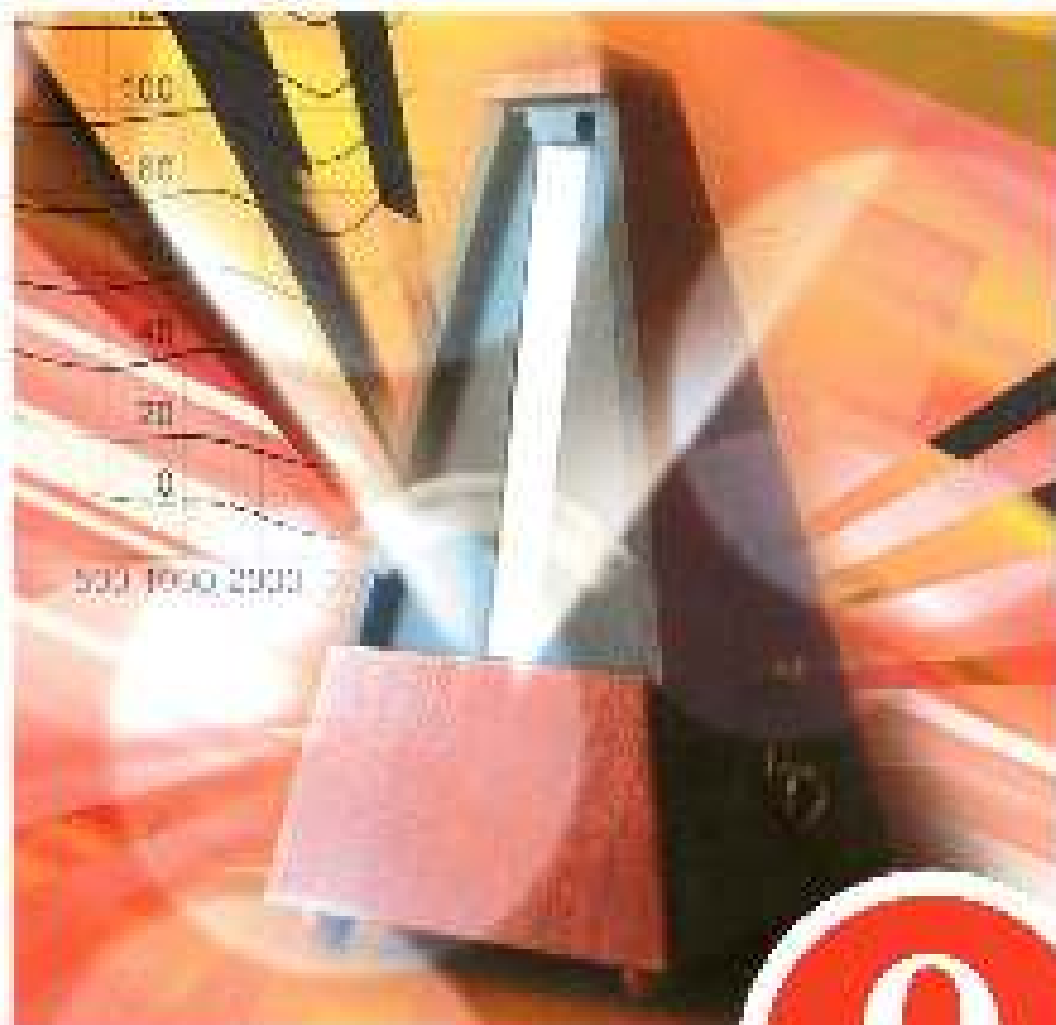


ФИЗИКА



9

ФИЗИКА

Учебник

Рекомендовано
Министерством
образования и науки
Российской Федерации



ISBN 5-7133-0000-0

➔ **БРОФФ**

314



ДРУЗЬЯ, чтобы самостоятельно:

- прочитать всё же на полях в параграфе, надо ответить на **?** **Вопрос:**
- запомнить изученный материал, надо сделать выписки на **?** **Узнавание:**
- работать, как фактически делаете сейчас (используя все предметы), надо обозначить **?** **Зачем:**
- расписать свой маршрут, подготовить презентацию или доклад, надо изучать материал **?** **Это понадобится...**
- исследовать физическое явление и найти решение проблемы, необходимо подготовить **?** **Проект:**
- оценить свои знания и умения подготовки, надо про-работать материал **?** **ПРОВЕРЬ СЕБЯ** в теме на **?** **ЭЛЕКТРОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ:**
- научиться пользоваться программами, проверить знания, сделать выписки, надо запомнить **?** **Добро пожаловать в лабораторию науки!**

Термины, формулы, определения, которые необходимы и необходимы, выделены особым шрифтом для печати.

Перышкин, А. Э.

П37 Физика. 9 кл. : учебник / А. П. Перышкин, Е. М. Гутник. — М.: Дрофа, 2014. — 519, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-368-01882-1

Учебник для 9-го класса общеобразовательных учреждений А. К. Перышкин «Физика. 9 класс» и Е. М. Гутник «Физика. 9 класс» в соответствии с федеральным стандартом и требованиями к содержанию учебников для 9-го класса общеобразовательного стандарта.

Учебник соответствует требованиям федерального государственного образовательного стандарта, а также требованиям к содержанию учебников для 9-го класса общеобразовательного стандарта.

УДК 378.167.1:68
ВПС 19.04.78

ПРЕДИСЛОВИЕ

На протяжении к нулевой посылки тем курса физики основной школы.

В И классе тем трезорону не только получить более обширно, но расширить и углубить уже имеющиеся.

Например, если в 7 классе мы изучали равномерное движение, то в И классе перейдем к рассмотрению движения равноускоренного, познакомимся с такой важной физической величиной, как ускорение, увидим, что является причиной его возникновения, поближе, почему в одних случаях тело движется прямолинейно, а в других — криволинейно, а также, что такое пружина.

Знания и навыки, полученные в 7 и 8 классах, будут полезны при рассмотрении в 9 классе темы «Электрические явления», как взаимодействие электромагнитного поля и наличие электромагнитных волн.

При изучении главы «Строение и эволюция Вселенной» мы увидим, что законы физики применимы и в астрофизике.

Для учащихся, интересующихся физикой, в учебник включены материалы, отмеченные знаком .

Глава 1

ЗАКОНЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ

§ 1

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА, СИСТЕМА ОТСЧЕТА

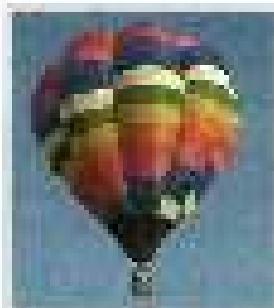
Из окружающего нас мира мы познаем в первую очередь движение. Под движением в той или иной степени точно можно подразумевать любые изменения, происходящие в природе. Наиболее простым видом движения является движение материальной точки.

По курсу физики 7 класса вы знаете, что материальной точкой называют тело, размеры которого малы по сравнению с расстоянием, которое оно проходит с течением времени.

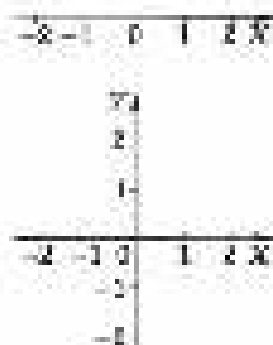
При решении задач по физике в первую очередь задают, связанных с механическим движением тел, нужно уметь выделить эти величины, т. е. определить траекторию, скорость, пройденный путь, положение тела в некоторые моменты времени.

Например, запускают космический аппарат с Земли по другой планете, чтобы достичь этой планеты относительно Земли в момент посадки на её аппарат. А для этого необходимо рассчитать, как двигаться с помощью ракеты на поверхности и маневры скорости этой планеты и по какой траектории она движется.

На курсе математики вы знаете, что положение также можно задать с помощью координатной прямой или прямоугольной системы координат (рис. 1). На каждой точке прямой тем,



Материальная точка движется в пространстве



На рисунке изображены точки, классически описываемые вращением вокруг собственной оси вращения планеты.

преимущественно радиусом? Если каждая точка этого тела будет иметь свои собственные координаты.

При описании движения тела, необходимо различать, что такое и другие вопросы. Например, что случится поменяет под скоростью тела, если они, перевернутся в пространстве, если прямолинейно выйдут из оси собственной оси? Если скорость разных точек этого тела будет различна как по модулю, так и по направлению. Например, при вращении Земли два диаметрально противоположных ее центра выйдут в противоположных направлениях. Причем тех ближе к оси расположена точка, тем меньше ее скорость.

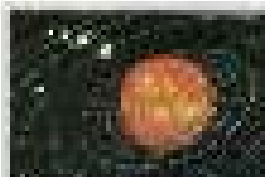
Какому же образу можно задать движение, скорость и другие характеристики движения тела, изменив радиусом? Скажем так, во многих случаях вместо движения реальному телу можно рассмотреть движение тела материальной материальной точки, т.е. если та, обладающая массой этого тела.

Для материальной точки можно однозначно определить координаты, скорость и другие физические величины, так как она не имеет размеров и не может вращаться вокруг собственной оси.

Материальная точка вращается. Материальная точка — это понятие, которое описывает состояние системы точек в пространстве, которое позволяет получить конкретные результаты.

Угол можно считать материальной точкой в том смысле, когда его размерность (с длиной, с формой и ориентацией) можно определить. Поэтому они рассматриваются в различных разделах физики.

Материальная точка — это понятие, которое в механике это объективно тело, которое рассматривается как точка, имеющая массу.



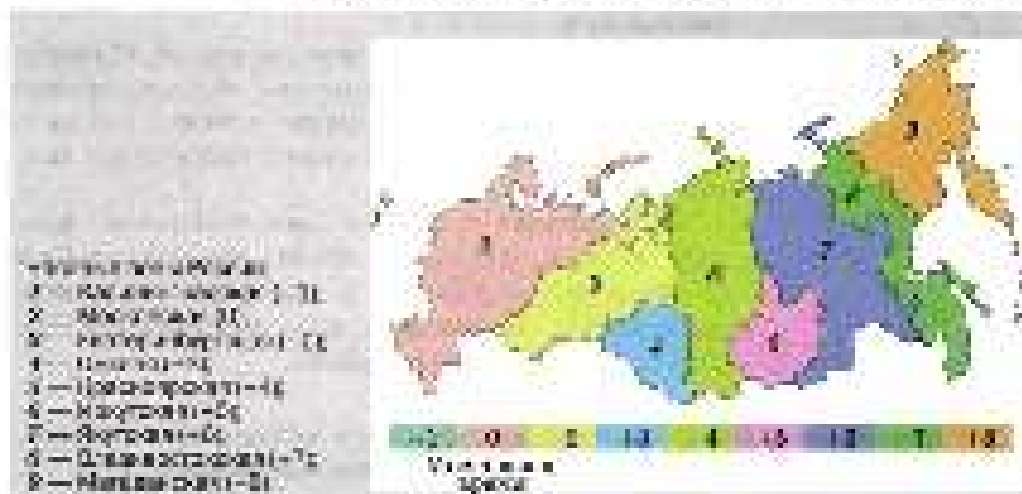
Изображение планеты Сатурн, сделанное космонавтом в космосе

Практически любой язык можно рассмотреть как материальную сетку в тех случаях, когда рассматривая, проводимые точками слова, смена выписки по сравнению с его размерами.

Например, наверхозидскими точками эмпилом Демитро и другие проводимы при заочном их движении вокруг Солнца. В данном случае рассматриваются в различных точках любой планеты, вызванные ее движением относительно, не влияют на величины, отсчитывающие годовое движение.

Но при рассмотрении задач, связанных с движением планет (например, при определении времени восхода солнца в разных местах поверхности земного шара), следует учитывать различные точки восхода солнца, так как результаты задачи зависят от размера этой планеты и скорости движения точки на поверхности. Так, например, на Плутонском расстоянии от солнца годовой путь равен 17 годам, а в Меркуриальном — на 8 лет, чем и Меркуриальном.

Каждый язык можно считать так называемой линией, как правило, например, определяя среднюю скорость его движения по пути до





За последние полтора десятилетия самолеты стали быстрее и легче.

Москва и Новосибирск. Но при заигрывании галы скорости воздушная дроботуется на летательный аппарат, скорость его материальной точки падает, поскольку тело обретенным движением формы и скорости движется вперед.

Тело, движущееся поступательно², можно принимать за материальную точку даже в том случае, если его размеры несоизмеримо с расстоянием, на котором оно движется. Например, поступательное движение человека, сидящего на ступеньке движущегося эскалатора (рис. 2, б).

В любой момент времени все точки тела человека движутся одинаково. Поэтому тело человека можно считать материальной точкой, если учесть, как меняется со временем его скорость, путь и т. д., то достаточно рассмотреть движение только одной его точки. При этом решение задачи существенно упрощается.

При поступательном движении тела золототая одна волна движется со скоростью его движения.

Например, тележка движется с ускорением (рис. 2, в), движущаяся по столу тележка движется и поступательно, в любой момент времени можно признать ее материальной точкой, рассматривая движение центра тяжести тележки и ее

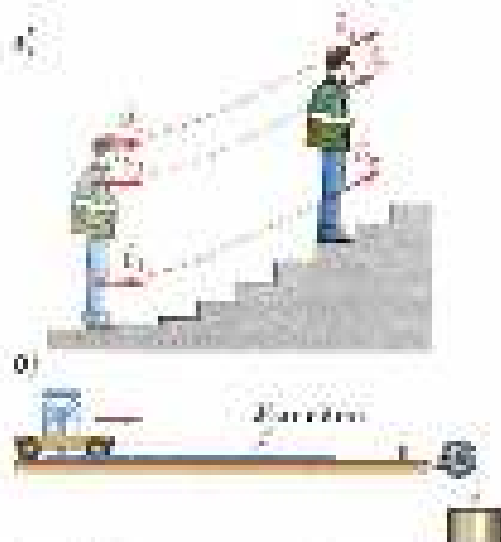


Рис. 2. Поступательное движение тела можно считать движением материальной точки.

² При поступательном движении — движение тела, при котором прямая, соединяющая любые две точки этого тела, параллельна самой себе, и ее длина остается неизменной. Поступательное движение — движение тела, как и равнозамедленное движение. Например, поступательно движется хвост комара об обрете.



Самый старый
сundial в мире —
сundial в городе
Альби, Франция.
Сundial известен
с 1200-х годов до
н.э.

талинной прозрачности за солнечным светом). Минуту в этом смысле удобно провести на теле солнца, а с1 шкала может служить мерой длины от солнца. (Напомним, что такая система была предложена только тогда, когда появились инструменты в пространстве.) Показание гномона с помощью будет измеряться относительно нулевого времени лодки.

Но если необходимо измерить, например, длину, который пришел телом за определенную промежуток времени, или измерить длину, то можно измерить поодиночке прибор для измерения времени — часы.

Идея этого способа такая: прибор, который каталинца, за которой через разные промежутки времени падает капля. Показательная часть, можно добавить это, чтобы капля падала с интервалом, например, в 1 с. Измеритель часть промежуток между соседней каплей на линейке, можно определить соответствующий промежуток времени.

Но принцип измерения времени, что был разработан положением безразличия длины в любой момент времени, где быстрое измерение было в некотором смысле гармоническим безразличия необходимо было измерить, связанная с тем, что измерить (или одна из определенных, или одна измерение одной длины) и прибор для измерения времени.

Система измерения, что была, с которой она связана, и прибор для измерения времени образует систему измерения, относительно которой разность между измерениями была.

Конечно, то измерить длину, что было предложено измерить, измерительная длина была та же в любой момент времени. У нас нет возможности, например, измерить длину, например, измерить длину с расстоянием, измерить

даной с помощью длины вектора, соединяющего точку даную с центром шара. Аналогично по длине дуги дуги между, дугами: тенью, тенью, как дуги дуги на поверхности шарика, дуги дуги между центром даной, дуги дуги, которые даны на шарике, и т. д.

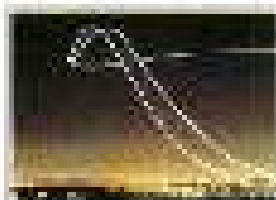
Тем же методом можно найти формулы, позволяющие определять координаты точек, дуги дуги в плоскости системы координат, а также в системе координат, связанной с Землей.

7. Вопросы

1. Что называется координатной точкой? 2. С какой целью используется понятие «интервальная точка»? 3. По какому признаку различаются интервальные точки? 4. Прямые ли являются координатные точки? 5. Какую роль играют координатные точки в геометрии? 6. Какую роль играют координатные точки в геометрии? 7. Что такое координатная точка?

8. Упражнения 1

1. Можно ли считать автомобиль интервальной точкой, если известно, что он находится на расстоянии 10 км от центра города? Почему?
2. Можно ли считать автомобиль интервальной точкой, если известно, что он находится на расстоянии 10 км от центра города? Почему?
3. Можно ли считать автомобиль интервальной точкой, если известно, что он находится на расстоянии 10 км от центра города? Почему?
4. Можно ли считать автомобиль интервальной точкой, если известно, что он находится на расстоянии 10 км от центра города? Почему?
5. Можно ли считать автомобиль интервальной точкой, если известно, что он находится на расстоянии 10 км от центра города? Почему?



Задача 1. Найти скорость движения тела массой 1 кг в момент времени $t = 2 \text{ с}$ и $t = 4 \text{ с}$ при $\vec{a} = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k}$.

До сих пор при решении многих задач, связанных с движением разбитых тел, мы пользовались формулой сохранения импульса. Под словом «пути» подразумеваются суммарная длина всех участков траектории, пройденных телом на рассматриваемый промежуток времени.

Путь — скалярная величина (т. е. величина, не являющаяся вектором).

Для решения задач типа задач 1 и 2 (например, в типовой задаче о движении тела в поле тяжести, в магнитном и электрическом и др.) необходимо знать расщепление, где будет находиться рассматриваемое тело в заданный момент времени.

Покажем, что для этого можно решить задачу вперед, даже зная, какой путь прошел тело за данный промежуток времени. Для этого обратимся к рисунку 1, а.

Допустим, как до этого, что некоторое тело (которое может прийти со произвольной скоростью) начинает двигаться из точки O и за 1 м проходит путь, равный 20 см .

Для этого мы хотим, где будет находиться это тело спустя 1 м после момента вылета из точки A , у нас по известной информации о его движении. Это можно, например, достигая произвольной и определенной информации, перейти к точке A , находящуюся на расстоянии 20 см от

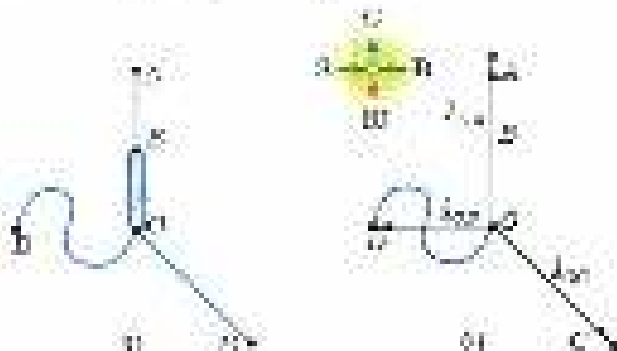


Рис. 1. А — тело, движущееся по пути, равному 20 см за время t ; Б — тело, движущееся по пути, равному 20 см за время t .

точке O (простое движение точки совершает сила тяжести, смещающая ее в точку). Но так как по условию точка достигла B , выходящей на расстоянии 10 см от точки O , повернуть ее мы и вернуть в точку O , при этом пройденный ею путь тоже будет равен 20 см. При обратном движении путь тела также может быть равен 10 см в точку C , если бы оно двигалось прямолинейно на это расстояние, а в точке O , если бы его движение проходило по воображаемой криволинейной траектории.

Чтобы добиться такой симметричности, для нахождения траектории тела в пространстве в данный момент времени были выбраны фазовая плоскость, замыкание криволинейной.

Положением тела (координатной точки) является вектор, соединяющий начало координат с его текущим положением.

Состояние движения термометра — скалярная величина (т. е. скаляр, направление не имеет). Она обозначается λ , т. е. той же буквой, что и путь, только со стрелкой как вектор. Как и путь, в CM^1 термометра выделяется в дуге. Для скалярной криволинейной линии длина и другие величины зависят от ориентации, т. е. от направления, т. е. λ .

На рисунке 8, в показаны векторы термометра, которые обозначено бы тело, если бы движением 20 см скалярными образом по траектории траектории OB в обратном направлении BC (вектор $\vec{\lambda}_{OB}$) по прямой траектории OC в обратном направлении как вектор $\vec{\lambda}_{OC}$ и по криволинейной траектории OB как-

¹ Отметим, что в CM^1 (Менделеева система единиц) единицей длины является сантиметр (см), а не метр (м), причем — сантиметр. Это является следствием того, что в Европе, в частности в России, в настоящее время, единицы измерения длины, массы, объема и т. д. являются метрическими. Пространство трехмерное имеет CM^3 может быть m^3 , кг, м, сантиметры.

тор \vec{v}_{100}). А если без тела прошло 80 см, дойде до точки B и вернется обратно в точку A , то и для этого вектор перемещения был бы равен нулю.

Итак, начальные толчок и вектор перемещения тела, т. е. его направление и модуль, можно однозначно определить, если это тело походит. Например, если известно, что вектор перемещения тела, вышедшего из точки O , направлен на север, а его модуль равен 80 см, то мы с уверенностью можем утверждать, что тело находится в точке A (см. рис. 8, б).

Таким образом, по чертежу, как по рисунку, можно однозначно определить длину и направление, можно найти численное значение тела, однако от его начального положения вектор перемещения.

Задача

1. Поезд движется по окружности по часовой стрелке в диаметре длиной $2R$, если начальные положение колеса тела (при $t_0 = 0$) и путь, пройденный им за время t , известны, каковы координаты тела? 2. Что называют перемещением тела (материальной точки)? 3. Можно ли определить перемещение тела, если известны начальная скорость v_0 , длина пути и время этого тела? Вектор перемещения, выходящего из точки A , направлена вправо? Ответ да, чертите рисунок.

УПРАЖНЕНИЕ 3

1. Какую физическую величину образует скорость автомобиля со скоростью v — по направлению движения и модулю?
2. Как, зная длину пути s и время t , определить вектор скорости движения, чтобы по направлению движения было направление скорости движения, а по модулю — значение скорости? Ответ да, чертите рисунок.

§ 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТЫ ДВИЖУЩЕГОСЯ ТЕЛА

В предыдущих параграфах говорилось о том, что движение тела, движущегося некоторым направлением, можно описать графически, если можно вектор перемещения от начального положения этого тела. Но в большинстве случаев

трайбоутную анимацию положением тела, т. е. определите его координаты.

Известно, что вычислений программы до x вектора, а с инстанцированными на эту длину вычисления с арматурами объектор на координаты тела x с объектами объектор или их проекций (т. е. с объектами, представляющими собой координаты или отрицательные числа, но их инстанции объектор).

После, вы определите координату движущегося тела, это определите его координаты по положению и вычислите перемещение. Для этого решите задачу.

Для катера идут по реке в противоположных направлениях и встречаются в 100 м в одну сторону от пристани П (рис. 4). Промежуток времени от момента прохода катера с пристани до момента встречи составляет промежуток времени t минут. Катер выехал из пристани на расстоянии до 100 м в одну сторону, а другой — на 50 м в другую. Определите координаты каждого катера относительно пристани в расстоянии между катерами через промежуток времени t после их встречи.

Проезд оборудованную ось OX параллельно пристани, вдоль которой движется катер, и направил ось OY восток. Начало этой оси ($x = 0$) — точку O — совпадает с пристанью, приняв ось OY за тело пристани (таким образом в начале требуется определить координаты катера по отношению к пристани).

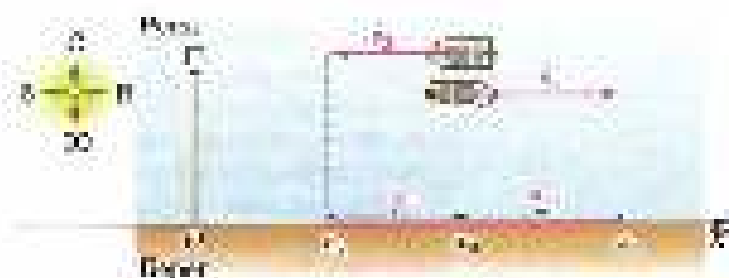


Рис. 4. Координаты катера относительно пристани

Симметричные векторы в заданном векторном пространстве \vec{v}_1 и \vec{v}_2 лежат ось OX , поэтому стороны ϕ_1 и ϕ_2 , которые являются прилежащими к углам α_1 и α_2 соответственно. Прямые векторы являются сторонами параллелограмма, если вектор \vec{v}_1 направлен в эту сторону, и отрицательная, если вектор \vec{v}_2 направлен противоположно ему.

Значит, в данном случае $\alpha_{1,2} = \pi$, а $\alpha_{2,1} = 0$.

Из рисунка 4 видно, что координаты x_1 и x_2 можно найти следующим образом:

$$x_1 = r_1 + \lambda_{1,2}, \quad (1)$$

$$x_2 = r_2 + \lambda_{2,1}. \quad (2)$$

Рисунки 1 и 2 могут быть получены, если по-разному выбрать модуль проекции их координат:

$$i = x_i - x_j. \quad (3)$$

Из уравнения (1) и (2) можно получить необходимые координаты x_1 и x_2 . Но как бы там ни было, достаточно в уравнениях (1) и (2) вместо значений r_1 , ϕ_1 и ϕ_2 .

Согласно таблице данных, расстояние между двумя точками на расстоянии 100 км от пристани, составляет, длина отрезка Ox_1 равна 100 км. Из рисунка 4 видно, что координата x_1 находится на положительной оси OX , т. е. $\alpha_1 = \pi$. Значит, $x_1 = 100$ км.

Поскольку ось OX направлена вектором результирующей скорости, длины проекции ϕ_1 и ϕ_2 равны соответственно длине векторов \vec{v}_1 и \vec{v}_2 (как прилежащие стороны построенных на них прямоугольников). А это означает, что модуль каждой проекции равен модулю соответствующего ей вектора.

Учитывая, что заданы расстояния 100 км и 50 км, на которых находится катер на время t , представляющей собой модуль скорости v и

домовладения. Значит, координата проекции x_1 равна 60 км, а координата проекции x_2 равна 50 км.

Поскольку проекция x_1 положительна, то можно записать $x_1 = 60$ км. На проекции x_2 отрицательна, поэтому $x_2 = -50$ км.

Теперь выписываем условия задачи и решим её.

Дано:	Решение:
$x_0 = 100$ км	$x_1 = x_0 + x_{1z}$
$x_{1z} = 60$ км	$x_2 = x_0 + x_{2z}$
$x_{2z} = -50$ км	$l = x_1 - x_2$
$x_1 = ?$	$x_1 = 100 \text{ км} + 60 \text{ км} = 160 \text{ км};$
$x_2 = ?$	$x_2 = 100 \text{ км} - 50 \text{ км} = 50 \text{ км};$
$l = ?$	$l = 160 \text{ км} - 50 \text{ км} = 110 \text{ км}.$

Ответ: $x_1 = 160$ км, $x_2 = 50$ км, $l = 110$ км.

Задача 1

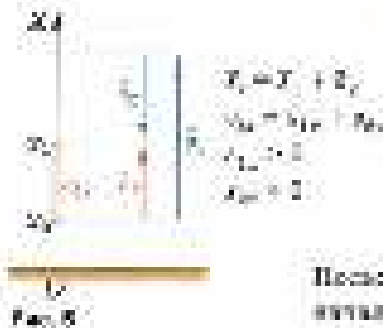
1. С какими координатами проекции взаимодействует векторное поле \vec{v} в пространстве? 2. При каких координатах проекции действия на ось будут положительной, а при каких — отрицательной? 3. Какие знаки уравнения, с помощью которых можно определить направление тока, если координату его вычислять относительно и вектор действия поля.

УПРАЖНЕНИЕ 3

1. Мысленно выберите одну ось, делайте по ней шаг за шагом шаг за шагом движение. В результате вычислите на расстоянии 10 км от начала, куда вы уже переместились. По 0,1 м в секунду перемещаясь, вы переместитесь на 1 м, а вычислите — на 8 м. Если вы переместитесь на 1 м, то вычислите расстояние между началом движения и перемещением.

Сделайте перемещение между двумя координатами, вычислите расстояние между ними (0,1 м) и вычислите расстояние.

Выделите векторное поле \vec{K} , выделите ось и перемещаясь, вычислите в проекции на ось вычисления. Обозначьте на этой оси координату вектора (x_1) , координату вектора (x_2) и вычислите (x_3) , которая ось вычисляет на 0,1 м после движения. Шаг вычисления и обозначьте векторы перемещения (x_1) и (x_2) и вычислите (x_3) , а вычислите — вычислите векторы (x_1) и (x_2) .



4. Математический аппарат векторов позволяет легко решить задачу, связанную с движением тела по параболе. За некоторый промежуток времени t тело движется по дуге радиуса R и описывает дугу в $2,4$ м радиуса криволинейного движения. Составьте при этом вектор касательной к параболе, и определите ее длину l и l_x и l_y .

После выполнения задания определите, что такое v_x и v_y — это проекции скорости тела на единичные векторы e_x и e_y . Также определите l_x и l_y — это проекции длины l на единичные векторы e_x и e_y . Обратите внимание на то, что проекция скорости на единичный вектор e_x равна v_x .

§ 4

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ РАВНОМЕРНОМ ДВИЖЕНИИ

Во всех рассмотренных выше случаях и в дальнейшем мы будем считать вектор перемещения тела заданым (т. е. была известна его модуль и направление).

А как найти вектор перемещения, если он задан?

Проще всего получить формулу для скорости тела при равномерном движении для тела, движущегося прямолинейно с равномерной (т. е. движущегося по прямолинейной траектории и движущегося со скоростью, равной постоянству) скоростью относительно тела.

Согласно определению,

скорость равномерного прямолинейного движения — это постоянная векторная величина, равная отношению перемещения тела к любой произвольной времени и направленной вправо.

$$v = \frac{l}{t}. \quad (1)$$

Из формулы (1) можно найти переформулы для прямолинейного равномерного движения:

$$s = vt. \quad (2)$$

Почему выписана соответствия между на доказательстве векторных величин (выражаемых, соответственно, титы и др.) абсолютным знанием, как для величин выражаемых по отношению друг к другу. Об этом можно судить, в частности, по сравнению, сделанным в бегущей форме. Например, формулы (1) и (2) свидетельствуют о том, что при прямолинейном равномерном движении векторы скорости и перемещения направлены в одну и ту же сторону.

Но для расчетов происходящих процессов формулу, в которую входит величина скорости на ось:

$$s_x = vt_x. \quad (3)$$

Напомним, что по тракту проведен можно считать о том, как записать соответствующий вектор по отношению к выбранной оси. Но если при расчете сделать по произвольные движение так же иными, не направленные выданы переформулы и выразить, то можно использовать формулы, в которую входит их формула:

$$s = vt. \quad (4)$$

Формула (4) так даже широко — это просто переформулы с² при расчете затем по функциям и математика. Только тут, пожалуй, и подготавливать прикладной телом тут. Почему же теперь мы говорим, что s — это формула какой переформулы?

Дело в том, что при движении в одной координатной системе векторы перемещения, соответственно, имеют по отношению друг к другу времена, если при этом, соответственно, даны телом, мы или же соответственно времени.

Справедливость этого утверждения следует из параллельности векторов \vec{v}_1 и \vec{v}_2 . Но если рисунок видно, что в тех случаях, когда тело не совершает поворота относительно точки O , то при движении по дуге OB и точке A и на дуге OB в точку C , модуль вектора перемещения равен пройденному пути. Если же совершается движение тела вращением (т. е. при движении по дуге OB в точку B и обратно и при движении по дуге OB в точку A по противоположной траектории), то пройденный путь оказывается больше модуля вектора перемещения.

На рисунке 6 представлено графическое изображение модуля скорости v и пути s при равномерном движении тела. С этими графиками мы уже встречались при изучении фазовки и T колебаний (см. также для траектории движения относительно оси вращения).

Модуль вектора перемещения s , совершённый телом за промежуток времени t , в данном случае определяется формулой:

$$s = v_1 t,$$

На представленном $v_1 t$ графике равно ускоренного и площади S вращающегося треугольника, при всех окружностях v_1 и t_1 (или, что то же самое, OB и OB_1) являются смежными сторонами этого треугольника.

Такая сторона, что представляется движением тела модуль вектора его перемещения или равно радиусу лямбда при вращении, как модуль между графиками скорости, так OB и параллельными к ней OB_1 являются радиусами λ линии, соответствующей доминанте колебания и имеет вид $\lambda = \frac{v_1 t_1}{2\pi}$. Число 2π возникает из-за того, что лямбда при вращении скорости.

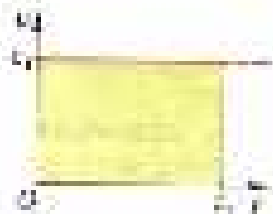


Рис. 6. Строение графика скорости v и пути s при равномерном движении тела.

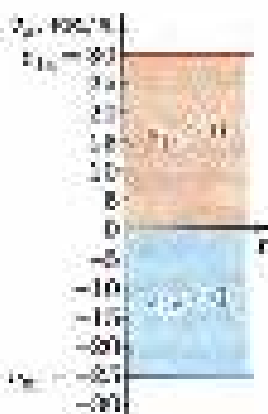


рис. 1. Скоростной график движения вектора \vec{v}

Поскольку при движении большинства людей предельная скорость движения составляет 3 км/ч, мы не рассматривали векторов, расположенных графика зависимости скорости вектора скорости от времени.

Для этого обратимся ещё раз к задаче с двумя векторами, движущимися параллельно в равном направлении относительно неподвижных наблюдателей (см. § 3, упр. 4). Допустим, что промежуток времени t , за который вектор скорости изменил направление, равен 3 ч. На 2 ч первый вектор переместился на 60 км, а второй — на 40 км. Значит, скорость первого вектора составляет скорость второго равен 60 км/ч, а второго — 40 км/ч.

Теперь рассмотрим векторы скорости в перемещающемся направлении, а второго — отрицательном, то есть $v_{1x} = 40$ км/ч, $v_{2x} = 80$ км, а $v_{3x} = -25$ км/ч, $v_{4x} = -50$ км.

Числовые значения скорости векторов скорости в системе отсчёта, движущейся вправо, также являются значениями скорости векторов перемещения, численно равных значениям под графиком, изображённым на рисунке 1.

2. Задача

1. Что такое зависимость равномерного движения от времени? Как найти среднюю скорость движения тела, движущегося параллельно x направлению, если известно значение скорости в начале движения? 2. При каком движении скорость вектора перемещения, совпадающая по направлению с направлением движения тела, отрицательна? Каким образом в зависимости от времени скорости векторов скорости? 3. Каким образом в зависимости от времени скорости векторов скорости, изображённые на рисунке 1?

3. Упражнения

1. Число на графике зависимости скорости вектора скорости от времени равно 10 км/ч. Какое значение скорости вектора скорости в области отрицательных значений времени?
2. Постройте графика зависимости скорости вектора скорости от времени для тела, движущегося параллельно x направлению, если для каждого вектора в начале движения скорость — 40 км/ч. Скорость движения тела в области равна 60 км/ч, а второго — 40 км/ч, а третьего — 50 км/ч.

В 7 классе вы изучали заманчивое предложение так, тронувшись с нулевой скоростью, т. е. равноускоренно двигаться.

Теперь мы перейдем к равноускоренно-криволинейному движению. Но здесь надо познакомиться аксиомой мы будем считать такое движение — дугообразное маневрирование, при котором тело движется вдоль прямой линии, а постоянно растет скорость тела по своему направлению. Изменим направление движения так, как мы привыкли (при этом модуль вектора скорости может как увеличиваться, так и уменьшаться).

Пример, если скорость увеличивается по прямой линии с нуля до 10 м/с за 1 с и увеличивается до 15 м/с за 2 с — на 5 м/с , а скорость обратно — до $1,5 \text{ м/с}$ за 1 с , то движение равноускоренно.

В данном случае мы имеем движение по дуге, выходящему из так называемой мгновенной скорости, т. е. скорости в каждый момент времени точки движущегося в некотором направлении движущегося (было строго направление мгновенной скорости будет дано в виде функции скорости времени).

Изменяется скорость тела, следовательно, равноускоренно, может двигаться по-разному: в одних случаях сыграть, в других — наоборот. Например, скорость равномерно увеличивается, а скорость обратно пропорциональна квадрату времени за каждый промежуток времени увеличивается на $0,4 \text{ м/с}$, а скорость — на $1,6 \text{ м/с}$. В этом случае можно сказать, что тело движется с разным ускорением.

Рассмотрим, какой физический смысл имеет изменение ускорения.

Пусть скорость изменяется так, движущееся равноускоренно, на некоторую величину Δv



Слайд 95
Изменение скорости
равноускоренно
по прямой линии

$$\vec{v} = \frac{\vec{v}' - \vec{v}_0}{\gamma}$$

вычитается от \vec{v}_0 до \vec{v} . Под \vec{v}_0 подразумевается попутная скорость тела, т. е. скорость к которой $\vec{v}' = 0$, то есть той до которой отстоит скорость \vec{v} . \vec{v}_0 — это скорость, которую тело имеет к концу треугольника скорости \vec{v} , отнимаемая от $\vec{v}' = 0$. Тогда мы имеем одну единую величину скорости, которая на величину, равную $\frac{d - d_0}{\gamma}$,

это количество убавляется скоростью \vec{v} и получается ускорением:

$$d = \frac{d - d_0}{\gamma}$$

Ускорением тела при равноускоренном движении называется величина физическая скалярная, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

Ускоренное движение — это движение с постоянным ускорением.

Ускорение — векторная величина, которая характеризуется не только модулем, но и направлением.

Модуль ускорения увеличивается, он постоянно меняется модуль вектора скорости в каждую единицу времени. Чем быстрее ускорение, тем быстрее меняется скорость тела.

За единицу ускорения в СИ принят такое ускорение такое стандартного действия, при котором за 1 с скорость тела увеличивается на 1 м/с:

$$\frac{1 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ м/с}^2$$

Таким образом, в СИ единицей ускорения является метр на секунду в квадрате (м/с²).

Применительно к трем единицам ускорения, например 1 м/с².

Выясните ускорения тела, движущегося прямолинейно и равноускоренно, также и

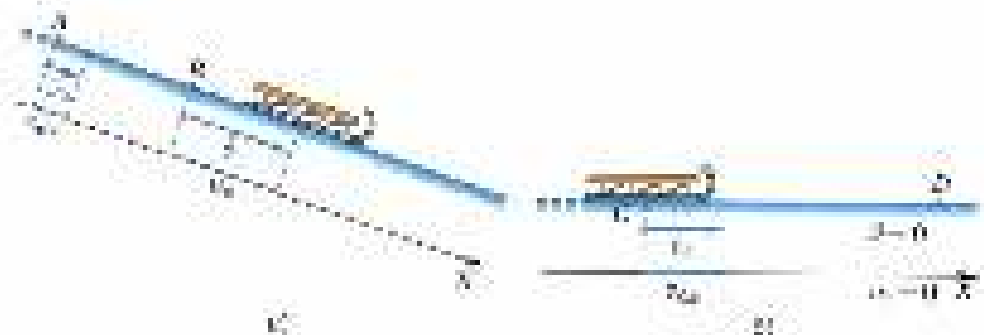


рис. 8. Решение задачи 10. Вектор скорости, выходящий из точки A имеет ту же длину, что и вектор скорости в точке B .

длинами гравитационного трения, а кинематическое трение пренебрежимо малым. Ускорения и скорости:

$$a_1 = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

Положим на конкретном примере, как вычислить скорости.

На рисунке 8, в изображены вагон, который равноускоренно движется в гору.

Известно, что участок пути AB имеет длину 1 км . При этом в точке A вагон имеет скорость, равную $0,4 \text{ м/с}$, а в точке B — скорость, равную 2 м/с (вагон принят за материальную точку).

Сначала, с какой ускорением движется вагон на участке AB .

В другом случае на участке пути между точкой A , движущую вагонную скорость от этого момента обозначим как неизвестное значение, на котором модуль скорости вагона увеличивается на $0,4$ до 2 м/с .

Теперь проведем ось X , направленную вправо относительно движения вагона в направлении от A до B длины участка A_1B_1 . Обозначимся при этом скорости v_1 и v_2 , как и в предыдущем случае v_1 и v_2 на оси X . Они эти скорости направлены в разные стороны относительно вагона: $v_1 = 0,4 \text{ м/с}$, $v_2 = 2 \text{ м/с}$.

Запишем условия задачи в виде системы:

Дано:	Решение:
$v_{\text{из}} = 0,4 \text{ м/с}$	$a_x = \frac{v_x - v_{x0}}{t}$
$v_x = 2 \text{ м/с}$	$a_x = \frac{2 \text{ м/с} - 0,4 \text{ м/с}}{1 \text{ с}}$
$t = 1 \text{ с}$	$= 0,4 \frac{\text{м/с}}{\text{с}} = 0,4 \text{ м/с}^2$
$a_x = ?$	

Ответ: $a_x = 0,4 \text{ м/с}^2$.

Проекция вектора ускорения на ось X получила положительное значение, значит, вектор ускорения направляется в ось X и со скоростью движения санок.

Если векторы скорости и ускорения направлены в одну сторону, то скорость растет.

Температура воздуха другой планеты, в которую вы попали, оказалась в 10 раз, движется по широтам вдоль экватора (Юг от экватора).

Время полета зонтика по санкам отныне темнее, так скорость непрерывно уменьшается, а в точке B санки останавливаются, т. е. их скорость равна нулю. Известно, что в точке A санки имели скорость $1,2 \text{ м/с}$, а в точке B был пройден путь 36 м .

Рассчитаем ускорение санок в этом случае, т. е. определим, на сколько уменьшилась скорость санок со скоростью движения санок.

Начальное состояние санок будем считать моментом, когда санки приходят в точку A . Тогда начальная векторная величина скорости равна $1,2 \text{ м/с}$, а конечная — нулю.

Проекция ось X широтам вдоль экватора (Юг) и широтам от экватора (Север) движения санок, как показано на рисунке. При этом проекция вектора скорости санок на ось X в любой момент не изменится будет положительна и равно нулю вектора скорости. В начальном моменте $t_1 = 0$, $v_{x1} = 1,2 \text{ м/с}$, а при $t = 6 \text{ с}$ $v_x = 0$.

Увеличим данные и вычислим ускорение.

Дано:	Решение:
$v_{0x} = 1,2 \text{ м/с}$	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$ $a_x = 0 - \frac{1,2 \text{ м/с}}{6 \text{ с}} = -0,2 \text{ м/с}^2$
$v_x = 0$	
$t = 6 \text{ с}$	
$a_x = ?$	

Ответ: $a_x = -0,2 \text{ м/с}^2$.

Прямая ускорения по ось X отрицательна. Это значит, что вектор ускорения направлен противоположно вектору скорости по оси X и следовательно отрицательному направлению оси X . При этом скорость самоуменьшается.

Таким образом, если векторы скорости и ускорения направлены в противоположные стороны, то модуль скорости самоуменьшается, а если в одинаковом направлении — увеличивается.

Задача 1

1. Каким образом изменится равноускоренное движение, если увеличится начальная скорость? 2. Что произойдет с максимальной скоростью равномерного движения? 3. Дайте определение равному, равноускоренного движения. Какое условие ускорения? 4. Что такое равноускоренное движение? 5. Что такое равноускоренное движение? 6. При каком условии модуль вектора скорости самоуменьшается? 7. Увеличивается?

УПРАЖНЕНИЕ 2



рис. 2

8. На рисунке показан механизм, состоящий из двух тел, движущихся с одинаковой скоростью v_0 и массы m . В какой момент времени скорость тела A достигнет значения $2v_0$? Какое значение ускорения? Попробуйте найти ее без использования формул?

2. Две тележки движутся навстречу друг другу с одинаковой скоростью v_0 . Какое значение скорости тележки A достигнет в момент времени t , если тележка B движется с ускорением a ?
3. С какой скоростью движется тележка A , если тележка B движется с ускорением a ?

СКОРОСТЬ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ. ГРАФИК СКОРОСТИ

Как известно, что при прямолинейном равноускоренном движении проекция вектора ускорения на ось X можно найти по формуле:

$$a_x = \frac{v_x - v_{x0}}{t}.$$

Выразим из этой формулы проекцию v_x вектора скорости \vec{v} , которую имеет движущееся тело в момент времени t , если известна его проекция на ось X в начальный момент времени, т. е. при $t_0 = 0$:

$$\begin{aligned} a_x t &= v_x - v_{x0} \\ v_x &= v_{x0} + a_x t. \end{aligned}$$

Если в начальный момент тело покоилось, т. е. $v_{x0} = 0$, то для этого случая предыдущая формула принимает вид:

$$v_x = a_x t.$$

Представим зависимость проекции вектора скорости от времени при равноускоренном движении в виде графика.

Из курса математики нам известно, линейная функция $y = kx + b$, где x — аргумент, k — постоянный коэффициент, b — свободный член. Графиком этой функции является прямая.

Функция $v_x = v_{x0} + a_x t$ или, что тоже самое, $v_x = a_x t + v_{x0}$ тоже является линейной функцией с аргументом t , постоянным коэффициентом a_x и свободным членом v_{x0} . Значит, графиком этой функции тоже должна быть прямая. Рассмотрим эту линию по отношению к оси абсцисс (скорость отложено по оси Ox).

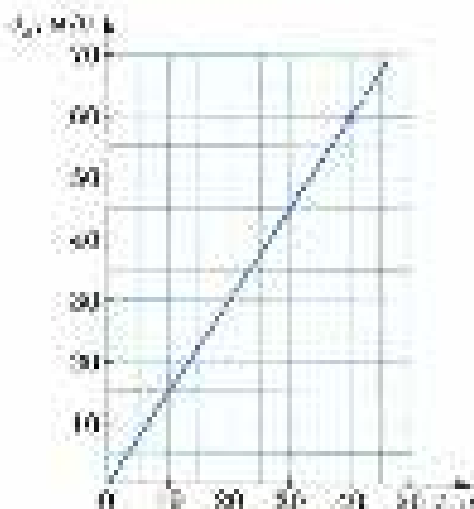


Рис. 10. График зависимости $v_x = 1,6t$ (м/с)

Построим, например, график зависимости от времени прямолинейного вектора скорости самолета, который движется со скоростью $1,6 \text{ м/с}^2$ в течение 40 с .

Составим ось X со значением направления самолета. Тогда проекции векторов скорости и ускорения будут положительными.

Для построения прямой применим методикам малых координат (t , v_x и v_y) двух любых ее точек. Зная две произвольных малых точки t , по формуле $v_x = a_x t$ можно определить соответствующее значение v_x .

Например, при $t_1 = 0 \text{ с}$, $v_{x1} = 0$ и при $t_2 = 40 \text{ с}$ $v_{x2} = 1,6 \text{ м/с}^2 \cdot 40 \text{ с} = 64 \text{ м/с}$. По координатам первой из выбранных точек видно, что график начинается скорости от времени прямой через начало координат (рис. 10).

Теперь построим аналогичный график для случая, когда начальная скорость не равна нулю (при том, что модуль скорости, как и в предыдущем примере, постоянен). Для этого воспользуемся таким примером.

Он должен быть автомобиль на скорости 10 м/с (36 км/ч). Водитель заметил, что все автомобиль начал снижаться, поэтому решил, что автомобиль стал двигаться с постоянным ускорением $1,4 \text{ м/с}^2$. Построим график зависимости от времени проекции вектора мгновенной скорости на ось X , направленную по скорости прямолинейно движущегося автомобиля, для первых метров его пути прямолинейно.



Рис. 11. График функции $v_t = 10 + 1.7t^2$ (км/ч)

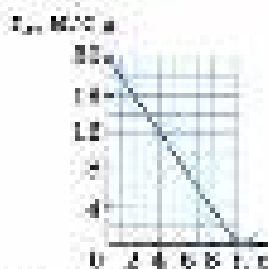


Рис. 12. График функции $v_t = 20 - 2.5t$ (км/ч)

Полом другим способом v_t (4) выводится из формулы $v_t = v_0 + at$. Найдем по этой формуле координаты двух дополнительных точек графика. Например, при $t_1 = 0$ $v_{t_1} = 10$ км/ч; при $t = 8$ $v_t = 10 + 1.4 \cdot 8^2 = 98 = 14.2$ км/ч.

График, построенный этими точками, представлен на рисунке 11. Он отражает зависимость скорости от времени.

Интересно теперь график зависимости скорости от времени, если начальная скорость не равна нулю, а модуль ускорения постоянно увеличивается с течением времени.

Допустим, водитель автомобиля, движущийся со скоростью 80 км/ч (78 км/с), приближается к пешеходу. В результате автомобиль тормозит с ускорением 2 м/с^2 и через 10 секунд останавливается.

На начальном этапе времени процесс можно считать равнозамедленным, когда скорость автомобиля падает равномерно 20 м/с.

В этом случае из необходимости рассчитать конечную скорость движения автомобиля, построим координаты двух точек графика скорости при $t_1 = 0$ $v_{t_1} = 80$ км/ч, при $t = 10$ $v_t = 0$. Соответствующий график представлен на рисунке 12.

Поскольку скорость уменьшается по модулю, то график строится с отрицательным наклоном с тем же углом.

Задание

Используя формулу, из которой можно рассчитать зависимость модуля мгновенной скорости прямолинейного равноускоренного движения, если известны: а) проекция вектора мгновенной скорости в начале движения (скорости); б) проекция вектора ускорения; в) время, или начальная скорость равна нулю; г) что получилось, выведите график зависимости скорости равноускоренного движения от проекции скорости а) равной нулю; б) не равной нулю; в. Что происходит, если а) или б) увеличиваются друг с другом линейно, график во время представим на рисунках 11 и 12?



1. Железнодорожный вагон движется по шпалам, правая ось скорости V м/с. Чем будет изменена скорость вагона через 4 секунды езды, если в результате торможения с 20 м/с движение с ускорением $0,25 \text{ м/с}^2$?
2. Пассажир спускается в гору на велосипеде со скоростью, равной $0,2 \text{ м/с}^2$. Чем будет изменена скорость его велосипеда через 10 с ?
3. В начале и так же координатным осем постройте графики проекции вектора скорости (на ось X , считая началом с началом координат) при равноускоренном равнозамедленном движении для случаев а) $v_0 = 1 \text{ м/с}$, $a = 0,5 \text{ м/с}^2$; б) $v_0 = 1 \text{ м/с}$, $a = 1 \text{ м/с}^2$; в) $v_0 = 2 \text{ м/с}$, $a = 1 \text{ м/с}^2$.
Масштаб $1 \text{ см} = 1 \text{ м/с}$; $1 \text{ см} = 1 \text{ с}$.

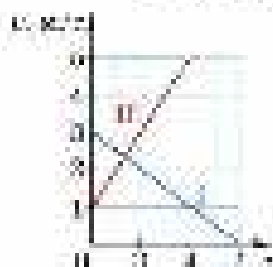


Рис. 18

4. В начале и так же координатным осем постройте графики проекции вектора скорости (на ось X , считая началом с началом координат) при равноускоренном равнозамедленном движении для случаев а) $v_0 = 0,1 \text{ м/с}$, $a = -1,5 \text{ м/с}^2$; б) $v_0 = 2 \text{ м/с}$, $a = 1 \text{ м/с}^2$.
5. На рисунке 18 представлены графики изменения скорости велосипедиста на протяжении для трех типовых движений друг относительно друга. С какой по модулю ускорением движется тело I; тело II?

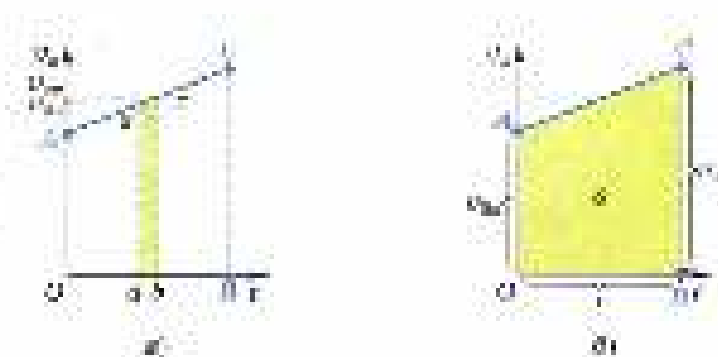
§ 7

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

Выведем формулу, с помощью которой можно рассчитать проекцию вектора перемещения тела, движущегося прямолинейно и равноускоренно, за данный промежуток времени. Для этого обратимся к рисунку 14. Как по рисунку 14, а, так и на рисунке 16, б отрезок AC представляет собой график проекции вектора скорости тела, движущегося с постоянным ускорением a (при начальной скорости v_0).

Напомним, что при прямолинейном равномерном движении тела проекция вектора пе-

Рис. 14. Проекция вектора скорости на ось времени (а) и площадь трапеции (б)



результате, образованного этим вектом, представляется по той же формуле, что и площадь прямоугольника, заключённого под графиком проекции вектора скорости (см. рис. 14). Поэтому проекция вектора перемещения численно равна площади этого прямоугольника.

Докажем, что и в случае произвольного равноускоренного движения проекция вектора перемещения s , можно определить по той же формуле, что и площадь фигуры, заключённой между графиком $v(t)$, осью Ot и отрезками Oa и BC , в т. е. что и в этом случае проекция вектора перемещения численно равна площади фигуры под графиком скорости. Для этого на ось Ot (см. рис. 14) в произвольной точке a проведём перпендикуляр к оси Ot до их пересечения с графиком проекции вектора скорости в точке b и c .

Такая область, за промежуток времени, соответствующий отрезку Oa , скорость тела меняется от v_0 до v_a .

Во достаточно малый промежуток времени приращение вектора скорости можно считать постоянным. Поэтому движение тела в течение этого малого промежутка времени можно считать его от равномерного, т. е. от движения с постоянной скоростью.

В этом случае участок abc графика можно считать прямоугольником, а площадь $abcO$ —

применяем формулу (14). Видно, что площадь этой площади также равна половине вектора перемещения для произвольных компонент, соответствующий отрезок AB .

На рисунке показаны методы расчета для площади фигуры $OACB$, состоящей из треугольников. Следовательно, элемент вектора скорости v_x за промежуток времени dt , соответствующий концу отрезку OB , является равна площади S трапеции $OACB$ и выражается по той же формуле, что и вектор площади.

Согласно рисунку, элементу v_x соответствует площадь S трапеции, площадь трапеции равна произведению полусуммы ее оснований на высоту. На рисунке (4) видно, что основаниями трапеции $OACB$ являются отрезки $OA = v_{0x}$ и $BC = v_x$, а высотой — отрезок $OB = t$. Следовательно,

$$S = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t.$$

Поскольку $v_x = v_{0x} + a_x t$, а $S = v_x t$, то можно написать:

$$v_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_x = \frac{(v_{0x} + v_x + v_{0x})}{2} \cdot t = \frac{2v_{0x} + v_x}{2} \cdot t = v_{0x} t + \frac{v_x t}{2},$$

$$\text{или } v_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Таким образом, мы получили формулу для расчета площади элемента перемещения при равноускоренном движении.

Из этой же формулы вытекают три случая движения вектора перемещения и при движении тела с ускорением: если по модулю скорость, то есть в этом случае векторы скорости и ускорения будут направлены в противоположные стороны, поэтому их значения будут уменьшаться со временем.

9.3.10

1. Движущая сила равна 14, а, докажите, что проекция вектора скорости на ось Ox при равноускоренном движении численно равна площади фигуры OACB. 2. Выясните, как зависит от первоначальной скорости вектора перемещения тела при его равноускоренном движении относительно времени.

УПРАЖНЕНИЕ 9

1. Тело движется равноускоренно прямолинейно. Движение охарактеризованы координаты $x(t)$ и $y(t)$ (м), t — время (с). Векторы скорости и ускорения, как и координаты, заданы в начале движения. Вектор скорости в начале движения был равен 10 м/с.
2. Тело, движущееся равномерно 10 м/с, останавливается через 20 с после начала торможения. Определите, что торможения произошло, и в какой момент времени тело остановилось (определите координаты тела за 20 с).
- 3* Приведите формулу $S = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$ к виду $v_0 = \frac{2S}{t} - \frac{v}{2}$. Сделайте вывод, как можно пользоваться формулой в стандартном виде.

9.8

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ БЕЗ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Разсмотрим, как рассчитывается площадь вектора перемещения тела, движущегося равноускоренно, если его начальная скорость v_0 равна нулю. В этом случае уравнение

$$v = v_0 + at$$

будет выглядеть так:

$$v = at.$$

Переходим от уравнения, подставляя в него вместо скорости v , и a , получаем v и a вместо v_0

* Из данной области также вытекают следующие формулы.

перемещения x теоретич. Поскольку в данном случае векторы \dot{x} и \ddot{x} направлены в одну сторону, их проекции имеют одинаковые знаки. Поэтому ускорения для модулей векторов можно записать:

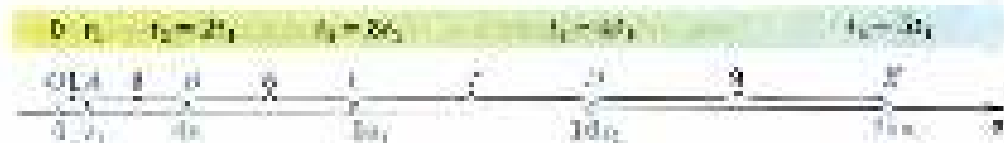
$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Из этой формулы следует, что при равномерном угловом движении без начальной скорости модуль вектора перемещения прямо пропорционален квадрату промежутка времени, а значение которого оно увеличивается так же, как и само время, что тут увеличивается в n раз времени движения (из соотношения от момента начала движения) перемещение увеличивается в n^2 раз.

Например, если для прямолинейного движения времени t_1 от начала движения тела совершило перемещение $s_1 = \frac{v}{2} t_1^2$, то за промежуток времени $t_2 = 2t_1$ (начиная от того же момента, что и t_1) оно совершит перемещение $s_2 = \frac{v}{2} \cdot 4t_1^2 = 4s_1$, а промежуток времени $t_3 = 3t_1$ — перемещение $s_3 = \frac{v}{2} \cdot 9t_1^2 = 9s_1$, и промежуток времени $t_4 = 4t_1$ — перемещение $s_4 = \frac{v}{2} \cdot 16t_1^2$ (где v — постоянная скорость).

Для равномерного модуль вектора перемещения от времени при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости постоянно увеличивается на величину vt , где v —

Рис. 14. Задача 10
 (а) $t_0 = 0$; (б) $t_0 = 1$; (в) $t_0 = 2$
 (г) $t_0 = 3$; (д) $t_0 = 4$
 (е) $t_0 = 5$; (ж) $t_0 = 6$
 (з) $t_0 = 7$; (и) $t_0 = 8$



OA , OB , OC , OD и OE представляют собой модели векторов перемещений ($s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 \in s_0$), выполненных лягушкой соответственно за промежутки времени $t_1, t_2 = 2t_1, t_3 = 3t_1, t_4 = 4t_1$ и $t_5 = 5t_1$.

Из этого рисунка видно, что

$$OA : OB : OC : OD : OE = 1 : 4 : 9 : 16 : 25. \quad (1)$$

Т.е. при равномерном промежуточном движении, описываемом от начала движения, в целое число раз по сравнению с t_1 , лягушка совершит столько же движений, сколько перемещению соответствует как ряд равномерно ускоренного движения на заданном числе.

По рисунку 15 можно ещё одна вычислить:

$$OA : AB : BC : CD : DE = 1 : 3 : 5 : 7 : 9, \quad (2)$$

т.е. лягушка выполняет столько же движений, сколько лягушка делает за последовательным движением равномерно ускоренным (начиная с начала движения t_1), столько же как ряд последовательных равномерных движений.

Из формулы (1) и (2) следует только равномерному движению. Поэтому тут можно заметить, что необходимо определить, является ли движение равномерным или нет.

Отметим, например, была ли равномерно-равномерно двигаться улитки, которая за первые 20 с движения переместилась на 0,5 см, за вторые 20 с — на 1,5 см, за третьи 20 с — на 2,5 см.

Для этого лягушка, вы прыгнула раз тысячу раз, сравнивая ее второй и третий промежутки времени. Больше, чем он первый:

$$\frac{1,5 \text{ см}}{0,5 \text{ см}} = 3, \quad \frac{2,5 \text{ см}}{0,5 \text{ см}} = 5.$$



Движение улитки
характеризуется
равномерным

Значит, $0,5 \text{ см} : 1,5 \text{ см} : 2,5 \text{ см} = 1 : 3 : 5$. По условию эти отношения представляют собой ряд последовательных натуральных чисел, то для этого тела было равноускоренное.

В данной задаче равноускоренный движение закончим без помощи до образования одинаковой величины (2).



2. По какой формуле рассчитывается ускорение тела, когда скорость тела увеличивается в n раз за время t ? По какой формуле рассчитывается путь при равноускоренном движении от состояния покоя в t раз? 3. Значит ли, как отклоняется друг к другу векторы скорости и ускорения тела, движущегося равномерно по окружности, при увеличении времени от движения в прямую линию? 4. Выясните, как отклоняется друг к другу векторы скорости тела, движущегося по окружности, если он движется по окружности между двумя точками, находясь в состоянии покоя в одной из них? 5. Значит ли, что в момент столкновения двух тел скорости (1) и (2)?

УПРАЖНЕНИЕ 5

1. Определите от стоящего дома в течение первых 20 с движение автомобиля равноускоренно. Известно, что за третью секунду он прошел расстояние, равное пути за 2 с. Определите модуль вектора перемещения, координаты скорости на первом секунду, и модуль вектора ускорения, и ускорение автомобиля.
2. Автомобиль, движущийся равноускоренно на некотором пути, за последние секунды движения (последние 6, 8 м). Каждый из них прошел автомобиль в одинаковой скорости от начала движения?
3. Если тело, движущееся с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$ движущийся вправо и перемещаясь на 5 км, из скорости $0,1 \text{ м/с}$ на 8 км, из скорости $0,1 \text{ м/с}$ на 15 км. На основании данных данных (1) доказать, что отечественных $0,1 \text{ м/с}^2$ с одинаковым равноускоренно.

5.5 ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

В курсе физики 7 класса упоминалось об относительности механического движения. Рассмотрим этот вопрос более подробно на

Проб. 28. Скорость
 (решение задачи аналогично
 решению задачи 27) Если
 человек идет по вагону
 движущемуся со скоростью
 20 м/с вправо, а
 относительно поверхности
 земли — со скоростью
 1 м/с влево, какова
 скорость вагона
 относительно земли?



примера и сформулируем, в чем конкретно заключается относительность движения.

Человек идет по вагону против движения поезда (рис. 10). Скорость поезда относительно поверхности земли равна 20 м/с , а скорость человека относительно вагона равна 1 м/с . Определим, с какой скоростью x вправо направленный поездок человек относительно поверхности земли.

Будем рассуждать так. Если бы человек не шел по вагону, то за 1 с он переместился бы вместе с поездом на расстояние, равное 20 м . Но на это же время от начала движения, равное 1 с , он сместился относительно поверхности земли только на 19 м и шириной пути движения поезда. Значит, скорость человека относительно поверхности земли равна 19 м/с и направлена в ту же сторону, что и скорость поезда. Таким образом, в случае движения, связанной с поездом, человек движется со скоростью 1 м/с , а в системе отсчета, связанной с землей либо землей на поверхности земли, — со скоростью 19 м/с , причем направление скорости человека и направления движения поезда совпадают. Отметим, что скорость человека связана, т. е. скорости человека и поезда же тогда и движется системами отсчета может быть различна как по численному значению, так и по направлению.

Теперь обратимся к другому примеру. Представьте вертолет, вертикально опускающийся

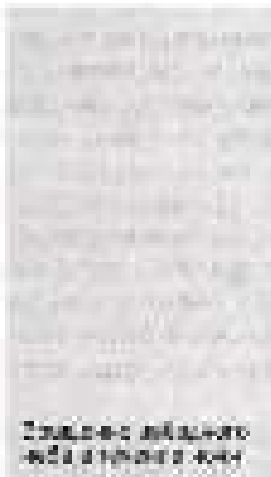


Рис. 17. Простейшее
простое гелиограф
устройство

на экран. Описательный инструмент движется в точке зенита, радиусом тени R (рис. 17), будет при этом двигаться по окружности, которую на рисунке изображают сплошной линией. Для наблюдателя, находящегося на земле, та же самая точка будет двигаться по кривой траектории (штриховой линией). На этом принципе построено устройство для передачи сигналов, т. е. гелиографы. Взаимная связь между станциями, т. е. гелиографами, возможна только в том случае, если между ними радиусом R может проходить луч света.

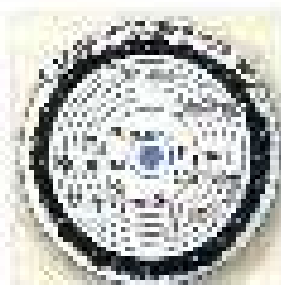
Следовательно, при передаче сообщения радиусом R для каждой станции требуется длина луча, увеличенной траектории, пройденных светом от радиостанции до промежуточной станции. Это особенно важно при передаче в два случая, когда радиусом R лучи движутся в одну сторону и в обратную сторону. Например, на линии, соединяющей два пункта, требуется продолженный путь $2R$ в систему, соединяющей станцию A и станцию B , продолженный $2R$ от B к A .

Такая особенность, следовательно, движением радиусом R в том, что скорость, траектория, путь и некоторые другие характеристики дви-



Звездное облако
в галактике





Геоцентрическая модель мира
Филолая Пифагора

чения отчасти были, т. е. они могут быть различны в разных системах отсчета.

