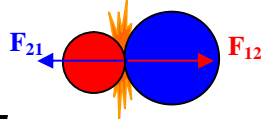
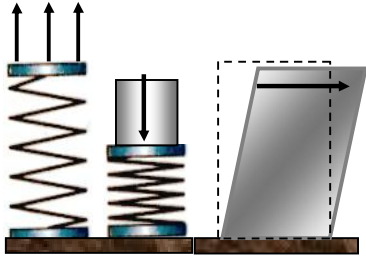
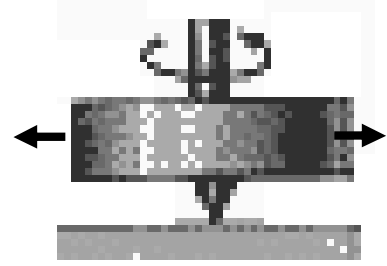
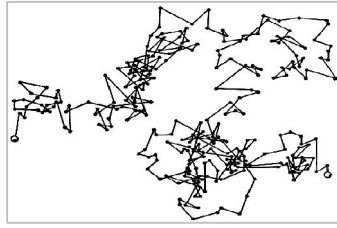
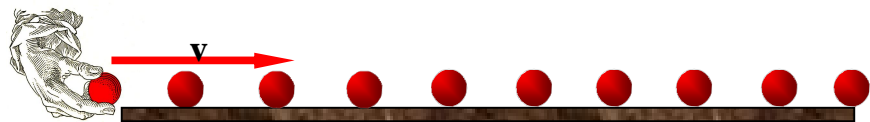
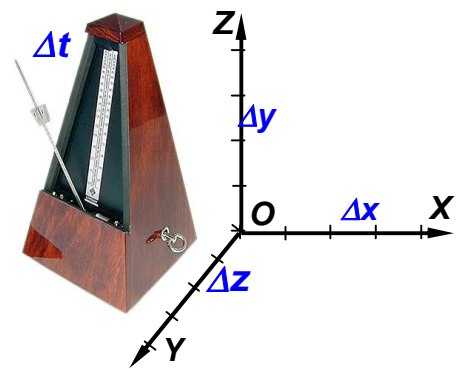
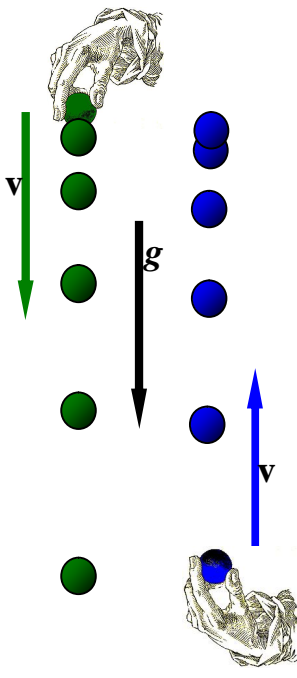
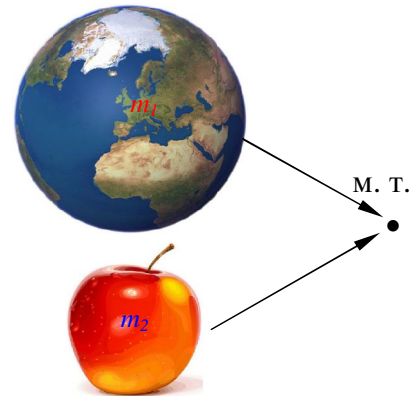
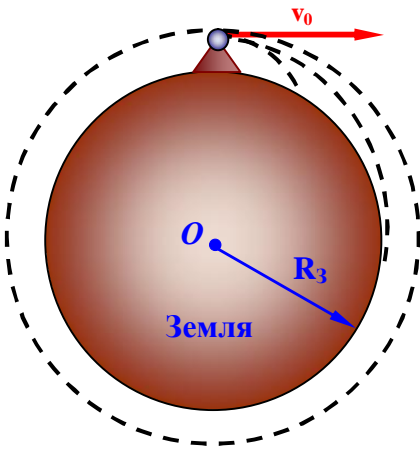
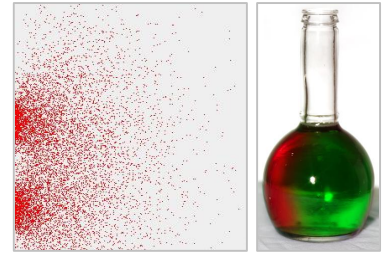


Лобынцев Ю. И. и Лобынцева Е. Ю.



Физика

7 класс



Наиболее часто применяемые единицы **длины**, **площади**, **объёма** в СИ

Линейные единицы $\sim l$
 Основная единица длины l – метр (1 м)

1 км = 1000 м = 10^3 м
 1 дм = 0,1 м = 10^{-1} м
 1 см = 0,01 м = 10^{-2} м
 1 мм = 0,001 м = 10^{-3} м

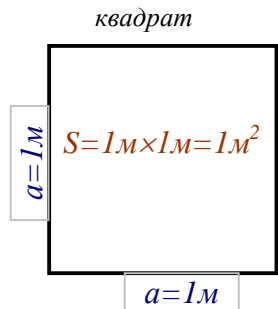
$l = a = a^1$
 одно измерение

$a = 1\text{ м}$
отрезок прямой

Поверхностные единицы $\sim l^2$
 Основная единица площади S – квадратный метр (1 м²)

1 км² = 1 000 000 м² = 10^6 м²
 1 дм² = 0,01 м² = 10^{-2} м²
 1 см² = 0,0001 м² = 10^{-4} м²
 1 мм² = 0,000 001 м² = 10^{-6} м²

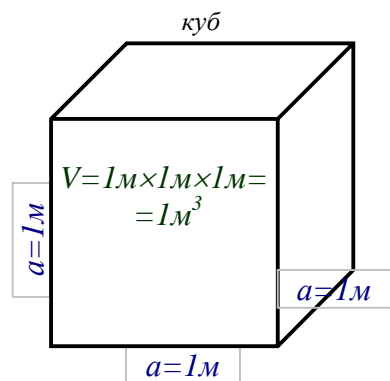
$S = aa = a^2$
 два измерения



Объёмные единицы $\sim l^3$
 Основная единица объёма V – кубический метр (1 м³)

1 км³ = 1 000 000 000 м³ = 10^9 м³
 1 дм³ = 0,001 м³ = 10^{-3} м³
 1 см³ = 0,000 001 м³ = 10^{-6} м³
 1 мм³ = 0,000 000 001 м³ = 10^{-9} м³
 1 л = 1 дм³ = 0,001 м³;
 1 мл = 0,001 л = 1 см³.

$V = aaa = a^3$
 три измерения



Пространство, в котором мы живём, имеет три измерения.



Введение
Первоначальные сведения о строении вещества
Движение и силы
Гидро- и аэростатика
Работа. Мощность. Энергия.
Приложения

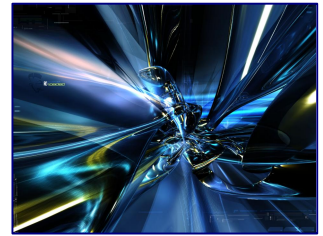
Данное учебное пособие можно рассматривать как дополнение к основному учебнику. Оно сохраняет последовательность изложения курса физики известных учебников А. В. Пёрышкина, близкую к хронологии развития физики и поэтому вполне логичную. За непосредственный прототип принято издание 1981 г учебника для 6-7 классов, написанного А. В. Пёрышкиным и Н. А. Родиной. Используются также многочисленные учебники других российских и зарубежных авторов.

Авторы данного пособия стремились не ограничивать любознательность ученика, а неизбежное при этом увеличение объёма пособия пытались компенсировать более эмоциональной формой изложения, увеличением количества иллюстраций. Авторы считают уместным с самого начала знакомить учащихся с математическим языком. Это воспитывает чёткость мышления и лаконичность изложения, необходимые не только в естествознании, но и в быту. Авторы считают также, что в системе общего образования (прежде всего в естествознании) основополагающей должна быть идея симметрии, инвариантности. Через осознание этого свойства природы лежит путь к наиболее глубокому пониманию единства и многообразия окружающего мира: выделение главного, общего, инвариантного является основой познания и любой сознательной деятельности человека.

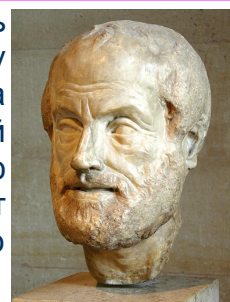
Традиционное преподавание физики ориентировано на вопросы техники. Сегодня человек существенно влияет на всю окружающую среду, преобразует живые организмы, вынужден решать сложные социальные вопросы. Эта деятельность приобретает такие масштабы, что от неё уже зависит существование всего живого на Земле, но не всегда существует понимание того, что она ограничена фундаментальными законами природы, той объективной «моралью», пренебрежение которой недопустимо. Достаточно глубокое понимание этих законов, их «приспособление» к новым областям применения возможно только на основе естествознания. Поэтому актуальность физики как основы естествознания, будет возрастать, пока существует сама природа и человек, являющейся её частью и с ней взаимодействующий. Это необходимо понимать и учитывать при преподавании физики как основы мировоззрения, критерием правильности которого является опыт.

*О, сколько нам открытий чудных
Готовят просвещенья дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретений.*

А. С. Пушкин 1829.



Слово «physis» («природа») ввёл Аристотель (384 – 322 гг. до н. э.). При этом он имел в виду не естественную среду, окружающую человека, а скрытую от его непосредственных ощущений *сущность* вещей и событий, познав которую можно объяснить не только то, как протекают наблюдаемые явления, но и понять, почему это происходит именно так, а не иначе.





Красота науки и сложности её постижения...

Возможность познания и преобразования человеком природы – самое удивительное и важное для нас свойство реального мира, в котором мы живём.

Физика – наука о природе. Она открывает суть и основы этого мира, ведёт нас строгим и нелегким путем к истине. Любпытство и удивление толкают человека на этот путь. Не смущайтесь, если не все сразу будет понятно. Ведь слово «понимать» имеет все оттенки – от полной ясности, которая не всегда бывает и у самого автора, до смутного ощущения. Но и это ощущение постепенно приводит к более глубокому пониманию. Знайте, что вы способны достигнуть гораздо большего, чем вам кажется. Нужно только требовать от себя невозможного, чтобы достигнуть всего возможного – того, что вы можете на самом деле. Не бойтесь пропустить при первом чтении сложное рассуждение, читайте дальше. Если вам удастся преодолеть этот, часто мучительный путь научного познания, вы поймёте, что за сложностью и многообразием природы скрывается её единство, простое и ясное. Познавая его, люди смогли создать в современной цивилизации то, чего не смогли придумать ни в одной из сказок...

Мы живём в таинственной и удивительной Вселенной и, насколько нам известно, поблизости мы в ней единственные, кто может её познать. Мы не знаем, где кончается Вселенная, поэтому говорим, что она бесконечна.



Рис. 1. Это часть Вселенной – млечный путь – светлая неровная полоса на небе. Она связана со свечением огромного количества звезд. Так таинственно выглядит наша Галактика изнутри.

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Что изучает физика

Воздух, вода, леса, животные и люди, планеты, Солнце, Вселенная – *весь окружающий нас мир называется природой.*

Мы с вами живём на планете, которая называется Землёй. С момента своего появления на Земле человек сильно изменил её облик. Люди пахут землю, строят города, создают машины. Человек научился добывать и использовать полезные ископаемые – медь, железо, нефть, газ. Люди создали автомобили и самолёты, корабли и поезда. Человек летает в космосе, он побывал на Луне. У нас есть телевидение и интернет. Мы пользуемся мобильной связью в любой точки Земного шара. Человек победил многие болезни.

Во всех этих преобразованиях человеку помогают науки о природе, которые относятся к *естествознанию*. *Природоведение*, которое вы изучали, – это *введение в естествознание*. Современная физика *изучает основные, фундаментальные свойства природы* и является *основой естествознания*. Слово «физика» происходит от греческого слова «фюзис», что означает *природа*.

Многие, многие поколения пытались разгадать тайны природы. Используя достижения своих предшественников, они совершенствовали полученные ими знания.

Слово «физика» впервые появилось в сочинениях одного из величайших мыслителей древности - *Аристотеля*, жившего в IV в. до н. э. Принято считать, что *современная физика* берёт своё начало со времён великих учёных – *Галилея* (1564 – 1642) и *Ньютона* (1643 – 1727).

В русский язык слово «физика» ввел великий русский учёный *Михаилом Васильевич Ломоносов* (1711 – 1765).

В окружающем нас мире происходят разнообразные изменения или *явления*.

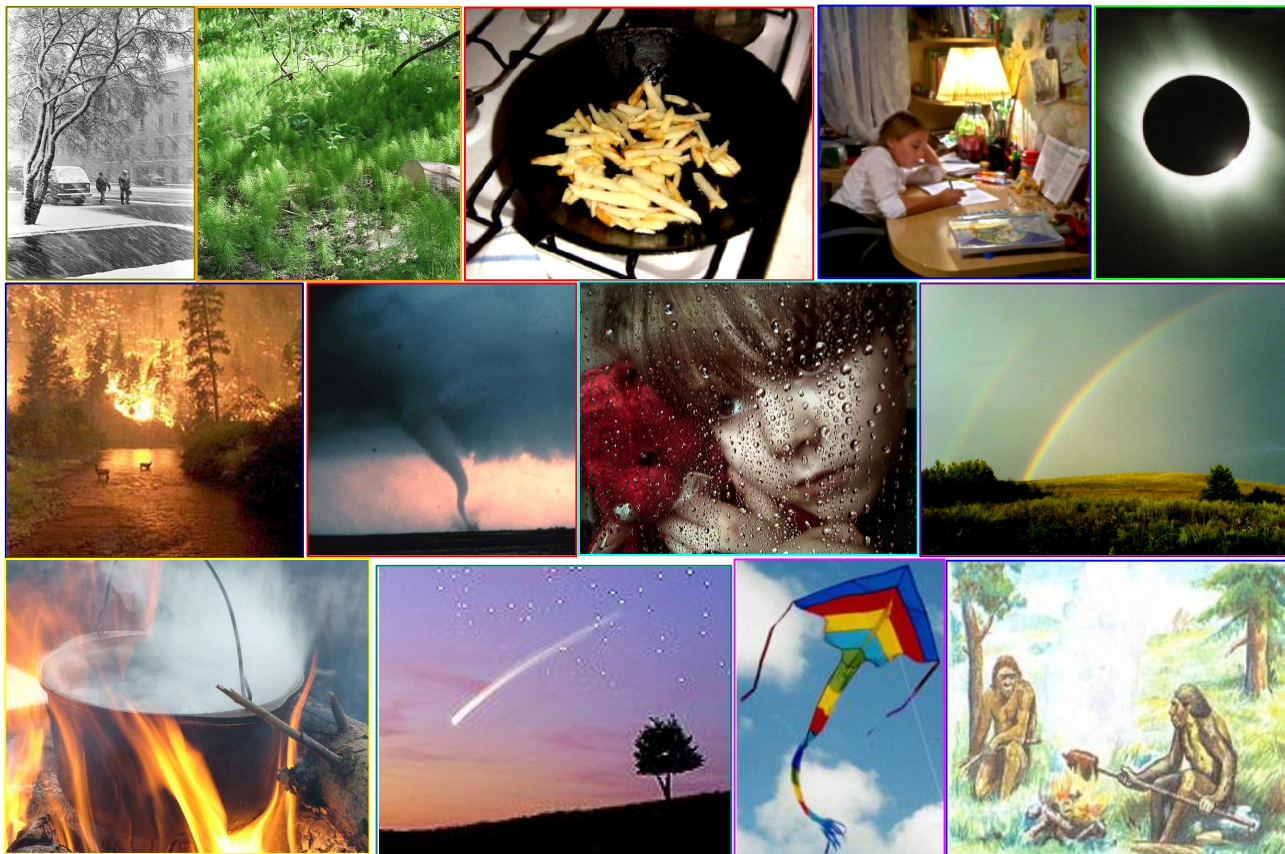
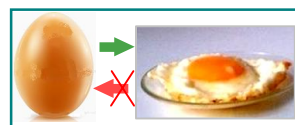


Рис. 2. Всё что нас окружает, называется материальным миром или, иначе, природой. В природе постоянно происходят какие-то изменения: идёт снег, зеленеет трава, жарится картошка, девочка готовит уроки, происходит затмение Солнца, смерч, горит лес, идёт дождь, появляется радуга, в котелке кипит вода, падает комета, летит воздушный змей – все эти изменения называются явлениями природы. Человек является частью природы, непрерывно взаимодействует с ней, всегда зависел и зависит от неё.

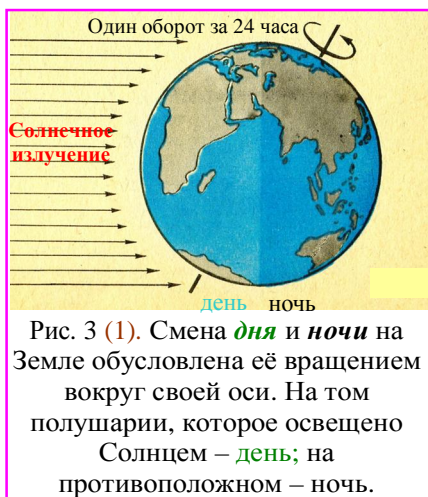
Физика - это наука о физических явлениях. К ним относятся, например, механические, тепловые, световые, звуковые, электрические и магнитные явления.

Окружающий мир бесконечно многообразен. В нём происходят сложные таинственные процессы. Начиная с рождения, человек общается с окружающим миром. Уже в первые годы жизни мы усваиваем вводный курс физики – наблюдаем происходящее вокруг, познаём окружающие нас предметы, привыкаем к взаимодействию с ними. Но многого понять не можем, часто *не осознавая* этого.

Мы узнаём, что есть *земля, небо, солнце, луна*; что всё *падает* на землю – земля *притягивает*. Но луна, солнце и звёзды почему-то не падают, а растения растут из земли вверх. Есть ночь и день. Днём светло. Но что такое *свет*? Огонь может обжечь. Но что такое огонь? Что такое свет, тепло? Почему стрелка компаса (если нет вблизи магнита) *всегда* показывает на север и юг? Всё происходит *где-то*? и *когда-то*? Что такое *пространство, время*? Почему из яйца можно сделать яичницу, а из яичницы яйцо – нет? Что такое радио и телевидение, мобильная телефонная связь? Ведь ещё недавно люди не могли себе даже представить что-либо подобное!



Все явления могут происходить лишь определённым образом, не противоречащим законам природы – ограничениям, обусловленным её свойствами, устройством. Всё, что противоречит законам природы, существовать не может.



Физика открывает и изучает эти ограничения на примерах конкретных явлений, стремясь выделить общее, сохраняющееся, основное. **В этом состоит цель физики как науки.**

Например, выяснив, что смена **дня** и **ночи** на Земле обусловлена её вращением вокруг своей оси (рис. 3), стало понятно к каким явлениям должно приводить вращение других планет.

Когда установили, что неравномерное нагревание воздуха и воды приводит к их движению, стало понятно, как возникают ветер в атмосфере и течения воды в океанах.

Наш мир познаваем. Это значит, что **из сложного и непонятного можно выделить простое и ясное.** На протяжении последних 300-400 лет **физикой установлены самые важные – фундаментальные законы природы.**

Изучением природы занимаются и другие естественные науки: биология, химия, география, астрономия. Все они используют законы физики.

Например, в биологии многие процессы в живых организмах невозможно понять, не зная законов физики. В астрономии законы физики используют при изучении строения и развития небесных тел.



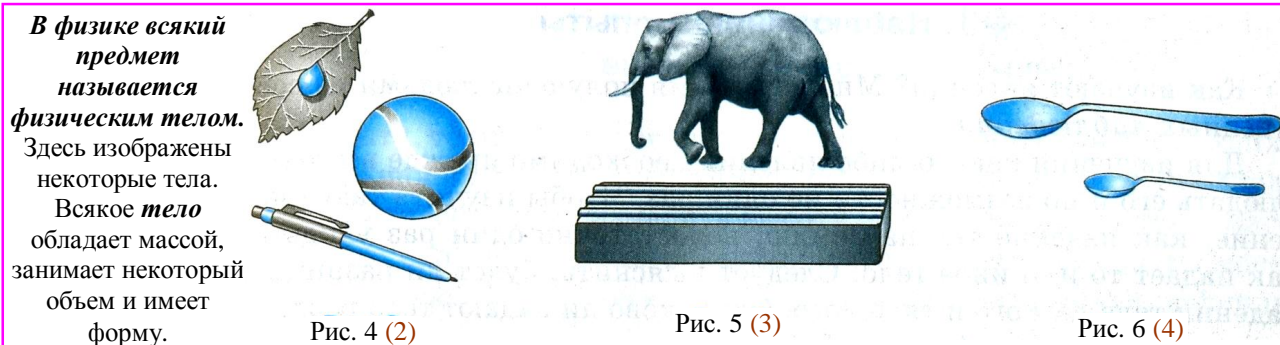
Вопросы

1. *Что такое природа?*
2. *Что изучает физика?*
3. *Что такое явление? Приведите примеры физических явлений.*
4. *Что такое законы природы? Почему их невозможно нарушить? Почему человек зависит от природы?*
5. *В чём состоит цель физики как науки?*
6. *Почему физику считают одной из основных наук о природе – основой естествознания?*

§ 2. Некоторые физические термины

В физике, кроме обычных слов, используют специальные слова, или **термины**, обозначающие физические понятия. Некоторые из таких слов постепенно вошли в нашу разговорную речь, например, такие, как «электричество», «энергия», «сила». А некоторые слова из разговорной речи используются в физике, но они иногда здесь имеют иное содержание. Так, например, в обыденной жизни словом «тело» называют тело человека или животного. В физике же **физическим телом**, или просто **телом** называют не только эти тела, но и дом, и Луну, и песчинку, т. е. **всякий предмет**.

Два и более тел образуют **систему тел**.



На рис. 4 – это ручка, листок, капля воды, теннисный мяч. На рис. 5 изображены тела разной формы, но одинакового объема – кусок пластилина и слон, вылепленный из такого же куска пластилина, а на рис. 6 – тела разного объема, но одинаковой формы – две ложки.

Иногда за *одно тело* принимают совокупность относительно близко расположенных тел.

Когда изучают движение самолёта, летящего в воздухе, *самолёт* и *воздух* рассматривают как *систему* взаимодействующих *тел*. При этом такие тела, как *воздух*, *воду* (в которой могут плавать *рыбы* или *подводная лодка*) называют *непрерывными средами*, а *самолёт*, *рыб*, *подводную лодку* – *обособленными* (или *дискретными*) телами. Обычно (но не всегда) мы будим иметь дело с твёрдыми телами, сохраняющими свою форму. Иногда за *одно тело* принимается совокупность относительно близко расположенных тел, рассматриваемых как одно целое. Термин «*физическое тело*» вводится в физике для удобства.



Рис. 7. Это *большая галактика Андромеды* – самый далекий объект во Вселенной (которому астрономы присвоили обозначение М31), различимый невооруженным глазом. Он состоит из колоссального количества звезд, вращающихся вокруг некоторого центрального тела, и находится от нас на расстоянии около 2 500 000 *световых лет*.

В таких единицах астрономы измеряют огромные расстояния во Вселенной, т. е. расстояние от Земли до М31 так велико, что *свет* проходит его за время около 2 500 000 лет. Наблюдая М31 в телескоп, мы видим то, что было с ним очень, очень давно – около 2 500 000 лет тому назад!

Если мы хотим разобраться в скоплении звезд (что чрезвычайно трудно из-за их колоссального количества), мы должны считать физическими *телами отдельные звезды*. А их совокупность – сложной *системой тел*. Но если мы за объектом М31 наблюдаем в телескоп с Земли и видим его в виде крохотного пятнышка наряду с другими галактиками, его можно *принять за одно тело* – *туманность Андромеды*.

То, из чего состоит физическое тело, называют *веществом*.

Железо, вода, соль, водород – это все вещества. *Вода* – вещество, *капля воды* – физическое тело, *серебро* – вещество, а *серебряная ложка* – физическое тело.

Вещество – это *один* из видов *материи*. Вещество (как и состоящие из него тела) обладает *массой*¹. Примерами *другого* вида материи являются *свет, радиоволны*. Нам известно, что радиоволны реально существуют, несмотря на то, что мы их не видим.

Словом «*материя*» в науке называют все, из чего состоит природа, что существует объективно, т. е. независимо от нашего сознания.

В этом параграфе вы познакомились с новыми для вас терминами: *физическое тело, вещество, материя*.



Рис.8. Эскадрилья самолётов – это тоже система тел.

Может ли тело состоять из нескольких веществ?

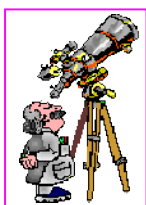
¹ Что такое *масса*, вы узнаете в §§ 22 и 23.



Вопросы

1. Что в физике понимают под термином «физическое тело»?
2. Что называют веществом?
3. Приведите примеры физических тел и веществ.
4. В чем сходство и различие тел, изображенных на рис. 4, 5, 6?
5. Что такое материя? Какие виды материи вы знаете?

§ 3. Процесс познания: наблюдения – обобщения – модели, гипотезы – опыт – теория, закон



«Главное в физике — это умение пренебрегать!»
«Верховным судьей всякой физической теории является опыт.
Без экспериментаторов теоретики скисают».

Л. Ландау.

«Нет ничего практичнее хорошей теории»

Л. Больцман

Каждый знает, что лёд в тёплом помещении тает, вода на морозе замерзает, магнит притягивает железные предметы и т. д. Откуда появились эти знания? Многие знания получены людьми из собственных **наблюдений**.

Так, например, каждый из нас наблюдал, что ничем не удерживаемые тела падают на Землю.

Учёные тоже добывают знания из наблюдений. Иногда это единственный способ получить знания.

Например, астроном может только **наблюдать** за звёздами.

Но, кроме наблюдений, они стремятся проделать специальные **опыты, эксперименты**¹. Научные опыты ставятся обдуманно, с определённой целью. На всех стадиях исследований проводится **анализ получаемых результатов**, выбирается главное, отбрасывается лишнее.

В Природе всё перемешано. Чтобы разобраться в наблюдениях, нужно **максимально упростить** то, в чём хотите разобраться. Для этого необходимо **выделить главные признаки** изучаемого, пренебрегая второстепенными. Полученную таким образом **упрощённую схему, сохраняющую главные признаки**, будем называть **моделью**.

Чем меньше совокупность учитываемых признаков, тем проще модель, тем легче понять суть изучаемого явления. Но чем глубже, подробнее вы хотите понять явление, тем больше признаков приходится учитывать, и тем сложнее получится модель.

Вы уже встречались в математике с задачами такого типа: **«Пешеход пошёл из пункта А в пункт В...»**. Чтобы решить подобную задачу, достаточно обозначить пешехода и пункты **точками**, т. е. пренебречь всем (в частности, размерами и формой), кроме **факта существования** этих объектов. Так получается **самая простая** (и поэтому очень важная, полезная!) **модель**. С помощью таких простейших моделей можно решать очень большое количество задач. Мы будем часто пользоваться подобными моделями.

Обычно, если мы хотим **изучить движение** какого-нибудь тела – Земли вокруг Солнца, или самолёта, летящего из Петербурга в Новосибирск, или мухи в комнате, можно обозначить его просто точкой и посмотреть, что из этого получится. Оказывается **с помощью таких простейших моделей можно понять очень многое, если тело мало по сравнению с расстояниями, которые рассматриваются в данной задаче**.

Но часто приходится рассматривать более сложные модели. Например, чтобы понять смену дня и ночи, Землю уже нельзя считать точкой. Необходимо учесть, что она имеет **форму шара и вращается вокруг своей оси** (см. рис. 3).

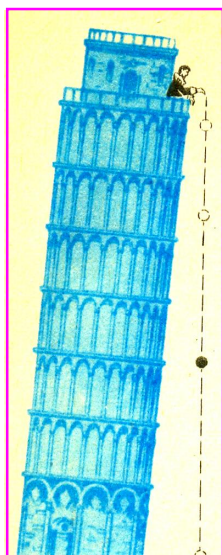


Рис. 9 (5).
Итальянский учёный Галилей, чтобы изучить, как происходит падение тел, ронял разные шары с наклонной башни в г. Пизе и измерял и сравнивал время их падения. Проведя эти опыты, он открыл законы падения тел.

² Понятия «опыт» и «эксперимент» близки. Но когда говорят «опыт», обычно подразумевают нечто более близкое к наблюдению, к проверке чего-то: «опыт использования этого показал, что...». Для выявления чего-то нового, непонятного проводят **эксперименты**. Среди физиков выделяют **экспериментаторов** и **теоретиков**.

Совокупность учтённых при создании модели признаков должна быть необходимой и достаточной для решения поставленной задачи. Умение выделить и сохранить главное и пренебречь второстепенным – чрезвычайно важно для исследователя.

Совокупность признаков можно запомнить или записать на бумаге. Но можно изготовить куклу, глобус, статую, литературное произведение, создать научную теорию и т. п. Всё это – *модели*. Кукла – удобная модель для получения первых знаний о человеке. Глобус является удобной моделью Земли при изучении географии.

Развитие науки – это разработка моделей с целью познания тех или иных явлений. Большинство этих моделей приходится отбрасывать из-за противоречий с экспериментом. На смену им создаются новые модели. Научная теория (в начале своей разработки – *предположение, гипотеза*) только тогда приобретает право на существование, когда она подтверждена *абсолютно всеми экспериментами*, которые ставились в границах ее применимости. Достаточно *одного* "необъяснимого" факта, чтобы объявить теорию ошибочной. *Так осуществляется самый справедливый, очень нужный физике суд природы!*²

Познание (осознание) окружающего мира возможно только через создание и изучение моделей. По мере углубления наших знаний, появляются модели, более полно (но не до конца!) отражающие особенности реального мира. *Чем шире область применимости модели и чем она проще, тем она совершеннее.* Чем совершеннее модели, тем совершеннее представление о реальном мире. Но модель – *всегда упрощенная схема*. Совершенствуя её, мы лишь приближаемся к реальности. Поэтому *процесс познания – бесконечен.*

Понять сказанное можно на простом примере. Древние греки не умели точно вычислять длину окружности L , но знали, что $L = \pi \cdot D$, где D – диаметр окружности, а π немного больше 3-х.

При вычислении π они рассуждали так. *Приближенной моделью* окружности можно считать вписанный в неё правильный 6-ти угольник (рис. 10). Его сторона равна радиусу окружности $R = D/2$. Значит его периметр в 3 раза больше диаметра окружности D . Очевидно, он немного меньше длины окружности L . Значит π немного больше 3-х! Если разделить каждую из 6-ти образовавшихся дуг окружности пополам, получим 12-ти угольник. Его периметр ближе, но тоже несколько меньше длины окружности L . Вычислив отношение его периметра к D , получим *более точное значение π* . Продолжая удвоение числа сторон вписанных многоугольников, будем *бесконечно приближаться к окружности* и, следовательно, сможем всё более и более точно (но всё же приближенно!) вычислять π .

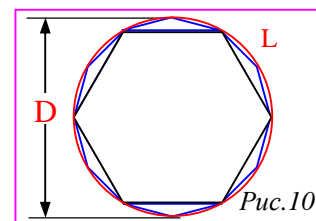


Рис.10

Сегодня мы умеем вычислять значение π с любой степенью точности. Но и она ограничена, так как доказано, что число π выражается *бесконечной* десятичной дробью! Истинное значение π – это *предел*, к которому можно лишь приближаться.

Итак, научный метод познания требует настойчивости, вдумчивости, глубокого проникновения в изучаемое, умения выбрать главное, «докопаться до сути». Не зря существует выражение *«Учиться – значит грызть гранит науки»*.

Физика формирует мировоззрение человека. Это значит, что она позволяет сколь угодно глубоко (в зависимости от вашего желания и настойчивости) познать, понять окружающий реальный мир. Выбирая своё восприятие мира, не забывайте что: *«Ученье – свет, а неученье – тьма»*. У А. С. Пушкина по этому поводу есть такие строчки:

*Да здравствуют музы, да здравствует разум!
Ты солнце святое, гори!
Как эта лампада бледнеет
Пред ясным восходом зари,
Так ложная мудрость мерцает и тлеет
Пред солнцем бессмертным ума.
Да здравствует солнце, да скроется тьма!*

² Благодаря тому, что *верховным судьёй в физике является опыт*, она располагает ясными критериями *истинного и ложного*. Это отличает физику и другие естественные науки от некоторых иных видов интеллектуальной деятельности, где нет объективного судьи, играющего роль природы. В этом заключается преимущество естественных наук.



Вопросы

1. Как мы получаем знания о явлениях природы? Что включает в себя научный метод познания?
2. Чем отличаются наблюдения от опытов (экспериментов)?
3. Достаточно ли одних опытов, для того чтобы получить научные знания?
4. Как создаётся модель при изучении природы? Приведите примеры различных моделей. Назовите хорошо вам известную простейшую модель тела.

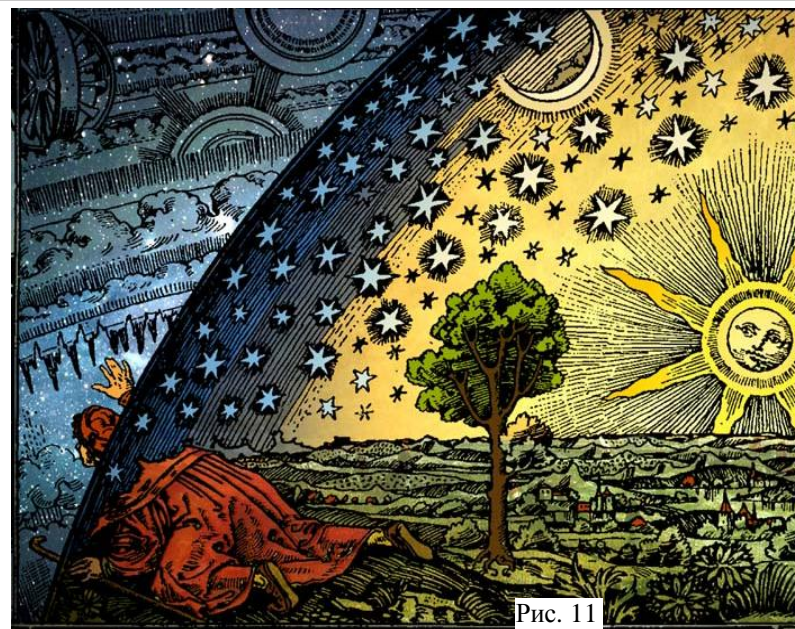


Рис. 11

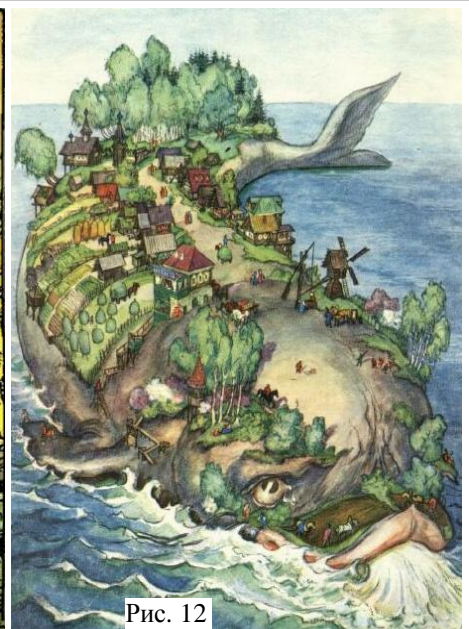


Рис. 12

К сожалению, большинству людей ближе, удобнее, проще поверхностное восприятие окружающего мира. Не каждому под силу анализировать свои восприятия, ставить эксперименты, сравнивая их с действительностью. Обычно проще пофантазировать.

Так возникают различные мифы. Например; «Планеты вращаются вокруг Солнца, потому что их толкают ангелы своими крыльями»; «Землю накрывает небесный свод, к которому приделаны различные светила», рис. 11; «Земля плавает на китах», рис. 12 (иногда вместо китов использовались черепахи или слоны). Часто обожествлялись отдельные люди, различные животные, солнце, планеты, крупные реки, горы и т. д. С надеждой осуществления заветных желаний этим божествам приносились жертвы и воздавались молитвы.

Подобные фантазии тоже можно назвать моделями. Многим людям они удобны. Но это фантастические, ложные, антинаучные модели. Они находятся в противоречии с опытом, с реальным миром, но широко использовались и используются религией для привлечения верующих. Таким же способом действуют «колдуны», «ясновидящие» и им подобные.

§ 4. Физические величины. Измерение физических величин

“Наука начинается там, где начинаются измерения”

Д. И. Менделеев

В быту, технике, при изучении физических явлений часто приходится выполнять различные измерения. Так, например, изучая падение тела, необходимо измерить высоту, с которой падает тело, массу тела, его скорость, время падения. Высота, масса, скорость, время и т. д. являются **физическими величинами**. Физическую величину можно измерить.

Измерить какую-нибудь величину — это значит сравнить ее с однородной величиной, принятой за единицу.

Так, например, измерить длину стола — значит сравнить ее с другой длиной, которая принята за единицу длины, например с **метром**.

Для каждой физической величины приняты свои единицы.

Для удобства все страны мира стремятся пользоваться одинаковыми единицами физических величин. С 1963 г. в России и других странах применяется Международная система единиц — **СИ (система интернациональная)**. В этой системе основной единицей длины является **метр (1 м)**, единицей времени — **секунда (1 с)**, единицей массы — **килограмм. (1 кг)**.

Одни величины удобно измерять в больших величинах (например, расстояние от Петербурга до Москвы), другие — в более мелких (например, размер этих букв).

Поэтому часто применяют единицы, которые в 10, 100, 1000 и т. д. раз больше принятых единиц (**кратные**). Эти единицы получили наименования с соответствующими приставками, взятыми из греческого языка. «Дека-» — 10, «гекто-» — 100, «кило-» — 1000 и др.

Если используются единицы, которые в 10, 100 и 1000 и т. д. раз меньше принятых единиц (**дольные**), то применяют приставки, взятые из латинского языка. «Деци-» — 0,1; «санτι-» — 0,01; «милли-» — 0,001 и др.

Приставки к названиям единиц

г — гекто (100 или 10^2)	д — деци (0,1 или 10^{-1})
к — кило (1000 или 10^3)	с — санти (0,01 или 10^{-2})
М — мега (1 000 000 или 10^6)	м — милли (0,001 или 10^{-3})
Г — гига (1 000 000 000 или 10^9)	мк — микро (0,000 001 или 10^{-6})
Т — тера (1000 000 000 000 или 10^{12})	н — нано (0,000 000 001 или 10^{-9})

Пример. Длина теннисной ракетки 60 см. Выразите ее длину в метрах (м).
Решение: 60 см = 0,6 м или $6 \cdot 10^{-1}$ м.

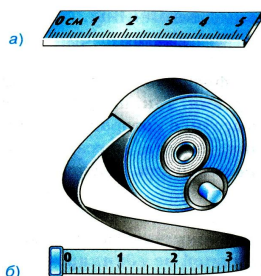


Рис. 13 (б)



Рис. 14 (7)

Для проведения опытов необходимы приборы. Одни из них просты и предназначены для простых измерений. К таким приборам можно отнести: измерительную линейку, рулетку (рис. 13, 14) и др.

Измерительные приборы, как правило, имеют **шкалу**. Это значит, что на приборе нанесены штриховые деления, а рядом написаны значения величин, соответствующие делениям. Расстояния между двумя штрихами, возле которых написаны значения физической величины, могут быть дополнительно разделены еще на несколько делений. Эти деления иногда не обозначены числами.

Определить, какому значению величины соответствует каждое самое малое деление, нетрудно. Так, на рис. 13, а изображена измерительная линейка. Цифрами 1, 2, 3, 4 и т. д. обозначены расстояния по 1 см между штрихами, каждое из которых разделено на 10

одинаковых делений. Следовательно, каждое мелкое деление соответствует 1 мм.

Эта величина называется **ценой деления шкалы** прибора. Перед измерением физической величины, следует **определить цену деления шкалы** прибора.

Для этого необходимо:

- **найти два ближайших штриха шкалы, возле которых написаны значения величины;**

- **вычесть из большего значения меньшее и полученное число разделить на число делений, находящихся между ними.**

Пример: Определим цену деления термометра, изображенного на рис. 18, б.

Возьмем два штриха, около которых нанесены значения измеряемой величины (температуры).

Например, штрихи с обозначениями 10°C и 20°C . Расстояния между этими штрихами разделены на 10 делений. Следовательно, цена каждого деления будет равна:

$$\frac{20^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}}{10} = 1^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, данный термометр показывает 24°C .

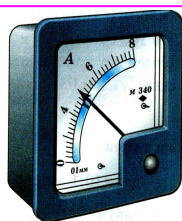


Рис. 15 (8)

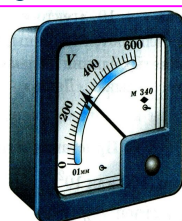


Рис. 16 (9)

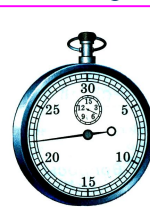


Рис. 17 (10)

По мере развития физики приборы усложнялись и совершенствовались. Появились **амперметры** (рис. 15), **вольтметры** (рис. 16), **секундомеры** (рис. 17), **термометры** (рис. 18, а; б).

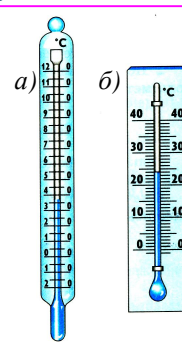


Рис. 18 (11, 12)



Вопросы

1. Что значит измерить какую-либо величину?
2. Каковы единицы длины, времени, массы в СИ?
3. Какие вы знаете кратные и дольные единицы?
4. Как определяется цена деления шкалы измерительного прибора?



Упражнение

1. Определите цену деления секундомера (см. рис. 17).
2. По рис. 15 и 16 определите цену деления амперметра и вольтметра.



§ 5. Точность и погрешность измерений

Всякое измерение может быть выполнено с большей или меньшей точностью.

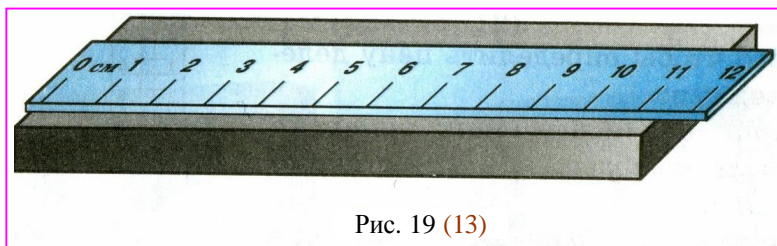


Рис. 19 (13)

В качестве примера рассмотрим измерение длины бруска демонстрационным метром с сантиметровыми делениями (рис. 19).

Вначале определим цену деления линейки. Она будет равна

1 см. Если левый конец линейки совместить с нулевым штрихом, то правый будет находиться между 11 и 12 штрихами, но ближе к 11.

Какое же из этих двух значений следует принять за длину бруска? Очевидно, то, которое ближе к истинному значению, т. е. 11 см.

Считая, что длина бруска 11 см, мы допустили неточность, так как брусок чуть длиннее 11 см

В физике допускаемую при измерении неточность называют **погрешностью измерений**. **Погрешность измерения не может быть больше цены деления измерительного прибора.**

В нашем случае погрешность измерения бруска не превышает 1 см. Если такая точность измерений нас не удовлетворяет, то можно произвести измерения с большей точностью. Но тогда придется взять масштабную линейку с миллиметровыми делениями, т. е. с ценой деления 1 мм.

В этом случае длина бруска окажется равной 11,4 см.

Из этого примера видно, что точность измерений зависит от цены деления шкалы прибора.

Чем меньше цена деления, тем больше точность измерения.

Точность измерения зависит также от правильного применения измерительного прибора, расположения глаза при отсчете по прибору.

Вследствие несовершенства измерительных приборов и наших органов чувств, при любом измерении получаются лишь приближенные значения, несколько большие или меньшие истинного значения измеряемой величины.

Во время выполнения лабораторных работ или просто измерений следует считать, что **погрешность измерений равна половине цены деления шкалы измерительного прибора.**

Так, если длина шариковой ручки 14 см, а цена деления линейки 1 мм, то погрешность измерения будет равна 0,5 мм, или 0,05 см.

Следовательно, длину ручки можно записать в следующем виде:

$$l = (14 \pm 0,05) \text{ см,}$$

где l — длина ручки.


Истинное значение длины ручки находится в интервале от 13,95 см до 14,05 см.

При записи величин, с учетом погрешности, следует пользоваться формулой:

$$A = a \pm \Delta a,$$

где A — измеряемая величина, a — результат измерений, Δa — погрешность измерений (Δ — греческая буква «дельта»)¹.

Пример шкалы прибора



Результат измерения величины A :
 $A = 1,8 \pm 0,1$

Цена деления шкалы (расчёт для интервала между делениями 2 и 3):

$$\frac{3-2}{5} = 0,2 \text{ ед}$$

Верхний(4) и нижний(0) пределы измерений:

$0 - 4$

Погрешность измерений:

$$\frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ ед}$$

Рис. 20. Этот рисунок поможет вам пользоваться приборами, имеющими шкалу.

Широкое использование измерений позволило применить в физике *математику*. *Математика является тем языком, с помощью которого удаётся наиболее глубоко понять Природу*. Это сделало физику самой точной и самой главной наукой о Природе.

Вопросы



1. Что означает: «измерить длину с точностью до 1 мм»?
2. Можно ли линейкой, имеющей сантиметровые деления, измерить длину с точностью до 1 мм?
3. Какова связь точности измерений с ценой деления прибора?
4. Какой формулой необходимо пользоваться при определении физических величин с учётом погрешности?



Задание

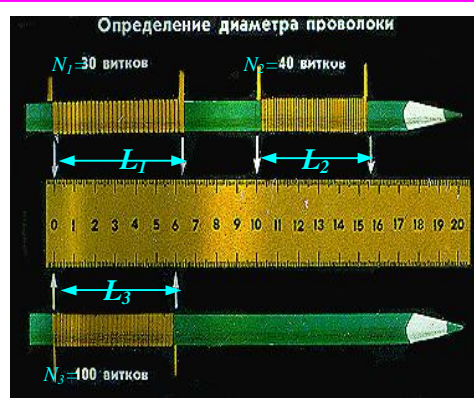
1. Измерьте линейкой с миллиметровыми делениями длину и ширину вашего учебника. Запишите результаты с учетом погрешности измерения.
2. Пользуясь рис. 18, определите погрешность измерения градусника.
3. Возьмите три стакана с водой холодной, теплой и горячей. Подержите 2 минуты пальцы левой руки в холодной воде, правой – в горячей. Потом быстро опустите их в стакан с теплой водой. Какую информацию о температуре теплой воды дает вам осязание?

Если вам необходимо определить размеры очень маленького тела (*макового зернышка, диаметра тонкой проволоки, толщину бумаги*), и осуществить это с помощью измерительных приборов (например, линейки) невозможно, следует прибегнуть к "*методу рядов*".

Расположите некоторое количество тел (например, витков проволоки) *вплотную друг к другу в ряд*, измерьте длину ряда и рассчитайте размер одного тела (например, диаметр проволоки « a »)

по формуле $a = \frac{L}{N}$, где N - количество тел в ряду; L - длина ряда.

Проверьте, это очень удобно!



¹ Этой буквой принято обозначать «кусочек» какой-нибудь величины (a или x): отклонение $\Delta x = x - x_0$; приращение $\Delta x = x_2 - x_1$ и т. п.

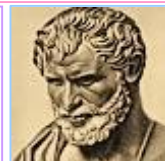
Семь раз отмерь – один раз отрежь!



Рис. 6.1. Человек имеет пять органов чувств: зрение; слух, обоняние; осязание; вкус. Это то, через что мы воспринимаем, наблюдаем, познаём окружающий мир. Больше всего информации даёт человеку зрение.

Всегда ли можно полагаться на свои ощущения? Может быть прав был Гераклит, живший в древней Греции (530-470 г. до н. э.), утверждавший: «Доверять неразумным ощущениям – свойство грубых душ?».

В чём несоответствие рисунков, приведенных ниже, реальным объектам? В некоторых из них вам поможет разобраться обыкновенная линейка с миллиметровой шкалой. Эти картинки создают **иллюзию**, т. е. видимость, обман чувств. В процессе физических исследований с иллюзией приходится встречаться довольно часто.



Гераклит
Эфесский

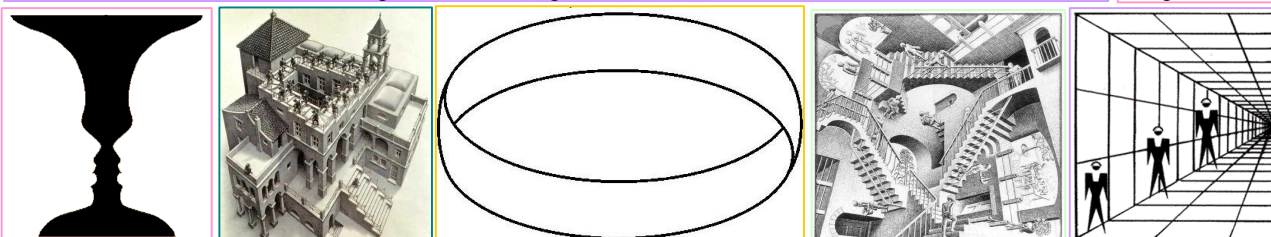


Рис. 6.1. Всмотритесь в то, что здесь изображено. Ваза или профили? Странный замок. Может ли существовать такое кольцо? А такие лестницы? Одинаковой или разной высоты фигуры в коридоре?

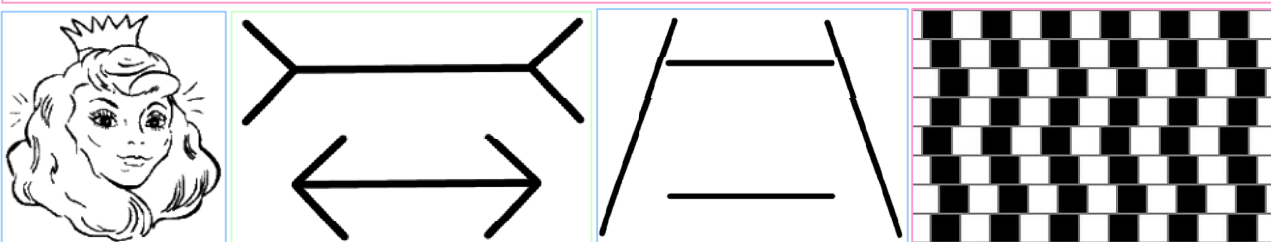


Рис. 6.1. Чьё лицо изображено на рисунке (переверните рисунок)? Какой отрезок длиннее? Одинаковые ли «шпалы»? Параллельные ли эти горизонтальные прямые?

Для дополнительного чтения: Чем отличается «маленькое» от «большого»?



Понятия «маленькое» и «большое» — относительны. Щенок мал в сравнении со львом, но велик в сравнении с мухой. Лев мал в сравнении с китом. Кит мал в сравнении с Землёй.

Но может ли быть муха со слона? В этих случаях мы сравнивали **линейные** l размеры тел. А можно ли сказать, что больше — **площадь** комнаты или её **высота**? Или как сравнить **вес** с **ростом**? Подумайте об этом, читая данный раздел.



Должна ли отличаться и в чём жизнь **лилипутов** и **великанов**?

Что будет с **мышкой** и с **бегемотом**, если они упадут с 3-го этажа? Почему?



Диаметр Солнца D_C в 109 раз больше диаметра Земли D_3 .
Во сколько раз площадь поверхности Солнца S_C больше площади поверхности Земли S_3 ? Во сколько раз объём Солнца V_C больше объёма Земли V_3 ?

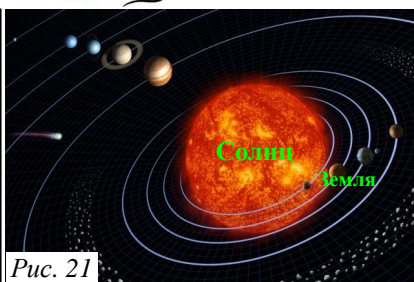


Рис. 21

Не меняя форму (внешний вид), но изменяя **линейные** размеры $l \sim a$ тел (их **ширину, длину, рост, диаметр** и т. п.), мы меняем их свойства, связанные с **поверхностью S** (**сопротивлением** при движении в воде или воздухе, с **обменом теплом** и т. п.) и **объёмом V** (**весом, количеством запасённого тепла, инертностью** и т. п.). Все эти изменения происходят совершенно **различным** образом.



Это **таблица**. Она показывает **зависимость величин V и S от a**

Так (во столько раз) у льва изменяются:

Рост	$(a \sim l)$	1	2	4
Площадь поверхности	$(S \sim l^2)$	1	4	16
Объём	$(V \sim l^3)$	1	8	64

Как изменится его вес? В каких случаях ему будет легче двигаться? Когда он будет быстрее мёрзнуть на морозе?

Зависимость объёма V и площади поверхности S от линейного размера a

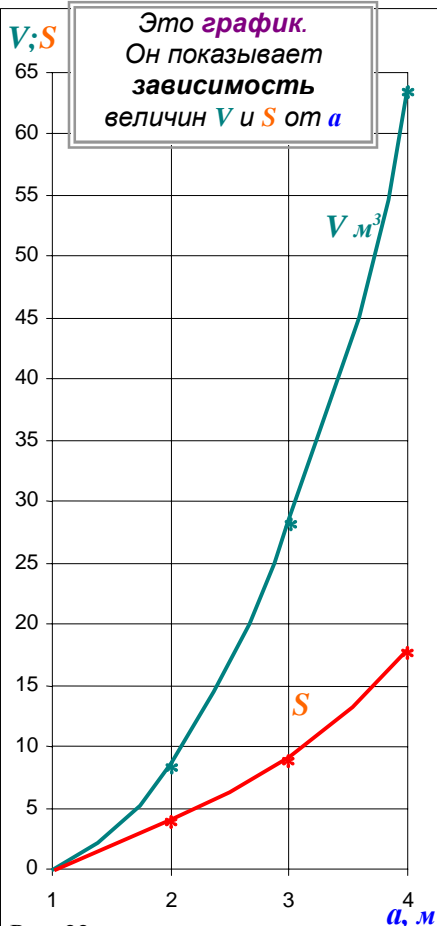


Рис. 22

Обратите внимание, что **объём куба $V=a^3$** , а **поверхность квадрата $S=a^2$** . Таким образом, **объём** изменяется с изменением (увеличением или уменьшением) **линейного размера $l \sim a$** тела **гораздо быстрее**, чем **поверхность**, см. график **$V(a)$ и $S(a)$** : если увеличить (или уменьшить) a в 2, 3, 4 раза, то **объём** увеличится (или уменьшится) соответственно 8; 27; 64 раза, а **поверхность** только – в 4; 9; 16 раз соответственно. Поэтому у **больших** тел определяющую роль играет **всё, связанное с их объёмом**, а у **маленьких** тел – **всё, связанное с их поверхностью**.

Индивидуальные свойства тела зависят от его объёма V , а взаимодействует оно с окружающими телами через свою поверхность S . Поэтому крупные тела более «самостоятельны», чем мелкие. Крупное государство более независимое, чем маленькое. Крупные тела гораздо дольше нагреваются и остывают, чем мелкие. Брошенный большой камень обладает значительной поражающей силой. Если же его измельчить, превратив в песок, то песчинки быстро потеряют скорость из-за трения о воздух и не смогут принести вреда. Сахарный песок легко растворяется в стакане чая.

Если рост животных или человека увеличить в 2 раза, они станут в 8 раз тяжелее, однако площадь поперечного сечения их костей, а, следовательно, их прочность – возрастёт только в 4 раза. Например, стройный красавец олень, увеличенный до размеров слона, был бы буквально раздавлен собственным весом. Кости ног оленя просто не выдержали бы такой тяжести. Великаны слоны потому и могут существовать, что кости у них толще и массивнее. Это было открытие Галилея, которое он считал очень важным. Отсюда следовало, что животные и растения на Земле имеют **наиболее выгодные размеры**.

Отсюда понятно, почему мир больших тел – **мегамир** (см. рис. 1; 5) выглядит совсем не так, как мир мелких тел – **микромир** (см. рис. 24). Но ближе всего нам наш мир, размеры которого не слишком велики и не слишком малы (см. рис. 2; 1,1; 2,1). В старших классах вы узнаете, что и **физика**, изучающая эти миры, тоже **различна**.

Та же проблема занимала английского писателя Д. Свифта (1667-1745). Первые две части «Путешествий Гулливера» рассказывают о людях в 12 раз меньше нормального человеческого роста и о великанах 70 футов (21 метр высотой). Свифт проявляет бездну остроумия, но малую проницательность. Он и не подозревает, что будь лилипуты человеческими существами из плоти и крови, они бы обладали способностью прыгать, как блохи, на высоту, в несколько раз превышающую их собственную. А великаны Бробдингнега оказались бы настолько привязаны к земле, что вряд ли бы сумели просто находиться в вертикальном положении.

Останкинская телебашня высотой 530 м имеет массу 30 000 т. Какова будет масса её модели из тех же материалов высотой 53 см?



Рис. 23

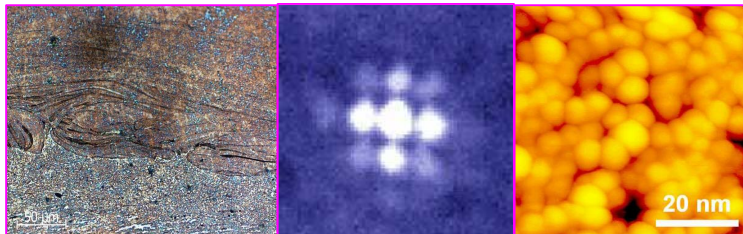


Рис.24. Так выглядят некоторые объекты микромира снятые с помощью сканирующего туннельного микроскопа: кремний, электронное облако, частицы золота.

Как много важных выводов можно сделать, используя совсем простую математику: $a \sim l$; $S \sim l^2$; $V \sim l^3$!

§ 6. Физика и техника

Люди никогда не ограничивались только познанием природы. Они воздействовали на природу, изменяли её. В природе возникало нечто новое, чего ещё *никогда не было*. Это новое тоже можно называть *моделями*. Это *творческие* модели. Их создатели стремились наделить их полезными свойствами, которыми не обладают объекты природы.

Развитие цивилизации – это разработка *огромного числа подобных моделей, большинство которых приходится отбрасывать*, но лучшие из них сделали жизнь современного человека значительно интересней и счастливее.

Развитие физики с момента её зарождения до наших дней всё более и более изменяет представление людей об окружающем мире и влияет на развитие цивилизации. Особенно заметно её влияние на развития техники.

Так, например, паровая машина, а затем двигатель внутреннего сгорания, приводящий в движение автомобили, тепловозы, речные и морские суда (рис. 25), были созданы на основе изучения тепловых явлений.

Кино, радио, телевидение, магнитная запись, мобильный телефон, компьютер (рис. 26), все это возникло после того, как были изучены, поняты звуковые, световые и электромагнитные явления.



Рис. 25 (14). Океанский пассажирский лайнер; тепловоз; автобус; грузовой автомобиль, способный перевести в кузове загородный дом (до 380 тонн).



Рис. 26 (15). Радио телескоп; телевизор-монитор; спутник; мобильный телефон; радиоприёмник; переносный компьютер.



Рис. 27. Один из первых аэропланов начала и самолёт ИЛ 96 конца XX

Очень давно люди мечтали научиться летать. С этой целью изучали полёт птиц и насекомых, стремясь понять главное, что делало возможным их полёт. Над этим думали многие поколения людей. Перед тем, как были созданы современные летательные аппараты – самолёты, вертолёты, было много неудач, ошибок, катастроф. Современные летательные аппараты летают быстрее и дальше своих прототипов – птиц, но ни один из них не может, например, прыгать с ветки на ветку. В этом их новизна и отличие от прототипа.



Рис. 28. Один из первых велосипедов – *костотряс* и современный велосипед.

Даже такой простой механизм, как велосипед, на первых стадиях своего создания имел образное название «костотряс» и был весьма непривлекательным сооружением. Если бы не настойчивость его создателей, мы бы не имели транспортного средства, покорившего ныне всю Планету.

Всё ускоряющееся развитие цивилизации не может не впечатлять. Изобретение паровой машины, а позже – двигателя внутреннего сгорания принципиальным образом повлияло на жизнь многих стран.

А какие изменения в жизни человечества вызвали создание электростанций и изобретения электродвигателя! Автомобилей, воздушных и морских лайнеров! Радио и телевидения! Создание и развитие автоматических методов управления, электроники! Искусственные спутники и полёты на Луну! Компьютеры и интернет! Способны ли вы представить, сколько вдохновенного труда вложено в создание вашего «мобильника»? Уже предшествующие нам поколения людей имели все основания заявить:

Мы рождены, чтоб сказку сделать былью...

Созидательный творческий труд — величайшая ценность, которой обладает человек. Поэтому тем, кто сознательно участвовал в этом, довелось быть по-настоящему счастливыми. Вам предстоит продолжить то, что делали они. Роль физики в этих процессах является определяющей.



Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова был построен в 50-х годах XX века. Образование в Советском союзе было совершенно бесплатным и всячески поощрялось.

В свою очередь, развитие техники влияет на развитие науки.

Новые машины, приборы, точные измерительные устройства используются при исследовании физических явлений. После того как были созданы соответствующие приборы и ракеты, стало возможным глубже изучить космическое пространство.

Таких примеров много. Открытия, сделанные в науке, и технические разработки есть результат упорного труда многих ученых разных стран.

Рассмотрим некоторые этапы развития физики.

Впервые теоретические основы механики – важнейшего раздела физики – были



Ньютон Исаак
(1643 - 1727)

открыл основные законы движения тел и закон тяготения, изучил важные свойства света, разработал основные разделы высшей математики

изложены великим английским учёным **Исааком Ньютоном** в его выдающемся труде **«Математические начала натуральной философии»**. В предисловии к этой книге он написал: *"Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов"* (по-видимому, имелись в виду *Галилей*, а также *Коперник* и *Кеплер*). В этой работе Ньютоном изложены важные законы механики, названные затем его именем. Они привели к бурному развитию представлений о механическом движении.

Дальнейшее развитие физики определилось изучением тепловых и электромагнитных явлений. Стремление ученых проникнуть вглубь тепловых процессов привело к зарождению теории строения вещества.

Исследования электромагнитных явлений коренным образом изменило научную картину мира. Оказалось, что нас окружают физические тела и **поля**. Общую теорию электромагнитных явлений создал **Джеймс Максвелл**.

Теория Максвелла объяснила природу света и явилась основой **электротехники** и **электроники**, принципиальным образом изменивших развитие нашей цивилизации.

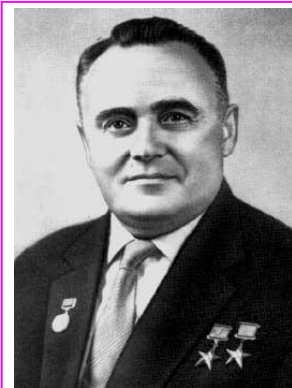
Новый этап бурного развития физики начался в XX в.

Теория относительности А. Эйнштейна принципиально изменила наши представления о пространстве и времени и повлияла на дальнейшее развитие физики.

Стали интенсивно развиваться её новые направления: **ядерная физика**, **физика элементарных частиц**, **физика твердого тела** и др.

В XX веке чрезвычайно возросла роль физики, ее влияние на технический и социальный прогресс. Свой вклад в развитие современной физики внесли видные ученые России: Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов, И. В. Курчатов, М. В. Келдыш, Л. Д. Ландау и многие др.

Развитие физики обеспечило прорыв в области изучения космоса. Большой вклад в научную и техническую разработку космических полетов сделал **Сергей Павлович Королев**. Так, 4 октября 1957 г. в Советском Союзе был запущен первый в мире искусственный спутник Земли, а 12 апреля 1961 г. **Юрий Алексеевич Гагарин** первым облетел земной шар. 21 июля 1969 г. впервые была осуществлена посадка на Луну американского космического корабля с астронавтами на борту: **Нейлом Армстронгом** и **Эдвином Олдрином**.



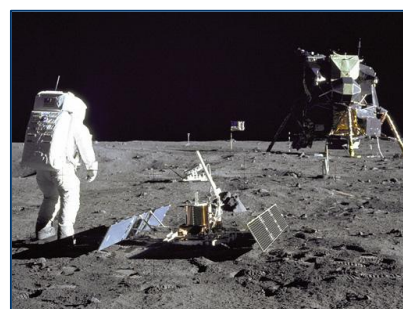
Королёв Сергей
Павлович
(1907 - 1966)

советский конструктор, под руководством которого были запущены первые спутники Земли и пилотируемые космические корабли, отработана аппаратура для выхода человека в космос.



Гагарин Юрий
Алексеевич
(1934 - 1968)

Первый в мире лётчик-космонавт. 12 апреля 1961 г за 1 ч 48 мин облетел земной шар



Вопросы



1. Какое значение имеет физика для техники? Покажите это на примерах.
2. Каких ученых вы знаете? Какие открытия ими были сделаны?



Физика и другие виды творчества

В научном мышлении всегда присутствует элемент поэзии. Настоящая наука и настоящая музыка требуют однородного мыслительного процесса.

А. Эйнштейн

Умение выделить главное, пренебрегая второстепенным – залог успешного творчества. Только так можно достигнуть желаемой цели. Так создаются шедевры техники, искусства, культуры и вообще все достойное. В этом смысле творчество физика-исследователя, инженера, разрабатывающего новую технику, скульптора, писателя, композитора имеет много общего.

«Вдохновение нужно в поэзии, как в геометрии» – писал А. С. Пушкин. Общее между ними – это творчество, которое требует от человека не просто увлеченности, но одержимости, полной самоотдачи в процессе непрерывного поиска самого главного, совершенного – *идеала*. Для одних идеал – безнадежная утопия; для других – путеводная звезда. Умение найти этот идеал и ради наиболее полного его раскрытия пренебречь второстепенным требует простоты и ясности мышления, глубокого проникновения в своё дело. Это и есть талант.

Выдающийся советский физик XX века Л. Д. Ландау считал, что «*главное в физике — это умение пренебрегать!*». Он же советовал своим ученикам физические методы исследования использовать и в быту.

Один из величайших скульпторов эпохи Возрождения Микеланджело Буонарроти, когда его спросили, как он создаёт свои шедевры, ответил: «*Я беру кусок мрамора и отсекаю от него всё лишнее*».

А. С. Пушкин так подвёл итог своему творчеству:

*И долго буду тем любезен я народу,
Что чувства добрые я лирой пробуждал.*

А остальное – второстепенное!

Если вы станете учителем — можно прислушаться к мнению выдающихся мыслителей.

«*Наука вовсе не трудна и не тяжела, она, напротив, имеет свое обаяние для каждого человеческого ума, – обаяние точности, полноты и системы. Хочешь наукой воспитать ученика, люби свою науку и знай ее, и ученики полюбят и тебя, и науку, и ты воспитаешь их; но ежели ты сам не любишь ее, то сколько бы ты ни заставлял учить, наука не произведет воспитательного влияния.*»

Л. Толстой

«*Вдохновение рождается только от труда. Вдохновенье — гостя, которая не любит посещать ленивых...*»

П. И. Чайковский.

«*Жизнь отдельного человека имеет смысл лишь в той степени, насколько она помогает сделать жизни других людей красивее и благороднее.*»

А. Эйнштейн

Но **самое главное – это ваше собственное отношение к своему делу.**

Некто, проходя мимо стройки и увидев рабочих, катящих груженные тележки, спросил:

«*Что вы делаете?*»

«*Тяну тачку, будь она проклята*», — буркнул первый рабочий.

«*Зарабатываю на хлеб себе, жене, детям*», — сказал второй.

«*Я строю Храм*», — ответил третий.

Через много лет каждый из них лишь утвердился в своём мнении.

Притча

Как вы думаете – кто из них оказался самым счастливым?

Но! Хорошо учёным-физикам! У них есть «верховный судья – опыт». Если физики-теоретики придумают теорию, противоречащую хотя бы одному эксперименту, то физики-экспериментаторы им «скуснуть» не дадут.



ЧЁРНЫЙ КВАДРАТ
Малевича Казимира
(1878 - 1935)

А каково, например, художникам? Вот художник со звучной фамилией Малевич Казимир, наверное, как и великий Микеланджело Буонарроти стремился «отсекать всё лишнее», а что получилось?!
«Главное» — надо уметь выбирать!



МОИСЕЙ
Микеланджело
Буонарроти
(1475 - 1564)



На приведённых рисунках представлен художественный образ «движение» средствами музыкального произведения (известная прелюдия до-минор И. С. Баха) и художественной фотографией. Нравятся ли вам эти произведения? Чем именно? За счёт чего достигается выразительность в данном случае?

Глава 1

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

Мы живём в мире макроскопических тел, состоящих из колоссального количества весьма малых обособленных микрочастиц - молекул, которые, в свою очередь, построены из атомов. Они находятся в непрерывном хаотическом движении, интенсивность которого зависит от температуры вещества. Эти частицы притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одну из них плотнее прижать к другой.

Эти положения так называемой *молекулярно-кинетической теории (МКТ)* являются фундаментом учения о строении вещества. Они играют очень важную роль в естествознании.



Рис. 1.1

Бывают тихие дни, когда деревья замерли, даже лёгкая рябь не возмутит поверхность водяной глади. Всё застыло в строгой торжественной неподвижности. Покоится видимый мир.

Но в мире атомов и молекул никогда, ни при каких условиях не прекращается невидимое движение частичек, из которых построен видимый мир.

§7. Строение вещества.

Тем, что вещество состоит из отдельных микрочастиц – атомов и молекул, объясняются многие удивительные свойства окружающего мира.

В частности, **нагревание** или **охлаждение** окружающих нас тел способно изменять их до неузнаваемости.

Сильно нагрев прозрачную, но все же видимую воду, мы превратим ее в невидимый пар. Сильное охлаждение превратит воду в кусок льда.

Даже **изменение температуры на $30 \div 40$ °С** (при смене времен года) меняет облик нашей планеты, рис. 2.1.

С наступлением весны начинается пробуждение природы. Леса одеваются листвой, начинают зеленеть. Зимой же жизнь растений замирает. Толстый слой снега покрывает поверхность Земли.

Еще более узкие **интервалы температур**



Рис. 2.1. Зимой влага превращается в кристаллики снега и льда.

необходимы для поддержания жизни теплокровных животных.

Температура животных и человека поддерживается внутренними механизмами терморегуляции на строго определённом уровне. Достаточно температуре повыситься на несколько десятых градуса, как мы уже чувствуем себя нездоровыми. Изменение же температуры на несколько градусов ведет к гибели организмов.

Изменение температуры оказывает влияние на все свойства тел.

Так, при нагревании или охлаждении изменяются размеры твердых тел и объемы жидкостей. Значительно меняются механические свойства, например, упругость.

Кусок резиновой трубки не пострадает, если ударить по нему молотком. Но при охлаждении до температуры ниже -100°C резина становится хрупкой, как стекло, и от легкого удара резиновая трубка разбивается на мелкие кусочки.

При **сжатии и растяжении** тел можно изменять их размеры, объём.

Почему газ легко сжать, а твёрдое тело и жидкость – трудно? Почему нагретый кусок стали легче изогнуть или расплющить, чем холодный? Почему пролитая вода растекается по полу?

При взаимном перемещении тел возникает **трение**, препятствующее перемещению.

Попробуйте представить окружающий мир без трения.

Если вдуматься, то эти явления и ещё очень многие, о которых вы могли слышать (например, сверхтекучесть, сверхпроводимость), достойны изумления. Не удивляемся мы лишь потому, что ко многим из них привыкли с детства.

Знания о строении вещества позволяют не только понять эти явления, но и дают возможность получить практические результаты, чудесным образом изменяющие нашу жизнь.

На их основе создают новые вещества – материалы с нужными человеку свойствами, разрабатываются

такие устройства, как компьютер или мобильный телефон. Современные тепловые двигатели, установки для сжижения газов, холодильные аппараты и многие другие устройства конструируют на основе этих знаний.

Некоторые свойства тел, обусловленные их строением, можно продемонстрировать на простых опытах, см. рис. 3.1; 4.1; 5.1; 6.1.

Все наблюдаемые явления можно объяснить, предположив, что *вещества состоят из отдельных частиц, между которыми есть промежутки*. Когда частицы отодвигаются друг от друга, объем тела увеличивается. При сближении частичек объем уменьшается.

Такие предположения в науке называют **гипотезами**, достоверность их проверяют опытами.

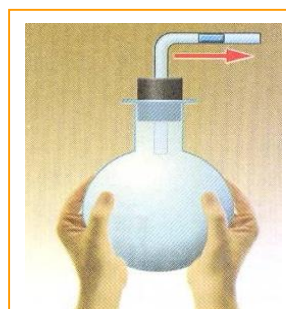


Рис. 3.1. У стеклянной колбы сверху в изогнутой трубке находится капля воды. При нагревании капля перемещается вправо. Значит, объем воздуха при нагревании увеличивается, при охлаждении колбы объем оставшегося в ней воздуха уменьшается и капля в трубке перемещается влево.

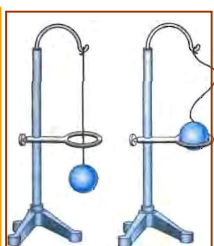


Рис. 4.1 (16; 17) Стальной шарик, свободно проходящий через кольцо, после нагревания расширится и застрянет в кольце. Когда шарик охладится, его объем уменьшится, и он снова пройдет сквозь кольцо.

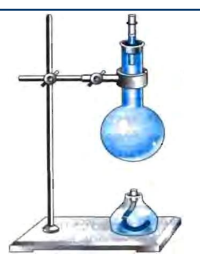


Рис. 5.1 (18). Расширение жидкости при нагревании можно обнаружить на опыте по увеличению ее уровня в трубке,

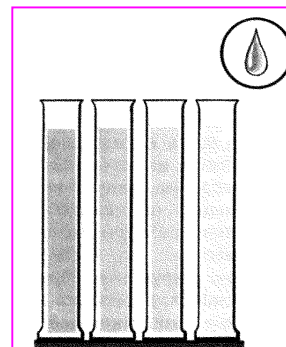


Рис. 6.1 (19). Представление о размерах молекул (существование которых нам ещё предстоит доказать!) дает следующий опыт. Маленькую крупинку краски растворяют в воде, налитой в стакан. Затем немного окрашенной воды отливают в другой стакан и доливают его чистой водой. Во втором стакане раствор окрашен слабее, чем в первом. Из второго стакана отливают немного раствора в третий стакан и снова доливают его чистой водой. Так проделывают несколько раз и с каждым разом убеждаются, что раствор становится все более светлым. Рассмотрим последний раствор. Он хотя и очень слабо, но равномерно окрашен, – следовательно, в каждой его капле содержатся частицы краски. А ведь в воде растворили очень маленькую крупинку краски, и лишь часть ее попала в последний раствор. Значит, крупинка состояла из многих частиц, размеры которых очень малы.

Вопросы



1. Для чего нужно знать строение вещества?
2. Из чего состоят окружающие нас тела?
3. К чему приводит нагревание и охлаждение тел?
4. Какие вы знаете материалы, созданные человеком?
5. Как показать, что эти частицы, из которых состоят тела, очень малы?

Вспомните *первое* положение МКТ:

«Мы живём в мире макроскопических тел, 1) состоящих из колоссального количества весьма малых обособленных микрочастиц - молекул, которые, в свою очередь, построены из атомов. 2) Они находятся в непрерывном хаотическом движении, интенсивность которого зависит от температуры вещества. 3) Эти частицы притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одну из них плотнее прижать к другой».

§ 8. Молекулы

Уже в древности предполагали, что вещества состоят из отдельных частиц¹, К началу XX века существование таких частиц было доказано наукой. Эти частицы – молекулы.

Молекула вещества – это мельчайшая (но имеющая определённые, очень малые размеры!) **частица этого вещества.**

Наименьшая частица воды - это молекула воды, наименьшая частица сахара - это молекула сахара и т. д.

Молекулы разных веществ отличаются друг от друга размерами. Оценить их размеры можно простым опытом.

При растекании масла по поверхности воды, оно образует слой толщиной, *по крайней мере*, в одну молекулу. Толщину d этого слоя нетрудно определить и тем самым оценить размеры молекулы, например, оливкового масла (рис. 8.1).

Объём V слоя масла равен произведению его площади поверхности S на толщину d слоя, т. е.

$$V = Sd.$$

Следовательно, размер молекулы оливкового масла *не более чем*:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{0,001 \text{ см}^3}{6000 \text{ см}^2} = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}.$$

Каждая молекула состоит из ещё более мелких частиц – атомов (см. Приложение к гл.1). В одной молекуле может один, два, три и даже много тысяч атомов (таковы молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК, входящие в ткани живых организмов), рис. 11.1.

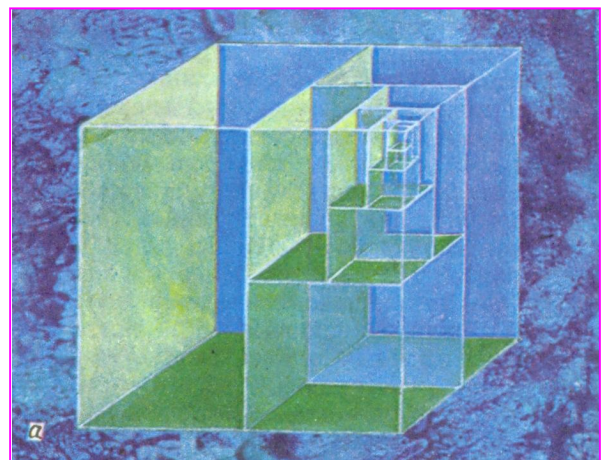


Рис. 7.1. О том, что вещества состоят из отдельных крупинок – обособленных мельчайших частиц, люди догадывались очень давно. Они рассуждали так (см. рис.):

«Возьмём каплю воды, песчинку или кристаллик поваренной соли и разделим её пополам, половинку снова разделим на равные части и т.д. Наступит ли момент, когда это деление в принципе станет невозможным?»

Древнегреческий учёный Демокрит (460 – 370 до н. э.) утверждал, что такой момент наступит. Он оказался прав.

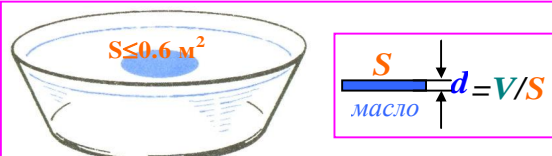


Рис. 8.1. Проще всего оценить размеры молекул, наблюдая расплывшиеся **капельки масла**, например оливкового, по поверхности воды. Масло никогда не займёт всю поверхность, если сосуд велик. Нельзя заставить каплю объёмом $V=1 \text{ мм}^3$ расплыться так, чтобы она заняла площадь поверхности $S > 0,6 \text{ м}^2$.

¹ Тела, состоящие из *очень большого, колоссального* числа молекул, называются *макроскопическими*. Мы живём среди таких тел.

Современные приборы позволяют видеть изображение отдельных атомов и молекул. Фото на рис. 9.1 получено с помощью электронного микроскопа, дающего увеличение до 5 000 000 раз. Видимые здесь частицы состоят из множества молекул. На рис. 10.1 показана микрофотография поверхности графита, где бугорки – это отдельные атомы графита. Подобные изображения научились получать с помощью современных мощных туннельных микроскопов.

Диаметр любого атома равен примерно 10^{-8} см = 10^{-10} м. Размеры молекул, очевидно, не могут быть меньше размеров атомов, рис. 11.1 и 12.1.

Установлено, что молекулы таких веществ, как вода, масло, кислород, водород имеют размеры около 10^{-10} м. Такая величина называется *ангстрем* и обозначается так: 1 Å.

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$$

Величину 10^{-10} м легко запомнить, но невозможно представить. Можно лишь привести следующее сравнение: шарик такого размера во столько же раз меньше яблока среднего размера, во сколько раз яблоко меньше земного шара.

Многочисленные опыты показали, что молекулы одного и того же вещества неразличимы, независимо от того, каким способом получено это вещество.

Нельзя, например, отличить воду, полученную из сока или из молока, от воды, полученной путем перегонки морской воды, так как молекулы воды одинаковы и никакое другое вещество не состоит из таких же молекул.

Молекулы очень маленькие частицы вещества, но и они делимы. Однако, если разделить молекулу, то её кусочки уже не будут частицами данного вещества (как, например, «разрезанная горошина» – это уже не горошина), рис. 11.1; 12.1.

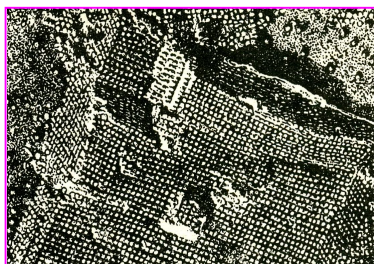


Рис. 9.1. (20). Кристалл вируса под электронным микроскопом. В каждой частице – много молекул.

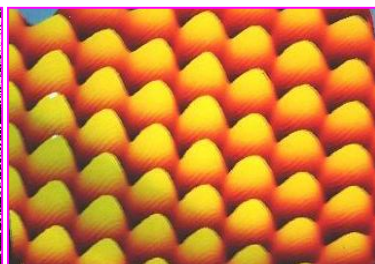


Рис. 10.1. Свежий излом графита под туннельным микроскопом. Бугорки – это отдельные атомы.

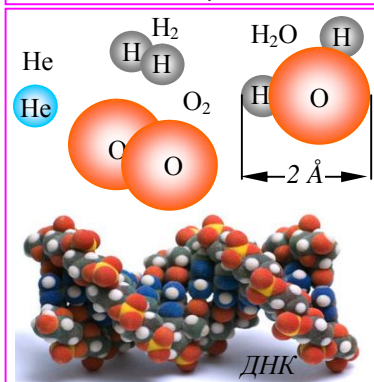


Рис. 11.1. