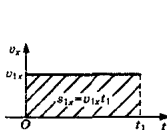


Рис. 1.3

График зависимости проекции перемещения от времени $s_x(t)$ — прямая, проходящая через начало координат (рис. 1.4).



Рис. 1.4

Прямолинейное равноускоренное движение характеризуется ускорением.

Ускорением тела называют величину, равную отношению изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло.

Равноускоренное движение — это движение с постоянным ускорением.

$$\vec{a} = (\vec{v} - \vec{v}_0) / t.$$

Ускорение — векторная величина, которая характеризуется не только модулем, но и направлением. Модуль вектора ускорения показывает, на сколько изменяется модуль вектора скорости в каждую единицу времени.

За единицу ускорения в СИ принимают ускорение такого равноускоренного движения, при котором за 1 с скорость тела изменяется на 1 м/с:

$$[a] = 1 \text{ м/с}^2.$$

тела относительно подвижной системы координат и скорости подвижной системы относительно неподвижной.

Из рис. 1.8 видно, что и перемещения, и скорости относительно разных систем отсчета различны. Относительны и траектории (OC — относительно подвижной и OC' — относительно неподвижной).

С относительностью движения мы встречаемся часто. В обиходе принято выражение «солнце восходит и заходит», т.е. за тело отсчета в данном случае принята Земля. Так скорость человека в движущемся вагоне относительно вагона может равняться нулю, но не равна нулю скорость относительно станции, мимо которой проезжает вагон. Или представим вертолет, вертикально опускающийся на землю. Траектория движения любой точки вращающегося винта относительно вертолета будет окружность.

Для наблюдателя, находящегося на земле, та же самая точка будет двигаться по винтовой траектории. Из этого примера ясно, что траектория движения тоже относительна, т.е. траектория движения одного и того же тела может быть различной в разных системах отсчета.

Отсюда следует, что и путь является величиной относительной. Относительность движения проявляется в том, что скорость, траектория, путь и некоторые другие характеристики движения относительны, т.е. они могут быть разными в разных системах отсчета.

Понимание того, что движение одного и того же тела можно рассматривать в разных системах отсчета, сыграло огромную роль в развитии взглядов на строение Вселенной.

2. Намерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, расчёт сопротивления проволочного резистора.

Для проведения этой работы необходимо собрать электрическую цепь из источника тока, проволочного резистора, амперметра, вольтметра, разъемного ключа (рис. 1.9).

вектора скорости в точках cd . Таким образом, за промежуток времени, соответствующий отрезку cd , скорость тела меняется от v_{0x} до v_{1x} .

Если выделенный промежуток времени достаточно мал, то проекция вектора скорости за это время не может заметно измениться. Поэтому движение тела в течение этого промежутка времени мало отличается от равномерного, т.е. от движения с постоянной скоростью.

В этом случае участок ab графика можно считать горизонтальным, а $abdc$ — прямоугольником, площадь которого численно равна проекции вектора перемещения за промежуток времени, соответствующий отрезку cd .

На такие прямоугольники можно разбить всю площадь фигуры $OABC$, являющейся трапецией. Следовательно, проекция вектора перемещения за промежуток времени, соответствующий отрезку AB , численно равна площади трапеции $OABC$ и определяется по той же формуле, что и эта площадь. Из рисунка видно, что площадь S трапеции $OABC$ равна сумме площадей прямоугольника $OAMC$ и прямоугольного треугольника ABM :

$$S = OA \cdot OC + \frac{1}{2} AB \cdot AM.$$

Значит, и проекцию вектора перемещения s_x совершающего телом за промежуток времени t , можно определить по этой же формуле.

Поскольку $OA = v_{0x}$, $OB = AM = t$, $CM = a_x t$, то формула для определения проекции вектора перемещения будет выглядеть так

$$s_x = v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2.$$

Таким образом, мы получили формулу для расчета проекции вектора перемещения при равноускоренном движении.

По этой же формуле рассчитывают проекцию вектора перемещения и при движении тела с уменьшающейся по модулю скоростью, только в этом случае векторы скорости и ускорения будут направлены в противополо-

БИЛЕТ № 2

1. Явление инерции. Первый закон Ньютона.

Сила и сложение сил. Второй закон Ньютона.

Чтобы тело, находящееся в покое, изменяло положение в пространстве, необходимо оказать на него некоторое воздействие. Поэтому кажется логичным утверждение, что без внешнего воздействия не может быть движения, и чем сильнее воздействие, тем больше скорость тела.

Чем лучше смазаны оси колёс и чем ровнее дорога, тем большее расстояние пройдёт тележка до остановки. В идеале, когда дорога абсолютно гладкая, т.е. когда исключены все внешние воздействия, тележка будет катиться без остановки по инерции.

Движение по инерции — движение тела, происходящее без внешних воздействий.

В земных условиях такое движение практически не встречается.

Обобщая результаты изучения движения тел при максимальном уменьшении сил трения, Г. Галилей сформулировал принцип инерции.

Если на тело не действуют внешние силы, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Равномерное прямолинейное движение и состояние покоя физически эквивалентны в том смысле, что они существуют без внешнего воздействия. Кроме того, понятия «движение» и «покой» относительны и зависят от выбора системы отсчета. Например, стол в комнате, неподвижный относительно системы отсчета, связанной с домом, движется вместе с Землей вокруг ее оси и вокруг Солнца, а вместе с Солнечной системой вокруг центра Галактики в расширяющейся Вселенной.

Однако эквивалентность и взаимозаменяемость состояния покоя и равномерного прямолинейного движения возможны лишь в инерциальных системах отсчета, покоящихся или движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.

ложные стороны, поэтому их проекции будут иметь разные знаки.

Если начальная скорость равна нулю, то выражение для перемещения будет иметь вид

$$s = \frac{a_1 t^2}{2}.$$

График проекции перемещения от времени — парабола (рис. 1.7).

Всякое движение тела рассматривается относительно системы отсчета.

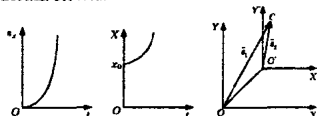


Рис. 1.7

Рассмотрим движение одного и того же тела относительно разных систем отсчета, которые могут двигаться относительно друг друга. Обозначим скорость движения движущейся системы относительно неподвижной u , скорость тела относительно неподвижной системы отсчета v . Пусть в начальный момент времени начала координат подвижной и неподвижной систем отсчета совпадают и материальная точка находится в начале координат. За время Δt материальная точка переместится в неподвижной системе на s , в подвижной на s_1 . Начало отсчета подвижной системы переместилось на s_2 . Значит, $s = s_1 + s_2$.

Если все выражение разделить на Δt , то получим классический закон сложения скоростей.

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}_2.$$

Скорость тела относительно неподвижной системы координат равна геометрической сумме скоростей

Системы отсчета, в которых принцип инерции не выполняется, называют неинерциальными.

При резком увеличении скорости автобуса пассажир, находящийся в автобусе, отклоняется в сторону, противоположную направлению движения. Следовательно, скорость пассажира относительно автобуса изменяется в отсутствие внешних сил. Система отсчета, связанная с автобусом, является неинерциальной.

Инерциальная система отсчета — система отсчета, в которой тело, не взаимодействующее с другими телами, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Во всех инерциальных системах отсчета законы классической динамики имеют один и тот же вид. В этом состоит принцип относительности Галилея.

В 1687 г. принцип инерции Галилея был сформулирован И. Ньютоном в виде первого закона динамики (закона инерции).

Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее (его) изменить это состояние.

Тело движется прямолинейно и равномерно, так как все действующие на него силы скомпенсированы. Пока такая компенсация сохраняется, скорость тела либо постоянна (при прямолинейном равномерном движении), либо равна нулю (в состоянии покоя). Во Вселенной практически невозможно найти тело, не испытывающее внешних воздействий, и непосредственно экспериментально подтвердить первый закон Ньютона. Однако с его помощью можно объяснить ряд опытов, что является косвенным подтверждением справедливости этого закона.

Монета, лежащая на картонке, закрывающей горлышко бутылки, при резком щелчке по картонке в горизонтальной плоскости падает в бутылку. При резком торможении автомобиля пассажиры, не пристегнутые ремнями безопасности, продолжают по инерции движение вперед, что может

Зависимость проекции вектора скорости от времени при равноускоренном движении графически представлена прямой (рис. 1.5).

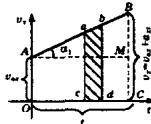


Рис. 1.5

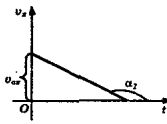


Рис. 1.6

На рис. 1.6 представлена зависимость проекции скорости, уменьшающегося с течением времени, т.е. равнозамедленного движения.

Если скорость тела увеличивается по модулю, то график образует с положительным направлением оси t острый угол α . Если скорость уменьшается по модулю, график образует с положительным направлением оси t тупой угол α .

Выведем формулу, с помощью которой можно рассчитать проекцию вектора перемещения тела, движущегося прямолинейно и равноускоренно, за любой промежуток времени.

На рис. 1.5 отрезок AB представляет собой график проекции вектора скорости тела, движущегося с постоянным ускорением a (при начальной скорости $\vec{u}_0$).

Мы знаем, что при прямолинейном равномерном движении тела проекция вектора перемещения, совершенного этим телом, определяется по той же формуле, что и площадь прямоугольника, заключенного под графиком проекция вектора скорости. Поэтому проекция вектора перемещения численно равна площади этого прямоугольника.

Для этого на оси Ot выделим маленький промежуток времени cd . Из точек ab проведем перпендикуляры к оси Ot до их пересечения с графиком проекция



Рис. 1.9

Амперметр включаем в цепь после вольтметра, а вольтметр — параллельно.

При подключении амперметра и вольтметра соблюдают правила включения приборов в электрическую цепь: плюс прибора подсоединяют к плюсу источника тока.

Снимаем показания амперметра и вольтметра и по закону Ома для участка цепи $I = U/R$ рассчитываем сопротивление резистора

$$R = U/I.$$

3. Задача на расчет количества теплоты, необходимого для нагревания тела.

Какое количество теплоты потребуется для нагревания спирта объемом 1 л на 10°C ? Удельная теплоемкость спирта

$$2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ плотность спирта } 800 \text{ кг/м}^3.$$

$$\begin{aligned} \text{Дано:} \\ V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 \\ \Delta t = 10^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$c = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$Q = ?$$

$$\text{Ответ: } 20 \text{ КДж.}$$

Решение: Количество теплоты, необходимое для нагревания спирта на 10°C , рассчитывают по формуле

$$Q = cm\Delta t; m = \rho V; Q = c\rho V\Delta t$$

$$Q = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 10^\circ\text{C} = 20000 \text{ Дж} = 20 \text{ КДж.}$$

прийти к травме. Межпланетная космическая станция, запускаемая с Земли, на большом расстоянии от планеты движется практически прямолинейно и равномерно, вообще не расходуя топлива.

Таким образом, из первого закона Ньютона следует, что тело может двигаться как при наличии, так и при отсутствии внешнего воздействия. Следовательно, скорость сама по себе не показывает, действуют на тело внешние силы или нет. Ответ на фундаментальный вопрос, *какая физическая величина является однозначным показателем наличия внешнего воздействия*, был дан И. Ньютоном во втором законе.

Тело движется прямолинейно и равномерно по абсолютно гладкой поверхности лишь в случае, когда отсутствует внешнее воздействие. Если подтолкнуть тело в направлении движения, его скорость увеличится. Воздействие на тело в направлении, противоположном его движению, уменьшает скорость тела. Следовательно, внешнее воздействие изменяет скорость. Таким образом, не скорость, а ее изменение является показателем наличия или отсутствия внешнего воздействия. При равномерном прямолинейном движении изменение скорости равно нулю, что свидетельствует об отсутствии внешнего воздействия.

При воздействии на движущееся тело других тел его скорость может изменяться не только по модулю, но и по направлению.

Направление внешнего воздействия может не совпадать с направлением скорости тела.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет форму и размеры.

Физическая природа взаимодействий может быть различной. Существует четыре фундаментальных взаимодействия: гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное. Сила является количественной мерой взаимодействия. Силы взаимодействия различной природы

тело действуют несколько сил, то результирующее ускорение тела определяется суммарной равнодействующей силой. $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$.

Второй закон Ньютона читается так: в инерциальной системе отсчета ускорение тела прямо пропорционально векторной сумме всех действующих на тело сил и обратно пропорционально массе тела $\vec{a} = \sum \vec{F} / m$. При решении задач динамики второй закон Ньютона удобнее применять в следующей записи $m\vec{a} = \sum \vec{F}$.

Произведение массы тела и его ускорения равно векторной сумме всех действующих на него сил.

Законы Ньютона позволяют не только изучать движение, но и управлять им. Так рассчитываются координаты космических кораблей во время полетов с учетом действующих на них переменных сил, траектории небесных тел. При строительстве дорог учитывается, каким должно быть покрытие, чтобы силы трения были оптимальными как при езде, так и при торможении. Законы Ньютона позволяют не только изучать движение, но и управлять им. В зимнее время дороги обрабатывают веществами, увеличивающими трение колес о дорогу для того, чтобы тормозной путь был меньше. При расчете механических конструкций (особенно, если в этой конструкции есть вращающиеся части) учитывают действие всех сил. Обязательно рассчитывают силы при строительстве любого сооружения с несущими конструкциями. При создании теории атома водорода Н. Бор в своих расчетах применял второй закон Ньютона.

2. Измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи при последовательном (параллельном) соединении проводников, анализ полученных результатов.

Для выполнения работы потребуется оборудование: источник питания, 2 низковольтных лампы на подставке (или 2 резистора), ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

БИЛЕТ № 3

1. Третий закон Ньютона. Импульс. Закон сохранения импульса. Объяснение реактивного движения на основе закона сохранения импульса.

Сила, сообщающая телу ускорение, является мерой внешнего воздействия на него другого тела. Эта сила возникает при взаимодействии между этими телами. Так как объекты взаимодействия равноправны, то на второе тело со стороны первого также действует сила — сила противодействия.

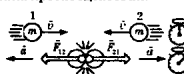


Рис. 3.1

Два одинаковых шара из пластилина (массой m каждый) движутся с одинаковой по модулю скоростью v (рис. 3.1), при встречном столкновении

останавливаются.

При столкновении наблюдается равенство сил действия и противодействия. Покажем это.

Изменение скорости первого шара $\Delta \vec{v}_1 = 0 - \vec{v} = -\vec{v}$ направлено влево. Изменение скорости второго шара $\Delta \vec{v}_2 = 0 - (-\vec{v}) = \vec{v}$ направлено вправо и равно по модулю Δv_1 . Ускорения шаров, характеризующие изменение их скорости в единицу времени, равны по модулю и противоположны по направлению: $a_1 = -a_2$.

Согласно второму закону Ньютона, сила, действующая на первый шар со стороны второго, $F_{12} = ma_1$. Аналогично сила, действующая на второй шар со стороны первого, $F_{21} = ma_2$.

В этом состоит третий закон Ньютона.

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти тела:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Эти силы приложены к разным телам, всегда действуют парами и являются силами одной природы.

Единица импульса силы — ньютоно-секунда (Н·с).

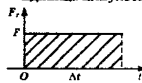


Рис. 3.2

Импульс силы численно равен площади прямоугольника со сторонами F и Δt (рис. 3.2). Предположим, что до броска тела (шайбы) массой m двигалось равномерно со скоростью $\vec{v}_0$.

Под действием постоянной силы $\vec{F}$ оно в течение времени Δt будет двигаться равноускоренно с ускорением $\vec{a}$:

$$\vec{a} = \vec{F} / m.$$

Скорость, приобретаемая телом при равноускоренном движении за промежуток времени Δt , можно найти по формуле: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \Delta t = \vec{v}_0 + \vec{F} \Delta t / m$.

Перенесем $\vec{v}_0$ в левую часть равенства с противоположным знаком и умножим обе части полученного соотношения на m , получим $m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F} \Delta t$.

Правая часть этого соотношения содержит величины, характеризующие внешнее воздействие на тело. Левая часть представляет изменение импульса тела, характеризующего движение тела.

Импульс тела — векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость и имеющая направление скорости: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Единица импульса тела — килограмм метр в секунду (кг·м/с).

Импульс — фундаментальная и сохраняющаяся характеристика состояния физической системы.

В начальный момент времени импульс тела $p_0 = mv_0$, поэтому $\vec{p} = \vec{p}_0 + \vec{F} \Delta t$.

Это выражение является уравнением движения тела.

Изменение импульса тела определяется импульсом сил, действующей на него. Импульсы силы характеризуются произведением силы на время ее действия. Следовательно, аналогичное воздействие на тело может оказать

Соберём электрическую цепь согласно рис. 2.2. Такое соединение называется последовательным.

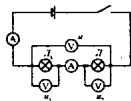


Рис. 2.2.

Измеряя силу тока на различных участках цепи, убеждаемся в том, что сила тока при последовательном соединении на всех участках одинакова.

Измерим напряжение U_1, U_2, U . Из результатов опытов следует, что $U = U_1 + U_2$. Напряжение при последовательном соединении сопротивлений равно сумме напряжений на всех участках цепи.

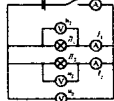


Рис. 2.3.

Соберём электрическую цепь согласно рис. 2.3. Такое соединение сопротивлений называется параллельным. Подсоединим вольтметр, как указано на рис. 2.3. Измерения показывают, что напряжение на всех участках цепи при параллельном соединении одинаково.

Измерения силы тока на различных участках цепи позволяют сделать вывод, что общая сила тока равна сумме токов на всех участках цепи.

3. Задача на расчёт влажности воздуха.

Какова относительная влажность, если температура воздуха равна 20°C , а его точка росы 10°C ?

Решение:

Относительную влажность воздуха определяем по формуле $\varphi = (p/p_s) \cdot 100\%$ где p — абсолютная влажность воздуха при температуре 20°C , равная плотности насыщенного водяного пара при температуре точки росы 10°C ; p_s — плотность насыщенного водяного пара при температуре 20°C . Эти данные возьмём из таблицы «Плотность насыщенного водяного пара».

$$\varphi = (9,4 \text{ г/м}^3 / 17,3 \text{ г/м}^3) \cdot 100\% = 54,3\%.$$

Ответ: 54,3%.

можно измерять в одних и тех же единицах с помощью одних и тех же эталонов.

Пропорциональность между силой F и ускорением a справедлива для сил различной физической природы. Направление ускорения совпадает с направлением силы независимо от направления скорости тела (рис. 2.1).

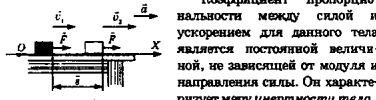


Рис. 2.1.

Коэффициент пропорциональности между силой и ускорением для данного тела является постоянной величиной, не зависящей от модуля и направления силы. Он характеризует меру инертности тела.

Инертность — физическое свойство, заключающееся в том, что любое тело оказывает сопротивление изменению его скорости (как по модулю, так и по направлению).

Количественной мерой инертности является масса тела.

Масса тела — физическая величина, являющаяся мерой инертности тела.

Чем больше сила, действующая на тело определенной массы, тем большее ускорение оно приобретает.

При прочих равных условиях, чем больше масса тела, тем труднее его сдвинуть.

Чем больше масса тела, тем меньшее ускорение оно приобретает при одной и той же действующей на него силе.

Связь между ускорением тела и силой, действующей на него, можно представить в виде $\vec{a} = \vec{F}/m$.

$$\text{Единица силы } [F] = [m][a] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ Н}.$$

Единица силы — ньютон (Н). 1 Н — сила, которая сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с^2 в направлении действия силы.

Для измерения силы существует прибор, который получил название динамометр.

В механике различают 3 вида сил: сила упругости, сила тяготения и сила трения. В общем случае, если на

небольшая сила, действующая значительный промежуток времени, и большая сила, которая действует кратковременно. Этот эффект хорошо известен хоккеистам. Скорость, приобретаемая шайбой при сильном броске (когда время контакта клюшки с шайбой оказывается порядка секунды) примерно совпадает со скоростью при мощном, но кратковременном щелчке.

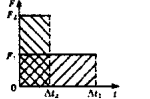


Рис. 3.3

Если импульс силы $\vec{F}_1 \Delta t_1$ при броске шайбы равен импульсу силы при щелчке $\vec{F}_2 \Delta t_2$, то площади заштрихованных прямоугольников равны (рис. 3.3).

При броске и при щелчке шайбы изменение импульса и конечная скорость шайбы будут одинаковы.

Рассмотрим систему, состоящую из двух тел, взаимодействующих друг с другом. Такую систему образуют, например, два шара массой m_1 и m_2 , движущихся навстречу друг другу с начальной скоростью $\vec{v}_0$ и $\vec{v}_\infty$ соответственно (рис. 3.4).

Пренебрегая внешними силами, действующими на шары (например, силой тяжести), данную систему тел можно считать замкнутой.

Замкнутая система — система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю.

Силы взаимодействия между телами системы называют внутренними силами. При столкновении шаров сила F_1 , которая действует на первый шар со стороны второго (рис. 3.4), по третьему закону Ньютона равна по модулю и противоположна по направлению силе F_2 , действующей на второй шар со стороны первого:

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1.$$

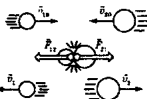


Рис. 3.4

Ньютоном этот закон был сформулирован так:

«Любому действию всегда предшествует равное и противоположное противодействие».

Физическая природа действия и противодействия одинакова, так как они являются результатом взаимодействия тел.

Третий закон Ньютона справедлив при любом соотношении масс взаимодействующих тел, движущихся со скоростями, много меньшими скорости света.

В качестве примеров действия и противодействия можно рассматривать любые столкновения и удары. Так, при столкновении двух автомобилей каждый автомобиль получает повреждения.

Ускорение, приобретаемое телами в результате их взаимодействия, зависит от соотношения масс тел. Чем больше масса одного тела, тем труднее его сдвинуть. Все фундаментальные взаимодействия и соответственно силы, их характеризующие, реально действуют в определенной области пространства в течение некоторого конечного интервала времени.

В случае одномерного движения материальной точки вдоль оси x действующая на нее сила F может зависеть как от координаты точки, так и от времени. Это означает, что сила является функцией координаты и времени: $F = F(x, t)$.

Рассмотрим сначала, как влияет длительность действия силы на движение тела. Для упрощения математических оценок будем считать, что:

модуль силы не зависит от координаты x :

$$F = F(x);$$

сила, начиная действовать в момент времени $t = 0$, остается постоянной в течение времени Δt и затем прекращает свое действие, т.е. становится равной нулю при $t > \Delta t$. Подобная зависимость силы от времени реализуется, например, при броске шайбы хоккеистом.

Временной характеристикой действия силы является импульс силы.

Импульс силы — произведение силы и длительности ее действия: $p = F \Delta t$.

Запишем выражения для этих сил. Согласно второму закону Ньютона $\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_1$, $\vec{F}_{21} = m_2 \vec{a}_2$.

Обозначим скорость шаров после столкновения $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$, а длительность столкновения Δt . Ускорение шаров $\vec{a}_1 = \frac{\Delta \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{10}}{\Delta t}$, $\vec{a}_2 = \frac{\Delta \vec{v}_2}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{20}}{\Delta t}$.

Объединяя эти выражения, находим:

$$m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{10}}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{20}}{\Delta t}$$

Сократив обе части уравнения на Δt и перегруппировав слагаемые в обеих его частях, получим закон сохранения импульса: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}$.

В правой части равенства содержится суммарный импульс системы в начальный момент времени, а в левой — сумма импульсов тел в произвольный момент времени, приобретенных в результате взаимодействия (столкновения). Это означает, что при столкновении суммарный импульс системы сохраняется.

Суммарный импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой.

Импульс сохраняется и для систем микрочастиц, для которых законы Ньютона не применимы. Закон сохранения импульса является следствием однородности пространства. При параллельном сдвиге замкнутой физической системы в любом направлении ее суммарный импульс не изменяется.

Один из основных примеров проявления закона сохранения импульса — реактивное движение — движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части, например, отделение пули, снаряда от ствола оружия. Отдачу испытывают пожарные, направляя водяную струю на горящий объект. Именно благодаря закону сохранения импульса перемещается водный транспорт. В природе встречаются живые

1. Сила тяжести. Свободное падение. Ускорение свободного падения. Закон всемирного тяготения.

Выпустим яблоко из рук — оно упадет на землю. Бросим мяч в горизонтальном направлении, он движется по кривой, но в итоге упадет на землю. То же самое произойдет с любыми другими телами. Следовательно, на тела действует сила, направленная к земле — это сила притяжения.

Сила, с которой Земля притягивает к себе тела, называется силой тяжести.

Сила тяжести обозначается буквой F с индексом $F_{тяг}$. Она всегда направлена вертикально вниз и приложена к телу, рис. 4.1.

Если тело движется только под действием силы тяжести, то оно находится в свободном падении.

Особенностью свободного падения является то, что все тела в данном месте Земли падают с одинаковым ускорением.

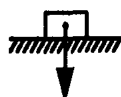


Рис. 4.1.

Это подтверждает и опыт, проведенный с телами разной массы и объема, помещенными в трубку длиной порядка 1,5 м, из которой откачан воздух. Все тела в этой трубке падают с одинаковым ускорением.

Современные методы измерения показывают, что ускорение падающих тел равно $9,8 \text{ м/с}^2$.

Это ускорение называется ускорением свободного падения. Ускорение свободного падения обозначается буквой g .

Зная, с каким ускорением движется тело под действием силы тяжести, согласно второму закону Ньютона можно записать формулу силы тяжести для тела любой массы.

$$F_{тяг} = 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot m.$$

1. Сила упругости. Объяснение устройства принципа действия динамометра. Сила трения. Трение в природе и технике.

Сила, вызванная деформацией тел и препятствующая изменению объема тела, называется силой упругости.

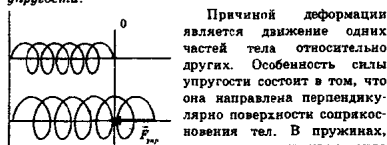


Рис. 5.1.

Причиной деформации является движение одних частей тела относительно других. Особенность силы упругости состоит в том, что она направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения тел. В пружинах, стержнях и шпурках сила упругости направлена вдоль их осей, рис. 5.1. (Растянутая пружина стремится вернуться в нормальное состояние.)

Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна увеличению тела и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела относительно других частей при деформации.

Эта формулировка носит название закона Гука и математически выглядит так: $\vec{F} = k \vec{x}$, где k — коэффициент упругости (или жесткости) и зависит от свойств материала и геометрии деформируемого тела.

Жесткость выражается в ньютонах на метр (Н/м).

Сила упругости препятствует деформации.

Для измерения силы используется прибор, который называется динамометр.

Его устройство основывается на сравнении выбранной силы с силой упругости динамометра, рис. 5.2.

Любому движению всегда сопутствует сила трения. Она возникает при непосредственном соприкосновении тел и всегда направлена вдоль поверхности соприкосно-

Соберём электрическую цепь согласно рис. 4.2. 12 Замкнем цепь, отметим показания амперметра и вольтметра. Затем присоединим последовательно к первому источнику тока второй такой же источник тока и снова отметим показания приборов. Показания вольтметра увеличатся вдвое. Увеличились вдвое и показания амперметра. При включении третьего источника тока показания приборов увеличатся втрое.

Таким образом, можно прийти к выводу, что сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на концах проводника.

Графиком такой зависимости является прямая (рис. 4.3).

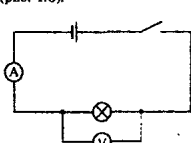


Рис. 4.2

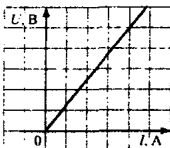


Рис. 4.3

3. Задача на определение конечной температуры при смешивании горячей и холодной воды.

В ванне смешали 20 кг горячей воды при температуре 96°C и 40 кг холодной воды при температуре 6°C . Пренебрегая потерями энергии на нагревание ванны и окружающей среды, определите установившуюся температуру в ванне.

Дано:
 $m_1 = 20 \text{ кг}$;
 $t_1 = 96^\circ \text{C}$
 $m_2 = 40 \text{ кг}$

Решение:
Количество теплоты, отданное горячей водой, равно количеству теплоты, полученному холодной водой.

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$cm_1(t_1 - t) = cm_2(t - t_2)$$

$$t_2 = ?$$

В 1685 г. английский учёный И. Ньютон предположил, что все тела притягиваются друг к другу гравитационными силами.

Сводное падение яблока и притяжение Луны имеют общую причину — гравитационное притяжение к Земле. В отличие от сил упругости и трения гравитационное притяжение является взаимодействием тел друг с другом на расстоянии. Радиус действия гравитационного притяжения неограничен.

Закон всемирного тяготения гласит:

Два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной массе каждого из них и обратно пропорциональной квадрату расстояния

$$\text{между ними: } F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где F — модуль вектора силы гравитационного притяжения между телами массами m_1 и m_2 , находящимися на расстоянии друг от друга, G — это коэффициент, который называется гравитационной постоянной.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2.$$

Гравитационная постоянная показывает, с какой силой притягиваются два тела массами по 1 кг, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга.

Формула даёт точный результат при расчёте силы всемирного тяготения в случаях: если размеры тел пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними, если оба тела однородны и имеют шарообразную форму, если одно из взаимодействующих тел — шар, размеры и масса которого значительно больше, чем у второго тела, находящегося на поверхности этого шара или вблизи неё.

2. Измерение силы тока, проходящего через резистор, и напряжения на нём, построение графика зависимости силы тока от напряжения.

Для выполнения этого задания необходимы: 3 источника питания, ключ, электрическая лампочка (или резистор), амперметр, вольтметр, соединительные провода.

вення, рис. 5.3. Различают три вида трения: трение покоя, трение скольжения и трение качения.

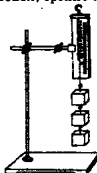


Рис. 5.2

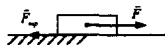


Рис. 5.3

Если на тело действует сила $\vec{F}$, но тело сохраняет состояние покоя, то это значит, что на тело действует и сила, равная по модулю и противоположная по направлению — сила трения покоя, рис 5.3.

При увеличении силы $\vec{F}$ увеличивается и сила трения покоя. Сила трения покоя — это та сила, которая мешает нам сдвинуть с места стол или другой какой-то предмет.

Максимальная сила трения покоя пропорциональна силе нормального давления. $F_{\text{max}} = \mu \vec{N}$.

где μ — коэффициент трения. Тело получит ускорение, если $\vec{F}$ станет хоть немного больше, чем $\vec{F}_{\text{max}}$.

На движущееся тело действует уже сила трения скольжения, которая всегда направлена в сторону, противоположную направлению движения тела относительно того тела, с которым оно соприкасается. Сила трения скольжения определяется по формуле: $\vec{F} = \mu \vec{N}$.

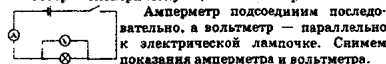
Коэффициент трения скольжения зависит от шероховатостей и физических свойств соприкасающихся поверхностей.

организмы, которые перемещаются за счет реактивной отдачи, например медузы. Движение ракеты — это тоже пример реактивного движения. Отделяющейся частью тела (ракеты) при таком движении является струя горячих газов, образующихся при сгорании топлива.

2. Измерение силы тока, проходящего через лампочку, и напряжения на ней, расчёт мощности электрического тока.

Для проведения работы необходимо оборудование: источник питания низковольтная лампа на подставке, вольтметр, амперметр, ключ, соединительные провода.

Соберём электрическую цепь согласно рис. 3.5.



Амперметр подсоединим последовательно, а вольтметр — параллельно к электрической лампочке. Снимем показания амперметра и вольтметра.

Вычислим мощность электрической лампочки по формуле: $P = IU$.

Мощность измеряется в Вт.

3. Задача на составление уравнения ядерной реакции.

1. Написать реакцию α -распада для радия $^{226}_{88}\text{Rd}$.

$^{226}_{88}\text{Rd} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{X}$. В результате α -распада заряд ядра атома радия уменьшается на 2 элементарных заряда и становится равным 86. Так как порядковый номер элемента в таблице химических элементов Д.И. Менделеева указывает, какой это будет элемент, то определяем, что $^{222}_{86}\text{X} = ^{222}_{86}\text{Rn}$. Это радон.

2. Написать реакцию превращения изотопа $^{40}_{19}\text{K}$ с β -распадом.

$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$. В результате β -распада образуется элемент, который расположен в таблице химических элементов в следующей клетке за исходным.

При β -распаде нейтрон в ядре превращается в протон, электрон и антинейтрино. Электрон и антинейтрино вылетают из ядра, а оставшийся в ядре протон увеличивает порядковый номер превращающегося элемента на единицу.

раскрывая скобки, находим t_0 .

$$m_1 t_1 - m_1 t_0 = m_2 t_2 - m_2 t_1.$$

$$m_1 t_1 + m_2 t_2 = t_1 (m_1 + m_2).$$

$$t_0 = \frac{m_1 t_1 - m_2 t_2}{m_1 - m_2};$$

$$t_0 = \frac{20\text{кг} \cdot 96^\circ\text{C} + 40\text{кг} \cdot 6^\circ\text{C}}{20\text{кг} + 40\text{кг}} = 36^\circ\text{C}.$$

Ответ: 36 °C.

Сила трения качения мала по сравнению с силой 14 трения скольжения.

В силу необходимости силу трения увеличивают и уменьшают. Так, например, подводным лодкам, самолётам придают обтекаемую форму для того, чтобы уменьшить сопротивление, которое к тому же зависит и от скорости движения. Для уменьшения трения применяют смазочные материалы. В то же время дороги посыпают зимой песком для увеличения силы трения между колёсами транспорта и полотном дороги.

2. Наблюдение магнитного действия постоянного тока. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости направления магнитного поля от направления и величине тока.

Соберём электрическую цепь (рис 5.4).

При включении катушки с сердечником в электрическую цепь сердечник обладает свойством притягивать к себе железные предметы, например гвоздики. Стрелка компаса, помещённая вблизи электрических проводов с током, изменяет ориентацию (рис. 5.4.). Это свойство исчезает, если отключить цепь. Следовательно, электрический ток обладает магнитным действием.

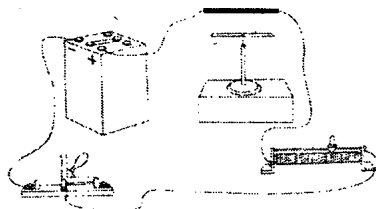


Рис. 5.4.

Воздушная оболочка, которая окружает Землю, 16 называется атмосферой. Давление, которое создаёт атмосфера, передаётся по всем направлениям без изменения. В результате чего все тела, находящиеся на Земле, испытывают это давление, которое получило название *атмосферного*.

О существовании атмосферного давления свидетельствует опыт, который был проведён в 1654 году Отто Герике в г. Магдебурге: для доказательства существования атмосферного давления был выкачан воздух между двумя металлическими полушариями. Атмосферное давление так сильно их прижало друг к другу, что их не могла разъединить 8 пар лошадей.

Пипетка, автоматическая поилка для птиц, прибор ливер, который служит для взятия проб различных жидкостей — всё это примеры существования атмосферного давления.

Существование воздушной оболочки можно объяснить следующим образом: молекулы воздуха находятся в непрерывном и беспорядочном движении, с одной стороны, а с другой — на них действует сила тяжести. Поэтому они не покидают Землю, но и не падают на неё. Плотность воздуха быстро уменьшается с высотой. Границы атмосферы не определены. Так как плотность воздуха не постоянна, рассчитать атмосферное давление по формуле для вычисления давления жидкостей нельзя. Впервые измерять атмосферное давление удалось итальяскому учёному Торричелли.

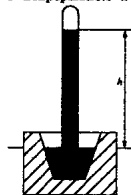


Рис. 6.1.

Затем трубку перевернули и опустили в сосуд с ртутью. Часть ртути вылилась, а часть осталась в трубке (рис. 6.1). Торричелли так объяснил свой опыт: атмос-

1. Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда.

Практика показывает, что результат действия силы зависит не только от её модуля, но и от площади поверхности, перпендикулярно которой она действует. Более острая кнопка легче входит в поверхность стены. На рыхлом снегу человек будет проваливаться, а, встав на лыжи, сможет спокойно передвигаться.

Физическая величина, равная отношению силы F , действующей перпендикулярно поверхности, к площади S этой поверхности, называется давлением P :

$$P = F/S.$$

Давление измеряется в паскалях (Па). $1 \text{ Па} = \text{Н/м}^2$.

Давление в 1 Па создаётся телом весом 1 Н при площади опоры 1 м^2 . В зависимости от того, какое давление необходимо создать, площадь опоры либо уменьшают, либо увеличивают.

Для передвижения по болотистой местности увеличивают площадь опоры у машин, делая широкими шины, или заменяют колёса на гусеницы. Площадь лезвия режущих предметов стараются сделать наименьшими для увеличения давления при работе ими.

Газы обладают свойством занимать весь предоставленный объём. Молекулы газа хаотично движутся, и кинетическая энергия движения больше потенциальной энергии взаимодействия между молекулами. В результате беспорядочного движения молекулы сталкиваются между собой, а также со стенками сосуда, в котором находятся. Эти соударения можно считать упругими. Давление возникает в результате ударов, которые испытывают стенки сосуда со стороны молекул.

Давление газа распространяется по всем направлениям одинаково.

Этот вывод подтверждает опыт: если завязанный воздушный шарик поместить под колокол воздушного насоса и начать откачивать оттуда воздух, то шарик раздувается и принимает форму шара.

Рассчитаем эту силу:

$$F_1 = P_1 S, \quad \rho_1 g h_1 S,$$

$$F_2 = P_2 S, \quad \rho_2 g h_2 S,$$

$$F = \rho_1 g (h_1 - h_2) S, \quad \rho g h S,$$

где произведение hS — есть объём погружённого тела, а произведение ρV — это масса жидкости в объёме погружённого тела.

Следовательно, выталкивающая сила равна весу жидкости в объёме погружённого в неё тела.

$$F_{\text{в}} = m g = P_{\text{в}}.$$

Выталкивающая сила направлена в сторону, противоположную силе тяжести. Это утверждение справедливо и для газов. Под действием выталкивающей силы воздушные шары поднимаются вверх. В жидкостях все тела легче. Выталкивающую силу ещё называют архимедовой силой, в честь древнегреческого учёного Архимеда, который рассчитал её значение:

$$F_{\text{в}} = \rho g V.$$

Архимедова сила зависит от плотности жидкости и объёма погружённого в неё тела.

Соотношения силы тяжести и архимедовой силы учитывают при кораблестроении. Изменяя объём плавательного пузыря, рыба может менять глубину своего погружения. Для воздухоплавания используют воздушные шары. Их наполняют нагретым воздухом или газом, имеющим плотность меньше, чем воздух.

2. Наблюдение различных способов получения индуцированного тока. Постановка качественных опытов по изменению величины и направления индуцированного тока.

Для выполнения этой работы потребуются миллиамперметр, полосовой магнит и соединительные провода.

Соберём электрическую цепь (рис.6.3). Будем двигать полосовой магнит в катушку. При увеличении магнитного потока через площадь, ограниченную контуром катушки, миллиамперметр фиксирует появление

При уменьшении объёма газа его давление увеличивается, а при увеличении объёма его давление уменьшается, если масса и температура газа остаются постоянными.

При нагревании газа скорость движения молекул газа увеличивается, и число ударов молекул о стенки сосуда возрастает. Стенки сосуда будут испытывать большее давление.

Значит, чем выше температура газа, тем давление газа больше.

Закон Паскаля гласит: давление, производимое на жидкость или газ, передаётся без изменения в каждую точку жидкости или газа.

Объясняется это большей подвижностью молекул газа или жидкости. Если сжать газ, то в месте приложения силы молекулы уплотнятся. Благодаря беспорядочному движению частиц очень быстро плотность газа опять выравнивается, но будет уже больше. Плотность газа при сжатии возрастает.

Если заполнить водой или дымом шар Паскаля, то при сдавливании поршня давление будет передаваться от верхних слоев нижним. В результате чего часть воды будет выталкиваться через отверстия в шаре.

Давление на одном и том же уровне внутри жидкости — величина постоянная. Но в зависимости от глубины погружения давление будет увеличиваться, так как увеличивается сила тяжести жидкости.

Это давление можно вычислить по формуле:

$$p = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh.$$

Давление жидкости зависит от плотности жидкости и высоты столба жидкости.

Согласно закону Паскаля поверхность однородной жидкости в сообщающихся сосудах устанавливается на одном уровне. Если в сообщающиеся сосуды налиты жидкости разных плотностей, то высоты этих жидкостей будут различны.

Закон Паскаля нашёл своё применение в гидравлических машинах: гидравлический пресс, гидравлический домкрат, гидравлический тормоз и т.д.

силы тока. Если выдвинуть полюсовый магнит из катушки, то миллиамперметр также фиксирует появление силы тока, но другого направления.



Рис. 6.3.

Это явление было открыто в 1831 г. английским учёным М. Фарадеем и получило название явления электромагнитной индукции. Значение индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока.

Для этой демонстрации нужно быстро и медленно вдвигать и выдвигать магнит.

Чем больше скорость изменения магнитного потока через площадь, ограниченную контуром, тем больше значение индукции.

3. Задача на расчёт механической работы.

Воздушный змей, масса которого 500 г, поднимается с постоянной скоростью потоками воздуха на высоту 80 м. Определите работу силы, поднимающей змея. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Дано:
 $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$
 $h = 80 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $A = ?$

Решение: Механическая работа определяется по формуле: $A = F_s \cos \alpha$. Будем считать, что направление силы со стороны воздушного потока и направление перемещения совпадают, рис. 6.4, тогда $\alpha = 0$, и следовательно $\cos 0 = 1$.

$$A = F_s = 0,5 \text{ кг} \cdot 80 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 400 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A = 400 \text{ Дж}$.

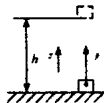


Рис. 6.4.

При изменении направления тока в электрической цепи, для этого достаточно поменять местами провода + и -, направление магнитной стрелки меняется на противоположное. Направление силовых линий магнитного поля определяется правилом буравчика.

При увеличении силы тока в электрической цепи, для этого нужно передвинуть ползунок реостата влево, вращающий момент магнитной стрелки увеличивается. Следовательно, чем больше сила тока в электрической цепи, тем сильнее создаваемое им магнитное поле.

3. Задача на расчёт массы тела по его плотности.

На сколько изменилась общая масса бензовоза, если в его бак долили 40 л бензина? Плотность бензина 710 кг/м^3 .

Дано:
 $V = 40 \text{ л} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $\rho = 710 \text{ кг/м}^3$
 $\Delta m = ?$

Решение: Изменение общей массы бензовоза соответствует массе доливаемого бензина и определяется по формуле:

$$\Delta m = \rho V = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 28,4 \text{ кг}.$$

Ответ: 28,4 кг.

сфера давит на поверхность ртути в чашке. Согласно закону Паскаля на этом же уровне в трубке давление точно такое же, как давление атмосферы. Значит, давление в трубке создаётся ртутным столбом, т.к. над ртутью в верхней части трубки нет воздуха.

Измерив высоту столба ртути в трубке, можно расчитать атмосферное давление.

За единицу атмосферного давления принимают $1 \text{ мм. рт. ст.} = 1 \text{ мм. рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$.

Для измерения атмосферного давления существует прибор, который называется барометр-анероид.

Для измерения давлений отличных от атмосферного используют жидкостные и металлические манометры.

Если внутрь жидкости или газа поместить какое-нибудь тело, то на него тоже будет оказываться давление.

Рассмотрим сосуд с водой, в который поместим тело, имеющее форму параллелепипеда, рис. 6.2.

Силы, которые действуют на боковые стенки тела, будут уравновешивать, т.к. на одном уровне эти силы равны согласно закону Паскаля и направлены в разные стороны. Силы, которые действуют на верхнюю и нижнюю грани, разные, рис. 6.2.

Сила $\vec{F}_1$ создаётся столбом жидкости h_1 , а сила $\vec{F}_2$ — столбом жидкости h_2 . Так как давление передаётся без изменения в каждую точку жидкости или газа, то на нижнюю грань будет оказывать действие сила $\vec{F}_2$.

Результирующая сила, действующая на погружённое в жидкость тело, равна $\vec{F} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1$.

Под действием этой силы тело начинает двигаться вверх, поэтому эта сила получила название выталкивающей силы.

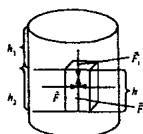


Рис. 6.2.

1. Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения механической энергии.

Механическая работа совершается тогда, когда на тело действует сила, а тело совершает перемещение. Совершаемая при этом механическая работа определяется по формуле

$$A = \vec{F} \vec{s} \cos \alpha,$$

где $\vec{F}$ — вектор силы, $\vec{s}$ — вектор перемещения, α — угол между вектором силы и вектором перемещения (рис. 7.1).

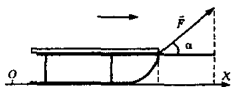


Рис. 7.1

За единицу работы принимают работу, совершенную силой 1 Н на пути в 1 м. Такую единицу называют джоулем (Дж).

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}.$$

В случае, когда на тело действует не одна, а несколько сил, то берут их равнодействующую.

Положительной считают работу сил, сонаправленных с перемещением тела, отрицательной — работу сил, направленных противоположно перемещению. Например, при движении поезда работа силы тяги — положительна, а работа силы трения — отрицательна (рис. 7.2).

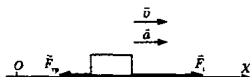


Рис. 7.2

Из этого уравнения видно, что кинетическая и потенциальная энергия в результате взаимодействия и движения тел изменяется так, что увеличение одной из них равно уменьшению другой. Это значит, что сумма энергий обоих видов остается неизменной:

$$E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}.$$

В левой части уравнения полная энергия тел системы в один момент времени, в правой части — полная энергия в другой момент времени. В этом состоит закон сохранения энергии.

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

В любом механизме происходит превращение одного вида энергии в другой. Из-за неизбежных потерь энергии, вызванных прежде всего работой сил трения, полезная работа меньше затраченной, поэтому коэффициент полезного действия механизма всегда меньше единицы; его рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%.$$

2. Измерение уменьшения температуры горячей воды или увеличения температуры холодной воды при ее смешивании с холодной (горячей), расчёт количества теплоты, которое отдаёт горячая вода (получает холодная вода).

Для выполнения этой работы необходимы приборы и материалы: калориметр, измерительный цилиндр (мензурка), термометр, стакан с горячей водой, стакан с холодной водой.

Нальём 100 г горячей воды в калориметр, предварительно измерив её температуру ($t_{\text{г}}$).

Нальём 100 г холодной воды в калориметр, также предварительно измерив её температуру ($t_{\text{х}}$).

Пусть тело массой m свободно падает с высоты 19 м относительно уровня $\Pi = 0$ до высоты h_2 (рис. 7.3).

В этом случае направления силы тяжести и перемещения совпадают и работа силы тяжести

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2,$$

$$A = (mgh_1 - mgh_2).$$

Величину mgh называют потенциальной энергией тела, поднятого на высоту h над выбранным нулевым уровнем:

$$A = -(E_{\text{п}2} - E_{\text{п}1}).$$

Знак минус перед изменением потенциальной энергии означает, что, когда работа силы тяжести положительна, потенциальная энергия тела уменьшается, и наоборот.

Тело обладает потенциальной энергией, потому что оно взаимодействует с Землей, поэтому потенциальную энергию называют еще энергией взаимодействия.

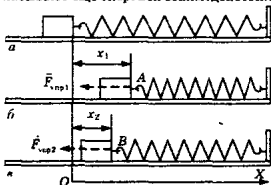


Рис. 7.4

Рассмотрим работу силы упругости — силы, возникающей при деформации тела (пружины).

На рис. 7.4, а пружина в недеформированном состоянии. Если пружину сжать, то возникает сила упругости, направленная влево, и при движении сила упругости совершает работу (рис. 7.4, б). Перемещение конца пружины равно разности координат конца

1. Механические колебания. Механические волны.

Звук. Колебания в природе и технике.

Колебательные движения широко распространены в окружающей жизни. Примерами колебаний могут служить: движение маятника часов, поршня в двигателе внутреннего сгорания, вагоны или машины на рессорах, качелей, иглы в швейной машине и т.д.

Все эти движения повторяются в пространстве с течением времени.

Промежуток времени, через который движение повторяется, называют периодом колебаний.

Единица измерения периода колебаний $[T] = 1 \text{ с}$.

Колебания, происходящие только благодаря начальному запасу энергии, называют свободными.

Свободно колеблющиеся тела всегда взаимодействуют с другими телами и вместе с ними образуют систему тел, которая получила название колебательной системы.

Системы тел, которые способны совершать свободные колебания, называют колебательными системами.

Одно из основных общих свойств всех колебательных систем — волновое движение в них сил, возвращающей систему в положение устойчивого равновесия.

Колебательные системы — довольно широкое понятие, применимое к разнообразным явлениям. Одна из них — маятники. Существуют несколько типов маятников: нитяные, пружинные и т.д.

В общем случае маятником называют твердое тело, совершающее колебания под действием приложенных сил около неподвижной точки или вокруг оси.

Наибольшее отклонение колеблющегося тела от положения равновесия называют амплитудой колебаний.

Число колебаний в единицу времени называют частотой колебаний:

$$[\nu] = 1/\text{с} = 1 \text{ Гц}.$$

Период колебаний T и частота колебаний ν связаны следующей зависимостью:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ или } \nu = \frac{1}{T}.$$

Частоту свободных колебаний называют собственной частотой колебательной системы.

пружин ($x_1, \dots, x_n$). Так как модуль силы упругости изменяется, то для вычисления работы возьмем среднее значение силы упругости:

$$A = F_{\text{ср}}(x_1, x_2) \cdot \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot \frac{x_1 + x_2}{2} \\ F_{\text{ср}} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \\ A = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

Величину $\frac{kx^2}{2}$ называют потенциальной энергией упруго деформированного тела

$$A = -(E_{x2} - E_{x1})$$

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

Работа силы упругости и силы тяжести не зависит от формы траектории, а при замкнутой траектории работа этих сил равна нулю. В замкнутой системе тела при взаимодействии могут обладать как кинетической энергией, так и потенциальной, причём возможно эти энергии изменяются с течением времени. Пусть в какой-то момент времени потенциальная и кинетическая энергии системы тел $E_{\text{п1}}$ и $E_{\text{к1}}$, а потенциальная и кинетическая энергии системы этих же тел через какой-то промежуток времени $E_{\text{п2}}$ и $E_{\text{к2}}$. Работа силы тяжести и силы упругости равна взятому с противоположным знаком изменению потенциальной энергии тел системы:

$$A = -(E_{\text{п2}} - E_{\text{п1}})$$

С другой стороны, согласно теореме о кинетической энергии, эта же работа равна изменению кинетической энергии:

$$A = E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}}$$

Приравняем правые части уравнений:

$$E_{\text{п2}} - E_{\text{п1}} = -(E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}})$$

Состояние колебательной системы на данный момент времени называют фазой колебаний.

Если в любой момент времени скорости маятников направлены в противоположные стороны, то колебания происходят в противоположных фазах, существует сдвиг по фазе.

Колебания, которые происходят под действием сил, пропорциональной смещению колеблющейся точки и направленной противоположно этому смещению, называют гармоническими колебаниями.

Если график зависимости координаты от времени какой-нибудь тела представляет собой синусоиду (косинусоиду), то, если координата меняется со временем по закону синуса (косинуса), то в этом случае говорят, что координата, и само тело совершают гармонические колебания.

Материальную точку, колеблющуюся на не изменяющемся со временем расстоянии от точки подвеса, называют математическим маятником.

Математический маятник — это модель; реально таких маятников не бывает.

Практически колебания, близкие к гармоническим, совершает тяжелый шарик (например, стальной), подвешенный на легкой и малорастяжимой нити, длина которой значительно больше диаметра этого шарика, при малой амплитуде и малом трении.

При совершении телом гармонических колебаний не только его координата, но и такие величины, как сила, ускорение, скорость, тоже изменяются по закону синуса или косинуса.

Колебательное движение близки среднего положения тела наиболее близко к равномерному движению, а близки крайних положений сильно отличается от равномерного движения.

Что же касается скорости, то она, наоборот, в крайних положениях равна нулю, а при прохождении телом положения равновесия достигает наибольшего значения.

Для любого промежуточного положения колеблющегося тела сумма потенциальной и кинетической энергий постоянная величина, равная первоначальному запасу потенциальной энергии колебательной системы:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Эту энергию сообщают системе, когда задают колебательное движение. Если бы при движении не было никаких потерь, то

Рассмотрим простейший случай, когда векторы силы и перемещения направлены по одной прямой в одну и ту же сторону. Тогда проекции силы, ускорения и скорости будут равны модулям этих векторов.

$$A = Fs, \text{ так как } \alpha = 0, \cos 0 = 1.$$

Согласно второму закону Ньютона $F = ma$. Перемещение и скорость тела при постоянно действующей на него силе связаны соотношением

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

Подставив эти выражения в формулу $A = Fs$, получим

$$A = ma \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{mv^2}{2}$$

Половину произведения массы тела на квадрат его скорости называют кинетической энергией $E_{\text{к}}$.

Работа силы (или равнодействующей сил) равна изменению кинетической энергии тела. Это утверждение называют теоремой о кинетической энергии тела:

$$A = E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}}$$

Кинетическая энергия имеет ту же единицу измерения, что и работа, т.е. джоуль (Дж).

Из теоремы о кинетической энергии следует, что кинетическая энергия — физическая величина, характеризующая движущееся тело.

Изменение этой величины равно работе силы, приложенной к телу. Теорема о кинетической энергии, позволяющая вычислить работу силы, справедлива для любых сил, приложенных к движущемуся телу. Вычисляя работу силы тяжести при свободном падении (рис. 7.3).

При небольших расстояниях от поверхности земли сила тяжести постоянна и по модулю равна mg .

Осторожно помещая, измерим температуру смешанной воды, (t_0) .

Делаем вывод, что температура горячей воды уменьшилась, а температура холодной воды увеличилась.

Рассчитаем количество теплоты, отданное горячей водой, и количество теплоты, полученное холодной водой, по формулам:

$$Q_{\text{отд}} = cm(t_{\text{г}} - t_0) \\ Q_{\text{пол}} = cm(t_0 - t_{\text{х}})$$

где $m \sim 0.1 \text{ кг}$,

$$c = \text{удельная теплоёмкость воды, равная } 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

При расчётах скорее всего количество теплоты, отданное горячей водой, окажется больше, чем количество теплоты, полученное холодной водой. Это можно объяснить тем, что часть тепла ушла на нагревание калориметра и окружающей среды.

3. Задача на расчёт заряда, прошедшего через проводник.

Какое количество электричества протекает через электрическую лампу, если она была включена на 20 мин, а в подводящих проводах сила тока была 2 А?

Дано: $t = 20 \text{ мин} \sim 1200 \text{ с}$ $I = 2 \text{ А}$ $q = ?$	Решение: Количество электричества, протекающего через электрическую лампу определяем по формуле: $q = It$. $Q = 2 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с} = 2400 \text{ Кл}$.
---	--

Ответ: 2400 Кл.

колебания совершались бы как угодно долго с постоянной амплитудой. Но реально потери энергии существуют всегда и расходуется на преодоление сил трения и сопротивления, т.е. со временем механическая энергия постепенно переходит во внутреннюю энергию. Вследствие этого колебания затухают.

При этом уменьшается амплитуда, но сохраняется период колебаний:

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

Чтобы колебания были постоянны по амплитуде, необходимо энергию, расходуемую на преодоления трения и сопротивление, постоянно пополнять за счет работы вынуждающей силы. Такие колебания называют вынужденными. Вынужденные колебания — незатухающие.

Если частота вынуждающей силы равна частоте собственных колебаний, то амплитуда вынужденных колебаний достигает наибольшего значения. В этом заключается явление, которое называют резонансом.

Изменение некоторых физических величин, характеризующих состояние среды, называется возмущением.

Возмущения, распространяющиеся в пространстве, удаляясь от места их возникновения, называют волнами.

В данном определении речь идет о так называемых бегущих волнах. Основное общее свойство бегущих волн любой природы заключается в том, что они, распространяясь в пространстве, переносят энергию, например, колеблющаяся витка пружины обладает энергией. Взаимодействуя с соседними витками, они передают им часть своей энергии, благодаря чему вдоль пружины распространяется механическое возмущение (деформация), т.е. образуется бегущая волна. Но при этом каждый виток пружины колеблется около своего положения равновесия, и вся пружина остается на первоначальном месте.

Таким образом, в бегущей волне происходит перенос энергии без переноса вещества.

Упругие волны — это механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде. Например, если по какому-нибудь металлическому телу ударить молотком, то в нем возникает упругая волна.

Волны, в которых колебания происходят вдоль направления распространения волны, называют продольными.

Волны, создаваемые когерентными источниками, накладываясь друг на друга, в результате чего происходит перераспределение энергии в пространстве. Если в данную точку пространства волны приходят в одинаковых фазах, т.е. разность хода волн равна целому числу длин волн λ , 2λ , 3λ и т.д., то они усиливают друг друга (максимум амплитуды колебаний — наибольшая громкость).

Если разность хода равна нечетному числу полуwave (т.е. $\frac{\lambda}{2}$, $3\frac{\lambda}{2}$, $5\frac{\lambda}{2}$, ...), то в любой момент времени волны будут приходить в противоположных фазах и гасить друг друга (минимум амплитуды колебаний, звука нет).

Явление сложения в пространстве волн, при котором образуется постоянное во времени распределение амплитуд результирующих колебаний, называют интерференцией.

2. Изучение силы трения, возникающей при скольжении деревянного бруска с грузами по горизонтальной поверхности. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей и рода поверхности.

Для выполнения этой работы нужно оборудование: динамометр, набор грузов, деревянный брусок с крючком, широкая деревянная линейка.

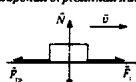


Рис. 8.14

уравновешивает силу тяги, а сила реакции опоры — силу тяжести. $F = \mu N$, $N = mg$. Следовательно, $F = \mu mg$.

Рассчитаем коэффициент трения $\mu = \frac{F}{mg}$.

Если брусок во время перемещения с постоянной скоростью переключать разными грузами к поверхности скольжения, то приходим к выводу, что коэффициент

зависит от возраста людей и индивидуальных особенностей их слухового аппарата. Обычно с возрастом верхняя частотная граница воспринимаемых звуков значительно понижается — некоторые пожилые люди могут слышать звуки с частотами, не превышающими 6000 Гц. Дети же, наоборот, могут воспринимать звуки, частота которых несколько больше 20 000 Гц. Колебания, частоты которых больше 20 000 Гц или меньше 20 Гц, слышат некоторые животные.

Одна из характеристик звука — высота звука. Чем больше частота колебаний источника звука, тем выше звуковой тон звука.

Мы знаем, что ветвь камертона совершает гармонические (синусоидальные) колебания. Таким колебаниям присуща только одна строго определенная частота. Гармонические колебания являются самым простым видом колебаний. Звук камертона является чистым тоном.

Чистым тоном называют звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.

Звуки от других источников (например, звуки различных музыкальных инструментов, голоса людей, звук сирены и многие другие) представляют собой совокупность гармонических колебаний разных частот, т.е. совокупность чистых тонов. Самую низкую (т.е. самую малую) частоту такого сложного звука называют основной частотой, а соответствующий ей звук определенной высоты — основным тоном (иногда его называют просто тоном). Высоту сложного звука определяют именно высотой его основного тона. Все остальные тоны сложного звука называют обертонами. Частоты всех обертонов данного звука в целое число раз больше частоты его основного тона (потому их называют также высшими гармоническими тонами).

Обертоны определяют тембр звука, т.е. такое его качество, которое позволяет нам отличать звуки одних источников от звуков других. Например, мы легко отличаем звук рояля от звука скрипки даже в том случае, если эти звуки имеют одинаковую высоту, т.е. одну и ту же частоту основного тона. Отличие же этих звуков обусловлено разным набором обертонов (совокупность обертонов различных источников может отличаться количеством обертонов, их амплитудами, сдвигом фаз между ними, спектром частот).

Таким образом, высота звука определяется частотой его основного тона: чем больше частота основного тона, тем выше звук.

БИЛЕТ № 9

1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Тепловое движение атомов и молекул. Броуновское движение и диффузия.

Один из основоположников о молекулярном строении вещества — русский ученый М.В. Ломоносов. Согласно его теории: все тела состоят из молекул, молекулы находятся в постоянном движении и взаимодействуют между собой.

Хаотическое движение молекул называют тепловым движением. Интенсивность теплового движения возрастает с увеличением температуры.

Между молекулами существуют силы притяжения и отталкивания. Свойства вещества и его агрегатное состояние зависят от того, что доминирует: силы притяжения или тепловое движение.

Вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. В твердых телах концентрация молекул высокая и доминирующими являются силы взаимодействия. Поэтому твердые тела обладают свойством сохранять форму и объем. Молекулы твердых тел находятся в постоянном движении, но каждая молекула движется около положения равновесия.

В жидкостях концентрация меньше, значит меньше и силы взаимодействия, поэтому жидкости сохраняют объем, но легко меняют форму. В газах силы взаимодействия совсем невелики, так как расстояние между молекулами газа в несколько десятков раз больше размеров самих молекул, поэтому газ занимает весь предоставленный ему объем.

О строении вещества позволяют судить некоторые явления и опыты.

Стальной шарик, который свободно проходит в кольцо, после нагревания в нем застревает.

Тембр звука определяется совокупностью его обертонов. Звук характеризуется громкостью. Громкость звука зависит от амплитуды колебаний: чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.

Громкость звука — это субъективное качество слухового ощущения, позволяющее распознать все звуки по шкале от тихих до громких.

В практике громкость звука принято характеризовать уровнем громкости звука, измеряемым в фонах, а в некоторых случаях в *белах* или *десибелах*. При listened газеты, например, издается звук громкостью — 20 дБ.

Звук распространяется во всех упругих телах — твердых, жидких и газообразных, но не может распространяться в безвоздушном пространстве. От свойств среды, в которой распространяется звук, зависит скорость звука, например, скорость звука в воздухе 340 м/с, а в воде — 1500 м/с.

Поскольку звук — это волна, справедливы формулы

$$v = \frac{\lambda}{T}, \quad v = \frac{\lambda}{T}, \quad v = \lambda \cdot f.$$

Звук способен отражаться от окружающих поверхностей (возникновение эха), а также поглощаться этими поверхностями. На свойстве звука отражаться от гладких поверхностей основано действие рупора (расширяющейся трубы). В рупоре волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука увеличивается.

Если собственная частота звуковых колебаний совпадает с частотой вынуждающей силы, то наблюдается явление резонанса.

Если открыть крышку рояля и, нажав на педаль, громко произвести звук какой-нибудь высоты, то рояль отзовется звуком такой же высоты. Из всех струн рояля зазвучит только одна струна, настроенная на высоту произнесенного звука, остальные струны звучать не будут. Рассмотренное явление называют *струнным резонансом*.

Тела, отдающие (резонирующие) на звук, называют *резонаторами*. Всякое тело, способное звучать, может быть резонатором.

Источники звука, частоты которых одинаковы и различаются лишь колебаний не изменяется со временем, называют *когерентными*.

При нагревании жидкости увеличивается ее уровень.

Мяч можно сжать.

Эти опыты позволяют сделать вывод: все тела состоят из частиц, между которыми есть промежутки. Такие частицы получили название *молекулы*. Молекулы одного и того же вещества одинаковы.

Молекулы в свою очередь тоже делимы. Частицы, из которых состоят молекулы, называют *атомами*. Атомы тоже делимы.

В подтверждение того, что молекулы движутся, можно провести опыт: если в комнату внести сильно пахнущее вещество, то через некоторое время его запах распространится по всей комнате. Если в чай добавить молоко, то (даже не перемешивая жидкости) через некоторое время можно увидеть, что жидкость стала однородной.

Наиболее наглядным подтверждением беспорядочного теплового движения атомов и молекул является броуновское движение — движение мелких частиц, взвешенных в жидкости или газе. Беспорядочное движение мелких твердых частиц, находящихся в жидкостях или газах, впервые обнаружил в 1827 г. английский ботаник Р. Броун при наблюдении в микроскоп. Молекулы жидкости или газа сталкиваются с твердой частицей и изменяют направление и модуль скорости ее движения. Число молекул, ударяющих частицу с различных сторон, и направление передаваемого им импульса не постоянны во времени.

Факт существования броуновского движения свидетельствует о молекулярном строении вещества и беспорядочном движении молекул.

Взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие беспорядочного движения частиц вещества называют *диффузией*. В газах диффузия происходит быстрее, чем в жидкостях. Объясняется это тем, что расстояние между молекула-

ми. Кроме продольных волн существуют и *поперечные волны*. Волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению их распространения, называются *поперечными*.

Известно, что упругие силы при сдвиге слоев возникают только в твердых телах. В жидкостях и газах смежные слои свободно скользят друг по другу без появления противодействующих упругих сил. Раз нет упругих сил, то и образование упругих волн в жидкостях и газах невозможно. Поэтому упругие поперечные волны могут распространяться только в твердых телах.

При сжатии и разрежении (т.е. при изменении объема участков тела) упругие силы возникают как в твердых телах, так и в жидкостях и газах. Поэтому упругие продольные волны могут распространяться в любой среде — твердой, жидкой и газообразной.

Расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах, называют *длиной волны*:

$$\lambda = vT, \text{ или } \lambda = \frac{v}{f}$$

где v — скорость волны, T — период волны.

Формулы справедливы как для поперечных, так и для продольных волн.

Колеблющиеся тела могут являться источниками звуков. Голоса людей, удары грома во время грозы, музыка, шум ветра... — все это звуки.

Различные опыты свидетельствуют о том, что любой источник звука обязательно колеблется. Например, звуки голосов людей и многих животных возникают в результате колебаний их голосовых связок.

Но далеко не всякое колеблющееся тело является источником звука. Например, не издает звука колеблющийся грузик, подвешенный на нити или пружине. Исследования показали, что человеческое ухо способно воспринимать как звук механические колебания тела, происходящие с частотой от 20 до 20 000 Гц. Поэтому колебания, частоты которых находятся в этом диапазоне, называют *звуковыми*.

Механические колебания, частоты которых превышает 20 000 Гц, называют *ультразвуковыми*, а колебания с частотами менее 20 Гц — *инфразвуковыми*. Следует отметить, что указанные границы звукового диапазона условны, так как

трения не зависят от площади соприкосновения поверхностей.

При перемещении бруска по различного рода поверхностям (деревянная доска, пол, пластиковое покрытие стола) коэффициент трения меняется.

Коэффициент трения зависит от рода соприкасающихся поверхностей.

3. Задача на применение закона Ома для участка цепи.

Две электрические лампы сопротивлением 120 Ом каждая включены в сеть напряжением 240 В. Определите силу тока в каждой лампе при последовательном и параллельном соединении ламп.

Дано: $R_1 = 120 \text{ Ом}$ $R_2 = 120 \text{ Ом}$ $U = 240 \text{ В}$	Решение: При последовательном соединении ламп (рис. 8.13): $R_0 = R_1 + R_2, \quad I = \frac{U}{R_0}, \quad I = \frac{U}{R_1 + R_2}.$
--	---

$$I = \frac{240 \text{ В}}{120 \text{ Ом} + 120 \text{ Ом}} = 1 \text{ А. При параллельном включении ламп (рис. 8.16): } \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad (\text{согласно закону Ома})$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R}, \quad I_1 = \frac{2U}{R}, \quad I_2 = \frac{2 \cdot 240 \text{ В}}{120 \text{ Ом}} = 4 \text{ А.}$$

Ответ: 1 А, 4 А.



Рис. 8.15

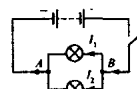


Рис. 8.16

ми в газах больше, чем в жидкостях. В твердых телах тоже происходит диффузия, но для этого требуется много времени. При спайке металлических изделий происходит диффузия. На явления диффузии основана засолка овощей, рыбы, сала. Благодаря диффузии молекулы воздуха попадают на воду.

О том, что молекулы отталкиваются, говорит тот факт, что сжатое тело стремится расширяться (упругая деформация), а жидкость трудно сжать.

Знания о строении вещества позволяют не только объяснить физические явления, но и управлять ими. Зная строение тела, можно создавать новые вещества с уже заданными свойствами, например пластмасса и резина.

В зависимости от условий одно и то же вещество может находиться в различных состояниях: в твердом, жидком или газообразном. Наглядным примером этому служат лед, вода и водяной пар. Эти состояния называются *агрегатными состояниями*.

Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое широко используют в практике. В металлургии, например, плавят металлы, чтобы получить из них сплавы: чугуны, стали, бронзы и др. Пар, полученный из воды при ее нагревании, используют на электростанциях в паровых турбинах и для многих других технических целей. Сжиженными газами пользуются в холодильных установках.

В природе изменение агрегатных состояний происходит в широких масштабах. С поверхности океанов, морей, озер и рек испаряется вода, а при охлаждении водяного пара образуются облака, роса, туманы или снег. Реки и озера зимой замерзают, а весной снег и лед тают.

Молекулы одного и того же вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях одни и те же, они ничем не отличаются друг от друга. То или иное агрегатное состояние вещества определяется расположением и характером движения и взаимодействия молекул.

БИЛЕТ № 10

28

1. Тепловое равновесие. Температура. Измерение температуры. Связь температуры со скоростью хаотического движения молекул.

В окружающем нас мире происходят различные физические явления, которые связаны с нагреванием и охлаждением тел. Если смешать горячую и холодную воду, то по истечении некоторого времени горячая вода остынет, а холодная — нагреется. Степень нагревания тел характеризуется *температурой* тел. Температуру измеряют с помощью термометра и выражают в градусах Цельсия (С). Смесь воды станет одинаковой температуры, то есть наступит тепловое равновесие.

Если наблюдать явление диффузии, например в жидкостях, при различных температурах, то диффузия при более высокой температуре происходит быстрее. Это означает, что скорость движения молекул тем больше, чем выше температура. То есть *эти две физические величины взаимно связаны*. Одно и то же вещество, находясь в теплом или холодном состоянии, отличается лишь тем, что скорости молекул разные.

Явления, связанные с нагреванием или охлаждением тел с изменением температуры, называются *тепловыми*.

Молекулы, из которых состоят тела, находятся в непрерывном беспорядочном движении. Каждая молекула движется по очень сложной траектории. При своем движении они сталкиваются друг с другом и стенками сосуда (в жидкостях и газах). В результате этого они изменяют направление скорости. Их движение можно представить рис 10.1.

Беспорядочное движение частиц, из которых состоит тело, называют тепловым движением.

В газах и жидкостях молекулы перемещаются относительно друг друга, совершают колебательные и вращательные движения. В твердых телах молекулы колеблются около своих средних положений равновесия.

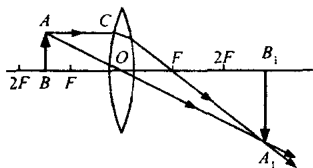


Рис. 9.1

Изображение AB , получилось обратным, действительным, увеличенным.

Для данного случая справедлива формула:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Если будем приближать предмет к линзе, то её изображение удалится. Измерения показывают, что насколько мы приближаем предмет к линзе, настолько его изображение удалится от линзы.

3. Задача на применение закона всемирного тяготения.

Два корабля массой по 50 т каждый стоят на рейде на расстоянии 1000 м один от другого. Какова сила притяжения между ними?

Гравитационная постоянная равна $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Дано:

$$m_1 = m_2 = 50 \text{ т} = 50\,000 \text{ кг.}$$

$$R = 1000 \text{ м}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$F = ?$

Решение:

Силу притяжения между кораблями найдём, применяя закон всемирного тяготения:

Для построения изображения AB достаточно использовать два удобных луча, рис 10.2. Из точки A проведем прямую AC параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

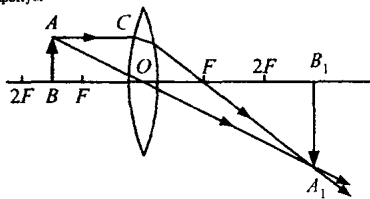


Рис 10.2

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки A . Восставим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки B . Соединим изображения точек A и B .

Изображение AB , получилось обратным, действительным, увеличенным.

Если будем приближать предмет к линзе, то её изображение удалится и при этом увеличивается.

Когда предмет находится в фокусе линзы, изображение исчезает. После преломления лучи идут параллельным пучком света, что следует из построения.

Если предмет удалять от линзы, то изображение предмета уменьшается, а в точке двойного фокуса размеры предмета и размеры изображения равны.

Построение можно осуществлять теми же удобными лучами.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$$F = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \frac{50000 \text{ кг} \cdot 50000 \text{ кг}}{1000 \text{ м} \cdot 1000 \text{ м}} \approx 0.17 \text{ Н}.$$

Ответ: $F \approx 0.17 \text{ Н}$.

В газах при атмосферном давлении расстояния между молекулами много больше размера самих молекул, поэтому сила притяжения молекул газа мала. Кинетическая энергия молекул газа вполне достаточна, чтобы совершить работу по преодолению сил молекулярного притяжения. Поэтому, если газу не мешают стенки сосуда, его молекулы разлетаются.

В жидкостях и твердых телах, плотность которых во много раз больше плотности газа, молекулы расположены ближе друг к другу. Средняя кинетическая энергия их уже недостаточна для того, чтобы совершить работу по преодолению сил молекулярного притяжения. Поэтому молекулы в жидкостях и особенно в твердых телах не могут далеко удалиться друг от друга.

2. Получение действительного изображения предмета в собирающей линзе. Проверка предположения: при приближении предмета к собирающей линзе на некоторое расстояние его четкое изображение удаляется на такое же расстояние.

Для выполнения работы необходимы: линза, предмет, изображение которого получаем (электрическая лампочка на подставке или зажженная свеча), экран, направляющая линейка, измерительная линейка.

Расположим предмет перед линзой так, чтобы на экране получилось четкое увеличенное изображение предмета.

Для построения изображения АВ достаточно использовать два удобных луча, рис 9.1. Из точки А проведем прямую АС параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки А. Восставим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки В. Соединим изображения точек А и В.

3. Задача на применение закона сохранения механической энергии.

Определите скорость тела на высоте 72 м, если его бросили вверх со скоростью 20 м/с. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Дано:

$h = 72 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_0 = 20 \text{ м/с}$

$v = ?$

Решение:

Запишем закон сохранения механической энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh, \text{ отсюда}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}, v = \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 72 \text{ м}} = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: $v = 16 \text{ м/с}$.

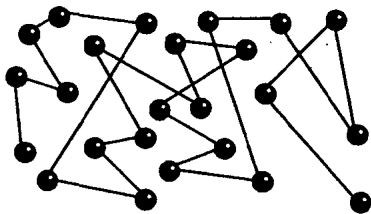


Рис. 10.1.

В тепловом движении участвуют все молекулы тела. С изменением теплового движения молекул изменяется состояние тела. Оно может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии. Например, при повышении температуры льда, находящегося изначально при температуре -10°С , лёд нагревается, при температуре 0°С он плавится, далее образовавшийся из льда вода нагревается и может превратиться в пар. С ростом температуры скорость молекул увеличивается, то есть увеличивается их кинетическая энергия.

2. Наблюдение действительных изображений предмета, полученных при помощи собирающей линзы. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости размеров изображения и расстояния до него от расстояния до источника света.

Для выполнения работы необходимы: линза, предмет, изображение которого получаем (электрическая лампочка на подставке или зажженная свеча), экран, направляющая линейка.

Расположим предмет перед линзой так, чтобы на экране получилось четкое увеличенное изображение предмета.

1. Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии тела. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.

Существуют два вида механической энергии: потенциальная и кинетическая.

Потенциальной называют энергию, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела, например, потенциальной энергией обладают камни, поднятые над землей, сжатая или растянутая пружина.

Кинетической энергией обладают движущиеся тела: текущая вода, ветер, катящийся мяч, летящая пуля. Кинетическая энергия зависит от массы движущегося тела и от его скорости.

При взаимодействии тел одна энергия может переходить в другую. При падении шара с некоторой высоты его потенциальная энергия уменьшается, так как шар опускается все ниже и ниже. Зато постепенно увеличивается кинетическая энергия шара, так как увеличивается его скорость. Происходит превращение потенциальной энергии тела в кинетическую. Если шар ударился о свинцовую плиту и остановился, то кинетическая и потенциальная энергии его относительно плиты в этот момент будут равны нулю. Однако шар и плита при ударе деформировались. Если измерить после удара температуру шара и плиты, то обнаружится, что они нагрелись.

При нагревании тела увеличивается средняя скорость движения молекул, следовательно, увеличивается их средняя кинетическая энергия. При деформации же тела изменяется взаимное расположение его молекул, поэтому изменяется и их потенциальная энергия. Таким образом, механическая энергия, которой обладал вначале шар, не исчезла, она перешла в энергию молекул.

Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела.

Внутренняя энергия тела не зависит ни от механического движения тела, ни от положения этого тела относительно других тел.

Кинетическая и потенциальная энергии одной молекулы очень малы, так как мала масса молекулы. Но молекул в теле очень много, поэтому внутренняя энергия тела, равная сумме энергий всех молекул, достаточно велика.

1. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Примеры теплопередачи в природе и технике.

Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела.

Внутренняя энергия тела не зависит ни от механического движения тела, ни от положения этого тела относительно других тел.

Кинетическая и потенциальная энергии одной молекулы очень малы, так как мала масса молекулы. Но молекул в теле очень много, поэтому внутренняя энергия тела, равная сумме энергий всех молекул, достаточно велика.

Внутренняя энергия тела не является какой-то постоянной величиной: у одного и того же тела она может измениться. При повышении температуры внутренняя энергия тела увеличивается, так как увеличивается средняя скорость.

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: путем совершения работы и теплопередачей.

Чайник с водой, стоящий на плите, металлическая ложка, опущенная в стакан с горячей водой, печь, в которой разведен огонь, крыша дома, освещаемая солнцем, нагреваются. Во всех случаях повышается температура тел, а значит, увеличивается их внутренняя энергия.

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом называют теплопередачей.

Перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия частиц называют теплопроводностью.

Теплопроводность можно наблюдать на следующем опыте (рис. 12.1).

Закрепим один конец толстой медной проволоки в штативе, а к проволоке прикрепим ватком несколько гвоздиков. При нагревании свободного конца проволоки в

Внутреннюю энергию тела можно изменить и другим способом — теплопередачей. Чайник с водой, стоящий на плите, металлическая ложка, опущенная в стакан с горячей водой, печь, в которой разведен огонь, крыша дома, освещаемая солнцем, нагреваются. Во всех случаях повышается температура тел, а значит, увеличивается их внутренняя энергия.

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом называют теплопередачей.

Если смешать горячую и холодную воду, результаты эксперимента показывают, что количество теплоты, отданное горячей водой, равно количеству теплоты, полученное холодной водой.

При переходе энергии от одного тела к другому энергия сохраняется.

Эта формулировка носит название закона сохранения энергии к тепловым процессам.

2. Исследование условий равновесия рычага под действием груза и пружины динамометра. Построение графика зависимости показаний динамометра от расстояния груза до оси вращения.

Для проведения этой работы необходимо иметь: рычаг, имеющий ось вращения, штатив, на который надевается рычаг, набор грузов, динамометр, измерительную линейку, штатив.

Соберем установку (рис. 11.3). Подвесим груз, например, к правому плечу рычага, а к другому плечу прикрепим динамометр так, чтобы рычаг находился в равновесии.

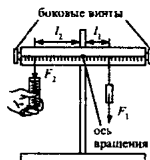


Рис. 11.3

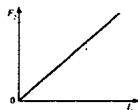


Рис. 11.4.

Очень малую теплопроводность имеет сильно разреженный газ. Объясняется это тем, что теплопроводность, т.е. перенос энергии от одной части тела к другой, осуществляют молекулы или другие частицы, следовательно, там, где частиц очень мало, теплопроводность также очень мала.

Вещества с малой теплопроводностью применяют там, где нужно предохранить тело от охлаждения или нагревания. Например, кирпичные стены хорошо предохраняют воздух в комнате от охлаждения. Погреб обкладывают соломой, опилками, землей, которые обладают плохой теплопроводностью, поэтому продукты, находящиеся в погребе, предохраняют от нагревания. Для этого же между двойными стенками холодильных камер прокладывают пористые тела, например пенопласт.

Существует другой способ теплопередачи, который называют конвекцией.

При конвекции энергия переносится самими стружками газа или жидкости. Воздух, который соприкасается с плитой или лампой, нагревается от ее поверхности и расширяется. Плотность расширившегося воздуха меньше плотности холодного, поэтому слои теплого воздуха всплывают в холодном воздухе. Вследствие архимедовой силы, действующая на теплый воздух со стороны холодного снизу вверх, больше, чем сила тяжести, действующая на теплый воздух, направленная вниз. Затем прогревается и начинает двигаться вверх следующий слой холодного воздуха и т.д.

Конвекция происходит в наших жилых комнатах, благодаря чему воздух в них нагревается. Благодаря конвекции воздух возле потолка комнаты теплее, чем у близки пола. Это можно проверить, поместив комнатный термометр в верхнюю и нижнюю части комнаты.

В твердых телах конвекция происходит не может. При нагревании твердого тела в нем не могут образовываться потоки вещества.

Третий вид теплопередачи носит название излучения.

Измеряя плечи рычага и записав силу тяжести груза.

Так как рычаг находится в равновесии, то выполняется правило моментов сил. Алгебраическая сумма моментов сил, действующих на тело, относительно любой точки равна нулю.

$$M_1 = M_2, M_1 = F_1 l_1, M_2 = F_2 l_2.$$

При расчете равенство выполняется. Из уравнения $F l = F_2 l_2$ следует, что показания динамометра прямо пропорциональны расстоянию груза до оси вращения. Графиком такой зависимости является прямая, проходящая через начало координат, рис. 11.4, что и подтверждается результатами опытов.

3. Задача на расчет сопротивления проводника.

Электрический паяльник мощностью 110 Вт включен в сеть напряжением 220 В. Рассчитайте сопротивление паяльника и длину никромовой проволоки паяльника, если сечение провода 1 мм^2 , а удельное сопротивление никрома $1.1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Дано:

$$P = 110 \text{ Вт}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$S = 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\rho = 1.1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$I = ? R = ?$$

Решение:

Запишем уравнение для мощности тока: $P = UI = U^2/R$.

Согласно закону Ома $I = \frac{U}{R}$.

тогда

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220 \text{ В} \cdot 220 \text{ В}}{110 \text{ Вт}} = 440 \text{ Ом}; R = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow l = \frac{RS}{\rho}.$$

откуда определим длину никромовой проволоки:

$$l = \frac{440 \text{ Ом} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{1.1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}} = 400 \text{ м}.$$

Ответ: 440 Ом, 400 м.

Внутренняя энергия тела не является какой-то постоянной величиной: у одного и того же тела она может изменяться. При повышении температуры внутренняя энергия тела увеличивается, так как увеличивается средняя скорость.

Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: путем совершения работы и теплопередачей.

Изменение внутренней энергии тела за счет совершения работы можно продемонстрировать на опыте (рис. 11.1).

В толкостенную латунную трубку нальем немного эфира и плотно закроем пробкой. Обойдем трубку веревкой и будем быстро двигать ее то в одну сторону, то в другую.

Через некоторое время эфир закипит и пар вытолкнет пробку. Этот опыт показывает, что внутренняя энергия эфира увеличилась, так как он нагрелся и даже закипел. Увеличение внутренней энергии произошло за счет работы, совершенной при натирании трубки веревкой.

Тела нагреваются также при ударах, разгибании и сгибании, вообще при деформации. Во всех этих случаях за счет совершенной работы увеличивается внутренняя энергия тел.

Если же работу совершает само тело, то его внутренняя энергия уменьшается. Это можно наблюдать на следующем опыте (рис. 11.2).

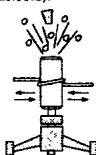


Рис. 11.1



Рис. 11.2

Через специальное отверстие в сосуд накачивают воздух, в котором содержится водяной пар. Через некоторое время пробка выскочит из сосуда. В тот момент, когда пробка выскочит, в сосуде появится туман. Следовательно, его внутренняя энергия уменьшилась. Объясняется это тем, что находящийся в сосуде сжатый воздух, выталкивая пробку, совершает работу. Эту работу он совершает за счет своей внутренней энергии, которая при этом уменьшается. Об уменьшении энергии мы судим по охлаждению воздуха в сосуде.

Возьмем теплоприемник — прибор, представляющий собой плоскую круглую коробку, одна сторона которой отполирована, как зеркало, а другая покрыта черной матовой краской. Внутри коробки находится воздух, который может выходить через отверстие в теплоприемнике. Соединим теплоприемник с жидкостным манометром (рис. 12.2) и поднесем к теплоприемнику сбоку электрическую включенную лампу или любой другой нагретый предмет. Мы заметим, что столбик жидкости в манометре переместится. Очевидно, воздух в теплоприемнике нагрелся и расширился.

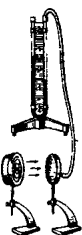


Рис. 12.2

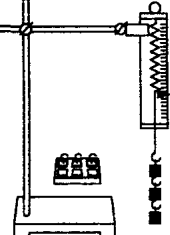


Рис. 12.3

Передача энергии излучением отличается от других видов теплопередачи тем, что она может осуществляться в полном вакууме. Излучением передается на Землю и солнечная энергия. Излучают энергию все тела при любой температуре: тело человека, печь, электрическая лампа. Но чем выше температура тела, тем больше энергии передает оно путем излучения.

Если теплоприемник повернуть к нагретому телу сначала черной, а затем блестящей стороной, то столбик жидкости в трубке манометра будет перемещаться в первом случае на большее расстояние, чем во втором.

Пламени спиртовки воск плавится и гвоздики постепенно отпадают от проволоки. Сначала отпадут те, которые расположены ближе к пламени, затем по очереди все остальные. Это происходит потому, что сначала увеличиваются скорости колебательного движения частиц металла в том конце проволоки, который ближе к пламени. Температура этого конца повышается. В результате взаимодействия увеличивается скорость движения соседних частиц, т.е. повышается температура следующей части проволоки. Затем увеличивается скорость колебаний следующих частиц и т.д.

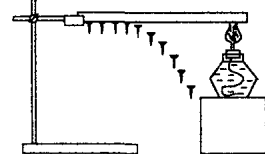


Рис. 12.1

При теплопроводности само вещество не перемещается от одного конца тела к другому.

Различные вещества имеют разную теплопроводность. В этом можно убедиться, если повторить этот опыт со стержнями из разных металлов. Большую теплопроводность имеют металлы, особенно серебро и медь.

У жидкостей (за исключением расплавленных металлов), например ртути, теплопроводность невелика. У газов теплопроводность еще меньше, так как молекулы их находятся относительно далеко друг от друга. Соударения молекул происходят поэтому реже, и энергия от одних молекул к другим передается медленнее.

Шерсть, пух, мех и другие пористые тела между своими волокнами содержат воздух, поэтому обладают плохой теплопроводностью, они защищают тело животных от охлаждения.

Это показывает, что тела с темной поверхностью **34** лучше поглощают энергию и сильнее нагреваются.

Оказывается, что тела с темной поверхностью и быстрее охлаждаются путем излучения. Например, в светлом чайнике горячая вода дольше не остывает, чем в темном.

Способность тел по-разному поглощать энергию излучения использует человек. Например, воздушные шары и крылья самолетов красят серебристой краской, чтобы они не нагревались солнцем. Если же нужно использовать солнечную энергию, например, для нагревания некоторых приборов, установленных на искусственных спутниках Земли, то эти части окрашивают в темный цвет.

2. Измерение удлинения пружины от веса груза, подвешенного к ней. Построение графика зависимости удлинения пружины от веса груза.

Для выполнения работы необходимы: динамометр, набор грузов, измерительная линейка, штатив.

Закрепи динамометр на штативе, отметив положение указателя динамометра (рис.12.3). Подвесим к динамометру один груз, масса которого известна, и измерим удлинение пружины в метрах (х).

Подвесим к динамометру два груза, потом три и четыре груза, каждый раз измеряя удлинение пружины.

По данным измерений строим график зависимости удлинения пружины от веса груза.

Зависимость выражается графиком, рис.12.4:

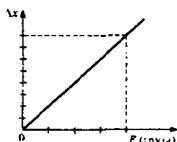


Рис. 12.4.

Физическую величину, показывающую, какое **36** количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние, называют удельной теплотой плавления.

Удельную теплоту плавления обозначают λ . Ее единица — 1 Дж/кг.

При температуре плавления внутренняя энергия вещества в жидком состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в твердом состоянии.

Проведенные опыты показывают, что при отвердевании кристаллического вещества выделяется точно такое же количество теплоты, которое поглощается при его плавлении.

При отвердевании вещества все происходит в обратном порядке: средняя кинетическая энергия и скорость молекул в охлажденном расплавленном веществе уменьшаются.

Кристаллизация облегчается, если в жидкости с самого начала присутствуют какие-нибудь посторонние частицы, например пылинки. Они становятся центрами кристаллизации. В обычных условиях в жидкости имеется множество центров кристаллизации, около которых и происходит образование кристалликов.

Чтобы вычислить количество теплоты Q , необходимое для плавления кристаллического тела массой m , взятого при его температуре плавления и нормальном атмосферном давлении, нужно удельную теплоту плавления умножить на массу тела:

$$Q = \lambda m.$$

Количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации тела массой m , определяется той же формулой.

2. Проверка предположения: при увеличении массы груза пружинного маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.

Для выполнения работы необходимы: динамометр, набор грузов, измерительная линейка, штатив, секундомер.

1. Количество теплоты. Удельная теплоемкость. Плавление. Кристаллизация.

Энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче, называется количеством теплоты.

Количество теплоты, которое необходимо для нагревания тела, зависит от массы тела и от разности температур тела.

Если взять одинаковые по массе, но сделанные из разных веществ тела и сообщить им одинаковое количество теплоты, то измерения показывают, что они нагрелись до разных температур. Следовательно, количество теплоты, которое необходимо для нагревания тела, зависит от того, из какого вещества оно состоит, то есть от рода вещества.

Физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать телу массой 1 кг для того, чтобы его температура изменилась на 1 °C, называется удельной теплоемкостью вещества.

Удельная теплоемкость обозначается буквой c и измеряется в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Чтобы рассчитать количество теплоты, необходимое для нагревания тела или выделяемое им при охлаждении, следует удельную теплоемкость умножить на массу тела и на разность между конечной и начальной температурами.

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

где m — масса тела, $(t_2 - t_1)$ — разность температур.

Если изменить внутреннюю энергию тела, то можно перевести его из одного агрегатного состояния в другое.

Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют плавлением.

Чтобы расплавить тело, нужно сначала нагреть его до определенной температуры.

Температуру, при которой вещество плавится, называют температурой плавления вещества. Каждому веществу соответствует своя температура плавления.

1. Испарение. Конденсация. Кипение. Влажность воздуха.

Молекулы жидкости непрерывно движутся с разными скоростями. Если какая-нибудь достаточно «быстрая» молекула окажется у поверхности жидкости, то она может преодолеть притяжение соседних молекул и вылететь из жидкости. Вылетевшие с поверхности жидкости молекулы образуют над ней пар. У оставшихся молекул жидкости при соударениях меняются скорости, некоторые из молекул приобретают при этом скорость, достаточную для того, чтобы, оказавшись у поверхности, тоже вылететь из жидкости. Идет процесс испарения.

Скорость испарения зависит от рода жидкости. Быстрее испаряется та жидкость, молекулы которой притягиваются друг к другу с меньшей силой.

Испарение происходит тем быстрее, чем выше температура жидкости.

Чем выше температура жидкости, тем большее число молекул способны преодолеть силы притяжения окружающих молекул и вылететь с поверхности жидкости.

Скорость испарения жидкости зависит от площади ее поверхности.

Чем больше площадь поверхности жидкости, тем большее число молекул участвует в процессе парообразования.

Одновременно с переходом молекул из жидкости в пар происходит и обратный процесс. Беспорядочно двигавшиеся над поверхностью жидкости, часть молекул, покинувших ее, снова в нее возвращается вследствие притяжения молекулами жидкости поверхностного слоя. В открытом сосуде масса жидкости вследствие испарения постепенно уменьшается, так как большинство молекул пара рассеивается в воздухе, не возвращаясь в жидкость. Но небольшая часть их возвращается обратно в жидкость, замедляя этим испарение жидкости. Поэтому при ветре, который уносит молекулы пара, испарение жидкости происходит быстрее.

Переход вещества из жидкого состояния в твердое называют отверждением или кристаллизацией.

Температуру, при которой вещество отвердевает (кристаллизуется), называют температурой отвердевания или кристаллизации.

Опыт показывает, что вещества отвердевают при той же температуре, при которой плавятся (рис. 13.1). В течение всего времени плавления температура вещества не изменяется, хотя подвод тепла происходит.

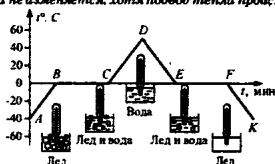


Рис. 13.1

Горизонтальные участки графика соответствуют моменту плавления вещества. Температура на этом участке остается неизменной. Наклонный участок графика соответствует нагреванию вещества до температуры плавления.

В твердом веществе молекулы (или атомы) расположены в строгом порядке и перемещаются около положений равновесия. При нагревании тела средняя скорость движения молекул возрастает, следовательно, возрастает и их средняя кинетическая энергия и температура. Когда тело нагреется до температуры плавления, то порядок в расположении частиц в кристаллах нарушится. Кристаллы теряют свою форму: вещество плавится, переходя из твердого состояния в жидкое.

Вся энергия, которую получает кристаллическое тело при температуре плавления, расходуется на разрушение кристалла, поэтому температура тела в этот момент времени не изменяется.

Так как при испарении жидкость покидают наиболее быстрые молекулы, то средняя скорость остальных молекул жидкости становится меньше. Следовательно, и средняя кинетическая энергия оставшихся в жидкости молекул уменьшается. Это означает, что внутренняя энергия испаряющейся жидкости уменьшается, и жидкость охлаждается.

Выходя из воды даже в жаркий день, мы чувствуем прохладу. Вода, испаряясь с поверхности нашего тела, отнимает от него некоторое количество теплоты.

Явление превращения пара в жидкость называют конденсацией. Конденсация пара сопровождается выделением энергии.

Летним вечером, когда воздух становится холоднее, выпадает роса. Это водяной пар, находившийся в воздухе, при охлаждении конденсируется, и маленькие капельки воды оседают на траве и листьях.

Кипение — это интенсивный процесс испарения жидкости. Температуру, при которой жидкость кипит, называют температурой кипения. Во время кипения температура жидкости не изменяется.

По мере нагревания воды пузырьки воздуха, растворенные в воде, становятся крупнее и многочисленнее. С ростом размеров пузырьков возрастает и архимедова сила, выталкивающая их из воды, и они всплывают. При определенной температуре с приближением к поверхности объем пузырьков резко возрастает. На поверхности они лопаются, и находившийся в них водяной пар выходит в атмосферу — вода кипит.

Физическую величину, показывающую, какое количество теплоты необходимо, чтобы обратить жидкость массой 1 кг в пар без изменения температуры, называют удельной теплотой парообразования.

Удельную теплоту парообразования обозначают буквой L , ее единица — 1 Дж/кг.

При температуре кипения внутренняя энергия вещества в парообразном состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в жидком состоянии.

3. Задача на расчёт общего сопротивления последовательного и параллельного соединения проводников.

1. Две электрические лампы сопротивлением 120 Ом каждая включены в сеть напряжением 240 В. Определите силу тока в каждой лампе при последовательном и параллельном соединении ламп.

Дано: $R_1 = 120 \text{ Ом}$ $R_2 = 120 \text{ Ом}$ $U = 240 \text{ В}$ $I_1 = ?$ $I_2 = ?$	Решение: При последовательном соединении ламп (рис. 12.5): $R_0 = R_1 + R_2, I = \frac{U}{R_0}, I = \frac{U}{R_1 + R_2}$
--	--

$$I = \frac{240 \text{ В}}{120 \text{ Ом} + 120 \text{ Ом}} = 1 \text{ А.}$$

При параллельном включении ламп (рис. 12.6):

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (\text{согласно закону Ома})$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}, I_1 = \frac{2U}{R}, I_2 = \frac{2 \cdot 240 \text{ В}}{120 \text{ Ом}} = 4 \text{ А.}$$

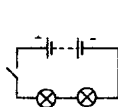


Рис. 12.5

Ответ: 1 А, 4 А.

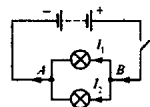


Рис. 12.6

Закрепив динамометр на штативе (рис. 13.2) подвесим к динамометру груз и выведем систему из состояния равновесия.

Период колебаний пружинного маятника определяется по формуле:

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

Время одного колебания определим как $T = t/n$, где t — время, например, 20 колебаний, n — число колебаний за это время.

При увеличении массы в 4 раза период уменьшается в 2 раза, что подтверждается результатами экспериментов.

3. Задача на расчёт пути или скорости при равноускоренном движении.

С горы длиной 50 м сами скатились за 10 с. Какую скорость они приобрели в конце горы?

Дано: $S = 50 \text{ м}$ $t = 10 \text{ с}$ $v = ?$	Решение: Конечная скорость при равноускоренном движении определяется по формуле: $v = v_0 + at$
--	--

В проекции на направление движения $v = at$ (1), $v_0 = 0$. С учётом последнего.

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2s}{t^2} \quad (2)$$

Подставим значение ускорения из формулы (2) в формулу (1).

$$v = \frac{2s}{t^2} t = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 50 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 10 м/с.

Соприкасаясь с холодным предметом, водяной пар 38 конденсируется, при этом выделяется энергия, поглощаемая при образовании пара. Точные опыты показывают, что, конденсируясь, пар отдает то количество энергии, которое пошло на его образование. Освобождающаяся при конденсации пара энергия может быть использована на крупных тепловых электростанциях: отработавшая в турбинах паром нагревает воду. Нагретую таким образом воду используют для отопления зданий, в банях, прачечных и для других бытовых нужд.

Чтобы вычислить количество теплоты, необходимое для превращения жидкости массой m , взятой при температуре кипения в пар, нужно удельную теплоту парообразования умножить на массу: $Q = \rho m$.

Количество теплоты, которое выделяет пар массой m , конденсируясь при температуре кипения, определяют по той же формуле.

В окружающем нас воздухе вследствие непрерывного испарения воды с поверхности водоемов и растительных покровов всегда содержится водяные пары. Чем больше водяных паров находится в объеме воздуха, тем ближе пар к состоянию насыщения, но чем выше температура воздуха, тем большее количество водяных паров необходимо для его насыщения.

Степень влажности воздуха определяется количеством паров, находящегося в воздухе при данной температуре.

Абсолютная влажность ρ (плотность водяного пара) показывает, сколько граммов водяного пара содержится в 1 м³ воздуха при данной температуре.

Это количество водяного пара при данной температуре сравнивают с количеством насыщенного пара при этой же температуре.

Относительной влажностью воздуха ϕ называют отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности ρ_s насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженной в процентах.

Тогда формула линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, принимает вид:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} \cdot F = f.$$

Оптическая сила линзы определяется по формуле:

$$D = \frac{1}{F}$$

Фокусное расстояние измеряется в метрах.

Оптическая сила измеряется в диоптриях:

$$1 \text{ дптр} = 1/\text{м}.$$

3. Задача на применение закона Гука.

На рис. 14.2 представлены графики зависимости удлинения от модуля приложенной силы для стальной (1) и медной (2) проволоки равной длины и диаметра. Сравните жесткости проволоки.

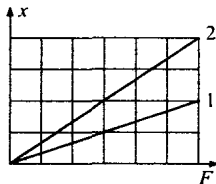


Рис. 14.2

Решение:

Жесткость проволоки определим из закона Гука

$$F = k|x|, \text{ отсюда}$$

$$k = \frac{F}{x}.$$

БИЛЕТ № 15

40

1. Электризация тел. Взаимодействие электрических зарядов. Закон сохранения электрического заряда.

Древнегреческие ученые заметили, что янтарь (окаменевшая смола хвойных деревьев) при натирании его шерстью начинает притягивать к себе различные тела. По-гречески янтарь - электрон, отсюда произошло название «электричество». Про тело, которое после натирания притягивает к себе другие тела, говорят, что оно *наэлектризовано* или что ему *сообщен электрический заряд*.

В электризации всегда участвуют два тела: на пример, стеклянная палочка и кусочек шелка, эбонитовая палочка и мех или шерсть.

Заряд, полученный на стекле, потертом о шелк (и на всех телах, где получается заряд такого же рода), назвали *положительным* («+»), а заряд, полученный на янтаре (а также эбоните, сере, резине), потертом о шерсть, назвали *отрицательным* («-»). Если наэлектризовать эбонитовую палочку, поднесенную на нити, а затем приблизить к ней другую такую же палочку, наэлектризованную трением о тот же кусочек меха, то палочки оттолкнутся. Тела, имеющие заряды одного рода, взаимно отталкиваются.

Если поднести к наэлектризованной эбонитовой палочке стеклянную палочку, потертую о шелк, то увидим, что стеклянная и эбонитовая палочки взаимно притягиваются. Тела, имеющие заряды разных знаков, притягиваются.

Наличие заряда на теле может обнаружить прибор, который называют *электроскопом*.

Пластмассовую пробку, вставленную в металлическую оправу, пропускающую металлический стержень, на конце которого укреплены два листочка из тонкой бумаги (рис. 15.1). Стенки прибора сделаны из стекла.

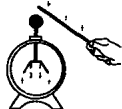


Рис. 15.1

закон сохранения зарядов. Этот закон справедлив для 41 системы, в которую заряженные частицы не входят и не выходят наружу, т.е. для замкнутой системы.

В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Число заряженных частиц не изменяется, т.е. остается постоянным. При превращении элементарных частиц друг в друга экспериментально доказано, что сумма зарядов также остается постоянной.

2. Наблюдение явления испарения жидкости. Постановка качественных опытов по исследованию зависимости скорости испарения от площади поверхности жидкости и рода жидкости.

Для проведения опытов необходимо оборудование: демонстрационный термометр, эфир, ватка, нитки, узкий сосуд с водой, широкий сосуд с водой, горячая вода, дефлялятор (можно использовать фен).

Обернем конец термометра смоченной в эфире ваткой и привяжем ее ниткой. Результат опыта - снижение температуры. Известно, что температура понижается при испарении жидкости. Следовательно, испарение жидкости зависит от вещества жидкости.

Если опыт повторить в потоке воздуха от вентилятора, испарение будет проходить с еще большей скоростью. Но в потоке воздуха давление ниже. Следовательно, испарение зависит от давления: чем меньше давление, тем активнее испарение.

Из опыта знаем, что вода в узком сосуде испаряется медленнее, чем в широком. Следовательно, испарение зависит от площади свободной поверхности жидкости.

Посуда, вымытая горячей водой, высыхает быстрее, чем та, которая вымыта холодной. Доска, протертая тряпкой, смоченной в горячей воде, практически высыхает сразу. Следовательно, испарение зависит от температуры.

Для проволоки 1 — $k_1 = \frac{F}{x_1}$, а для проволоки 2 —

$k_2 = \frac{F}{x_2}$. Из графика видно, что при одной и той же деформирующей силе медная проволока имеет удлинение в 2 раза больше, чем стальная, т.е. $\frac{x_2}{x_1} = 2$. Таким

образом $\frac{k_1}{k_2} = \frac{F}{x_1} \cdot \frac{x_2}{F} = \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{x_2}{x_1} = 2$.

Ответ: 2.

Относительную влажность воздуха определяют по

$$\text{формуле: } \phi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%.$$

Влажность воздуха определяют приборы: гигрометры и психрометры.

Определение влажности имеет огромное значение при исследовании различных явлений в атмосфере, для производства. Например, на заводах, где может накапливаться статическое электричество, недопустима низкая влажность воздуха. В музеях, библиотеках поддерживается строго определенная влажность. Нормальная влажность воздуха порядка 60% — 70%.

2. Измерение фокусного расстояния и расчёт оптической силы собирающей линзы.

Для выполнения этой работы в качестве удалённого источника света используем свет, идущий от окна в кабинете, где проходит экзамен, собирающая линза, измерительная линейка, экран.

При проведении опыта встанем у противоположной стены от окна.

С помощью линзы добиваемся получения четкого изображения окна на экране. Измеряем расстояние от линзы до экрана. Это и будет фокус линзы F .

Так как лучи падают от удалённого источника света, будем считать их параллельными, рис.14.1, а расстояние от источника света до экрана d стремится к ∞ .

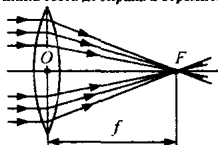


Рис. 14.1

3. Задача на применение второго закона Ньютона.

Равноускоренный подъем груза массой 75 кг с помощью каната на высоту 15 м продолжался 3 с. Определите вес груза при подъеме.

Дано:
 $m = 75 \text{ кг}$
 $h = 15 \text{ м}$
 $t = 3 \text{ с}$
 $P = ?$

Решение:
Вес — это сила, с которой груз действует на канат. По третьему закону Ньютона канат действует на груз силой $\vec{T} = -\vec{P}$. Модули этих сил равны $T = P$.

Кроме того на тело действует сила тяжести mg (рис. 15.2)



Рис. 15.2

Запишем основное уравнение динамики в векторной форме: $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$. Если связать систему отсчета с Землей и координатную ось Oy направить в сторону движения, то основное уравнение динамики имеет вид: $T - mg = ma$, откуда $T = m(g + a)$. Модуль ускорения

найдем из формулы $h = \frac{at^2}{2}$, откуда $a = \frac{2h}{t^2}$.

Подставляя это выражение в основное уравнение, получим

$$T - P = m \left(g + \frac{2h}{t^2} \right), \quad T - 75 \text{ кг} \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{2 \cdot 15 \text{ м}}{9 \text{ с}^2} \right) = 985 \text{ Н}.$$

Ответ: 985 Н.

Чем больше заряд электроскопа, тем больше сила отталкивания листочков и тем на больший угол они разойдутся. Значит, по изменению угла расхождения листочков электроскопа можно судить, увеличился или уменьшился его заряд.

Наэлектризованные тела взаимодействуют друг с другом на расстоянии — притягиваются и отталкиваются.

Электрическое поле заряда действует некоторой силой на всякий другой заряд, оказавшийся в поле данного заряда — это его свойство.

За единицу электрического заряда принят один кулон (Кл). Единица названа в честь французского физика Ш. Кулона.

Чтобы доказать, что существует предел деления электрического заряда, и установить, каков этот предел, ученые проводили специальные опыты. Например, советский ученый А.Ф. Иоффе поставил опыт, в котором наэлектризовали мелкие пылинки цинка, видимые только под микроскопом. Заряд пылинки несколько раз меняли и каждый раз измеряли, на сколько изменялся заряд. Опыты показали, что все изменения заряда пылинки были в целое число раз (т.е. в 2, 3, 4, 5 и т.д.) больше некоторого определенного наименьшего заряда, т.е. заряд пылинки изменялся хотя и очень малыми, но целыми порциями. Так как заряд с пылинки уходит вместе с частицей вещества, то Иоффе сделал вывод: в природе существует такая частица вещества, которая имеет самый маленький заряд, далее уже неделимый. Эту частицу назвали *электрон*. Значение заряда электрона впервые определил американский ученый Р. Милликен. В своих опытах, сходных с опытами А.Ф. Иоффе, он использовал мелкие капельки масла.

Заряд электрона — отрицательный, который равен $-1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Электрический заряд — одно из основных свойств электрона. Этот заряд нельзя «связать» с электроном. Масса электрона равна $9.1 \cdot 10^{-31}$ кг, она в 3700 раз меньше массы молекулы водорода (наименьшей из всех молекул). При электризации тел выполняется

1. Постоянный электрический ток. Электрическая цепь. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи.

Металлы в твердом состоянии, как известно, имеют кристаллическое строение. Частицы в кристаллах расположены в определенном порядке, образуя пространственную (кристаллическую) решетку. В узлах кристаллической решетки металла расположены положительные ионы, а в пространстве между ними движутся свободные электроны, т.е. не связанные с ядрами своих атомов. Отрицательный заряд всех свободных электронов по модулю равен положительному заряду всех ионов решетки. Поэтому в обычных условиях металл электрически нейтрален. Свободные электроны в нем движутся беспорядочно. Но если в металле создать электрическое поле, то свободные электроны начнут двигаться под действием электрических сил, возникнет электрический ток.

Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов.

Скорость движения самих электронов в проводнике под действием электрического поля невелика — порядка нескольких миллиметров в секунду. С возникновением электрического поля все электроны начинают двигаться в одном направлении по всей длине проводника.

Электрический ток — упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике. В металлических проводниках электрический ток представляет собой упорядоченное движение электронов — частиц, обладающих отрицательным зарядом. В растворах кислот, солей, щелочей электрический ток обусловлен движением ионов обоих знаков.

За направление тока условно приняли то направление, по которому движутся (или могли бы двигаться) в проводнике положительные заряды, т.е. направление от положительного полюса источника тока к отрицательному.

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

здесь I — сила тока в участке цепи,

U — напряжение на этом участке,

R — сопротивление участка.

Закон Ома — один из основных физических законов.

2. Измерение веса тела в воздухе и веса тела, полностью погруженного в жидкость, расчёт силы Архимеда.

Для проведения этой работы нужно оборудование: динамометр, стакан с сильно солёной водой, стакан с пресной водой, тела разного объёма с привязанной нитью. С помощью динамометра определим вес тела. К динамометру прикрепим груз, пружина динамометра растянется, сила упругости пружины, это и есть вес тела в воздухе (P_1).

Опустим тело, прикрепленное к динамометру, в сильно солёную воду. Отметим показания динамометра. Она окажутся меньше, чем вес тела (P_2).

Опустим это же тело в стакан с пресной водой. Обращаем внимание на то, что показания динамометра уменьшились. Мы знаем, что плотность пресной воды меньше, чем морской.

Повторим опыт с телом большего объёма. Отметим, что показания динамометра соответственно увеличились, но по-прежнему остались меньше, чем вес тела в воздухе.

Следовательно, на тела, погруженные в жидкость, действует сила, направленная вверх и значение силы зависит от плотности жидкости и объёма погруженного в жидкость тела. Этот закон впервые был открыт Архимедом и математически записывается так:

$$F_A = \rho g V$$

где ρ — плотность жидкости,

g — ускорение свободного падения тела,

V — объём погружённого в жидкость тела.

Рассчитаем значение силы Архимеда: $F_A = P_1 - P_2$.

ческого поля, создающего электрический ток, называем работой тока.

Но не только от одной силы тока зависит работа тока: она зависит еще и от другой величины, которую называют электрическим напряжением или просто напряжением.

Зная работу тока A на данном участке цепи и весь электрический заряд q , прошедший по этому участку, можно определить напряжение, т.е. работу тока при перемещении электрического заряда, равного 1 Кл.

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

где R — величина постоянная для данного проводника и не зависит ни от напряжения, ни от силы тока.

Если напряжение на данном проводнике увеличится, например, в 4 раза, то во столько же раз увеличится и сила тока в нем.

Причина электрического сопротивления проводника — взаимодействие электронов с ионами кристаллической решетки металла. Поэтому можно предположить, что сопротивление проводника зависит от параметров проводника: длины, площади поперечного сечения и вещества, из которого он изготовлен.

Подтвердим это опытно. Возьмем

1) никелиновые проволоки одинаковой толщины, но разной длины;

2) никелиновые проволоки одинаковой длины, но разной толщины (разной площади поперечного сечения);

3) никелиновую и вольфрамовую проволоки одинаковой длины и толщины.

Силу тока в цепи измеряют амперметром, напряжение — вольтметром.

Зная напряжение на концах проводника и силу тока в нем, по закону Ома можно определить сопротивление каждого из проводников.

Приходим к выводу:

1) из двух никелиновых проволок одинаковой толщины более длинная проволока имеет большее сопротивление;

1. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля — Ленца. Использование теплового действия тока в технике.

Чтобы определить работу электрического тока на каком-либо участке цепи, надо напряжение на концах этого участка цепи умножить на электрический заряд (количество электричества), прошедший по нему:

$$A = Uq$$

где A — работа,

U — напряжение,

q — электрический заряд.

Электрический заряд, протекающий по электрической цепи, можно определить по формуле: $q = It$.

С учётом этого работа тока в электрической цепи определяется:

$$A = UIt$$

Работа электрического тока на участке цепи равна произведению напряжения на концах этого участка на силу тока и на время, в течение которого совершалась работа.

Работа измеряется в джоулях. $1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$.

Электрическую энергию измеряют приборами — счётчиками, которые одновременно измеряют напряжение, силу тока и время прохождения тока в цепи.

Работа электрического тока, произведённая в единицу времени, есть средняя мощность электрического тока.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

За единицу мощности принят 1 Вт. $1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}$.

Измеряют мощность также в гектоваттах, киловаттах, мегаваттах.

$1 \text{ кВт} = 100 \text{ Вт}$,

$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}$,

$1 \text{ МВт} = 1000000 \text{ Вт}$.

2) из двух никелиновых проволок одинаковой длины большее сопротивление имеет проволока с меньшим поперечным сечением;

3) никелиновая и хромовая проволоки одинаковых размеров имеют разное сопротивление.

Зависимость сопротивления проводника от его размеров и вещества, из которого изготовлен проводник, впервые экспериментально изучил Г. Ом. Он установил, что сопротивление прямо пропорционально длине проводника, обратно пропорционально площади его поперечного сечения и зависит от вещества проводника:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

где ρ — удельное сопротивление,

l — его длина,

S — площадь поперечного сечения проводника.

Сопротивление проводника из данного вещества длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м² называют удельным сопротивлением этого вещества.

Единица сопротивления — 1 Ом, единица площади поперечного сечения — 1 м², а единица длины — 1 м, то единица удельного сопротивления:

$$\rho = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ м}^2}{1 \text{ м}} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м} \text{ или } \rho = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ мм}^2}{1 \text{ м}}$$

Удобнее площадь поперечного сечения проводника выражать в квадратных миллиметрах.

Из всех металлов наименьшим удельным сопротивлением обладают серебро и медь. Следовательно, серебро и медь — лучшие проводники электричества.

Зависимость силы тока от напряжения на концах участка цепи и сопротивления этого участка называют законом Ома в честь немецкого ученого Г. Ома, открывшего этот закон в 1827 г.

Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению:

Измеряют мощность электрического тока приборами — ваттметрами.

Одним из свойств электрического тока является его тепловое действие. Свободные электроны в металлах, ионы в растворах солей, кислот, щелочей при взаимодействии с ионами или атомами вещества проводника передают им свою энергию.

Многочисленные эксперименты доказывают, что в неподвижных металлических проводниках вся работа тока идёт на увеличение их внутренней энергии.

Нагреваясь, проводник отдаёт полученную энергию окружающим телам в виде тепловой энергии. К такому выводу независимо друг от друга пришли английский учёный Д. Джоуль и русский учёный Э. Х. Ленц.

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивлению проводника и времени.

$$Q = I^2 R t$$

Этот закон носит название закона Джоуля — Ленца. Используя закон Ома, можно получить формулу:

$$Q = U^2 t / R$$

Тепловое действие тока широко используется в технике.

Например, в лампах накаливания, в плавких предохранителях, в нагревательных приборах, в автоматических устройствах ограничения тока.

2. Проверка предположения: при увеличении длины нити маятника в 4 раза период его колебаний увеличивается в 2 раза.

Для выполнения этой работы нужны: часы с секундной стрелкой или секундомер, шарик, привязанный к нити, сантиметровая лента, штатив.

Соберём установку (рис. 17.1).

Период колебаний маятника определяем по формуле:

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

Когда свободно заряженная частица — электрон в металле или ион в растворе кислот, солей или щелочей — движется по электрической цепи, то вместе с ней происходит и перемещение заряда. Электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника в 1 с, определяет силу тока в цепи. Значит, сила тока равна отношению электрического заряда q , прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени его прохождения t :

$$I = q/t,$$

где I — сила тока.

На Международной конференции по мерам и весам в 1948 г. было решено в основу определения единицы силы тока положить явление взаимодействия двух параллельных проводников с током. За единицу силы тока принимают силу тока, при которой отрезки таких параллельных проводников длиной 1 м взаимодействуют силой 0,0000002 Н. Эту единицу силы тока называют ампером (обозначается А) в честь французского ученого Ампера.

Применяют также долиные и кратные единицы силы тока: миллиампер (мА), микроампер (мкА), килоампер (кА); 1 мА = 0,001 А; 1 мкА = 0,000001 А; 1 кА = 1000 А.

Единица электрического заряда — кулон (Кл):

$$1 \text{ Кл} = \text{А} \cdot \text{с}.$$

Кулон равен электрическому заряду, проходящему сквозь поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с.

Электрический заряд имеет и другое название — количество электричества.

Силу тока в цепи измеряют прибором, называемым амперметром.

При измерении силы тока амперметр включают в цепь последовательно с тем участком, силу тока в котором измеряют.

Электрический ток — это упорядоченное движение заряженных частиц. Оно создается электрическим полем, которое при этом совершает работу. Работу сил электри-

3. Задача на расчёт центростремительного ускорения при движении тела по окружности.

Рассчитайте центростремительное ускорение a_c , которое испытывают пассажиры, сидящие в автомобиле, проезжающем по середине выпуклого моста радиусом 40 м со скоростью 10 м/с?

Дано:

$$R = 40 \text{ м}$$

$$v = 10 \text{ м/с}$$

$$a_c = ?$$

Решение:

Учтём, что скорость автомобиля, в котором сидят пассажиры, не меняется по модулю, следовательно, центростремительное ускорение, которое испытывают пассажиры в автомобиле, можно рассчитать по

$$\text{формуле: } a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{(10 \text{ м/с})^2}{40 \text{ м}} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

$$\text{Ответ: } a_c = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

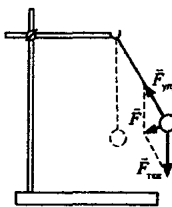


Рис. 17.1

Измерим длину маятника сантиметровой лентой. Рассчитаем период нитяного маятника, приняв ускорение свободного падения равным 10 м/с^2 .

Отметим время нескольких колебаний, например 30. Тогда время одного колебания можно определить по формуле:

$$T = T/n,$$

где n — число колебаний.

t — время этих колебаний.

Повторим опыт, увеличив длину маятника в 4 раза. снова рассчитаем период маятника. Период колебаний увеличивается в 2 раза.

3. Задача на относительность механического движения.

Капли дождя, падающие вертикально, попадают на стекло окна вагона, движущегося со скоростью 36 км/ч , рис. 17.2, и оставляют на нём след под углом 60° к вертикали. Определить скорость падения капель.

Дано:
 $U = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60$
 $v = ?$

Решение:
Рассмотрим движение капли в системе отсчёта, связанной с движущимся вагоном, рис. 17.

Результаты опытов показывают, что электроёмкость конденсатора зависит от расстояния между пластинами конденсатора, площади пластин и диэлектрической проницаемости среды, расположенной между пластинами.

Формула ёмкости конденсатора имеет вид: $C = \frac{\epsilon \cdot S}{4\pi k d}$.

где $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Кл}^2}$ коэффициент пропорциональности в формуле Кулона.

При подключении конденсатора к источнику постоянного тока (зарядка конденсатора) на пластинах конденсатора накапливается заряд, а при подключении его к потребителю (например, к лампе-вспышке фотоаппарата) конденсатор разряжается за более короткое время. Энергия конденсатора определяется формулой: $W = CU^2/2$.

Для увеличения ёмкости конденсаторы соединяют в батареи, рис. 18.2. Такое соединение называют параллельным. При таком соединении систему конденсаторов можно рассматривать как один конденсатор с площадью пластин, равной сумме площадей пластин каждого из конденсаторов. Общая ёмкость при таком соединении определяется по формуле:

$$C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

Конденсаторы находят широкое применение в радиотехнике, для возбуждения квантовых источников света, в стробоскопах.

2. Измерение силы упругости и удлинения пружины, расчёт жёсткости пружины.

Для выполнения работы необходимы: динамометр (жёсткость пружины которого будем измерять), набор грузов, измерительная линейка, штатив.

1. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.

Наэлектризованные тела взаимодействуют друг с другом на расстоянии — притягиваются и отталкиваются.

Согласно учению Фарадея и Максвелла пространство, окружающее наэлектризованное тело, отличается от пространства, находящегося вокруг не наэлектризованных тел. В пространстве, где находится электрический заряд, существует электрическое поле. Электрическое поле представляет собой вид материи, отличающийся от вещества. О существовании электрического поля можно судить лишь по его действиям.

Электрическое поле заряда действует с некоторой силой на всякий другой заряд, оказавшийся в поле данного заряда.

Силу, с которой электрическое поле действует на внесенный в него электрический заряд, называют электрической силой.

Волны заряженных тел действие поля сильнее, а при удалении от них — ослабевает.

Главное свойство электрического поля — действие его на электрические заряды.

Электрическое поле неподвижных зарядов называют электростатическим. Оно не меняется со временем, и оно существует в пространстве, окружающем эти заряды, и неразрывно с ними связано.

Существуют переменные во времени электрические поля, которые не связаны с зарядами неразрывно.

Подтверждает действие электрического поля на заряды можно следующим опытом.

К положительно заряженному шарiku от электрофорной машины приблизим заряженный тоже положительно электростатический маятник. Уже на некотором расстоянии мы обнаружим, что маятник отталкивается. Если же будем приближать отрицательно заряженный

1. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Взаимодействие магнитов. Действие магнитного поля на проводник с током.

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил, что стрелка магнитного компаса изменяет свою ориентацию вблизи проводника с электрическим током. Он пришел к выводу: вблизи, где существуют движущиеся заряды, существует магнитное поле.

Для указания направления магнитного поля было введено понятие магнитных линий. Магнитные линии — это воображаемые линии, вдоль которых расположились бы маленькие магнитные стрелки, помещенные в магнитное поле. Магнитные линии являются замкнутыми и никогда не пересекаются (рис. 19.1).

За направление магнитной линии принимают направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки, помещенной в эту точку. В тех областях пространства, где магнитное поле более сильное, магнитные линии изображают ближе друг к другу, т.е. гуще, чем в тех местах, где поле слабее.

Слово «магнит» в переводе с греческого означает «камень из Магнесии». Впервые магнитные явления были обнаружены у некоторых камней из железной руды (естественные магниты). Позже люди научились создавать искусственные магниты (постоянные магниты). На рис. 19.2 видно, что к разным частям магнита железные опилки притягиваются по-разному. Это говорит о том, что по всей длине магнита его свойства неодинаковы. Наиболее четко они проявляются по краям магнита (полюсам магнита). Магнитная стрелка на оси устанавливается по линии север — юг. Тот полюс, что смотрит на север, был назван северным; тот, что

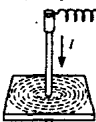


Рис. 19.1

электростатический маятник, то он будет притягиваться. Эти взаимодействия можно объяснить только наличием электрического поля вокруг заряженного шарика и его свойством действовать на заряды.

Электрическое поле способно совершать работу, значит, оно обладает энергией. Для того чтобы её использовать, нужно прежде её накопить. Устройством для накопления заряда и энергии электрического поля является конденсатор.

Если взять две пластины, рис 18.1, и зарядить одну положительно, а другую отрицательно, то в пространстве между пластинами создаётся электрическое поле, а между пластинами возникает напряжение.

Физическую величину, численно равную отношению заряда одной пластины к напряжению между пластинами, называют ёмкостью (С).

$$C = q/U.$$

Ёмкость измеряют в фарадах (Ф). 1 Ф = Кл/В. Заряд в 1 Кл очень велик и ёмкость в 1 Ф очень велика, поэтому на практике используют долю этой единицы:

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф (микрофарад)}$$

$$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф (нанофарад)}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф (пикофарад)}$$

Систему двух проводников называют конденсатором.

На схемах конденсатор обозначают так:

Конденсаторы имеют разное устройство. Например, бумажный конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, изолированных друг от друга от металлического корпуса бумажными лентами, пропитанными парафином. Полоски и ленты туго свёрнуты в пакет небольшого размера. По роду диэлектрика, находящегося между пластинами, конденсаторы бывают электролитическими, слюдяными, воздушными и т.д.

Конденсаторы бывают также постоянной ёмкости и переменной ёмкости.

смотрит на юг, — южным. Магниты обладают свойством: одноимённые полюса отталкиваются, разноимённые полюса притягиваются. Что подтверждает ся опытами.

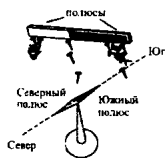


Рис. 19.2



Рис. 19.3

Магнитное поле оказывает воздействие на проводник с током, помещённый в магнитное поле и не совпадающий с его магнитными линиями. Наличие такой силы можно показать с помощью установки, изображённой на рис. 19.3.

Подвесим проводник АВ на гибких проводах, которые через реостат и ключ присоединены к источнику тока. Проводник помещён между полюсами дугообразного магнита, т.е. находится в магнитном поле.

При замыкании ключа в цепи возникает электрический ток, и проводник приходит в движение.

Если убрать магнит, то при замыкании цепи проводник с током останется на месте. Значит, со стороны магнитного поля на проводник с током действует некоторая сила, отклоняющая его от первоначального положения. Действие магнитного поля на проводник с током может быть использовано для обнаружения магнитного поля в данной области пространства.

Таким образом, магнитное поле создается электрическим током и обнаруживается по его действию на электрический ток, т.е. на электрические заряды.

Пусть $\vec{v}_{\text{кашл}}$ — скорость капли в этой подвижной системе отсчёта. Используя закон сложения скоростей, получим:

$$\vec{v} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{кашл}} \rightarrow \vec{v}_{\text{кашл}} = \vec{v} - \vec{v} = \vec{v} - (-\vec{v}).$$

Построим вектор $\vec{v}_{\text{кашл}}$.



Рис. 17.2.

Итак, в системе отсчёта, связанной с вагоном, капли имеют скорость $\vec{v}_{\text{кашл}}$, направленную под углом α к вертикали. Модуль векторов $\vec{v}$, $\vec{v}_{\text{кашл}}$ равны, поэтому из $\triangle ABC$:

$$v = u/\text{tga} = 20.8 \text{ км/ч} = 5.8 \text{ м/с}.$$

Ответ: 5,8 м/с.

Закрепив динамометр на штативе, отметим положение указателя динамометра (рис. 18.3). Подвесим к динамометру груз, масса которого известна, и измерим удлинение пружины в метрах (Δx).

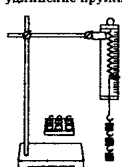


Рис. 18.3.

Согласно закону Гука

$$F = k\Delta x,$$

а по второму закону Ньютона

$$F = mg.$$

Из этих уравнений определим жесткость пружины:

$$k\Delta x = mg,$$

$$k = mg/\Delta x.$$

Коэффициент жесткости показывает, какую силу надо приложить, чтобы растянуть пружину на единицу длины.

3. Задача на отражение света от плоского зеркала.

Постройте изображение светящейся точки S в глянском зеркале MN.

Решение:

Из точечного источника S возьмем произвольные лучи SO , SO_1 , SO_2 , падающие на плоское зеркало MN. Эти лучи отражаются так, что выполняется закон отражения света:

$$\angle \alpha_1 = \angle \beta_1; \angle \alpha_2 = \angle \beta_2.$$

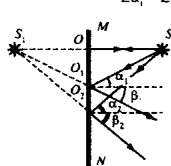


Рис. 18.4

Изображение этой точки находится на пересечении продолжений отраженных лучей в точке S_1 (рис. 18.4). Получаем мнимое изображение, находящееся за зеркалом на таком же расстоянии, что и светящаяся точка.

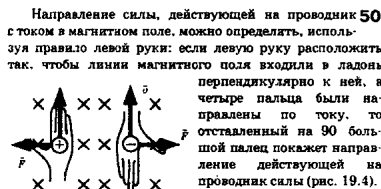


Рис. 19.4

Направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, можно определять, используя правило левой руки: если левую руку расположить так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца были направлены по току, то отставленный на 90 градусов большой палец покажет направление действующей на проводник силы (рис. 19.4).

Если направление тока в проводнике или скорость заряженной частицы совпадают с линиями магнитной индукции или параллельны ей, то сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля, равна нулю.

2. Измерение пути и времени при равномерном движении тела, построение графика зависимости пути от времени.

Для выполнения этой работы потребуется: линейка деревянная, динамометр, секундомер, измерительная лента, брусок с крючком, грузы.

С помощью динамометра будем перемещать брусок с грузами или без грузов по деревянной линейке с постоянной скоростью, рис. 19.5.

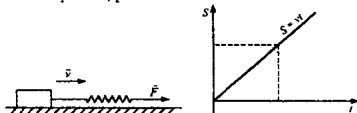


Рис. 19.5

Измерим длину перемещения и время, за которое брусок переместился на это расстояние. Рассчитаем скорость перемещения бруска.

1. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Явление преломления света.

С давних пор существовали два взгляда на природу света. Одни ученые считали, что свет представляет собой волну, другие рассматривали свет как поток частиц (корпускул).

В 1802 г. английский ученый Т. Юнг поставил опыт по сложению пучков света от двух источников, в результате чего получил не изменяющуюся во времени картину, состоящую из чередующихся светлых и темных полос. Юнг объяснял это интерференцией света. Но интерференцией обладают механические и звуковые волны. Следовательно, свет — это волна.

Другой английский ученый Дж. К. Максвелл создал теорию электромагнитной волны. Но оказалось, что свет и электромагнитные волны обладают общими свойствами (поперечность, одна и та же скорость распространения в вакууме 300 000 км/с, интерференция, дифракция, поглощение, отражение, поляризация), поэтому ученый предположил, что свет является частным случаем электромагнитной волны. Дальнейшее развитие науки подтвердило это предположение.

Видимый свет — небольшой диапазон электромагнитных волн с длиной волны от $3.8 \cdot 10^{-7}$ до $7.6 \cdot 10^{-7}$ м. С увеличением частоты электромагнитного излучения в большей степени проявляются его корпускулярные свойства, т.е. свойства, присущие потоку частиц, и в меньшей — волновые. Частицы электромагнитного излучения называют фотонами или квантами. На основе наблюдений и опытов были установлены законы распространения света, при этом использовано понятие луча света.

Луч — это линия, вдоль которой распространяется свет.

При помощи экрана с небольшим отверстием можно получить узкий пучок света. Свет в однородной про-

1. Явление электромагнитной индукции. Индукционный ток. Опыты Фарадея. Переменный ток.

Явление электромагнитной индукции было открыто М. Фарадеем в 1831 г.

При движении постоянного магнита в катушку гальванометр, включенный в цепь, регистрирует ток.

Если выдвинуть магнит, то ток, возникший в катушке, имеет другое направление.

Если же магнит находится внутри катушки без движения, то ток не возникает.

Ток, наведенный в контуре изменяющимся магнитным потоком, называют индукционным, а само явление — электромагнитной индукцией.

Закон электромагнитной индукции читается так: при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур, между его концами возникает напряжение.

Величина возникающего индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока.

Петербургский ученый Х. Ленц установил с помощью эксперимента направление индукционного тока.

Индукционный ток возникает такого направления, чтобы своим магнитным полем препятствовать изменению магнитного потока, которым он вызван.

Правило Ленца означает, что если внешнее поле усиливается, то индукционный ток возникает такого направления, что его магнитное поле препятствует возрастанию внешнего поля. Если же внешнее поле ослабевает, то магнитное поле возникшего индукционного тока препятствует его ослаблению. Открытие явления электромагнитной индукции позволило создать устройства, вырабатывающие переменный электрический ток.

Такие устройства называются генераторами переменного тока. Генераторы переменного тока устанавливаются на электростанциях. Основными частями генератора являются статор (неподвижная часть) и ротор (вращаю-

В зависимости от сред угол преломления может быть меньше или больше угла падения. Например, если рассматривать переход луча из воздуха в воду, то угол преломления меньше угла падения. При обратном переходе луча угол преломления будет больше угла падения.

Преломление света является причиной того, что кажущаяся глубина водоема меньше реальной. На основе закона преломления света построены все оптические приборы: фотоаппарат, очки, лупа, проекционные оборудование.

2. Измерение времени соскальзывания бруска по наклонной плоскости при малом ее наклоне и пройденного пути, расчёт ускорения равноускоренного движения.

Для выполнения работы потребуется: метроном, штатив, желоб лабораторный металлический длиной порядка 1,5 м, шарик металлический диаметром 1,5-2 см, цилиндр металлический, лента измерительная.

Соберём установку согласно рис. 21.3.

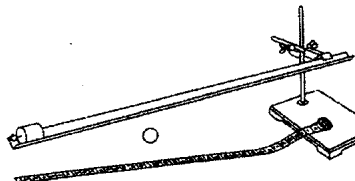


Рис. 21.3

Измерим расстояние, пройденное шариком за три-четыре удара метронома. Промежуток времени между двумя ударами метронома составляет 0,5 с.

$$t = 0,5c \cdot n,$$

где n — число ударов метронома, не считая нулевого удара.

щаяся часть). В обмотку ротора, подают постоянный ток и приводят во вращение. Статор представляет собой систему неподвижных катушек (обмоток). При вращении ротора обмотка статора оказывается в переменном магнитном поле. Поэтому в них возникает переменный ток.

2. Измерение разности температур сухого и влажного термометров и определение относительной влажности воздуха.

Для выполнения этой лабораторной работы необходим психрометр Августа.

2) Влажность воздуха можно определить по волосному гигрометру. В основе работы этого прибора лежит свойство обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину в зависимости от влажности.

3) Самый точный метод измерения влажности по психрометру Августа. По разности показаний сухого и влажного термометров при температуре сухого термометра определяем относительную влажность. Сухой термометр измеряет температуру окружающего воздуха, влажный — температуру ткани, смоченной водой. С поверхности ткани происходит испарение, в результате чего влажный термометр показывает меньшую температуру. Разница температур зависит от температуры воздуха и относительной влажности. Психрометрическую таблицу составляют в соответствии с этими данными.

3. Задача на применение соотношения между скоростью распространения, частотой и длиной электромагнитной волны.

С какой частотой происходят колебания в электромагнитной волне, если её длина равна 50 м? Скорость электромагнитной волны $3 \cdot 10^8$ м/с.

Дано: $c = 3 \cdot 10^8$ м/с $\lambda = 50$ м $v = ?$	Решение: Длина волны определяется $\lambda = cT = c/v$ $\rightarrow v = c/\lambda, v = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{50 \text{ м}} = 6 \cdot 10^6 \text{ 1/с}.$
--	---

Ответ: 6 Гц.

При равноускоренном движении без начальной скорости пройденное расстояние определяем по формуле:

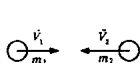
$$s = \frac{at^2}{2} \rightarrow a = \frac{2s}{t^2}.$$

3. Задача на применение закона сохранения импульса при неупругом ударе.

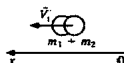
Два неупругих тела, массы которых 2 кг и 8 кг, движутся навстречу друг другу, рис. 21.4 (а) со скоростью 4 м/с каждое.

Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара.

Дано: $m_1 = 2$ кг $m_2 = 8$ кг $v_1 = v_2 = 4$ м/с $v_1' = ?$ $v_2' = ?$	Решение: В результате неупругого удара после соударения тела станут двигаться как единое целое, рис. 21.4 (б), поэтому скорость тел будет одинаковой.
--	--



До взаимодействия
Рис. 21.4 (а)



После взаимодействия
Рис. 21.4 (б)

Согласно закону сохранения импульса

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

В проекция на ось ОХ: $-m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'.$

$$\text{Отсюда } v' = \frac{m_2 v_2 - m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{8 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ кг} + 8 \text{ кг}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 4 м/с; направление скорости указано на рис. 21.4 (б).

$$v = \frac{s}{t}.$$

Так как $s = vt$, графиком такой зависимости является прямая, проходящая через начало координат, рис. 19.6.

3. Задача на построение изображения в собирающей линзе.

Построить изображение предмета, находящегося между фокусом и двойным фокусным расстоянием.

Для построения изображения достаточно использовать два удобных луча. Обозначим предмет AB (рис. 19.7).

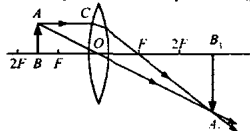


Рис. 19.7

Из точки A проведем прямую AC параллельно главной оптической оси. После преломления луч пройдет через правый фокус.

Второй луч проходит через оптический центр линзы. Этот луч не изменит своего направления. Точка пересечения этих лучей после прохождения через линзу будет изображением точки A. Восставим перпендикуляр к оптической оси, получим изображение точки B. Соединим изображения точек A и B.

Изображение A_1B_1 получится обратным, действительным, увеличенным.

Для данного случая справедливы формулы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{A_1B_1}{AB},$$

где Γ — коэффициент увеличения.

Зрачков среде распространяется прямолинейно. Этим объясняется образование теней и полутеней от непрозрачных предметов в повседневной жизни. В градиозных масштабах тень и полутень наблюдают при солнечном и лунном затмениях.

Кроме закона прямолинейного распространения света существуют еще два: закон отражения и закон преломления.

Если направить узкий пучок света на поверхность воды в большом сосуде, то часть света отразится от поверхности воды, а другая пройдет из воздуха в воду. Опыты доказали, что луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к отражающей поверхности лежат в одной плоскости, причем угол падения равен углу отражения. Углы падения и отражения принято измерять от перпендикуляра к поверхности раздела двух сред (рис. 21.1).

Закон отражения света часто применяют на практике, например: на заднее колесо велосипеда ставят угловой отражатель, для наблюдения за поверхностью моря в подводной лодке используют перископ, в каждом доме используют плоское зеркало.

При переходе света из одной среды в другую луч света изменяет свое направление. Это явление называют преломлением. Разные среды преломляют лучи по-разному. Показатель преломления среды — способность преломлять лучи света.

Луч падающий, преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости (рис. 21.2).

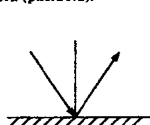


Рис. 21.1

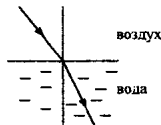


Рис. 21.2

1. Линза. Фокусное расстояние линзы. Построение изображения в собирающей линзе. Глаз как оптическая система.

На основе закона преломления света построены все оптические приборы. Главной частью оптических приборов является линза. Линза — это совокупность двух сферических поверхностей, изготовленных из стекла. Прямая (CC_1), проходящая через центры сферических поверхностей, называется оптической осью линзы, точка O , лежащая на оптической оси в центре линзы, называется оптическим центром линзы, рис. 22.1.

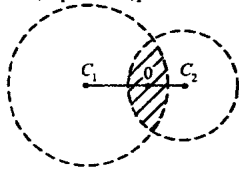


Рис. 22.1.

Линза обладает свойством преобразовывать пучок параллельных лучей в сходящийся в одной точке.

Эта точка называется фокусом линзы. Выпуклая линза носит название собирающей линзы. У линзы два фокуса, по одному с каждой стороны. Луч, проходящий через оптический центр линзы, проходит без преломления.

Вогнутая линза преобразует пучок параллельных лучей в расходящийся, поэтому получила название рассеивающей линзы. Если расходящийся пучок лучей продолжить, то он тоже сойдется в одной точке. Это и будет фокус рассеивающей линзы. Фокус рассеивающей линзы — мнимый.

Для построения изображения в линзах достаточно построения хода двух лучей: один проходит через

расслаблены. При переводе взгляда на близлежащие предметы мышцы сжимают хрусталик, его кривизна увеличивается.

Способность глаза приспосабливаться к видению на разных расстояниях называется аккомодацией глаза. Предел аккомодации наступает, когда предмет находится на расстоянии 12 см от глаза. Расстояние наилучшего видения для нормального глаза равно 25 см. Зрение двумя глазами увеличивает поле зрения, а также позволяет различить, какой предмет находится ближе и какой — дальше от нас. Дело в том, что на сетчатках левого и правого глаза получаются различные друг от друга изображения. Чем ближе предмет, тем заметнее это отличие, оно и создает впечатление различия в расстояниях. Благодаря зрению двумя глазами мы видим предмет объемным.

2. Измерение силы, необходимой для равномерного подъема бруска по наклонной плоскости, и проекционного пути, расчёт работы этой силы.

Для проведения этой работы необходимы: широкая деревянная линейка, брусок, штатив, динамометр.

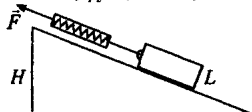


Рис. 22.10.

Соберём установку (рис. 22.10). С помощью динамометра равномерно перемещаем брусок вдоль линейки. Динамометр показывает силу тяги F , необходимую для равномерного подъема груза вдоль наклонной плоскости. Измеряем длину (l) наклонной плоскости.

Работу определим по формуле: $A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$, где α — угол между направлением силы и направлением движения бруска вверх, который равен 0 , $\cos 0 = 1$.

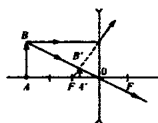


Рис. 22.6.

Преломляющую способность линзы, т.е. фокусное расстояние, характеризует величина, которая называется оптической силой линзы.

Оптическая сила линзы — это величина, обратная фокусному расстоянию линзы.

Единица оптической силы линзы — 1 диоптрия (дптр).

1 диоптрия — это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м.

У рассеивающей линзы фокус имеет отрицательное значение.

В фотоаппарате должно получаться действительное и уменьшенное изображение. В фотоаппаратах используют короткофокусную линзу, т.е. изображение должно располагаться близко от линзы, ведь это расстояние ограничено размерами фотоаппарата, рис. 22.7.

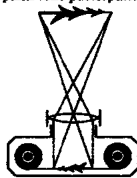


Рис. 22.7

Глаз человека имеет почти шарообразную форму, рис. 22.8.

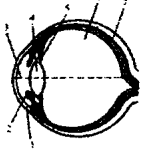


Рис. 22.8

1. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения.

Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами *Левкиппом* и *Демокритом* примерно 2500 лет назад. Частицы эти были названы *атомами*, что означает *неделимые*. Но примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые ставили под сомнение представления о неделимости атомов. Результаты этих экспериментов наводили на мысль о том, что атомы имеют сложное строение. Наиболее ярким свидетельством сложного строения атома явилось открытие явления радиоактивности, сделанное в 1896 г. французским физиком *А. Беккерелем*.

А. Беккерель обнаружил, что химический элемент уран самопроизвольно (т.е. без каких-либо внешних воздействий) излучает ранее неизвестные невидимые лучи, которые позже были названы *радиоактивными излучением*. Эту способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению назвали *радиоактивностью*.

В 1899 г. *Э. Резерфорд* провел эксперимент, в результате которого было обнаружено, что радиоактивное излучение радио неоднородно: оно распадается в магнитном поле на положительные заряды, отрицательные заряды и никак не заряженное излучение (рис. 23.1).

Положительно заряженные частицы назвали *α-частицами*, отрицательно заряженные — *β-частицами*, а нейтральные — *γ-частицами* или *квантами*.

Позже было установлено, *β-частица* представляет собой электрон, а *α-частица* — полностью ионизированный атом химического элемента гелия, *γ-излучение* — один из видов электромагнитного излучения. Явление радиоактивности давало основания предположить, что в состав атома входят отрицательно и положительно заряженные частицы.

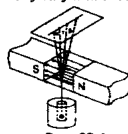


Рис. 23.1

Его окружает плотная оболочка, которая называется склерой. Передняя часть склеры прозрачна и называется роговой оболочкой 1. За роговой оболочкой находится радужная оболочка 2, которая может быть окрашена у разных людей по-разному. Между роговой и радужной оболочками находится водянистая жидкость.

В радужной оболочке есть отверстие - зрачок 3, диаметр которого может изменяться в зависимости от освещения. За зрачком расположено прозрачное тело - хрусталик 4, который похож на собирающую линзу. Хрусталик прикреплен мышцами 5 к склере.

За хрусталиком расположено стекловидное тело 6. Оно прозрачно и заполняет всю остальную часть глаза. Задняя часть склеры - глазное дно, покрыто сетчаткой 7.

Сетчатка состоит из тончайших волокон, которые устилают глазное дно. Они представляют собой разветвленные окончания зрительного нерва.

Свет, падающий на глаз, преломляется на передней поверхности глаза, в роговице, хрусталике и стекловидном теле, благодаря чему на сетчатке образуется действительное, уменьшенное, перевернутое изображение рассматриваемых предметов, рис. 22.9.

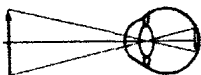


Рис. 22.9

Свет, падающий на окончания зрительного нерва, из которых состоит сетчатка, раздражает эти окончания. Раздражения по нервным волокнам передаются в мозг, и человек получает зрительное восприятие окружающего мира. Процесс зрения корректируется мозгом, поэтому предмет мы воспринимаем прямым.

Кривизна хрусталика может изменяться. Когда мы смотрим на дальние предметы, то кривизна хрусталика невелика, потому что мышцы, окружающие его,

оптический центр линзы без преломления, второй - луч, параллельный главной оптической оси, рис. 22.2.

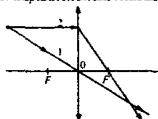


Рис. 22.2

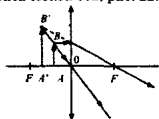


Рис. 22.3

Для собирающей линзы рассмотрим три положения предмета.

1. Предмет находится между линзой и фокусом, рис. 22.3.

Построим изображение предмета с помощью двух лучей. Изображение - увеличенное, мнимое, прямое. Такие изображения получают при пользовании лупой.

2. Предмет находится между фокусом и двойным фокусом, рис. 22.4.

Изображение - действительное, увеличенное, перевернутое.

Такие изображения получают в проекционных аппаратах.

3. Предмет находится за двойным фокусом, рис. 22.5.

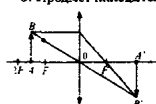


Рис. 22.4

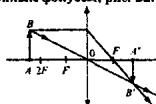


Рис. 22.5

Линза дает уменьшенное, перевернутое, действительное изображение. Такое изображение используется в фотоаппарате.

Рассеивающая линза при любом расположении предмета дает уменьшенное, мнимое, прямое изображение, рис. 22.6.

3. Задача на расчёт работы или мощности электрического тока.

Определите мощность тока в электрической лампе, если при напряжении 220 В сила тока в ней 0,5 А. Какую работу совершает электрический ток в этой лампе за 1 ч?

Дано:

$U = 220 \text{ В}$

$I = 0,5 \text{ А}$

$t = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$

Решение

Мощность определяем по формуле:

$P = IU = 0,5 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} = 110 \text{ Вт}$.

Работу электрического тока можно определить по формуле: $A = Pt$,

$A = 110 \text{ В} \cdot 3600 \text{ с} = 396\,000 \text{ Дж}$.

$P = ?$

$A = ?$

Ответ: 110 Вт, 396 кДж.

Излучения радиоактивных веществ оказывают очень сильное воздействие на все живые организмы. Даже сравнительно слабое излучение, которое при полном поглощении повышает температуру тела лишь на 0,001 °С, нарушает жизнедеятельность клеток.

При большой интенсивности излучения живые организмы погибают. Опасность излучения усугубляется тем, что они не вызывают никаких болевых ощущений даже при смертельных дозах.

При работе с любым источником радиации необходимо принимать меры по радиационной защите всех людей, могущих попасть в зону действия излучения.

2. Измерение объёма твёрдого тела и его массы. Расчёт плотности вещества, из которого оно изготовлено.

Для выполнения работы потребуются: большая металлическая гайка с привязанной нитью, мензурка, стакан с водой, рычажные весы, разновесы.

Плотность вещества определяют по формуле $\rho = m/V$. Массу тела определяют методом взвешивания на рычажных весах в граммах. Объём тела определяем с помощью мензурки.

Нальем в мензурку воды и определим объём налитой воды. Опустив в мензурку гайку, уровень воды поднимется. Разность показаний уровней воды в мензурке - это и есть объём тела неправильной формы (гайки). Выразим его в кубических сантиметрах (см³). По таблице плотности твёрдых веществ определим, из какого вещества изготовлено исследуемое тело.

3. Задача на применение закона Джоуля - Ленца.

Какое количество теплоты выделит электрический ток за 5 мин работы, если его сопротивление 200 Ом, сила тока 4 А?

Дано:

$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$

$R = 200 \text{ Ом}$

$I = 4 \text{ А}$

$Q = ?$

Решение

Согласно закону Джоуля - Ленца

$Q = I^2 R t$, $Q = 4 \text{ А} \cdot 4 \text{ А} \cdot 200 \text{ Ом} \cdot 300 \text{ с} =$

$= 960\,000 \text{ Дж} = 960 \text{ кДж}$.

Ответ: 960 кДж

1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Состав атомного ядра. Ядерные реакции.

Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами *Левкиппом* и *Демокритом* примерно 2500 лет назад. Частицы эти были названы *атомами*, что означает *неделимые*. Но примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые ставили под сомнение представления о неделимости атомов. Результаты этих экспериментов наводили на мысль о том, что атомы имеют сложное строение. Наиболее ярким свидетельством сложного строения атома явилось открытие явления радиоактивности, сделанное в 1896 г. французским физиком *А. Беккерелем*.

А. Беккерель обнаружил, что химический элемент уран самопроизвольно (т.е. без каких-либо внешних воздействий) излучает ранее неизвестные невидимые лучи, которые позже были названы *радиоактивным излучением*. Эту способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению назвали *радиоактивностью*.

В 1899 г. *З. Резерфорд* провел эксперимент, в результате которого было обнаружено, что радиоактивное излучение радия неоднородно: оно распадается в магнитном поле на положительные заряды, отрицательные заряды и никак не заряженное излучение (рис. 24.1).

Положительно заряженные частицы назвали *α -частицами*, отрицательно заряженные — *β -частицами*, а нейтральные — *γ -частицами* или *γ -квантами*.

Позже было установлено, *β -частица* представляет собой электрон, а *α -частица* — полностью ионизированный атом химического элемента гелия, *γ -излучение* — один из видов электромагнитного излучения. Явление радиоактивности давало основания предполагать, что в состав атома входят отрицательно и положительно заряженные частицы.

Если на пути *α -частиц* нет никаких препятствий, то 59 они падают на экран узким, слегка расширяющимся пучком. Если же на пути *α -частиц* поместить тонкую золотую фольгу, то при взаимодействии с фольгой *α -частицы* рассеиваются по всем направлениям на разные углы.

Перемещая экран вместе с микроскопом вокруг фольги, можно обнаружить, что некоторые (очень небольшое) число частиц рассеивалось на углы, близкие к 90°, а некоторые (единичные частицы) — на углы порядка 180°, т.е. в результате взаимодействия с фольгой были отброшены назад.

Резерфорд пришел к выводу: столь сильное отклонение *α -частиц* возможно только в том случае, если внутри атома имеется чрезвычайно сильное электрическое поле. Было рассчитано, что такое поле могло быть создано зарядом, сконцентрированным в очень малом объеме (по сравнению с объемом атома). Исходя из этих соображений, *Резерфорд* предложил ядерную (планетарную) модель атома. В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее очень малый объем атома. Вокруг ядра движутся электроны, масса которых значительно меньше массы ядра. Атом электрически нейтрален, поскольку заряд ядра равен модулю суммарного заряда электронов. *Резерфорду* удалось оценить размер атомных ядер — он приблизительно равен 10^{-14} — 10^{-15} м.

2. Измерение силы трения, возникающей при скольжении бруска по горизонтальной поверхности, при различных давлениях бруска на стол, построение графика зависимости силы трения от силы давления.

Для выполнения этой работы нужно оборудование: динамометр, набор грузов, деревянный брусок с крючком, широкая деревянная линейка.

На деревянную линейку положим брусок (рис. 24.2). Зацепив брусок динамометром, брусок приведем в движение по дере-



Рис. 24.2

1. Роль физики в формировании научной картины мира. Наблюдение и описание физических явлений. Физический эксперимент. Измерение физических величин.

Физика — одна из основных наук о природе. В окружающем нас мире постоянно происходят изменения, или явления.

В физике изучают: механические, электрические, магнитные, тепловые, звуковые и световые явления.

Любые превращения или проявления свойств веществ, которые происходят без изменения его состава, называют физическими явлениями.

Задача физики заключается в том, чтобы открывать и изучать законы, которые связывают между собой различные физические явления, происходящие в природе.

Например, свободное падение тел является следствием притяжения их к Земле.

Законы физики используют другие науки: биология, химия, география, астрономия.

В физике, кроме обычных слов, используют термины, обозначающие физические понятия. Например, любое из окружающих нас тел (вертолёт, машина, дома, воздух, ...) принято называть физическим телом или просто телом.

Всё то, из чего состоят физические тела, называют веществом. Алюминий — вещество, а алюминиевая кастрюля — физическое тело.

Вещество — вид материи, который определяется с помощью органов чувств. Звук — вещество, которое мы определяем с помощью органов слуха, запахи — вещество, которое мы определяем с помощью органов обоняния, и т.д.

Существует и другой вид материи, который распознаётся только по его свойствам, это — поле. К ним относятся магнитное, электрическое и электромагнитное поля.

Так, магнитное поле обнаруживается по свойству притягивать к себе железные предметы, электрическое поле — по его действию на электрические заряды.

Для проведения работы необходимо оборудование: 61 стальный шарик, лоток дугобразный, фанерная доска с пеналом для приёма шарика, штатив, полоска белой бумаги размером 300 × 40 мм, копировальная бумага, линейка измерительная.

Соберём установку рис. 25.1.

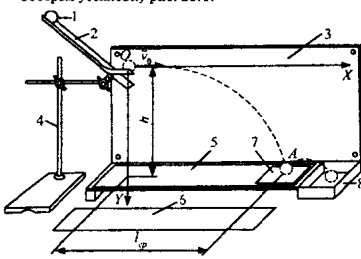


Рис. 25.1.

Шарик 1 начинает движение в лотке 2 и вылетает в точке *O* с начальной скоростью u_0 , пролетая вдоль доски 3. Жёлоб закреплён в штативе 4 так, что точка *O* находится на высоте *h* над доской 5. Для фиксации точки падения шарика на доску помещаем полоску белой бумаги 6, а сверху полоску копировальной бумаги 7. При падении шарик оставляет метку на белой бумаге. После падения шарик попадает в пенал 8.

Измерим высоту и дальность полёта шарика, увеличив высоту падения шарика в 2 раза. Измерения дальности полёта шарика показывают, что дальность полёта шарика при той же начальной скорости не

увеличится в 2 раза. Координата $y = \frac{gt^2}{2}$, рис. 25.2.

влияний линейке с постоянной скоростью. Самым показавшим динамометра. При равномерном прямолинейном движении сила тяжести уравновешивается силой реакции опоры, а сила тяги уравновешивает силу трения.

$$\vec{F}_{тяг} = \vec{F}_{тр}.$$

3. Задача на построение изображения в рассеивающей линзе.

Дана рассеивающая линза, у которой задано положение главной оптической оси (положение фокусов не задано); АВ — луч, падающий на линзу, ВК — этот же луч после преломления в линзе. Построить ход луча СД после преломления в линзе, рис. 24.3.

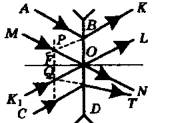


Рис. 24.3

Решение:

Построим луч MN, идущий вдоль оптической оси линзы и параллельный лучу АВ, рис. 24.3. В точке Р пересекаются продолжения лучей ВК и MN, причём точка Р расположена в фокальной плоскости линзы. Плоскость, перпендикулярная главной оптической оси и проходящая через точку Р, является фокальной плоскостью. Проведём луч К₁Л, идущий вдоль оптической оси и параллельный лучу CD. Луч CD после преломления в линзе идёт так, что его продолжение пересекается с лучом К₁Л в точке Q, принадлежащей фокальной плоскости линзы. Таким образом, DQ — продолжение искомого луча, а DT — искомый луч.

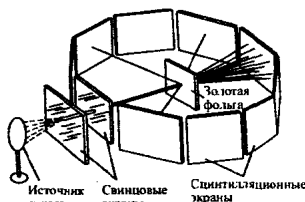


Рис. 24.1

Английский физик Дж. Дж. Томсон в 1903 г. предложил одну из первых моделей строения атома. По предположению Томсона, атом представляет собой шар, по всему объёму которого равномерно распределён положительный заряд. Внутри этого шара находятся электроны. Каждый электрон может совершать колебательные движения около своего положения равновесия. Положительный заряд шара равен по модулю суммарному отрицательному заряду электронов, поэтому электрический заряд атома в целом равен нулю.

В 1911 г. Э. Резерфорд опроверг эту теорию. Он провёл такой эксперимент. Из свинцового сосуда, в котором находилось радиоактивное вещество, вылетали и частицы через узкий канал. Поскольку и частицы непосредственно увидеть невозможно, то для их обнаружения служил стеклянный экран, покрытый тонким слоем специального вещества, благодаря чему в местах попадания на экран α -частиц возникали вспышки, которые наблюдаются с помощью микроскопа, рис. 24.1. Такой метод регистрации частиц называют *методом сцинтилляций* (т.е. вспышек). Вся эту установку поместили в сосуд, из которого откачан воздух (чтобы устранить рассеяние α -частиц за счёт их столкновений с молекулами воздуха).

Из уравнения координаты $x = v_x t$ выразим $t = x/v_x$ и подставим в уравнение $y = h - \frac{gx^2}{2v_y^2}$, то есть при увеличении высоты в 2 раза дальность полёта увеличивается $\sqrt{2}$.

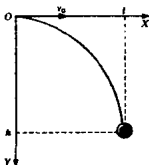


Рис. 25.2

Предположение, что при увеличении высоты падения шарика в 2 раза дальность полёта шарика увеличивается в 2 раза — не оправдывается.

3. Задача на расчёт давления столба жидкости.

Подводная лодка погрузилась в море на глубину 60 м. Определите, какое дополнительное давление испытывает лодка, если плотность морской воды 1030 кг/м³. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Дано:
h = 60 м
g = 1 м/с²
 $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$
 $\Delta p = ?$

Решение
При погружении лодка испытывает дополнительное гидростатическое давление, которое определяют по формуле: $\Delta p = \rho gh$.

$$\Delta p = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 60 \text{ м} = 618000 \text{ Па} = 618 \text{ кПа}.$$

Ответ: 618 кПа.

Открытие новых законов помогает наблюдения за окружающими явлениями и постановка целенаправленных экспериментов. Во время наблюдений или проведения экспериментов проводят измерения.

Измерить какую-нибудь величину — это значит сравнить её с однородной величиной, принятой за единицу.

Например, измерить длину стержня — значит сравнить её с другой длиной, которая принята за единицу длины, например, с метром.

В удобных целях все страны мира стремятся пользоваться одинаковыми единицами физических величин. С 1963 г. в России и других странах применяется Международная система единиц — СИ (система интернациональная). За основные единицы измерения в этой системе приняты: единица длины — метр (1 м), единица времени — секунда (1 с), единица массы — килограмм (1 кг), единица силы тока — ампер (1 А).

Для измерения физических величин применяют физические приборы. Прежде чем приступить к измерению, необходимо определить цену деления шкалы прибора. Для того, чтобы определить цену деления шкалы, нужно между двумя ближайшими делениями шкалы, возле которых написаны значения величин, просчитать число делений и разницу между значениями разделить на число делений. Чем меньше цена деления, тем больше точность прибора.

Развитие науки позволяет достичь высокого уровня развития техники, в то же время развитие техники влияет на развитие науки. Так, усовершенствованные машины, компьютеры, точные измерительные и другие приборы используются учёными при исследовании физических явлений.

2. Шарик скатывается с желоба, установленного на некоторой высоте над землёй, и летит горизонтально. Проверка предположения: при увеличении высоты, с которой брошен шарик, в 2 раза дальность полёта увеличивается в 2 раза. (Начальная скорость шарика не меняется при изменении высоты подъёма желоба.)