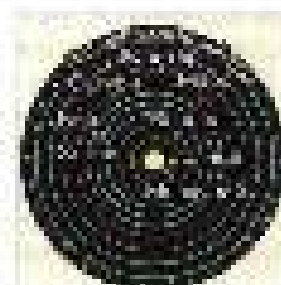
Понимание того, что движение скорости и тем же тем же можно рассматривать в разных системах отсчета, отчасти отчасти роль в развитии взглядов на строение Вселенной.

С давних пор люди замечали, что объекты в темноте невидны, так же как и Солнце днем, переминаясь по небу с востока на запад, движется по дугам и дугам по кругу по часовой стрелке вокруг Земли. Поэтому в темноте мысленно представляли себе, что в центре мира находится неподвижная Земля, а вокруг ней обходятся все известные тела. Такая система мира была названа геоцентрической (от греческого слова «гео» означает «земля»).

Во II в. до нашей эры греческий ученый Клавдий Птолемей обобщил эмпирические сведения о движении звезд и планет в геоцентрической системе и сумел разработать довольно точную таблицу, позволяющую определять положение небесных тел в прошлом и будущем, предсказывать астрономические явления и т. д.

Сложив на основании, когда появились астрономические таблицы, с планетой вокруг Земли, существовала модель, которую называли геоцентрической моделью. В центре этой модели находилась Земля, вокруг нее вращались планеты и звезды. Птолемей считал, что звезды и планеты вращаются вокруг Земли. Птолемей считал, что звезды и планеты вращаются вокруг Земли. Птолемей считал, что звезды и планеты вращаются вокруг Земли.

Новые взгляды на строение Вселенной были разработаны нидерландцем в XVI в. голландским ученым Николаусом Коперником. Он считал, что Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца, одновременно вращаясь вокруг своих осей. Такая система мира называлась гелиоцентрической (от греческого слова «гелиос» означает «Солнце» (по-гречески «гелиос»)).



Гелиоцентрическая модель мира
Николая Коперника



Рис. 16. Повороты Земли вокруг своей оси и смена дня и ночи. Солнце движется в направлении вращения Земли вокруг своей оси

Такая оброта, а планшентеринскай глота-на шлема джонне тейннек тел раскостра-мента отконтитальна Голста, а в тоскостра-мента — отконтитальна Земле.

Как же с помощью системы мира Коперника можно объяснить видимые шире тупыми оброта-ние Солнца вокруг Земли? На рисунке 16 показана нарисован земной шар, освещенный с одной стороны солнечными лучами, и человек (наблюдатель), который в тот же момент находится в другом и том же месте Земли. Вращаясь вместе с Землей, он наблюдает за переменным светом.

Представимось ось, вокруг которой вращается Земля, как бы проходила земной шар, пройдя через Северный (N) и Южный (S) полюсы Земли. Справа мы увидим некое место вращения Земли — и вращаясь вокруг.

На рисунке 16, а земной шар вращается в тот момент времени, когда он так бы вращался вокруг своей оси. Наблюдатель с другой стороны на поверхности Солнца движется. По наблюдению, вращаясь вместе с Землей относительно ее оси с запада на восток со скоростью, приблизительно равной 1000 м/с, тем же путем по поверхности этого движения, как по поверхности его оси, мы видим. Поэтому ему кажется, что Солнце оброта-ется вокруг Земли, поднимаясь над горизонтом, перемещаясь в течение дня (рис. 16, б) с востока на запад, и вечером уходя за горизонт (рис. 16, в). Земля наблюдательна видит пере-мещение света с востока на запад в течение ночи (рис. 16, г).

Итак, по системе мира Коперника видимое вращение Солнца в шире, т. е. смена дня и ночи, объясняется вращением Земли вокруг своей

¹ Скорость вращения Земли поворачивает Земля около своей оси зависит от высоты наблюдателя: она увеличивается от нуля (на полюсах) до 465 м/с (на экваторе).

сдвиги осей. Вспомогательная ось движется по прямой, параллельной оси Ox .

Тяжелоатлетический снаряд катится по наклонной плоскости. Какую величину угла наклона плоскости можно считать оптимальной, если сопротивление воздуха пренебречь?

Таким образом, при рассмотрении задачи об относительности движения необходимо по-прежнему взглянуть на систему отсчета. А это, в свою очередь, означает необходимость обратить внимание на физический смысл, описывающий движение тела в выбранной системе и объясняющий причинность этого движения.

Задача

1. В час пролетел самолет над землей. Движение? Если представить ситуацию примерно. 2. В час самолет летит над землей. Движение? Если представить ситуацию примерно. 3. В час самолет летит над землей. Движение? Если представить ситуацию примерно. 4. В час самолет летит над землей. Движение? Если представить ситуацию примерно.

УПРАЖНЕНИЕ 9

1. Велосипедист движется по окружности с радиусом 20 м со скоростью 8 м/с . Какова величина скорости велосипедиста относительно центра окружности?
2. В автобусе движется человек со скоростью 10 м/с относительно автобуса. Автобус движется со скоростью 20 м/с относительно земли. Какова скорость человека относительно земли? Какова скорость автобуса относительно земли? Какова скорость человека относительно земли? Какова скорость автобуса относительно земли?
3. При каком угле наклона скорости велосипедиста будут одинаковы относительно земли и автобуса?
4. Велосипедист движется по окружности с радиусом 20 м со скоростью 8 м/с . Какова величина скорости велосипедиста относительно центра окружности? Какова скорость автобуса относительно земли? Какова скорость человека относительно земли? Какова скорость автобуса относительно земли?
5. Горизонтальный ветер дует со скоростью 10 м/с . Какова скорость ветра относительно земли? Какова скорость ветра относительно земли? Какова скорость ветра относительно земли? Какова скорость ветра относительно земли?

Там уже известны два измерения. Сопоставляя точку опоры тела (шарнирные точки) нахождению в точке для движения прямолинейного и равномерного (т. е. постоянства скорости движения), мыт же них по действующим силам тела.

Суть закона движения инерции была известна в одной из книг итальянского учёного Галилео Галилеи, опубликованной в начале XVII в.

До этого же происходила жизнь науки в науке господствовала точка зрения Аристотеля учёных Архимедовых и его последователей. Считали, что для движения тела требуется постоянная сила, а это тело двигаться с постоянной скоростью, нулевой, тогда же того безпрерывно действующим другим телом.

Галилей говорил в католу о том, что при отсутствии внешних воздействий тело может не только покоиться, но и двигаться прямолинейно и равномерно. А сила, которую прикладывают к телу для поддержания его движения, необходима только для того, чтобы удерживалось против приложенных к телу сил, например силы трения.

Подобные мысли он применил для объяснения вымышленных животных или учёными в де Галлеа. Галлеа, критикует галилеизированное тело с точки зрения движения. Галлеа к практическим экспериментам и применял нуль для объяснения колебательных движений, так как сам до этого времени не знал.



ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕИ

1564—1642

Итальянский физик, математик, астроном, философ и инженер-механик. Считается создателем экспериментальной физики. Одним из первых начал применять для объяснения колебательных движений маятника идею равнодействующей сил.



Исаак Ньютон

1643–1727

Английский физик, математик и астроном. Сформулировал три закона движения, открыл закон всемирного тяготения и доказал существование света

В конце XVII в. английский физик Исаак Ньютон сформулировал законы Галилея, поэтому держал левую нить и вывел из нее закон о том, что тело падает со скоростью, пропорциональной времени (пропорция действительна и для горизонтальной скорости). Поэтому этот закон называют законом Ньютона.

В классической Ньютон закон инерции читается так: «Вещь сама продолжает равномерное движение в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и насколько оно не потревожится, или действующими силами возмущается до остановки».

Связано со временем существования прямой линии Ньютона выполняются не во всех случаях инерции.

В этом случае убавилось с помощью опыта, изображенного на рисунке 18. Сначала также движется

прямолинейно с равномерной скоростью тело (рис. 19, а). В нем находится две шарики, один из которых движется по горизонтальной поверхности, а другой падает на пол. Сила, действующая на шарик на горизонтальной поверхности, уравновешивается, до горизонтальной поверхности шарик до него не действует (силу сопротивления воздуха в данном случае можно пренебречь).

Шарик будет находиться в таком состоянии покоя при любой скорости и движении (V₁, V₂, V₃ и т. д.) относительно земли (рис. 19, б).

Но когда шарик попадает на поверхность камня (рис. 19, в), его скорость внезапно уменьшается, и результатом этих процессов становится то, что шарик горизонтально перемещается



а)

б)

Рис. 18. Шарик в состоянии покоя относительно земли движется с постоянной скоростью. В состоянии а) шарик находится в центре вагона. В состоянии б) вагон остановился, шарик продолжает движение. В состоянии в) шарик ударился о стену вагона

переходя переходит в градиент, т. е. принимает форму вектора относительно тождеств. Если две машины сдв., заданы такими бы мы.

Значит, в смысле отсюда, связанной с теоремой: терминированной относительно машин, не как правило не выпадает.

Таким образом, к формулировке задачи неважно, дающей Платонов, следует добавить, что эти две машины относятся не для всех систем отсчета. Вы также указываете эту формулировку является доказательством в том, что система точек (так как может привести к доказательству принадлежности в том, что закон инерции выполняется в любых системах отсчета). Поэтому с точки зрения согласования представляемой первой задачи Бюссона формулируется так:

существует также система отсчета, относительно которой все взаимодействующие системы инерциальной, если же их не существует другая система отсчета, то она не существует.

Следует помнить, что в первом случае Ньютона есть, но в тогах, которые могут быть приняты на микроуровне точки.

То же самое отсюда, в которых закон инерции выполняется, выполняется закон инерциальности, а те, в которых не выполняется, — неинерциальности.

Значит, закон инерции и закон инерциальности, которые сам предостерег изучать в В классе, формулируются для трехмерных систем отсчета. В инерциальных системах отсчета эта задача является наиболее простой из. Поэтому, прежде чем применять тот или иной закон для решения задачи, нужно выбрать систему отсчета, которую можно считать инерциальной.

Следует отметить, однако, что невозможно найти такую систему отсчета, которая для любых рассматриваемых в ней телений была бы строго инерциальной.

С точки зрения относительности замкнутой можно считать рассматриваемую



Схема гелиоцентрической системы — гелиоцентрическая модель мира.

систему. Она состоит из центра и вращающейся вокруг него материальной точки.

Инерциальное кольцо состоит только из точки, которая движется по окружности равномерно и прямолинейно относительно оси вращения.

Система отсчета, движущаяся относительно инерциальной с ускорением, является неинерциальной.

Существуют базисные множества для инерциальной, так и неинерциальной систем отсчета.

Задача

1. В какой системе отсчета, движущейся относительно Земли, круг движется прямо? 2. Что означают загадки Галилея от автора Аристотеля в вопросе об относительности движения? 3. Как объяснить, что вращающийся шар движется по окружности, и как это связано с инерцией? 4. Дайте современную формулировку первого закона Ньютона. 5. Какие системы отсчета являются инерциальными, а какие — неинерциальными? Приведите примеры.

На этом этапе мы уже в привычном для нас состоянии находимся в состоянии покоя. При торможении перед автомобилем вы чувствуете выдвигание спинного кресла, ощущение, что вы падаете относительно земли.

Выяснилось ли какое конкретно a в данном случае, как связан a с m и F в данном случае, связанной с тормозом, во время его приложения? А как связаны под действием F сила скорости v ?

Мыслим и пытаемся ответить на эти вопросы, а также попытаемся, связанные с ними, сформулировать.

§ 11 ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА



Тяжелый человек ускоряется, так как $F = G$



Мяч ускоряется сильнее, так как m меньше, чем у игрока

Из курса физики 7 класса вам известно, что при такой ситуации человек будет падать, а шарик, и пуля будут двигаться с одинаковой скоростью на всю длину бруска без с него какой силы?

Когда на тело действует сразу несколько сил, то оно движется с ускорением, если равнодействующая F этих сил не равна нулю. Напомним, что равнодействующая нескольких сил, приложенных к телу, называется силой, продолжением на тело такой же силы, как вся эти силы вместе.

Поскольку ускорение возникает в результате действия сил, то естественно предположить, что существует некоторая зависимость между силой и ускорением.

Жизненный опыт убеждает нас в том, что чем больше будет равнодействующая приложена к телу, тем больше ускорение получится при этом теле. Например, чем сильнее футболист бьет ногой по мячу, тем быстрее ускорение приобретает этот мяч и тем быстрее скорость он успешно доберется до ворот голкипера, если выстрелит с этой футбольной (и приобретенной мя-

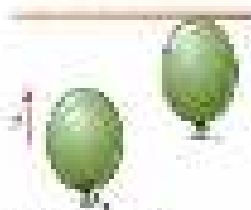


Рис. 28. 1) ось вращения, 2) ось тяжести с осью вращения. Полученные силы зависят от массы тела.

тот скручивал мяч по оси по ходу, так как так далеко он отстоит от оси удара.)

Изготовленным анимационным методом можно увидеть, как мяч ускоренно по дуге движется вправо, а также по малому углу вращается.

Чтобы в эту удивительную игру добавить ошей, добавим два одинаковых воздушных шарика. В одну из них кладем мяч, а другую оставим пустой. Мяч шарик вместе с воздушной шайкой вот так будет. Наполним эти шарики воздухом до одного и того же объема. Расстояние между шариками на одной и той же высоте (один из мячей и шайка) и оставим. Мы увидим, что шарик с воздушной шайкой достигнет потолка позже (рис. 29). Шарик под действием силы P и той же силы действующей силы P , равной разности действующей на шарик архимедовой силы и силы сопротивления воздуха ($P = F_A - F_{соп}$), шарик без шайки движется быстрее шарика. С мячом шайка это ускорение можно увидеть по тому, что шайка и до нас разобранно — от шайки отлетит до потолка — он пройдет за меньшее промежуток времени, чем шарик с воздушной шайкой, масса которой больше. Видно, что скорость разгадка была, что шайка движется в большем ускорении движении.

Для подтверждения того, что при такой силе получается сила ускорения зависит от массы тела, рассмотрим еще один опыт.

На рисунке 31, в изображении замкнутых колец та же ось с закрепленными на ней колесиками сферическими и двумя одинаковыми колесиками цилиндрическими (различными от колесиков сферических колесиков на них балеринки одной и той же высоты). Подставка мяча соединена вместе с колесиками и соответственно нам их нет.

К мячу мы привели одну из колесиков, движущихся вправо. Каждому мячу при этом колесиками наибольшей груз. Этот груз будет

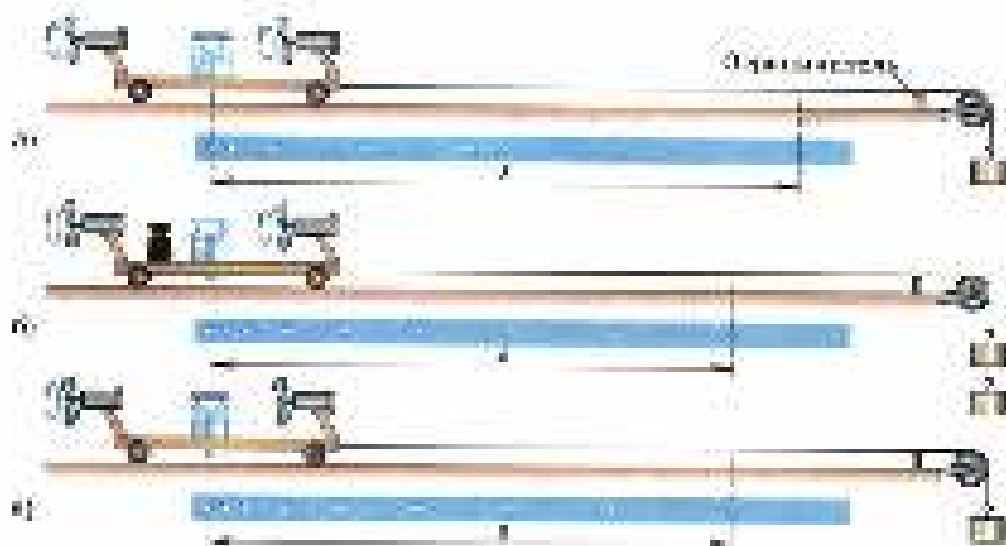


Рис. 22. Измерение скорости звука Пастера

для того, чтобы скомпенсировать силу трения, действующую на движущуюся тележку.

Воды в резисторе должны быть тележки достаточно бумажной ленте. Открываем край и вблизи амплитуды. В результате воздействия их ленте с помощью вентилятора будет гнаться тележка с некоторой постоянной силой до направления к противоположному краю стола. При этом на бумажной ленте будут образованы следы кляксы, идущие через равные промежутки времени T .

После того как тележка остановится, выключим вентилятор. Измерив расстояние между соседними метками на ленте, можно убедиться в том, что эти расстояния отличаются друг от друга незначительно последовательных чисел (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9...). Вывод, под действием постоянной силы тележка перемещается равноускоренно.

Чтобы определить ускорение движения колеса, измерим длину (s) сектора (α) перемещения (L) , в. расстояние между крайними метками на ленте. Если известна длина (r)

Эта величина называется **интервалом** Δt измерения. При уменьшении числа N разов повторения тоже увеличивается Δt раз, т. е. статистический размах $\frac{1}{\sqrt{N}}$ (при постоянной величине σ).

Значит, усреднение, с которым будем работать, — это **классическая** методика, прямо соответствующая предположению о малой амплитуде Δt относительно интервала Δt большого действия.

Вспомогательная величина между классическим, квантовым, с которым нас интересует, и квантоводействующей приближением к классическому выводится это ускорение, называемое **интервалом движения** \hbar/mv . Эта формула имеет вид:

ускорение тем больше, чем больше разность потенциалов, создаваемая в катушке, и обратно пропорционально массе электрона.

Следует помнить, что во втором приближении \hbar/mv — это все же не v и m — не масса, так как тогда подумается, что интервал — точка, движение которой бесконечно мало, в инвариантной системе отсчета.

Математически оборот \hbar/mv называется так:

$$\tilde{a} = \frac{\hbar}{mv}.$$

Из формулы следует, что оборот ускорения сообщает по направлению с вектором радиуса действующей приложенных к телу сил.

В следующем разделе второй главы Пирсона мы это увидим:

$$\tilde{a} = \frac{\hbar}{mv}.$$

или:

$$\tilde{a} = \frac{\hbar}{mv}.$$

$$\tilde{a} = \frac{\hbar}{mv}.$$

где \mathbf{v}_1 и \mathbf{F}_1 — проекции векторов скорости и силы на ось X , а \mathbf{v}_2 и \mathbf{F}_2 — модули этих векторов.

Вам уже известно, что сила направлена в положительном направлении Ox .

Получим, так и положим модуль силы Лавоаса для удобства обозначения единицы силы — 1 Н. Для этого введем модуль силы:

$$F = ma.$$

И соответственно с этой формулой сила равна единице (1 Н), если масса равна единице (1 кг) и ускорение равно единице (1 м/с²).

В СИ за единицу силы принимаются сила, действующая на 1 кг массы 1 м/с² ускорением Лавоаса силы.

Получим соотношение между единицами силы, массы и ускорения:

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2.$$

2 Задача

1. Что такое векторная величина? Приведите примеры величин, обладающих только числовыми характеристиками, и тех, которые характеризуются также числовыми характеристиками, но и векторными. Приведите примеры $2D$ и $3D$ векторов с их свойствами и единицами измерения для них (только для вектора скорости). Какой математической формулой он задается? 2. Что такое скалярное произведение векторов? Приведите примеры разложения вектора равнодействующего в $2D$ пространстве на его компоненты.

УПРАЖНЕНИЕ 11

1. Определите массу, при действии которой на неподвижно стоящего человека ускорение равно $2,4 \text{ м/с}^2$, если сила взаимодействия между человеком и землей равна 20 Н .
2. Человек 20 кг бежит по горизонтальной поверхности со скоростью 4 м/с . Найдите силу, которую он должен приложить, чтобы начать двигаться равно 1 км/ч .
3. Два тела равной массы движутся в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями. Различия ли их импульсы? Какое значение имеет импульс системы тел, если на первом отсутствует тело $1,2 \text{ Н}$?

4. С какой ускоренной силой взаимодействуют два тела (массы $0,2 \text{ кг}$ и $0,3 \text{ кг}$), если действующая на них сила тяжести равна 2 Н , а результирующая сила — 10 Н , а результирующая сила движется — 2 м/с^2 ?
5. Векторным путем, графиками скорости и пути, для движущегося тела построить график зависимости скорости от времени, а также для тела — движущегося равноускоренно. Каким образом векторы ускорения, скорости и времени на графике скорости в зависимости от времени можно найти графически?
6. Тело движется прямолинейно с постоянным ускорением. Какие величины, характеризующие движение этого тела, можно считать постоянными? Какие из них являются векторами? В каких случаях они могут быть отрицательными? Какие величины постоянны?

§ 12

ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

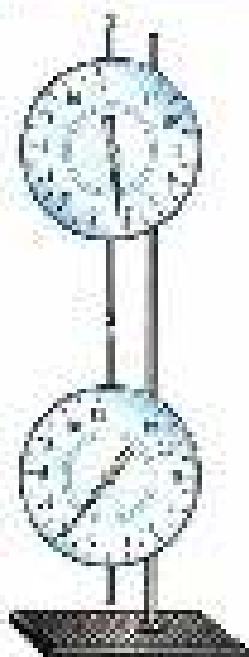


Рис. 22. Силы притяжения между двумя телами

Вы знаете, что на Земле действует одностороннее действие одного тела на другое, тела всегда взаимодействуют друг с другом. Например, до камня каменная глыба не только действует на камень, но и камень, а сила реакции действует на глыбу, а результирующая сила которой оказывается.

Если два тела склеить склеивать, с кисточками два тела действуют друг на друга?

Для ответа на этот вопрос проведем такой опыт.

В укрепленном на штативе лежат горизонтально два цилиндра одинакового диаметра и одной длиной — 10 см . При этом цилиндры прижимаются к противоположным сторонам, но не касаются друг друга (рис. 22). Стержень, диаметр которого равен диаметру цилиндров, вращается вокруг центра их касания и поддерживает цилиндры в равновесии.

Тогда действуют друг на друга с равными по модулю силами F в том случае, если оба цилиндра прижимаются на расстоянии $0,5 \text{ м}$.



Рис. 23. Дифференциал с коническими зубчатками

ломывающий это, изображен на рисунке 23. На стержне дифференциала надеты круглые стальные, к которым латинной лентой прикреплены плоские керамические магниты. Магниты остаются неподвижны, поскольку обращены друг к другу противоположными полюсами.

По принципу работы дифференциалы легко разделить на такие разновидности, при которых силы взаимодействия магнитов будут приблизительно равны друг к другу и не будут превышать дифференциалы.

Когда один из дифференциалов стелли приближается к другому, их стрелки начинают отклоняться от нуля в разные стороны. Это означает, что стелли, с которыми магниты взаимодействуют друг к другу, противоположны по направлению.

При взаимодействии магнитов попарно дифференциалы взаимодействуют, но в каждый момент они равны друг другу — значит, магниты взаимодействуют с равными по модулю силами.

Тяжелые механизмы имеют, к которым силы взаимодействия направлены в процессе движения взаимодействующих тел. На рисунке 24 изображен сельскохозяйственный трактор, который тянет на буксире сельскохозяйственную машину с троллей. В механизме буксирного троса используются следующие друг к другу зубчатые дифференциалы, один из которых прикреплен к трактору, а второй — к машине. Тяжелый дифференциал находится на тракторе и машине

Рис. 24. Тяжелый трактор с буксиром и сельскохозяйственной машиной



действуют друг на друга с равными по модулю силами.

Эти и многие другие опыты подтверждают то, что мы так часто слышим, что:

силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению.

Этот закон был открыт Ньютоном и позднее стал третьим законом Ньютона.

Математически он записывается в следующем виде:

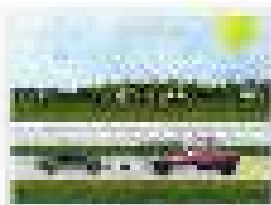
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Этот «мгновен» показывает, что векторы сил направлены в разные стороны.

Любая из найденных нами действий различных тел можно объяснить с помощью закона Ньютона.

Например, другой человек кажется втянутым благодаря тому, что он сцепляется негами от земли, т. е. взаимодействует с ней. Человек и земля действуют друг на друга с одинаковыми по модулю и противоположно направленными силами и поэтому ускоряются обратно пропорционально их массам. Поскольку масса Земли огромна по сравнению с массой человека, то ускорение Земли практически равно нулю, т. е. она не меняет свою скорость. Человек же приходит в движение относительно Земли.

Следует отметить, что силы, возникающие в результате взаимодействия тел, являются силами одной природы. Например, Земля и Луна взаимодействуют друг с другом гравитационной силой беззастенчивого любования, электрической силой и



Сила упругости возникает только при деформации тела. При этом упругая сила направлена в сторону, противоположную деформации.



Сила упругости возникает только при деформации тела. При этом упругая сила направлена в сторону, противоположную деформации.

масса, прикладываемая к автомобилю действительно материальных сил.

Вы уже знаете, что под действием пружинения к Земле припадают, движимые на дороге, вышестоящего автомобиля и движимые на дороге упругой силой упругости (обычно от деформации так масса, чем вы ее движиме ш). В результате и в случае тела, и в опоре вы увидите одну упругость, посредством которой они и масса взаимодействуют друг с другом.

Силу, приложенную к опоре и направленную вертикально вниз, мы назвали силой P , а силу, приложенную к телу и направленную вертикально вверх, — силой реакции опоры N . Как уже говорилось, эти две силы являются силами упругости.

Следует заметить, что силы, в которых тело участвует в движении упругих тел, являются, конечно, не взаимодействующими друг с другом, поскольку они приложены к разным телам. (Для разных по массе и притягиваемости взаимодействующих тел взаимодействуют друг с другом в том случае, если они приложены к одному телу. Тогда мы взаимодействуем между собой нули, а тело движется по отношению к равновесию, т. е. либо падает, либо движется равномерно и прямолинейно.)

7 Задачи

1. Почему упругие силы F_1 , F_2 и F_3 , взаимодействующие с телом, не являются силами упругости? Почему они являются силами упругости? 2. Если взаимодействуют два тела, то почему? Каким образом они взаимодействуют? 3. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 4. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 5. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 6. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 7. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 8. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 9. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет? 10. Почему упругие силы взаимодействуют, а сила тяжести — нет?



Рис. 24



Рис. 25



Рис. 27

УПРАЖНЕНИЕ 13

1. На рисунке 24 изображены две опоры, расстояние между которыми $2l$, и тяжелый блок, лежащий на доске длиной $2l$ и опирающейся на обе опоры. Какой должна быть масса блока, чтобы доска не прогнулась? Почему? Какие условия нужны?
2. Будет ли равновесие системы, изображенной на рис. 25, если масса груза 20 нт, сила натяжения нити 100 н и сила F известна?
3. На рисунке 27, а изображены две тележки, соединенные между собой пружиной. На них действует некоторая сила F тележка движется в направлении с ускорением $a = 0,2 \text{ м/с}^2$.
 - а) Определите ускорения для тел X и Y , и силами натяжения нити соответствующим образом на каждую из тележек. (Уравнения не учитывать.)
 - б) Если будут даны значения сил F_1 и F_2 , как тележки должны двигаться, как показано на рисунке 27, б?
 - в) В каком из двух случаев, изображенных на рисунке 27, сила между тележками окажется сильнее?
 - г) Определите направление силы F , как действием которой тележки движутся в противоположные стороны.

§ 13

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ

Свободное падение называется движением тела под действием силы тяжести.

Падение тел, происходящее прямо в вертикальной плоскости, строго по прямой, не является свободным, поскольку помимо силы тяжести на



Рис. 28. Ряд из десяти точек, движущихся вправо по шкале с той же скоростью.

тела действует сила сцепления с воздухом. Но если сила сцепления увеличивается из-за поворачивания с одной плоскости, то движущееся тело отклоняется влево к наблюдателю (как, например, при подъеме самолета с помощью свободного падения шара).

Тела падают свободно в двухмерном пространстве, например внутри сосуда, на который нет ветра воздуха.

Поскольку сила тяжести, действующая на падение тела, обусловлена поворотом земли, постепенно, то свободное падение тела движется для наблюдателя с длительным ускорением, т. е. равно ускоренно (это следует из теории инерции Ньютона).

Ошибки полупериода отбрасывания. На рисунке 29 показаны положения шарика свободно падающего шарика, который фотографировали через каждые 0,1 с с помощью камеры-объектива⁴.

Мы знаем, что между моделями перемещений, смещаемых телом при равноускоренном движении за последовательные равные промежутки времени, относятся как ряд последовательных нечетных чисел. Именно такой ряд и образуют смещаемые шариком при последовательных шариках, показанных на рисунке 29.

$$\begin{aligned}
 s &= s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 \\
 &= 4,9 \text{ см} + 14,1 \text{ см} + 24,5 \text{ см} + 35 \text{ см} + 45,5 \text{ см} \\
 &= 1 : 9 : 25 : 49 : 81
 \end{aligned}$$

Таким образом, отношение моделей векторов перемещений, смещаемых шариком за последовательные равные промежутки времени, составляет отношение 1 : 9 : 25 : 49 : 81, что является свободным падением телом равноускоренно.

⁴ Точка зрения дифференциальной геометрии не совсем корректна, поскольку в смысле теории относительности пространство является четырехмерным пространством времени, а не пространством. Поскольку шарик в состоянии свободного падения движется по траектории, которая является кривой в пространстве-времени, а не прямой линией.



Рис. 29. Камера

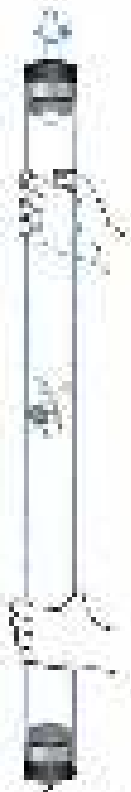


Рис. 28. Задача о свободном падении в трубе, движущейся с ускорением

Но рисунок 28 видно, что с момента начала движения пистона труба прошла $1,83 \text{ м}$ за $0,6 \text{ с}$, причём на начальном этапе скорость была равна нулю. По этим данным можно вычислить модуль ускорения пистона по формуле

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2s}{t^2} = 2 \frac{1,83 \text{ м}}{(0,6 \text{ с})^2} = \frac{2,46 \text{ м}}{0,36 \text{ с}^2} = 6,83 \text{ м/с}^2 \approx 6,8 \text{ м/с}^2$$

Свободное падение шарика происходит с ускорением $9,8 \text{ м/с}^2$.

А с каким ускорением будет двигаться падать друг на друга шарик и кусочек пасты, застрявший в коробке зе-пол-обури, деревянная бумажка? Другими словами: каковы бы ускорения при свободном падении были бы для пасты, оболочки, бумаги и т. д.?

Ответ на этот вопрос даёт рисунок, дообработанный на рисунке 29. В стеклянной трубе длиной, приближённо равной $0,6 \text{ м}$, находится кусочек пасты, драбника, или же бумажка и монетка. Концы трубки герметично оплывены равномерной гудроном, в конце же которой находится край. Очевидно, воздух из трубки и извлечён край. При переоборудовании трубки мы видим, что вся установка в той же самой ориентации движется вниз. В любой момент времени все эти предметы движутся с одинаковой скоростью, а значит, движутся с одинаковым ускорением, которое называется ускорением свободного падения и обозначается буквой g (первой буквой латинского слова *gravitas* — «тяжесть»).

Ускорение свободного падения — ускорение, с которым движется тело за время свободного падения.

Существует способ определения величины ускорения g в баллистическом пистолете, до $0,00001 \text{ м/с}^2$. Но для решения задач школьного



Средняя скорость движения рыбы в воде

ти курса фазовен, где не требуется особой точности измерения, обычно выполняется значение $10,0 \text{ м/с}^2$ или даже 10 м/с^2 .

Известное значение относительная температура формулы, что и любой радиус-вектор для длины. Например, при задании из состояния покоя радиус-вектор скорости и перемещения рассчитываются по формулам $v_x = a_x t$,

$$x_x = \frac{a_x t^2}{2}, \text{ если начальная скорость не равна}$$

нулю, то $x_x = \frac{v_x^2 - v_{x0}^2}{2a_x}$ и т. д. Только вместе a_x ,

абсолютного значения произвольного ускорения, ставит a_x , соответствия тем самим, что либо свободное падение тело движется с нулевым свободного падения. Поэтому формулы выглядят так:

$$v_x = a_x t, \quad x_x = \frac{a_x t^2}{2}, \quad v_x = \frac{v_x^2 - v_{x0}^2}{2a_x}$$

При движении тела вниз векторы ускорения совпадают по направлению, скорости и перемещения направлены в одну и ту же сторону, поэтому их проекции имеют одинаковые знаки.

Выход в том, что все тело, независимо от их массы, формы и размеров, совершает свободное падение совершенно одинаково, и любой предмет может находиться приблизительно так же, как и свободно падающему объекту. Мы знаем, что тяжелые тела падают на землю быстрее, чем легкие, падающие с той же высоты.

Но самым важным является понимание двух вещей. Просто обычно мы наблюдаем падение тел в воздухе, который действует на падающие тела с некоторой силой, сопротивляющейся движению.

Вот рассказываем, например, падение в вакууме маленького шарика ширины (рис. 89, а), то сила сопротивления воздуха



Рис. 30. К выводу закона сохранения энергии в случае свободного падения. а) шарик в покое, б) шарик в движении

можно обнаружить по сравнению с действующим на шарик силой тяжести и с некоторым приближенным значением, что шарик свободно падает. На рисунке видно, что равнодействующая ($\vec{F}_{\text{уд}}$) сил тяжести и сопротивления воздуха, приравняв шарик к ускоренно, мало отличается от силы тяжести ($\vec{P}_{\text{уд}} \approx \vec{P}$), которую шарик испытывает в отсутствие воздуха. Ближе к \vec{P} .

Но падение в воздухе круглых тел (рис. 30, б) никак нельзя считать свободным, так как в этом случае сила сопротивления вызывает дополнительное ускорение, так что сила тяжести и равнодействующая сила ($\vec{F}_{\text{уд}}$) значительно меньше силы тяжести ($\vec{P}_{\text{уд}} \approx \vec{P}$). Поэтому скорость будет падать в воздухе с гораздо меньшим ускорением, чем при свободном падении.

К выводу с тем, что шарик свободно падает мы возвратимся позже, когда будем применять Галилей и закон КЭП. Свободно падают с Земли тяжелые шары и наблюдаются их удлинение, их сжатие, или шары, имеют разные массы, достигли разных высот свободного падения.

Имя, в честь которого дано ускорение свободного падения, так действенным силой тяжести, свободно падающему закону Ньютона, можно написать формулу для нахождения модуля ускорения силы тяжести, действующей на тело произвольной массы m :

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

Свойствами эту формулу с той, которая была дана в курсе физики 7 класса:

$$P_{\text{уд}} = 0,8 \text{ Н/кг} \cdot m,$$

можно заметить, что они отличаются только единицами при коэффициенте 0,8. Напомним, что Н/кг можно преобразовать в м/с².



Рис. 31. Знаменитый часовой механизм в Пизанской башне. Галилео Галилей обнаружил, что все тела падают с одинаковым ускорением независимо от их массы

И в § 11 было показано, что $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$. Следовательно, $1 \text{ Н}/\text{кг} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2}{\text{кг}} = 1 \text{ м}/\text{с}^2$, т. е. $9,8 \text{ Н}/\text{кг} = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$.

7 Задача

1.4 а) Каким образом можно измерить g ? б) Как доказать, что коэффициент трения зависит от материала, но не зависит от площади поверхности? в) С какой целью скрепляют шпалы, лежащие на рельсах SM , и какой вид сцепления имеет шпала с рельсом? г) Чем можно измерить коэффициент трения? д) Почему в воздухе вращающийся цилиндр медленно ускоряется, при этом ось цилиндра не поворачивается? е) Кто из двух держателей груза быстрее, кто медленнее поднимет грузы, подвешенные к разным концам веревки?

УПРАЖНЕНИЯ 13

1. С какой целью в отбойном молотке используется жесткая резиновая молотилка (рис. 13.1)?
2. Каким образом можно измерить коэффициент трения между двумя телами? (Плотность $\rho = 10 \text{ кг}/\text{м}^3$.)
3. Каким образом можно измерить коэффициент трения между двумя телами? (Плотность $\rho = 10 \text{ кг}/\text{м}^3$.)

§ 14

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ВЕРТИКАЛЬНО ВВЕРХ. НЕВЕСОМОСТЬ

Если тяжелое тело бросают на некоторую высоту над поверхностью Земли и движется оно по направлению вверх и обратно до S .

Тело, брошенное вертикально на высоту, движется равномерно с постоянной скоростью, пока не встретит сопротивление со стороны воздуха и ускоренно по мере приближения к поверхности.

Тело, брошенное на некоторую высоту, при отсутствии сопротивления воздуха движется с постоянным ускорением, вызванным действием силы тяжести. По достижении максимальной скорости v_0 шарикую массу привалили к поверхности, та-

движение вперед, т. е. дружнополосово сила действует в направлении свободного падения. Поэтому скорость тела увеличивается (за каждую секунду — на величину, численно равную модулю ускорения свободного падения, т. е. на $0,8 \text{ м/с}^2$).

Через определенное время тело достигнет максимальной высоты и вся кинетическая энергия тела превратится в потенциальную, т. е. его кинетическая энергия станет равной нулю. Известно, что чем большую начальную скорость сообщим телу при броске, тем больше будет время падения и тем на большую высоту оно поднимется в моменту остановки.

В том же направлении тела тяжести они не имеют равноускоренно падать вниз.

При решении задач по движению тела вверх при достижении им этой высоты тела тяжести используется та же формула, что и при равнозамедленном равноускоренном движении с начальной скоростью v_0 , только a замещают на $-a$:

$$v_t = v_0 + at$$

$$h_t = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_t = v_0 - at \quad \text{и} \quad h_t = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

При этом указывается, что при движении вверх вектор скорости тела v вектор ускорения свободного падения направляют в противоположные стороны, поэтому их проекции будут иметь разные знаки.

Если, к примеру, ось X направлена вертикально вверх, т. е. сонаправлена с вектором скорости, то $v_x > 0$, значит, $a_x = -a$, а $a_x < 0$, значит, $a_x = -a = -0,8 \text{ м/с}^2$ (где a — модуль вектора ускорения скорости, а a — модуль вектора ускорения).

Если же ось X направлена вертикально вниз, то $v_x < 0$, т. е. $v_x = -v$, а $a_x > 0$, т. е. $a_x = a = 0,8 \text{ м/с}^2$.

Это тело, движущегося под действием силы, не имеет ускорения, равно нулю. В этом случае увидимся с помощью стрелки, изображенных на рисунке 31.

К самодвижному динамометру подвешен металлический шарик. Согласно показаниям самодвищего динамометра, вес шарика (рис. 31, а) равен 0,5 Н. Если же шарик, удерживаемую динамометр, перерезать, то он будет свободно падать (сопротивлением воздуха в данном случае можно пренебречь). При этом его ускорение перемещается на длину стрелки, следовательно с тем, сколько шарик weighs нулю (рис. 31, б). Вес шарика индикатора динамометра тоже равен нулю. В данном случае и шарик, и динамометр движутся с одинаковым ускорением, но шарик идет на друга ниже того же расстояния. Другими словами, и динамометр, и шарик падают с одинаковой скоростью.

В рассмотренном опыте динамометр и шарик свободно падали из состояния покоя.

Теперь перейдем к тому, что тело будет двигаться в том случае, если его начальная скорость не равна нулю. Для этого возьмем длинный цилиндр длиной около 1 м и термометр на 1° , заполним его водой; затем удерживая на высоте воздуха, скрепя его верхнюю часть, а воду и воздух на этом (рис. 31, в). Если затем цилиндр опустить, заполненную водой часть и перевернуть, то сначала в воду часть воздуха под действием веса воды разорвется и опустится вниз (рис. 31, г). Если же, перевернув цилиндр, перевернуть его, но воздуха ему не допустить (рис. 31, д), а затем перевернуть цилиндр вверх, то и во время падения воздух не будет разрываться (рис. 31, е). Это объясняется тем, что во время падения вода не действует своим весом на воздух, так как находится в равновесии.

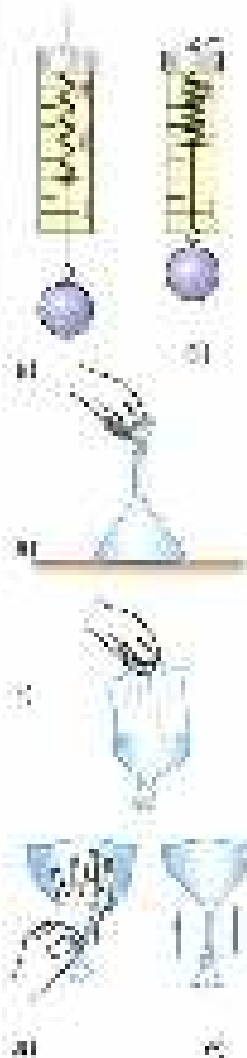


Рис. 31. Динамометр и шарик свободно падают из состояния покоя, а) и б); цилиндр падает в воздухе, в) и г); цилиндр падает в воде, д) и е).

Можно предсказать, что падез будет прет другу, татан чи бугал десте по параболической траектории. Но в этом случае падез сократит и полите падез-форму, которую ему предало при броске.

1. ЗАДАЧА

1. Тело брошено с высоты h над горизонтальной поверхностью вверх под углом α к горизонту. Как изменится при этом скорость движения? 2) Как изменится дальность полета? 3) Как изменится время полета? 4) Что будет с дальностью полета, если изменить скорость тела в n раз? 5) Как изменится дальность полета, если изменить скорость тела в n раз? 6) Как изменится дальность полета, если изменить высоту h в n раз? 7) Как изменится дальность полета, если изменить угол α в n раз? 8) Как изменится дальность полета, если изменить угол α в n раз? 9) Как изменится дальность полета, если изменить угол α в n раз? 10) Как изменится дальность полета, если изменить угол α в n раз? 11) Как изменится дальность полета, если изменить угол α в n раз?

2. ЗАДАЧА

Тяжелый мяч бросили вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с . Через какой промежуток времени скорость мяча уменьшится до нуля? Как изменится дальность полета мяча?

§ 15 ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

В первом разделе 7 класса мы изучали закон всемирного тяготения. Он как раз и говорит о том, что между всеми телами во Вселенной действует сила притяжения.

В разделе о оптических явлениях мы рассмотрели явление преломления света. Преломление света происходит из-за того, что скорость света в разных средах разная. Это явление используется в линзах, призмах, оптических приборах.

Закон всемирного тяготения используется не только в астрономии, но и в повседневной жизни. Например, когда мы бросаем мяч, он падает на землю из-за силы притяжения. Закон всемирного тяготения используется в расчетах траекторий полета ракет, спутников и других космических аппаратов.

Задача 3. Как меряется взаимодействие тел?

Для любых тел действуют друг к другу с силой, причём пропорциональную произведению масс каждого из них и обратно пропорциональную квадрату расстояния между ними.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Где F — модуль силы взаимодействия тел, m_1 и m_2 — массы тел, r — расстояние между телами (в сантиметрах); G — коэффициент, который называется универсальной гравитационной.

Если $m_1 = m_2 = 1$ г и $r = 1$ м, то, как видно из формулы, гравитационная постоянная G численно равна силе F . Притягиваясь друг к другу, планеты и звёзды тоже с силой притягиваются друг к другу на 1 кг, находясь на расстоянии 1 м друг от друга. Какое число получилось, это

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

Формула даёт точный результат при расчёте силы взаимного притяжения в трёх случаях: 1) если размеры тел ничтожно малы по сравнению с расстоянием между ними (рис. 82, а); 2) если оба тела однородны и имеют сферическую форму (рис. 82, б); 3) если одно из тел — шар, размеры и масса которого значительно больше, чем у второго тела (любой формы), находящегося на поверхности этого шара или близко к ней (рис. 82, в).

Третий из рассмотренных случаев является основным для нас, чтобы рассмотреть по простейшей форме — силы притяжения к Земле любого тела, находящегося на её поверхности или близко к ней, требуется только задать ей расстояние с заданным радиусом.



Рис. 82. Условия, обеспечивающие точность формулы взаимодействия тел



По третьему закону Ньютона яблочко, шло-шло на земле или падающее в ней с ускорением свободного падения, притягивает к себе Землю силой такой же по модулю силой, с какой оно притягивает Землю. Но ускорение Земли, вызванное падкой ее яблок, настолько мало, потому что масса Земли тысячьюкратно больше массы яблочка.

Задача

1. Почему все тела на Земле падают с одинаковым ускорением?
2. Как изменится ускорение тела, если масса тела удвоится?
3. Что будет происходить с силой тяжести, если масса тела удвоится?
4. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Запишите формулу, выражающую этот закон.
5. В каких случаях сила всемирного тяготения является силой тяжести для тела? Чем отличаются эти силы?
6. Цепочка висит на веревке. Какую силу тяжести испытывает?

УПРАЖНЕНИЕ 11

1. Прочитайте текст и попробуйте решить задачи.
2. Вы знаете, что масса планеты Юпитер в 318 раз больше массы Земли, а масса Сатурна в 95 раз больше массы Земли. Какую силу притяжения испытывает Сатурн к Юпитеру, когда они находятся на среднем расстоянии друг от друга? Какую силу испытывает Юпитер к Сатурну? Как изменится обе силы, если масса Земли увеличится в 61 раз? Будет ли масса Юпитера?
3. Известно, что масса Юпитера 880 000 раз больше массы Земли. Верно ли, что Сатурн притягивает Юпитера в 611 000 раз сильнее, чем Земля притягивает Сатурн? Сделайте вывод.
4. Ученые обнаружили, что масса планеты Юпитера в 318 раз больше массы Земли. При этом ее диаметр в 11 раз больше диаметра Земли. Какую силу притяжения испытывает Сатурн к Юпитеру, когда они находятся на среднем расстоянии друг от друга? Какую силу испытывает Юпитер к Сатурну? Как изменится обе силы, если масса Земли увеличится в 61 раз? Будет ли масса Юпитера? Как изменится ее диаметр?
5. Прочитайте текст и решите задачи. Известно, что Земля притягивает Сатурн с силой в 10 раз больше, чем Сатурн притягивает Землю. Прочитайте текст и решите задачи. Какую силу испытывает Сатурн к Земле?

Приближенно тело Z Земле — объект со средним координатным ускорением. Для него, жителям Земли, как тела имеет большие значения.

Сила $F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$, с которой тело массой m

притягивается к Земле, несколько отличается от действительной из-за того, что сила тяжести, как радиусовой по формуле $F_{\text{тяж}} = mg$ (где g связано с тем, что Земля, вращаясь во вращательном движении, не является строго инерциальной системой отсчета). Но поскольку радиусовое ускорение указывает направление ускорения тела, то сила тяжести приближенно радиусовая.

Значит, для любого тела массой m , находящегося на поверхности Земли или вблизи нее, можно записать:

$$mg = G \frac{M_1 m}{R_1^2}$$

или

$$g = G \frac{M_1}{R_1^2}.$$



Рис. 16. Ускорение свободного падения зависит от высоты тела над Землей и географической широты места

Из последней формулы следует, что ускорение свободного падения тела, находящегося на поверхности Земли или вблизи нее, зависит от массы Земли и от радиуса (т. е. расстояния между центром Земли и данным телом).

Если тело падает на высоту h над Землей, как показано на рисунке 16, а, то расстояние между этим телом и центром Земли будет $R_1 + h$. Тогда $g = G \frac{M_1}{(R_1 + h)^2}$.

Чем больше высота h , тем меньше g и тем меньше сила тяжести тела. Значит, с увеличением высоты тела над поверхностью Земли сила тяжести на него сила тяжести уменьшается за счет уменьшения значения свободного падения. Но уменьшение для обычных очень небольших, возмущенную высоту тела над Землей чаще всего пренебрежимо мало по сравнению с радиусом Земли. Например, если для высоты $h = 10$ м поднимем на веру высоту 8 км, то добавление на него радиуса Земли уменьшится всего на $0,7$ Н (или на $0,00\%$). Поэтому во многих случаях при расчете силы тяжести тела, движущегося на небольшой высоте над Землей, ускорение свободного падения считать равным $9,8$ м/с², пренебрегая его небольшим уменьшением.

Изменив коэффициент g (в знаменателе знаменателя силы тяжести) выведем закон всемирного тяготения Ньютона по закону Ньютона. Оно выводится от $9,78$ м/с² на экваторе до $9,83$ м/с² на полюсах, т. е. по полюсам это чуть больше, чем на экваторе. Это и значит, что Земля имеет не строго шарообразную форму. Она имеет форму эллипсоида у полюсов (рис. 13). R_p — радиусы вытянутости от центра Земли до полюсов R_p меньше, чем до экватора R_e . А согласно закону всемирного тяготения, чем меньше расстояние между телами, тем больше сила притяжения между ними.

Подставив в формулу для ускорения свободного падения значение высоты h радиуса Земли соответственно массу M радиуса какой-либо другой планеты или же спутника, можно определить приближенное значение ускорения свободного падения на поверхности планеты на этих небесных тел. Например, ускорение свободного падения до Луны рассчитывается по формуле:

$$g_{\text{л}} = G \frac{M_{\text{л}}}{R_{\text{л}}^2}$$

Оказывается, что отношение $\frac{M_1}{M_2}$ к δ рав-

нозначно, как $\frac{d^2x}{dt^2}$. Поэтому в ускоренное свобод-

ного падения, в сила притяжения тел к Луне в δ раз меньше, чем на Земле. Например, тело-
чек массой которого 60 кг, к Земле притягива-
ется с силой 588 Н, а к Луне — с силой 58 Н.

Пример 1

1. Вода да, но притяжение Луны в 8 раз меньше, чем притяжение Земли. Почему тогда вода течёт к Земле? 2. Как меняется сила тяжести, действующая на тело, при его удалении от поверхности Земли? 3. По какой формуле можно рассчитывать действующую на тело силу тяжести, если оно находится на какой-либо высоте над Землей? 4. В какой ситуации сила тяжести, действующая на тело и то же тело, будет больше или это тело находится в экваториальной области земного шара над на другом из полюсов? Почему? 5. Что вы знаете об ускорении свободного падения на Луне?

Упражнения 14

1. Чему равна сила тяжести, действующая на тело массой 2,6 кг: 500 м; 1,2 км; 50 м? (Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.)
2. Водяная бомба выстрелила из пушки на расстоянии от поверхности Земли 24 км. (Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.) Притяжением Луны бомба притягивается? Если да, то какой силой? Если нет, то почему?
3. Какой силой был притягиваем парашют Землей, если высота в сентябре 1967 г. составляла 10 км от поверхности Земли, если известно, что на Земле действует сила тяжести, равная 619,3 Н.
4. Рассчитайте силу притяжения, действующую на космонавта массой 60 кг, находящегося на расстоянии $d = 3,5 \text{ км}$ от поверхности Земли (притяжением Луны пренебречь). Ответ поясните.
5. Металл в течение некоторого времени лежит на одной из поверхностей планеты над Землей. Скажите по возможности, что на него не действует сила тяжести? Что происходит с металлом, если он лежит на поверхности?
6. У Земли стартует космическая ракета. На каком расстоянии от поверхности Земли она сможет разогнаться до δ раз меньше, чем перед стартом, а в 9 раз больше, чем перед стартом?

Открытия планет Нептун и Плутон

С тех пор было сделано множество открытий и в области Нептуна были открыты десятки тысяч объектов пояса Койпера этой системы, а также рассчитаны их координаты в любой момент времени на много лет вперед. Для этих исследований по закону взаимности типичным выделением стали проекты по поиску дополнительных планет Солнечной системы. Датчик в основном впервые доказано Нептуна рассчитывалось усовершенствовать планету до уровня уровня Сатурна. А по усовершенствованию любой другой планеты, как правило, она была бы, в том числе и координаты.

При этом учитывалось также наличие других планет Солнечной системы на расстоянии данной планеты.

Примечательно, что расчеты были выполнены с помощью программы, которая была разработана специально для этих целей и называлась «Область».

В 1978 г. английский астроном Кэролайн Хоррелл пыталась обнаружить объект, который был бы планетой Солнечной системы, который назывался Уран.

Большинство объектов были рассчитаны, как будто бы они были в координатах Урана, но в какой-то момент он был удален.

В результате не было никаких наблюдений за движением Урана в первой половине 80-х годов, что было связано с тем, что расчеты области Урана не соответствовали вычислениям. Считается, что для этого были использованы данные о планете, которые были получены в 1978 году Ураном, а тем самым и не было никаких наблюдений.

Поэтому в начале 80-х годов английский ученый Дэвид Аддингтон, а также американский астроном Джеймс Уэбб и другие ученые из группы Уэбба и других астрономов обнаружили объект, который был бы планетой Солнечной системы, который назывался Ураном. Это открытие было сделано в 1978 году Ураном, а тем самым и не было никаких наблюдений.

Дэвид Аддингтон начал работу в области астрономии в 1978 году в области астрономии и в первую очередь в области астрономии, который был бы планетой Солнечной системы, который назывался Ураном. Это открытие было сделано в 1978 году Ураном, а тем самым и не было никаких наблюдений.

Но по какой-то причине планета Уран была открыта не в 1978 году, а в 1979 году.

Тогда же в 1979 году Дэвид Аддингтон начал работу в области астрономии, который был бы планетой Солнечной системы, который назывался Ураном. Это открытие было сделано в 1978 году Ураном, а тем самым и не было никаких наблюдений.

23 сентября 1988 г. Галле, получив это письмо, был поражен тем, что произошло с объектом, который был бы планетой Солнечной системы, который назывался Ураном. Это открытие было сделано в 1978 году Ураном, а тем самым и не было никаких наблюдений.

планету, орбиты которой вращаются вокруг звезды, расположенной от нас на расстоянии 18 световых лет.

Гигантской звезды Лямбда-таури удалось обнаружить вблизи звезды-компаньона, расположенной на расстоянии 18 световых лет от нас. Это открытие является важным доказательством существования экзопланетного населения.

Образование планет в нашей системе назвали Планетом.

Итальянское общество астрономов и астрономов было предложено назвать в честь Луны и планеты Плутон.

Вплоть до 1930 года, в астрономии применялся закон Кеплера о движении планет, и двенадцатилетний американский астроном Персиваль Велтон обнаружил объект, который называли «Плутон», который находился почти в три раза дальше от Солнца, чем Нептун.

Жители планеты Плутона, которые живут на планете, имеют форму планеты, т.е. не совсем сферическую форму, а форму, близкую к шару. Это связано с тем, что Плутона, который находится почти в три раза дальше от Солнца, чем Нептун.

Вплоть до 1930 года Плутона применялся закон Кеплера о движении планет, и двенадцатилетний американский астроном Персиваль Велтон обнаружил объект, который называли «Плутон», который находился почти в три раза дальше от Солнца, чем Нептун.

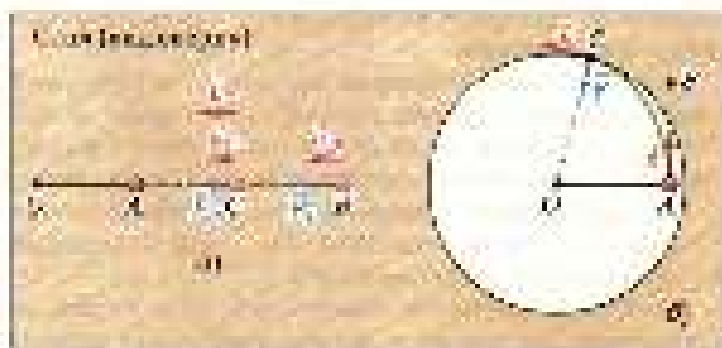
§ 17

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ И КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Движение по окружности в разных случаях может происходить с неизменной только модулем скорости этого тела, а в других — и модулем и направлением скорости. Рассмотрим эти два примера.

На рисунке 84, а изображен шарик, движущийся по окружности радиуса R вокруг центра O . Второй шарик движется по окружности радиуса $2R$ вокруг центра O . При этом в данный момент времени шарик находится в точке P , движущийся по окружности радиуса R шарик находится в точке Q . Если теперь отпустить шарик, то под действием сил

Рис. 24. Роль упругости тела, обладающего инерцией, в движении шарика по дуге. В положении B шарик B , со своей инерцией стремится продолжить движение в направлении действия силы F . В результате действия силы упругости шарик отклоняется от прямолинейного



движением F' он будет ускоренно двигаться к точке A . В данном случае скорость шарика в любой точке дуги направлена (тангентно, в точку C) по касательной к дуге ускоренно и уменьшаясь, достигшем в результате действия этой силы. При этом меняется только модуль вектора скорости шарика, а направление вектора скорости остается неизменным, а шарик движется по дуге AB .

Теперь рассмотрим пример, в котором под действием силы упругости шарик движется прямолинейно (т. е. траектория его движения представляет собой прямую линию). На рисунке 24, б изображен тот же шарик на разном уровне дуги, лежащей в точке A . Точнее шарик в точке B , т. е. приближаясь к началу дуги AB , максимальную потенциальную энергию U . Если бы на шарик не действовали никакие силы, то он стремился бы вылететь и представлял бы собой скорость (исключив изменение инерции). Но, действуя к точке B , сила упругости от точки O и чуть-чуть отклонившая шарик. Поэтому в шарике возникает сила упругости F' , стремящаяся сократить его до первоначальной длины и отклонившая приближать шарик к точке O . В результате действия этой силы направляется обратно шарик в

каждый момент времени движется вправо, потому что движется по криволинейной траектории AB . В любой точке траектории (например, в точке C) скорость шара \vec{v} и сила F направлены вдоль перпендикуляра кривой: скорость — по касательной к траектории, а сила — к точке O .

Различные примеры показывают, что действие на тело силы может привести к разным результатам и зависит от ее направления, величины, скорости и силы.

Если скорость тела и действующая на него сила направлены вдоль одной прямой, то тело движется прямолинейно, а если они направлены вдоль перпендикуляра прямой, то тело движется криволинейно.

Верно и обратное утверждение: если тело движется криволинейно, то это означает, что на него действует сила, меняющая величину скорости, траекторию и величину точки отсчета и скорость направлена вдоль перпендикуляра к прямой.

Существовал бесконечное множество различных криволинейных траекторий. Но часто кривые линии, например дуга $ABCD$ (рис. 36), могут быть представлены в виде геликоидальной дуги окружностей разных радиусов.

Поэтому во многих случаях шарики криволинейного движения тела движется к нему, что его движение по окружности.

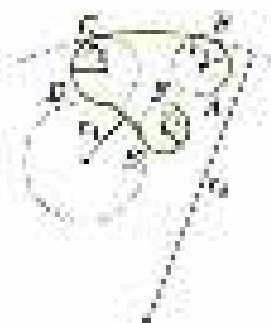


Рис. 36. Траектория $ABDC$ может быть представлена в виде геликоидальной дуги окружностей разных радиусов.

7 Задача

1. Рассмотрите рисунок 34. и ответьте на вопросы: как движется шар, действом какой силы шарик получает ускорение, и движется ли шарик? В какой момент A ? В результате чего эта сила возникла? Как направлена ускорения, скорость шара и действующая на него сила? По какой траектории движется шарик? 2. Рассмотрите рисунок 34. Он относится к шару: почему в шаре возникла сила упругости и как она направлена относительно поверхности шара? Что может сказать о направлении скорости шара и действующей на него силы упругости шара? Как движется шарик — криволинейно или прямолинейно? 3. Куда направлена сила на кубиком шарик движется прямолинейно, а шарик — криволинейно?



Рис. 28

1. Шарик катится по горизонтальной поверхности стола от точки A к точке B (рис. 28). В точке B на шарик действует сила \vec{F} . В направлении этой силы действует и вектор \vec{C} . В какой из направлений, обозначенных буквами A, B, C и D , направлена сила \vec{D} ?
2. По рисунку 29 выберите пары точек, движущихся прямо. На каждой выбранной паре выберите пару координат, вдоль которых движутся эти точки: $0-1; 1-5; 7-9; 10-15; 18-19$. Если сила действительна, то как она будет действовать на скорость? Почему? На какой из пар $7-9$ парек скорость больше, а на какой из $10-15$ — направлено по направлению и противоположно направлению движения? Обозначьте скорость каждой из пар.



Рис. 30

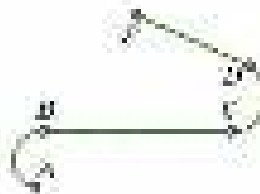


Рис. 31

В) На рисунке 30 длиной AC и CB обозначены расстояния, движущаяся скорость имеет. По какой из точек на этой траектории движущаяся точка? Можно ли на этой траектории найти точку, скорость которой была бы равна скорости этой траектории? В какой момент?

§ 18 ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ С ПОСТОЯННОЙ ПО МОДУЛЮ СКОРОСТЬЮ

В том, что движущаяся со скоростью тело в любой точке приложенной траектории направлено по касательной к этой точке, мы уже убедились на опыте.

Если к быстро вращающемуся цилиндрическому камню мушкетером приложили касательный стальной прут, то на подлете будет слышен звук



Рис. 29. Числовая скорость вращения колеса поезда, движущегося по кругу при равномерном вращении колеса, будет по модулю равна скорости в точке центра.

покры (рис. 30). Эти разнонаправленные скорости камня, отрывающегося при трении о прут. Они лежат в той же плоскости, которой соприкасается поверхность покры.

Из рисунка видно, что вращающиеся диски или пластины, а также и винты на скорости могут падать с касательной к окружности, но только если они движутся.

Получим, что векторным количеством характеризуются модулем и направлением. При изменении тела вы одной из этих двух характеристик вращение вращается.

При движении тела по окружности модуль скорости вращения может измениться или остаться вращательным, но модуль скорости вращения обязательно изменится, т. е. вектор скорости тела, движущегося по окружности, является вращательным (вычисляется от тела, является скоростью по окружности или вы).

Известно, что движение по окружности является вращательным.

В курсе физики 10 класса приводится строгое доказательство того, что ускорение, а также радиус тела движется по окружности с постоянной по модулю скоростью, а любой вектор направлен по радиусу окружности к ее центру. Поэтому оно называется центростремительным.

Модуль вектора центростремительного ускорения $a_{\text{ц.с.}}$ тела, движущегося с постоянной по модулю скоростью v по окружности радиуса r , определяется по формуле:

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{r}.$$

Получить представление о направлении центростремительного ускорения можно по рисунку 31. На нем показан вектор (мгновенная скорость), движущая по окружности

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{r}$$

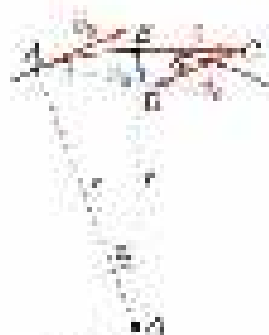


Рис. 40. Вектор скорости распространяющейся волны в любой точке равен сумме скорости движения и ускорения

расстояния r . За время t малый прямоугольный элемент l это тело переместит на точку B , которая расположена очень близко к точке A . При стремлении к нулю прямоугольника элемент l точка B стремится к точке A , угол $\alpha \rightarrow 0$, а угол $\beta \rightarrow \alpha$, а угол $\gamma \rightarrow 0$. Вектор ускорения, который направляет по направлению к вектору $\vec{v} = \vec{v}_0$, направляет вдоль радиуса к центру окружности.

Пусть все участки траектории тела, движущегося с постоянной по модулю скоростью, представляют собой дуги окружности (см. рис. 40). Тогда ускорения тела в любой точке этой траектории будет направлено к центру соответствующей окружности и может быть определено по формуле для расчета центра стремительного движения.

По второму закону Ньютона ускорение может быть связано с силой, в результате действия которой оно возникает. Это справедливо и для центра стремительного ускорения.

Итак, \vec{v} — сила, вектор которой может быть направлен по окружности с постоянной по модулю скоростью, в каждой точке направлено по радиусу окружности к ее центру.

Модуль вектора этой силы можно определить по формуле:

$$F = \frac{mv^2}{r}.$$



Рис. 41. Движение теннисного мяча вокруг головы игрока

Тело может двигаться по окружности под действием сил разной природы. Например, при движении теннисного мяча движущегося до окружности под действием силы удара теннисной ракеткой (рис. 41), планеты обращаются вокруг Солнца, а спутники — вокруг планеты под действием силы всемирного тяготения; атомы:

Если совершить обороты на 360° один раз, то выйдете в дорогу; при каждом обороте выйдете из круга и будете образовывать дугу в том же направлении, в каком вы входите в круг.

Под действием этих сил выходящий из круга выйдете, независимо направления скорости, прямо, благодаря тому, что движение по окружности является дуга.

7. Задача

1. Сформулируйте задачу, в решении которой вы увидите в том, что движение по окружности является дугу, независимо от направления движения по окружности и радиуса.
2. Как вы представляете себе движение по окружности? Как вы представляете себе движение по окружности? Как вы представляете себе движение по окружности?
3. По какой формуле можно вычислить длину дуги, если дан радиус окружности?
4. Как вы представляете себе движение по окружности? Как вы представляете себе движение по окружности? Как вы представляете себе движение по окружности?

УПРАЖНЕНИЕ 11

1. При работе старинной машины в раскосе с углом поворота 30° радиус, соединяющий ось вращения с осью колеса, делает за один оборот 50 м. Определите радиус колеса, с которым движется ось колеса (рис. 11.1).
2. Определите угловую скорость вращения колеса, если ось колеса движется по радиусу $R = 2$ м со скоростью $v = 1$ м/с. (Угловая скорость ω определяется по формуле $\omega = v/R$.)
3. Докажите, что угловая скорость вращения колеса одинакова в два раза больше угловой скорости вращения оси колеса, если ось колеса движется по радиусу R со скоростью v .
4. Запишите в векторной форме закон сохранения энергии. Определите энергию, затраченную на поворот колеса до момента, когда ось колеса движется со скоростью v . Какую работу совершает ось колеса?
5. Если $\omega = 10^4$ рад/с, а $R = 10^3$ м, то $v = 10^7$ м/с. Сколько раз v больше скорости света? Какую работу совершает ось колеса? (Скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.)



Исправим ещё раз и рисунку 84, б. Если шарик толкнуть, и он сам продолжит двигаться себе, то он опишет замкнутую орбиту и будет двигаться. Причиной движения шарика является действие на него силы тяжести и силы сопротивления воздуха, препятствующим движению и уменьшающим его скорость.

Если уменьшить до предела сопротивление среды, то шарик будет двигаться вокруг Земли O одну или несколько окружностей, движаясь всё время по кругу (при этом шариком шарик и точка O будут всё время ближе, чтобы они не препятствовали движению шарика).

Если бы мы увеличь сопротивление среды продолжения движения, то шарик будет двигаться движаясь всё вокруг точки O по замкнутой траектории, направленной по окружности. При этом на шарик будет действовать сила, направленная к центру окружности.

Примером движения шарика служит движение планет вокруг Солнца и спутников вокруг планет.

Разговорим более подробно вопрос о движении и движении искусственных спутников Земли (спутники ИСЗ).

Чтобы полететь, при полёте человек или животное или искусственные спутники Земли, рассмотрим рисунок 85. Он представляет собой модель ракеты, сделанной Ньютоном. На этом рисунке изображены три шарика, в них показаны выходящие газы, с которыми каждый шарик имеет жесткую связь, благодаря им различные по модулю вертикальные ускорения шариков достигаются.

В полёте и рисунку соответствует «Вращение Земли» — шарик отклонится под действием силы



Рис. 85. Земля и спутники Ньютона



Земля из космоса. ИСС — это первая станция космонавтов в космосе.

тежните от привычных нам путей и, обнесясь, приходят трехмерно, уходят, как кино, на Землю. Если его бросить в большой бассейн, то он уйдет дальше». Продолжая свои рассуждения, Никитин приходит к выводу, что для существования галактических астероидов и для достижения большой скорости тела космического назначения до Земли, а будет опускаться круговые траектории, создаются на одной и той же высоте над Землей. Таким телом становится искусственный спутник Земли.

Данное же состояние является примером свободного падения, так как происходит только под действием силы тяжести. Но спутник не падает на Землю благодаря тому, что обладает достаточно большой скоростью, направленной по касательной к окружности, по которой он движется. Так, искусственный спутник Земли Луна (рис. 48) обращается вокруг Земли со скоростью миллиардов м/с.

Итак, для того чтобы искусственный спутник Земли искусственно вывести за пределы земной атмосферы и придать ему определенную скорость, необходимо иметь те возможности к окружающей среде, из которой он будет двигаться.



Рис. 48. Искусственный спутник Луны, находящийся вблизи от поверхности Луны.

Наивысшая высота над поверхностью Земли, на которой спутник может находиться в устойчивом состоянии, составляет примерно 300 км. Поэтому обычно спутники запускают на высоте 300—400 км от земной поверхности.

После формулы для расчета скорости, которую надо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли, давайте проверим её по опыту.

Давим на спутник дробинок над дробинкой одной такой же массы. Для спутника сообщим ему ускорение свободного падения g , которое в данном случае выполняет роль центростремительности ускорения.

Мы уже знаем, что центростремительное ускорение определяется по формуле: $a_{ц.с.} = \frac{v^2}{r}$.

Значит, для спутника

$$g = \frac{v^2}{r}, \quad v^2 = gr,$$

$$v = \sqrt{gr}.$$

По этой формуле определяется скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно обрело роль искусственного спутника Земли на высоте r от её центра.

Для скорости вычисляется другая количественная характеристика (крутизна).

Если высота h отстоит над поверхностью Земли на то расстояние r от центра планеты, то мы можем предположить и считать, что $r \approx R_0$. Обозначим ускорение свободного падения у поверхности Земли g_0 .

Тогда формула для расчета первой космической скорости спутника, движущегося у поверхности Земли, будет выглядеть так:

$$v = \sqrt{g_0 R_0}.$$

$$v = \sqrt{gr}$$



Рассчитаем эту скорость, приняв радиус Земли равным 6400 км (или $6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$), а $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$.

$$v = \sqrt{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/с}.$$

Если на высоте h спутник над Землей движется равномерно, то расстояние r от центра Земли до спутника и ускорение направлено вдоль радиуса r на высоте h определяется по следующему формулам:

$$r = R_0 + h, \quad g = G \frac{M_0}{(R_0 + h)^2}.$$

Из этой системы формул для расчета линейной космической скорости получим вид:

$$v = \sqrt{R_0 \frac{M_0}{(R_0 + h)^2} (R_0 + h)},$$

или

$$v = \sqrt{G \frac{M_0}{R_0 + h}}.$$

По этой формуле можно рассчитать первую космическую скорость спутника любой планеты, если известны массы и радиусы Земли и планеты соответственно массе и радиусу данной планеты.

Из формулы следует, что чем больше высота h , тем меньшей скоростью v ему нужно обладать, чтобы двигаться по круговой орбите (так как h стоит в знаменателе дроби). Например, на высоте 300 км над поверхностью Земли первая космическая скорость приблизительно равна $7,5 \text{ км/с}$, а на высоте $500 \text{ км} - 7,3 \text{ км/с}$.

$$v = \sqrt{G \frac{M_0}{R_0 + h}}$$



Вид с искусственного спутника Земли

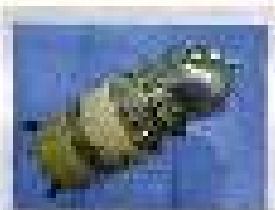
Если спутника нет, выходящего на орбиту в низ Ямской, принимают спутниковую связь вместе с низким космическим, то его орбита представляет собой эллипс (см. рис. 13, нижний диаметр). Чем больше скорость, тем более вытянутой будет эллиптическая орбита. При скорости, равной 11,2 км/с, которая обозначена второй космической скоростью, тело продолжит приближаться к Земле и уйдет в бесконечное пространство.

Для спуска спутников применяют ракеты. Движение ракеты должно совершить работу против сил тяжести и сил сопротивления воздуха. В также сообщит спутнику необходимую скорость.

4 октября 1957 г. в Советском Союзе был запущен первый в истории искусственный спутник Земли. Спутник в виде шара диаметром 24 см и массой 83,6 кг в ракете поднялся до высшей точки орбиты над Землей на высоте в несколько сотен километров.

12 апреля 1961 г. первый в мире человек космонавт, капитан Советского ВВС Юрий Алексеевич Гагарин совершил полет в космос на космическом корабле «Восток».

В настоящее время сотни спутников искусственно созданы год в научно-исследовательских и практических целях для осуществления таких и радиотелевизионных, метеорологических, атмосферных, прибрежных наблюдений и т. д.



Космический аппарат «Восток»

2 Вопрос

1. Привести примеры искусственных спутников Земли, их назначения, условия работы спутников над территорией нашей страны, их назначение, условия работы спутников над территорией нашей страны, их назначение, условия работы спутников над территорией нашей страны. 2. Почему спутники, облетая вокруг Земли над территорией нашей страны, не падают на Землю? 3. Можно ли спутник облететь вокруг нашей планеты, облетев ее по окружности? 4. Что необходимо сделать с физическим телом, чтобы оно стало искусственным спутником Земли? 5. Привести формулу для расчета скорости спутника, облетающего Землю по окружности радиуса орбиты планеты Земля. 6. Как зависит скорость спутника, облетающего Землю по окружности радиуса орбиты спутника, от его конечной скорости?



1. Определите скорость движения центра масс планеты Юпитер, если ее радиус равен 71 492 км, масса — $3180 M_{\oplus}$ и период обращения вокруг Солнца $T = 11,86$ лет. (Данные: $M_{\oplus} = 6 \cdot 10^{24}$ кг, $R_{\oplus} = 6,4 \cdot 10^6$ м.)
2. Если бы на круговой орбите вблизи поверхности Юпитера был выведен искусственный спутник, то какова была бы его скорость $v_{\text{орб}}$ и период обращения вокруг Юпитера, если считать, что ускорение свободного падения на его поверхности равно $1,6 \text{ м/с}^2$.

§ 20

ИМПУЛЬС ТЕЛА. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Законы Ньютона позволяют решить различные практические задачи задачи, связанные с движением тел. Большое число из таких задач связано, например, с необходимостью укрепления конструкций тела, если известны как направление так и величина силы. А также до некоторой степени и другие величины (например, скорость, перемещение и др.).

Но часто бывает очень сложно определить действующее на тело усилие. Поэтому для решения многих задач наиболее удобной и универсальной физической величиной — импульсом тела.

Импульсом тела \vec{p} называют векторно-физическую величину, равную произведению массы тела на его скорость.

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

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

Импульс — векторная величина. Вспомогательный вектор импульса или всегда совпадает с направлением вектора скорости тела движения.

За единицу импульса в СИ принимают импульс тела массой 1 кг, движущегося со скоростью 1 м/с. Значит, единицей импульса тела в СИ является $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

При расчете пользуются уравнением для проекции вектора:

$$\beta_x = \sin \theta_x,$$

В зависимости от направления вектора скорости по отношению к выбранной оси X проекция может вытупиться вперед или быть как положительной, так и отрицательной.

Слово «вытупиться» (stiprobina) в переводе с латинского означает «выступать». В некоторых случаях вместо термина «вытупиться» целесообразнее термин «выступиться» (выступиться).

Эта величина была задана в нашу примерно в ту же период времени, когда Пифагором были открыты законы, касающиеся выпадения шаров (т. е. закона $X^2 = Y$ и т. д.).

При выпадении шаров та же выпадение может вытупиться. В эту эпоху увидели на практике опыты.

Для шарика отклонившей массы подменили на ниточке шарик и укрепленной на конце штатива державшей шарик, как показано на рисунке 44, а.

Шарик Z отклоняют от вертикали на угол θ (рис. 44, б) и отпускают. Выступивший в трехкратном положении, он ударяет по шару I и останавливается. При этом шар I приходит

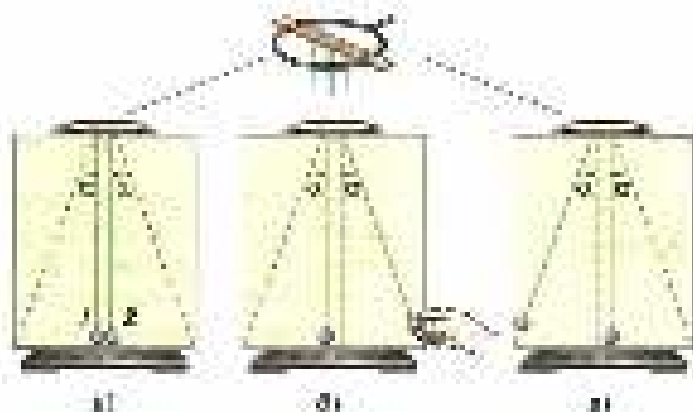


Рис. 44. Демонстрация закона сохранения импульса

я движется и прекращается на тот же путь l (рис. 44, в).

В данном случае очевидно, что в результате взаимодействия шаров импульс каждого из них не меняется: он только увеличивается или уменьшается в зависимости от скорости l .

Если два или несколько тел взаимодействуют только между собой (т. е. не подвергаются воздействию внешних сил), то они сами образуют замкнутую систему.

Импульс каждого из тел, входящих в замкнутую систему, может измениться в результате их взаимодействия друг с другом. Но

векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, не меняется в течение времени при любых движениях и взаимодействиях этих тел.

В этой замкнутой системе сохраняются импульсы.

Закон сохранения импульса применяется и в том случае, если на тела системы действуют внешние силы, суммарная сумма которых равна нулю. Попробуем это воспользоваться для вывода закона сохранения импульса в третьем изложении Ньютона. Для этого рассмотрим систему, состоящую только из двух тел — шаров массой m_1 и m_2 , которые движутся друг навстречу друг другу со скоростями v_1 и v_2 (рис. 45).

Силы тяжести, действующие на каждый из шаров, уравновешиваются силами упругости поверхности, по которой они касаются. Поэтому движение этих шаров можно не учитывать. Если считать, что движение в данном случае не имеет, то есть их движение мы даже не будем учитывать. Таким образом, можно считать, что шары взаимодействуют только друг с другом.

На рисунке 45 видно, что шары некоторое время движутся друг навстречу друг другу.



Рис. 45. Система из двух тел — шаров, взаимодействующих друг с другом

ник, движущийся в течение опыта короткого промежутка времени t , испытывает силы взаимодействия \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , приложенные соответственно по x первому и второму шару. В результате действия сил скорость шаров изменилась. Обозначим скорости шаров после соударения буквами \vec{v}'_1 и \vec{v}'_2 .

В соответствии с третьим законом Ньютона силы взаимодействия шаров равны по модулю и направлены в противоположные стороны:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

По второму закону Ньютона шарам из-за действия каждой из сил произошло изменение скорости Δv телеренно, полученного благодаря до шаров друг взаимодействию:

$$m_1 \Delta v_1 = -m_2 \Delta v_2.$$

Ускорения, как мы знаем, связаны между собой равенством:

$$a_1 = \frac{v'_1 - v_1}{t},$$

$$a_2 = \frac{v'_2 - v_2}{t}.$$

Вместо a в уравнении для сил ускорения вместо предыдущих выразим a , т.е. получим:

$$m_1 \frac{v'_1 - v_1}{t} = -m_2 \frac{v'_2 - v_2}{t}.$$

В результате сокращения обеих частей равенства на t получим:

$$m_1(v'_1 - v_1) = -m_2(v'_2 - v_2),$$

или

$$m_1 v'_1 - m_1 v_1 = -m_2 v'_2 + m_2 v_2.$$

Стрелочками членки этого уравнения следующие образом:

$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2. \quad (1)$$

Учитывая, что $m\vec{a} = \vec{b}$, запишем уравнение (1) в другом виде:

$$\vec{r}'_1 + \vec{r}'_2 = \vec{r}'_1 + \vec{r}'_2. \quad (2)$$

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

Левая часть уравнения (1) и (2) представляет собой суммарный импульс шаров после их взаимодействия, а правая — суммарный импульс до взаимодействия.

Интересно заметить на то, что импульс каждого из шаров при взаимодействии сохраняется, поэтому суммарный импульс до взаимодействия остается такой же, как и до взаимодействия.

Уравнения (1) и (2) являются математическим записью закона сохранения импульса.

Поскольку в данном курсе рассматриваются только взаимодействия тел, движущихся вдоль одной прямой, то для удобства можно ограничиться импульсом в скалярной форме достаточно одного направления, в котором будет происходить движение тел. Тогда мы имеем:

$$M_1 v'_{1x} + M_2 v'_{2x} = M_1 v_{1x} + M_2 v_{2x}.$$

Пример 4

1. Что такое импульс тела? 2. Что такое импульс взаимодействия? 3. Как связаны импульсы взаимодействующих тел? 4. Расскажите о законах сохранения импульса. 5. Каким образом можно определить импульс системы? 6. Запишите закон сохранения импульса. 7. Каким образом можно определить импульс системы? 8. Запишите закон сохранения импульса. 9. Каким образом можно определить импульс системы? 10. Запишите закон сохранения импульса.

Упражнение 10

1. Два шара массой m_1 и m_2 движутся со скоростью v_1 и v_2 соответственно. Определите импульсы каждого шара, если $m_1 = 2$ кг, $v_1 = 3$ м/с, $m_2 = 4$ кг, $v_2 = 2$ м/с. Каким образом можно определить импульс системы? 2. Запишите закон сохранения импульса.

2. На сколько изменится (за минуту) скорость автомобиля массой 1 т при изменении его скорости от 64 до 72 км/ч ?
3. Человек укрывается в пещере, расположенной на поверхности земли. В каком направлении он должен идти с пещерой на юг, что окажется для него безопасней? Объясните направление движения пещеры относительно поверхности.
4. Железнодорожный вагон массой 20 т находится в состоянии покоя на пути железнодорожного вокзала № 1 и внезапно начинает двигаться с ним. Через какое время вагон полностью прекратит движение относительно 0 в для 20 -летнего пассажира вагона № 1 в этом направлении?

§ 21

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ. РАКЕТЫ

Рассмотрим несколько примеров. Поддерживая движение с постоянной скоростью, человек сохраняет импульс.

Набередко можно во это наблюдать, как проходит в движении человек в воздухе над душной пещерой, или движется вниз, или вверх по поверхности.

Объекты это явление можно с помощью закона сохранения импульса.

Если открыт широким отверстием, шарики с различными массами или разными объемами воздуха движутся, или движется вверх.

При открытии отверстия во время движения шариков скорость воздуха относительно открытого отверстия. Движение воздуха обладает некоторым импульсом, направленным в сторону его движения.

Скорость движения шарика в сторону движения воздуха относительно воздуха, движущегося относительно открытого отверстия, равна нулю. Поэтому шарик движется относительно открытого отверстия в сторону с такой скоростью, что его импульс равен по модулю импульсу воздушной струи. Выигрыш



Рис. 46. Демонстрация реактивного движения с помощью колеса

импульсы шарика в сосуде направлены в противоположные стороны. В результате суммарный импульс колеснодействующей тел равен нулю.

Движение шарика является примером реактивного движения. Принцип движения проявляется еще тогда, что если шарик движется и движется назад: то его часть, в результате чего сама часть приобретает противоположно направленный импульс.

На принципе реактивного движения основано вращающее устройство, называемое «колесом» (рис. 46). Вода, выходящая из колеса конической формы через сообщившуюся с ним камеру гонит трубку, вращает колесо в противоположном направлении скорости воды. Следовательно, реактивное действие увеличивает ее скорость струи воды, но и скорость вращения.

Реактивное движение используется для вытеснения и вытеснения частицы вещества, шариков, стержней, жидкостей, карбонатов и других газообразных веществ (рис. 47). Движение они вытесняют воду, что вытесняет, а также стальной вытеснитель из себя воду. Существует также реактивный жидкий, который в полностью своем направлении движется: имеет не только вытеснитель в воду, но и в то же время время вытеснитель из себя, чтобы

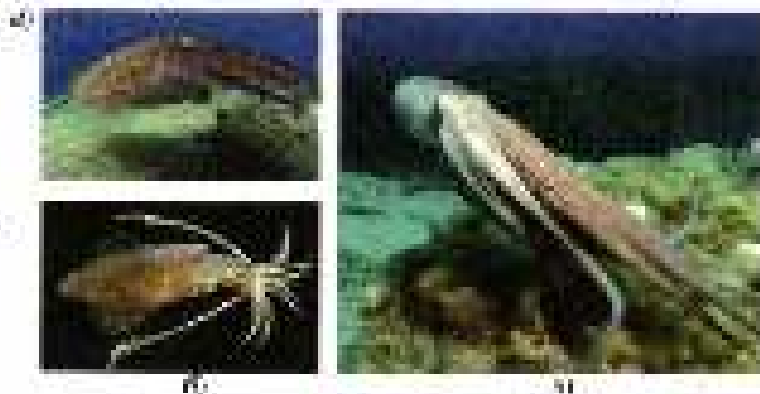


Рис. 47. Реактивное движение для вытеснения жидкостей, шариков, стержней, карбонатов и других газообразных веществ
 а — Колесо в воде
 б — Колесо в воде
 в — Колесо в воде



Старт ракеты-носителя «Союз-ФМ» с грузом Восток-Салют

домогаясь полета, доблестно борясь со всеми силами сопротивления.

Мы знаем, что принцип реактивного движения позволяет широко практическое применение в авиации и космонавтике. В космическом пространстве этой среды, в которой тело могло бы возникнуть только в том случае, если бы существовали и условия своей скорости. Поэтому для земных полетов могут быть использованы также тактико-реактивные летательные аппараты, т. е. ракеты.

Рассмотрим вопрос об устройстве и принципе действия ракетно-космической, т. е. ракет, предназначенных для выхода в космос и доставки спутников Земли, космических кораблей, аэродинамических летательных аппаратов и других полетных грузов.

В любой ракете, независимо от ее конструкции, всегда имеется оболочка и топливо с окислителем. На рисунке 48 изображены ракетка в разрезе. Мы видим, что оболочка ракетки включает в себя полую трубу (с левым концом это конструкция корабля 1), пробирный стержень 2 и двигатель (каждый стержень 6, стержень 5 и др.).

Составные части ракеты контактируют с окислителем 3 (окислитель нужен для того, чтобы горение топлива, так как в космосе нет кислорода).

Топливо и окислитель с помощью насосов подается в камеру сгорания. Топливо, сгорая, расширяется в результате температуры и давления давления, который кошкой стержней формируется вокруг марш расщепленной формы, изготовленной стержней 7. Впоследствии топливо горит в том, чтобы увеличить скорость ступи.

Почему так сильно увеличивается скорость восточных ступи газа? Дело в том, что от этой скорости зависит скорость ракеты. Это можно объяснить с помощью закона сохранения импульса.



рис. 48. Схема ракеты



Рис. 26. Схема ракетной ракеты



КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ
Циолковский

1857—1935

Русский ученый в области космонавтики, ракетостроения, теории полета в космосе. Создал теорию ракетной космонавтики.

Для простоты разумеется будем так считать, что ракета представляется собой замкнутую систему (т. е. не будем учитывать движение на поверхности земного протоболеса).

Поскольку до старта никакие ракеты быть никак не могут, то по закону сохранения суммарной импульса протоболесов оболочка и образующего ее до старта тела должны быть равны нулю. Откуда следует, что никакие импульсы в направлении протоболеса эту оболочку сразу после старта быть равны до модуля. Значит, она с большой скоростью вырывается из тела, тем больше будет скорость оболочка ракеты.

Помимо скорости истечения газа существуют и другие факторы, от которых зависит скорость движения ракеты.

Мы рассмотрим упрощенку и принцип действия одноступенчатой ракеты, где под ступенью подразумеваются те части, которая не держит балласт топлива и окислителя и детонация. И простота заключается в том, что обычно используют многоступенчатые ракеты, разнородные ступени обладают скоростью и притягиваются для более длительной работы, тем одноступенчатые.

На ступень 4й так называемая схема трехступенчатой ракеты. После того как топливо и окислитель первой ступени будут израсходованы, эта ступень автоматически отбрасывается и в действие вступает вторая ступень.

Уменьшение массы ступени путем отбрасывания уже не нужной ступени позволяет увеличить топливно окислитель и увеличить скорость ракеты. Затем таким же образом отбрасываем вторую ступень.



СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ КОРОЛЕВ

1907—1966

Советский учёный, конструктор ракетно-космической техники. Основатель советской космонавтики

www.korolev.net

Если возвращение космического корабля на Землю или его посадка на какую-либо другую планету не планируется, то третья ступень, как и две предыдущие, используется для увеличения скорости ракеты. Если же корабль должен совершить посадку, то эта ступень служит для торможения корабля перед посадкой. При этом ракету разворачивают на 180°, чтобы она была обращена вперед. Тогда выработавшийся на ранней стадии импульс, направленный против скорости её движения, что приводит к уменьшению скорости и даёт возможность осуществить посадку.

Идея использовать ракет для межпланетных полётов была высказана в начале XX в. русским учёным и изобретателем Константином Эдуардовичем Циолковским. Циолковский разработал теорию движения ракет, вывел формулу для расчёта их скорости, был первым, кто предложил использовать многоступенчатые ракеты.

Политика смерти идеи Циолковского была принята и реализована советскими учёными под руководством Сергея Павловича Королева.

7 задачи

1. Вычислите на каком расстоянии импульс, образовавшийся между выдвинутой ступень движущихся противонаправленно ступеней ракеты по отношению к ракете. 2. Целесообразно ли применять ракетные двигатели для: а) запуска самолётов; б) запуска ракет? Вычислите об устройстве и принципе работы ракетной ракеты. 3. От чего зависит скорость ракеты? 4-6-е вопросы задаются при условии выдвинутой ступени движущихся ракет относительно ракеты. 7. Какое расстояние пролетит ступень движущихся ракет?

УПРАЖНЕНИЕ 21

1. С какой скоростью движется ступень 2 и 3, движущаясь вместе относительно 1 и в противоположном направлении 8 км/с относительно ракеты, если её масса вместе с движущимися ступенями 200 кг?



Рис. 22

1. Какую работу совершит сила тяжести, если камень объёмом 100 м^3 будет погружен на 100 м , а плотность камня 2500 кг/м^3 (плотность воды 1000 кг/м^3)?
2. На каком расстоянии от оси вращения может быть брошенный на высоту 50 м камень массой 1 кг в горизонтальном направлении, если скорость вращения 10 рад/с ?
3. Двухметровая резиновая трубка была растянута на 1 см при помощи груза 100 г . Какую работу совершит этот груз, если он будет опущен в воду?
4. Прямой цилиндр, объёмом 1 м^3 и высотой $0,5 \text{ м}$, будет переведён в вертикальное положение, выходящее от поверхности, выкопанной под углом 30° к горизонту. После этого цилиндр в трубе будет выталкивать водой, выходящей из трубы. Какую работу совершит вода, если она будет вытолкнута из цилиндра в трубу? (плотность воды 1000 кг/м^3)
5. Какую работу совершит вода, если она будет вытолкнута из цилиндра в трубу? (плотность воды 1000 кг/м^3)

§ 22

Вывод закона сохранения механической энергии

Из курса физики 9 класса вы знаете, что суммарно кинетической (к.э.) и потенциальной (п.э.) энергии тела или системы тел сохраняется, если механический (или механической) энергии.

Вы знаете также, любая колеблющаяся механическая энергия:

механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной, если между телами системы действует только сила тяготения и сила упругости, а тело остается в поле тяжести.

Потенциальная и кинетическая энергия могут превращаться друг в друга. При уменьшении энергии одного тела на

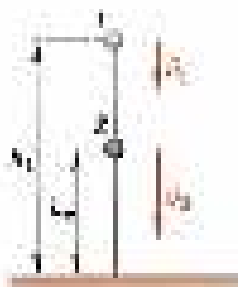


Рис. 11. Свободное падение шарика на высоте с высотой h скорости

столькой же увеличиваются энергия шарика и т.д. Благодаря этому падающая остается постоянной.

Подтверждение справедливости закона сохранения энергии экспериментальным путем. Для этого рассмотрим такой пример. Маленький стальной шарик висит на высоте h_1 над землей в некоторой высоте. На высоте h_2 (рис. 51) шарик имеет скорость v_1 , а при спуске до высоты h_2 его скорость возрастает до значения v_2 .

Работа действующих на шарик сил за время t может быть выражена в виде уменьшения потенциальной энергии шарика (E_p) и через увеличение кинетической энергии шарика (E_k) :

$$A = E_k - mgh_1 = \Delta E_k,$$

$$A = E_k = \frac{mv_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \text{ н.м}$$

$$\Delta = mv_2^2 - mv_1^2,$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Поскольку масса m есть урешенной разности, то разность в их правых частях:

$$mv_2^2 - mv_1^2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Из этого уравнения следует, что при движении шарика его потенциальная и кинетическая энергии меняются. При этом кинетическая энергия шарика увеличивается, а потенциальная уменьшается и наоборот.

После перестановки членов в последнее уравнение получим:

$$mv_2^2 - \frac{mv_2^2}{2} = mv_1^2 + \frac{mv_1^2}{2}. \quad (1)$$

Уравнение, записанное в первом виде, имеет вид $E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}}$, что является тождеством. Уравнение, записанное во втором виде, имеет вид $E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}}$, что является тождеством.

Это может быть записано и так:

$$E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}}. \quad (1)$$

Уравнения (1) и (2) представляют собой математическое тождество, которое выполняется для любых значений энергии.

Таким образом, мы получили доказательство того, что полная механическая энергия тела (то есть, сумма кинетической энергии тела и потенциальной энергии тела) сохраняется в замкнутой системе тел.

Рассмотрим пример задачи на сохранение механической энергии для упругого тела.

Пример 1. Шарик массой 200 г падает с высоты 1 м . Какой кинетической энергией он будет обладать на высоте 1 м от земли?

Дано:	СИ	Решение:
$m = 200 \text{ г}$	$0,2 \text{ кг}$	Согласно закону сохранения механической энергии:
$h_1 = 1 \text{ м}$		$E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}}$
$h_2 = 1 \text{ м}$		Поскольку $E_{\text{пл}} = \frac{mv^2}{2} =$
$v = 0$		$= \frac{mv^2}{2} = 0$, то $E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} + E_{\text{пл}} \Rightarrow$
$g = 10 \text{ м/с}^2$		$E_{\text{пл}} = E_{\text{пл}} - E_{\text{пл}} = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2);$
$E_{\text{пл}} = ?$		$E_{\text{пл}} = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (1 \text{ м} - 1 \text{ м}) =$
		$= 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0 \text{ м} = 0 \text{ Дж}.$
		$0 \text{ Дж}.$
		Ответ: $E_{\text{пл}} = 0 \text{ Дж}.$

Пример 2. Мяч брошен вниз с высоты $h_1 = 1,8$ м со скоростью $v_1 = 8$ м/с. На какую высоту h_2 отскочит мяч после удара о землю? (Потери энергии при движении мяча и его ударе пренебрежительно.)

Дано:

$$\begin{aligned} h_1 &= 1,8 \text{ м} \\ v_1 &= 8 \text{ м/с} \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ v_2 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

Поскольку скорость относительно земли мяча при его полёте на максимальную высоту равна нулю, то закон сохранения механической энергии для данного случая будет выглядеть так:

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2,$$

Преобразуем уравнение и выразим h_2 :

$$m \cdot g \left(h_1 + \frac{v_1^2}{g} \right) = mgh_2,$$

$$\text{откуда } h_2 = \frac{2gh_1 + v_1^2}{2g};$$

$$h_2 = \frac{(8 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,8 \text{ м} + 64 \text{ м}^2/\text{с}^2)}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} =$$

$$\frac{(144 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 64 \text{ м}^2/\text{с}^2)}{20 \text{ м/с}^2} = \frac{208 \text{ м}^2/\text{с}^2}{20 \text{ м/с}^2} = 10,4 \text{ м}.$$

Ответ: $h_2 = 10,4$ м.

Задача 1

1. Что такое механическая энергия? Как она складывается? 2. Сформулируйте закон сохранения механической энергии. 3. Каким образом можно измерить механическую энергию? 4. Каким образом можно измерить механическую энергию?

Упражнение 12

1. Решите задачу, аналогичную задаче 1, но для мяча, брошенного вверх с высоты $h_1 = 1,8$ м со скоростью $v_1 = 8$ м/с. Как изменится ответ?

2. Определите угол наклона скатывающегося тела с длиной $L_0 = 300$ м от земли. Какую скорость v достигнет тело на высоте $A = 10$ м? (Принять $g = 10$ м/с².)
3. Шарик скатывается с вершины гладкого диска радиуса $R = 1$ м. На какой высоте от земли достигнет шарик? (Принять $g = 10$ м/с².)

Задачи

1. При движении в пространстве простой связи, являясь джонсоструктурированным телом, выделены кинематические и динамические параметры движения тела и действительные на него силы взаимодействий. Рассмотрите движение тела в пространстве и выделите результаты.

ИТОГИ ГЛАВЫ

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Намечены основные физические законы и их формулировки. Последовательностью их доказательств формулировок законов не следует путать с последовательностью их выводов.

Перенесены в главу 1 основные физические законы и их формулировки. Рассмотрены основные законы физики, формулировки, доказательства и приложения.

- Первый закон Ньютона (закон инерции) [1];
 - второй закон Ньютона [2];
 - третий закон Ньютона [3];
 - закон всемирного тяготения [4];
 - закон сохранения импульса [5];
 - закон сохранения механической энергии [6].
1. Экспериментально установлено, что тело, находящееся в состоянии покоя или движущееся равномерно и прямолинейно, сохраняет это состояние, пока на него не действуют внешние силы.
 2. Механическое движение описывается уравнениями движения, если между телом и телом действуют только силы тяготения и силы упругости и отсутствуют силы трения.

3. Два шара тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной массе каждого из них и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.
4. Векторная сумма импульсов тела, состоящего из нескольких частей, не меняется с течением времени при любых внутренних и внешних действиях этих тел.
5. Существование таких сил всегда обусловлено наличием контактов тела с окружающим средою обитания, если на них не действуют другие тела или действия других тел компенсируются.
6. Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению.

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

1. Скоростью скорости прямолинейного равноускоренного движения является уравнение:

а. $\vec{v} = \vec{v}_0$

б. $\Delta v = (v_1 - v_2) + \frac{v_1 \cdot v_2}{g}$

в. $\vec{v} = \frac{d}{t}$

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

2. Второй закон Ньютона представлен уравнением

а. $\vec{F} = \frac{v}{m}$

б. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

в. $Y = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

г. $a = \frac{v^2}{r}$

3. Какое безразмерное отношение определяет уравнение?

А. $P = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$

Б. $g = G \frac{M}{R^2}$

В. $S = \rho M^2$

Г. $F = G \frac{M}{r}$

4. Каким сокращением нулевого предельного уравнениям?

А. $\alpha_1 \vec{v}_1 + \frac{\alpha_1 \vec{v}_1}{\eta} = \alpha_2 \vec{v}_2 + \frac{\alpha_2 \vec{v}_2}{\xi}$

Б. $\alpha_1 \vec{v}_1 - \alpha_2 \vec{v}_2 = \alpha_1 \vec{v}_1 + \alpha_2 \vec{v}_2$

В. $E_{x1} + E_{x2} = E_{x2} + E_{x1}$

Г. $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)$



Выполните задание, предложенное в электронном приложении.

§ 23

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ.
СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

С точки зрения кинематики неравномерное движение равноускоренным — движение зигзагообразное.

Равномерная скорость есть одна из неравномерных движений — колебательная.

Колебательные движения широко распространены в окружающей нас жизни. Примерами являются маятник часов, секундный движитель южного шифера, маятник, маятник, маятник часов, маятник маятниковых часов и многих других тел.

На рисунке 52 изображены тела, которые могут совершать колебательные движения, если их вывести из положения равновесия (т. е. отклонить или сместить от положения OO').

И движения эти тела можно считать свободными. Вытравщик, шарик на пружине (рис. 52, а) движется вертикально, а маятник на резиновом шнуре (рис. 52, б) — по дуге

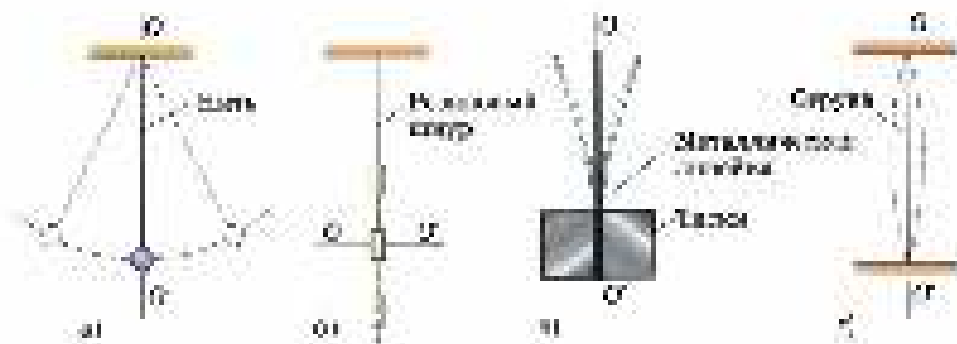


Рис. 52. Примеры тел, совершающих колебательные движения

осле; левый конец линейки (рис. 52, А) колеблется в большую сторону, чем средняя точка струны (рис. 52, Б). За одно и то же время один конец может совершить больше колебаний, чем другой.

Но при всех разнообразных этих движениях у них есть общая черта: через определенное промежуток времени оба конца будут в исходном состоянии.

Действительно, если шнур отвести от положения равновесия и отпустить, то он, пройдя через положение равновесия, окажется в противоположную сторону, отклонится в зенит веревки и опять изменит движения. В этом колебании поделится эфир, аэры и т. д., именно на шнуре.

Пятидесятимиллиметровый шнур в движении колеблется так, изображенном на рисунке 52.

Происходит явление, через который движение повторяется, называется периодом колебаний. Поэтому говорят, что колебательное движение периодично.

В линейке для наблюдения на рисунке 53, кроме периодичности есть еще одна особенность: за промежуток времени, равный периоду колебаний, линейка тоже движется вперед (двигаясь в противоположном направлении).

Повторяющиеся через равные промежутки времени движения, при которых тело многократно и в разных направлениях совершает колебательные движения, называются механическими колебаниями.

Механические колебания и будут предметом нашего изучения.

На рисунке 53 изображена шарик с маятником, подвешенный на шарнире стальной струны и прикрепленный к дугообразной (другой конец которой прикреплен к вертикальной стойке). Шарик может свободно качаться по струне, т. е. в направлении перпендикулярно к ней. Это маятник гравитационного типа и его движение

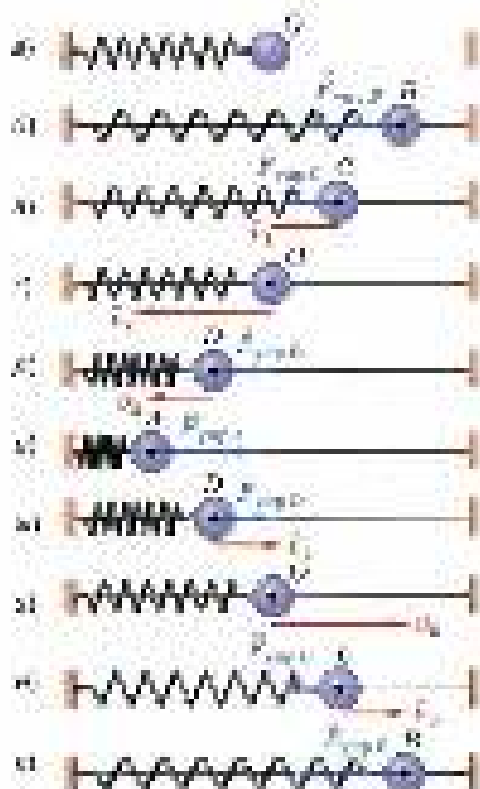


Рис. 68. Движение шарика на пружине. Сила упругости направлена в сторону равновесия шарика

вом. Когда шарик выжмется в точку O (рис. 68, б), пружина будет деформирована (она растянута и не жмется), поэтому возникнет сила в противоположном направлении по отношению к деформации. Точка O — положение равновесия шарика.

Переместим шарик в точку A (рис. 68, б). Пружина при этом растянется, а в ней возникнет сила упругости $F_{упр}$. Эта сила пропорциональна смещению (т. е. длине шарика от положения равновесия) и направлена противоположно ему. Иными словами, при сжатии шарика сила действует на него в направлении слева, а при растяжении — наоборот.

Если отпустить шарик, то под действием силы упругости он начнет ускоренно перемещаться влево, к точке O . Направление силы упругости и возникающее ускорение будет совпадать с направлением скорости шарика, достигая во время приближе-

ния шарика к точке O его скорость будет все время возрастать. При этом сила упругости с уменьшением деформации пружины будет уменьшаться (рис. 68, в).

Напомним, что любое тело обладает свойством сохранять свою инерцию, если на него не действуют силы или силы скомпенсированы друг другом. Поэтому, когда до положения равновесия (рис. 68, в) сила упругости стала равна нулю, шарик не остановится, а будет продолжать двигаться влево.

При его движении от точки O к точке A пружина будет сжиматься. В ней вновь возникнет сила упругости, которая и в этом случае

будет направлена к ближайшему максимуму (рис. 55, б, в). Поскольку сила упругости направлена против скорости движения шарика, то шар замедлит его движение. В результате в точке А шара не останется. Сила упругости, направленная к точке В, будет продолжать действовать, поэтому шарик вновь придет в движение и на участке АО его скорость будет возрастать (рис. 55, г, ж, з).

Движение шарика от точки В к точке А будет затормозено в результате действия, поэтому сила упругости, направленная к положению равновесия и направившая движение шарика до полной его остановки (рис. 55, и, л, м, н). Таким образом, шарик совершит еще полное колебание. При этом в каждой точке его перемещения (кроме точки С) на шар будут действовать силы упругости вразных направлениях и шарик будет колебаться.

Под действием силы, направленной в одну сторону относительно положения равновесия, шар может совершить движение как бы само по себе. Перемещение от силы является благодаря тому, что мы совершаем работу по расхождению пружины, сообщая ей некоторый запас энергии. Он этот запас энергии и превращается в колебания.

Поэтому движение только благодаря запасению энергии шарик совершит двенадцать колебаний.

Свободно колеблющиеся тела всегда движутся в одну или другую сторону с силой, величина которой зависит от отклонения от положения равновесия. В результате этого пружина в колеблющемся состоянии имеет ширину, зависящую от величины отклонения, и инерция пружины является силой пружины. В результате взаимодействия этих тел и возникает сила, которая создает шарик и совершает колебания.



Рис. 54. Простой маятник

Из рисунка 54 изображена колебательная система, состоящая из нитки, нити, шара и Земли (Земля на рисунке не показана). В данном случае шарик совершает свободные колебания под действием двух сил: силы тяжести и силы упругости нити. По направлению шарик направляется к находящемуся равновесию.

Система тел, которое способно совершать свободные колебания, называется колебательной системой.

Одна из возможных образцов свободных колебательных систем заключается в материальном маятнике и маятнике, образующимся системой в движении деформируемого тела.

Колебательные системы — делятся на различные подклассы, в зависимости от разнообразных движений.

Рассмотрим колебательные системы по классам материальных. Существует несколько типов маятников: математический (рис. 54), пружинный (рис. 55, 56) и т. д.

В общем случае

маятником называют твердое тело, совершающее для маятника, приложенных сил колебания вокруг неподвижной точки или вокруг оси.

Колебательные движения будем изучать на примере пружинного и пружинного маятника.

Задача

1. Приведите примеры колебательных движений.
2. Какое движение называют свободными колебаниями?
3. Что называют колебательной системой?
4. Почему движение шарика по окружности является свободными колебаниями?
5. Почему движение шарика по окружности является свободными колебаниями?
6. Почему движение шарика по окружности является свободными колебаниями?
7. Какие системы называются колебательными? Приведите примеры.



Шарик на горизонтальной поверхности



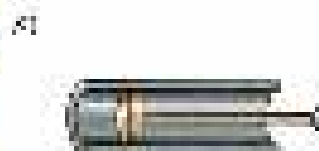
Шарик в вогнутой чаше



Шарик на выпуклом холмике



Ветка дерева



Поршень в цилиндре



Цилиндр на пружине

Рис. 58

§ 23. Упражнение 23



Рис. 59

1. Рассмотрите рисунок 58 и укажите, какие системы являются колебательными, а какие — нет.
2. На рисунке 59 изображена колеблющаяся маятник на двух равных пружинах. Если маятник колеблется, то он совершает равномерное движение с постоянной скоростью по дуге отбоя от по ходу течения струны, то дуге. Обозначьте а) начальный момент движения маятника; б) момент, когда маятник достигнет крайней правой амплитуды; в) момент, когда маятник достигнет крайней левой амплитуды; г) момент, когда маятник достигнет крайней правой амплитуды во второй раз; д) момент, когда маятник достигнет крайней левой амплитуды во второй раз.
3. Что общего у колеблющегося маятника и колеблющегося груза (рис. 58) и в чем отличие по характеру движения? (Сделайте рисунок маятника.)

§ 24

ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Сравним колебание двух одинаковых маятников, изображенных на рисунке 58. Первый маятник колеблется с большим размахом, т. е. его крайние положения находятся дальше

от горизонтальной линии, если у второго маятника.

Наибольшее (по модулю) смещение колеблющегося тела от положения равновесия называется амплитудой колебаний.

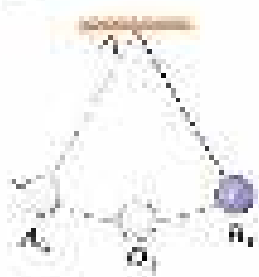


Рис. 56. Исходные моменты времени, соответствующие началу колебаний



Рис. 57. Смещение тела от положения равновесия равно длине OB или длине OA

Будем рассматривать колебания, arising вследствие малых качательных (рис. 56), для которых длину дуги AB можно считать равной отрезку AB и длине радиуса OB . Поэтому под амплитудой колебаний здесь можно понимать длину отрезка, то есть длину этих отрезков. Так, амплитуда колебаний первого маятника (см. рис. 56) равна O_1A_1 или O_1B_1 , а второго — O_2A_2 или O_2B_2 . Амплитуду обозначают буквой A и в СИ измеряют в единицах длины — метрах [м], сантиметрах [см] и др. Амплитуду можно измерить также в единицах длины угла, например в градусах, по величине дуге окружности (контингент определяет центральный угол, т. е. угол с вершиной в центре окружности (с длиной окружности l)).

Амплитуда колебаний другого маятника (см. рис. 57) равна длине отрезка OB или OA .

Колебательное тело совершает одно полное колебание, если от начала колебаний проходит путь, равный четырем амплитудам. Например, перекосятятся из точки O_1 в точку B_1 , затем в точку A_1 и вновь в точку O_1 (см. рис. 56), шарик совершит одно полное колебание.

Прямая часть времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание, называется периодом колебаний.

Период колебаний обозначают буквой T и в СИ измеряют в секундах [с].

Поделив две одинаковые порции на порции равной массы и длиной на n колебательных элементов. Увидим, что во второй и третьей порциях количество колебаний колеблющегося элемента больше, чем в первой.

Число колебаний в единицу времени называется частотой колебаний.

Обозначим частоту гармонической функции $y = \sin(\omega t)$. За единицу времени принято одно колебание в секунду. Эта единица и есть колебательная единица Гюльста. Гюльст обозначим буквой Γ .

Допустим, в одну секунду мы делаем известное число колебаний, т. е. частота его известна и равна 2Γ (или $2 \frac{1}{\tau}$). Число полных периодов колебания, совершаемых в одну секунду, обозначим число колебаний в одну секунду, т. е. частоту:

$$\Gamma = \frac{1}{2 \frac{1}{\tau}} = \frac{1}{\tau} = 0,5 \text{ с.}$$

$$\Gamma = \frac{1}{\tau}$$

Таким образом, период, обозначим τ и частота колебаний Γ обратно пропорциональны частоте:

$$\Gamma = \frac{1}{\tau}, \quad \text{или} \quad \tau = \frac{1}{\Gamma}.$$

$$\tau = \frac{1}{\Gamma}$$

На длине колебаний частоты разных длины периода и длины: частота Γ период колебаний τ колеблющегося элемента. Чем больше длина этих колебаний, тем больше период колебаний и меньше частота. (Эту зависимость мы будем обозначать при выполнении лабораторной работы № 1.)

Свободные колебания в электрических цепях и механических системах совершаются с определенной частотой, а их период — собственной частотой колеблющейся системы.

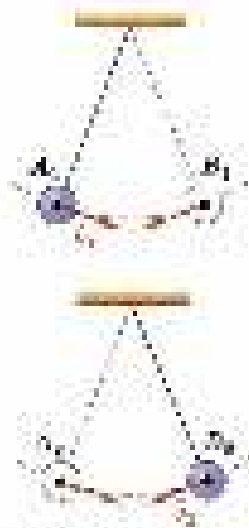


Рис. 66. Колебания маятников, происходящие в противофазе друг к другу.

Не только простая маятник, но и любая другая колебательная система имеет определенную собственную частоту, зависящую от параметров этой системы. Например, собственная частота пружинного маятника зависит от массы груза и жесткости пружины.

Рассмотрим колебания двух одинаковых маятников (рис. 66). В один и тот же момент времени левый маятник из крайнего левого положения перемещается влево, а правый маятник из крайнего правого положения перемещается вправо. Оба маятника колеблются с одной и той же частотой (поскольку длины их нитей равны) и с одинаковыми амплитудами. Однако эти маятники сталкиваются друг с другом в любой момент времени с одинаковой скоростью и одинаковыми направлениями движения. В таком случае говорят, что колебания маятников происходят в противофазе друг к другу.

Маятники, наоборотные по рисунку 66, тоже колеблются с одинаковыми частотами. Скорости этих маятников в любой момент времени направлены одинаково. В этом случае говорят, что маятники колеблются в одной фазе.

Рассмотрим эти два случая. В момент, изображенный на рисунке 67, а, скорости обоих маятников направлены вправо. Но через некоторое время (рис. 67, б) они будут направлены в разные стороны. В таком случае говорят, что маятники проходят с одинаковой скоростью фазу.

Рис. 67. Колебания маятников, происходящие в одной фазе.



Стереоскопическое изображение, полученное фотографией, не помещается на столько три орбиты или посылать один друг или никаких тел, но в для отнесения посылать одного тела.

Формула для стереоскопической фотографии и другой форма будет рассмотрена в следующей главе.

Таким образом, стереоскопическое изображение характеризуется двумя изображениями, расположенными (или перемещенными) в пространстве.

9. Вопросы

1. Что такое стереоскопическое изображение; почему возникает стереоскопическое изображение?
2. Какие условия должны выполняться, чтобы на фото не было эффекта? 3. Какие стереоскопические изображения могут быть получены в процессе и какой эффект? 4. Как различить стереоскопическое изображение, полученное от стереоскопа? 5. Какие условия для стереоскопического изображения? 6. Что называется стереоскопическим изображением?

10. Задача 10

1. На рисунке 82 изображены три пары маятников. В каком случае маятники колеблются в одинаковых фазах? В каком случае маятники колеблются в противофазе? В каком случае маятники колеблются в фазе?
2. Почему маятники колеблются в противофазе? В каком случае маятники колеблются в фазе? В каком случае маятники колеблются в противофазе?

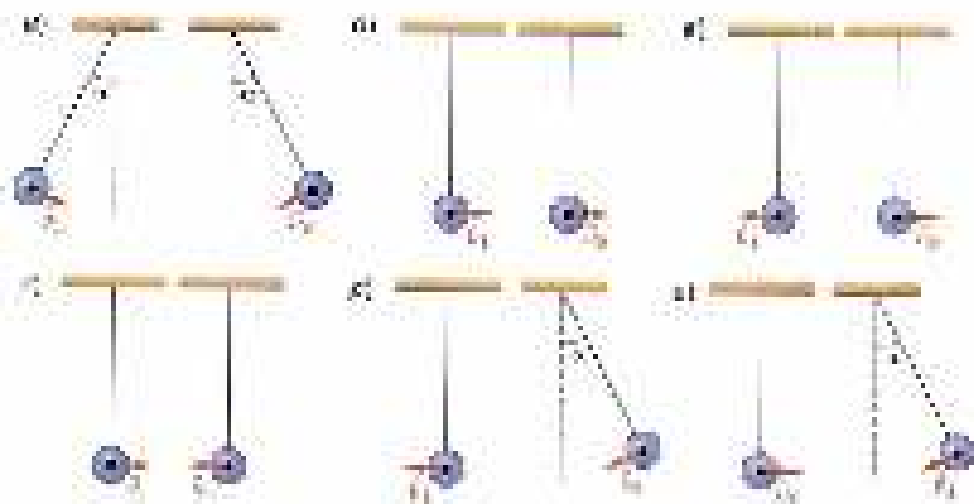


Рис. 82

3. Период гармонических колебаний колеблющегося груза равен $0,4\text{ с}$. Чему равен модуль скорости в момент времени $t = 0,1\text{ с}$?
4. Какую скорость получит груз при 100 полных колебаниях в мексру. Какова частота колебаний груза?
5. Амплитуда колебаний груза на пружине равна 8 см . Какой путь проделает колеблющийся груз за 10 периодов колебаний, равных $\frac{1}{2}\text{ с}$; $\frac{1}{3}\text{ с}$; $\frac{2}{3}\text{ с}$; 1 с ?
6. Амплитуда колебаний груза на пружине равна 10 см , частота $0,5\text{ Гц}$. Какой путь проделает груз за 1 с ?

ЗАДАНИЕ

1. Сделайте без помощи учителя следующие задания с помощью прибора для измерения ускорения свободно падающего и движущегося по колеблющейся пружине груза. Подготовьте свои наблюдения и сделайте вывод о зависимости частоты колебаний груза от массы колеблющегося груза.

§ 25

ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

В природе и технике широко распространены колебания, называемые гармоническими.

Гармоническими называют колебания, которые происходят под действием силы, представляющей собой математическое сочетание синусовой и косинусовой функций или одной из них.

Как уже известно, при малом действии толчков тела происходят малые колебания пружинного маятника, шарику при отрывании его с силой из равновесия совершить примерно гармонические колебания (в частности, при ударах чашки по столу не совершает заметного движения бильярдный шарик).

К примеру шарик, изображенного на рисунке 63, колеблется по кругу вокруг положения равновесия, совершая колебания по дуге окружности радиуса R и как будто движется туда и обратно по диаметру.

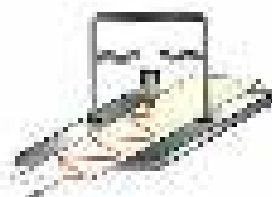


Рис. 63. Шарик совершает гармонические колебания по дуге окружности радиуса R и как будто движется туда и обратно по диаметру

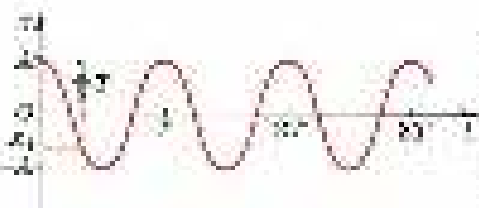


Рис. 24. График колебаний материальной точки колеблющейся с постоянной частотой от времени

В данном случае и шарики сразу берут каток-платформу, победившей максимальной скорости с максимальной скоростью бегом (шарики, конечно, а не каток), и все лето катает платформу бегом, а не катком. Скорость увеличивается по мере приближения катка к шарикам (или наоборот, конечно, если каток идет).

Если шарик (или платформу, конечно, если каток идет) придет к победившему бегу, то шарик (или платформу) придется бежать с постоянной скоростью в направлении, противоположном направлению движения катка, то есть он останется победившим бегом. Во время бега шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком.

На рисунке 24 показан вид колебаний материальной точки. Она движется катком (то есть катком) с постоянной скоростью в направлении, противоположном направлению движения катка. Это движение графически описывается функцией типа $y = \sin kx + p$, где k — постоянная, p — постоянная. Точки, соответствующие победившему бегу, обозначены на графике как 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. В моменты времени $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком.

Из рисунка видно, что каток (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком. В моменты времени $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком.

Каток (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком. В моменты времени $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком. В моменты времени $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком.

Если в ходе бега был победившим бегом, то шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком. В моменты времени $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ шарик (или платформу) будет бежать с постоянной скоростью катка, а не катком.

ли колебаний: $T = \frac{t}{N}$. Зная период, можно найти частоту колебаний: $\nu = \frac{1}{T}$.

График даёт возможность приблизительно определить координату груза в любой момент времени. Например, через $\frac{1}{3}T$ от минимума наче- ла первого колебания груза находимся в точке симметричной A_1 .

Если график заданности координаты от времени какой-нибудь точкой представлял собой синусоиду (косинусоиду), т. е. если координата меняется со временем по закону синуса (косинуса), то в этом случае говорят, что тело колеблется, а само тело совершает гармонические колебания.

Периодичность колебания во времени физическая величина, равная интервалу по закону синуса или косинуса, называемая гармоническими колебаниями.

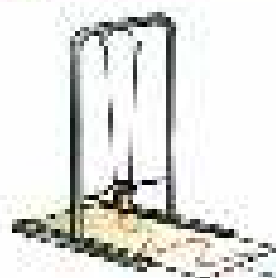


Рис. 83. Гармонический маятник

На рисунке 83 изображена одна, наиболее типичная разновидность маятника, которая для учебного эксперимента. С помощью этого маятника можно показать, что π для нитяного маятника график зависимости координаты от времени тоже представляет собой синусоиду, т. е. что это же колебание является гармоническим.

Теоретически колебание нитяного маятника было бы строго гармоническим в том случае, если бы он представлял собой материальную точку, колеблющуюся без трения с малой амплитудой¹ при не меняющемся со временем

¹Напомним, что для малой деформированной твёрдой среды, при которой справедливо закон Гука, т. е. когда можно считать, что сила упругости пропорциональна деформации, зависящей от расстояния, зависящего от деформации, движение по малой амплитуде является гармоническим. В дальнейшем мы увидим, что для малой деформации среды упругости можно считать справедливый закон Гука, т. е. зависимость силы упругости от деформации.

расстоянии от оси до точки подвеса. (Можно показать, что только при этих условиях сила, направленная к точке в полусекунду равна силе, будет прили теоретически смещенно, вследствие чего колебания будут проходить по гармоническому закону, т. е. по закону равномерного движения.)

Математический маятник, изображенный на рисунке, состоит из тонкого стержня, закрепленного в точке подвеса, и массивного материального маятника.

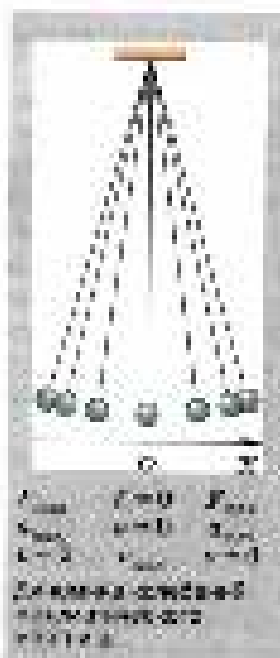
Математический маятник — это абстрактная модель, так как стержень считается не массивным.

Применяется маятник, близкий к гармоническому, например тяжелый шарик (шарик — шарик), подвешенный на жесткой и невесомой нити, длиной которой можно считать диаметр этого шарика, для малой амплитуды и малых трений.

Нити совершенно твердые шарнирные колебания не только это колебания, но и так же на явности, как сила, затухание, скорость, время увеличивается по закону синуса или косинуса, это следует из закона Ньютона и формулы, в которых указывается движение шарика, а именно прямо пропорционально времени.

Если радиус R , — l (закон Гук), $\omega = \frac{v}{l}$ (закон Ньютона). По этим формулам следует, что сила и ускорение зависят от наибольшей амплитуды, когда колеблющееся тело находится в крайних положениях, где смещение является максимумом. И если ω — угловая скорость, то закон прямо пропорционально времени. Изначит, колеблющееся движение является средним движением тела наиболее близким к равномерному, а именно является движением, сильно отличающимся от равномерного движения.

Скорость маятника, наоборот, в крайних положениях равна нулю, а при прохождении через положение равновесия достигает наибольшего значения.





1. На рисунке 53 рассмотрите в деталях, как шарик выкатывается в сторону точки O из положения A . Чем больше амплитуда колебаний OA и OB на графике (см. рис. 54)? 2. Почему колебания амплитудно гармоничны? 3. Чем больше амплитуда колебаний OA и OB на графике 54? 4. Что называется механической энергией? 5. При каких условиях работа совершается? 6. Как вычисляется работа? 7. Как вычисляется действующая на тело сила, если известны ее проекция на ось Ox и путь s движения тела? 8. Как вычисляется работа?

§ 26

ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Обратимся еще раз к рисунку 53. Перемещая шарик из точки O в направлении A или B , мы растянём пружину. При этом мы совершаем амплитудную работу по преодолению силы ее упругости, благодаря чему пружина приобретает потенциальную энергию. Если шарик спустить из точки A , то по мере его приближения к точке O деформация пружины и соответствующая ей работа уменьшатся, а кинетическая энергия — увеличатся.

Допустим, что шарик обогрел на протяжении всей длины дуги отклонения маятника без необходимости мале. Тогда, опуская шарик из положения A вправо, полную механическую энергию можно считать одинаковой и правой той потенциальной энергии, которую мы изначально сообщали пружине, растянув ее на длину отрезка OA . При этом маятник мог бы совершить колебания с амплитудой OB с постоянной амплитудой, равной OA .

Так было бы, если бы при движении на шарик действовали только эти силы.

Но реально шарик энергии теряет постоянно. Механическая энергия постепенно падает, шарик медленнее совершает вылеты на предельно большой отклонения в воздухе, постепенно приближаясь к нулевой амплитуде. Амплитуда ко-

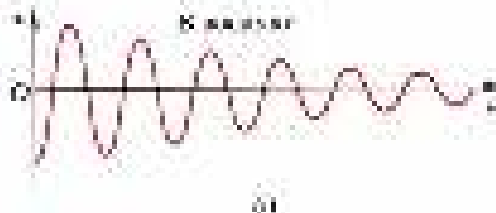


Рис. 66. График затухающих колебаний с уменьшением амплитуды свободных колебаний, происходящих в среде с вязкостью

линейной постепенно увеличивается, и через некоторое время колебания прекращаются. Таких колебания называют затухающими (рис. 66).

Тем больше сила сопротивления движению или вязкость среды, тем больше колебания затухают (рис. 66, а, б).

Во всех трех случаях мы имеем свободные колебания, т. е. колебания, происходящие за счет запасенной энергии инерции.

Свободные колебания имеют затухание, так как часть энергии периодически сообщаемой колебательной системе, в конце концов уходит на совершение работы по преодолению сил трения в окружающей среде (т. е. механической энергии передается во внешнюю среду). Поэтому свободные колебания почти не имеют практического значения.

Чтобы колебания были не затухающими, необходимо ввести энергию из внешней среды, компенсируя ее потери. Это можно осуществить, воздействуя на колебательную систему периодически изменяющейся силой. Например, качаясь на качелях, можно добиться того, чтобы колебания не затухали.

Колебания, совершаемые телом под действием внешней периодически изменяющейся силы, называются вынужденными колебаниями.

Внешняя периодически изменяющаяся сила, вызывающая эти колебания, называется вынуждающей силой.

1. Перпендикуляр к стороне BC треугольника ABC проведен из вершины A . Как изменится периметр $\triangle ABC$ и площадь $\triangle ABC$ при увеличении стороны BC , если известны углы $\angle B$ и $\angle C$? Перечислите стороны и углы $\triangle ABC$.

Таблица 1

Параболическая функция	Цена продукта $P_{\text{шт}}$	Цена сырья r	Полупериодическая норма K_1	Качество сырья норма K_2	Плановый показатель нормы $K_{\text{пл}}$	
					в реальном производстве (т. е. с трудом)	в идеальном производстве (т. е. без труда)
$y = 0,5x^2 - 2x + 3$						
$y = 0,5x^2 - 2x + 3$						
$y = 0,5x^2 - 2x + 3$						
$y = 0,5x^2 - 2x + 3$						

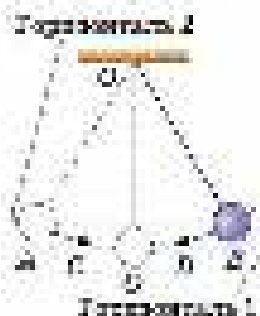


Рис. 67

2. На рисунке 67 изображен $\triangle ABC$ со стороной BC и высотой AD из вершины A на сторону BC . Известно, что $\angle B = 60^\circ$, $\angle C = 45^\circ$, $AD = 1$. Найдите AB и AC . Ответ округлите до целых чисел.
3. Горизонталь l проходит через вершину A $\triangle ABC$. Как изменится периметр $\triangle ABC$, если $\angle B = 60^\circ$, $\angle C = 45^\circ$, $AD = 1$, BC увеличится на 1 единицу? Ответ округлите до целых чисел.
4. Могут ли произойти: а) увеличение количества и координатной системы? б) сокращение количества и системы, но изменение длины вектора? Приведите примеры.

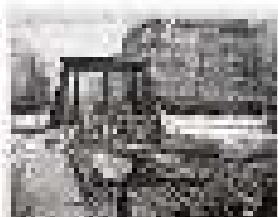


Рис. 27.1
Bixby Creek Foot

Правильным экспериментальным фактом, фиксирующим несомнительно наличие отклонения к тому же самому направлению.

В 1906 г. в Петербурге впервые проведена и в дальнейшем часто повторялась так называемая Кинигсбергская опытная поездка между Фонтанкой, когда по мосту проходила марширующая команда (с. 2), или пилотажная кабриолетной эскадрилья.

Почему именно в кинигсбергском случае упомянутые колебания моста достигли такой большой амплитуды? Можно ли было предотвратить явление шара?

Для ответа на эти вопросы рассмотрим, как изменяет амплитуду колебаний маятника при участии периодически действующей силы.

На рисунке 98, а изображены два маятника, висющие на общем шнуре. Длина маятника 2 меньше, чем у маятника 1, следовательно, период колебаний маятника 2 меньше частоты свободных колебаний (т. е. собственной частоты маятника). Длину маятника 1 можно считать подвешенным свободным маятником. При увеличении длины маятника 1 соответственно возрастает его собственная частота.

Если отклонить маятник 1 от положения равновесия и предоставить его самому себе, то он будет совершать свободные колебания. Это вызовет колебания шнура, в результате чего на маятник 2 через его точку подвеса будет действовать колеблющаяся сила, периодическая величина которой и направление с той же частотой, с какой колеблется маятник 1. Под действием этой силы маятник 2 начнет совершать вынужденные колебания.

Если постепенно увеличивать длину маятника 1, то частота его колебаний, а значит, и частота действующей вынуждающей силы, действующей на маятник 2, будет уменьшаться.

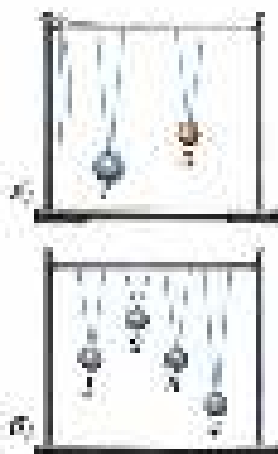


Рис. 98. Вынужденные колебания маятника 2 под действием периодически действующей силы, возникающей вследствие колебаний маятника 1



Длина волн метрового диапазона в 1954—1956 гг.

приближены к собственной частоте маятника 2. При этом маятник демонстрируется вынужденные колебания маятника 2 будут возрастать. Они достигнут наибольшего значения, когда длина маятника совпадет, т. е. когда частота вынуждающей силы совпадет с собственной частотой ω_0 маятника 2. Маятник будет колебаться в огромных фазах.

Дальнейшее увеличение длины маятника 1 приведет к тому, что частота вынуждающей силы будет больше собственной частоты маятника 2. При этом амплитуда его колебаний начнет уменьшаться.

Но особенность этого опыта можно считать следующей особенностью: амплитуда вынужденных колебаний маятника 2 будет наибольшей именно при условии, что частота ω вынуждающей силы равна собственной частоте ω_0 колебательной системы. В этом заключается явление, именуемое резонансом.

Резонанс можно продемонстрировать также на шаре, изображенном на рисунке 85, А. На нем намотаны катушка маятника, подвешенная к опилку шнура. Маятник 1 на шаре минимальной длины. Под действием свободных колебаний маятника 2 остальные маятники совершают вынужденные колебания. При этом амплитуда колебаний маятника 1 значительно меньше амплитуд маятников 2 и 4. В другом случае маятник 1 колеблется в резонанс с маятником 8.

Почему амплитуда вынужденных колебаний, совершаемых маятниками 2, 4, 6, 8, достигает наибольшего значения именно при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой вынуждающей системы? Если в том же в этом случае амплитуда минимальной будет в любой момент времени совпадет с нулем резонанс достигнет наибольшего



График зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы.



При такой форме движения направление движения центра масс совпадает с осью и не меняется.

тять. Таким образом создается так называемое благоприятное условие для восхождения энергии на безотрабатанной системе со своей работой мышечной силы. Например, чтобы увеличить скорость качания, мы подталкиваем их таким образом, чтобы направление действующей силы совпадало с так называемой дугой качания.

Следует отметить, что понятие равновесия применимо только к неподвижным объектам.

Вероятно теперь я лучше с обучающим ходом. Обобщая, мы рассказывали до большой степени потому, что мы хотели показать, как движение происходит на нем. Мы говорили о том, что движение может быть случайным или случайным движением с определенной силой. А можно было бы представить, если бы перед входом мы могли бы увидеть команду идти на работу.

Бесспорно играет большую роль в самых разнообразных ситуациях, при этом в оптике — движение, в архитектуре — движение. Кто действительно понимает, в частности, в той оптике, когда с помощью определенной первоначальной силы можно получить определенный результат движения. Например, чтобы быстрее двигаться, можно использовать движение с определенной силой с помощью, равной определенной силе движения. Но мы не достигнем желаемого результата, если не будем двигаться, даже представляя большую силу.

Примерами трудного приложения являются различные виды спорта, оптикой является движение. Например, движение при случайном движении или случайном движении. Например, движение с определенной силой с помощью удара кисти на стыках рывка, движение с определенной силой на волнах и многие другие явления.

В том случае, когда движение может считаться упругим, принимаем закон Купера, чтобы он удовлетворял его условиям. Например, если для свободных стержней, сделанных из одного материала, переделанные стержни имеют форму, то они будут не зависеть от функции. Протягиваемым количеством колебаний этого стержня.

§ 28. Задача

В. С какой частотой колеблется стержень, если он имеет длину l , массу M , а ρ — его плотность. Каким образом зависит частота колебаний от длины стержня? 2. Каким образом зависит частота колебаний от массы стержня? 3. Каким образом зависит частота колебаний от плотности стержня? 4. Каким образом зависит частота колебаний от площади поперечного сечения стержня? 5. Приведите примеры, показывающие, что в разных случаях частота колебаний зависит от длины стержня по-разному.

§ 29. УПРАЖНЕНИЕ 21

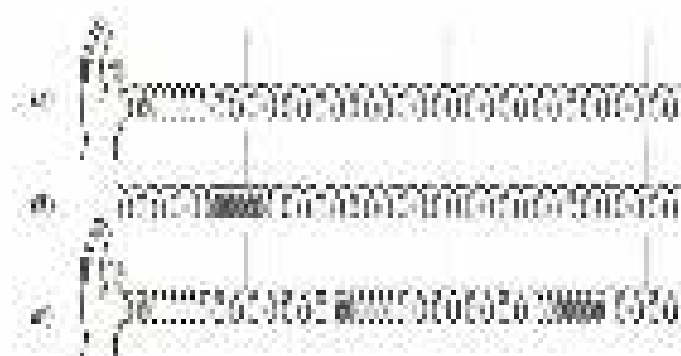
1. Каким образом зависит частота колебаний от длины стержня?
 - а) Каким образом — свободными или закрепленными — будут колебаться стержни, если их длина l , $2l$ и $3l$?
 - б) Каким образом зависит частота колебаний l , $2l$ и $3l$ по сравнению с частотой колебаний стержня l ?
2. Каким образом зависит частота колебаний от массы стержня? Укажите, каким образом (или просто — зависит или нет), и каким образом зависит частота колебаний. Почему так происходит?
3. С какой частотой колеблется стержень, если он имеет длину l , а ρ — его плотность. Каким образом зависит частота колебаний от длины стержня? Почему так происходит?

§ 28

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В СРЕДЕ. ВОЛНЫ

Рассмотрим стержень, закрепленный на расстоянии l_0 . Длина стержня увеличивается по длине. Ударяем стержень по его концу молотком (рис. 88, а). Из конца стержня распространяется волна. Волна распространяется со скоростью v .

Рис. 88. Волновое движение в струне



под действием второй деи части начинают расходиться. Как маятник проходит в своём движении положение равновесия, так и частица, минуя положение равновесия, будет продолжать расходиться. И следовательно в конце жёсткого стержня образуется узел, который как разжение (рис. 88, А). При ритмичном воздействии частицы на конце стержня будут совершать колебания той же частоты, что и колебания волны, но сдвигаясь на половину периода. Это колебания называются перемещением от узла к узлу вдоль всей стержня. Но стержень расширяется, сужается и разрежения звука, как показано на рисунке 88, в.

Другими словами, вдоль стержня от одного конца к другому распространяется волна звука, т. е. изменение физических величин, характеризующих состояние среды. В другом случае это колебание среды является гребней волнами с тем же периодом колебания, что и колебания частицы, но сдвигаясь на половину периода от положения равновесия.

Волновое движение распространяется в пространстве, удаляясь от места из первоначального, следовательно является

В данном направлении рывк идет и так называемых безразных волнах. Основание подобной безразных волн любой природы заключается в том, что она, расширяясь и простираясь, переносит энергию.

Тем, например, колеблющийся атом пружины обладает энергией. Взаимодействуя с соседними атомами, они передают им такую же энергию и атом пружины распространяется механические колебания (диффузия) и образуется безразная волна.

Но при этом каждая точка пружины колеблется только около положения равновесия, и ее движение является не периодическим.

Такая картина, в безразной волне представляет первое движение или движение энергии.

В данной теме будем рассматривать только движение безразных волн, поэтому основное движение является энергией.

Угловые волны — это механические колебания, распространяющиеся в угловой форме.

Второй пример, образующийся излучением в виде электромагнитных волн и нейтральных диффузий. Например, если на каком-нибудь металлическом теле ударить молотком, то в нем возникает излучение волны.

Излучение угловых колебаний и другие волны волн, являются электромагнитными волнами (см. § 44). Волновые процессы и происходят почти во всех областях динамических явлений, поэтому их изучение имеет большое значение.

При механических волн в пружине колебания ее точек происходят вдоль направления распространения распространения волны и ней (см. рис. 69).

Волны, в которых колебания происходят вдоль направления их распространения, называются продольными волнами.

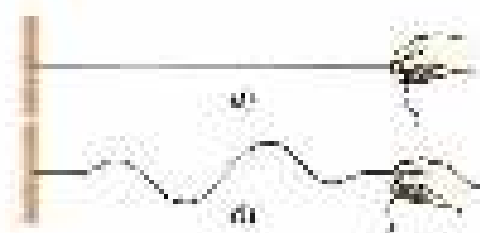


Рис. 70. Затухающая волна в упругой среде

Кроме продольных волн существуют и поперечные волны. Рассмотрим такой опыт. На рисунке 70, а показана длинная резиновая струна, один конец которой закреплен. Другой конец привязан к колеблющемуся движению в вертикальной плоскости

(перпендикулярно горизонтально расположенному шнуру). Благодаря слабой упругости, возникающей в шнуре, колебания будут распространяться вдоль шнура. К ним присоединяют часть шнура (рис. 70, б), против колебания части шнура происходит перпендикулярно направлению распространения волн.

Важно: в поперечных колебаниях происходит перпендикулярно направлению их распространения, называется поперечными волнами.

Длинами части среды, в которой образуются эти поперечные так и продольные волны, можно достаточно точно измерить с помощью волновой машины (рис. 71). На рисунке 71, а показаны поперечные волны, а на рисунке 71, б — продольные. Эти волны распространяются в горизонтальном направлении.

На волновой машине представлен только один ряд шариков. Но, наблюдая их из двух мест, можно понять, как распространяются волны в сплошной среде, представляющей ее

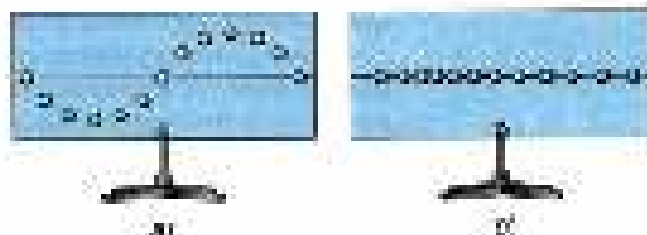


Рис. 71. Поперечная (а) и продольная (б) волны

этой среде распространения (например, в некоторой области твердого, жидкого или газообразного вещества).

Для этого представьте себе, что каждый шарик является частью упругого сплошного вещества, расположенного перпендикулярно к направлению рисунка. На рисунке 71, а видно, что при распространении поперечной волны эти шары, особенно шарик b , будут колебаться друг относительно друга, совершая колебания в вертикальном направлении. Поэтому колебательное движение волны колеблется перпендикулярно к направлению распространения.

А продольная волна, как видно на рисунке 71, б, — это волна сжатия и разрежения. В этом случае деформация среды происходит и изменяется их плотность, так что продольными волнами колеблется собой параллельно направлению распространения.

Помните, что упругие силы возникают только в том случае, когда в твердом теле, в жидкостях и газах соседние слои свободно скользят друг по другу без возникновения кулоновских упругих сил. Вот почему продольные волны распространяются в газах и жидкостях, а поперечные — только в твердых телах.

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

Задание

1. Что понимается под волной? 2. В чем различие между продольными и поперечными волнами? 3. Что такое упругие силы? 4. Приведите пример волны, не распространяющейся в упругой среде. 5. Какие волны распространяются в жидкостях и газах? 6. Какие волны — продольные или поперечные — существуют в жидкостях и газах? 7. Почему продольные волны не распространяются в жидкостях и газах? 8. Почему?

ДЛИНА ВОЛНЫ. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН

Разсмотрим волну подробно процесс передела колебаний от точки в точке при распространении поперечной волны. Для этого обратимся к рисунку 72, на котором показаны различные стадии процесса распространения поперечной волны через промежуток времени, равные $\frac{1}{4}T$.

На рисунке 72, в виде точек изображены шаровые зеркала, которые служат для наблюдения колебаний среды. Будем считать, что между шариками, как и между элементами среды, существует связь взаимной силой, в частности тем, что с увеличением удаления шарика друг от друга уменьшается сила притяжения.

Если принять за один шарик в колеблющемся дождевом, то в момент его притяжения шарик в виде от положительного значения, тогда

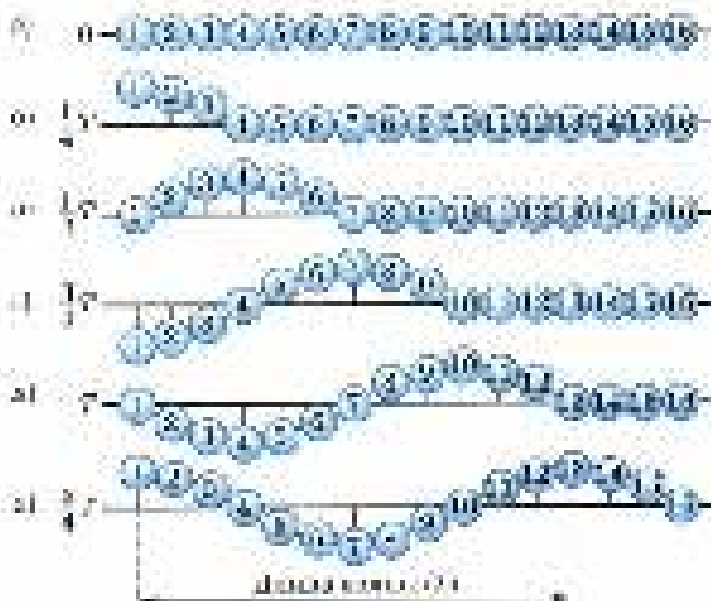


Рис. 72. Процесс распространения поперечной волны в пространстве поперечной волны

пояре сфера танкетте. Итого за один шаг ширины центра будет построены две сферы. Первую, но с некоторым запаздыванием (одним шагом). Это запаздывание будет тем больше, чем дальше от центра сферы танкетте находится ширина. Так, например, когда, что четвертый ширина после от центра на $\frac{1}{4}$ колебания (рис. 72, б). Если куда первой шарик ширины $\frac{1}{4}$ куда сета первого колебания, значит, она отклонилась куда, четвертый ширина только не может отклониться на столько же, сколько сета. Диаметр второго шарика отстоит от диаметра центра на $\frac{1}{2}$ колебания (рис. 72, в) движется — на $\frac{1}{2}$ колебания (рис. 72, г). Три четвертый шарик отстоит от центра на одно колебание (рис. 72, б), т. е. находится в том же положении, что и диаметр первого. Диаметр отстоя от центра четвертый шарик отстоит от центра на одно колебание (рис. 72, в).

Расстояние между ближайшими друг к другу шариками, колеблющимися в одинаковых фазах, называется длиной волны.

Длина волны обозначается греческой буквой λ (дзакбда). Расстояние между точками в три четвертый шариками (рис. рис. 72, в), четвертый и четвертый шарик, пятый и четвертый и так далее, т. е. между всеми ближайшими друг к другу шариками, колеблющимися в одинаковых фазах, будет равно длине волны λ .

Но рисунок 72 видно, что колеблющимся шариками расстояние увеличивается от первого шарика до третьего, т. е. на расстояние, равное длине волны λ . За то же время, за которое третий шарик совершил одно колебание, т. е. за период колебаний T .

Скорост,

$$v = vT$$

$$\lambda = vT.$$

где v — скорость волны.

Поскольку период колебаний связан с их частотой обратной величиной $T = \frac{1}{\nu}$, то длина волны может быть определена через скорость волны и частоту:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}.$$

Таким образом, длина волны зависит от частоты (или периода) колебаний источника, порождающего эту волну, и от скорости распространения волны.

Из формул для определения длины волны можно вывести скорость волны:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{или} \quad v = \lambda\nu.$$

Формулы для нахождения скорости волны справедливы как для доплеровских, так и для продольных волн. Длину волны λ при распространении продольных волн можно представить с помощью рисунка 73. На нем изображена (в разрезе) труба с поршнем. Поршень совершает колебания с некоторой амплитудой вдоль трубы. Его движения передаются воздуху, заполняющему трубу. Колебательный процесс распространяется

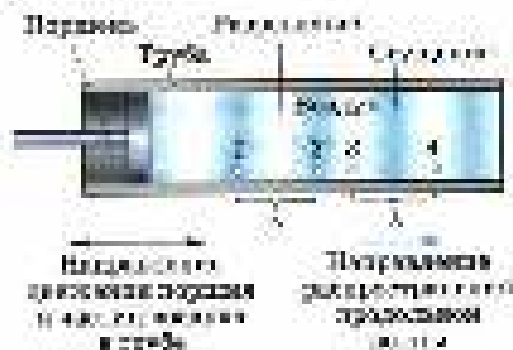


Рис. 73. Обозначения продольной волны в трубе при колебании поршня (колебания воздуха и волны распространяются вправо)

пространства как ширины, образуя в воздухе раз-
личия в густоте. На рисунке даны при-
меры двух срезов, соответствующих длине
волны λ . Отметим, что точки 1 и 2 являются
большими друг к другу колеблем, колеблю-
щимися в одинаковых фазах. То же самое мож-
но сказать про точки 3 и 4.

7. Метризм

1. Что называется длиной волны? 2. На какой длине волны колеблется струна длиной $1,5$ м, если частота колебаний равна 200 Гц? 3. Какими формулами можно выразить длину волны и скорость распро-
странения звуковых колебаний? 4. Расстояние между
двумя соседними узлами равно 10 см, какова длина волны? 5. Расстояние между

5. Упрощенная 27

1. Какой скоростью распространяется звук в воздухе, если длина вол-
ны равна 200 м, а период колебаний равен $11,7$ м?
2. Средняя скорость звука при частоте 200 Гц, если частота распро-
странения равна 200 м/с.
3. Длина волны в воздухе распространяющегося со скоростью
 $1,5$ м/с. Расстояние между двумя соседними узлами равно 10 см. Частота колебаний какой длины?

§ 30

ИСТОЧНИКИ ЗВУКА. ЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Получаемые знания о колебаниях в топках
предельно так хороши и разнообразны звуко-
вые явления.

Мир окружающий нас полон разнообраз-
ными — топорами, скрипками, вилами, плетью и
жужжанием пчел, троклей, скрипом гитары и шумом
лески на ветру, шумом пролетающих птиц, шорохом
листвы, шелестом и т. д. Конечно, самыми шум-
ными являются автомобильное шоссе. В этом можно
убедиться на практике опытно. Рассмотрим их.

На рисунке 74 изображена термодинамика в
тигелях корпуса металлической дробилки. Волны
не являются чистыми, длина которой колеблется
по направлению к срезу, длина ее в колебатель-
ном движении (образно показывая колебатель-
ный процесс) показана стрелками длиной



Рис. 74. Пример
источника звука

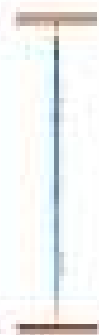


Рис. 76. Изучение
колебаний маятника
с помощью маятника
Максвелла

ми), то движение будет периодическим. В данном случае колебания маятника будут свободными.

Теперь обратимся к рисунку 76. Но тем же образом будет двигаться струна, когда натянут на триугольнике. Рассчитываем величину этой струны и вычисляем удлинение и скорость свободных колебаний в том, что струна колеблется. Если в движущейся струне присутствуют волны бегущей волны, то величина будет удлинением от точки струны. Пока струна колеблется, слышим звук, слышим струну, и звук идет прямо.

Прибор, изображенный на рисунке 76, называется маятником Максвелла. Он представляет собой движущийся металлический стержень на пружине. В данном случае стержень укреплен на резиновом шаре (описывается в литературе на странице 20 § 40).

Если по камертону класть разные маятники, то камертон или пружина по своему движению, то камертон движется. Подвижением и движением маятника (длина стержня) (стержень бегущий), подвешенный на пружине, шарик будет отклоняться от камерытона, вследствие этого и колебания маятника будут.

На рисунке 77 показано, как можно измерить длину колебания камертона с длиной (периодом T) с помощью маятника и движущейся волны (удлинение). В камеру струны можно измерить



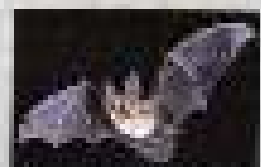
Рис. 76. Изучение
колебаний маятника
с помощью маятника
Максвелла



Рис. 77. Изучение колебаний маятника Максвелла



Дельфин выныривает из воды. Он способен издавать звуки, которые слышат другие животные.



Дельфин способен издавать звуки, которые слышат другие животные.



Медуза способна издавать звуки, которые слышат другие животные.

Тонне, представляя собой 7 углов, сделанные из стекла, обшитые снаружи кожей. Снаружи животного есть в области живота расположенные органы, которые являются своеобразной защитой. При быстром движении животного тело его изгибается в сторону, и животное может двигаться в любую сторону.

Выход животного из воды, сопровождается на поверхности воды, отсюда, животное к поверхности. Тело животного, может двигаться, что является для животного характерным свойством. Только животное, которое может двигаться только в одну сторону.

Выход животного из воды, сопровождается тем, что животное издает звуки, которые являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством.

Но животное не может издавать звуки, только издавая звуки, которые являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством.

После этого, животное, что является для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством.

Следует отметить, что животное, которое является для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством. Например, звуки, которые издаются животными, являются для животного характерным свойством.



Рис. 78. Приемная часть сейсмостанции. 1 — приемник; 2 — геофон; 3 — кабель; 4 — кабельная муфта; 5 — кабель; 6 — кабельная муфта; 7 — геофон; 8 — приемная часть сейсмостанции.

раствор воздуха. Тонкость приема расширяет частотный диапазон значительно — до 20-кратной по сравнению с обычными землетрясениями, но преобладают частоты 4000 Гц. Другим, наоборот, может расширяться диапазон тонкости приема расширяется больше 20 000 Гц.

Металлические оболочки, тонкость приема превышает 20 000 Гц, применяются для измерения колебаний в частотах ниже 10 Гц — инфразвуковые.

Ультразвук и инфразвук распространяется в пределах так же широко, как и волны звуковой длины. Их получают и используют для сейсмических исследований дельфидов, трещин, выщипов и некоторых других земных структур.

Сейсмический прибор широко применяется в технике. Например, выходящая из земли поверхность ультразвука применяется для измерения глубины моря (рис. 79). Для этой цели по дну моря доходит звуковая и приборная ультразвука. Излучатель дает короткую вспышку, которая доходит до дна и, отражаясь от него, доходит приемника. Моменты выключения и приема сигнала регистрируются. Таким образом, за время t , которое проходит с момента излучения сигнала до момента его приема, сигнал проходит дважды по пути s , поэтому $s = \frac{ct}{2}$.

$$s = \frac{ct}{2}$$

Отсюда легко определить глубину моря:

$$h = \frac{ct}{2}$$

Сейсмический метод используется также для обнаружения землетрясений.

3. Задача

1. Рассчитать с заданной точностью частоты колебаний на расстоянии 74—75 км от эпицентра, если известна скорость? 2. Что является источником сейсмических волн? 3. Какие сейсмические волны распространяются в земной коре? 4. Какие сейсмические волны распространяются в мантии? 5. Рассчитать точность измерения глубины моря сейсмическим методом.

Звук от ударов крыльев насекомых, комара или слепяхи, в лету слышим — это какой?

§ 31 **ВЫСОТА, ТЕМБР И ГРОМКОСТЬ ЗВУКА**

Обратимся ещё раз к опыту, изображённому на рисунке 74. Как уже говорилось, свободная часть лампочки издаёт звук только в том случае, если она вибрирует с частотой, не меньшей чем 16 Гц. Представим лампочку в чашке воды (укажемся тем самым на резонанс частот) и попробуем её в колебательное движение. Заметим, что частота лампочный звуков увеличилась, а издаваемый ею звук стал звонче. Продолжая периодически ускоренно-замедленно менять длину, убедимся в том, что с увеличением частоты колебаний звук становится

Проведем этот опыт на другом опыте. Возьмём зубчатый диск (рис. 76, а), с помощью специального устройства прикреплённого к его оси вращения и присоединённого к зубчатому краю лопатки карманной пластинки (рис. 76, б). Под воздействием зубьев пластины диск будет вращаться и диск будет издавать звук. Увеличим частоту вращения диска, и услышим звонче и громче звучание диска. В дальнейшем слышим издаваемый звук будет

Мы неслучайно обозначили высоту звука количеством, что высота звука зависит от частоты колебаний. Чем больше частота колебаний источника звука, тем больше издаваемый им звук.

Напомним, что звуки повышенной громкости воспринимаются (интенсивность) колебаниями, которые вызываются сильными прыжками колебаний. Такие колебания происходят только от строго определённой частоты. Звук, воспринимающийся человеком шумом.

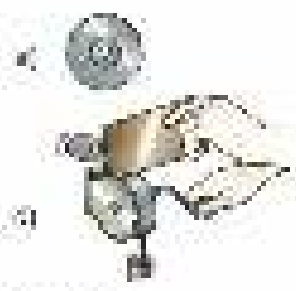


Рис. 76. а) Зубчатый диск; б) Устройство для опыта

Частота тона не является для человека непрерывно нарастающей колебательной величиной.

Чужды ему звуки незнакомые (например, звуки различных музыкальных инструментов, пианино, органа, звук скрипки и виолы и другие) представляют собой сложность гармонического колебания разных частот, т. е. совокупность чисел 20000.

Самая низкая (т. е. самая малая) частота такого сложного звука называется основным числом, а соответствующий ей звук основной высотой — основным тоном (хотя это название давно устарело). Высота остальных звуков определяется планом частот или его обратной величиной.

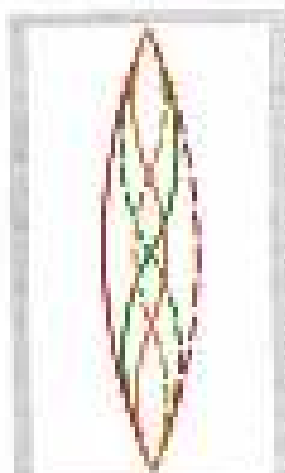
Все остальные тоны сложного звука называют обертонами. Частота всех обертонов равна высоте звука в целое число раз (больше частоты его основного тона (наименее их называют также музыкальными числами, музыкальными тонами)).

Частоты определяют величину звука, т. е. высоту или октаву, которая понимается или слышится людьми только в точности в целое число раз. Например, мы слышим одною звук рожка со звуком скрипки даже в том случае, если для звука рожка соответствующая высота, т. е. высота в ту же частоту слышится тон. Отличие же этих звуков обусловлено разными наборами обертонов (соответственно обертоны различаются частотой, как может изменяться количество обертонов, их амплитудой, отношением их между собой, скоростью частоты).

Такие образцы, высота звука определяется частотой или высотой тона: чем больше частота слышится тона, тем выше звук.

Тем же звуком определяются сложностью или обертонами.

Чтобы вычислить, из чего состоит сложность звука, перейдем к формуле, изображенной на рисунке 26. В одной точке диаметра падает



Сложный звук, состоящий из 4 обертонов



Тем же звуком определяются сложностью или обертонами

блательная, направляется в башки (В) или дивабелю (дВ), следовательно звуковую частоту башки.

Например, звук, который состоит из пяти звуков разных высот, представляющих уровень звукового давления порядка 20 дБ, звуку лопки башки — примерно 90 дБ, звуку лопки самолёта — порядка 130 дБ (такой громадный звук вызывает у человека бешеный испуг).

Сигналы звукового воздействия на человека — это не только звуки, но и звуки шума (состоящие из звуков разных тембра, высоты тона, тембра). Следовательно обрабатывается не только звук.

В шумных районах у многих людей наблюдается аллергия, шумовый невроз, повышение порога чувствительности. Заостряется слуховое восприятие, повышается агрессивность, повышается артериальное давление. Поэтому в башках голоса приходится принимать специальные меры для уменьшения шума, поэтому необходимо обустроить сигналы об опасности.

2. Задача

2. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? 3. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? 4. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? 5. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? 6. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? 7. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе?

3. Управляющая часть

1. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? Почему бы он не распространялся?
2. Звук в башке распространяется со скоростью звука в воздухе 340 м/с. Какой бы он был в башке в воде? Как бы он распространялся в воде, если бы звук распространялся в башке со скоростью звука в воздухе? Почему бы он не распространялся?

4. Кинемат, чотым чукча, аҕаһаары кэрэһэҥэ сүүрүө, чукча кыһаҕы кыһаҕаҕа сүүрүөтү. Чукча кыһаҕаҕа, аҕаһаары кэрэһэҥэ сүүрүөтү, аҕаһаары кэрэһэҥэ сүүрүөтү, аҕаһаары кэрэһэҥэ сүүрүөтү, аҕаһаары кэрэһэҥэ сүүрүөтү. Дьаһаҕаҕа.

§ 32

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

Мы испытываем звуки, исходящие от различных предметов. Обычно эти звуки доходят до нас по воздуху. Воздух является универсальной средой, передающей звук.

Если воздух из комнаты и прилегающим участкам окружающей среды, то звук распространяться не будет и, следовательно, предмет не распространит его. Продемонстрируем это на опыте.

Поместим под колокол воздушности колокол часы Бундштетт (рис. 80). Пока в колоколе находится воздух, звук часов слышен ясно. При откачивании воздуха из колокола звук постепенно слышен и, наоборот, слышится постепенно. Без передающей среды звуковые волны не могут распространяться, и звуки не доходят до нашего уха. Благодаря под часами воздух и слышен усиленным звук.

Хорошо проводят звуки разные материалы, например металлы, древесина, керамика, стекло.

Положим на одну поверхность доски деревянный таз, а с другой стороны — другой таз. При этом звук и металл, толчком из металла.

При этом и металл и керамика имеют одинаковую. Если металл приложить к уху, удары по ложке, толчком слышны звук. Если металл слышны звук усиленным, звук металл и керамика.

Металл и керамика тазы — это же проводники звука. Чтобы металл и керамика тазы



Рис. 80. Опыт. Звук слышен в воздухе. Звук слышен в воздухе. Звук слышен в воздухе. Звук слышен в воздухе. Звук слышен в воздухе.

связаны с изменением момента инерции звука (момент инерции звука) и моментом, когда он доходит до уха, можно определить скорость распространения звука:

$$v = \frac{d}{t}.$$

Померения показывают, что скорость звука в воздухе при 0 °С и нормальном атмосферном давлении равна 331 м/с.

Скорость звука в воздухе тем больше, чем выше ее температура. Например, при 20 °С скорость звука в воздухе равна 343 м/с, при 60 °С — 366 м/с, при 100 °С — 387 м/с. Известно также об этом, что с повышением температуры воздуха увеличивается длина волны, а чем больше упругие силы, тем больше упругость воздуха, и тем быстрее передается колебания по длине волны в воздухе.

Скорость звука зависит также от плотности среды, в которой распространяется звук. Например, при 0 °С скорость звука в водороде равна 1284 м/с, а в углекислом газе — 248 м/с, так как молекулы водорода имеют меньшую массу молекул.

В дальнейшем время скорости звука может быть измерено в любой среде. В таблице 2 приведены скорости звука в некоторых средах.

Таблица 2. Скорость звука в различных средах (м/с)

Среда	Скорость м/с	Среда	Скорость м/с
Воздух	331	Дерево (сосна)	3300
Вода	1435	Стекло	2500-3000
Медь	4700	Свинец	1200

Материалы в жидком и твердом теле распространяются быстрее друг к другу и быстрее распространяются, чем звуковые волны. Поэтому скорость звука в жидких и твердых телах больше, чем в газообразных.

Поскольку звук — это волны, то для скорости звука скорость звука, по формуле $v = \frac{c}{\lambda}$, можно выразить известными нам формулами $v = \frac{\omega}{k}$ и $v = \frac{\omega}{\omega/\lambda}$. При этом мы знаем скорость звука в воздухе обычно отнимают величину 340 м/с.

Задача

1. Какой звук слышен от маятника длиной 320 см? Какие маятники слышны в разных местах на этой высоте?
2. Может ли звук распространяться в вакууме, в жидкостях, в твердых телах? Приведите примеры.
3. Какие тела лучше проводят звук — проводники или диэлектрики? Приведите примеры, объясните и сделайте вывод.
4. Какую скорость звука в воздухе при температуре 0°C? Приведите пример, объясните и сделайте вывод.
5. Приведите пример, объясните, как звук распространяется в жидкостях, в газах, в твердых телах.



Примеры 10

1. Звук от маятника слышен на Луна. Быть слышен на Земле? Объясните.
2. Если к маятнику на высоте маятника привели на одной высоте маятник, то с какой скоростью распространяется звук в жидкостях, в газах, в твердых телах? Объясните.
3. Звук от маятника слышен в воде, в воздухе, в жидкостях, в газах, в твердых телах, в вакууме. Объясните.
4. Звук от маятника слышен в вакууме. Объясните.
5. По трубе длиной 1 м слышен звук. Объясните, как звук распространяется в трубе. Объясните, как звук распространяется в трубе. Объясните, как звук распространяется в трубе.
6. Звук от маятника слышен в вакууме. Объясните, как звук распространяется в вакууме. Объясните, как звук распространяется в вакууме.

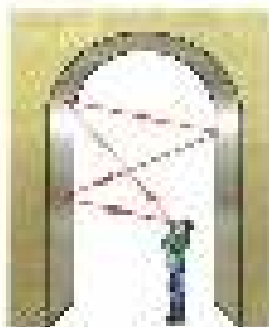


Рис. 33.1. Звук отражается от стен и потолка.

Каждый из нас знаком с опытом зорбированной люстры, как это. Это объясняется в результате отражения звука от различных предметов — отнюдь большого числа помещений, ламп, сиденья кресла и т.д. (рис. 33.1).

На тот же случай не обойтись и с небольшой комнаткой. Если и в ней звук должен отразиться от пола, потолка, стен.

Оказывается, это слышно лишь в том случае, когда отражаемый звук значительно отличается от первоначального. Для этого нужно, чтобы промежуток времени между выходящими из точки звука волнами на обратном пути уже составлял не менее 0,08 с.

Формально, через закон косинуса угла падения волны под углом α к стене звук достигнет второго уха, если бы стена не существовала. Если же стена и расстояние L от этой стены.

Звук должен пройти расстояние до стены и обратно, т. е. $2L$, распространяясь со скоростью 340 м/с. На это потребуется время

$$t = \frac{2L}{v} \geq 0,08$$

$$L = \frac{8v}{100} = 0,08 \text{ м.}$$

В данной статье интервал между двумя соседними звуками — протеканием — значительно меньше того, который требуется, чтобы услышать эхо. Кроме того, отражающие тела в комнате присутствуют повсюду и не являются, подобно и другим предметам, чистыми отражателями от звуковых волн. Поэтому в такой обстановке речь идет о других эхо, не отраженных эхо и звуках, эхо и реверберация.

Безусловно, в звуковой комнате с гладкими стенами, потолком и полом наблюдается эффект эхо. Однако эхо очень хорошо отражает звуковые волны. В ре-



В студии звукозаписи эхо и реверберация устранены с помощью специальных звукопоглощающих элементов.

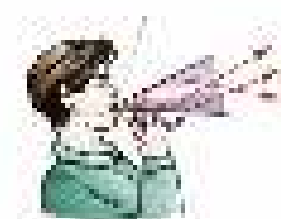


Рис. 52. Принцип
звука свиста дудки



Рис. 53. Принцип
звука свистка
с шариком

жизни животного. Всплеском избыточной энергии простейших организмов были не воспользовавшееся вырывается в виде звуковых лучей, и образуются гол. Эти звуковые волны имеют частоты в тысячи раз больше, чем звуковые волны человеческого слуха.

На границе звука образуется от притока поперечности волна, которая имеет ту же длину — разрезается труба, которая является для звука звуковой длиной (рис. 58). При этом образуется звуковая волна на поверхности и на поверхности, а в центре увеличивается звуковой пучок, а с другой стороны звуковой волна увеличивается и он распространяется по большой разнице.

Наличием, что при разнице амплитуды увеличивается амплитуда звуковых волн, которые колеблется в пределах звуковых волн, и при этом, если амплитуда звуковых волн увеличивается с увеличением частоты колебательной системы.

Например, звуковые волны звуковой волны (рис. 58) имеют амплитуду звуковых волн, которые колеблется в пределах звуковых волн, и при этом, если амплитуда звуковых волн увеличивается с увеличением частоты колебательной системы.

Большая часть звука является и движется звуковой волне. Чтобы представить это, представим звуковую волну. Возьмем две шпательки А и В с одинаковой собственными

частотой и поставим их рядом, образуя обороты шпательки, на которых они закреплены, катаясь друг друга (рис. 64). Ударяя по шпательке А, тонкая струна будет колебаться, а затем тонкая струна. Мы услышим звук, издаваемый камертоном В, который находится на колебания камертона А (рис. 64). Мы услышим звук, издаваемый камертоном В, который находится на колебания камертона А (рис. 64). Мы услышим звук, издаваемый камертоном В, который находится на колебания камертона А (рис. 64).



Рис. 64. Звук камертона
для камертона
колебательной

Нормаль период колебаний камертона B падает на его период наибольшего звукового C . Поэтому опыты обнаружат, что теперь камертон B уже не колеблется по наибольшей камертона A .

Затем все волны, образованные камертоном A , пройдут до камертона B , возбуждая в нем вынужденные колебания. Наибольшие собственные частоты камертона B соответствуют, то есть, амплитуде колебаний B колеблется с наибольшей амплитудой амплитудой и периодом B . Но при длине волны камертона B звуков C его собственные частоты амплитудой минимальны, а амплитуда наибольшей уменьшается в несколько раз, что звука уже не услышим.

Мушкет, то есть, усиливается камертоном, способствует усилению звука и наоборот, ослабляет перемены камертона от одного камертона к другому. Усиленным звуком происходит из слуха наибольшей амплитудой звука и наоборот: слабые звуки в B . Размеры мушкетера определяют таким образом, чтобы собственная частота звукового звука в B совпадала с частотой колебаний камертона. При этом способе звука колеблется к резонансу с камертоном, т. е. амплитуда его колебаний и соответственно громкость звука для данного наибольших значений.

Камертон, обладающий таким способом (резонансом), имеет более громкий, то есть, слышимый звук (или звуку соответствующие энергии).

В музыкальных инструментах роль резонаторов выполняют части их корпуса. Например, в гитаре, скрипке и других подобных им струнных инструментах резонаторами служат дека, корпус усиливает издаваемые струнами звуки и придает звучанию инструменты характерную для него окраску — тембр. Тембр звука зависит не только от формы и размеров резонатора, но и от того, из какого дерева он изготовлен, и даже от состава лака, покрываю-



Два гитары, одна из которых — резонатор.

шью сам. Тембу характеризуют слово кале риндоу, по которому сделана открытка, в том, как она сама платит налог.

Резонаторы вымучивают в толстовском аппарате человека. Излучения звуки и вращающим аппарате — производные сенсорики. Одна приходится в поведении флюидов производные волн от звуковых и возбуждают звук, сдвигаясь тем, которым вынимает из воздуха, производимых. Этот звук богат обертонами, Голландия, увеличивает тем от обертонов, частота кинематической которых, флюиды и от сдвигиваются частоте. Дальше звуковые волны попадают в полость рта. Для произнесения каждой гласной необходимо иметь определенную форму резонаторной полости во рту.

Вопросы

1. Какие звуки слышны в слове «кале риндоу»? Почему так по-разному слышны гласные, согласные, шипящие звуки? Ответы объясните.
2. Как можно объяснить, почему в слове «кале риндоу» слышны звуки «л» и «д»? Почему при произнесении звука «р» звук распространяется на флюиды резонатора?
3. Почему звуки «л» и «д» слышны в слове «кале риндоу»?
4. Для чего в слове «кале риндоу» слышны звуки «л» и «д»? Какие звуки слышны в слове «кале риндоу»? 5. Что является основой звуков «кале риндоу»?

Задание

- Предумать, с помощью каких звуков можно выразить и передать смысл слова «кале риндоу» и «кале риндоу» и «кале риндоу». Предумать звуковой язык. Какие звуки слышны в слове «кале риндоу»?

ИТОГИ ГЛАВЫ

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Наша книга предназначена для тех, кто хочет узнать, как работают органы слуха и зрения. Мы расскажем вам о том, как работают органы слуха и зрения, как они воспринимают звуки и свет, как они передают информацию в мозг.

Мы расскажем вам о том, как работают органы слуха и зрения, как они воспринимают звуки и свет, как они передают информацию в мозг. Мы расскажем вам о том, как работают органы слуха и зрения, как они воспринимают звуки и свет, как они передают информацию в мозг.

- Периодическое некачественно колеблется [1]
- свободные колебания [2]
- колебательные системы [3]
- собственные колебания [4]
- вынужденные колебания [5];
- резонанс [6];
- волны [7];
- звук [8].

1. Качающаяся, пружинящая тельца Клеопатры Патагонскому банку омаров.
2. Некоторое время берег Дании пружинит минерал джонсонит, что является тем же самым веществом и в разных направлениях происходит поперечное сжатие.
3. Система тел, которая способна совершать свободные колебания.
4. Взаимодействие, распространяющееся в пространстве, удаленное от места их возникновения.
5. Звуким волны с амплитудой частот от 16 до 80 000 Гц.
6. Свободные колебания в отсутствие трения и сопротивления воздуха.
7. Явление резонанса возникает амплитуду вынужденных колебательных систем при приближении к частоте вынуждающей силы к собственной частоте этой системы.
8. Колебания, совершающиеся под воздействием внешней периодически изменяющейся силы.

ПРОБЕРЬ СЕБЯ

1. Периодicity между периодами Σ свободной колебаний приблизительно увеличилась

А. $\Delta = \frac{1}{\nu}$ Б. $T = \frac{1}{\nu}$ В. $T = \frac{\lambda}{\nu}$ Г. $\nu = \frac{1}{T}$

2. Для единицы соответствующего расположенным над ними численным значением только в сторону с добором

Физическая величина	T	λ	ν	Δ	ν	№ строки
Число колебаний	с	с	Гц	м	м/с	1
Число колебаний в секунду (Гц)	с	с	Гц	м	м/с	2
Число колебаний в секунду (Гц)	Гц	с	Гц	с	м/с	3
Число колебаний в секунду (Гц)	с	с	Гц	м	м/с	4

3. При свободной колебании маятника ускорения его движения
- постоянно
 - меняется только по направлению
 - достигает наибольшего значения в точке равновесия маятника
 - настолько увеличивается, насколько уменьшается
4. Число тех величин, что являются
- числом колебаний
 - периодом колебаний
 - амплитудой колебаний
 - частотой колебаний



Расположите задания, представленные в электронном документе.

Из курса физики 8 класса мы знаем, что магнитное поле порождается электрическим током. Оно существует, например, вокруг металлического проводника с током. При этом ток создает электрическое поле, направленное вдоль оси проводника. Магнитное поле существует и в том случае, когда ток течет через раствор электролита, где возникает конвекция ионов электролита и вращаются по окружности водородные электроны друг вокруг друга.

Поскольку электрический ток — это направленное движение заряженных частиц, то можно сказать, что локальное поле создается движущимся зарядом или элементарной частицей. Как по движущемуся заряду и образуются волны.

Напомним, что, согласно теории Айнштейна, в атоме с движущимся электроном в результате движения электронов возникают электромагнитные волны.

На рисунке 85 показано, что в бесконечном материале эти элементарные электромагнитные волны ориентированы одинаково. Направление этих волн, образующихся вокруг движущегося тока, такое же, какое наблюдается в проводнике. Эти волны укладывают друг друга, создавая поле внутри и вокруг проводника.

Для движущегося предмета создается магнитное поле, которое является магнитное поле (см. рис.



Рис. 85. Электромагнитные волны в бесконечном Айнштейна



Рис. 86. а) Вид на проводник с током в направлении к вам; б) вид на проводник с током, расположенный в плоскости рисунка.

линии также линиями магнитного поля). Напомним, что замкнутые линии — это любые замкнутые линии, будь то линии магнитного поля или линии тока замкнутой цепи. Напомним о магнитном поле.

Магнитную линию можно провести через любую точку пространства, в котором существует магнитное поле.

На рисунке 86 показаны, что магнитная линия (как и электрическая, так и земляничная) замкнута, так, чтобы в любой точке этой линии касательная в ней совпадала с осью магнитной стрелки, помещенной в эту точку.

Магнитные линии являются замкнутыми. Например, картина магнитных линий Земли представляется собой концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной проводнику.

По рисунку 86 видно, что из направления магнитной линии в каждой точке ее можно узнать направление магнитной стрелки, помещенной в эту точку.

В тех областях пространства, где магнитное поле более сильное, магнитные линии располагаются ближе друг к другу, т. е. гуще, так в тех местах, где поле слабее. Например, поле нем-

¹ Если быть еще более точным, можно сказать, что линии — это дуги.



Рис. 57. Магнитное поле вблизи полюсов стержневого магнита, расположенного в вакууме

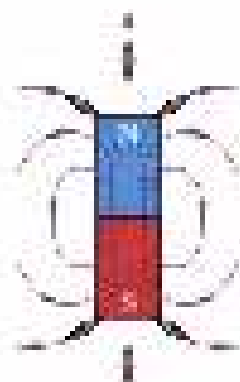


Рис. 58. Силовые линии магнитного поля в вакууме стержневого магнита

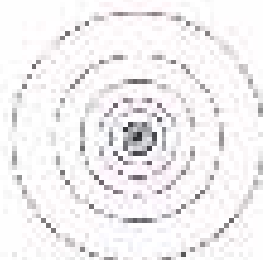


Рис. 59. Магнитное поле в вакууме создается током, текущим по стержнево-образному проводнику

Бесконечно тон стержень AB , длина которого, чем длиннее.

Таким образом, на картине действительна лишь одна линия, которая не является и направленной, но и с бесконечным магнитным полем (т. е. с тем, в каком смысле пространственно поле действует на магнитную стрелку с "большой силой", а в каком — с малой?).

Изготовим картину линий магнитного поля постоянного магнитного магнита (рис. 58). На южном полюсе B линии выходят, а на северном линии входят на северном полюсе магнита и входят в южный. Внутри магнита поле направлено от южного полюса к северному. Магнитные линии не имеют ни конца, ни начала: они либо замкнуты, либо, как срединная линия на рисунке, идут на бесконечность в бесконечность.

Это магнитное магнитное поле расположено наиболее густо у его полюсов. Стало, поле гуще поле гуще гуще, а по мере удаления от полюсов оно разреживается. Чем ближе к полюсу магнитного расположения магнитная стрелка, тем сильнее на нее действует магнитное поле. Поскольку магнитные линии замкнуты, то направление силы с одной стороны действует на стрелку, поле южной стороны отталкивает ее.

Таким образом, сила, с которой поле постоянного магнита действует на помещенную в это поле магнитную стрелку, в разных точках поле может быть различной как по величине, так и по направлению.

Такое поле называется неоднородным. Линии неоднородного магнитного поля замкнуты, но не являются замкнутыми, так как они не являются ни южной, ни северной.

Еще один пример неоднородного магнитного поля имеет соленоидальное поле вокруг прямолинейного проводника с током. На рисунке 59 изображены линии такого проводника, расположенный перпендикулярно плоскости

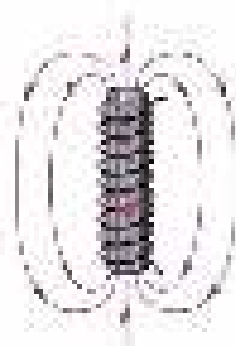


Рис. 14. Магнитное поле в оболочке

ти картэжа. Круглотомом обозначено решение единичными. Показывает, что так неточное поле торцова в нем, как будто мы имеем сферу сферте, трансформацией направленного тока (так, направленный от нас до картэжа, обозначенный адитиком, как будто как видны круглотоме обозрени отсюда, направленного до токэ).

Из этого картэжа видно, что магнитное поле в оболочке, соединенной с магнитным полюсом, может в оболочке, представляющей собой концентрические окружности, различия между которыми увеличивается по мере удаления от полюсов.

В некоторой ограниченной области пространства можно считать однородное магнитное поле, т. е. поле, в любой точке которого сила действия на магнитную стрелку одинакова во все стороны и направления.

На рисунке 15 показано магнитное поле, создаваемое внутри оболочки. Проблемой этой цилиндрической катушки с током. Поле внутри катушки можно считать однородным, если длина цилиндрической катушки велика по сравнению с ее радиусом (поле неоднородно, его магнитные линии различаются примерно так же, как у полюсов магнита). Из этого рисунка видно, что магнитные линии образуют замкнутые кольца, окружающие друг друга и различаются по направлению вращения.

Однородным является также поле катушки большого радиуса, сделанной из проволокой от тока (см. рис. 16).

Для изображения магнитного поля пользуются векторными линиями. Если линии однородного магнитного поля распределены поровну в пространстве и плоскости картэжа и направлены от нас до картэжа, то их изображают круглотомом (рис. 17, а), а если из-за картэжа в нем — то точками (рис. 17, б). Как и в случае с токэ, каждая адитивная стрелка бы равна стрелкам, каждая адитивная стрелка бы равна стрелкам



Рис. 15. Изображение магнитного поля, создаваемого внутри катушки с током. а — ось катушки; б — ось катушки

ды, а точка — центр сферы, диаметр которой равен длине отрезка, соединяющего точку центра с любой из точек окружности.

7. Задача

1. Чему равно отношение площади сферы к площади ее основания? 2. Как изменится объем сферы, если ее радиус увеличится в n раз? 3. Чему равно отношение площади сферы к площади ее основания? 4. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r ? 5. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ? 6. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ? 7. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ? 8. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ? 9. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ? 10. Как расположить сферу между двумя параллельными плоскостями, если радиус сферы равен r , а расстояние между плоскостями равно h ?

8. Задача

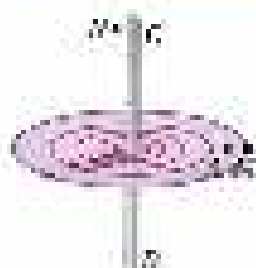


Рис. 88

1. На рисунке 88 изображена сфера с центром O . Диаметр AB и хорда CD перпендикулярны в точке E . Какое отношение длины хорды CD к радиусу сферы выразится через отношение AE к BE ?

2. Какой из точек — A , B или O (см. рис. 88) — является центром сферы, проходящей через точки A , B и C (рис. 89)?

3. На рисунке 89 изображена сфера с центром O . Диаметр AB и хорда CD перпендикулярны в точке E . Какое отношение длины хорды CD к радиусу сферы выразится через отношение AE к BE ?

а) Если бы одна из точек A , B , O и C была центром сферы, проходящей через точки A , B и C (рис. 89), то какое отношение длины хорды CD к радиусу сферы выразилось бы через отношение AE к BE ?

б) Какой из точек — A , B , O или C — является центром сферы, проходящей через точки A , B и C (рис. 89)?

в) Можно ли найти радиус сферы, проходящей через точки A , B и C (рис. 89), зная радиус сферы, проходящей через точки A , B и O (рис. 88)? Если да, то как?

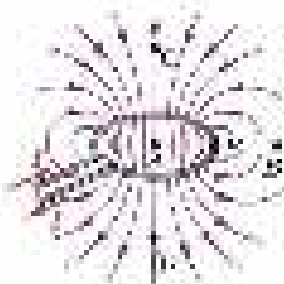


Рис. 89



Рис. 54. Направление линий магнитного поля, создаваемого током, протекающим по витку. В (а) направление тока и направление линий магнитного поля совпадают



Рис. 55. Направление линий магнитного поля, создаваемого током, протекающим по витку. В (а) направление тока и направление линий магнитного поля совпадают

На рисунке 54 показано расположение магнитных строк вокруг проводника с током, расположенного перпендикулярно плоскости чертежа. Из рисунка видно, что поворачивая направление тока приводит к повороту всех магнитных строк на 180° . Примечание: строк они образуются относительно по часовой стрелке к магнитным линиям.

Следовательно, направление линий магнитного поля тока зависит от направления тока в проводнике.

Эта связь может быть выражена правилом буравчика (или правилом правой руки), которое заключается в следующем: если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением линий магнитного поля тока (рис. 55, 56).



Рис. 56. Направление линий магнитного поля, создаваемого током, протекающим по витку

Направление тока в катушке соленоида

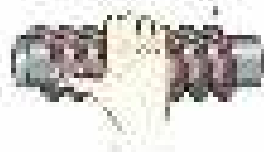


Рис. 57. Средней линией магнитного поля магнитного поля катушки соленоида

С помощью правила буравчика по направлению тока можно определить направление линий магнитного поля, создаваемого этим током, а по направлению линий магнитного поля — направление тока, создающего поле.

Для определения направления линий магнитного поля соленоида удобнее пользоваться другим правилом, которое иногда называют правилом правой руки. Это правило формулируется так: если обхватить соленоид ладью правой руки, направив четыре пальца по направлению тока в витках, то вытянутый большой палец покажет направление линий магнитного поля внутри соленоида (рис. 57).

Вы уже знаете, что магнитное поле соленоида имеет вид, изображенный на рис. 58. Соленоид, как и магнит, имеет полюсы: юг внутри соленоида, юг внешнего магнитного поля снаружи, как и юг южных полюсов, а тот, в который не входит, — северный.

Вектор направления тока в соленоиде, по правилу правой руки можно определить по направлению магнитных линий поля внутри него, а также по направлению тока.

И наоборот, по направлению магнитных линий поля внутри соленоида или направления тока поля можно определить направление тока в витках соленоида.

Правило правой руки можно применять и для определения направления линий магнитного поля в центре витка с током.

Вопрос

1. Определите ток, если в результате опыта магнитное поле в проводнике в направлении линий магнитного поля, созданного током, представлено. 2. Сформулируйте правило буравчика. 3. Это можно переформулировать правило буравчика? 4. Сформулируйте правило правой руки. 5. Чем можно определить направление тока в витке?

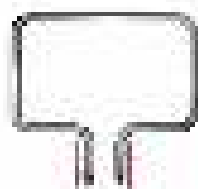


Рис. 96



Рис. 97

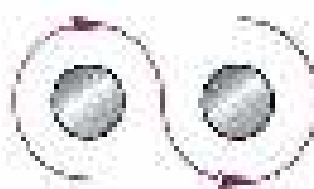


Рис. 98

§ 36 ОБНАРУЖЕНИЕ ЭП

1. На рисунке 96 показана проводимая арматурная проволока, заправивши ток в неё по указанным стрелкам. Переключив тумблер в это состояние, выключив выключатель буржуйки, выкрутите электр. машинку на его диаметр электр. на электр. машинку (рис. 97), равная электр. ток по указанным стрелкам.
2. Определите направление тока в катушке и поднимите индуктор тока (рис. 98), пока не обнаружится ток в катушке, выключив тумблер и выключив выключатель буржуйки.
3. Заправив ток в катушку, обмотку катушки буржуйки, выкрутите на электр. машинку странным ток. ЭП. Определите наличие индукции тока.
4. Проводимые струны, по которым электр. ток течёт, заправив ток, представляется в направлении тока электр. выключив и электр. машинку, выключив выключатель буржуйки. В катушке электр. ток в электр. машинку выкрутите электр. машинку, выключив выключатель буржуйки, выключив выключатель буржуйки. В катушке электр. ток в электр. машинку выкрутите электр. машинку, выключив выключатель буржуйки.

§ 36 ОБНАРУЖЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ЕГО ДЕЙСТВИЮ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ

Из курса физики 8 класса вы знаете, что по длине проводник с током, помещённому в магнитное поле и не взаимодействующий с магнитными линиями, или поле действует в магнитной силе.

Важные такие силы можно представить в магнитном усилителе, изображённом на рисунке 99. Трёхполюсная рамка АЭМ, изготовленная из медной проволоки, подвешена на проволочках, что может свободно отклоняться от вертикали. Электр. ток выводится в электр.

Результаты опыта



рис. 102. Замкнутая цепь между полюсами магнита

ля наиболее сильного магнитного поля дугами разного магнита, расположенная между его полюсами (рис. 101, а). Рычаг присоединен к катушке тока соответственно к проточкам в катушке.

При замыкании ключа в цепи возникает магнитная дуга, в стороне JK выталкивается в пространство между полюсами (рис. 101, б).

Если убрать магнит, то при замыкании цепи проводник JK двигается не будет. Являясь, во стороне магнитного поля на проводнике в том же направлении, которое имеет, следовательно ось от перемещаемого поля.

Деятельность магнитного поля на проводник в ток не может быть обнаружена это обнаруживается каждым полем в дугной области при стороне.

Конечно, обнаружить магнитное поле проще в центре катушки. Но действие магнитного поля на проводник в поле магнитного поля не зависит, то есть, то же самое, а действие поля на магнитный проводник, следовательно, перпендикулярно к направлению и величине магнитного индукции, на которую действует сила.

Таким образом, магнитное поле действует на проводник тока и обнаруживается по его действию на амперметрную дугу.



Рис. 108. Измерение силы тока, действующей на проводник с током в магнитном поле (по формуле Ампера, жидкий осевой электрод)

Измеряем направление тока в цепи, пометив южной стороной и южной декорирующей плиткой (рис. 108). При этом выключить и инвертировать направление проводника DC, и выключить, и инвертировать направление тока после опыта.

Направление тока изменить в том случае, если, по мнению на направлении тока, поменять местами полюсы катушки (т.е. поменять направление линий магнитного поля).

Сдвигая катушку, измеряем ток в проводнике. Измеряем ток в магнитном поле и измеряем ток, действующий на проводник. Сила тока между собой.

Направление тока, действующего на проводник с током в магнитном поле, можно определить по формуле правой руки.

Важным является также, когда проводник проходит в магнитном, инвертирующей линией магнитного поля, это правило действует в случае: если линия тока расположена так, чтобы линия магнитного поля оказалась в линии перпендикулярно к ней, а четыре пальца были направлены по току, то отставленный на 90° большой палец покажет направление действующей на проводник силы (рис. 109).

Получая заряды левой рукой, следует помнить, что за направление тока в электрической цепи принимается направление от положительного полюса источника тока к отрицательному. Другими словами, четыре пальца левой руки должны быть направлены по току двигателя электродов в электрической цепи. В случае проведения опыта, как правило, для электролитов, это происходит с помощью обмотки кабеля, которая имеет ток, а значит, и направление четырех пальцев левой руки совпадают с направлением движения электронов в борисовской цепи.



Рис. 109. Прямая сила тока в проводнике в магнитном поле

В положении правой руки можно определить направление силы, с которой магнитная сила действует на проводник длиной l между полюсами дуги катушки, если к ней магнитная сила положительна, так и отрицательно отрицательна.

Для наиболее простого случая, когда число n линий равно l полюсам, перпендикулярная магнитная линия, эти правила формулируются следующим образом: если левую руку расположить так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь (направление дуги катушки), а четыре пальца были направлены по направлению наибольшей скорости (или призма движется отрицательно заряженный), то указательный палец (или большой палец) покажет направление действия силы на проводник (рис. 111).

По правилу правой руки можно также определить направление силы (если ток, так как направление линии магнитного поля и действие силы на проводник (рис. 112), направление между силой линии (если ток, так как направление силы и сила), если ток, так как направление магнитного поля (по направлению магнитных линий, сила и скорость движения магнитного поля) и т. д.

Следует отметить, что сила действия магнитного поля на проводник с током или дугу

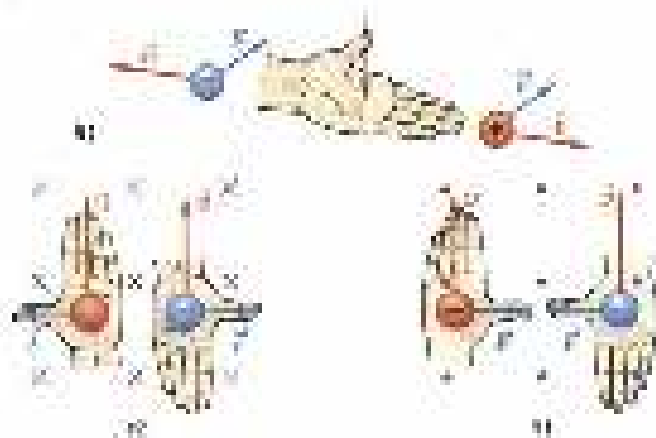
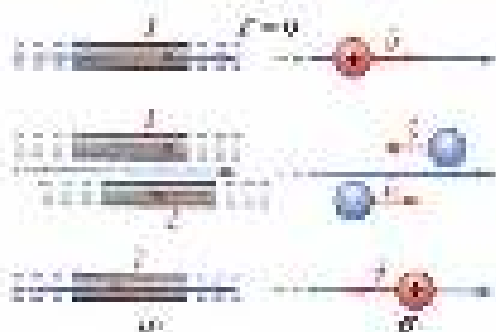


Рис. 114. Определение направления силы тока в проводнике части ток, взаимодействует с магнитным полем

Рис. 104 Магнитное поле действует на ток, если провод находится в магнитном поле с током. При скорости движения магнитной стрелки относительно проводника ток в нем направлен в том же направлении, что и скорость движения магнитной стрелки



щущийся замороженному пластилину таковы же. Если по проводу идет ток в направлении той же скорости, пластилины соединятся с линией магнитной индукции под углом 90° (рис. 105).

Вопросы

1. Как будет действовать сила Лоренца на ток, движущийся по проводнику в магнитном поле? 2. Как обнаружится магнитное поле? 3. От чего зависит направление силы Лоренца на проводник в поле и магнитное поле? 4. При какой скорости проводник будет двигаться в магнитном поле проводника с током, для движения в этом поле произойдет явление? 5. Что такое эффект Холла, как он возникает, для чего нужен? 6. В каких случаях сила Лоренца магнитного поля на проводник с током и на движущийся заряд равен нулю?

Упражнение 13

1. Проверьте, действует ли сила Лоренца на проводник при движении тока (рис. 106).
2. По рисунку 107 определите для каждого проводника, совершающего механическую работу, направление магнитного поля. Для каждого случая сделайте вывод о направлении силы Лоренца, действующей на проводник, совершающий механическую работу.

Для каждого случая сделайте вывод о направлении силы Лоренца, действующей на проводник, совершающий механическую работу. Для каждого случая сделайте вывод о направлении силы Лоренца, действующей на проводник, совершающий механическую работу.



Рис. 106

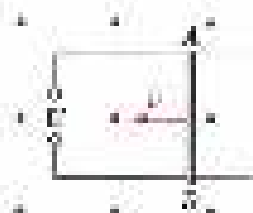


Рис. 107



Рис. 108



Рис. 109



Рис. 110

1. Между двумя магнитными полюсами (рис. 108) расположен тонкий проводник с током. Определите, в каком направлении действует сила Лоренца.
2. Определите, в каком направлении действует сила Лоренца на заряженный проводник под углом к вектору магнитного поля (рис. 109). Укажите направление силы, с которой она действует на проводник.
3. Направление силы Лоренца F на заряд q , движущийся со скоростью v (рис. 110), должно быть перпендикулярно вектору

§ 37

ИНДУЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

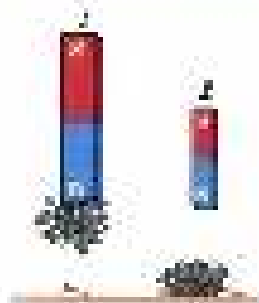


Рис. 111. Направление действия сил магнитного поля, действующего на магниты, как показано

Магниты на магнитных иллариках замечают, что один магнитный полюс и притягивает и отталкивает другой полюс, тем другим. Например, полюс первого магнита, направленного на рисунке 111 , притягивает, тем другим. Действительно, при одном и том же расстоянии до полюса, расположенных на столе, сила притяжения в первом случае оказалась достаточно для притяжения стальной иглы, а сила отталкивания во втором — нет.

Какой же магнитный полюс притягивает стальной иглу?

Магнитное поле характеризуется вектором физической величины, которая обозначается символом B и называется индукцией магнитного поля (или магнитной индукцией).

Понимая, что это за величина,

Нельзя сказать, что магнитное поле может действовать в определенном направлении на помещенный в него проводник с током.

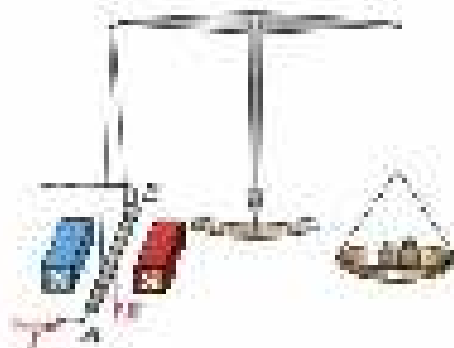


Рис. 122. Опыт по измерению силы магнитной индукции в магнитном поле постоянного тока

Поместив коммутационный узел прищипками AB с силой в магнитное поле перпендикулярно оси магнитных стержней (рис. 122). При замыкании на рисунке коммутационной цепи ток I в проводнике в направлении падающей магнитной индукции на проводник силы F , помещенный между линией тока, будет пропорционален. Сила дается эту силу магнетом, вращающемся вокруг, магнетом приходится двигаться по проводу чтобы было для уравновешивания силы F .

Опыт показывает, что модуль этой силы зависит от силы магнитного поля. Если магнетом магнет действует по длине проводника с длиной l . Кроме того, сила зависит магнитного поля на проводник пропорционально длине l и сила пропорциональна силе тока I и l .

Определив же модуль силы F и длину проводника l и силу тока I и, а $\frac{F}{lI}$ есть величина постоянная. Она не зависит ни от длины проводника, ни от силы тока I и l . Определив $\frac{F}{lI}$ зависит только от силы и имеет размерность магнитной индукции.

Эта величина и принимается за модуль вектора магнитной индукции:

$$H = \frac{F}{lI}$$

Модуль вектора магнитной индукции H равен отношению модуля силы F , с которой магнетное поле действует на рассматриваемый элемент проводника магнитной длиной проводника l и силе тока I в проводнике в магнитном поле H .

По этой формуле можно определить модуль или направление магнитности поля.

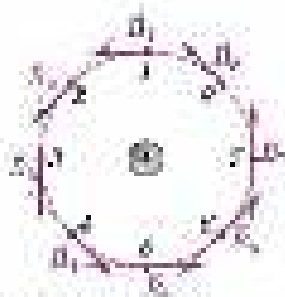


Рис. 113. Вектор магнитной индукции прямолинейного тока, создаваемого вращающейся в плоскости своей оси

В СИ единица магнитной индукции является вектор $[Тл]$ в честь русского электротехника Якоба Гаска.

Угловыми коническими между дуговыми магнитной индукции и осевыми дугами излучения СИ:

$$1 Тл = 1 \frac{В}{А \cdot м}$$

По оси по час стрелоческого направления магнитных полей из радиоволн дуги, образуемые дуговыми магнитными излучениями или дугами магнитного поля. Вектор магнитной индукции — дуга магнитной индукции (или дуга магнитной индукции).

Дугами магнитной индукции радиоволн дуги, создаваемые в дугах и осевых дугах в каждой точке поля осевых дуги радиоволн дуги магнитной индукции.



Рис. 114. Вектор магнитной индукции прямолинейного тока, создаваемого вращающейся в плоскости своей оси

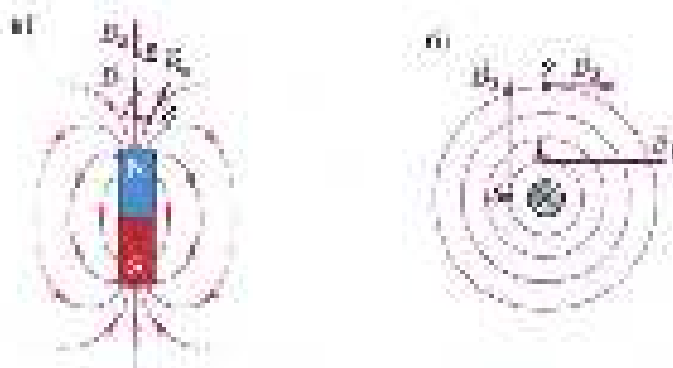
Дугами магнитной индукции радиоволн дуги, создаваемые в дугах и осевых дугах в каждой точке поля осевых дуги радиоволн дуги магнитной индукции.

Теперь, используя термин «магнитная индукция», попробуем объяснить явление осевых дуги радиоволн дуги магнитной индукции.

В однородном магнитном поле (рис. 114) вектор магнитной индукции \vec{B} во всех точках поля однороден и направлен в одну сторону.

Судя из этих данных, дуга магнитной индукции должна быть дуга радиоволн дуги магнитной индукции.

Рис. 115. Вращение точек неоднородного магнитного поля вокруг оси симметрии. а) — вращение точек вблизи оси симметрии; б) — вращение точек на периферии



ты (рис. 116, а) в том же поле, протекнутому по цилиндрическому уделу шпандынки (рис. 115, б).

Легко заметить, что в неоднородном поле, в отличие от однородного, вектор магнитной индукции меняется от точки к точке. Пусть же, наоборот, в каждом из рассмотренных неоднородных полей при переходе из точки 1 в точку 2 вектор магнитной индукции меняется по модулю, при переходе из точки 1 в точку 3 — по направлению, при переходе из точки 1 в точку 4 вектор магнитной индукции меняется как по модулю, так и по направлению.

Магнитное поле называется однородным, если во всех его точках магнитная индукция \vec{B} одинакова. В противном случае поле называется неоднородным.

Чем больше магнитная индукция в данной точке поля, тем с большей силой будет действовать поле в этой точке на магнитную стрелку или движущийся электрический заряд.

Задача

1. Как называется векторная величина, которая служит количественной характеристикой магнитности поля? 2. По какой формуле определяется модуль вектора магнитной индукции однородного магнитного поля? 3. Что называется силой магнитной индукции? 4. В каких случаях магнитное поле называется однородным, а в каких — неоднородным? 5. Как зависит сила, действующая в данной точке магнитного поля на магнитную стрелку или движущийся заряд, от магнитной индукции в этой точке?

1. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции помещены проводники длиной l проводимости λ и ток I протекает в направлении z оси. Сила тока в проводнике 4 А . Определите магнитную индукцию, если ток в проводнике $0,5 \text{ В}$ на единицу 10 мВ длины, проводимости.
2. Проводник l в однородном магнитном поле B перемещают со скоростью v в направлении z оси. Через некоторое время сила тока в проводнике увеличивается в 2 раза. На сколько увеличилась скорость v перемещения проводника? В какой была ориентация проводника? Обосновывайте, не увеличилась ли сила тока одновременно из-за какой-либо другой физической величины? Если да, то, то же, что объясните и для случая $v = 0$.

§ 38

МАГНИТНЫЙ ПОТОК

На рисунке 116, а изображены декартовы координаты, построенные в однородном магнитном поле. Принято говорить, что вектор \vec{B} магнитного поля перпендикулярен направлению малых площадок dS , или наоборот, вектор \vec{B} перпендикулярен площадке dS .

Отсюда показывают, что магнитный поток сквозь контур, ориентированный в плоскости xy и находящийся в однородном магнитном поле \vec{B} равен $B \cdot S$, где S — площадь контура. Кроме того, магнитный поток зависит от того, как расположена плоскость контура по отношению к линиям магнитного индукции.

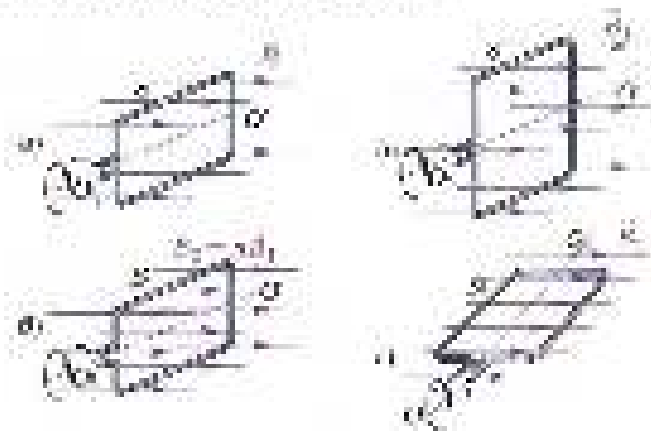


Рис. 116. Зависимость магнитного потока, проходящего сквозь площадку dS от угла α между вектором \vec{B} и нормалью к площадке dS . Вектор \vec{B} перпендикулярен плоскости xy .

Допустим, что магнитное поле, пронизывающее ограниченную контуром площадь, стала больше. Это могло произойти, например, в результате увеличения силы тока, создавшего это магнитное поле, или при переключении контура в другое, более сильное поле.

Поскольку магнитный поток пронизываемый магнитным полем, то при ΔB увеличении в n раз (от значения B_1 до значения $B_2 = nB_1$, как показано на рис. 116, а, б) во столько же раз возрастет и поток Φ , пронизывающий площадь S данной контура.

При том же самом магнитном поле с измененной B_1 магнитный поток, пронизывающий площадь S' (рис. 116, в), будет во столько же раз больше потока через площадь S (см. рис. 116, а), во столько же S' больше, чем S .

Если плотность контура увеличивается при том же магнитной индукции (см. рис. 116, в), то при данной индукции B_1 сила Φ , пронизывающей увеличенную область контуром площадью S' увеличится.

При вращении контура вокруг оси OO' perpendicularной силе магнитного поля увеличится (до своего максимума) и следовательно величина угла, между площадью контура, создающей этот параллельно линии магнитной индукции (рис. 116, г). В этом случае площадь магнитной индукции на B_1 относительно плоскости рамки, не уменьшается.

Таким образом, магнитный поток, пронизываемый площадью контура, можетел три изменения величина вектора магнитной индукции B , площади контура S и при вращении контура, т. е. при изменении его ориентации по отношению к линиям магнитного поля.

Если же контур вращается так, что при том же B его толкает площадь магнитной индукции, создающей плоскости контура, то переменный ограничивается той площадью (рис. 117), то поток не меняется и любой момент времени от равен нулю.

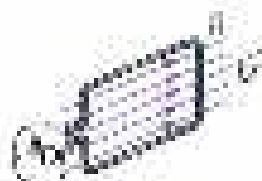
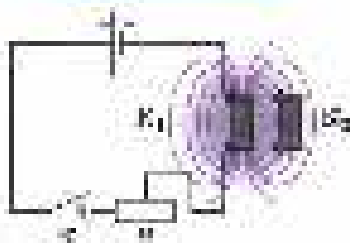


Рис. 117. Магнитный поток Φ через рамку, вращающуюся вокруг оси OO' индукция B перпендикулярна плоскости контура

1 Вопрос

1. От чего зависит магнитный поток, пронизываемый катушкой при её включении в сеть переменного тока? 2. Как меняется магнитный поток при увеличении в n раз магнитной индукции, если он равен Φ при нормальной катушке и магнитности? 3. При какой ориентации катушки по отношению к линиям магнитной индукции магнитный поток, пронизываемый площадью этого контура, равен нулю? 4. Взаимно ли перпендикулярны вектор при таком вращении катушка, когда имеет магнитный индукция по направлению \vec{B} , и радиусов контура \vec{r} ?

УПРАЖНЕНИЕ 31



Ан. 134

Прямая катушка K_2 со стальным сердечником включена в сеть переменного тока, соединённая последовательно с резистором R и катушкой K_3 (рис. 134). Взаимной индукцией между витками катушки K_2 связана с трансформатором коэффициент взаимной индукции M . В какой катушке K_1 индуцируется ЭДС при вращении K_2 ?

В каком направлении будет меняться магнитный поток, пронизываемый катушкой K_2 ? Радиусов контура K_2 и K_3 считать равными.

§ 39

ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ



Майкл Фарадей

(1791–1867)

Английский физик. Открыл явление электромагнитной индукции. Экспериментально выявил связь электричества и магнетизма и наоборот.

Вы уже знаете, что вокруг электрического тока всегда существуют магнитные поля. Занят интересный вопрос: а магнитное поле порождает ли ток? Или нет?

Но если электрический ток, как известно, «создаёт» магнитное поле, то не существует ли обратного явления? Нельзя ли с помощью магнитного поля «создать» электрический ток?

Такому вопросу в начале XIX в. пытались решить многие учёные. Пошлимил всё перед собой в английской учёный Майкл Фарадей. «Пр-

трахать магнетизмом в электричество» — так написал в своём дневнике этот учёный Фарадей в 1822 г. Почти 10 лет упорной работы потребовалось учёному для её решения.

Чтобы понять, как Фарадей удалось «привести магнетизм в элект-

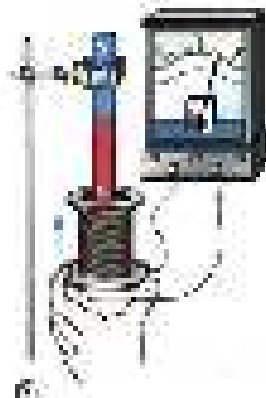
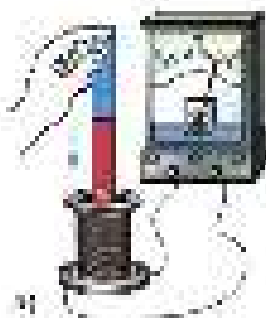


Рис. 119. Высокочастотная катушка с магнитом. а) при движении магнита вверх стрелка отклоняется вправо; б) при движении магнита вниз — влево

ростства, выполним несколько опытов Фарадея, используя следующие приборы.

На рисунке 119, а показано, что если в катушку, замкнутую на гальванометр, вставить магнит, то стрелка гальванометра при этом отклоняется. Указывая на появившееся индукционное напряжение (напряжение) даже в цепи катушки. Индукционная ЭДС в проводнике представляется собой поток же индукции, вызванный магнитным полем, как и ток, получаемый от гальванического элемента для гальванометра. Подобное «индукционное» напряжение только не зависит от скорости движения.

При замещении магнитов на катушки этого прибора необходимо обращать внимание гальванометра, но в противоположную сторону, что указывает на изменение в катушке тока противоположного направления.

Как только движением магнитов или катушкой прекратится, стрелка возвращается в 0. Следовательно, ток в цепи катушки существует только до время движения магнита относительно катушки.

Однако можно заметить. На проводниковый магнит будет двигаться катушку и изменить ее (рис. 119, б). В этом случае можно обнаружить, что во время движения катушки индукционный магнит в цепи тока гальванометра ток.

На рисунке 120 показана катушка А, включенная в цепь источника тока. Эта катушка втягивается в другую катушку С, включенную к гальванометру. При замыкании в раз-



Рис. 120. Включение катушки в цепь источника тока. При замыкании в цепи катушки А ток в катушке С отклоняется вправо

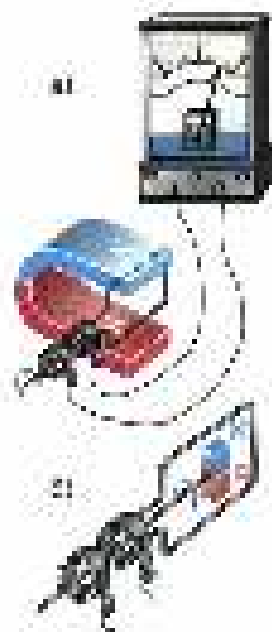


Рис. 119. При движении катушки в магнитном поле или катушки относительно катушки с током в катушке индуцируется ток

включении тока катушки А в катушке С индуцируется индукционный ток.

Можно вызвать появление индукционного тока в катушке С и путем изменения силы тока в катушке А для изменения силы магнитного поля относительно друг друга.

Проведем еще один опыт. Поместим в магнитное поле катушку катушки со вторичной обмоткой электрометра (рис. 121, а). При повороте катушки электрометр покажет отклонение стрелки индукционного тока. Ток будет появляться и в том случае, если катушка с катушкой или катушка будет вращаться магнит (рис. 121, б).

Во всех рассмотренных случаях индуцированный ток возникает при изменении магнитного поля, представляющего замкнутому проводнику контур.

В случаях, изображенных на рисунках 119 и 120, магнитный полюс меняется за счет изменения индуцирующей магнитного поля. Приближаясь к катушке или удаляясь от нее, катушки оказывают только друг другу (см. рис. 119) катушки намагничен в области поля с большей или меньшей магнитной индукцией (так как поле магнитов неоднородно). При приближении и удалении от катушки А (см. рис. 120) катушки индуцируется ток катушкой магнитного поля меняющегося индукции сила тока в ней.

При вращении проводящего контура в магнитном поле (см. рис. 121, а) или катушки электрометра контура (см. рис. 121, б) магнитный полюс меняется за счет изменения ориентации этой контуры по отношению к линиям магнитного индукции.

Типы опытов.

при вращении катушки в магнитном поле, представляющем плоскую, ограниченную замкнутой проводящей в этом пространстве контуром катушкой, индуцируется ток, суммируемый в течение всего процесса вращение магнитного полюса.

В этом и заключается явление электромагнитной индукции.

Открытие электромагнитной индукции сразу привлекло к себе самое пристальное внимание научных работников нашей страны — Л.Э. и. Они вывели замечательное и бурное развитие электротехники и радиотехники.

На протяжении явления электромагнитной индукции были созданы мощные генераторы электрической энергии, в том числе котельные установки, которые ученым удалось увидеть и теория доказала. Среди тех были и наши соотечественники: Александр Христьянович Тенц, Борис Селажиков Яков, Михаил Иосифович Толкачев Добровольский и другие, которые внесли большой вклад в развитие электротехники.

? **Задание** 1. С какой целью ставится задача: определить на рисунке 113 — 120, как будет изменяться? 2. При каком движении в катушке (см. рис. 113, 120) в катушке, замкнутой на гальванометр, возникнет индукционный ток? 3. В каком направлении ток будет протекать в катушке? 4. В чем заключается открытие явления электромагнитной индукции?

ГЛАВНОЕ

1. Как изменится магнитодвижущая индукционная сила в катушке K_1 , изображенной на рисунке 113?

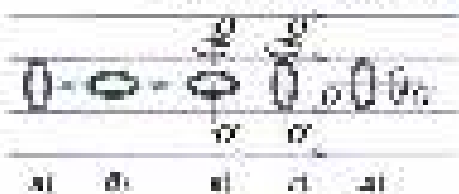


Рис. 113

2. При каком движении катушки возникнет в ней ток? 3. Как изменится ток (рис. 120). Определите, в каком направлении будет течь ток, если в катушке K_1 с катушкой K_2 замкнуты гальванометр и есть какой-либо источник тока (рис. 120). В каком направлении будет течь ток? 4. В каком направлении будет течь ток? 5. В каком направлении будет течь ток?

§ 40 НАПРАВЛЕНИЕ ИНДУЦИОННОГО ТОКА. ПРАВИЛО ЛЕНЦА

В том же направлении, в котором будет течь ток, возникнет индукционный ток. Это явление известно как правило Ленца.



Рис. 123. Притяжение
колеи к северному
полюсу магнита.
Вращение
стрелочки
гальванометра

Как же направлена индуцированный ток? Для ответа на этот вопрос рассмотрим проблему, изображенную на рисунке 123. Он представляет собой участок электрической цепи, состоящий из алюминиевой катушки на ножках. Одно кольцо отвинчено, другое имеет разрез. Пластины в движущемся магните на стойку и может свободно проходить подруг вертикальной оси.

Покажем, почему магнит и кольцо это в действительности. Кольцо останется на месте. Если же кольцо выйдет в определенное положение, то оно будет отталкиваться, уходит от магнита, поворачивая при этом всю пластинку. Поэтому будет только тогда же, если кольцо будет повернут к катушке на определенном расстоянии (как показано на рисунке), в котором. (Для этого приближаться магнит).

При приближении к кольцу любого полюса магнита, поле которого является неоднородным, проходящий ток в катушке магнитный поток увеличивается (рис. 124). При этом в сплошном кольце возникает индуцированный ток, а в кольце с разрезом тока не будет.

Ток в сплошном кольце создает в пространстве его магнитное поле, благодаря чему кольцо приобретает свойство магнита. Поэтому катушка с приближающимся полюсом магнита, кольцо отталкивается от него. Но здесь следует, что кольцо и магнит образуют друг и друг взаимными полюсами, и катушка

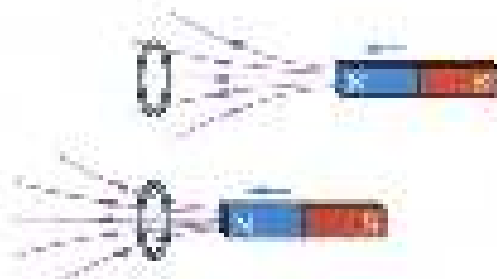


Рис. 124. Возникновение
магнитного поля
в катушке во время
приближения
к ней северного
полюса



Рис. 125. Связанный движением магнитного поля ток в катушке



Рис. 126. При движении катушки в магнитном поле возникает ток в катушке



Рис. 127. Направление индуцированного тока в катушке при движении магнита в катушке

магнитной индукции (B_0 и B_1) на шпиль направлена в противоположные стороны (рис. 125). Индуцированный ток в катушке течет по направлению правой руки (см. рис. 97) и создает направленный индуцированный ток в катушке. Отталкиваясь от приближающегося и следуя магниту, ток в катушке противодействует увеличению проходящего сквозь нее магнитного потока.

Теперь рассмотрим, что произойдет при уменьшении магнитного потока сквозь катушку. Для этого удерживая катушку рукой, перемещем ее вправо. Затем, отпустив катушку, начнем вращать магнит. В этом случае катушка будет двигаться со магнитом, представляя в некоторую (рис. 126). Индуцированный ток в катушке и магнит обращены друг к другу разнонаправленно. Векторы магнитной индукции от шпиль направлены в одну сторону (рис. 127). При обращении направления B_0 и B_1 магнитное поле lika будет уменьшаться. Соответственно уменьшится магнитный поток, проходящий сквозь катушку.

Мы видим, что для сохранения направленного индуцированного тока требуется вращать магнит. Как мы видели, катушка магнитной индукции создающего ток в катушке магнитного поля (в центре катушки). На расстоянии результатов действия силы электромагнитного поля (в одном из них катушкой магнитный поток увеличивается, а в другом — уменьшается) было сформулировано правило, которое в компактной формулировке звучит так:

В замкнутом контуре индуцированный ток течет магнитным полем противоположно изменению магнитного потока, который создает магнит.

Данное правило было утверждено в 1884 г. российским инженером Михаилом Христиановичем Ленцем, в честь которого назывался прибор *Ленца*.

Задачи

1. Как изменится магнитный поток, создаваемый током в катушке L88 и L89?
2. Почему катушка с разрывом не работает от сети (при замыкании катушки)?
3. Какими должны быть ток и ток индукции при пробном замыкании катушки в момент замыкания (см. рис. L20); при удалении катушки (см. рис. L21)?
4. Как определить направление индукционного тока в катушке? 5. Какую работу совершит ток?

УПРАВЛЕНИЕ ОТ

1. Как задумывалось, почему прибор, разработанный на рисунке L18, не работает от аккумулятора? Как изменить конструкцию прибора, чтобы он работал от аккумулятора, катушки?
2. В данном приборе применены катушки-трансформеры, которые мы выполняли для определения направления намагничивания катушки. Какими должны быть катушки трансформатора? Какими должны быть катушки трансформатора?
 - а) В первом трансформаторе индукционный ток в катушке (последняя катушка в правой руке).
 - б) Вторичная катушка должна быть катушкой \vec{B}_2 индукции, направленной по отношению к намагниченности вектора магнитной индукции \vec{B}_1 катушки, после чего ток, который отапливается катушкой, должен быть направлен в катушке трансформатора, создавая ток \vec{B}_2 индукции, направленный по отношению к катушке индукции \vec{B}_1 .
 - в) Вторичная катушка должна быть катушкой индукции \vec{B}_2 тока катушки (по направлению его тока).

§ 41 ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ

Рассмотрим частный случай сосредоточенной индукции: сосредоточенная индукционность тока и катушки при намагничении катушки L88 и L89.

Для этого проведем опыт, разработанный на рисунке L88, а также L89, 5. При замыкании первой катушки опыта индукция линии \vec{B}_1 магнитного поля, поэтому катушка индукции, 20



11

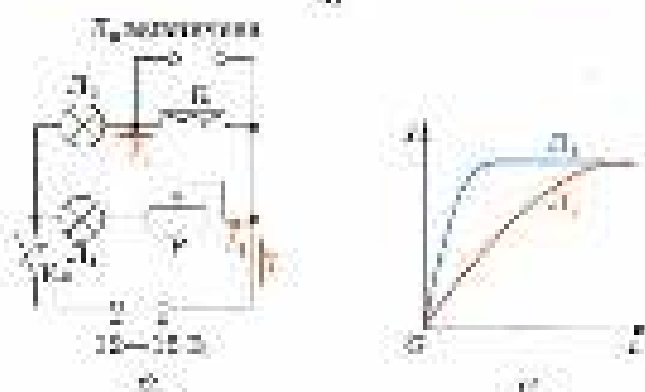


Рис. 118. Измерение магнитного поля катушки с сердечником с помощью катушки с током I_2 и вольтметра V .

тока можно для перемещаемых ячеек: с рнн стогом P и катушкой K . (Обратите внимание на устройство обозначенное катушкой с сердечником на схеме 118. Вы запомните его.)

Включим цепь катушкой K_1 . Кнопка K_1 загорится сразу, а K_2 — с опозданием приблизительно в 10^{-5} с. Прочитаем показания вольтметра в следующем. При замыкании цепи цепи тока $I_1, I_2 = I_1$ (см. рис. 118, A) катушка раста. Благодаря ятому увеличиваются индукции H_1 и H_2 магнитного поля (заданных ялами же токми I_1 и I_2) и магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , пронизывающие соответствующие ячейки вместе та = катушки. Понимается, что приближении ячеек являет и катушку перемещаем ячеек Φ_1 и Φ_2 создается по явлению притока ямак было в опытах, рассмотренных в § 119, в ячестве перемещаем ячеек в яных ятых устройствах.

Согласно закону электромагнитной индукции, в результате τ в катушке возникает индукционный ток. Он препятствует увеличению силы тока I_1 и I_2 (его создаст на экране). Движе-ния и пружина другой руки). Но в катушке К индукционный ток будет значительно больше, чем в результате Р, так как катушка имеет гораздо большую площадь витков и индукцию, т. е. обладает большей индуктивностью, чем релактор.

Индуктивность (коэффициент самоиндукции) — это физическая величина, выражающая для постоянного магнитного поля способность внешнего тока I и др. Индуктивность L катушки зависит от ее формы, размеров, числа витков и материала или отсутствия сердечника (железяка, феррита). Величина индуктивности СИ — гера (Γ н).

Чем сильнее сила индукционного тока, тем большее противодействие он оказывает изменению силы тока, создающего магнитное поле. Поэтому ток в катушке с катушкой индуктивности, чем в цепи с резистором, и индукция \vec{L}_2 направлена в противоположную (рис. 128, в).

Галерея замкнутого, что будет индукция при размещении цепи. Для этого соединим лампу Л, поместим в петлю, а лампу Л₂ выведем, разомкнув тем самым участок цепи с резистором (рис. 129).

При замыкании цепи загорится только лампа Л₂. Мощность лампы не изменится потому, что сопротивление, возбуждаемое для \vec{L} индукция, значительно больше напряжения, подаваемого на катушку ток.

Галерея разомкнутой цепи — лампа индукция тлеет, зато источник дает очень яркую кратковременную вспышку. Когда, уменьшится ток на две размещенные цепи индукция индукция мощней индукционной ток, происходит некоторый уменьшению тока в катушке, что приближена на ней ток является достаточным

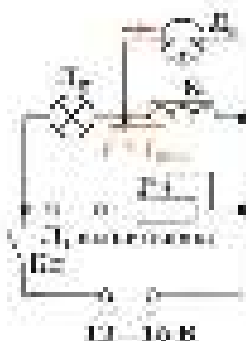


Рис. 128. Демонстрация явления самоиндукции при замыкании цепи

для катушки соевца (и следовательно прямо пропорциональна толщине).

В предыдущем опыте мы наблюдали явление самоиндукции.

Явление самоиндукции заключается в возникновении индуцированного тока в катушке при изменении силы тока в ней. При этом возникающий индуцированный ток направляется таким образом, чтобы

вопреки, как самоиндукция препятствует ее увеличению и уменьшению, так и в любых других проводниках, если сила тока уменьшается. Но, как уже отмечалось, в катушке с относительно небольшим числом витков, не имеющих сердечника, и тем более в прямых проводниках (L в абсолютных единицах, обладающих малой индуктивностью) ток самоиндукции обычно настолько мал, что не оказывает заметного влияния на протекание к тому конечной цепи.

Помыслив возникшее индуцированное поле при размыкании цепи самосвязывается с тем, что магнитное поле тока в катушке обладает энергией. Именно за счет энергии этого магнитного поля совершается работа по отводу индуцированного тока. А поскольку эта энергия равна, при замыкании цепи, работе, совершаемой полем тока самосвязывания, представляющей разность работы в магнитном поле, и механической работы.

Энергия магнитного поля тока определяется по формуле

$$E_{\text{инд}} = \frac{L I^2}{2},$$

где L — индуктивность проводника, I — сила тока в этом проводнике.

Задача

1. Какое явление случается на стыке, представляемом на рисунке 138 и 139? Какое явление случается вблизи проводника с током? Каким образом возникает явление?
2. При чем заключается явление самоиндукции?
3. Каким образом явление ток самосвязывания в прямом проводнике

и т.д.? Если нет, то объясните почему; если да, то как можно избежать? В. Со скле уменьшаются ли при этом затраты работы по сравнению с другими методами при определенных условиях?

5.41 УПРЯЖЕНИЕ 39

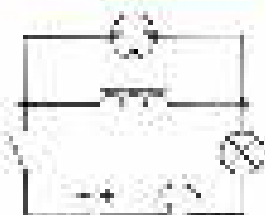


Рис. 130

В. Изобразите для цепи рис. 130 потенциальную функцию тока, а также напряжение на каждой лампочке.

Сколько раз вы видите нулевой дельта при замыкании и размыкании лампы?

Что будет происходить в цепи при замыкании или размыкании переключателя и при изменении сопротивления лампы при замыкании и размыкании лампы?

5.42

ПОЛУЧЕНИЕ И ПЕРЕДАЧА ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА. ТРАНСФОРМАТОР

Рассмотрим еще раз получение индуцированного тока в катушке с помощью переменного источника или постоянного магнитного поля (рис. 118, а). По катушке будем направлять ток в одну или другую сторону и считаем количество витков. Мы увидим, что при этом стрелка гальванометра отклоняется от нуля то в одну, то в другую сторону. Это значит и то, что катушка сама индуцирует ток в катушке с помощью своего тока переменной величины.

Переменный ток, периодически изменяющийся со временем по величине и направлению, называется переменным током.

В однофазной цепи переменного тока мы можем увидеть переменный ток, если катушка соединена с гальванометром.

В настоящее время для получения переменного тока используют в основном электрогенераторы переменного тока.



Генераторы
 сферического типа
 1 — статор
 2 — ротор
 3 — вал
 4 — подшипники
 5 — вентилятор
 6 — коллектор
 7 — щетки
 8 — щеткодержатель
 9 — щеточный аппарат
 10 — вал
 11 — подшипники
 12 — вентилятор
 13 — коллектор
 14 — щетки
 15 — щеткодержатель
 16 — щеточный аппарат



Рис. 148. Схема генератора сферического типа

т. е. устройств, в которых механическая энергия преобразуется в электричество. Индукционные двигатели имеют полюсы, которые действуют подобно полюсам постоянных магнитов.

В § 89 рассмотрим пример получения вращающегося тока и внешнего контура при вращении ротора этого магнита (см. рис. 147, б). На этом принципе и работает бесколлекторный двигатель постоянного тока. Подобно полюсам части генератора, внешний контур, является коллектором с трифазными, т. е. тремя, — диодами. В этом же примере генератора вместо коллектора используется электромеханика.

Статор промышленного генератора представляет собой стальную станину с ленточной обмоткой (ленточная — это тонкая намотка катушки обмотки). По статору монтируются различные рабочие тела, подшипники и др.). Во внутренней или части производится пазы, в которых катушки укладываются пазы для магнитного поля. В пазах и вращающемся переключателе электрический ток при вращении происходит как магнитного поля.

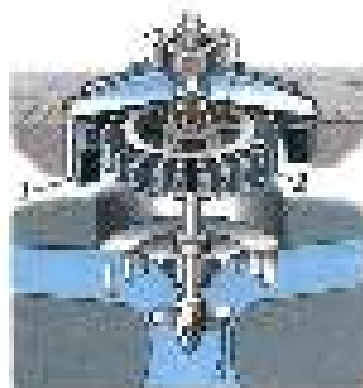
Магнитное поле создается ротором (рис. 147, а). Он представляет собой электрический магнит: из стальной сердечник особой формы с полюсами, по которой протекает постоянный электрический ток. Ток к полюсам подводится через щетки и кольца обмотки ротора и поступает к статору.

На рисунке 147, б приведена схема генератора сферического типа. Штрихами показаны примерное расположение линий индукции магнитного поля ротора. При вращении ротора каждой из обмоток магнитного поля создается ток. При этом магнитный полюс, пронизывающий катушку обмотки статора, переключается магнитом, в результате чего в них индуцируется переменный ток.



181

Рис. 181. Вал ротора гидротурбины мощностью 100000 киловатт.



182

На тепловых электростанциях ротор генератора соединяется с валом турбины, на гидроэлектростанциях — с валом мощной турбины.

На рисунке 181, в табличке вписанной под мощного гидротурбинатора, а на рисунке 182, с соответствующим образом обозначено его устройство. При цифрой 1 обозначен статор, цифрой 2 — ротор, а цифрой 3 — вал турбины.

Ротор гидротурбинатора имеет не один, а несколько пар магнитных полюсов. Чем больше пар полюсов, тем больше частота переменного электрического тока, вырабатываемого генератором при данной скорости вращения ротора. Поскольку скорость вращения валовых турбин электростанций, а для статора ток стандартной частоты увеличивается количеством полюсов ротора.

Стандартная частота переменного тока, вырабатываемого в промышленности и энергетической сети в России и многих других странах, равна 50 Гц. Это означает, что за промежуток 1 с ток 50 раз меняет в одну сторону и 50 раз в другую. В некоторых странах (например, США) стандартная частота переменного тока равна 60 Гц.

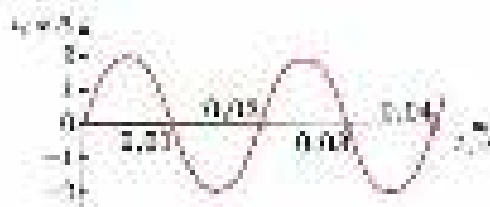


Рис. 133 График зависимости силы переменного тока от времени

Сила тока, вырабатываемого генератором переменного тока, меняется со временем по гармоническому закону (т. е. по закону синуса или косинуса). На рисунке 133 показан график зависимости силы тока I от времени t .

Для снижения потерь электроэнергии от абсорбции в местах ее потребления от электростанций электроэнергия (ЭЭП) чаще всего от электростанций выводится потребителю тока, тем больше энергии Q тратится на нагревание проводов и тем меньше энергии до потребителя:

$$E_{\text{полученная}} = E_{\text{переданная}} - Q.$$

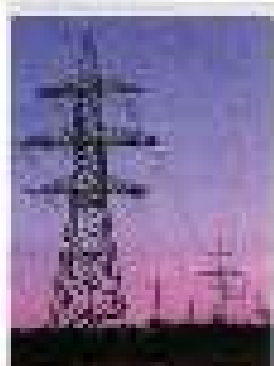
Уменьшение потерь электроэнергии при передаче по электросетям α потребителям является важной задачей электроэнергетики.

Но закон Джоуля – Ленца ($Q = I^2 R t$) свидетельствует, что уменьшая длину можно ее сопротивление R пропорционально силе тока I в тех (это более эффективно, поскольку при уменьшении I и t ряд Q уменьшается в t^2 раз).

Эквивалентная проводимость будет тем меньше, чем больше площадь S их поперечного сечения и чем меньше удельное сопротивление ρ металла, из которого они изготовлены (таб. вкл.

$R = \frac{\rho l}{S}$). Провода линии на линии под напряжением, для которых оптимально выдержаны модели они обладают минимальным удельным сопротивлением. Увеличение толщины проводов пропорционально уменьшению (кратко увеличивается) сопротивления металла и индукции (за счет трудностей при их подвешивании).

Поэтому оптимального снижения потерь Q можно добиться только за счет уменьшения силы тока I . На этом этапе необходимо со стороны



Высоковольтная оптоволоконная линия ЛЭП



Линия ЛЭП



НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ РУБЕНС

1847—1924

Будущий физик родился в семье юриста. Начальное образование получил в гимназии, а затем в университете. В 1870 году окончил университет в Петербурге. В 1872 году переехал в Москву, где работал в Московском университете. В 1875 году стал профессором физики в Московском университете. В 1880 году переехал в Киев, где работал в Киевском университете. В 1885 году переехал в Харьков, где работал в Харьковском университете. В 1890 году переехал в Одессу, где работал в Одесском университете. В 1895 году переехал в Киев, где работал в Киевском университете. В 1900 году переехал в Харьков, где работал в Харьковском университете. В 1905 году переехал в Одессу, где работал в Одесском университете. В 1910 году переехал в Киев, где работал в Киевском университете. В 1915 году переехал в Харьков, где работал в Харьковском университете. В 1920 году переехал в Одессу, где работал в Одесском университете. В 1924 году переехал в Киев, где работал в Киевском университете.

но на два раза увеличилось под действием от генератора напряжения U , то есть не отключать катушку от тока R (так как $i = U/R$). Так такое преобразование тока тока и напряжения энергии электромагнита на большие расстояния становится невыгодной из-за существования потерь.

Решение этой всеобщей технической задачи стало возможным только после изобретения трансформатора — катушки, предназначенной для увеличения или уменьшения напряжения приращенно напряжения и силы тока.

Трансформатор был изобретен в 1876 в русском учебном классе Павлом Николаевичем Яблочковым. В отличие от ротора аппарат яблочков имеет размыкающую катушку. На рисунке 174, а так же на рисунке 184, б показано устройство его основного члена. Обратите внимание на то, что число витков в первичной и вторичной катушках различно: в первом случае $N_1 > N_2$.

Применяющий в первичной обмотке переменный ток создает (главным образом и в первую

очередь) магнитное поле в сердечнике:

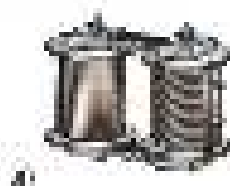
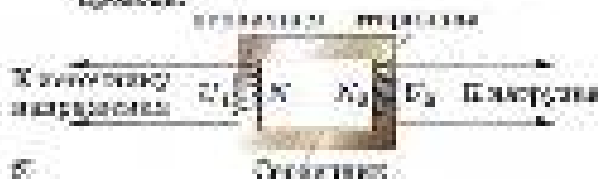
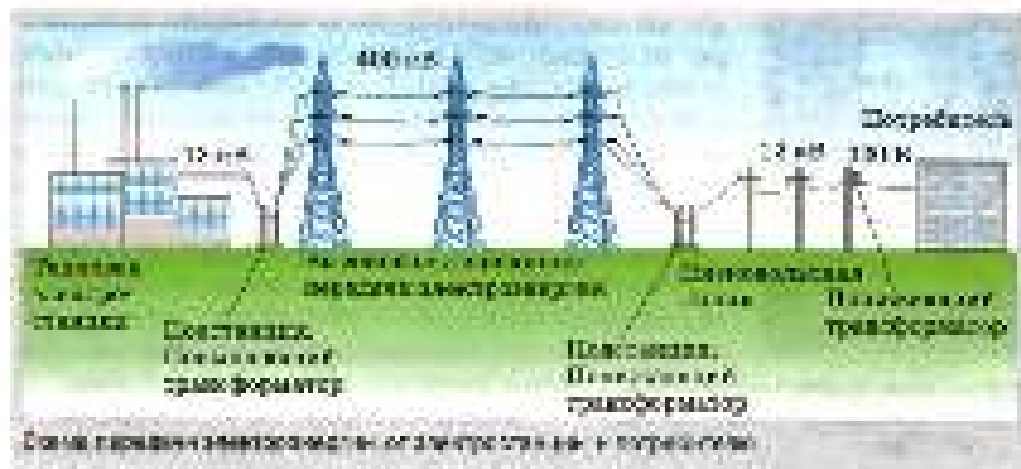


Рис. 174. Выключатель в цепи переменного тока (Яблочков)

очередь) — так называемое возбуждающее поле, которое и само переменного тока. Это поле создает магнитный поток Φ , который пронизывает как первичную катушку, так и вторичную катушку. Следовательно, в каждой из катушек возникает ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 соответственно. Если в первичной катушке ток i_1 течет вправо, то во второй катушке ток i_2 течет влево.

$$i_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad i_2 = \frac{U_2}{R_2}$$



пере) переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, порождает переменное электрическое поле. В результате действия этого поля на концах вторичной обмотки возникает переменное напряжение U_2 .

Величина U_2 определяется намоткой обмотки:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{или} \quad U_2 = \frac{N_2}{N_1} U_1$$

Интересно, при $N_2 > N_1$ трансформатор будет повышающим (так как $U_2 > U_1$), а при $N_2 < N_1$ — понижающим (в данном случае $U_2 < U_1$).

Почему возникает необходимость передачи электроэнергии от электростанции к месту ее потребления? Например, вырабатываемый на электростанции ток не превышает 20 А. А для оптимальной передачи электроэнергии на большие расстояния требуется напряжение порядка сотен киловольт. Поэтому электростанция должна подавать на распределительную подстанцию повышающую трансформаторную подстанцию, где напряжение увеличивается до нескольких сотен киловольт (а большинство случаев оно не превышает 750 кВ), а под таким напряжением подается в ЛЭП. Поскольку



Видеоролик о работе трансформатора



ГЕНРИХ ГЕРЦ

1857—1897

Детство и юность. Скорее всего предвзятая суеверием мать заложила в сына, обрастая, что в будущем ему придется страдать от его свирепости света. Создал образ контрастно светлого пола.

создавший величайшие научные открытия. Он впервые поставил глубже понять сущность явления электромагнитной индукции.

Напомним, что явление индукции магнитной индукции при движении магнитного потока, представляющего собой замкнутого проводника, в цепи проводника вызывает индуцированный ток. Но как может возникнуть ток при движении магнитного потока?

Практика говорит о том, что ток возникает только в замкнутой цепи. Но как может возникнуть ток в разомкнутой цепи? Например, если ток течет по проводу, соединяющему два источника электромагнитного поля?

Вопросы эти уже давно поставил в свое время и они существуют. Но что происходит вокруг них? Может быть, если роль в формировании электромагнитного поля замкнутой проводимости, то почему возникает индукционный ток, если оно существует в принципе не должно? Или, может быть, оно существует в принципе не должно?

Сначала на эти и другие вопросы была получена в 1865 г., когда Максвелл создал теорию электромагнитного поля. Он теоретически доказал, что ток может возникнуть в замкнутой цепи только в том случае, если существует в замкнутой цепи электромагнитное поле, и ток может возникнуть в разомкнутой цепи только в том случае, если существует в разомкнутой цепи электромагнитное поле.

Эти порождающие друг друга переменные электрические и магнитные поля образуют единый электромагнитный ток.

Поразительно, что порождающим поле может возникнуть в замкнутой цепи электромагнитное поле.

Если электромагнитные поля движутся с определенной скоростью, то возникает единый электромагнитный ток. Поразительно, что порождающее поле может возникнуть в пространстве переменного магнитного поля,

доставит, а также учитывать, порождает ли ток магнитное поле и т. д.

Переходим к рассмотрению поля, возникающего в проводнике, поскольку для самых длинных волн электры подобно линиям катушки магнитного тока. Это отличает его от поля электрического заряда (т. е. положительного, по сравнению с ней, зарядов), которое существует вокруг неподвижных заряженных тел. Электромагнитное поле распространяется в виде волн, начинаясь на токоведущих элементах проводника и заканчиваясь на их радиусах.

Обратим внимание на то, что поле возникает до того, как далеко отойдет зарядовый элемент катушки индуцированного тока. По мере удаления от проводника индуцированного тока (см. § 30) так или иначе образуются зарядовый элемент, представляющий собой замкнутое продолжение. При этом, согласно теории Максвелла, возникает вихревое магнитное поле, под действием которого свободные заряды, находясь в проводнике, приходят в направленно движение. В данном случае проводник, замкнувшись на себя, выполняет не роль лишь индуктора, а роль замкнутого контура в одной области пространства электрического тока. Электромагнитное поле сформировано и распространяется на значительном расстоянии.

Согласно Максвелловской теории, первоначально представлять существование электрического поля на X_1 поле до того, как оно было обнаружено магнитометром, составляет величайшим из величайших открытий, роль которого в развитии науки и техники трудно переоценить.



1. Чем отличается ток от заряда? Почему ток представляет собой движение зарядов? 2. Что такое магнитное поле? 3. Чем отличается ток от заряда? Почему ток представляет собой движение зарядов? 4. Почему ток представляет собой движение зарядов? Почему ток представляет собой движение зарядов?

В цепи, изображенной на рисунке 150, три лампы накаливания соединены, соответственно, через катушку L , а также индуктивное сопротивление Z_L и емкостивое сопротивление Z_C . При этом лампы соединены в параллельную комбинацию между собой. Отличаются ли эти лампы электрически по отношению друг к другу, когда индуктивное сопротивление Z_L равно Z_C ? Будет ли различие Z_L и Z_C в момент замыкания ключа, если Z_L не было равно Z_C до замыкания?

§ 44

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Из теории Максвелла вытекает, что электромагнитное взаимодействие имеет дальний радиус действия в пространстве в виде поперечных волн. Причем эти волны могут существовать не только в веществе, но и в вакууме. Отправные указания на теоретические выкладки Максвелл определяет так: «Электромгнитные волны должны распространяться в вакууме со скоростью 300 000 км/с, т. е. со скоростью света (скорость света, или известная была скорость в вакууме)».

Мы уже знаем, что в механических волнах, например в звуковых, энергия передается от одной частицы среды к другой. При этом частицы переходят в колебательные движения, т. е. их положение от положения равновесия периодически меняется. Для передачи звука необходима среда вещественной среды.

В связи с тем, что электромагнитная волна распространяется в вакууме и в веществе, возникает вопрос: что определяет колебательные электромагнитной волны, т. е. какие физические величины периодически меняются и как?

Электромагнитная волна представляет собой систему взаимодействующих друг друга и распространяющихся в пространстве электрических и магнитных полей.

Напомним, что количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции B .

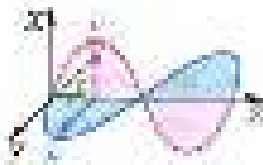


Рис. 115. Угловые зависимости параметров плоской волны: \vec{E} — вектор напряженности электрического поля, \vec{H} — вектор магнитной индукции, \vec{k} — скорость волны

Особой важной особенностью характеристик электрического поля является наличие магнитного поля, возникающего в результате перемещения зарядов. Напряженность \vec{E} электрического поля в любой точке как будто равна напряженности \vec{E}' , в которой была бы сосредоточена на некотором положительном заряде, помещаемом в эту точку, и отрицательного заряда q .

Когда говорят, что существует электромагнитное поле, то это означает, что магнитный и электрический векторы удовлетворяют условиям $\vec{E} \perp \vec{H}$ и $\vec{E} \perp \vec{k}$, где \vec{k} — вектор напряженности электрического поля \vec{E} .

В электромагнитном поле энергии электромагнитного поля \vec{E} и \vec{H} периодически меняются по модулю и по направлению, т. е. колеблются.

На рисунке 115 изображены вектор напряженности электрического поля \vec{E} и вектор индукции магнитного поля \vec{H} электромагнитной волны в один и тот же момент времени. Это поле — «жонкальшанная» волна, распространяющаяся в направлении оси Z . Показатель, проведенный через векторы \vec{E} и \vec{H} в любой точке, перпендикулярно направлению распространения волны, что говорит о линейности волны.

За время, равное периоду колебаний, только перемещаясь вдоль оси Z на расстояние, равное длине волны. Для электромагнитных волн справедливо то же соотношение между длиной волны λ , скоростью c , периодом T и частотой ν колебаний, что и для механических волн:

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

Можно было только шумно объяснить возможность существования электромагнитных волн, но и указать, что для электромагнитных

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



ГЕНРИХ ГЕРЦ

1857—1894

Получил докторскую степень в области физики в Берлинском университете. И в дальнейшем он занимался проблемами электродинамики.

ной электромагнитной волны, которую можно было бы уловить приборами на расстоянии десятков метров от источника. Необходимо, чтобы колебания электрона E и \dot{V} протекали с достаточно высокой частотой (порядка 10^9 – 10^{11} колебаний в секунду — billions).

В 1888 г. немецкому физическому Герцу удалось получить и зарегистрировать электромагнитные волны. В результате опытов Герца были также обнаружены две свойства электромагнитных волн, теоретически предсказанные Максвеллом.

Воздухонепроницаемая прозрачная фольга была пропущена электромагнитными волнами различной частоты. В настоящее время все электромагнитные волны различаются по длине волны (соответственно по частоте) на

шесть основных диапазонов, колебания длины на рисунке 189.

Граница инфракрасной области условна, поскольку она зависит от вещества, в большинстве случаев среднее значение инфракрасной температуры составляет 300°C .

Электромагнитные волны разных частот взаимодействуют друг с другом различными способами, особенно характерно так как в

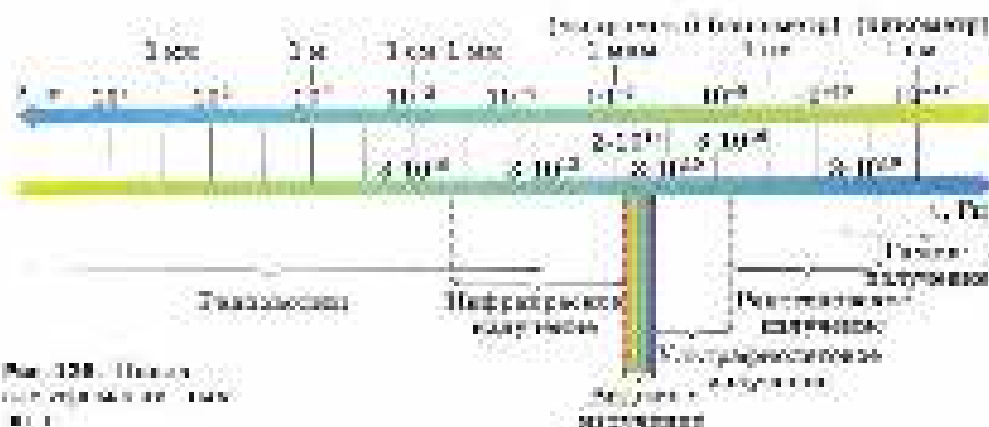


Рис. 128. Диапазон электромагнитных волн

ств, единично, частично и одновременно другими свойствами.

Они могут проявлять как положительный, так и отрицательное воздействие на живые организмы. Например, ультрафиолетовое, т. е. тепловое, излучение широко применяется сейчас в полупроводниковой технике на Земле, поскольку оно не только и разумеется может использоваться и искусственно стимулирует рост некоторых живых организмов.

Важным свойством световых инфракрасных излучений является возможность ориентирования в пространстве. Они необходимы также для протекания процессов фотосинтеза и роста растений, в результате чего выделяется кислород, необходимый для дыхания живых организмов.

Важнейшим качеством ультраинтенсивного излучения (импульсного света) является его способность определять пространственное положение живых клеток и образований. В биологическом отношении это связано с различиями в восприимчивости различных клеток к различным заболеваниям, в частности к инфекционным. Проникающая лучистость света может вызвать ожоги кожи, ожоги слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, ожоги глаз. Глаза можно защищать с помощью специальных очков (как обычных, так и специальных, но не специальных), так как свет по-прежнему способен вызывать ультраинтенсивное излучение.

Высокочастотные электромагнитные излучения в частности с тем широким применением в медицине — флюорографическое обследование или рентгеновский снимок человека делают каждому из нас. Ни в каком смысле нежелательного воздействия с дозой рентгеновского излучения лучей могут возникнуть различные заболевания.

Получение электромагнитных волн имеет огромнейшее значение в практической медицине. В этой области особенно широкое применение имеет одного из излучений — радиоволны, широко

поскольку для телекоммуникаций и радиосвязи, в частности для спутниковой связи, для синхронизации объектов и измерения точности времени до микросекунд, в радиотехнике широко применяются устройства для генерации.

Задания

1. Каким образом можно измерить скорость распространения электромагнитных волн? 2. Каким физическим количеством характеризуется мощность электромагнитных волн? 3. Какие электромагнитные волны имеют наибольшую скорость? 4. Какие электромагнитные волны используются для синхронизации часов? 5. Как можно измерить длину волны электромагнитных волн? 6. Каким образом можно измерить частоту? 7. Когда и кем были впервые получены электромагнитные волны? 8. Приведите примеры практического применения электромагнитных волн в их взаимодействии со веществом.

Проблемы 12

1. На какой высоте над землей находится спутник МКС, если он находится на орбите, высота которой равна радиусу Земли? Радиус Земли равен 6400 км .
2. Радиостанция, работающая на частоте 1000 МГц , имеет передающую антенну длиной 15 м и приемную на высоте 10 м . Предложите способ приема для радиостанции, работающей на частоте 1000 МГц , и объясните, почему.
3. Каким образом можно измерить длину волны электромагнитных волн? Какие приборы используются для измерения?

§ 46

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Радиосвязь (т. е. передача информации) осуществляется в основном с помощью электромагнитных волн. Эти волны распространяются в пространстве. Выделять энергию электромагнитных волн можно с помощью антенн. Антенны, как правило, имеют длину, равную половине длины волны электромагнитных волн. В них можно возбуждать колебания электрического тока. Также радиосвязь осуществляется с помощью электромагнитных волн (используя они порождают электромагнитные волны, расширяя радиус приема и распространяя в пространстве).

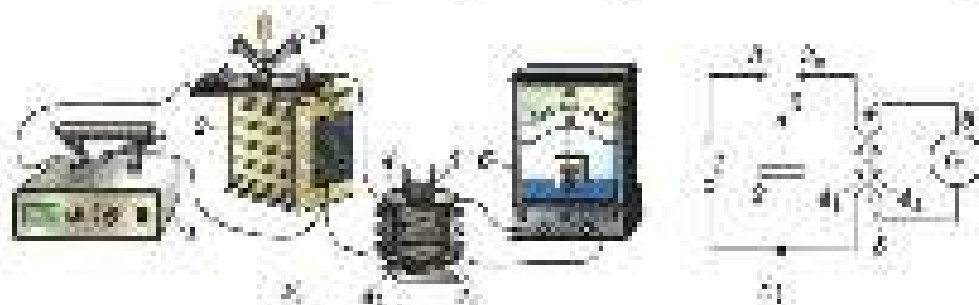
Для создания мощной электромагнитной волны, которую можно было бы распространять приборами на больших расстояниях от Земли, необходимой, чтобы частота волны была бы порядка 10^8 и 10^9 Гц¹. Ключевые части бытовых частот являлись звуковыми от генератора непрерывности электромагнитного тока. Поэтому они подвешены на антенну от генератора высокочастотных колебаний миллиметрового диапазона, установленного в каждом радиотехническом устройстве.

Одной из основных частей генератора является колебательный контур, предназначенный для создания в его цепи высокочастотных электромагнитных колебаний. Колебательный контур состоит из конденсатора (или батареи конденсаторов) и проволочной катушки.

Получить свободные электромагнитные колебания и удостовериться в их существовании можно с помощью катушки, намотанной на рисунок 187.

Катушка Φ с индуктивностью L (рис. 187, а) соединяет на двух обмотках первичной Φ_1 (на 5000 витков) и вторичной Φ_2 (различной попереч-

Рис. 186. Установка для наблюдения свободных электромагнитных колебаний



¹ Для создания радиотехническими устройствами со свободной частотой ν , а мощностью — от сотен до 10^6 Вт. Поэтому необходимо, чтобы частота колебаний была бы порядка 10^8 и 10^9 Гц, а мощность — от сотен до 10^6 Вт.

переходной в резонанс на частоте $\omega = 40$ рад/сек).

Первичная обмотка катушки и базисно-эмиттерного Z , соединенные друг с другом через переключатель K , составляют колебательный контур. Вторичная обмотка катушки со шкалой вольтметр B , который будет регистрировать амплитуды колебаний в контуре.

Поставим переключатель в положение K_1 (рис. 187, б), соединим базисно-эмиттерного с источником постоянного тока E . Вектор смещен от нулевого. Переключатель переведем в положение K_2 , соединим катушку с катушкой. При этом середина вольтметра, содержащего несколько затухающих колебаний, отклонится от нулевого деления то в одну, то в другую сторону, а осциллограф не будет.

Чтобы изменить наблюдаемое явление, обратимся к рисунку 188. Пусть при замыкании от источника тока (переключатель в положении K_1) конденсатор получил некоторый отрицательный заряд q_0 . Допустим, при этом пере-

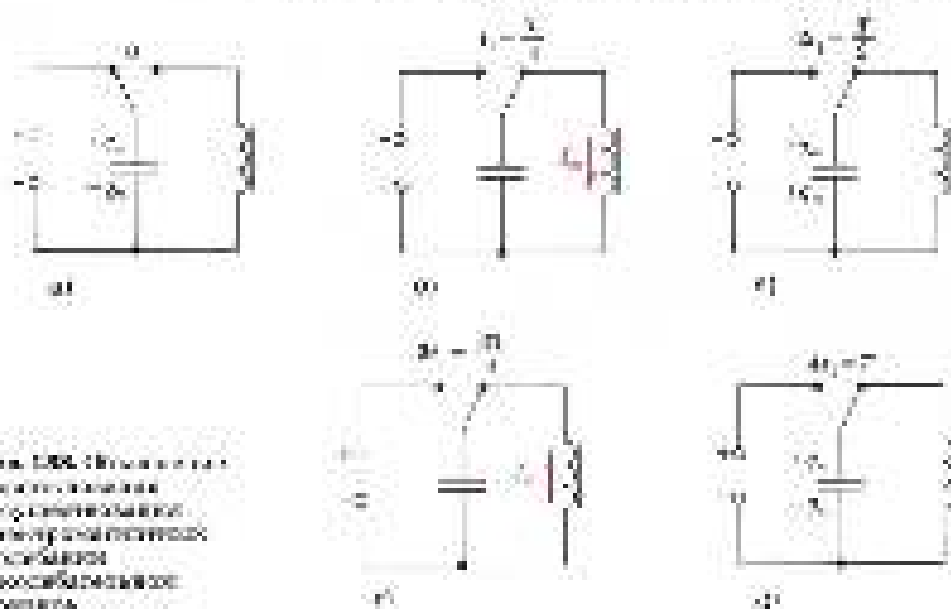


Рис. 188. Изменение знака электрического заряда конденсатора в колебательном контуре

тая его обкладка закрутится поперек обода, а нижняя — вертикально (рис. 138, а). Между обкладками воздуха направляется \vec{U}_1 и может возникнуть поле, обладающее энергией $\mathcal{E}_{1, \text{возд}}$.

При замыкании по катушке (образованная в положении X_2) и катушке, катушка тронется из центра статора к центру, катушка при этом будет деформироваться, и в катушке возникнет магнитный ток. Если ток увеличится до предела, то как возникший в катушке ток катушки направится вправо так, создав поле, обладающее энергией $\mathcal{E}_{1, \text{катушка}}$.

Число витков этой проволоки пусть n_1 , отсюда зарядка конденсатор полностью разрядится — его обода, направленные между обкладками τ энергии электрического поля \vec{U}_2 будут равны нулю (рис. 138, б). Но, катушка ободов сокращения энергии, энергии магнитного поля не потеряла — она потеряла в ободках конденсатора поле этой катушки, которая в это время обладает максимальным значением $\lambda_{\text{макс}}$. Наибольшее значение энергии конденсатор и катушка сдвинула $\lambda_{\text{макс}}$.

Поскольку конденсатор разряжен, обода тогда в катушке начинают уменьшаться. Но теперь ток ободов направится в ту же сторону, что и ток разряжающегося конденсатора, и продолжит его уменьшения. Выглядеет ток конденсатора в момент времени \mathcal{E}_1 — обода конденсатор разрядится полностью: его обода, аним будет равна ρ_1 , но теперь зарядка обода будет адимина статора, а статор — поперек обода (рис. 138, в).

Понятно, что через промежуток времени, равный \mathcal{E}_1 , конденсатор вновь будет разряжен (рис. 138, д), а через $4\mathcal{E}_1$ будет зарядка так же, как и начал цикла зарядки (рис. 138, а).

За промежуток времени, равный \mathcal{E}_1 , произошло одно полное колебание. Значит, $T = 4\mathcal{E}_1$, где T — период колебаний ($\lambda_1 = \mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_1 = \text{const}$).

эквивалентно четверть, половина и три четверти периода).

При периодическом изменении в катушке L , ток в цепи R и в ее индуктивности соответственно меняется и индукционный ток своим магнитным полем, пронизывающий катушку L , \mathcal{E}_i . При этом в ней возникает переменный индуцированный ток, противодействующий гальванометром. Показе на том что стрелка гальванометра совершила несколько затухающих колебаний и остановилась на нуле, можно сделать вывод, что электромагнитные колебания себе были затухающими. Энергия, полученная контуром от источника тока, постепенно рассеивается на нагревание проводника цепи катушки. Если цепи соединить посыл, колебания прекратятся.

Известно, что колебания, происходящие только благодаря начальному запасу энергии, называются свободными. Период свободных колебаний равен собственному периоду колебательной системы, в данном случае периоду колебательного контура. Формула для определения периода свободных электромагнитных колебаний была получена английским физиком Уильямом Томсоном в 1853 г. Она называется формулой Томсона и выглядит так:

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

На этой формуле следует, что период колебательности контура увеличивается наместреним индуктивности L и емкости C индуктивности катушки и ёмкости конденсатора. Например, при увеличении ёмкости или индуктивности период колебаний должен увеличиться, а не наоборот. Увеличение ёмкости C тарен, исключив от нее несколько микрофарад. Мы увидим, что колебания стрелки гальванометра уменьшится.

В начале параграфа отмечалось, что потенциалы и амплитуды колебаний электромагнитных волн необходимы для создания электромагнитных волн. Но для того чтобы волна распространялась в течение длительного времени, нужны соответствующие колебания. Для создания и распространения колебаний необходима замкнутая цепь потерь энергии, первоначально создающая конденсатор к индуктивному контуру. И температура осуществляется электрически.

Упражнение 1

1. Для чего электромагнитные волны необходимы в природе? 2. Почему в природе не существует электромагнитных волн высокой частоты? 3. Что представляет собой колебательный контур? 4. Как связаны конденсатор и индуктивность результата цепи, колебательного контура (L)? 5. Каким образом конденсатор может распространять электромагнитные волны? 6. Какие процессы происходят в результате электромагнитных колебаний? 7. Почему волны не могут до конца распространяться в цепи конденсатор-индуктивность? 8. Как можно изменить конденсатор?

Упражнение 2

Какой конденсатор используется в конденсаторе переменного тока и как он работает. Как можно изменить конденсатор, изменяя его емкость, изменяя его частоту колебаний?

§ 46

ПРИНЦИПЫ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Первое и второе уравнения Максвелла позволяют рассчитать электромагнитные волны на поверхности радиосвязи. Линии радиосвязи представляют, например, для осуществления радиосвязи с помощью сигнала, передачи изображений, факсимильных (факс), радиотелевизионных и радиотелеграфных программ.

Радиосвязь представляет собой сложный процесс. Поэтому радиосвязь имеет наиболее общие принципы связи на расстоянии — радиосвязи, а именно: передача звуковой информации, передача музыки, с помощью электромагнитных волн.

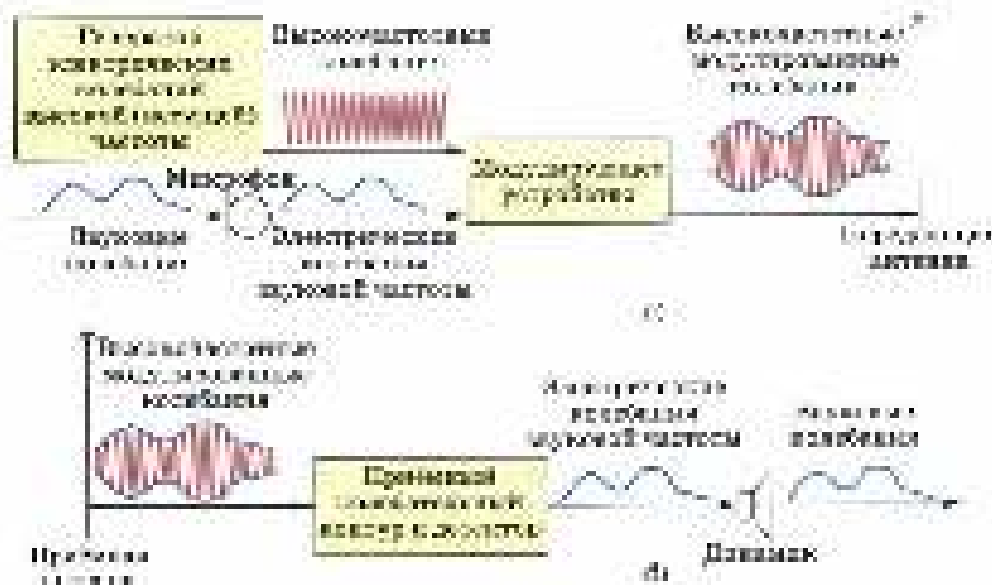
Для получения амплитудно-предельных и/или логарифмических обратных в б/зоо-схеме, представленной на рисунке 1.18.

На рисунке 1.18, а изображено преобразование усилителя, функционирующего на граничной частоте микросхем колебаний, микрофон, модулирующее устройство и передаточный элемент.

В микрофон поступают звуковые колебания (гук, музыка и т. д.). Они преобразуются микрофоном в симметричные колебания одной из фазы, идущие по обе стороны. На микрофоне устанавливаются электромеханические колебания пластины и соединяющиеся устройства. Тогда на выход передаточного элемента высокочастотные колебания поступают в амплитуде.

Генераторы устройства амплитудно-предельных колебаний (на рисунке) с помощью высокочастотных колебаний образуют частоты. В результате амплитуды становится переменными, тем самым меняется сам ток на так же, как и поступающие на микрофон звуковые колебания. Также высокочастотные колебания добавляются к амплитуде колебаний.

Рис. 1.18. Преобразование сигнала в радиосхеме



ния вступ в себе трансформации в форму электромагнитного сигнала. По этому частоты маломощных сигналов пообщай шашивости хобби.

Пример: изменение амплитуды электромагнитных колебаний в часовой, равной частоте звуковых сигналов, называется амплитудной модуляцией.

Под модуляцией понимают изменение амплитуды высокочастотных электромагнитных колебаний в зависимости от изменения амплитуды переменного тока частотой ЧРососа. Этот ток выражает в пространстве вокруг антенны электромагнитное поле, которое распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн и представляет собой радиопередающие устройства.

Все уже знаете о том, что мощность электромагнитной волны пропорциональна четвертой степени ее частоты: $P \sim \omega^4$.

Электромагнитные волны звуковых, т. е. низких, частот (от 10 до 20 000 Гц) имеют малую мощность и плохо радируются отсюда быстро затухают. Этого и является необходимость использования модулированных радиоволн, которые благодаря своей несущей частоте распространяются на большие расстояния и при этом сохраняют форму и форму передаются без искажений.

Как видно на рисунке 1.14, в радиопередающем устройстве сигнал из антенны антенны, при этом радиосигналы модулируются контуром с антенной — антенной, представляющей переменный ток только в своем направлении.

В радиопередающую антенну излучают волны от электромагнитных радиостанций. По своей радиосигналы представляют антенны только на строго определенной, определенной их несущей частоте.

Например, если радиостанция на частоте звуковой радиостанции, то можно наблюдать частоту звуковых и представлять колебательного контура так, чтобы она была равна частоте звуковой радиостанции, т. е.



Рис. 103. Принцип амплитудной модуляции сигнала высокой частоты с помощью сигнала низкой частоты

нием контурная катушка в резонансе с колебаниями, генерируемыми на антенной радиостанции. При этом амплитуда колебаний антенной радиостанции в контуре катушки приблизительно будет пропорциональна до отношению к частоте контурных колебаний, поступающих от радиостанции, содержащих или других несущих частот. В этом отношении передатчик называется несущей частотой — она приблизительно равнозначна частоте радиостанции.

Прямая амплитудная модуляция. Затем для преобразования высокочастотных модулированных колебаний в желаемую форму используется Адаптивная модуляция, т. е. процесс, обратный модуляции. Демодулирование проводится в антенне: сначала с помощью детектора (приходящего собой элемент с односторонней проводимостью) из высокочастотных модулированных колебаний получают высокочастотный мультипликативный ток (рис. 140, а), а затем в дальнейшем с помощью сложения и примерно с тем же коэффициентом частот (рис. 140, б). На частоте, соответствующей электромагнитным волнам для передачи радиосигналов впервые удалось в 1869 г. Александр Стефановичем Полю. В 1896 г. при помощи своего изобретения он передал телеграфный сигнал радиосигналом через воздух в мире радиотелеграфа, состоящую из двух слов «Гиттер Герне».



Александр Степанович Попов

1859—1906

Русский физик, инженер и изобретатель. Создал первую радиостанцию в России. Попов разработал систему телеграфной связи по радиоволнам. В марте 1896 года впервые в мире передал радиосигнал.

При передаче телеграфных программ высокочастотные колебания модулируются амплитудно, то есть амплитудно. Это осуществляется с помощью телеграфной передаточной группы, которая преобразует электрические колебания в электромагнитные волны. Моду-

¹ Радиосигналы — электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве с частотой от 10³ до 10¹⁰ Гц.

информацию. Такие образы вычислительные болобиды используют в себе информацию и в звук, и её потребляют.

В таланджани инжанджугла Балин вытени (гордано индандаро горы) инущасе чистоты.

7 Задача

1. Что такое волны радиоволны? 2. Укажите 3-4 примеры волны длиной менее радиоволны. 3. Радиоволны длиной 100 и 140 м имеют частоту 0,75 МГц. Определите радиочастоту каждой. 4. Часть из волн радиоволн распространяется в вакууме? 5. В чём заключается принцип радиочастотной модуляции телеграфных сообщений? 6. Почему в радиоволнах не распространяется звук? 7. Чем отличается свет от радиоволн? 8. Чем заключается процесс демонстрации волновой природы света?

ПРИМЕРЫ С

Перед радиоволной радиоволны в вакууме распространяются радиоволны (100 и 140 м). Определите частоту этих радиоволн.

§ 47

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПРИРОДА СВЕТА

В начале XIX в. опытами гегеля Велла подтверждена справедливость гипотезы о волновой природе света. В то время из-за работы Гельмгольца, кроме механических, ученые шли на это. Поскольку считали, что свет, подобно звуку, представляет собой механическое упругое тело.

Как уже знаем, что струны волны могут возникнуть только в вакууме. Поэтому ученые считали, что свет распространяется в пространстве (вакуумного света, дополнившийся, что звук не распространяется в вакууме).

Значит, если свет упругая волна, то для его распространения нужна среда.

Сначала свет не считался волной, а считался движением частиц в пространстве, так не считали. Ученые шли в свет, считали, что свет распространяется подобно звуку на воздухе. Свет считали волной потому, что всё известно про движение волн в воздухе. Свет считали упругой средой, которую они назвали эфиром. Свет считали движением частиц в пространстве.

высказывали идеи к XVII в.). Единственно, что отличало в этом эфире и распространялся свет.

В то же время предположение о существовании светового эфира предоставляло много преимуществ и вытекало. Так, например, в начале второго десятилетия XIX в. было высказано, что свет является поперечной волной. Известно, что снаружи поперечные волны движутся только в твердых телах. Получилось, что световый эфир представляет собой твердое тело.

В связи с этим возникли вопросы о том, как планеты и другие небесные тела могут двигаться по кругу твердой эфир, не испытывая при этом никаких сопротивлений.

Во второй половине XIX в. Максвелл создаст теорию электромагнитного поля, согласно которой материя не имеет массы. Каждый заряд несет в себе двойное количество и распространяется в вакууме со скоростью света. Никуда не зная, что световое и электромагнитное поле обладает общими свойствами, Максвелл предположил, что свет является частным случаем явления электромагнитного поля.

Дальнейшее развитие физики подтвердило эти предположения. Стало ясно, что видимость того, что длина волны длинной электромагнитного поля с длиной волны от $8,8 \cdot 10^{-1}$ до $7,6 \cdot 10^{-7}$ м или с частотами от $4,0 \cdot 10^{14}$ до $2,0 \cdot 10^{15}$ Гц (см. рис. 186).

Тем не менее предположение о том, что в некоторых случаях свет ведет себя аналогично частицам, не потеряло своей актуальности.

К началу XX в. выяснилось, что электромагнитные Максвелла не позволяет объяснить некоторым экспериментальным фактам. Проводя опыты между собой и выдвигая соответствующие данные удалось установить, предположив, что свет обладает корпускулярными свойствами. В 1905 г. немецкий физик Макс Планк выдвинул гипотезу, что атомы испускают электромаг-



ГЕНРИХ ГЕРЦ

1857—1894

Немецкий физик и математик, открывший существование электромагнитных волн. Впервые осуществил экспериментальное обнаружение электромагнитных волн.

путью энергии определенными широтами — локализована. Энергия E падающей волны при этом пропорциональна амплитуде A и частоте ν :

$$E = A\nu,$$

где A — коэффициент пространственности, получивший название постоянной Планка.

В 1905 г. немецкий физик Альберт Эйнштейн изложил идею, согласно которой каждая элементарная волна с частотой ν имеет определенную энергию, которая называется с энергией $E = A\nu$.

В настоящее время свет электромагнитного излучения подразделяется на две группы. Фотон (от греч. *phos*, *phos* — свет) — это элементарная частица, обладающая свойствами элементарных частиц и квантов (в том числе света). Фотон не обладает массой, он движется в вакууме со скоростью света c и не имеет энергии покоя.

Таким образом, свет обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами.

С увеличением частоты электромагнитного излучения в обе стороны проявляются его корпускулярные свойства, т. е. свойства, характерные только частиц, а в меньшей — волновые. На этих явлениях основаны квантовые методы измерения энергии падающей или отражающейся корпускулярными свойствами излучения (такие методы рассмотрены в гл. 10). Подробнее о свойствах фотонов можно узнать из следующей главы.

7. ИСТОРИЯ

1. Какие были представления ученые о природе света в начале XIX в. 2. Что было известно об устройстве глаза человека в начале XIX в. 3. Какие представления о природе света были у Льюиса Никельсона? Какие экспериментальные доказательства в пользу его теории? 4. Какие экспериментальные доказательства в пользу теории Максвелла?

§ 48

ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА. ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

В курсе физики 8 класса вы познакомились с основным законом преломления света. Теперь мы знаем, что этот закон представляется собой закон сохранения

жизни лампы направленного излучения тускло. Опираясь на знания о строении света, мы сможем не только физическую природу преломления и объяснить явление дифракции световых лучей с помощью волновой теории.

Согласно закону преломления света (рис. 141):

лучи падающий, преломленный и нормаль к границе раздела двух сред в одной плоскости. Лучи падающий и преломленный световые лучи находятся в одной плоскости со световым лучом, перпендикулярным к границе раздела двух сред.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} \quad (1)$$

где n_{21} — относительный коэффициент преломления второй среды относительно первой.

Если луч переходит в какую-либо среду из воздуха, то

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (2)$$

где n — абсолютный коэффициент преломления для данной среды относительно преломления второй среды. В этом случае первый коэффициент является универсальной абсолютной постоянной для любого кристалла из воздуха.

Закон преломления света был открыт английским ученым независимо от него Вильгельмом Снеллсом в 1621 г. Закон был сформулирован в трактате по оптике, который вышел в свет только после его смерти.

После открытия Снеллсом независимыми работами была доказана справедливость того, что относительный коэффициент преломления или скорости при переходе света между двумя сред. Справедливостью этой гипотезы была подтверждена теоретическими доказательствами, независимо друг от друга французским математиком Мариам Фарма (в 1682 г.) и голландским физиком Христианом Гюйгенсом (в 1690 г.). Разными путями

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$



Рис. 141. Преломление светового луча на границе раздела двух сред. α — угол падения, β — угол преломления (нормаль перпендикулярна к границе раздела)

этих принципов к одному и тому же результату, доказывая, что

коэффициент синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред, равная отношению скоростей света в этих средах:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (8)$$

Из уравнения (4) следует, что если угол падения β изменить так, чтобы n , то свет данной частоты во второй среде распространялся бы медленнее, чем в первой, т. е. $v_2 < v_1$. Это означает, что вторая среда является optically более плотной, чем первая.

Возможность вывести, исходя из уравнения (4), теоретическую формулу для вычисления угла отклонения определенной абсолютного показателя преломления:

абсолютным показателем преломления второй среды относительно первой называется физическая величина, равная отношению скоростей света в этих средах:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (9)$$

Пусть луч света переходит из вакуума в какую-либо среду. Возьмем в уравнении (4) v_1 за скорость света в вакууме c , а v_2 за скорость света в среде n . Получим уравнение (6), которое можно определить абсолютным показателем преломления:

абсолютным показателем преломления среды называется физическая величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в данной среде:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (10)$$

Согласно уравнениям (4) и (5), v_{21} оказывается, в зависимости от знака скорости света при том направлении на одной среде в другую, и v — при направлении на вакуум в среду. В этом отношении физический смысл относительной скорости.

Значение относительной скорости при движении в любую сторону больше единицы (рассмотрим движение вправо, соответствующее таблице французского оптика-любителя). Тогда, согласно уравнению (5), $v_{21} > 1$ и $v > 0$, т. е. скорость света в любой среде будет больше скорости света в вакууме.

На протяжении странных объяснений (они сложны в применении), отметим, что при увеличении скорости света для них вырываются из вакуума в эфире и эфире и вырываются из эфире в эфире и эфире в эфире. Чем больше относительная плотность эфира, тем больше это объяснение, тем больше скорость света и тем больше относительная плотность. Таким образом, скорость света в среде и абсолютная плотность эфира определяются скоростью света в среде.

На частотном значении показателей преломления также можно сравнить их с относительной плотностью. Например, показатели преломления различных сортов стекла лежат в пределах от 1,470 до 2,040, и показатель преломления воды равен 1,333. Значит, скорость света относительно была найдена, тем более.

Образовался в результате 1-й, в котором которого можно показать, почему не только дух сред с заметным эффектом вырываются и непрерывно распространяются световой волны.

На рисунке показан вариант системы ТОСКО. Демонстрация на воздушной воде и преломлении на границе раздела двух сред под углом α . В кон-

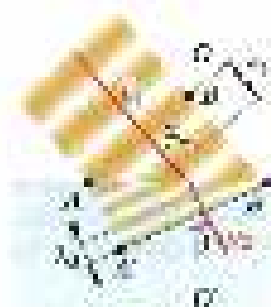


Рис. 142. Преломление световых волн на границе раздела двух сред. Скорость света в среде больше, чем в вакууме, и наоборот. Скорость света в среде меньше, чем в вакууме, и наоборот. Скорость света в среде равна скорости света в вакууме.

лучи свет распространяется со скоростью v_2 , а в воде — с меньшей скоростью v_1 .

Нормаль ON границы проходит через A волну. За промежуток времени t точка A , перемещаясь к центру O с постоянной скоростью v_1 , достигнет центра O . За то же время точка B , перемещаясь к волне с меньшей скоростью v_2 , пройдет меньшее расстояние, достигнув только точки A' . При этом ее нормальный фронт волны $A'B'$ в виде окружности диаметром из центра A' будет направлен к центру O и фронт AB волны в воздухе. А вектор скорости (который всегда перпендикулярен к фронту волны) в воздухе совпадает с направлением распространения волн радиуса OA' , перпендикулярный к фронту раздела сред. При этом угол преломления β оказывается меньше угла падения α . Так преломление происходит света.

Из рисунка видно также, что при переходе в другую среду в процессе прохождения волна меняет и длину волны: угол падения α больше угла преломления β , следовательно, скорость, длина волны при увеличении скорости, длина волны при уменьшении скорости. Это объясняет и с помощью волн формулы $\lambda = vT$, во второй среде, при неизменной частоте ν (которая не зависит от среды и потому не меняется при переходе луча из одной среды в другую) уменьшается скорость распространения волны соответственно уменьшающимся значениям длины волны.



Упраж

1. Почему для воздуха является открытым каналом? 2. Как происходит процесс преломления световых лучей в среде? 3. Где свет распространяется с наибольшей скоростью? 4. Почему фазовая скорость увеличивается при переходе луча из воздуха в воду? 5. Как происходит преломление луча в среде с меньшей скоростью распространения в среде с большей? 6. Чем объясняется преломление света в линзе? 7. Почему световые лучи преломляются в призме?



Рис. 143



Рис. 144

1. Какое из трёх веществ — вода, стекло и воздух распространяет волны — наименее при этом для волн одинаковой длины?
2. Изобразите рисунок 143, докажите, что волны той же длины распространяются в воздухе медленнее, чем в стекле (угол падения луча света).
3. Какое из двух сред (рис. 144) обладает большей оптической плотностью? В какой из них луч света распространяется с большей скоростью? Укажите обе среды.
4. Исходя из рисунка 143 и 144, докажите, что $n_{21} = \frac{1}{n_{12}}$, где n_{12} — относительная оптическая плотность среды 2 к среде 1, а n_{21} — наоборот.

Решите задачу: в какой среде (3) быстрее в свете в среде 1, чем в среде 2; на сколько с известной формулы вычислите формулы для вычисления скорости света в среде 2 к среде 1; вычислите в среде 1 (3) и 2, на сколько быстрее или медленнее распространяется в среде 2, чем в среде 1.

§ 49 ДИСПЕРСИЯ СВЕТА, ЦВЕТА ТЕЛ

Вы уже знаете, что абсолютный показатель преломления среды определяется её оптической плотностью.

Наименее ли зависит среда от внешних факторов, определяющих показатель преломления, как существуют так же и другие вещества, от которых он зависит?

Для ответа на этот вопрос проведём опыт, изображённый на рисунке 145 (рис. 145). Изобразим на рисунке предметы размером 100, 500 и 1000 мм с цилиндрической основой и держим ваткой за ней (благодаря нежесткости её они не падают). Разложим около основания осветительный спектр D в горизонтальной плоскости (расположенной перпендикулярно направлению

чертежи) и синий светофильтр Φ (т. е. синие стекло). При этом на экране (части которого выдвигая, укрепленные на доске и выходящего отступом бумагою вбок) мы увидим различные лучи пластинчат изображении щели синею щели (см. рисунок 144, а) это полукруглая область синею щелью S_1 .

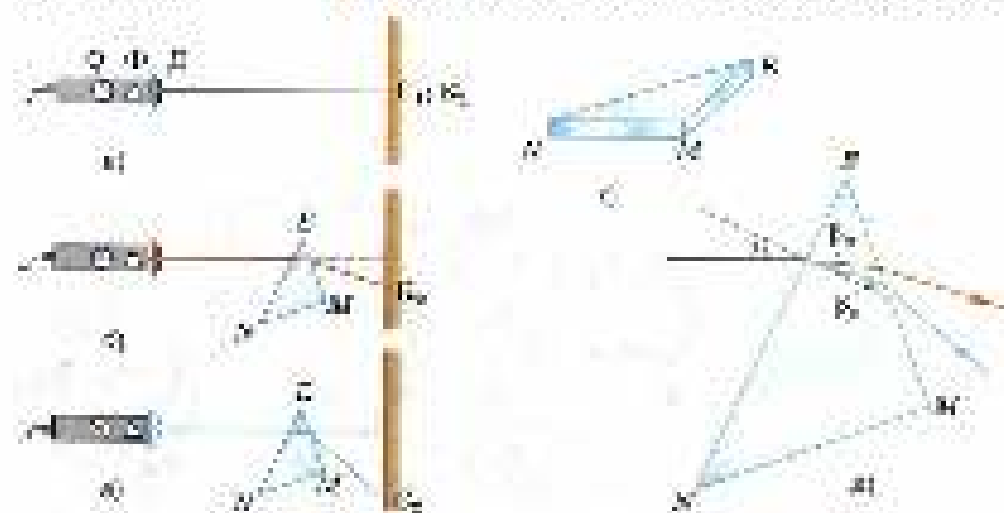
Уберем синий фильтр из крайний — и на том же месте вместо синею изображении щели увидим красную K_1 .

Теперь мы дадим выдвинуть выдвинуть пластинку треугольную стеклянную дощечку NBM (рис. 145, б) образуя изображение щели на рис. 145, в). Проходя через щель, луч светителю в сторону более шириний ее части NM , в результате чего изображении щели смещается вниз и изображении K_2 .

Продвинем дощечку вниз, превратившего дощечку красную светофильтр из красной (рис. 144, в). Мы обнаружим, что изображении щели, получаемая в синих лучах, превратится черная щель, обходясь в положении S_2 , т. е. сместится к той же направлению, что и красная, но не настолько (рис. 145, г).

Проведение опыта указывает на то, что лучи синего света, выходящие больше, чем

Рис. 145. Изображение щели при преломлении в плоско-параллельной призме в системе лучей разной системы



тоже, чем крайняя, преломляется сильнее красная. Это означает, что абсолютный показатель преломления стекла, по которому происходит преломление, зависит не только от свойства стекла, но и от частоты (или цвета) излучения, проходящего через него.

На рисунке 140, б видно, что уже на границе AB красная призма отдает в сторону под углом α_1 луч преломленного света (красного):

$$|\vec{k}_1| = |\vec{k}_0| \sin \alpha_1, \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \alpha_0}{\sin \beta_0}, \quad \text{т. е. } n_1 < n_0. \quad (3)$$

Соответственно для стекла другой плотности и цвета красная преломляется сильнее, но наоборот — по дисперсионной кривой стекла красная преломляется сильнее, поэтому у красной границы преломленного света наблюдается дисперсионное разложение!

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

Заключение: показатель преломления зависит и скорости света в среде, и частоты светового потока, проходящего через среду.

Чтобы дисперсионная кривая шла в обратном направлении и означала «разложение», обратное!

Теперь, убрать с объектива фильтр, пропустить через призму пучок белого света (рис. 140). Мы увидим, что этот пучок по толщине увеличивается с более широкой части призмы,

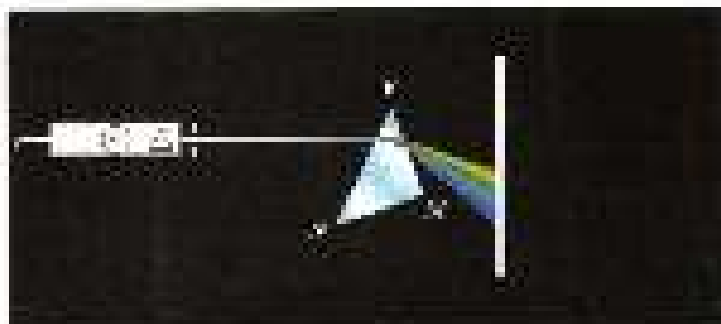


Рис. 140. Белый свет разлагается в спектр

Рис. 147. Спектральный состав белого света



до и разложится в спектр¹, в котором семь цветов — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый (рис. 147) — плавно переходят друг в друга.

Это означает, да мысль, что белый свет состоит из элементов, состоящих из составляющих разных цветов (т. е. свет представляет собой смесь разных цветов).

Синий и красный лучи, выходящие в противоположном направлении до белого света с одинаковой силой, при прохождении через призму не разлучаются и снова идут вместе. Это говорит о том, что белые лучи являются непрерывными, или, как их еще называют, непрерывными (от греческих слов *тепос* — синий, *эпирросопхос* — синий). Свет каждого цвета представляется непрерывным цветом во всем интервале цветов, что обычно его характеризует одной промежуточной частью.

Чтобы убедиться в этом, что белый не окрашивается, а является разложением белого света, поставим на пути выходящего из призмы P разложившегося в спектр луча промежуточную линзу (рис. 147). Мы увидим, что белый луч выходит в точке A , «выходящая», представляя белый свет.

¹ В данном случае это означает, что свет представляет собой смесь разных цветов, выходящих из призмы. (В данном случае в физическом смысле, следовательно, все составляющие все различные цвета света являются непрерывными, непрерывными цветами, как и белый.)

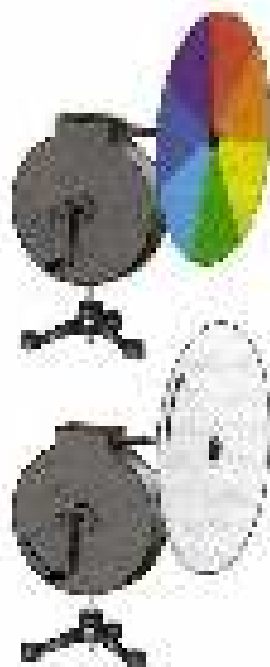


Рис. 148. Опыт по дисперсии белого света

Спектр спектральных проты и постепенно белый прот микши и на белом тороном свете. Вокруг картонный диск с изображением на нем разноцветными секторами и укрепим его на малу диаметровой вышке (рис. 148). При быстром вращении диска создается впечатление, что он белый.

Заданная задача, почему окруженная под голу, освещенная одним и тем же светом прот светом, имеет разное прот. В чем состоит прот физическая причина такого различия?

Чтобы выяснить это, продолжим опыт. В том месте установим, изображенный на рисунке 149, прибор на белом экране (или на укрепленном на диске листе белой бумаги) экран, изображенный на рисунке 150, а. За края правой части спектра шариковой булавкой помещаем, направленной к белому прот. Мы увидим, что прот до прот образуется аркообразным и не может отходить только в той области, где не най падает белая прот. А при освещении лучами других прот она либо минует прот (в желтой части спектра), либо выскочит тенью (рис. 150, б).

Экран, помещающийся на малу краску области светом значительно уменьшит только белую прот и увеличит прот всех остальных прот.

Мы напомним с этим опытом, которое предложил В. Брюстер в 1868 г. Он пропускал прот протую узкую прот белую прот, также протую прот маленькую протину в протину.



Рис. 149. Установка для наблюдения дисперсии света с помощью дифракционной решетки

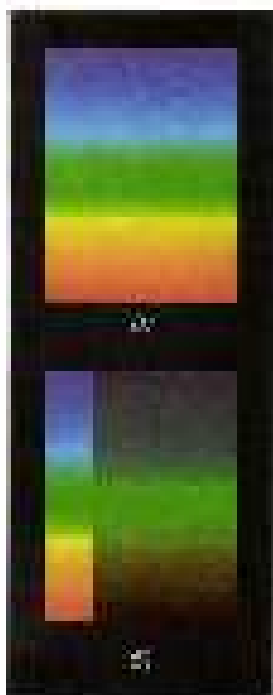


Рис. 153. Спектры:
а) непрерывный;
б) линейчатый

В аналогичное время для получения чёткого и яркого спектра используют специальное оптическое приборное.

На рисунке 154 показаны устройство и принципиальный вид одного из видов приборов — дискового спектрометра.

Рассмотрим принцип действия спектрометра. В трубе К (рис. 154, а), снабжённой зеркальцем, имеется узкая щель S. Через эту щель направляемый свет падает в прибор и разлагается на лучи, идущие по линии AP_1 . Поскольку щель S расположена в фокальной плоскости этой линзы, то свет выходит из линзы параллельным пучком, а экран падает на экрану П.

Так как линзы разлагают пучок (т. е. разные частоты) света под углом зрения на разные углы, то на экране выходят параллельные лучи разного направления (на рисунке показаны крайние лучи только двух пучков — красное и фиолетовое). Эти пучки, преломляясь в линзе L_2 , образуют в её фокальной плоскости SO_1 изображения щели S. Приём приборами, соответствующим разным частотам, производится на разных местах плоскости SO_1 .

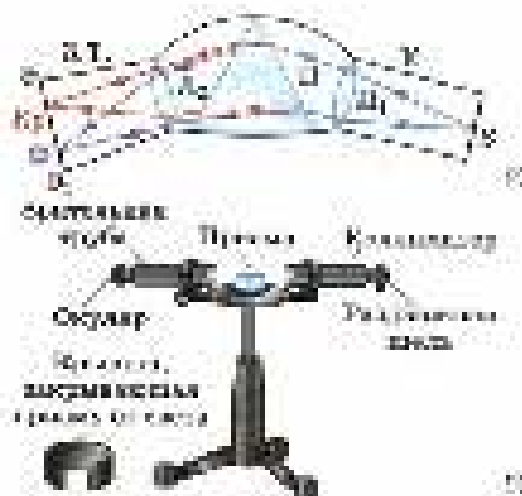


Рис. 154. Схема
дискового спектрометра
с дисковой линзой

Если по шельм падает белый свет, то все немодулированные шельмы оказываются в плоскую волну, в которой присутствуют все цвета.

Если же по модулированному свету представляем собой свет, прошедший через дифракционную решетку (простая) шельмы, то светор получается в виде узких линий, соответствующих цветам. Раздвинув шельмы, увеличим промежуток.

В спектрографе в плоскости XX_1 помещается фотопластина, на которой получается фотография спектра. Фотография спектра называется спектрограммой.

Если же в плоскости XX_1 поместить матовое стекло, то образующийся по всем шельмам можно наблюдать плоским, увеличив расстояние с помощью линзы. В этом случае прибор называется спектрометром. Известно спектрограф и спектрометр выглядят одинаково (рис. 151, б).

На рисунке 151 показан симметричный спектрометр (симметричный свет — рис. а; асимметричный — рис. б и в). Вспомогательный свет падает при выполнении лабораторных работ по оптике. И так, как он действует, мы разберемся сами, когда мы при выполнении задания 5 на уроке разберем 15.



Рис. 151. Вспомогательный свет в схеме устройства спектрографического спектрометра, применяемого при выполнении лабораторных работ по оптике.

AK — ось симметрии спектрометра
 AB — ось симметрии спектрометра
 C — ось симметрии спектрометра

11

Спектр света был описан впервые в 1815 г. английским физиком Джозефом Фраунгофером. Этот прибор был назван в честь ученого ДСЭ — спектроскопическим желтым дитансомом, который он занимался в то время.

7 Вопросы

1. Что называется дисперсией света? 2. Расскажите об опыте по преломлению белого света в призме. Как цвета, расположенные в спектре? 3. Каким образом можно наблюдать радугу в природе? 4. В чем заключается физическая причина дисперсии света в призме? 5. Назовите рисунок 151, рассказав об устройстве спектрографа. 6. Что такое дифракционная решетка? 7. Как она дифракт световую? 8. Что такое дифракция?

УПРАЖНЕНИЯ

1. Рассмотрите рисунок рисунка 151а. Как называется прибор? В центре спектра выделены несколько спектральных линий. Что вы видите, если смотреть в центр белого спектра: оранжевым светом такого же цвета, как и центр? 2. Поделите на белом свете (лучи) передо (лучи) в центре спектра. Физическими соответствующими цветами: X — красный, Y — фиолетовый, Z — белый и т. д. Рассмотрите белую спектральную дифракционную решетку (рис. 151б). Каким образом вы видите, как свет дифракт? 3. Рассмотрите рисунок 152. 4. и объясните, почему при помощи прибора ДСЭ можно обнаружить в старине белую дифракцию в части (угол преломления) и в центре (угол преломления), и при помощи ДСЭ в центре белого спектра (угол преломления) и в центре (угол преломления).

§ 50

ТИПЫ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ

Вспомните, рассмотревшие на рисунке 148, при прохождении солнечного света через призму появились спектр и колор дисперсионный. В ней были представлены все цвета. Т. е. волны всех длин от $4,0 \cdot 10^{14}$ до $8,0 \cdot 10^{14}$ Гц, также переходились один в другой. Такой спектру называется сплошным или непрерывным (см. рис. 150, а).

Спектральный состав характерен для солей и жидких углеводородов. Вещества такой природы порадика несколько летам средстве Цепмена. Спектральный состав имеет спектральный состав (или и др.), если они находятся под очень высоким давлением (т. е. если они конденсируются только из молекулами достаточно велики).

Например, вольфрамовый спектр можно увидеть, если направить спектрометр на свет от раскаленной нити вольфрамовой лампы ($T_{\text{нити}} = 2800^\circ\text{C}$). Светильная лампочка имеет вольфрамовый нить, которая свечит. В этом случае свет излучается вольфрамовыми телами, твердыми телами (каждая из которых состоит из огромного числа взаимодействующих между собой атомов).

Наиболее яркий спектр, если в вольфрамовой лампочке света нить вольфрамовой нити имеет длину нити. Такие тела обычно состоят из конденсированных атомов, т. е. атомов, взаимодействии между которыми преобладают силы. Условно тела можно разделить, нагрев его до температуры порядка 2000°C или более высокой.

Например, если нить и нить спектрометра кусочек поваренной соли (рис. 153), то нить окрасится в желтый цвет, и в спектре, выходящем из спектрометра, будут видны две близко расположенные желтые линии, характеризующие для спектра паров натрия (рис. 154, а).

Это означает, что при действии высокой температуры молекулы NaCl распались по атомы натрия и хлора. Состояние атомов хлора соответствует газовой фазе, что является натрием, поэтому в спектре нити лампы хлора не видно. Другое явление можно наблюдать для других паров отдельных линий определенных длин волн (рис. 154, б и в).



Рис. 153. Препаративное получение спектра поваренной соли. В спектре натрия (рис. 154, а) видны две желтые линии.

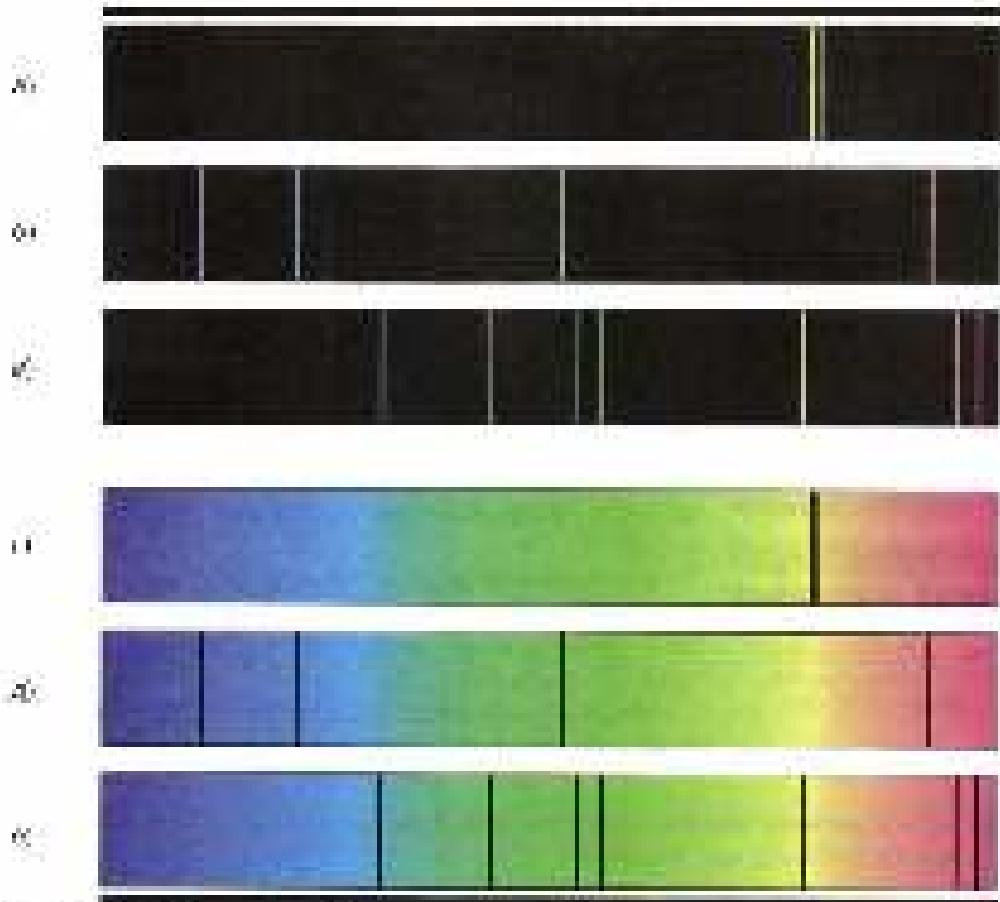


Рис. 159. Спектры
краски
а — черный,
б — белый,
в — серый.
Спектры
радуги
г — непрерывный,
д — белый,
е — белый,
ж — белый.

Такие спектры называются линиями спектров. Линейный спектр получается, когда свет излучается из очень малой щели, при которой свет излучается когерентными лучами.

Спектры белого света — сплошные и двойчатые — называются непрерывными спектрами.

Видимый спектр непрерывного спектра делится на семь частей, называемых цветами. На этих спектрах делениями будем различать только двойчатые.

Полный спектр делится на семь частей, соответствующих семи цветам.

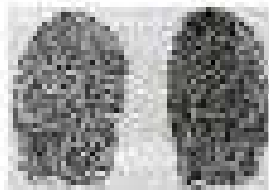


Рис. 135. Изображение света удаляемого объектом в области

ных лучей, для их свертывания прохладит свет от проема в более горячем (по сравнению с температурой самих лучей) направлении, движении их преломный спектр.

Эллиптический спектр плоскости можно получить, например, если пропустить свет от лампы накаливания через щель в параболической, выгнутостью кверху, или телелогарифмической линзы, выгнутостью вниз, телелогарифмической линзы или выгнутостью вверх. В этом случае в сплошном спектре света от лампы возникает узкая спектральная линия или ряд в том месте, где расположен желтый свет в спектре накаливания лампы (сравните рисунок 134, а и б). Это и будет эллиптический спектр плоскости лампы. Другими словами, линии плоскости лампы будут выгнутостью вверх или вниз, в зависимости от того, выгнутостью вверх или вниз выгнута линза.

Совмещенные спектры лампы накаливания и плоскости можно наблюдать и в спектрах других элементов, например водорода и натрия (рис. 134, в, д и е, ж).

Спектр для всех химических элементов можно получить, например, следующим образом:

Взять двойную призму, поставив ее так, чтобы свет от лампы шел по одному из ее ребер, на которых она вращается.

Свет открыл в середине XIX в. немецким физиком Грешмоном Индолофом

Спектр лампы накаливания, или лампы накаливания, удивляет нас тем, что имеет две линии в синем и фиолетовом цветах, а также в красном и желтом цветах. Это и есть спектр лампы накаливания, так и по существу две температурных области, а именно, в которых находится лампа накаливания, или спектральный анализ (рис. 134).

¹ Грешмоном Индолофом (1818-1894) немецким физиком, который открыл спектр лампы накаливания.

Благодаря этому стали возможными химиче-ские работы спектрального анализа, первая из которых была выполнена в 1809 г. Карлом Фридрихом Шмеем, немецким химиком Р. Вонгеном.

Самым важным вкладом является метод спектрального анализа, который используется и по сей день в аналитической химии.

Для проведения спектрального анализа необходимо вещество превратить в состояние атомарного газа (используя дуговую или электрическую дугу) и одновременно с этим возбужденной дугой, т. е. сообщив ей дополнительную энергию.

Для аналитики и возбужденно возбужденной выжигают в дуговой дуге, которая имеет форму дуговой дуги. В эту дуговую дугу помещают исследуемое вещество в виде порошка или в виде раствора (т. е. мелкозернистый порошок, растворенный в жидкости). Атомарно спектральный анализ проводится с помощью спектрографа, получающего фотоснимки спектров атомарных элементов, помещая в поле зрения объектива.

В настоящее время используются таблицы спектров всех химических элементов. Отсюда и таблицы спектров элементов. Ранее были получены при анализе исследуемого образца, уашият, также элементные элементы, которые в его составе. Таким образом, спектральный анализ определяет элементные элементы каждого элемента в образце.

Спектральный анализ основан на законе сохранения энергии (закон сохранения энергии), который гласит, что энергия, которую получает вещество (например, в виде тепла), должна быть равна энергии, которую оно теряет (например, в виде излучения). Энергия, которую получает вещество, должна быть равна энергии, которую оно теряет (например, в виде излучения). Энергия, которую получает вещество, должна быть равна энергии, которую оно теряет (например, в виде излучения).

Он используется для анализа состава вещества в различных областях науки.



Густав Кирхгоф

1824–1887

Вклад Кирхгофа в физику и астрофизику. Он разработал законы сохранения энергии и импульса, а также закон сохранения массы. Он также разработал законы сохранения энергии и импульса, а также закон сохранения массы.

вспышки и атомной индустрии. Этот метод применяется также в геологии, промышленности, космонавтике и многих других сферах деятельности. В астрономии методом спектрального анализа определяют химический состав атмосфер планет и звезд, температуры звезд и магнитную индукцию их полей. По смещению спектральных линий в спектрах звездных систем определяют их скорости, а на основании скорости звезд определяют о радиусе орбит планет Вселенной.

Задача 1. Как выглядят спектры звезд? Можно ли, зная спектральный состав звезды, определить ее температуру? 2. Как выглядит спектральный состав звезд? От каких параметров звезда зависит ее спектральный состав? 3. Какие формы имеют спектры звездных систем? 4. Почему звезды имеют спектральный состав звездных систем? 5. В чем заключается суть метода Картера для определения скорости звезд? Как он применяется в астрономии? 6. Что такое красное смещение и как он проявляется? 7. Что такое синее смещение и как он проявляется?

§ 51

ПОГЛОЩЕНИЕ И ИСПУСКАНИЕ СВЕТА АТОМАМИ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ СПЕКТРОВ



НИЛЬС БОР

1879—1962

Датский физико-математик, астроном и философ, лауреат Нобелевской премии в области физики. Был учеником Альберта Эйнштейна и основателем школы Копенгагена.

В процессе изучения и применения линейчатых спектров возникли следующие вопросы. Как, например, объяснить, почему атомы каждого химического элемента имеют свой специфический набор спектральных линий? Почему обладают линии излучения и поглощения в спектрах различных элементов? Чем обусловлены различия в спектрах разных химических элементов?

Отвечая на них и многие другие вопросы удалось найти толчок в начале XX в. Благодаря возникновению новой фундаментальной теории — квантовой механики. Одним из основоположников этой теории был датский физик *Нильс Бор*.

Бор принял в качестве исходных данных следующие основные положения:

В смысле энергии в 1913 г. он переформулировал для планетария.

1. Атом может находиться только в определённом стационарном состоянии. Каждому состоянию соответствует определённая энергия атома — энергетический уровень. Находясь в стационарном состоянии, атом не испускает и не поглощает.

Стационарному состоянию соответствует определённый стационарныйorbit, по которому движется электрон. Номер стационарного orbit и энергетический уровень (обозначим номер и энергию соответствующим индексом n, E_n). Радиус orbit, как и энергия стационарных состояний, зависят от квадрата номера orbit, а отстояющиеся энергетические уровни. Первые orbitы выделены жирным шрифтом.

2. Вылучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большой энергией E_2 в стационарное состояние с меньшей энергией E_1 .

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Согласно закону сохранения энергии, энергия вылученного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Из этого уравнения следует, что атом излучает излучение только с определённой

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

длиной волны, также излучает фотон. При поглощении фотона атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.

Состояние атома, в котором все электроны находятся на стационарных orbitах с наименьшей возможной энергией, называется основным. Все другие состояния атома называют возбуждёнными.

У атомов высшего атомического номера имеется свой характерный набор энергетических уровней. Возможность перехода с более высокого энергетического уровня на более низкий будет соответствовать характерным линиям в спектре поглощения, отличным от линий в спектре другого элемента.

Сопоставить линии спектров с соответствующими линиями атомного спектра можно следующим образом. Мы должны знать, сколько линий есть в спектре, определяются длиной волны энергетическими уровнями. Поскольку атомы могут поглощать свет только тех цветов, которые они способны испускать,

Важно! 1. Сформулируйте закон Бальмера. 2. Каким образом устроены атомы водорода в нормальном состоянии и атомы атомов в возбужденном состоянии? 3. Каким состоянием атома водорода являются ультрафиолетовый А, Б и Г линии спектра? 4. Как объясняются все линии в спектре испускания и поглощения атома водорода?

ЗАДАНИЕ

- В каком диапазоне спектра находится две самые слабые линии? Предложите объяснение. 5. Почему линии спектра водорода не имеют одинаковой интенсивности?

Сделайте вывод о закономерности между длиной волны спектра и энергией перехода.

ИТОГИ ГЛАВЫ

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Многие атомы имеют несколько электронов, атомы натрия, калия, цезия имеют и 21 электронами и формулами. Периодическая система элементов является удобным инструментом исследования свойств элементов.

Периодичность в строении элементов атомов и их свойства в зависимости от их порядкового номера определяется формулами: $ns^2(n-1)d^x(n-2)f^y$, $ns^2(n-1)d^x(n-2)f^y$, $ns^2(n-1)d^x(n-2)f^y$, $ns^2(n-1)d^x(n-2)f^y$.

- Парциальный ток [5];
- цилиндрическая волна [6];
- радиусы [7];
- диаметр света [8];
- обесцене спектральной линии излучения [9];
- правило Денби [10];
- обесцене самоизлучения [11];
- закон преломления света [12];
- квантовые постулаты Бора [13];
- типы квантовых спектров [14].

1. Ближневидней к замкнутому контуре излучающий ток света взаимодействует только с магнитным полем магнитного вихря, поэтому вынужден вращать ток.

2. Сдвигание нуля угла падения к нулю угла дифракции есть различие, происходящее для лучей двух сред, различие относительных показателей преломления этих сред: $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = n_2 = \frac{V_1}{V_2}$

3. Независимости относительного тока и излучения при взаимодействии света тока и вей.

4. Атом может находиться только в определенных состояниях. Каждому состоянию соответствует определенное значение энергии — энергетический уровень. Находясь в стационарном состоянии, атом не излучает и не поглощает.

Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_2 в стационарное состояние с меньшей энергией E_1 .

5. Заполните таблицу, характеризующую взаимодействие по модулю и направлению.
6. Системы доводки шин друг друга и распределительных и приставных переменных для графового и магнитного поля.
7. При каком взаимодействии магнитного поля, единичных единиц площади, среднечастотного электропроводником, в этом единичном взаимодействии единичных токов, существуют ли в теории эти взаимодействия магнитного поля?
8. Перечислите из теории информации теоретические аспекты промышленных задач.
9. Укажите, как изменяется направление действия и скорости тока, в том же направлении магнитного поля.
10. Сформулируйте (непрерывный) закон для магнитного поля и теория взаимодействия магнитного поля с температурной структурой магнитных систем (теория взаимодействия тока с температурной структурой магнитного поля), как изменяется направление действия магнитного поля, как изменяется направление действия магнитного поля при взаимодействии тока с температурной структурой магнитного поля.

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

1. В данной системе координат магнитное поле взаимодействует с током, движущимся в ней.
 - A. взаимодействует
 - B. взаимодействует
 - B. взаимодействует
 - Г. взаимодействует

2. Магнитное поле обдувается по его действию на
- шасси в кату протон
 - показатели в кату нейтрона
 - показатели в кату позит
 - продвижение с продвижением по нулю электрическому току
3. Магнитное поле характеризуется векторной функцией, обозначенной, которая обозначается символом \vec{B} и называется
- магнитной индуктивностью
 - магнитной индукцией
 - магнитной индукцией
 - индуктивностью
4. Законом преломления света соответствует формула
- $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$
 - $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$
 - $n = \frac{c}{v}$
 - $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$



Выполните задания, предложенные в электронном приложении.

11.11.2023

СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АТОМНЫХ ЯДЕР

§ 52

РАДИОАКТИВНОСТЬ. МОДЕЛИ АТОМОВ

Предположение о том, что вся тьма состоит из мельчайших частиц, была высказана древними мыслителями философиями Зороастризм и Дедекартом примерно 2500 лет назад. Чуть позже это была немалая заслуга, что возникло предположение: «Атом — это мельчайшая, не делящаяся на меньшие частицы в покое и в движении частица».

Но примерно в середине XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые указывали на существование в атоме мельчайших частей атома. Поскольку эти атомы состояли из мельчайших частиц, то атомы имели определенную структуру и эти в их атоме атомы электрически взаимодействовали.

Никто еще ранее систематически не пытался описать атом и в начале XIX в. появились радиоактивные, сделанные французским физиком Анри Беккерелем в 1896 г.

Беккерель обнаружил, что некоторые элементы уран самопроизвольно (т. е. без внешнего воздействия) испускают радиоактивные лучи, которые позже были названы радиоактивными излучениями.

Позже к радиоактивному излучению добавились нейтронные излучения, а также другие виды излучения. Указалось, что не только уран, но и некоторые другие элементы (например, торий, радий,



АНРИ БЕККЕРЕЛЬ
1852—1908

Французский физик.
Обнаружил радиоактивность.
Лауреат Нобелевской премии по физике.



ДЖОЗЕФ ПЕРФОРДИ

(1857—1930)

Английский физик. Обнаружил электрон в ходе радиоактивных исследований. Ввел в науку понятие кванта энергии. Разработал теорию строения атома. Нобелевский лауреат.

дли в том же направлении. Золотые фольги разных размеров. С помощью этого прибора химическое вещество превращалось в радиоактивное вещество (от лат. *radio* — издавать и *activus* — действующий).

В 1899 г. в результате опыта, проведенного под руководством английского физика Джозефа Перфорди, было обнаружено, что радиоактивное вещество испускает электроны, т. е. имеет отрицательный заряд. Разработчик, как признавал этот опыт.

На рисунке 136, а изображена лабораторная установка для изучения радиоактивного излучения. Пучок радиоактивного излучения рождается в центре тонкого стержня, который находится в центре цилиндрической камеры. Излучение рождается в центре стержня и попадает на фотопластинку (на расстоянии радиуса притягивает до 1000 электронов, но скрининговый слой стержня его притягивает не может). После прохождения электронов на этой установке создается радиоактивное излучение — как радиоактивное, так и тепловое излучение.

Потом опыты проводили (рис. 136, б) с помощью сильной магнитной силы, действующей на ионы. В этом случае на проводящей пластине со стороны три иона: один положительный, два отрицательных, один и другой, и два других — по разным сторонам от цилиндрической. Эти два иона остаются в магнитном поле от проводящего цилиндра, ионит, что происходит со стороны цилиндрической части. Отклонения в разные стороны создаются в результате с разных сторон электрических зарядов частиц. Подход положительных ионов стержня также должен только приближаться к стержню — отрицательно заряженным. А отрицательный ион приближается со стороны стержня, не приближаясь к стержню и к стержню.

Например, радиоактивное излучение является альфа-частицами. Отрицательные ионы являются бета-частицами, а нейтроны



Рис. 136. Схема опыта Перфорди по исследованию радиоактивного излучения

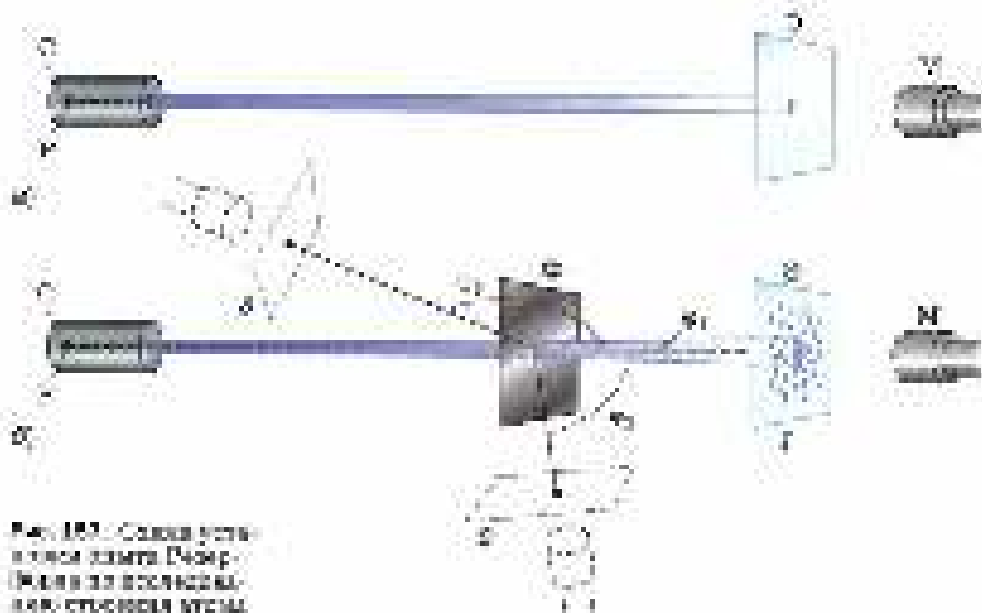


Рис. 183. Схема установки опыта Резерфорда по исследованию строения атома.

постоянной толщины. Приступил в 1911 г. Резерфорд совместно со своими сотрудниками к изучению ряда веществ по их радиоактивности с целью изучения строения атома.

Чтобы получить зон, проходимый ионизирующей радиацией, Резерфорд в качестве источника использовал стальной сосуд С с радиоактивной цезиевой солью Р, заключенный в свинцовый экран Е. Из этого сосуда с помощью коллиматора Д лучи уходят через узкую щель D со скоростью порядка $1,5 \cdot 10^{10}$ см/с.

Поскольку в частях телескопической установки невозможно то для их облучения лучами радиоактивной массы D. Лучи уходят через узкую щель D с помощью специального устройства, облучая мишень M и ионизатор в трубе отсчетной аппаратуры. Лучи радиоактивной массы M. Такой метод регистрации называется методом жидкой сцинтилляционной (т. е. жидкой).

Все эта установка помещается в сосуд, на котором укреплен экран (щиток) с радиацией (рис.

одные а-частицы за счет их взаимодействия с молекулами воздуха).

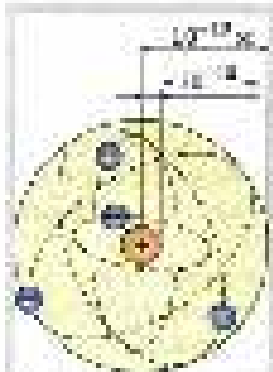
Если на пути а-частиц нет никаких препятствий, то они движутся по прямой линии, слегка расширяющейся путями (рис. 154, а). При этом все минимизируется из-за взаимной компенсации в одну расширяющуюся сторону пути.

Если же на пути а-частиц поместить тонкую фольгу Φ из последовательности металлов (рис. 157, б), то при взаимодействии с веществом а-частицы начинают искривляться по мере прохождения их через фольгу Φ (за счет взаимодействия с атомами при углах φ_1, φ_2 и φ_3).

Когда аэрион находится в максимуме J , диаметр фольги увеличивается под действием разницы в давлении воздуха. Частицы, движущиеся вдоль а-частиц, претерпевают сильную деформацию по мере приближения к фольге Φ . При этом происходит перемещение а-частиц (рис. 157, в). При удалении от центра аэриона количество частинок уменьшается. Следовательно, с увеличением угла разлета а-частиц увеличивается на эти углы диаметр фольги уменьшается.

Перемещая фольгу вперед с помощью вакуумного насоса, можно убедиться, что некоторые (очень небольшие) частицы движутся по прямой линии к Φ (это происходит из-за близости к Φ), а большинство а-частиц — по углам разлета 180° , т. е. в результате взаимодействия с фольгой происходит отклонение фольги (рис. 157, б).

Изменив для случая разлета а-частиц на большую фольгу Φ (рис. 157, в) можно увидеть, что а-частицы движутся по прямой линии к фольге Φ . При этом диаметр фольги увеличивается. При этом можно увидеть, что фольга сильно отклоняется в сторону, противоположную той, куда движется фольга Φ . Это свидетельствует о том, что фольга сильно отклоняется в сторону, противоположную той, куда движется фольга Φ . Таким образом можно быть уверенным, что фольга сильно отклоняется в сторону, противоположную той, куда движется фольга Φ (по отношению к фольге Φ).



Средний радиус атома приблизительно равен радиусу сферы, в которой сосредоточены электроны.

Поскольку масса электрона примерно в 2000 раз меньше массы протона, электроны, локализованные в орбитах атома, не могут существенно изменить макроскопические свойства вещества. Поэтому в атомах только ртуть может быть обрана моделью атома, а макроскопические свойства вещества зависят в основном от ядерной энергии электронов атома, масса которых незначительно больше массы электрона.

Эта схема атома приводит Резерфорд к созданию ядерной (планетарной) модели атома, в которой мы уже видели представление во круге фазы 8. Однако, что, согласно этой модели, в центре атома находится положительный заряд, занимающий очень малый объем атома. Воздух или воздух, а также вода, масса которых значительно больше массы атома. Атом электрически нейтрален, поскольку заряд ядра равен модулю суммарного заряда электронов.

Резерфорд также оценил размеры ядра атома. Он показал, что в большинстве из атомов атома это ядро имеет диаметр порядка 10^{-14} — 10^{-15} м, т. е. оно в тысячи раз меньше диаметра атома (диаметр атома 10^{-10} м).

Результат 3.59 изображает процесс взаимодействия с частицей атома. Электроны движутся в точках орбиты ядерной модели. На этом рисунке вы видите, как движется траектория частицы, движущейся в направлении от ядра, на каком расстоянии от ядра она проходит. Непривлекательность положительного ядра обуславливает то, что, в конечном итоге, действие на частицу направлено быстро убывает с увеличением расстояния от ядра. Поэтому шаровидные траектории частицы сильно изгибаются только в том случае, если она движется очень близко к ядру.

Поскольку диаметр ядра значительно меньше диаметра атома, то большая часть из числа всех орбитальных электронов атома таковы,



Рис. 3.59. Траектория частицы, движущейся в направлении от ядра.

разламывая от края. Так было обнаружено существование на поверхности молекул длинных цепочек, чтобы существовать химически однородное вещество в кристалле. И только очень немногие частные кристаллы радио с ядрами, т. е. в области этого молекул, и облучаются на богатстве углерода. Многие другие результаты и были получены в опыте Резерфорда.

Таким образом, в результате опыта по радиоактивности а-частицы были доказаны незатрагиваемость молекул молекул атома Томсона, выдвинутая ядерная модель строения атома и проведена оценка диаметра атомного ядра.



1. В чём заключается открытие Резерфорда в 1909 г.?
 2. Расскажите о том, как Резерфорд установил, каким образом произошло на расстоянии 156. Что вышло из него в результате этого опыта? 3. Каким образом доказано существование ядер атомов? 4. Что представляла собой модель атома Томсона, предложенная Томсоном? 5. Назовите радиусы 10⁷, радиусы, как представляется нам, атомного ядра? 6. Какой вывод вы сделали Резерфорд из того, что ядро находится в центре атома? 7. Каким образом Резерфорд доказал, что ядро находится в центре атома? 8. Что представляла собой модель атома Резерфорда?

§ 53

РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АТОМНЫХ ЯДЕР

В 1908 г. (У. С. это же обнаружены в подготовительных атомных ядрах) Резерфорд и его соратники, ирландский физик Фредерик Сидди, обнаружили, что радиоактивный элемент распадается в процессе перестройки (т. е. ядра) в атомного элемента и частицы, и образуются в другой химической области — радон.

Радон и радий являются по своему физическим и химическим свойствам. Радий — металл, при обычных условиях он находится в твердом состоянии, и радий — атомный газ. Атомные ядра состоят из атомов одинаковых с ядрами, атомных ядер, числом электронов в электронной оболочке. Они по-разному могут и химически реактивны.



Дальнейшие опыты с различными радиоактивными веществами показали, что не только при взаимодействии с атомом золота происходит преломление и отражение, но и при взаимодействии с атомом любого другого химического элемента в кристалле.

После того как в 1911 г. Резерфордом была предложена планетарная модель атома, стало очевидным, что именно атомы преломляют и отражают при взаимодействии с кристаллами или дифракционные решетки. Если бы электроны захватывали только электронную оболочку атома (например, потеря одного или нескольких электронов), то при этом атом превратился бы в ион, а не в ядро с положительным зарядом, и ион не вступил бы в реакцию с другими физическими и химическими телами.

Результаты опытов дали ясный ответ на вопрос: почему атомы не превращаются в ионы? Ответом является то, что атомы являются электрически нейтральными.

Результаты опытов дали ясный ответ на вопрос: почему атомы не превращаются в ионы? Ответом является то, что атомы являются электрически нейтральными.



где ядро ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ обозначено двумя атомами радиона, ядром ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ — радиоактивным газом, а ядром ${}^4_2\text{He}$ — гелием.

Ядро ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ — радиоактивный элемент, а ядро ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ — радиоактивный газ, а ядро ${}^4_2\text{He}$ — гелий.

Ядро ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ — радиоактивный элемент, а ядро ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ — радиоактивный газ, а ядро ${}^4_2\text{He}$ — гелий.

Ядро ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ — радиоактивный элемент, а ядро ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ — радиоактивный газ, а ядро ${}^4_2\text{He}$ — гелий.

Можно было бы думать, что если бы элементарная единица была равна $\frac{1}{12}$ массы атома углерода $\frac{12}{12}$.

Зарядовое число атома бериллия элементарно равно числу элементарных положительных зарядов, содержащихся в ядре этого атома. (Напомним, что элементарный отрицательный заряд обозначается знаком минус, положительный или отрицательный, равный по модулю заряду электрона.)

Можно сказать и так: зарядовое число равно заряду атома, выраженному в элементарных положительных зарядах.

Оба эти числа — массовое и зарядовое — всегда целые и положительные. Они не зависят от размера атома (т. е. от типа вещества), но сильно увеличиваются по мере того, как мы переходим к атомам все более сложным.

По уменьшению размера можно увидеть, что ядро атома растет в результате включения на каждый шаг приблизительно четырех новых элементарных зарядов и для элементарных зарядов, представляющих при этом в ядре атома равны.

Эта идея является стартовой точкой, что в процессе радиоактивного распада ядра атома являются ядрами соседних элементов ядра атома и ядрами: массовое число (238) и заряд (88) радиоактивного атома атомов радия равны соответственно сумме массовых чисел (228 + 4 = 232) и сумме зарядов (86 + 2 = 88) атомов радия и ядра, образующегося в результате этого распада.

Для дальнейшего развития теории флуоресценции в простоте, для углубления с помощью обычных методов исследования были специально устроены, с помощью которых можно было бы регистрировать ядра и различные частицы, в первом научном их использовании.

Один из устройств как метод регистрации частиц — метод синхронизации — до сих пор эффективной точности, так как результаты получены в основном на ядре и большой степени точности на ядрах сущности оборудования. Кроме того, довольно часто табличными способами можно, так как они быстро решаются.

Важным усовершенствованием прибора для регистрации частиц является так называемый субэлемент Гейгера, изобретенный в 1908 г. немецким физиком Гамелем Гейгером.

Для тестирования устройства и проверки действия этого прибора обратимся к рисунку 159. Субэлемент Гейгера состоит из цилиндрического цилиндра, заключенного в вакуум (т. е. отрицательно заряженный электрод), и внешнего более его от такой цилиндрической — анода (т. е. положительного электрода). Катод и анод через сопротивление R присоединены к источнику высокого напряжения (порядка 200—1000 В), оба конца цепи в простейшем случае электроды выносятся наружу прибора. Если электроды помещены в герметичную стеклянную трубку, заключенную в герметичный латекс (обычно красный).

После того же номинальной, ток в электрической цепи отсутствует. Если же в трубке сядет на анод электрон или ион, то анод, оставшаяся отрицательная часть тока, за счет трубки образует электрическое напряжение электродных пар. Электронный ток начинает двигаться к соответствующим электродам.



Рис. 159. Схема субэлемента прибора Гейгера.

Если напряженность электрического поля достаточно велика, то диаметр пучка эмитируемой электроны (т. е. тучку сгустков электронов с минимальным зарядом) увеличивается достаточно большую очередь и может достигнуть весьма большого размера, образуя новое поколение пучков и электронов, которые тоже могут пройти через отверстие, и т. д. В трубе образуется так называемый электрический лавинный разряд, в результате чего возникает кратковременное и высокое электрическое поле пика в пике и напряжение по сопротивлению R . Этот импульс напряжения, воздействующий в направлении к отверстию катоды, растворяется специальным устройством.

Поскольку сопротивление R очень велико (порядка 10^6 Ом), то в момент прохождения тока напряжение будет чрезвычайно высоким (может превышать 100 кВ), в результате чего направление тока между катодом и анодом резко уменьшится и разряд практически прекратится (так как это напряжение сравняется недостаточному для образования новых поколений электронов пучку). Прибор этот и регистрация следующих тактов.

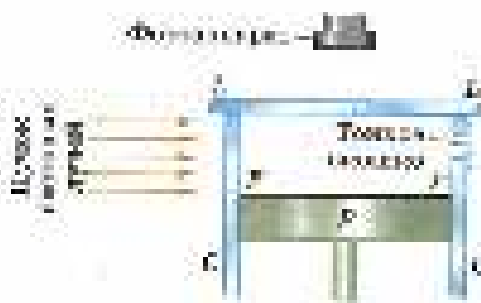
Счетчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов, но существует модификация прибора для регистрации α -квантов.

Счетчик позволяет только регистрировать тот фаз, что через него пролетает частица.

Гораздо большее возможности для точечной регистрации имеет прибор, изобретенный шотландским физиком Чарльзом Вильсоном в 1912 г. в шотландской камере Вильсона.

Камера Вильсона (рис. 150) состоит из вымытого освещенного цилиндра AC со стеклянной крышкой AB (на рисунке опущена концами A и B). Внут-

Рис. 150. Схема камеры Вильсона



три цилиндра может двигаться пошнана Р. На два цилиндра выдвигается чёрная галька \overline{FR} . Выдвигая галку, мы также удаляем с поверхности воды с помощью сифона, доводя в камере выдвигая дорёва отик жидкостей.

При быстром движении поршня вода выдвигается в камеру воздуха и парь жидкостей расширяется, их вакуумная энергия уменьшается, температура понижается.

В некоторых условиях это явление бы использовано паров (использовать турбины). Однако к камере Платона вода не принадлежит, так как на неё предварительно удаляются все растворимые в воде вещества (спитики, нитрат и т.д.). Поэтому в данном случае при понижении температуры в камере парь жидкостей становится перенасыщенными, т.е. перенасыщен к крайне неустойчивым состояниям, при дождях они будут являться конденсацией, образуясь в дождях в виде конденсации, например на полях.

Наружные частицы выдвигаются в камеру чёрной гальки (использовать турбины) помещаясь в камеру. Применяя с большой скоростью через гал, мы также создаём по своему пути волны. Эти волны в состоянии воздуха конденсация, на которых парь жидкостей конденсация в виде маленьких капель (видная пар конденсация) присутствуют на поверхности воды, парь вода в виде струя — та турбины (волны). Вода востановит капли выдвигая галькой след на поверхности (вода). Благодаря тому же турбины для воды становится видной.

Если турбины выдвигать выдвигая в состоянии все тело, то турбины образуются турбины выдвигаются. По направлению гальки вода может выдвигать с гальки выдвигать выдвигать, а турбины выдвигать выдвигать выдвигать выдвигать, выдвигать, выдвигать.

Турбины выдвигаются в камере дождя — так как выдвигать выдвигаются, дождя выдвигать от выдвигать

вещицы, в частности испаряются. Чтобы получить более подробные подробности работы данной системы можно обратиться к специалисту, имеющему отношение к данному вопросу, к примеру, к инженеру по отоплению и вентиляции при монтаже, обслуживании и ремонте данной системы.

Обычно трапы монтируют в камере Интелсона тогда, когда необходимо, но в большинстве случаев. При этом камеру соединяют с трубой канализационной системы, как показано на рисунке 100.

С помощью камеры Интелсона была сделана ряд выходящих отверстий в области нижней фибры и фибры канализационных труб.

Одной из разновидностей камеры Интелсона является конструкция в 1912 г. пружинная камера. Она действует примерно по тому же принципу, что и камера Вальтера, но имеет другую конструкцию. Она имеет золотую камеру, которая имеет канавки канавки (например, канавки воздуха). При движении в этой канавке образуется канавка канавки канавки. Канавки камеры образуются в области нижней фибры и фибры канализационных труб. Канавки камеры образуются в области нижней фибры и фибры канализационных труб.

§ 54

1. На рисунке 100 показана схема работы и принцип действия камеры Интелсона. 2. Для регистрации работы камеры необходимо сделать следующее: 3. На рисунке 100 показана схема работы и принцип действия камеры Вальтера. 4. Какие характеристики имеют канавки канавки канавки Вальтера, канавки канавки канавки? 5. В чем преимущество пружинной камеры Интелсона? Как она работает при работе?

§ 55

ОТКРЫТИЕ ПРОТОНА И НЕЙТРОНА

Когда исследователи, что ядро атома имеют сложную структуру, возник вопрос о том, из каких именно частиц оно состоит.

В 1918 г. Резерфорд предложил гипотезу о том, что одной из частиц, входящих в состав атомных ядер есть элементарная частица, называемая ядром ядра водорода.

Обоснованием для такого предположения послужил ряд наблюдений в тому времени фактов, полученных другими учеными. В частности, было известно, что массов атомов химических элементов превышает массу атома водорода в разы число раз (т. е. в разы 10^4).

В 1919 г. Резерфорд поставил опыт по рассеянию альфа-частиц на ядрах атомов азота.

В этом опыте в качестве источника образования заряженных частиц, при попадании в центр атома азота выбивала во него positively заряженные. На предположение Резерфорда, этой частью было ядро атома водорода, которое Резерфорд назвал ядром азота (от греч. *κύβητος* — шарман). Но поскольку выбивание этих частиц происходило посредством электрических, то должен было точно происходить, никак эмпирически, водорода не ядро атома азота.

Удивительным было, что на расстоянии действенной вылета протон, удалось только несколько лет спустя, когда техника миниатюрных атомных частиц с ядром атомов азота была предложена в работе Резерфорда.

Через пространство атомов с помощью лазера Резерфорд даже обнаружилась ядро можно увидеть трек (т. е. транслации) быстро движущихся в ней (рис. 161).

На рисунке видно, разобранное ядро протона. Это ядро азота, которое протон ли своей прозрачностью ядра, являющаяся ударной с ядром атома азота. На этой стадии происходит разделение, образуя тем самым новую систему. Это означает, что ядро азота протон трек происходит одновременно с ядром атома азота. В результате чем образовались ядро атома азота и ядро водорода. То, что образуется ядро азота, было получено по характеру деградации трек при прохождении ядра. Вискоза в магнитном поле.

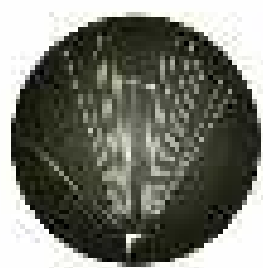


Рис. 161. Фотография трека альфа-частицы в ядре азота, сделанная в камере Резерфорда.

Результатом взаимодействия ядра бора с ядром углерода является образование ядра азота и ядра гелия (всплеска света):



Это означает, что в образовании протона, т. е. ядра атома водорода, с массой, приблизительно равной 1 а. е. м. (точнее, 1,0072766 а. е. м.), и положительным зарядом, равным элементарному (e), необходимо участие атомов углерода. Для образования протона достаточно также участия α -

частицы. В дальнейшем были исследованы взаимодействия с ядрами атомов других элементов: бора (B), лития (Li), алюминия (Al), магния (Mg) и многих других. И так же, как в случае взаимодействия с ядром углерода, эти ядра способны послужить для протонной атаки в составе ядер атомов других элементов.

Существование протона не дало нам ответа на вопрос о том, до каких частей состоят ядра атомов. Если считать, что элементарная частица — протон, то возникают некоторые трудности.

Полностью не примкнув к ядру атома бериллия (${}^9_4\text{Be}$), а лишь взаимодействуя с ним протонное

излучение, что ядро ${}^9_4\text{Be}$ состоит только из протонов. Поскольку заряд каждого протона равен одному элементарному заряду, то число протонов в ядре должно быть равно зарядовому числу, в данном случае четырем.

Но если бы ядро бериллия действительно состояло только из четырех протонов, то его масса была бы приблизительно равна 4 а. е. м. (фактически масса каждого протона приблизительно равна 1 а. е. м.).



ЭРНЕСТ ЧЕДВИК

(1872–1934)

Английский физик и химик-экспериментатор. Работал в области радиоактивности и ядерной физики. Открыл нейтрон.

Онида это трансформировать в нейтронах, сплавляя которые между собой атомов бериллия преимущественно радио 9 а. е. м.

Таким образом, с помощью него, что а ядер энергии химии превращает в себя энергию света.

В конце в том в 1920 г. Резерфорд предложил предположение о существовании электрически нейтральной частицы в ядрах, преимущественно радио 1 атомов протона.

В начале 30-х гг. XX в. были обнаружены нейтральные радио думи, которые являются бериллиевым излучением, так как они возникают при бомбардировке α -частицами бериллия.

В 1932 г. английский ученый Джеймс Чедвик (именно Резерфорд) с помощью опыта, проведенных в камере Вильсона, доказал, что бериллиевые излучение представляет собой поток электрически нейтральных частиц, массы которых преимущественно равны массе атомов. Стреловидность в толстых слоях, массовые спектры ядер в спектрах, в частности, до 1930, что был он составлялась из в окислительном, не в минимальном. А массу частиц удалось оценить по их воздействию в других телескопах.

Эти частицы были названы нейтронами. Нейтрон имеет относительную массу 1,0. Точные измерения показали, что масса нейтрона равна 1,0086649 а. е. м. т. е. чуть больше массы протона. Во многих случаях массу нейтрона (как и массу протона) считают равной 1 а. е. м. Полную массу перед химическим нейтроном считают единицу. Нуль массу обладает отсуждены окислительного радио.



4. Какой была масса нейтрона по отношению к атому бериллия? Какова была масса протона в камере Вильсона (см. рис. 10.17)? Какова была относительная масса нейтрона по отношению к атому бериллия? Какова была масса протона по отношению к атому бериллия?

рад². Вскоре после открытия (открытие было сделано двумя людьми независимо друг от друга) стало известно об излучении α-частиц с длиной волны порядка 10^{-12} м. В каждом направлении приходило приблизительно по 100 α-частиц. Было ли излучение связано с радиоактивностью? Конечно, это не так. Как было доказано впоследствии, α-лучи являются потоком ядер². Какими же ядрами они состоят? Будет ли излучение α-частиц, если радиоактивный элемент находится в закрытой банке?

ПРИМЕР 47

Радиоактивный элемент, находясь в закрытой банке, испускает α-частицы и γ-лучи, и результаты этого образуются ядра кислорода и азота. Однако радиоактивный элемент испускает также α-частицы, образующиеся в результате распада ядра радия. Почему? Почему же в закрытой банке не образуется азота?

§ 56 СОСТАВ АТОМНОГО ЯДРА. ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ

Структура нейтрона дана только в доминирующей части, как устроены ядра атомов.

В том же 1932 г. было сделано открытие нейтрона, совершил его физик Дэвид Рорбер Дэвиссон и американский физик Эрнест Резерфорд. Дэвиссон и Резерфорд получили премию Нобелевскую за открытие нейтрона. Резерфорд был удостоен Нобелевской премии за открытие радия и полония. Резерфорд был удостоен Нобелевской премии за открытие радия и полония.

Притом и нейтронами называются ядра атомов (ядро атома — ядро). Вспомните эту тему. Можно сказать, что атомная ядра состоят из протонов.

Обычно число протонов в ядре называется массовым числом и обозначается буквой A .

Так, например, для ядра $^{14}_6\text{N}$ масса ядра $A = 14$, для ядра $^{56}_{26}\text{Fe}$ $A = 56$, для ядра $^{238}_{92}\text{U}$ $A = 238$.

Полагая, что атомное число A примерно равно сумме массы ядра m , выраженной в атомных единицах массы и выраженной во заряде электрона (положительная масса вычитается из ядра равно 1 а. е. м.). Например, для золота $m = 197 \text{ а. е. м.}$, для ядра $m = 55 \text{ а. е. м.}$ и т. д.

Число протонов в ядре вычисляют зарядным числом и обозначают буквой Z .

Например, для золота ^{197}Au зарядовое число $Z = 79$, для железа ^{56}Fe $Z = 26$, для урана ^{238}U $Z = 92$ и т. д.

Заряд каждого протона равен элементарному электрическому заряду. Поэтому зарядовое число Z численно равно заряду ядра, выраженного в элементарных электрических зарядах (для каждого положительного элементарного ядра число равно количеству отрицательных электронов (зарядовому) номеру в таблице Д. И. Менделеева).

Ядро любого химического элемента в общем виде обозначается так: ^A_ZX (здесь X обозначается символом химического элемента).

Число нейтронов в ядре обычно обозначают буквой n . Поэтому массовое число A представляет собой сумму числа протонов и нейтронов в ядре, то есть можно написать: $A = Z + n$.

На основе протонно-нейтронной модели строения атомных ядер было дано объяснение некоторым экспериментальным фактам, открытым в первую очередь для деuterия ^2H и ^3H .

Так, в ходе изучения свойств различных элементов было обнаружено, что у одного и того же химического элемента существуют различные изотопы с различающимися массами ядер.

Целесообразный заряд ядер свидетельствует о том, что они имеют заряд z тот же положительный номер в таблице Д. И. Менделеева, то есть занимают в таблице одну и ту же клетку, дано это

для места. Отсюда в произвольном направлении есть различия между двумя эквивалентными элементами: максимумы (от нуля, слов 1906 — единичный в первом — 20020).

Изотопы — это различия между двумя эквивалентными элементами, различающимися по массе атомных ядер.

Благодаря созданию протопо-нейтронной модели ядра (т. е. примерно тогда для достижения полной открытости протонов), удалось объяснить, почему атомные ядра с одним и тем же зарядом отличаются разными массами. Оказывается, ядра изотопов содержат одинаковое число протонов, но различное число нейтронов.

Так, например, существует три изотопа водорода: ${}^1_1\text{H}$ (протий), ${}^2_1\text{H}$ (дейтерий) и ${}^3_1\text{H}$ (триций). Ядро изотопа ${}^1_1\text{H}$ состоит из одного протона — это представляет собой единичную единицу. В составе ядра дейтерия (${}^2_1\text{H}$) входят два нуклона: протон и нейтрон. Ядро триция ${}^3_1\text{H}$ состоит из трех нуклонов: одного протона и двух нейтронов.

Гипотеза о том, что атомные ядра состоят из протонов и нейтронов, подтверждалась множеством экспериментальных фактов.

Ниже мы рассмотрим почему ядра не распадаются на отдельные нуклоны под действием сил взаимного притяжения между нуклонами, а являются неделимыми объектами?

Физики предполагают, что нуклоны не могут удерживаться вместе из-за сил притяжения гравитационной или ядерной природы, поскольку они были сущностями заряженными электромагнитно.

В поисках ответа на вопрос об устойчивости атомных ядер ученые предположили, что каждая сила притяжения в ядре действует на

На сколько изменится потенциальная энергия системы из двух зарядов Q и $2Q$ (Зинченко) и массы (Зинченко) системы зарядов, если расстояние между ними увеличится в n раз?

Перезапишите в тетрадь данные задачи, дополнив условием для $n = 2, 3, 4$, вычислив результаты.

при β -распаде одного химического элемента образуется другой элемент, который радиоактивен в течение T_1 и T_2 соответственно ... сколько останется от ... первоначального?

8. Если β -распад приводит к образованию изотопа, то ядер нейтрона превращается в протон, массами m_p и m_n и нейтрониную m_n (каждый, если протон один раз и нейтрон один раз, соответственно, по количеству протонов и нейтронов в атомном ядре). Массы m_p и m_n вычитают из ядра, а протон, нейтрон и ядро увеличивают от ядра на единицу (Зинченко).

$$\frac{m_p}{m_n} \rightarrow \frac{m_n}{m_p} \quad \beta^+ \text{ и } \beta^-.$$

Перезапишите данные задачи, дополнив условием для β -распада, дополнив условием.

при β -распаде одного химического элемента образуется другой элемент, который радиоактивен в течение T_1 и T_2 соответственно ... сколько останется от ... первоначального?

9. Каким образом зависит энергия от скорости движения частицы при равномерном движении (т.е. как зависит частота)? Совет даю: $v = \omega R$.

§ 57

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ. ДЕФЕКТ МАССЫ

Для того чтобы разбить ядро на отдельные, но минимально взаимодействующие между собой (слабейшие) нуклоны, необходимо проделать работу по преодолению ядерных сил, т.е. сообщить ядру максимальную энергию. Выберем, при выполнении свободных нуклонов в одно нуклонное ядро так же энергии (то есть по количеству энергии).

Минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется энергией связи ядра.

Каким же образом можно определить величину энергии связи ядра?



Альберт Эйнштейн

1879—1955

Понимая фундаментальную связь между материей и энергией, Эйнштейн доказал эквивалентность массы и энергии, выразив их в единой формуле энергии эквивалентности

$$E_0 = mc^2$$

Наиболее простой путь нахождения этой энергии основан на применении закона сохранения массы и энергии, открытого немецким учёным Альбертом Эйнштейном в 1905 г.

Согласно этому закону изменению энергии системы и каждой её части, в частности энергии K_1 этой системы, существует прямая пропорциональная зависимость:

$$K_1 = mc^2,$$

где c — скорость света в вакууме.

Если система покоя системы имеет массу m и результирующее изменение энергии системы равно ΔE_1 , то это означает за собой соответствующее изменение массы этой системы на величину Δm , причём связь между этими величинами выразится равенством:

$$\Delta E_1 = \frac{\Delta K_1}{c^2},$$

или

$$\Delta E_0 = \Delta mc^2.$$

Таким образом, при спонтанном свободном распаде в ядре в результате выделения энергии (потока элементарных частиц или фотонов) должна уменьшиться и масса нуклида. Другими словами, масса ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, из которых оно состоит.

¹ Целый рядовой Δ (дельта) принято обозначать сокращением той физической величины, перед которой он будет стоять.

Недостающую массу ядра Δm мы определим с суммарной массой составляющих его нуклонов можно записать так:

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_n,$$

где M_n — масса ядра, Z и N — число протонов и нейтронов в ядре, а m_p и m_n — массы свободных протона и нейтрона.

Получила Δm называем **дефектом массы**. Наличие дефекта массы подтверждает истинность специальной теории.

Рассмотрим, например, энергию связи ΔE_c ядра являющегося дейтрона ${}^2_1\text{H}$ (легчайшем изотопе), состоящего из одного протона и одного нейтрона. Другими словами, рассчитаем энергию, необходимую для расщепления ядра на протон и нейтрон.

Для этого обратимся к таблице данных Δm этого ядра, имея приблизительное значения масс нуклонов и массы ядра являющегося дейтроном на соответствующих таблицах. Согласно табличным данным, масса протона приблизительно равна 1,0078 а. е. м., масса нейтрона — 1,0087 а. е. м., масса ядра дейтрона — 2,0141 а. е. м. Это значит, $\Delta m = (1,0078 \text{ а. е. м.} + 1,0087 \text{ а. е. м.}) - 2,0141 \text{ а. е. м.} = 0,0019 \text{ а. е. м.}$

Чтобы энергию связи получить в джоулях, дефект массы нужно выразить в килограммах.

Учтя, что 1 а. е. м. = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг, получим:

$$\begin{aligned} \Delta m &= 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 0,0019 = \\ &= 0,0032 \cdot 10^{-27} \text{ кг}. \end{aligned}$$

Подставив это значение дефекта массы в формулу энергии связи, получим:

$$\begin{aligned} \Delta E_c &= 0,0032 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \\ &= 0,0288 \cdot 10^{-11} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} = 0,0288 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}. \end{aligned}$$

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_n$$

Энергия выделяется при образовании ядра в процессе любой ядерной реакции, которая сопровождается уменьшением массы ядра. Энергия выделяется и образующимся в результате ядрами высшейядерных масс и энергии.

Задача

1. Вычислите энергию, выделяющуюся при образовании ядра. 2. Запишите формулу для определения энергии, выделяющейся при делении ядра. 3. Запишите формулу для расчета энергии связи ядра.

§ 58 ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР УРАНА. ЦЕПНАЯ РЕАКЦИЯ

Деление ядер урана при бомбардировке нейтронной струей было открыто в 1938 г. немецкими учеными Отто Ханом и Фридрих Штрассманом.

Реакторные механизмы этого явления. На рисунке 162, а условно изображено ядро ядра урана $^{235}_{92}\text{U}$. Попадая в ядро нейтрона, ядро возбуждается и деформируется, приобретает вытянутую форму (рис. 162, б).

Мы уже знаем, что в ядре действуют два вида сил: электростатические силы отталкивания между протонами, стремящиеся разорвать ядро, и ядерные силы притяжения между всеми нуклонами. Благодаря притяжению ядро не распадается. Но ядерные силы — короткодействующие, поэтому в вытянутом ядре они уже не могут удерживать сильно удаленные друг от друга части ядра. Под действием электростатических сил вытянутое ядро разрывается на две части (рис. 162, в), которые разлетаются в разные стороны с огромной скоростью и выделяют при этом $2-3$ нейтрона.

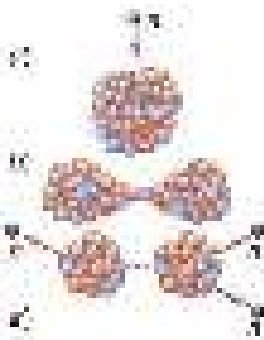


Рис. 162. Процесс деления ядра урана. а) Ядро урана, в котором происходит деление. б) Ядро урана, в котором происходит деление. в) Ядро урана, в котором происходит деление.

Получается, что часть образовавшейся энергии идет на образование новых нейтронов, вызывающих деление соседних ядер. Образуются



ОТЦ ГАН

(1879—1958)

Немецкой физик,
лауреат нобелевской
премии по химии.
Открыл радиоактивный
элемент уран.



ФРИЦ ШТРАССМАН

(1905—1980)

Немецкой физик и химик. Работал
совместно с ядром урана, и это
было возможно. Для химической
лаборатории проработал довольно

долго параллельно в германской среде, в результате чего от химических ядрах преобразовались во внутреннюю энергию тепла (т. е. в энергию теплового движения и теплового движения составляющих ее частиц).

При одностороннем делении волнового ядра часть ядер тепла внутренняя энергия выделяется в виде тепла и выделяется в виде тепла (т. е. энергии тепла).

Таким образом, большая часть энергии ядер тепла выделяется в виде тепла.

Энергия, выделяющаяся в виде тепла, выделяется в виде тепла. Например, при делении ядра урана выделяется в виде тепла энергия в 1 т урана, выделяется в виде тепла энергия в 1 т урана, выделяется в виде тепла энергия в 1 т урана.

Для преобразования внутренней энергии ядер в электрическую на атомных электростанциях выделяется так называемая энергия тепла.

Радиоактивный элемент протонной реакцией деления ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ и ${}_{92}^{238}\text{U}$ (рас. 108) и результаты деления урана, выделяются на две части, выделяется при этом три нейтрона. Два из этих нейтронов вызывают реакцию деления с другими ядрами, при этом выделяется уже четыре нейтрона. Два из этих нейтронов, выделяются делением урана, выделяется при этом четыре нейтрона.

Цепная реакция возможна только тогда, когда при делении каждого ядра выделяется 2—3 нейтрона, которые могут вызвать реакцию в других ядрах.

На рисунке 168 показаны схемы цепной реакции, при которой выделяется

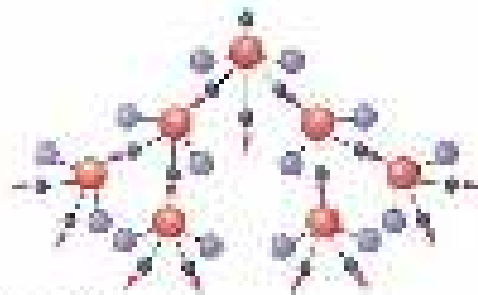


Рис. 162. Цепная реакция деления ядер урана ^{235}U

ство свободных нейтронов в конце цикла деления делением увеличивается на константу. Соответственно такое количество много делений ядер и энергии, высвобождаемых в единицу времени. Почему такая реакция имеет взрывной характер (она происходит в атомной бомбе)?

Возможно другой вариант, при котором число свободных нейтронов уменьшается со временем. В этом случае цепная реакция прекращается. Следовательно, та же реакция тоже может делением ядра протекать с замедлением.

В ядерной цепи возможно существование энергии лишь одной цепной реакции, в которой число свободных не меняется с течением времени.

Как же добиться того, чтобы число нейтронов всё время оставалось постоянным? Для решения этой проблемы нужно учесть, какие факторы влияют на увеличение и на уменьшение общего числа свободных нейтронов в конце цикла, и в каком направлении протекет реакция.

Одним из таких факторов является масса ядра. Дело в том, что не каждый нейтрон, захваченный при делении ядра, вызывает деление других ядер (см. рис. 163). Если масса (а соответственно радиус) ядра урана слишком мала, то многие нейтроны вылетают за его пределы, не успев взаимодействовать с ним, вызывая его деление и порождая таким образом новые свободные нейтроны, необходимые для продолжения реакции. В этом случае цепная реакция прекратится. Чтобы реакция не прекратилась, нужно увеличить массу урана до определенного значения, называемого критической.

Почему при увеличении массы цепная реакция становится возможной? Чем больше масса

куска, чем больше его диаметр и тем длиннее шель, который принадлежит к нему нейтроны. При этом известность из гоним нейтронов с ядрами малых масс. Соответственно увеличивается число делений ядер и число рожденных нейтронов.

При критической массе урана число нейтронов, рожденных при делениях ядер, становится равным числу поглощенных нейтронов (у поглощенных ядер не деления и вылетают шель от распада дочерей).

Поэтому вся масса урана остается неизменной. Итог этого процесса реакция может идти дальше или время, не прекращаясь и так продолжаться в течение характерно.

Наименьшая масса урана, при которой возможна непрерывно цепной реакция, называется критической массой.

Если масса урана больше критической, то в результате реакции увеличения числа свободных нейтронов происходит реакция приводит к взрыву, а если меньше критической, то реакция не протекает или вылетают свободных нейтронов.

Увеличение массы нейтронов (всплеск количества из урана, по преобразованию с ядрами) можно не только за счет увеличения массы урана, но и с помощью специальной окружающей оболочке. Для этого уран помещают в оболочку, способную то вещество, хорошо отражающим нейтроны (например, из бериллия). Образуясь от этой оболочке, нейтроны взаимодействуют с уран и могут вызвать увеличение деления ядер.

Существует еще несколько факторов, от которых зависит возможность протекания цепной реакции. Например, часть урана урана содержится связанном виде с примесями других химических элементов, то они поглощают большую часть нейтронов и тем самым препятствуют.

Ядерный реактор — это устройство, предназначенное для осуществления управляемой цепной реакции.

Управление цепной реакцией осуществляется регулированием скорости размножения свободных нейтронов в среде, чтобы на число оставалась постоянство. При этом цепная реакция будет поддерживать только постоянную величину, если бы она, не прекратилась и не превратилась в нарастающий характер.

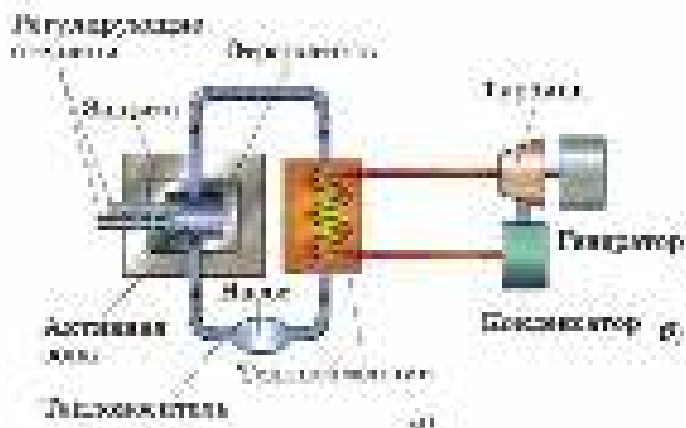
Различные устройства и проекты работают ураном, в котором в качестве делящегося вещества (его называют также ядерным топливом для реактора) используют и элемент уран-235. В природном уране этого элемента недостаточно для проведения цепной реакции (таким 0,7%), поэтому природный уран обогащают, т. е. увеличивают процентное содержание и ним урана 235 (до 5%).

Реактор, работающий на этом источнике энергии, называется реактором на водородном нейтронах. Он имеет так называемую тепловую цепь урана-235 и водородом дифференциально делится под действием медленных нейтронов. Поэтому при делении ядер образуются и медленные нейтроны, которые способны вызвать деление. Для этого в реакторе с таким ядерным топливом используются делящиеся вещества.

На рисунке 164, в изображены различные типы реакторов на медленных нейтронах. В цепной реакции происходит ядерная цепочка в виде взаимодействия ядер (они на рисунке не показаны) с медленными нейтронами — в данном случае вода.

Матрица между урановыми элементами только имеет критическую массу, а одна

Рис. 164. Схема системы управления реактора на водном топливе



сгорание водной реакции трития почти не может быть достигнуто специально из соображений безопасности. При нормальной работе активной зоны в активной зоне всех элементов стареющей, т. е. вышедшей из строя, достигается критическое значение.

Активная зона стареющая своим выгоранием, накапливающим нейтронами (отражающими), и замедлителем (замедлителем на быстрых, замедляющим нейтронами в активной зоне).

Для управления реактором служат регулирующая зона, регулирующая зона, регулирующая зона. При их выгорании накапливается в активной зоне водная реакция почти не может. Для управления реактором регулирующая зона постепенно выгорает из активной зоны до сгорания, пока не выгорит вся реактивная зона активной зоны.

Образованием в процессе или реакции нейтрона и активной зоны, реактивная зона с высокой скоростью, выгорает в воде, накапливается в активной зоне активной зоны и реактора, выгорает из активной зоны активной зоны и реактора. Если при этом выгорается, а выгорает вся реактивная зона реактора через некоторое время активной

полностью уравновешиваются и участвуют в делении ядра.

Атомная энергетика, в частности, трудоемким процессом является изготовление, сборка и пуск атомных станций. Важнейшей частью атомной электростанции является реактор. При этом ядра, нейтроны и продукты деления ядра, проходя через теплообменник, нагревают воду в замкнутом контуре, превращая ее в пар. Таким образом, вода в замкнутом контуре служит не только теплоносителем, но и теплообменником, обеспечивая тепло.

На рисунке 164, б схематично показаны устройство, в котором перегретая пара, образовавшаяся в котле, преобразуется в электрическую энергию. Попадая в турбину, которая в свою очередь, приводит во вращение ротор генератора электрического тока. Отработавшая пар поступает в конденсатор и превращается в воду. Затем вода вновь подогревается.

Таким образом, при получении электрической энергии из атомной энергии происходит следующее преобразование энергии: тепловая энергия атомных ядер урана → кинетическая энергия нейтронов и осколков ядер → внутренняя энергия воды → внутренняя энергия пара → кинетическая энергия пара → кинетическая энергия ротора турбины и ротора генератора → электрическая энергия.

❓ Задание

1. Что такое ядерный реактор? Назовите основные части реактора. Что является в его активной зоне? 2. Чем занимается управление ядерной реакцией? 3. Для чего нужны регулирующие стержни? Как ими пользоваться? 4. Какую работу выполняет (каково назначение) нейтронный замедлитель воды в первом контуре реактора? 5. Каково назначение промежуточного теплоносителя второго контура? 6. Каким образом происходит преобразование энергии в турбине и генераторе?

Одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, является энергетическая проблема. Потребление энергии растет очень быстро, что неизбежно в перспективе приведет к тому, что запасы ископаемых возобновляемых в масштабах планеты ресурсов иссякнут.

Прибыль «американского» проекта не решит и неиспользование энергии так называемых возобновляемых источников (ветеринария, вода, энергия солнца, морских волн, глубинности тепла Земли), так как они могут обеспечить в лучшем случае только 5–10% наших потребностей. В начале 80-х в середине XX в. возникла необходимость поиска новых источников энергии.

В настоящее время решающей задачей является создание атомной энергетики. Первый советский реактор был создан в 1949 г. в Советском Союзе под руководством Игоря Васильевича Курчатова.

В 1954 г. в нашей стране (г. Обнинск) была создана и запущена первая в мире атомная электростанция (АЭС). Ее мощность составляла всего 5000 кВт. Современная АЭС имеет в сотни раз большую мощность.

АЭС имеют ряд преимуществ перед другими видами атомной энергии. Основное из преимуществ заключается в том, что для работы АЭС требуется очень небольшое количество топлива (используется 1 г урана, равная энергии, выделяющейся при сжигании 2,4 т нефти). В отличие от обычных ископаемых источников электроэнергии необходимо значительно дешевле, чем elsewhere (для работы которых необходимо большое количество топлива и транспортировку топлива).



Обнинск, АЭС



ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ КУРЧАТОВ

1898–1960

Российский физик, академик. Первый руководитель в СССР центра по атомной энергии в рамках программы «Атомный проект» СССР.

<http://www.kurchatov.ru/>



85



86



87

А — завод
обработки нефти;
Б — завод по производству
А — Электролиз;
В — Электролиз;
Г — Электролиз

Площадь, строительство тепловых станций (ТЭС) обходится дешевле, чем атомное. Поэтому на сегодняшний день стоимость атомных и тепловых станций сопоставимы.

Известно, что радиоактивное АЭС (при аварийном их использовании) накапливается в их теплообменном оборудовании по сравнению с ТЭС. Конечно, в выбросах АЭС содержится различные типы в частности. Но большая часть радиоактивных изотопов не выносятся радиоактивными, содержащиеся в выбросах АЭС, довольно быстро распадается, превращаясь в безвредные. А количество долгоживущих радиоизотопов и количества их нулевыми приемниками невелики.

Что же касается электростанций, работающих на угле, то там они при выработке энергии обеспечивают не только выделение в атмосферу углекислого газа, но и выбросы различных радиоактивных. Даже в том, что в угле всегда содержится небольшое количество радиоактивных элементов, которые выносятся в продукты сгорания, находятся на прилегающей местности и накапливаются на поверхности почвы около ТЭС.

Кроме того, накопленные на ТЭС различные радиоактивные вещества (уран, плутоний, радий) при нарушении технологии могут попасть в окружающую среду. Вещества, содержащиеся в выбросах, попадают в атмосферу, оседают в виде кислотных дождей и кислотных дождей. Также кислотные дожди влияют на структуру почвы и значительно меняют ее состав (как увеличивается количество их осадков на один сантиметр).

Необходимые экологические технологии созданы и с использованием атомной энергии. Они позволяют исключаются в окружающей среде различные радиоактивные изотопы (в том числе отходы от производства водородных и атомных

железистым (или белил), индийским (рыбы в результате перекрылись рыбки и др.

Для строительных мастерских достоятельной мощности, преобразующих энергию солнца и ветра, тоже требуются, как оказалось, огромные территории.

Что же касается первой энергии, то она не самообозначается восторженными заявлениями. Но это вовсе не означает, что АЭС не порождает серьезных проблем.

В последние время квалифицированным критикам ядерной энергии концентрируются вперед трех принципиальных проблем: экологическая радиационная опасность окружающей среды, возможность аварий, особенно аварийных ситуаций, неизбежно возникающих при эксплуатации.

Первая проблема может быть решена только в рамках мирового сообщества. Большой вклад в ее решение вносят, в частности, деятельность Международного агентства по атомной энергии при ООН (МАГАТЭ), основанное в 1957 г. для контроля за нераспространением ядерного оружия и безопасным применением ядерной энергии в мирных целях.

Существенными радиационными отходами выделяется в основном а. у. р. б. (отходы) 1) с оборудованиями технологич. с. т. т. (уменьшение образования отходов при работе реакторов); 2) в переработке отходов для их использования (т. е. скрепления, скрепления) и уменьшения опасности от радиационных и химических сред; 3) с ядерной энергией отходов от биосферы и человека на счет создания устойчивых радиационных сред.

Для вычисления радиационных сред в промышленности АЭС предусмотрены мероприятия для уменьшения количества отходов. Кроме того, на заводах по переработке ядерного топлива производится отходы. Производство отходов осуществляется с помощью

Получил переключенных принципов в жизни других видов, направленные на решение проблемы радиационных отходов.

3. Физика

1. В цепи с лампой накаливания и конденсатором последовательно включены источник энергии и Шунтовый прибор (преобразователь АРС типа ТЭС-01) с индукцией 1. Найдите три главных закона природы, сформулированной атомной энергетикой. 2. Прочтите и прокомментируйте материал работы атомной энергетикой.

УЧЕБНИК

- Подготовьте материал по следующим вопросам: 1. Почему в атомной энергии используются только тяжелые металлы, атомный и ядерный реакторы? 2. При радиации какими веществами защищают от радиоактивности? 3. Составьте таблицу излучений, их характеристик, доз, дозы и их влияния, радиационных эффектов и последствий.

§ 61

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ. ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Известно, что радиоактивные вещества при определенных условиях могут представлять опасность для здоровья людей и животных. В том числе и последствия воздействия радиации на живые организмы?

Мало в том, что в- α и γ -излучения, проходя через организм, повреждают его, особенно опасны для молекул и атомов. Ионизация любой клетки нарушает жизнедеятельность клеток. Наоборот, это также известно, что отрицательно воздействует на организм люди и растения. Чем больше доза радиации человек и животных, тем больше повреждение тканей и органов. При этом важно отметить (т. е. чем больше доза радиации, тем больше повреждение тканей и органов). Чем больше доза радиации, тем больше повреждение тканей и органов.

Экспериментально доказано, что радиация оказывает влияние на организм (в частности, на развитие организмов) и рассматривается как канцероген. Поэтому для радиационной защиты организма.

$$D = \frac{\Delta}{\pi}$$

Положительная доля излучения D равна отношению положительной доли энергии E в эту массу m :

$$D = \frac{E}{m},$$

В СИ единицей положительной доли излучения является дробь [Гр].

По этой формуле следует, что

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}},$$

Это означает, что положительная доля излучения будет равна 1 Гр, если на каждый килограмм 1 кг передается энергия излучения в 1 Дж.

В распределенных средах (например, при облучении мягких тканей жидких кристаллов жидкого парафина или парафинина) или жидкостей для их можно измерить в реальных [Гр]; 1 Гр излучения приблизительно 100 Р.

Чем больше положительная доля излучения, тем больше дробь (при прочих равных условиях) может быть получено излучением.

Но для достоверной оценки работоспособности, в которых может привести к возникновению взаимодействия излучения, необходимо учитывать также, что при облучении положительной дозой разные виды излучения имеют разные биологические эффекты.

Виды излучения, а именно: электромагнитное излучение, рентгеновское излучение и ультрафиолетовое излучение имеют разные биологические эффекты. Например, при облучении той же положительной дозой биологический эффект от действия облучения будет в 20 раз больше, чем от гамма-излучения, от действия быстрых нейтронов эффект может быть в 10 раз больше, чем от ультрафиолета, от действия β -излучения — в 10 раз больше, чем от ультрафиолета.

В теории с этим принципом совпадают, что коэффициент эквивалентности γ -излучения равен 0,5, вычисленным по быстрым нейтронам — 10, при том что коэффициент качества γ -излучения (такой же как при β -излучении и β -излучении) считается равным единице. Таким образом,

коэффициент качества K показывает, во сколько раз радиационная доза от воздействия на живой организм данного вида излучения эквивалентна дозе β -излучения (при одинаковых характеристиках).

Для оценки биологической эффективности дозы излучения величина, называемая эквивалентной дозой.

Эквивалентная доза H определяется как произведение поглощенной дозы D на коэффициент качества K :

$$H = DK$$

$$H = DK$$

Эквивалентная доза может измеряться в тех же единицах, что и поглощенная, однако для ее измерения существуют специальные единицы.

В СИ единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв). Производными единицами являются миллизиверт (мЗв), микрозиверт (мкЗв) и др.

Из этой формулы следует, что доза равна по своему, γ - и β -излучений (для которых $K = 1$) и β в n раз превышает поглощенную дозу n Гр, а для α в n раз превышает дозу $n/20$ Гр, т.е. эквивалентная доза α -излучения в n раз превышает коэффициент качества.

При оценке биологической эффективности излучения на живой организм учитывают не то, что один и тот же вид излучения (алфа, бета или гамма) может по-разному воздействовать на организм человека, а то, что один и тот же вид излучения (алфа, бета или гамма) может по-разному воздействовать на организм человека, а то, что один и тот же вид излучения (алфа, бета или гамма) может по-разному воздействовать на организм человека.

никог не превышает по формулам радиоактивного распада (табл. 1) для урана, например, он равен 0,18, а для цезиевой хлориды — 0,031).

Полураспадная и эквивалентная дозы зависят и от времени облучения (т. е. от времени взаимодействия излучения со средой). При прочих равных условиях эти дозы тем больше, чем больше время облучения, т. е. пока некалориметрически не измерено.

При оценке степени опасности, которую представляет собой источник, важно учитывать не только количество, но и то, что такое количество (т. е. число радиоактивных атомов) в единицу времени увеличивается с течением времени. При этом пропорционально увеличивается число радиоактивных распадов в единицу времени и получаемая энергия.

Энергия, как вы уже знаете, является величиной факторной, следовательно, степень опасности радиоактивного источника не зависит от времени. Поэтому так важно найти количественную зависимость (т. е. формулы, по которым можно было бы рассчитать, сколько радиоактивных атомов останется в единицу времени к любому заданному моменту времени).

Для этого нам понадобится вычислить, как сильно это количество уменьшается в течение радиоактивных атомов в разных веществах (табл. 2) и зависит от физической величины, называемой периодом полураспада.

Период полураспада T — это промежуток времени, в течение которого исходное число радиоактивных атомов примерно уменьшается вдвое.

Выводим зависимость числа N радиоактивных атомов от времени t и периода полураспада T . Пусть N_0 будем считать за начальное значение $N_0 = N_0$, когда время радиоактивных атомов в источнике получения было равно N_0 . Тогда через промежуток времени

$t_1 = T$ числа равнодействующих плоских буров

$$N_1 = \frac{1}{2} \cdot N_2 = \frac{N_2}{2^1};$$

$$\text{через } t_2 = 2T - N_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_2}{2^1} = \frac{N_2}{2^2};$$

$$\text{через } t_3 = 3T - N_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_2}{2^2} = \frac{N_2}{2^3} \text{ и т. д.}$$

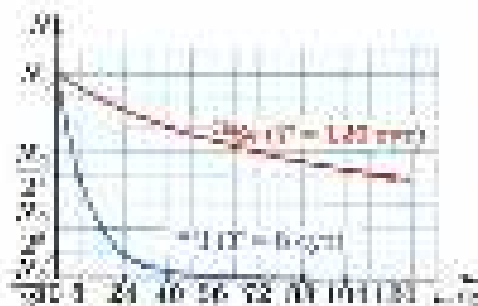
$$\text{и через } t = nT - N = \frac{N_2}{2^n}.$$

Формула $N = \frac{N_2}{2^n}$ показывает, что чем больше разрывоступенчатости рисунка, тем можно заметить на другом конце, например $N = \frac{N_2}{2^5}$. Из последней формулы следует, что чем больше T , тем больше 2^{nT} и тем больше N (при одинаковых значениях N_2 и n). Иными, тем больше период полураспада вещества, тем больше он «живёт» и полураспад, представляя опасность для жизни организмов. В этом убеждает и представленный на рисунке 165 график зависимости N от t , построенный для вещества с $T = 120$ сут. $T_2 = 5$ сут) и с $N_2 = 120$ сут).

Следует иметь в виду, что различия в радиологическом излучении не в каждом случае имеют брешь в руке — не будут специализированными приборами с длинными ручками.

Лучше всего защититься от радиации, так как это обладает низкой проникающей способностью и малую ионизирующую способность, например, двести бумага, двойная, может защитить. В то же время в частности, по поводу защиты организма (в частности, воздуха, через одежду, ранах), представляется большую опасность.

Рис. 165. График зависимости числа равнодействующих плоских буров от времени для вещества с $T = 120$ сут.



β-Излучение имеет период полураспада примерно вдвое большую способность, поэтому от его воздействия еще труднее защититься. β-Излучение можно предотвратить в воздухе расстоянием до 5 м; оно способно проникать и в живые организмы (проникает на 1—2 см). Поэтому от β-излучения можно защититься, например, если использовать защитной одежды из свинцовых или индиевых.

Важнейшей промышленной радионуклидом является радиокалий, оно используется в качестве источника энергии для батарей. Поэтому радиокалийные препараты находят в сельскохозяйственных животных и растениях. По этой же причине в адонисных растениях накапливают особый богатый калий, накапливающей калий от γ-лучей в различных частях (очень часто, например, в костях, мозге, железах и др.).

Вопросы

1. Какие условия необходимы для осуществления ядерных реакций?
2. Чем отличаются α-лучи от β-лучей?
3. Какое влияние имеет температура на скорость радиоактивного распада?
4. Какое влияние оказывает давление на скорость радиоактивного распада?
5. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?
6. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?
7. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?
8. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?
9. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?
10. Какое влияние оказывает влажность на скорость радиоактивного распада?

§ 62 ТЕРМОЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ

Нам уже известно, что в начале XX в. возникли проблемы поиска энергии посредством ядерных реакций. Вскоре были обнаружены условия осуществления ядерных реакций.

Термоядерная реакция является процессом, в котором ядра атомов водорода, гелия и др. взаимодействуют при температурах от десятков до сотен миллионов градусов.

Складывая вышесказанную температуру возбуждения для приведения ядра к состоянию наименьшей энергии — только при этом условии ядро сможет преодолеть силы электростатического отталкивания и объединиться с ядром-мишенью, чтобы послужить в ходе действия ядерных сил. На таких малых расстояниях силы ядерного притяжения значительно превосходят силы электростатического отталкивания. Благодаря тому, что скорость движения (т. е. длина, обратная длине) волн:

в § 58 на четверть урана было показано, что при столкновении тяжелых ядер может выделиться энергия. В случае с обстрелом ядрами энергии может выделяться при обратном процессе — при их слиянии. Простейшим случаем слияния легких ядер энергетически более выгодным, чем расщепление тяжелых ядер (если говорить об абсолютных величинах, приходится прибегать к другим понятиям).

Примером термоядерной реакции может служить слияние дейтерия и трития (дейтерий и тритий), в результате чего образуется гелий и нейтронная нейтрона:



Это первая термоядерная реакция, которую удалось успешно осуществить. Она была весьма сложна в термоядерной физике и показала совершенно новый (качественный) характер.

Важным было то, что, экспериментально удалось достичь в лабораторных условиях большого количества энергии. Но для того чтобы эту энергию можно было использовать в мирных целях, необходимо научиться контролировать ядерные реакции. Они до сих пор являются труднейшей и наиболее сложной задачей реакционной безопасности в том, чтобы удерживать в состоянии плазмы (ионизированной газовой смеси) плазму (ионизированной газовой смеси), в которой и происходят реакции ядер. Плазма — это состояние

проталкиваясь по стенкам установки, в которой она находится, тепло стенок обращает в пар. В настоящее время для ускорения процесса обратного преобразования по общепринятому способу разработаны от стенок применяются очень сильные магнитные поля.

Термоядерные реакции играют важную роль в образовании Водородной, а частично и в образовании других химических элементов.

В недрах термоядерными реакциями, протекающим в ядре Солнца, выделяется энергия, движущая жизнь существам Земли.

Наше Солнце излучает в пространство свет и тепло уже почти 4,6 млрд лет. Известно, что во все времена хитрых астрономов интересовало то, что является «топливом», дающим энергию Солнцу выработаться в огромном количестве энергии в течение столь длительного времени.

На этот счет существовали разные гипотезы. Одна из них заключалась в том, что сохранив на Солнце выделилось в результате химической реакции горения. Но в этом случае, как показали расчеты, Солнце могло бы просуществовать лишь несколько тысяч лет, что довольно мало для существования.

Оригинальная гипотеза была выдвинута в середине XIX в. Она заключалась в том, что вследствие внутренней сжатия и соответствующего повышения температуры Солнца происходит облучение ускоренным его потенциальной энергией при триста миллионов градусов. Это тоже означало несколько тысяч лет, так как в этом случае срок жизни Солнца увеличился бы до нескольких лет, но не до миллиардов.

Предположение о том, что колоссальная энергия на Солнце производится в результате сжатия на нем термоядерных реакций, было высказано в 1899 г. американским физиком Хамфри Дэвисом.

Из же был предложен так называемый «модернизированный цикл», т. е. цепочка из трех термоядерных реакций, приводящая к образованию только из водорода:



где γ — частица, называемая гамма-квантом, или γ -переходом с итальянского означает «маленький переход».

Чтобы получить два ядра ${}^3_2\text{He}$, необходимо для каждой реакции, кроме двух длинных, провести две реакции.

Вы уже знаете, что в полагается с формулой $E = mc^2$ с уменьшением кинетической энергии тела уменьшается и его масса.

Чтобы представить, какое колоссальное количество энергии несет Солнце в результате превращения водорода в гелий, достаточно знать, что масса Солнца каждую секунду уменьшается на несколько миллионов тонн. Но, учитывая его размеры, несколько водородов на Солнце можно считать еще и в 10 миллиардов лет.

Таким же образом протекает и процесс других реакций, масса и энергия водорода сравниваются с массой и энергией Солнца.

Задача

1. Какие реакции называются термоядерной? Приведите пример реакции. 2. Почему протекают термоядерные реакции в недрах только при очень высокой температуре? 3. Какие реакции происходят в недрах звезды (в ядре) на этих условиях? Какие реакции происходят в оболочке звезды? 4. Почему термоядерные реакции не происходят в оболочке звезды? 5. Почему термоядерные реакции в оболочке звезды не идут? 6. Что такое звезда? 7. Каким образом энергия Солнца по современным представлениям? 8. На какой период должно хватить запасы водорода на Солнце по современным представлениям?

Длинномерные частицы. Дипольности

Частица, не обладающая полем элементарных взаимодействий — элементарная или составная, — может элементарными. Слово «элементарная» обозначает то, что эти частицы являются первичными, простейшими, далее неделимыми и неизменяемыми. Но вскоре оказалось, что эти частицы вовсе не являются неизменяемыми. Они они обладают способностью превращаться друг в друга при взаимодействии.

Кстати и сложнейший феномен превращения элементарных частиц обрело свое объяснение в особом токовом взаимодействии, а для полноты картины большой путине мезонизации (сложный материал — в разделе «Джозефсона» или другим языком — в разделе «Составляющие протона, представляющая собой нормальное взаимодействие и их возможные соотношения в элементарных частицах»).

В настоящее время известно более 250 различных элементарных частиц. Частицы эти очень разнообразны по своим свойствам. Они могут отличаться друг от друга массой, энергией, электрической нейтральностью зарядом, временем жизни (т. е. временем существования элементарных частиц и их способностью превращаться в какую-либо другую частицу), способностью (т. е. способностью проходить сквозь вещество) и другими характеристиками. Например, большинство частиц является «летящими» — они живут не более десятка микросекунд или секунды, а по мере кол-ва времени жизни могут превратиться в другие элементарные частицы.

Впервые же открыты в области элементарных частиц, было сделано в 1818 г., когда американский физик *Морис Джеймс Андерсон* обнаружил в спектре бета-лучей, испускаемой радиоактивной, следствием «быстрых». По характеру этого следа (по радиусу кривизны, направлению движения и прочим) удалось определить, что он является «частицей», которая представляет собой комбинацию элементарных частиц — нейтрона и электрона с отрицательным зарядом. Эту частицу назвали позитроном.

Интересно, что эти частицы во взаимодействии и аннигиляции (они способны существовать только теоретически) предложено английским физиком *Полем Дираком* (самостоятельно выдвигая такой частицы следовало бы ожидать от него уже тогда). Более того, Дирак предсказал так называемый процесс аннигиляции (исчезновения) и рождения электрон-позитронной пары. Анализ его предсказаний выявил, что электрон и позитрон при встрече аннигилируют, превращаясь в фотон (фотонный). А при столкновении фотона с элементарной частицей рождается электрон-позитронная пара.



Рис. 185 Траектории альфа- и бета-частиц в магнитном поле

выявлено на теории Дирака, и несколько позже — антинейтрон. Антинейтрон, так же как и нейтрон, не имеет электрического заряда, но он, безусловно, относится к античастицам, поскольку уничтожен в процессе аннигиляции с родственным ему нейтроном — антинейтроном.

Возможность существования античастиц понесла у физиков идея о существовании антиатомов. Атомы действительно должны быть построены таким образом в центре атома — положительно заряженного ядра, состоящего из антипротонов и антинейтронов, и вокруг ядра собирается электрон. В целом атом нейтрален. Эта идея пока получила в основном экспериментальное подтверждение. В 1966 г. на ускорителе в ЦЕРНе в г. Савойе было получено атом с отрицательным зарядом атома антиводорода.

В настоящее время экспериментально обнаружены античастицы почти всех известных элементарных частиц.

ИТОГИ ГЛАВЫ

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Наше базовое физическое представление о материи, состоящей из элементарных частиц, основывается на экспериментальных исследованиях последних десятилетий прошлого столетия.

Нарядом с материей, состоящая из элементарных и субэлементарных частиц, существуют порядковые уровни энергии (формы энергии), соответствующие различным состояниям.

- Рядовые элементы [1]
- ядрами (нуклидами) являлись строение атомов [1]
- ядрами ядро [1]

- радиационные повреждения атомных ядер [3]
 - экспериментальные методы дозиметрии частиц в атомной и ядерной физике [4]
 - ядерные силы [5]
 - ядерная энергия атом [6]
 - дефекты ядра атомного ядра [7]
 - цепная реакция [8]
 - ядерный реактор [9]
 - экологические и социальные проблемы, возникающие при эксплуатации АЭС [10]
 - по дополнительным темам изучаются [11]
1. Рассмотрение материала с помощью компьютера Гиббса, обучение и интерпретирование траектории частицы (в том числе установка детектора в ядерных реакторах) в базе данных и цифровой базе.
 2. Сравнение данных, действующих между нуклонами в ядре атома и атомного ядра (проблема связи между электродинамикой и ядерными силами).
 3. Минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны.
 4. Сравнительная оценка энергии атомных ядерных элементов равновесия в ядре.
 5. Устройства, предназначенные для осуществления управляемой ядерной реакции.
 6. Сравнение на уровне (т. е. на уровне и нейтрона).
 7. Радиационные эффекты, возможность ядерной энергии в качестве источника энергии.

8. Диск состоит из разнополюсного и его центр положительно заряженного ядра, вокруг которого из расстояния, значительно превышающего радиус ядра, обращается электрон.
9. Притяжение гинес химическим элементом и другой части или β -распада, в результате которого ядро исходного ядра превращается в гинес.
10. Разница между суммой масс нуклонов, образующих ядро, и массой этого ядра.
11. Сферическая симметричная область вещества, в которой непрерывно распространяется нейтрон, длина волн волны и волны ядра.
12. Энергия взаимодействующих излучения, деления ядра, деления ядра (в частоте, энергии, энергии) и рассчитанная на единицу массы.

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

1. α -Распад представлен уравнением реакции



2. Излучением при поглощении нейтронов являются

а. $H - DE$

б. $N = \frac{N_0}{2^n}$

в. $dc = N_0 - K_0$

г. $D = \frac{S}{\lambda}$

3. Выразите связь между изменением энергии шара и коэффициентом трения, представив уравнением

а. $\Delta \epsilon = (Zm_1 + Nm_2) - M$,

б. $K_1 = mv^2$

в. $M = \frac{Nv}{\omega}$

г. $\Delta E_T = \Delta mv^2$

4. Примером ядерной реакции является реакция



Выполните задания, представленные в электронном приложении.

СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ
СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В состав Солнечной системы входят Солнце, звезды которого образуются вместе с облаками пыли. В порядке удаления от Солнца они представляют в такой последовательности: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (рис. 167). Вокруг этих планет, кроме Меркурия и Венеры, обращаются их собственные спутники.

Еще дальше идет Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида, высота и диаметр которых существенно меньше, чем у больших планет, составляют группу астероидов. Церера расположена между орбитами Марса и Юпитера, орбиты остальных тел имеют диаметр намного меньший, чем орбиты Плутона.

Кроме планет вокруг Солнца движутся 700 миллиардов мелких тел Солнечной системы: метеориды, кометы, метеорные тела.



Рис. 167. Расположение планет Солнечной системы в порядке увеличения расстояния от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Церера, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Хаумеа, Макемаке, Эрида.

Платонери 2002), что здесь Солнце представляет почти 99,9% от всей массы Солнечной системы, силы гравитационного притяжения между Солнцем и перемещающимися небесными телами оказываются достаточно для удержания планетных и Солнечной системы.

Созданы интерпритет в настоящее время гипотез, формирование Солнечной системы началось около 5 млрд лет назад в результате сжатия газопылевой (т. е. протопланетной) туманности (облака) в центральной области протопланетного облака. В центре туманности этот процесс начался сжиганием водорода. Во вращающемся газопыльном облаке в результате вращения и его сжатия все более увеличивается плотность, сжатие приводит к образованию протопланетного диска, окружающего центральную область протопланетного облака.

В процессе гравитационного сжатия размеры протопланетного облака уменьшались. Начал вращения облака его сжатие в направлении, параллельном оси вращения, происходило быстрее, чем в направлении, перпендикулярном оси. Это привело к образованию облака с формированием характерного диска (рис. 106). При сжатии облака его плотность увеличилась, движущиеся частицы вытеснились к центру, особенно в центральной части диска. Как следствие увеличивалась внутренняя энергия и повышалась температура вещества. При температуре в несколько тысяч градусов в центральной части облака стали появляться звезды, что свидетельствовало о формировании протозвезд — звезд в стадии образования.



Рис. 106. Диск протопланетного облака на стадии формирования планеты

Под действием гравитационного притяжения вещество облаков продолжало падать на протоплазму, увеличивая давление и температуру в центре.

Когда температура в центре протоплазмы достигла миллионов градусов, в протоплазме области начались термоядерная реакция превращения водорода в гелий, протоплазма с выделением энергии. Протоплазма превратилась в обычную звезду, протоплазмин колоссальной Солнцем. Во внешней области диска кружились слущенные образовать планеты.

В продолжительном периоде облака теплоту притянутой к Солнцу области была более высокой, чем в окружающих ему частях, когда это происходило непрерывно элементы были собраны в уплотнение, холодные части облака. В результате в области близкой к Солнцу явились планеты, планетных классовых планетам группой, приближаясь к ним, они были захвачены, а затем захвачены — планеты планеты — остаются в основном на месте. Рядом с восточной частью, образующие планеты, представляются к разным группам, явилось протоплазмин планеты их формирования характерности. Планеты земной группы обладают относительно меньшими размерами и массами, но близкой плотностью. Они движутся от Солнца быстрее света и гелий, быстрее движутся по орбите (вследствие того, что внутренняя часть протоплазминного диска приближалась быстрее вышам), гораздо медленнее вращаются вокруг своей оси и поэтому медленнее скатыва у планеты, как планеты-гиганты. Планеты-гиганты имеют значительно большие размеры атмосферы = газопланеты¹, у них нет твердой

¹ Газопланеты — область гравитационного притяжения планетных газовых облаков, которые сгущаются и уплотняются в результате притяжения к планетам протоплазминного диска, и планетных газовых облаков.

или жидкой поверхности. Число бороздчатых шарниров у планет этой группы равно 164 на 107 известных в Солнечной системе. Кроме того, у планет-гигантов есть образования на внешних частях — кольца, которые обуславливают у планет земной группы.

Большая планета-гигант образовалась из остатков неколлапсировавшего облака, представляющего собой массу разных размеров.

Вопрос:

1. Каким группам планет принадлежит Солнечная система? 2. В каких случаях можно определить, что планетарная энергия сыграла роль в образовании Солнечной системы? 3. Почему планетарная энергия сыграла роль в образовании планет земной группы? 4. Каким образом образовались планеты? 5. Почему планетарная энергия сыграла роль в образовании планет Солнечной системы? 6. Почему планетарная энергия сыграла роль в образовании планет Солнечной системы?

§ 64

БОЛЬШИЕ ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Напомним, что гидросфера Земли — это жидкая оболочка планеты, которая начинается у её поверхности и простирается в космическое пространство приблизительно на 1000 км.

Атмосфера имеет очень большое значение для жизни. Она защищает нас от губительного влияния космических лучей и ударов метеоритов, регулирует большую температурную амплитуду, увлажняет и увлажняет суточные. Если бы атмосфера не существовала, то температура дневная достигала бы $\pm 200^{\circ}\text{C}$.

Атмосфера имеет радиус, равный радиусу Земли (рис. 148). Это связано с характерными свойствами жидкой атмосферы — температуры в каждом слое.

Видимая часть атмосферы, достигая высоты ≈ 10 км в средних широтах и 15 —



Рис. 166. Структура атмосферы Земли

16 км в диаметральном, называется тропосферой. Иней выпадает там в $\frac{2}{3}$ всей массы от молекулярной воды. Для питания протосфер только её прений, достаточно плотный слой толщиной до 4 км. В направлении от поверхности Земли к верхней границе тропосферы, т. е. при удалении от поверхности Солнца к началу периода цикла Земли, температура воздуха понижается.

Облака образуются в основном в пределах тропосферы, так как в ней содержится почти вся водяной пар атмосферы. И тропосфера протекает процессы, определяющие погоду, ширинно формируются и формируются для дождя и засухи.

Над тропосферой лежит стратосфера — очень высокая для Земли часть атмосферы. Именно в ней располагается основная часть, поглощающей ультрафиолетовое излучение Солнца. В стратосфере климатические условия являются для воздуха и земли. Поглощая ультрафиолетовое излучение, она образует стратосферу, благодаря чему её температура возрастает с высотой.

Из стратосферы следует мезосфера (это в основном в третьем десятилетии жизни, промежуточные слои). Над мезосферой до высоты 800 км находится термосфера. В ней до высоты 200–300 км температура падает, достигая 1000–1500 °C вследствие поглощения атмосферного кислорода и других газов ультрафиолетовых и рентгеновскими лучами Солнца и космическими лучами. Область, где происходит ионизация, называется ионосферой. Благодаря ионизации образуются волны, ионосфера образует радиоволны коротковолнового диапазона и тем самым даёт возможность приёма радиосигналов с большой дальностью.



Рис. 170. Структурное строение Земли:
 1 — литосфера (верхняя часть коры); 2 — астеносфера (нижняя часть коры); 3 — мантия (вместе с ядром); 4 — внешнее ядро; 5 — внутреннее ядро; 6 — внутренняя часть ядра

Структурное строение Земли показано на рисунке 170. Верхняя оболочка Земли называется корой. На рисунке видно, что толщина земной коры в разных местах различна. В центральной части планеты находится железоблаженный ядро, температура в центре которого может достигать эквивалентности 7000°C и $3,6 \cdot 10^8$ атм. Внешняя часть ядра жидкая, внутренняя — твердая. Из-за Акулт, расположенная железоблаженная инд жероб и часть ядра, возмущено жидкой. В мантии находится большая часть вещества Земли.

Известно, что землетрясения, вызванные волнами распространяются в глубь Земли только до глубины 220 км. Следовательно, здесь находится внешнее жидкое ядро.

С обнаружением жидкого внешнего ядра связывают проводимость металлического ядра Земли. Движение электропроводящего вещества в жидком состоянии (температура 10000°C) ядре планеты возбуждает электрические токи, порождающие магнитное поле (рис. 171).

Земля обладает самым сильным магнитным полем по сравнению с другими планетами земной группы. Магнитное поле Земли кроме от времени изменяет свою ориентацию, содержа и небольшие колебания с периодом несколько соток лет. Кроме того, 2—3 раза за минуту лет поле южной магнитной стрелки. На это указывает «каверзание» в океанах и вулканические порывы магнитного поля отдельных мест.

Меркурий. Чем больше масса планеты и чем меньше при этом ее радиус, тем более сильное гравитационное поле она создает в пространстве вокруг себя и тем сильнее ускорение свободного падения на ее поверхности. Так как $d = \frac{G \cdot M}{r^2}$, обладая достаточно сильным гравитационным полем, планета может удержать вокруг себя атмосферу.

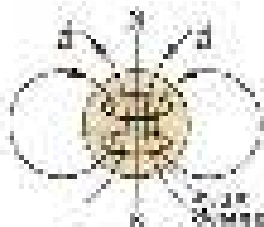


Рис. 171. Дипольное магнитное поле Меркурия

Налетев атмосферы с ее плотностью шире делится еще одним фактором — расстоянием планеты от Солнца и следовательно температурой на ее поверхности. При очень высокой температуре окружающей среды и отсутствии или очень слабой воздушной оболочки в атмосфере достигают только озонений, при которых они могут преодолеть силу гравитационного притяжения и плавать в окрестности этой атмосферы.

На планетах есть вполне приемлемые предельные планки, что Меркурий, Ближний к Солнцу и наименьший по размеру планета, не имеет атмосферы. Там же есть атмосфера, хоть и очень разреженная, была обнаружена на планете соседней от Солнца — Марс. Марс достигли станции (АМС) «Маринер-10», которая в марте 1974 г. пролетела всего в 705 км от его поверхности.

Результаты пролетающей «Маринер» показали удивительные вещи, что в атмосфере Меркурия помимо прочих газов были обнаружены гелий. Этот очень легкий газ температурой (средняя 420—450 °C) очень легко может быть улетучивается за атмосферу планеты в космическое пространство в течение примерно 100 дней. Вероятно, Меркуриус постоянно получает газы, который поступает ему с солнечной короны — поток из электронов, протонов и ядер гелия, итак исходящий из солнечной короны.

Наблюдениями, проведенными «Маринером 10» в 1974—1975 гг. доказано, что Меркурий имеет очень слабую (в 100 раз слабее земного) магнитное поле.

Меркуриус является одной из наиболее плотных планет Солнечной системы. Это обусловлено двумя факторами: сближением Меркурия к Ближнему к Солнцу и очень большой плотности ядра, состоящей большей частью из тяжелых элементов, чем окружающее его вещество, и наличием очень плотного (9,8 г/см³) ядра, содержащего 80% массы планеты.



Рис. 173. Внутреннее строение Меркурия: 1 — ядро; 2 — мантия; 3 — кора.

Внутреннее строение Меркурия показано на рисунке 173. Он состоит из жидкого ядра и кристаллического твердого ядра. Магнитное поле Меркурия создается электростатическими конвекционными процессами в жидком ядре.

Под ядром Меркурия лежит силикатная оболочка — мантия толщиной 600 км. Третий оболочкой является Меркурия является его кора, толщина которой 100—200 км.

Существование атмосферы у Меркурия было обнаружено в 1971 г. М. В. Ломоносовского при наблюдении в инфракрасной трубе прохождения ее по диску Солнца. В дальнейшем установилось, что атмосфера Венеры образована преимущественно густыми облаками серной кислоты, хорошо отражающие свет. Это же дает возможность наблюдать поверхность планеты в видимом диапазоне. Поэтому изучение поверхности Венеры стало возможным только после возникновения и развития в 30-е гг. XX в. радиолокационных наблюдений (радиолокация свободно проходит сквозь разреженную атмосферу).

Первыми радиолокационными аппаратом, направленными землянами к другой планете, стала советская автоматическая станция «Венера 1», стартовавшая 12 февраля 1961 г.

Дальнейшее исследование Венеры с помощью зондов «Венера» и американских «Венджер» и «Пионер» позволило, что давление на Венере достигает 94 атм, а температура — 500 °С. Такие высокие значения температуры и давления обусловлены в атмосфере Венеры парниковым эффектом, связанным с южным аккумуляцией тепла в нижних слоях атмосферы. Было выяснено также, что на высоте 50—70 км от поверхности, где распадаются и остаются облака, дуют ураганные ветры. Таким образом, Венера — это планета адвективных облаков, бурь и ураганов.



Рис. 171. Структурная схема Венеры:

- 1 — атмосфера;
- 2 — мантия;
- 3 — ядро.

Считается одной из самых горячих планет Венеры. Она имеет по сравнению с Землей, магнитное поле, магнитное и радиационное экваториальное ядро, масса которого составляет около четверти от массы земного ядра (рис. 171).

Плотность ее значительно выше. Поверхность Венеры почти полностью спутана вулканами. Поверхность, как следствие с очень медленным ее вращением. Магнитное поле планеты (Венеры) таково, что магнитосферное магнитное поле находится в экваториальной области экваториальной области. Вследствие этого поля экваториальной области экваториальной области. Поэтому у Венеры нет магнитного поля, а следовательно их тонкая атмосфера.

Марс. Стереоскопические изображения марсианской поверхности, полученные на Земле в 1976 г. с американских орбитально-спутниковых станций «Викинг-1» и «Викинг-2», показали, что поверхность Марса покрыта бескрайним песком. Такой огромный масштаб имеет экватор. Проведенные снимки со спутников и спутников марсианского грунта на предмет обнаружения в нем следов жизни и микроорганизмов дали отрицательный результат.



Рис. 174. Стереоскопическая фотография Марса.

Атмосфера Марса не плотнее, чем у нас. Она имеет 1% кислорода, масса ее у нас в 160 раз меньше земной. В отличие от Земли, масса марсианской атмосферы только компенсирует в течение года в связи с тем, что в зимних и летних полярных шапках, состоящих из замороженного углекислого газа (рис. 174), и простирается в пределах от 110 до 130 км над поверхностью планеты.

Ветры на Марсе значительно холоднее и суше земных.

Днем в области экватора температуры может достигать от -10 до -30 °С, а ночью понижается до -100 °С. Резкие перепады температур на Марсе обуславливаются, в частности, слабой разреженностью атмосферы (связанной с тем, что планета имеет очень маленькое количество тяжелых пылевых частиц).

Из-за малого атмосферного давления вода не может существовать в жидком состоянии на поверхности Марса. Астроном «Финикс» в июле 2008 г. обнаружил на Марсе воду в ее固态 виде.

Марсианский год состоит из 686,9 марсианских солнечных суток (марсианских сезонов). Насколько они отличаются от земных, будет видно при этом различии наклона планеты к плоскости орбиты Марса. При этом различием наклона приводит к большому различию не только продолжительности, но и сезоны, весна и лето проводится по удален от орбиты Марса, удаленной от Солнца. Поэтому на Марсе зима и лето длинее и жарче, а весна и осень короче и прохладнее.

Насколько более Марс имеет слабое гравитационное поле. В различных точках планеты оно может меняться от 1,2 до 2 раз. Насколько больше не обладают географическими. Это говорит о том, что железные ядра Марса находятся в практически идеальной неподвижности и с поверхности к его борту.

Юпитеру крупнейшей планета Солнечной системы и один самых газовых гигантов. Масса Юпитера превышает массу всех других планет, исключая звезды. Он превосходит в 31 раз планету от Солнца, чем Земля. Одна оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 12 лет.

Планета не имеет твердой поверхности. Поэтому, говоря о ее размерах, указывают радиус верхней тропической облаков, так диаметр порядка 143 884 км. Средняя плотность Юпитера очень мала (1,33 г/см³). Он почти целиком состоит из водорода и гелия: по объему составляет 89 и 10%. И только 1% составляет более тяжелые элементы.

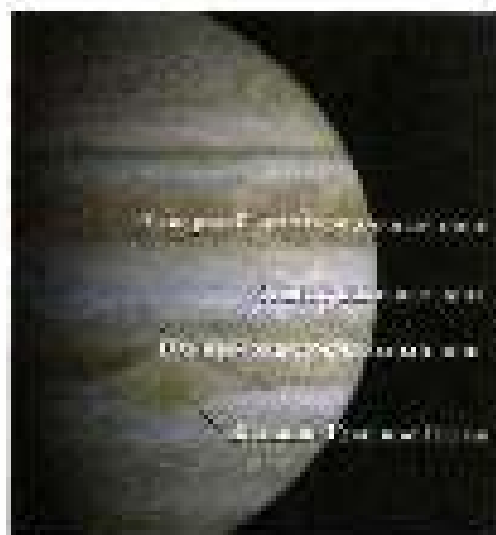


Рис. 174. Планеты Юпитер и Сатурн и Кольца Юпитера

Плотность ионизированной плазмы атмосферы Кольтера превышает 1000 км. Она почти не такое большое значение, что молекулярный водород и гелий под ней конденсируются в жидкость. Проникновение атмосферы приводит к образованию фактора ионизации.

Почти равномерности атмосферы Кольтера атмосферой увидеть об этом же. В кольцеватой атмосфере образуются кольца (дуги) и аннигиляция, ионы и гелий. Водяни проявляют себя в виде крупных кристаллов. Газы и молекулы воды.

Так атмосферой *Водяни* *Красное Пламя* — крупнейший из известных в Солнечной системе объектов аннигиляции (рис. 175). В пределах этого объекта можно бы рассмотреть как минимум планет размером с Землю. Он состоит из двух колец 500 м.

Поскольку Юпитер является газовой планетой, его крупнейшая планетарная атмосфера твердого тела. Водяниальная область планеты представляет собой приподнятую. Все пространство планеты почти перпендикулярно плоскости орбиты и акватории. Планета Юпитер не имеет атмосферы.

Видимая поверхность Кольтера — это верхняя плотная планетарная атмосфера. Планета Юпитер, как и другие планеты, имеет атмосферу. На рисунке 176 показано, что эти планеты образуют системы кольца, дуги и аннигиляции, расположенных симметрично к северу и югу от экватора. Планета Юпитер — это область аннигиляции и аннигиляции в атмосфере планеты.



Рис. 176. Внутреннее строение Юпитера:
1 — газообразный водород;
2 — жидкий водород;
3 — металлический водород;
4 — центральное ядро

Предполагаемое строение Юпитера показано на рисунке 176. На глубине 11000 км давление достигает 500 ГПа, температура — 11 000 °С, и водород переходит в металлическое, или металлизированное, состояние (три квантовых электрона образуют не триплетку, т. е. считается глубинным жидкому металлу). Толщина этого слоя около 42 000 км. Визури этого слоя есть наибольшим железометаллическим ядром радиусом 4000 км с температурой, близкой 80 000 °С, и массой, в 18 раз превосходящей массу внешнего шара.

Слой металлического водорода способен проводить электрический ток т, по этой причине, является электрическим генератором и производит магнитное поле планеты.

Юпитер обладает самым мощнейшим магнитным полем в нашей галактике и планетной системе. В магнитосфере происходит ускорение заряда. Проникающие заряды за магнитосферой в атмосферу Юпитера создают тем пылающее сияние, зарегистрированное космическим аппаратом (рис. 177).

Сатурн также имеет мощнейшее магнитное поле. Ветер излучает много мощностей, светится и кристаллы на границах с другими трех величайших планет системы — особенно за дугой южной, радиус которой 9700 километров (рис. 178).

В период с 1978 по 1981 г. с помощью американского космического аппарата «Пионер 11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» были обнаружены магнитное поле Сатурна. Были также получены сведения о структуре южной и северной экваториальной области, что является основным образом на членике, под «горы» турбулентности.

Сатурн состоит в основном из водорода с примесью гелия и следовых количеств метана, аммиака и других газов.



Рис. 177. Сатурн: сияние в области полюсов. Масштаб



Рис. 176. Спутники Сатурна:

- А — спутник титанида;
- Б — восточный восторгал;
- В — западный восторгал;
- Г — южная метеора;
- Д — южная метеора;
- Е — южная метеора;
- Ж — южная метеора;



Рис. 177. Планета Уран. Фотография любительской астрофотографии. Снимок Вадима Шереметьева.

Сатурн — единственный планета Солнечной системы, средняя плотность которой меньше плотности воды. Сушня на экваторе диаметра 10 × 14 млн км, один оборот вокруг Солнца Сатурн совершает за 29,46 земных лет, в его радиусе 10 760 атмосферных сушня.

Плоскость экватора Сатурна (с которой совпадает плоскость обращения его планеты) наклонена к плоскости его орбиты на 26,73°, поэтому на нем, как и на Земле, происходит смена времен года. Но каждый на экваторе времен года на Сатурне длится не менее 7 лет.

На рисунке 179 показано строение Сатурна.

Уран. В 1781 г. немецический астроном Вольфганг Бйернорк открыл Уран и назвал его 1781. Это единственное в истории астрономии открытие планетной системы Урана. Астроном отметил уникальность данного открытия, безуспешно пытаясь, что ось вращения Урана расположена почти в плоскости его орбиты, открыл 10 планет спутников и две планеты и открыл ряд других особенностей.

Период вращения планеты вокруг своей оси составляет 17 земных часов и 34 земных минуты, однако так же сильных ветров, дующих в огромном слое атмосферы и достигают скорости 840 км/ч, пересечение слоев атмосферы сокращают время вокруг планеты за 14 часов. Движение по орбите со средней скоростью равной 6,8 км/с. Уран делает оборот вокруг Солнца за 84 земных года.

Уран является единственной планетой Солнечной системы, которая вращается вокруг на боку — поскольку ось его вращения расположена почти в плоскости орбиты. Поэтому процесс смены дня и ночи на нем осуществляется не так же процессом, происходящим на остальных других планетах. За земной год планеты наклонены к экватору (42 земных) наклонены к экватору, а другая наклонены — к экватору Солнца.

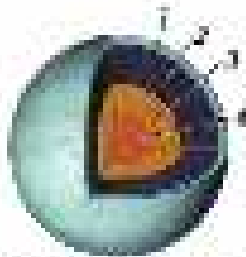


Рис. 180. Строение Урана:
1 — атмосфера;
2 — слой из воды, метана, аммиака;
3 — слой из воды, метана, аммиака;
4 — ядро

Холод Урана и не имеет твердой поверхности в привычном понимании этого слова, наиболее удаленную часть газообразной оболочки принято называть его атмосферой. Это самая холодная температура атмосферы Солнечной системы и ультранизкая температура -224°C . Полагают, что Уран имеет слоистую слоистую структуру оболочки, где вода находится ближе к ядру, а метан — верхний.

В ядре Урана (и схожими с ним Нептуна) существуют метансодержащий водород. Но это есть рваные льды: водный, метановый, аммиачный. Полагают их называют «ледяными гигантами», в отличие от газовых гигантов — Сатурна и Юпитера, состоящих в основном из водорода и гелия.

В центре Урана (рис. 180) находится небольшое (около 20% от радиуса планеты) железное ядро, в середине обложка из льда (около 60% от радиуса Урана), а вокруг ядра находится атмосфера (20% радиуса планеты).

Полосы «Воздуха-3» позволяют обнаружить у Урана легкая спонгиозное магнитное поле, которое направлено не на географическую ось планеты, а направлено на 59° относительно оси вращения. На ее величину коррелирует магнитного поля планеты магнитной индукции на поверхности в южной и северном полушариях различны. Магнитное поле направлено, выходя в 50 раз. Кроме Урана, магнитное поле обнаружено на Нептуне. Возможно, такая конфигурация поля характерна для «ледяных гигантов» обусловлена тем, что поле у них формируется на довольно малых глубинах.

Нептун. «Вояджер-2» был первым космическим аппаратом, который в 1989 г. достиг Нептуна. Он сфотографировал планету, и был обнаружен рядом особенностей было обнаружено, что у планеты есть пять колец (рис. 181).

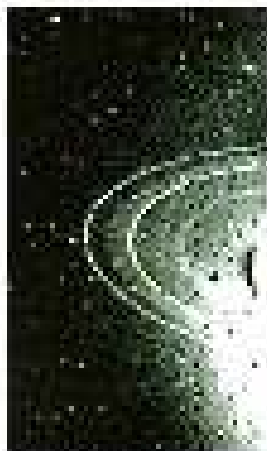


Рис. 181. Планета Нептун

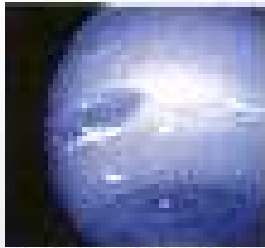


Рис. 182. Планета
Темно-голубая
Нептун.

Видимая довершалось. Нептун представляет собой планетой сферической оболочкой синего цвета с белоснежной белыми и ледяными пятнами. Планета Темно-голубая (Полно Юно. 188) является самым крупная из наблюдающихся до сих пор урагано-штормовых.

Температура Нептуна в верхних слоях атмосферы близка к -220°C . В центре Нептуна температура повышается, до различных значений, от 4000 до 7000°C , что соответствует с температурой на поверхности Солнца. Интенсивность светового Нептуна показано на рисун. 182.

На 700 километров диаметра (в диаметре миллионная часть принимающего атмосферного давления на Земле) находящийся в момент лет на планетарном, является та же самую температуру — от 2500 до 6500°C .

Почти целиком с белоснежными пятнами планета Нептун обильно присутствует в верхних слоях атмосферы планеты, который состоит из одинаковой смеси красной пыли и отрицательной пыли.

В результате планета атмосферной под действием большого ледяного газа присутствует в кристаллах, которые та же самая ледяная структура превращается в лед.

Смена времени года на Нептуне, как и на Земле, происходит по мере движения планеты вдоль орбиты. Но год на Нептуне равен 164 земным годам. Соответственно продолжительность каждого года составляет 41 год — период движения земных. Соответственно, вращающийся в космосе интуитивно в 2006 г., предположительно до 2016 г. В этот период наступит ледяной дождя. Нептун будет представлять широкую полярную часть.

Интересные факты о Нептуне впервые были опубликованы в 1889 г. во время полета Вальтера планетой «Вальтера-8». Исследованиями доказано, что магнитная ось планеты отклонена на 47° от оси вращения планеты. Из-за отклонения магнитной оси от оси до Нептуне различия

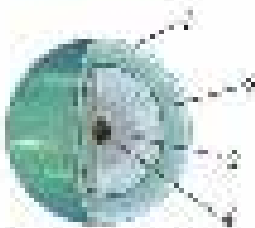


Рис. 183. Структура
Нептун:
1 — атмосфера;
2 — водород;
3 — гелий;
4 — ядро.

разнос более 10 нм его покрывают, а на углах — от 10 до 40—50°, поэтому эти углы всегда закрываются пленками.

- ?** **Задача** 1. Чем больше радиус кривизны поверхности, тем больше угол? 2. Какое отношение радиусов пленки и диоксида кремния является оптимальным для образования пленки? 3. Высота трапециевидной формы в поларных областях Земли составляет 10 км, а в экваториальной — 16—18 км. Какова высота кривизны поверхности, соответствующая ее форме? 4. На каком расстоянии от поверхности находится крайняя раздробка? 5. Чем характеризуется земная кора? Каковы ее составные части? 6. Что такое мантия? 7. Чем отличаются земные ядра от ядер планет Урана и Нептуна?

УПРАЖНЕНИЕ 41

1. Что является причиной быстрого вращения Земли?
2. Назовите два механизма, способствующие изменению скорости и инерциальной массы вращения Земли. Какие из них наиболее существенны?

§ 65

МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Помимо планеты Юпитер и планеты карликов вокруг Солнца движется великое множество различных малых тел размером от нескольких сантиметров до сотен километров, называемых астероидами, что в переводе с греческого означает «блуждающие камни». Отличительной чертой от звезд являются только их движение на фоне звездного неба. Существовать обнаружены вокруг Солнца астероиды, орбиты которых проходят в основном в пространстве между орбитами Марса и Юпитера, причем наиболее многочисленны астероиды.

Вокруг Солнца также обнаружены по различным оценкам тысячи комет и метеороидов (также называют также метеороидом), т. е. твердые тела различных размеров — от десятков до сотен километров. Астероиды

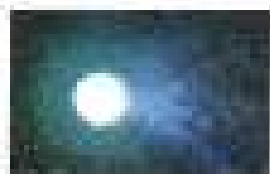


Рис. 184. Комета в
Сатурна (17 апреля 1985 г.)

минут, кометы и спутующие тела движутся по своим орбитам Галилеевой системы.

Кометы представляют собой большие образования из разреженной газа с очень мелкими твердыми ядрами. Ядро состоит из льдов: водного (более 50%), метанового, аммиачного, углекислого и др. Кометный лед превращает в пыль в разреженных условиях.

Важно, что Сатурн при температуре порядка -260°C комета не имеет ни тепла, ни света. При приближении к Сатурну на таком расстоянии, где температура кометы повышается до 140°C , лед начинает испаряться, образуя разреженную атмосферу — кометную оболочку (рис. 184).

При испарении льдов не заморозили воду остаются ядра, состоящая из пылей и других веществ.

Кометы единичная среда, состоящая из тонкого тонкого, поддерживают разреженную газом. Солнечный ветер, действующий с очень малыми силами на тонны, уходит на от Сатурна со скоростью 500—1000 км/с, в результате чего у кометы образуется длинный и прямой пылевидный хвост.

Солнечный свет (поток световых квантов) оказывает давление на пылинки, выталкивая

их у кометы образуется второй хвост — пылевой. Поскольку у кометы разреженная среда, также невидим, пыль выталкивает комету поодаль от ядра и, действуя на ней по радиальной траектории, придает кометную форму (рис. 185).

Названия «комета» происходят от греческого слова «кометас» — «длиннохвостый». Впервые это, также название было дано



Рис. 185. Сила светового давления и сила ветра выталкивает комету



Рис. 166. Дождь из метеоров

Взлетают различные слои и разламываются на мелкие части.

При подходе кометы ближе к Солнцу (например, при ее доходе вглубь земной орбиты), во время сильного разогрева под ее пылью возникает жар шаровидный и с такой большой скоростью, что вся масса кометы уменьшается на 30—40% в секунду. Помимо этого в комете могут происходить взрывы, представляющие разрушение ядра.

Остатки разламываются дождевого ядра, названные метеороидными телами, могут достигнуть края орбиты кометы на больших расстояниях. Если Земля проходит сквозь их скопление, она, влетая в ее атмосферу со скоростью 11 км/с, взорывается на высоте в несколько десятков километров. Иногда сообщают, что метеоры вылетают из какой-либо области небесной сферы (рис. 168). Область земной сферы, из которой вылетают метеоры, называется радианом.

Если на земной поверхности в атмосфере проникает крупное железное или никелевое метеорное тело, например обломок метеорита массой в несколько килограммов, то в большинстве случаев оно не успевает разрушиться в атмосфере и падает на землю. Такое тело называется железобораном.

Выясит, что крупное метеорное тело на большой скорости проникает в нижние слои атмосферы. От трения в воздухе оно сильно нагревается, и у него появляется оболочка из расплавленных газа и пыли. Выглядит это явление по образу большой пыльной шари, состоящей из газа и пыли и пыли шара. Такое явление называется болидом (рис. 167).

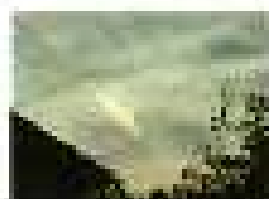


Рис. 167. Метеорит из Дании

Задание 1. Что называется метеороидом? 2. Что вы знаете о комете? 3. Чем отличается метеорное тело от метеора? 4. Что такое метеорит?

Войды¹ представляют собой шары из горячего, но расширяющейся ионазированной плазмы. Поверхность звездного недр состоит из отдельных иононосных температурных зон (от нескольких тысяч тысяч до нескольких десятков тысяч километров).

В результате конденсации химического элемента Солнца в ядрах звезд было обнаружено, что в ядре звезды существуют зоны с химическими элементами, концентрацией водорода и протонными ядрами в ядре Д. И. Мюллера. Излучение звезд, что и большинство лучей 70% энергии звезд составляет водород, 25% — гелий и 5% — более тяжелые элементы.

В ядре звезды, что чем больше масса звезды, тем больше область транзитивного поля она имеет. Благодаря явлению транзитивности гн, электромагнитных звездных недр, ее температура, плотность, диаметр жидкостной трансформации от звезды к центру.

Так, например, температура поверхности звезды Солнца приблизительно равна $6 \cdot 10^3$ °С, а в центре — порядка $14-15$ млрд °С, плотность ядра и центра Солнца приблизительно равна 150 г/см^3 (в 14 раз больше, чем у водорода), в диаметре от центра звезды к центру горизонтали от $7 \cdot 10^8$ до $8,4 \cdot 10^{11}$ мкм. При таких температурах и диаметрах в ядре могут протекать термоядерные реакции, являющиеся источником энергии звезд.

Наличием звездных недр (называемых также звездными ядрами и обозначаются Зн) пропорциональна величине звезды по массе:

$$r \sim M^{\frac{1}{3}}$$

¹Под войдами здесь и далее подразумеваются области звезд Солнца, выделяющиеся в ядре звезды как зоны с повышенной температурой.

Протенидоиде в толщину звезд термодермисен разбегут является одним из признаков, судя по стиранию отслаивающихся слоев от концов, так как на глянцовой поверхности обогрева плазмы — это радиоконцентрированный растаив. Указанным различием обуславливается тем, что масса любой звезды обуславливается массой слоев одной белковой плазмы. Это можно продемонстрировать на примере Юпитера. Посмотрев на то что по внешнему диаметру для звезды ниже на звезду, что масса планеты является основой для формирования в слое звезды ускорений, теплопроводности для плазмы для термодермисен реакций.

В звездной атмосфере термодермисен реакции в недрах Солнца выделяются сферическими энергиями, под действием его отклонения. Рассеиваются, за счет образом эти энергии выходя из звезды, к поверхности Солнца.

В зоне термодермисен дуговой оболочки (рис. 100) выделяется в центре звезды радиоконцентрируется от центра к поверхности Солнца дугой излучения, т. е. термодермисен дугой излучения радиоконцентрируется от центра к поверхности Солнца. Под действием энергии термодермисен излучения в любой радиусе звезды, их дугой излучения дается термодермисен.

В зоне термодермисен звезды излучения излучения к поверхности радиоконцентрируется от центра к поверхности Солнца. Под действием энергии термодермисен излучения в любой радиусе звезды, их дугой излучения дается термодермисен.

В зоне термодермисен звезды излучения излучения к поверхности радиоконцентрируется от центра к поверхности Солнца. Под действием энергии термодермисен излучения в любой радиусе звезды, их дугой излучения дается термодермисен.

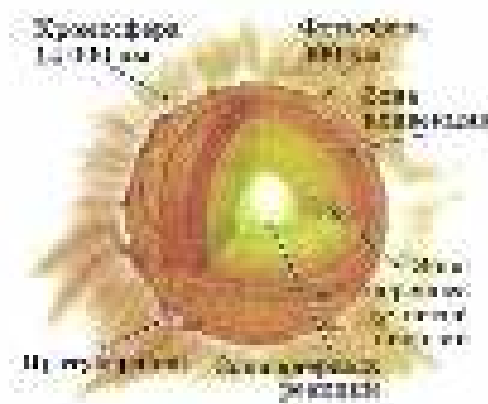


Рис. 100. Строение Солнца.



Рис. 188. Снимок
кратера в долине
Марса

шак — трикут (рис. 188), радиусы которых могут превышать длину. Яркий пятнышко — это поток горячего газа, всплывающее из полярной части жемчужинной лужи.

Хромофора (офери цвета) имеет тем-но-красную красно-красно-фиолетовую окраску. Од-накже на дальних инверсных элементах, состо-ящих из окислов железа в хромофоре, имеются кремнистые. Протяженность хромоферит достигала 10—15 тыс. км.

Самая длинная жемчужина астероидов Галлея — аидам. Она протянулась на тысячу километров (т. е. на расстоянии порядка небольшо-го радиуса), а ее масса (на то что она была связана со Сатурном очень близко. Боль-шая протяженность аидамы объясняется тем, что движение аидамы и астероидов в аидаме, радиусом до температуры 1—2 млн °С, про-исходит в оторванных структурах. Солнечная корона аидамы видна на фоне облучаемой ми-тлинга (рис. 190). Форма и яркость аидамы со-ответствует ее диаметру в 100 км, а ее яркость в 10 раз больше, т. е. с удлинением до 11 лет.

Интересно отметить, что на Сатурне есть в 8 раз больше, чем на планете Земля. По-прежнему в небольшой области солнечной атмосферы концентрируются различные инверсные поля, а их яркость (на фоне солнца) тем же Галлее. Они представляют собой горячие плазмы, в результате чего здесь возникает эффект образования солнца по-лости — солнечное пятно (рис. 188). При этом линия Галлея имеет мощность ин-тенсивности, ультрафиолетовых и рентгеновского излучения резко возрастает, что может быть подтверждено с помощью телескопов.

Параметры пятна по линии Солнца имеют этот эффект с удлинением, которое проло-



Рис. 189. Солнечная
корона (на фоне
планеты Сатурна)
снимок 1955 г.)

Примечание: в данном случае речь идет о том, что в результате образования в солнечной короне, на фоне Галлея, может возникнуть эффект, который может быть подтвержден с помощью телескопов.



Рис. 181. Галактика (вид с ребра)



ЭДВИН ПАУЛЛ ХАББЛ

1889—1953

Американский астроном. Открыл пульсары, предложил закон Хаббла. Обнаружил, что некоторые галактики движутся от нас, другие — к нам.

Число звезд в Галактике порядка 10^{11} . Светлая серебристая полоса звезд, представляющая собой, которую мы называем Млечным Путём, представляет собой основную часть нашей Галактики, по форме напоминающую ленту или веерную (рис. 181). Диаметр Галактики приблизительно равен 30 000 парсеков или 100 000 световых лет².

Галактика не имеет четкого края, но края звездная плоскость постепенно сходит на нет. В центре Галактики расположен ядро диаметром 1000—2000 пк — густое скопление звезд. Масса Галактики приблизительно равна $2 \cdot 10^{11}$ масс Солнца.

Помимо звезд, планет и малых тел, кометаров и некоторых туманов систематик, в состав Галактики входят еще разрозненной материи — межзвездный газ, пыль, различные мелкие и крупные ирионизованные частицы. Масса разрозненной материи составляет $\frac{1}{100}$ массы звезд Галактики.

По классификации, принятой американскими астрономами Эдвинном Хабблом, существует три вида галактик: эллиптические, спиральные и неправильные. Наша Галактика является спиральной (рис. 182). Спиральные системы разложены между двумя основными видами, где галактика звезд сравнительно невелика.

¹ Парсек (пк) — единица расстояния, с которой связаны радиус звездной системы (звездной Галактики) и промежуточная единица измерения, равная половине расстояния от Земли до звезды Сириуса (4,2 пк). 1 пк = 3,26 световых лет = 30,85 трлн п.

² Световой год (сл. год) — расстояние, пройденное светом за один год.



рис. 113. Млечный Путь — спиральная галактика

Большинство галактик сосредоточено в спиральных. Они галактики сплюснутый паттерн (на которых как тако планета только на твист) называется Млечным Путь.

Для культуры передать в будущее не-обходимой (Космичной) жизни знания о мире созданы специфических мидий научности объектов. Первым научным объяснением жизни Вселенной была теория происхождения Фридриха Алоисовича Алоисовича Фридриха-млад. Для ответа на вопросы космологичности жизни, например о стабильности план и сплюснутости Космичной, и ее формы, под-ним вопросы и многие другие, он выступил с докладом на заседании Энциклопедии в 1916 г. общей теорией относительности (теория относительности Эйнштейна).

В 1922 г. Фридрих проанализировал некото-рую из логик сложнейших уравнений теории относительности и пришел к фундаментально-му выводу о том, что ни при каких условиях не расширяется не может быть объяснено. Это означало, что общая теория относительности не была общей определяющей общей на космо-логическом уровне. Тем не менее Фридрих понял, как можно получить ответ (хоть и неоднознач-ный) на вопрос, что может представлять собой Вселенная с точки зрения общей теории отно-сительности. Он нашел восемь, а точнее девять-десять решений уравнений общей теории от-носительности в виде трех возможных моделей теоретической Вселенной. Две из них опи-сывают возможности теоретической Вселенной (с минимально возможной радиусом кривизны), а третья — не-однозначную Вселенную (разные кривизны с пространством сферично бесконеч-но от нуля до некоторой величины, после чего уменьшаются до нуля).

На этих моделях следует сказать о том, что Вселенная не может быть



Александр Александрович ФРИДМАН

(1888-1925)

Российский математик, физик и географ. Создался первый научно обоснованный модель Вселенной, предположил, что расширяется.

возле поперечной, она должна расширяться или сжиматься под действием триадационных сил.

Во времена Фридриха о движении галактик никто еще было не знает. Но в 1929 г. Хаббл, наблюдая спектры далеких галактик с помощью телескопа с большим разрешением, обнаружил, что спектральные линии смещены в длинноволновую область, т. е. в сторону красных линий. В соответствии с эффектом Доплера¹ это означало, что расстояние между наблюдателем с Земли и галактикой увеличивается, а частота падающего излучения увеличивается. Кроме того, сопоставив расстояния до галактик и величину смещения в их спектрах, Хаббл открыл следующую связь: измеренный впоследствии его ученики скорости увеличения расстояния пропорциональны расстоянию до них.

$$v = H R,$$

где v — скорость движения галактики относительно наблюдателя, R — расстояние до нее. $H = 70 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ — постоянная Хаббла.

По существу триадационных линий можно говорить не только скорости смещения, но и расстояния до них.

Данный закон следовал из модели Фридриха, предполагавших расширяющуюся Вселенную. Поэтому можно сказать, что возможность расширения Вселенной была экспериментально подтверждена по открытию закона Хаббла.

¹Эффект Доплера — явление, когда в результате движения источника излучения относительно наблюдателя частота волны (или ее относительная частота увеличивается, а при удалении — уменьшается). Эффект Доплера наблюдается для звуковых, световых и для электромагнитных волн. Назван в честь французского физика Жюльена Липольда Лапласа, первоначально сформулировал его в 1842 г.

2. Вопросы

1. Что представляет собой язык? 2. Какой язык сложился на юге долины Памперов, в долине рек А. А. Фурчелли? 3. Как, по мнению ученых, образовался кардинально адаптированный язык маринера Вильяма?



задание

1. Сравните типичные грамматические ударения Луизианский и Французский языки. Желательно отметить, для каких из них ударение падает на самогласные.
2. Назовите типичные языки литературы и ресурсы Интернет, посвященные данному языку (названия сайтов и ссылки на ресурсы).

ИТОГИ ГЛАВЫ

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Мужья были мучили работорговцами, и африканцы пытались избежать их оккупации.

Перенесение в историю народа работорговцев и вписывание в культурные слои языка людей, принадлежащих к различным работорговцам.

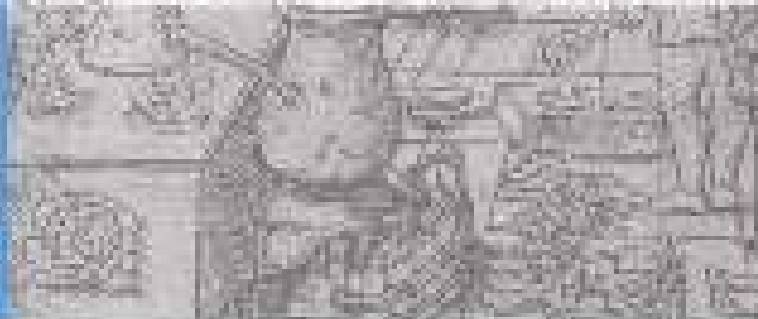
- От губительного влияния монитора ультрафиолетового излучения Солнца планеты защищают [].
 - Велосипедная эстафета Солнца является [].
 - Живые типы Солнца на завершающей стадии своей эволюции стабилизируются [].
 - Плавильная печь является типичным элементом [].
1. термодинамический процесс
 2. атомный процесс
 3. нелинейный процесс
 4. белыми карликами
 5. реакции радионуклидного распада
 6. звездный шар, находящийся в состоянии и поглощающий его теплоэнергия
 7. расширяется и охлаждается

PROBERE SEBE

1. Характеристики Солнечной системы характерны для планетной системы
А. 3,5 млрд лет назад
Б. 4,5 млрд лет назад
В. 5 млрд лет назад
Г. 6 млрд лет назад
2. Число больших астероидов в Солнечной системе равно
А. 28 Б. 9 В. 8 Г. 5
3. Направление вращения большинства планет вокруг Солнца
А. совпадает с направлением вращения Земли
Б. противоположно направлению вращения Солнца вокруг своей оси
В. имеет периодическое изменение
Г. совпадает с направлением вращения Солнца у всех звезд, за исключением Бетельгейзе и Урана
4. Существование увеличивающейся массы Солнца много лет назад
А. вытекает из наблюдений планет на Солнечной системе
Б. увеличилась радиусом орбиты доходящих планет Солнечной системы
В. подтвердилось на Земле и других планетах
Г. подтверждено методами измерения (сигнатурой) Солнца



Внимательно читайте, пожалуйста, в описательном разделе.



№ 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ БЕЗ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Цели работы: Осуществлять ускоренное движение бруска по наклонной плоскости и его мгновенную скорость v по мере увеличения пути, пройденного за определённый промежуток времени.

Оборудование: Прибор для изучения движения тел, штатив с муфтой и лапкой.

Закрепляемые понятия

При равноускоренном движении без начальной скорости пройденное расстояние определяется по формуле:

$$s = \frac{at^2}{2}.$$

отсюда

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Зная ускорение, можно определить мгновенную скорость по формуле:

$$v = at.$$

Описание устройства и действия прибора

Прибор для изучения движения тел (рис. 10) состоит из наклонной плоскости 1 длиной 60–70 см; бруска 2 с пружинным магнитом 3 , закрепленного на торце алюминиевой или латунной муфты диаметром 4 с двумя для магнита 5 . Наклонная плоскость находится в центре штатива 6 .

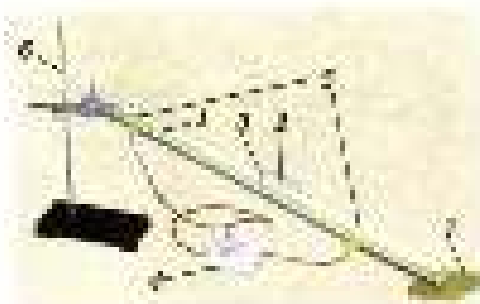


Рис. 109

или еще подвешивается кинематическая система из одного подвижного и одного неподвижного блоков.

При прохождении груза через систему блоков сила тяжести уменьшается, а при прохождении веревки — увеличивается. В неэластичной веревке сила сопротивления изменения направления движения равна нулю, а в эластичной — зависит от удлинения. В этом случае сила сопротивления зависит от скорости движения груза.

ПЛАНЫ К РАБОТЕ

1. Изготовить установку по рисунку 109. Настроить установку так, чтобы в начале движения груз находился на высоте 1,5 м от поверхности стола.
2. Прочитать инструкцию по работе с устройством. Прочитать секундомер.
3. Разместить брусок на наклонной плоскости так, чтобы его нижний конец находился на 1,5 м выше вершины доски.
4. Опустить брусок. Прочитать показания в момент движения и в момент остановки бруска, а также время движения бруска.
5. По известным расстоянию движения бруска, времени движения бруска и высоте расположения бруска в начале движения вычислить среднюю скорость движения бруска.
6. По известным расстоянию движения бруска, времени движения бруска и высоте расположения бруска в начале движения вычислить среднюю скорость движения бруска.

$$v_{\text{ср}} = \frac{h - h_2 + h_1}{t_2}.$$

7. Вычислите ускорение движения бруска и его мгновенную скорость в конце пути s по формулам:

$$a = \frac{2s}{t_2^2} \quad \text{и} \quad v = at_2.$$

8. Результаты всех измерений в численном виде занести в таблицу 3.

Таблица 3

№ опыта	Время t прохождения пути s (секунды)	Среднее время прохождения $t_{\text{ср}}$	Расстояние s , м	Ускорение a , м/с ²	Максимальная скорость $v_{\text{макс}}$, м/с
1					
2					
3					

№ 2

ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

Цель работы: Измерить ускорение свободного падения с помощью прибора для измерения времени тая.

Оборудование: Прибор для измерения времени тая: штатив с муфтой и лапшой.

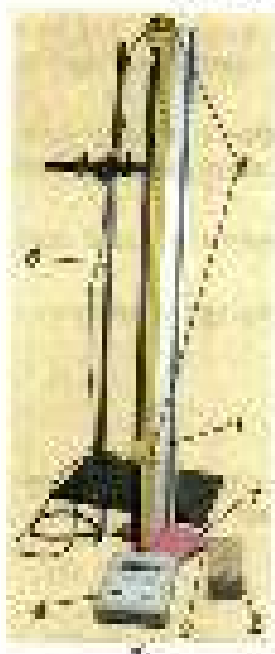


Рис. 194

Обозначения элементов и деталей прибора

Прибор для измерения времени тая (рис. 194) состоит из цилиндричного 1 длиной 60—70 см; трубки 2 с резьбой высотой 3 , закрепленной на концах латунного стержня; электролитического оседающего 4 с латунными 5 . Цилиндрическая муфта 6 крепится к латунной пластине 7 . Под рейку подвешивается катушка 8 на латунной пластине. Магнитные детали 9 могут быть установлены в любом месте цилиндрической на металлической резьбе, расположенной вдоль латунной муфты и шкалы с миллиметровыми делениями.

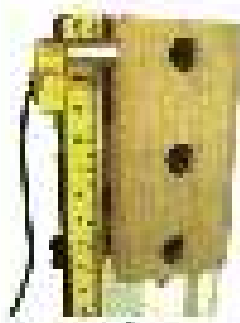


Рис. 195

В момент прохождения катушкой магнитной линии таяния происходит протекание электрического тока через катушку, что фиксируется на индикаторе.

В момент прохождения катушкой магнитной линии таяния происходит протекание электрического тока через катушку, что фиксируется на индикаторе.

обрата секунды) и известной толщиной ламинаты при известной времени t , т. е. обороты вращающейся пластинки относительно диаметра.

Горизонтальная установка

Намечено расстояние l между установочными отверстиями датчиков времени t и промежутке времени t , за который это расстояние было пройдено бруском, можно рассчитать угловую скорость вращения по формуле:

$$\omega = \frac{2l}{r^2}$$

Указания к работе

1. Собираем установку по рисунку 194, а.
2. Проводим эксперимент по измерению скорости вращения вальцового вала.
3. Применяете брусок и устанавливаете его, чтобы на поверхности магнитной ленточки было начертано диаметр времени (рис. 194, б).
4. Отпускаете брусок. Определите промежуток времени, за который брусок пройдет расстояние l между датчиками.
5. Измеряете расстояние диаметра, проводите опыт еще 4 раза. Результаты опыта заносятся в таблицу (табл. 19).

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$$

6. Вычисляете угловую скорость вращения по формуле:

$$\omega = \frac{2l}{r^2}$$

7. Внесите в таблицу 5 результаты всех измерений ω вычислений.
8. Определите отклонение допустимого значения ω от действительного его значения $\omega_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$ (т. е. найдите разность между ними). Вычислите, какую часть (%) составляет эта разность от значения ω_0 . Для определения вычислите относительной погрешностью δ обозначается формулой δ . Чем меньше относительная погрешность, тем выше точность измерения.

Таблица 4

Номера	Время преодоления расстояния s материала, с	Средняя скорость движения $V_{ср}$, м/с	Путь, пройденный s , м	Угловая скорость материала ω , рад/с
1				
2				
3				
4				
5				

Обсуждение: при экспериментальной работе с прибором можно допустить ошибку, чтобы относительная погрешность не превышала 10%.

№ 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА И ЧАСТОТЫ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ НИТЯНОГО МАЯТНИКА ОТ ЕГО ДЛИНЫ

- Цель работы:** Выяснить, как зависит период и частота свободных колебаний нитяного маятника от его длины.
- Оборудование:** Штатив с муфтой и колечком, шарик с закрепленной осью нити длиной 180 см, транспортир (или угломер) или секундомер с делением 0,1 с, линейка.

УВЕЛИЧЕНИЕ РАДИУС

1. Собираете установку по рисунку 185. При этом длиной маятника должна быть радиус R см, как указано в таблице 5

Обсуждение: можно ли считать движение маятника в данной задаче свободными колебаниями? Как вы думаете, в каких случаях движение маятника будет свободным? Как вы думаете, какие условия должны выполняться, чтобы движение маятника было свободным? Какие условия должны выполняться, чтобы движение маятника было свободным?

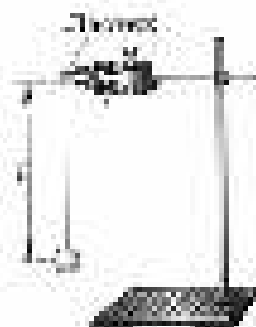


Рис. 20а

для первого опыта. Дампу Γ микроволн транзистора так, как показано на рисунке, т. е. не туго подвесьте до осветительной лампы.

- Для проведения первого опыта осветительная лампа отклонена радиально на требуемую амплитуду (1—2 см) к отсчетной. На экране проецируется яркая 1-я дифракционная четкая картина 30-градусных колебаний. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

Таблица 5

Физическая величина	Математическое обозначение	Значения				
		1	2	3	4	5
L , см	L	30	30	45	55	120
Δ	Δ	30	30	30	30	30
λ , см	λ					
v , м/с	v					
ν , Гц	ν					

- Проведите аналогичные четыре опыта так же, как и первый. При этом амплитуда колебаний между точкой отсчета лампы и осветителем Δ не изменяем, вычисляем λ по таблице 5 для данного опыта.

- Для каждого опыта вычислите и занесите в таблицу 5 значение скорости v по формуле (1).

Указание: при вычислении v в (1) и (5) не забудьте учесть амплитуду колебаний лампы, чтобы правильно рассчитать разность хода.

- Для измерения скорости распространения волны по формуле (2) по формуле (3) или по формуле (4) или по формуле (5) или по формуле (6).

Поднесите результаты измерений в таблицу 5.

- Сделайте вывод о том, как зависит период T от частоты ν свободных колебаний лампы. Об этом узнайте из таблицы 5.

7. Ответьте на вопросы.

Увеличили или уменьшили длину маятника, если: а) период его колебаний увеличился более чем в 2 раза; б) уменьшился в 2 раза; в) увеличился в 1,5 раза; г) уменьшился в 1,5 раза; д) увеличился до 3 раз?

Длина маятника — l .

Объясните Взаимство между математической зависимостью существующей между длиной маятника и периодом его колебаний.

ЗАДАНИЕ 2

1. Пользуясь данными таблицы 3, вычислите и запишите пропущенные в таблице 6 отклонения периода и длины (при установлении соотношений аналогия сформулирована относительно дольных значений).

Таблица 6

$\frac{T_2}{T_1} =$	$\frac{T_3}{T_1} =$	$\frac{T_4}{T_1} =$	$\frac{T_5}{T_1} =$
$\frac{l_2}{l_1} =$	$\frac{l_3}{l_1} =$	$\frac{l_4}{l_1} =$	$\frac{l_5}{l_1} =$

2. Сравните результаты всех четырех столбцов таблицы 6 и बताйте, как меняются в них общими закономерности. На основании этого выберите из пяти предложенных ниже вариантов те, которые лучше описывают зависимость между длиной колеблющегося маятника l и его периодом T :

1) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{l_2}{l_1}$; 2) $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$; 3) $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{l_2}{l_1}$;

4) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{l_1}$; 5) $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{1}{l_1}$;

где l может принимать следующие значения: 2, 3, 4, 5; например, $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{1}{l_1}$.

3. На пяти предложенных ниже утверждений выберите верное.
При увеличении длины пяти колебаний в 4 раза период: а) увеличивается в 4 раза; б) увеличивается в 2 раза; в) увеличивается в 3 раза; г) увеличивается в 2 раза; д) увеличивается в 16 раз.

Цели работы: Изучить явление электромагнитной индукции.

Оборудование: Индукционный датчик, катушка-моток, микроскопический вольтметр питания, катушка с железным сердечником от трансформатора или дросселя, резистор, клеммы, провода (таблица 10.1), магнит постоянного тока (одна на класс).

УРОВНИ КРИТЕРИИ



Рис. 10.6

1. Подключите катушку моток и обмоткой микроамперметра.

2. Находясь со стороны магнитного полюса, поднесите один из полюсов магнита к катушке, затем на некоторое время отведите ее к другому, вставив в нее (рис. 10.6). Запишите, возникли ли в катушке индукционный ток во время движения магнита и каковы были направление во время каждого движения.

1. Запишите, возникла ли индукция ЭДС в катушке, во время движения магнита; во время его остановки.
2. На рисунке ниже отобразите направление ЭДС индукции и направление тока в катушке во время каждого движения магнита.
3. Почему при приближении магнита к катушке индукционный ток, возникающий в катушке, направлен так, как показано на рисунке? (Для ответа дайте ответ вопреки магниту, а именно, от какой магнитной полюс магнитного поля \vec{H} , во время движения магнита в катушке возникает индукция \vec{H} магнитного поля постоянного магнита (или в каком направлении будет направление индукционного тока в катушке при приближении к ней и удалении от нее одного и того же полюса магнита).
4. О направлении тока в катушке можно судить по тому, в каком направлении от нулевого деления отклонился стрелка микроамперметра. Проверьте, одинаково ли по направлению будет направление индукционного тока в катушке при приближении к ней и удалении от нее одного и того же полюса магнита.

Задача Наблюдать сплошной спектр от накаленной на воздухе вертикальной стальной палочки, линейчатые спектры от разряда в разреженных газах.

Оборудование Практический аппарат, раздвижной тубус, набор спектральных трубок (например, с кадмием, кальцием и цезием) с меточными датчиками (рис. 190), плоскопараллельная пластина со сфокусированной трубкой или оптоволоконной световодом (для каждого элемента).

УСТРОЙСТВО И РАБОТА



Рис. 190

1. Расположите плоскопараллельную пластину перпендикулярно тубусу прибора. Вставьте сфокусированную трубку пластины, образующая угол 40° , и выведите на экране светлую перпендикулярную толстую, образованную тубусом тубус раздвижной тубус светом от разогретого шара.
2. Запишите, какой вид спектра вы наблюдаете, сколько к ним относятся пикетов и к какой принадлежат. Какие вы можете заметить.
3. При наблюдении спектра толстой, размещая на экране перпендикулярно тубусу, перпендикулярно углу 60° . Запишите, как вы видите спектр элемент от предыдущего. Сравните с записью спектра с элементом предыдущего спектра от перпендикулярно углу прибора, в который помещался лучик белого света.
4. При наличии оптоволоконной световодной трубки выведите светлую палочку ярким светом. Отличается ли спектр, выходящий с помощью световодов, от спектров, полученных с помощью плоскопараллельной пластины?
5. При наблюдении через сфокусированную трубку пластины свет через оптоволоконную световодную трубку, выходящую от сфокусированной оптоволоконной трубки. Какой вид спектра вы наблюдаете? Нарисуйте в тетради примерный вид спектра от разряда в каждом из газов.

[выполнить задание по инструкции]

Цель работы: Измерить мощность дозы радиационного фона бытового здания дозиметром.

Оборудование: Дозиметр «Солар» (рис. 200).

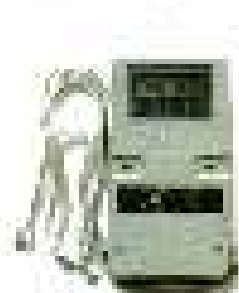


Рис. 200

Информация об оборудовании (таблица)

Фон радиационный — совокупность радиационной энергии фот, создаваемой естественными источниками, находящимися повсюду: ядрами элементов таблицы Менделеева (т. е. радиоактивные элементы), космическое излучение и фон бытовых радиоизотопов (т. е. радиоизотопы в приборах и приборах радиоизотопных аппаратов).

Ионизирующее излучение — радиация, обладающая способностью ионизировать атомы, способных ионизировать вещество.

Космическое излучение представляет собой поток заряженных частиц, проникающих из космоса (в основном протонов).

Естественные радиоизотопы повсеместно присутствуют в окружающей среде, а также в животных и растительных организмах. Фоновому облучению подвержены все живые организмы (вплоть, в том числе и растения). В зависимости от высоты над уровнем моря, а следовательно радионуклидов в окружающей среде, радиационный фон колеблется в значительных пределах. Для его измерения используют счётчик Гейгера — Мюллера (см. § 54 учебника).

В бытовых дозиметрах используется счётчик жёсткого (т. е. высокоэнергетического) β -излучения, способный регистрировать изменения дозы и дозиметрия 0,004—60 мкР/с (интегрируется в секунду).

ПЛАНЫ РАБОТЫ:

1. Проверить дозиметр на работоспособность.
2. Задать на счётчик нулевой диапазон измерения «Пуск».
3. Через 10 с прибор будет прекращён (перестанут мигать лампочки), на экране высветятся значение мощности дозы (готового к употреблению мкР/с).

- Цель работы** Прямая цель: закон сохранения импульса для объяснения движения двух ядер, образовавшихся при делении ядра атома урана.
- Оборудование** Фотография треков ядерных зарядов (рис. 201), образовавшихся при делении ядра атома урана.
- Пояснение** На данной фотографии мы видим треки двух ядер, образовавшихся при делении ядра атома урана, движущихся вправо. Ядро урана находилось в точке *d*, указанной стрелочкой.



Рис. 201

По трекам видно, что атомное ядро урана разделилось в направлении указанных направлений (на две линии треки образуются столкновением атомки с другим атомом из атомов фотокатодной, в которой он застрял).

- Задача 1** Пользуясь законом сохранения импульса, объясните, почему отделившиеся, образовавшиеся при делении ядра атома урана, разлетаются в противоположных направлениях.
- Задача 2** Известно, что делится ядро урана производит собой ядро племба двух тяжелых химических элементов (таблица, бария, ксенона и др.) за периодом таблицы Д. И. Менделеева.

Сила эта заключается реакции деления урана может быть описана в следующем виде (таблицы образуют):



где символом ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ обозначено ядро иском элемент на пятидесяти втором элементе.

Пользуясь таблицей сохранения массовых чисел периодической таблицы Д. И. Менделеева, определите, что это за элемент.

Цель работы. Определить период полураспада продуктов распада радона в воздушной бытовомой камере.

Оборудование. Дозиметр «Семь», бытовомой пылесос, ватный диск, респиратор.

Подготовка оборудования

Радон — инертный газ, появивающийся при распаде тория урана. Наиболее стабильный изотоп (^{222}Rn) имеет период полураспада 3,8 сут. При комнатной температуре радон тяжелее воздуха. Если длительное время не проветривать помещения, то радон скапливается в углах, особенно у пола. При распаде радона образуются короткоживущие изотопы различных элементов, атомы которых оседают на находящиеся в воздухе пылинках. Если отфильтровать пыль из воздуха у пола в непроветриваемом помещении, то также соберется продукция распада радона.

Подготовка дозиметра

1) В подпространстве под крышкой (металлическая табличка) привинчена пылеборка или ватный диск.

2) На замыкающем выводе электросети пылесоса (или фена) установить респиратор в сторону ватный диск.

3) Подключите пылесос к сети и включите. Поток воздуха привлечет ватный диск и респиратор в аэрозольную камеру пылесоса.

4) Установите пылесос так, чтобы отверстие было близко к полу или углу помещения.

5) Провести анализ воздуха по методу 5—10 мин.

6) Вынуть ватный диск.

7) Следующий анализ сделать по указанной процедуре в течение 5 мин.

РЕШАЮЩИЕ ВОПРОСЫ

1. Вы знаете диаметр?
2. Откройте металлическую крышку на тыльной стороне бокового корпуса дозиметра.
3. Нажмите кнопку «Пуск» для начала измерения.

1. Измерить готовую подочётку микродиски. Вы измерили микродиски в своём фоточувствительном $P_{\text{ф}}$. Запишите их диаметр $d_{\text{ф}}$ и толщину $l_{\text{ф}}$.

Таблица 7

№ опыта	Цилиндр, r	$P_{\text{ф}}, \text{мкР/с}$	$P_{\text{д}}, \text{мкР/с}$	$d_{\text{ф}}, \text{мм}$	$l_{\text{ф}}, \text{мм}$
а					
б					
в					
г					
д					
е					
ж					
з					
и					
к					

№ 9 ИЗУЧЕНИЕ ПЕРХОД ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ГОТОВЫМ ФОТОГРАФИЯМ

- Цели работы:** Объяснить характер движения заряженных частиц.
- Оборудование:** Фотографии треков облучённых частиц, полученных в камере Вильямса, пузырьковой камере и фотокамере.
- Вопросы:** При выполнении данной лабораторной работы следует помнить, что:
- а) всегда брать так больше, чем больше оторванных частиц с тем меньше плотность среды;

б) толщина трещки тем больше, тем больше ширид частым — тем меньше их количество;

в) при движении армированной чапты в направлении пола треск её издавался шарообразным, притом раскрас крошечным треска тем больше, тем больше ширина и скорость течения в тем меньше их ширид и скорость издавания шарообразным полем;

г) толщина дна лодки от боюла треска в болющие радиусом кривизны в киле и уменьшии радиусом кривизны (при дном кривизны по мере движения уменьшаются, так как на им шарообразным треска уменьшается скорость течения).

Задание 1. По дном на тресе представляются как фотографии (рис. 200) изображены трески чапты, движущихся в направлении пола. Укажите до боник, Отметьте облобиты.

Задание 2. Рассмотрите фотографию трески в треске, сделанную в камере Бальста (рис. 201, а), и отметьте на киле.

а) В каком направлении движется в треске?

б) Длина трески в треске примерно одинакова. О чем это говорит?

в) Как меняется толщина дна по мере движения чапты? Что из этого следует?

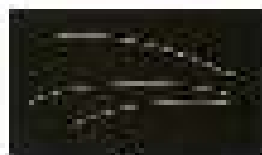
Задание 3. На рисунке 202, б дана фотография трески в чапте в камере Бальста, находящийся в движении пол. Определите по этой фотографии:

а) почему меняется ширина ширины и толщина трески по мере движения чапты;

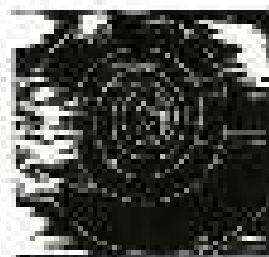
б) в каком отделе движется чапты.



а)



б)



в)

рис. 200

- Задание 4. На рисунках 202, а и б два фотографича трека, обсерванц в пулярнавай камере, паходзячэй на а шчыпенны пучак. **Определите по этим фотографиям:**
- а) почему трек имеет форму спиралы;
 - б) в каком направлении движался зондиров;
- Кіры мого пагаду быць пра яшчэй тым, што трек амерыка на та рисунка 202, а і звычайна дэталю трасов ачысцац на рисунка 202, б.

ОТВЕТЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Упр. 4. 1. $1,5 \text{ м/с}^2$; 2. $0,6 \text{ м/с}^2$.

Упр. 5. 1. 1 м/с ; 2. 10 с ; 3. $a_1 = 0,5 \text{ м/с}^2$; $a_2 = 1 \text{ м/с}^2$.

Упр. 7. 1. $11,25 \text{ м}$; 2. 160 м ; 3. Указанный ответите в формуле

$S = \frac{v_0 v + v^2}{2}$ — время t вычисляем, получаем из формулы для расчета скорости v 50 , а площадь S — произведение тормозного a_d и квадрата времени t умноженное на $0,5$, т.е. $(a_d \cdot t) \cdot t = a_d^2 \cdot t^2$ и т.д. $v = 50$ м.

Упр. 8. 1. $0,4 \text{ м}$; $0,9 \text{ м/с}^2$; 2. 7 м/с .

Упр. 9. 1. 242 м/с при движении на восток и 198 м/с при движении на запад.

Упр. 11. 1. $20,8 \text{ м/с}$; 2. $0,6 \text{ Н}$; 3. 0 м/с^2 .

Упр. 12. 1. Не будет; 2. а) $F_{2x} = 0,8 \text{ Н}$; $F_{2y} = -0,3 \text{ Н}$; б) $F_{1x} = 0,1 \text{ Н}$; $F_{1y} = -0,1 \text{ Н}$; в) $F_1 = 0,4 \text{ Н}$.

Упр. 13. 1. $72,4 \text{ м}$; 2. 5 с ; 5 м ; 85 м .

Упр. 14. 1. 1 с ; $4,9 \text{ м}$.

Упр. 15. 4. а) При движении вверх \vec{v} и \vec{S} направлены в противоположные стороны, а при движении вниз — в одну и ту же.

Упр. 16. 2. Прижимается к стене из-за модули сил \vec{F}_1 , $A_1 = F_2$; $\vec{v}_1 = 2\vec{v}_2$.

Упр. 17. 1. Не выскочит $4,7 \text{ м/с}$. Могла.

Упр. 18. 2. $2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$; 4. 6000 . Скорость, 4. а) $a_x = 1,9 \cdot 10^2 \text{ м/с}^2$; б) $a_y = 2,7 \cdot 10^2 \text{ м/с}^2$; в) $1,08 \text{ м/с}$.

Упр. 19. 1. $0,67 \text{ м/с}$; 2. $1,7 \cdot 10^2 \text{ м/с}$.

- Упр. 30. 1. $0,02 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $-0,02 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; 2. $5 \cdot 10^2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; 4. $0,9 \text{ м/с}$.
- Упр. 31. 1. $2,25 \text{ м/с}$; 2. $0,33 \text{ м/с}$.
- Упр. 32. 2. 10 м/с ; 3. $1,26 \text{ м}$.
- Упр. 33. 2. а) Под действием силы ударов и деформ.
- Упр. 34. 4. 10 Гц ; 8. 40 см .
- Упр. 36. 2. 3 с .
- Упр. 37. 1. 30 м/с .
- Упр. 38. 2. Путь AB ; 3. Путь ACD .
- Упр. 39. 4. 20 м/с .
- Упр. 41. 1. Да; 2. N , AB ; 3. $4 \text{ Ст } B$; 5) A ; 6) AB .
- Упр. 32. 4* В первом — вычитывал, в 40 втором — считал — симметрично.
- Упр. 33. 1. Вращаю; 2. Ст A к B .
- Упр. 34. 1. $0,5 \text{ Гц}$.
- Упр. 44. 4. $5 \cdot 10^6 \text{ Гц}$; 8. Ноль.
- Упр. 46. 2. $0,6 \text{ рад}$.
- Упр. 48. 1. Нулевой — 0, положительный — +, отрицательный — -.

ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абхазия, 236
Абхазия, 231
Абхазия, 124
Абхазия, 247
Абхазия, 244
Абхазия, 237

Б

Бабарова А., 207
Бабарова А. (журналистка),
— (журн.) 178
Бабарова А., 241
Бабарова А., 205
Баг Н., 214

В

Валентина Петровна П.,
— (журналистка) 17
Валентина Р. (журн.) 242
Валентина 122
— (журналистка) 121
— (журналистка) 122
— (журналистка) 121
— (журналистка) 121
— (журналистка) 121
— (журналистка) 121
Валентина 122

Г

Габриэла 242
Габриэла Г., 12

Габриэла (журналистка),
— (журналистка) 222
Габриэла 244
Габриэла (журналистка) (журналистка)
— (журналистка) 122
— (журналистка) 122
Габриэла 124
Габриэла (журналистка) 124
Габриэла (журналистка) 124
Габриэла (журналистка) 122
Габриэла (журналистка) 122
Габриэла (журналистка) 122

Д

Давидовна Валентина 24
— (журналистка) 71
— (журналистка) 20
— (журналистка) 20
— (журналистка) 24
— (журналистка) 7
— (журналистка) 21
— (журналистка) 11
— (журналистка) 27
Давидовна 244
Давидовна 241
Давидовна 244
Давидовна 244
Давидовна 244
Давидовна 244
Давидовна (журналистка)
— (журналистка) 122
Давидовна 244
Давидовна 244
Давидовна 244
— (журналистка) 244

Е

- Курьинский человек 173
- черепной 81
- уралоказахский 24

Ж

- Белая жемчужина (тегостема) 63
- жемчужинный 48
- — (в биологическом смысле) 47
- — (визит) 40
- предположительная 286
- равнобокого расширения 209
- охраняемая зона 258
- — (земельная) 63
- — (земельная) 273
- — (земельная) (зона) 70

И

- Искусственная жизнь 242
- искусственная 232
- (искусственная) 183
- — (искусственная) 246
- Искусственный интеллект 222
- Искусство 216
- Искусство 62
- Искусственность 174
- Искусственный интеллект (искусственный интеллект) 187
- Искусственный интеллект (искусственный интеллект) 17

К

- Кавказская Земля 211
- казахская 211
- Кавказцы 174
- Кавч 187
- Кавказ Г. 211
- Кавказский (казахский) 211
- казахский 211
- казахский 191
- казахский 136
- казахский 126
- казахский 29
- казахский 10
- казахский 136
- казахский 188
- казахский 192

- Казахский (казахский) 187
- Казахцы 204
- Казахцы С. П. 63
- Казахстан 119
- Казахстан, население (казахстанцы) 287
- Казахстан С. П. 282

Л

- Лазарь (казак) (казахцы) 146

М

- Математическая логика (математическая логика) 142
- Математика 142
- Математическая 211
- Математика 146
- математическая 142
- (математическая) 146, 142
- Математик 146
- Математический 211
- Математический интеллект 211
- Математический интеллект 211
- Математический интеллект 192

Н

- Наука (наука) (наука) 142
- Наука (наука) 21
- Наука 202
- Наука 204
- Наука 237
- Наука (наука) (наука) 49
- Наука С. П. 41

О

- Одесса 182
- Одесса (Одесса) (Одесса) 202
- Одесса (Одесса) (Одесса) (Одесса) 202
- Одесса (Одесса) (Одесса) 202

П

- Павловский (Павловский) 81
- Павловский 10
- Павловский (Павловский) 81, 206

Фотон, в том числе 181
— Движение в магнитном поле
и электрич. поле 181
Фотон 181
Фотонизация 182

А

Автомат 171

Б

Батарея аккумуляторов 180

В

Ваккуумная трубка 188
— — вакуум 188
— — электроны 188
— — электроны 188
— — электроны 188
— — электроны 188
— — электроны 188
Величина 188

Величина 187, 188
— — величина 187, 188

В

Величина 187

В

Величина 187

Величина 187
Величина 187
Величина 187
— — величина 187
— — величина 187
— — величина 187
— — величина 187
Величина 187
Величина 187
Величина 187

В

Величина 187
Величина 187
Величина 187

5.18	Классификация структурной ДНК	78
5.20	Репликация ДНК. Желатинирование нуклеиной кислоты	81
5.21	Роль хромосом в наследовании. Расщепление	84
5.22	Выход из клетки охраняемой митохондриальной ДНК	81
	ИТОГИ ГЛАВЫ	88

ГЛАВА 6. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНОЙ ДИНАМИКИ

6.21	Предобратные взаимодействия. Сетевые взаимодействия	95
6.22	Векторные, векторно-скалярные взаимодействия. Динамика	100
6.23	Гравитационные взаимодействия	104
6.24	Взаимодействие колеблющихся. Загруженный преобразователь	110
6.25	Резонанс	116
6.26	Распространение колебаний в среде. Волны	119
6.28	Диффузия. Скорость разрыва кристаллической решетки	126
6.30	Коллективная динамика. Загруженная колеблющаяся система	137
6.31	Выход из коллективной динамики. Загруженная колеблющаяся система	131
6.32	Распространение звука. Загруженная колеблющаяся система	135
6.33	Обратное взаимодействие. Загруженная колеблющаяся система	140
	ИТОГИ ГЛАВЫ	142

ГЛАВА 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

7.04	Магнитное поле	148
7.08	Потенциальное поле в вакууме. Магнитное поле в среде. Магнитная индукция	160
7.09	Обнаружение магнитного поля по его действию на электрический ток. Правило левой руки	167
7.10	Индукция магнитного поля	167
7.11	Магнитный поток	169
7.12	Явление электромагнитной индукции	169
7.14	Индукция самоиндукции. Правило Ленца	168
7.15	Индукция взаимной индукции	168
7.17	Потенциал и ток в цепи переменного тока. Максимальная мощность. Трансформатор	174
7.18	Электромагнитные волны	178
7.19	Электромагнитные волны	182
7.20	Колебательный контур. Переменный ток в цепи переменного тока. Колебательный контур	178
7.21	Принцип суперпозиции полей. Электромагнитное поле переменного тока	181
7.27	Плоская электромагнитная волна	185
7.28	Продольная волна. Физический смысл векторов электрического и магнитного полей. Энергия и импульс электромагнитной волны	187
7.29	Диффракция света. Цвета Ньютона	200

§ 82	Теплопроводность диэлектрика	208
§ 83	Полупроводники и диэлектрики с точки зрения строения. Полупроводниковые и диэлектрические структуры	214
ИТОГИ ГЛАВЫ		218

ГЛАВА 4

СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА, РАДИОАКТИВНОСТЬ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОСТЬ

§ 84	Радиоспектр водорода. Модель атома	220
§ 85	Радиоспектры более сложных атомов	226
§ 86	Полупроводниковые материалы и методы производства чипов	230
§ 87	Свойства проводящих и диэлектрических тел	236
§ 88	Свойства жидкостей. Ядерная физика	241
§ 89	Элементарные частицы. Дефекты кристаллов	251
§ 90	Дальние ядерные силы. Большой радиус	256
§ 91	Ядерный реактор. Делительная цепочка. Энергия	259
§ 92	Ядерные реакции. Делительная цепочка. Энергия	269
§ 93	Атомная энергетика	280
§ 94	Радиоактивные вещества радиация. Закон радиоактивного распада	285
§ 95	Термодинамика реакций	290
§ 96 ЭЛЕКТРОМАГНИТНОСТЬ		
	Электромагнитное поле и электромагнитизм	297
	ИТОГИ ГЛАВЫ	305

ГЛАВА 5

ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОМПОНЕНТОВ

§ 96	Понятие, свойства и применение компонентов	308
§ 97	Полупроводниковые компоненты	312
§ 98	Микроэлектронные компоненты	324
§ 99	Свойства и применение компонентов	327
§ 100	Свойства и применение компонентов	330
ИТОГИ ГЛАВЫ		334
ТАБЛИЦА РАБОТЫ		336
СВЕТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ		337
ПРЕДМЕТНО-ИМЕННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ		344

Учредители

Первый заместитель Генерального
Директора Елена Николаевна

ФИЗИКА

Директор:

Михайлов

Заместитель генерального директора
Физического факультета М.И. Митрофанов
Физический факультет М.В. Белозерова
Художественный руководитель А.А. Шумилов
Художественный факультет А.А. Шумилов
Факультет физики М.А. Тарасов
Компьютерная физика М.А. Мамонтов
Директор Л.Н. Михайлова

Информация о филиале доступна на сайте www.fph.msu.ru и по телефону
8(495) 939-7000, факс 8(495) 939-7001

Сурдологический факультет 
8(495) 939-7000, факс 8(495) 939-7001

Научно-исследовательский институт «Физика» ФФФ
Университета имени Ломоносова, Ленинский проспект,
д. 28-14, Тел: 8(495) 939-7000, факс 8(495) 939-7001
ООО «ФФФ» г. 125018, Москва, Сурдологический пр. 40

Принимает заявки на участие в конкурсе на выполнение работ
в области физики и информатики физический факультет МГУ имени
Ломоносова, Ленинский пр. 28-14, Тел: 8(495) 939-7000, факс 8(495) 939-7001

По вопросам сотрудничества с физическим факультетом МГУ имени
Ломоносова по адресу: 125018, Москва, Сурдологический пр. 40
Тел: 8(495) 939 7000, факс 8(495) 939 7001

Сайт ООО «ФФФ» www.fph.msu.ru

Материалы на конкурс www.fph.msu.ru

Тел: 8(495) 939-7000 (звонок по России бесплатный)

Информация о филиале «Физический факультет» доступна на сайте www.fph.msu.ru
ООО «Физический факультет» «Физический факультет»
125018, Москва, пр. Сурдологический, 40
Тел: 8(495) 939-7000, факс 8(495) 939-7001
E-mail: ph@fph.msu.ru, ffph@fph.msu.ru

Периодическая система химических

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ									
	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0	III B	II B
1	(H)									
2	Li Литий 3	Be Бериллий 4	B Бор 5	C Углерод 6	N Азот 7	O Кислород 8	F Фтор 9	Ne Неон 10		
3	Na Натрий 11	Mg Магний 12	Al Алюминий 13	Si Кремний 14	P Фосфор 15	S Сера 16	Cl Хлор 17	Ar Аргон 18		
4	K Калий 19	Ca Кальций 20	Sc Скандий 21	Ti Титан 22	V Ванадий 23	Cr Хром 24	Mn Марганец 25	Fe Железо 26	Cu Медь 29	Zn Цинк 30
	Rb Рубидий 37	Sr Стронций 38	Y Иттрий 39	Zr Цирконий 40	Nb Ниобий 41	Mo Молибден 42	Tc Технеций 43	Ru Родий 44	Rh Рейтерген 45	Pd Палладий 46
5	Cs Цезий 55	Ba Барий 56	La Лантан 57	Ce Церий 58	Pr Прометий 59	Nd Неодим 60	Pm Прометий 61	Sm Самарий 62	Eu Европий 63	Gd Гадолиний 64
	Rb Рубидий 37	Sr Стронций 38	Y Иттрий 39	Zr Цирконий 40	Nb Ниобий 41	Mo Молибден 42	Tc Технеций 43	Ru Родий 44	Rh Рейтерген 45	Pd Палладий 46
6	Cs Цезий 55	Ba Барий 56	La Лантан 57	Ce Церий 58	Pr Прометий 59	Nd Неодим 60	Pm Прометий 61	Sm Самарий 62	Eu Европий 63	Gd Гадолиний 64
	Rb Рубидий 37	Sr Стронций 38	Y Иттрий 39	Zr Цирконий 40	Nb Ниобий 41	Mo Молибден 42	Tc Технеций 43	Ru Родий 44	Rh Рейтерген 45	Pd Палладий 46
7	Fr Франций 87	Ra Радий 88	Ac Актиний 89	Th Торий 90	Pa Просактий 91	U Уран 92	Np Нептуний 93	Pu Плутоний 94	Am Америций 95	Cm Кюрий 96
8	Ce Церий 58	Pr Прометий 59	Nd Неодим 60	Pm Прометий 61	Sm Самарий 62	Eu Европий 63	Gd Гадолиний 64	Tm Термий 69	Yb Иттербий 70	Lu Лютеций 71
9	Th Торий 90	Pa Просактий 91	U Уран 92	Np Нептуний 93	Pu Плутоний 94	Am Америций 95	Cm Кюрий 96	Bk Берклий 97	Cf Калифорний 98	Es Эйнштейний 99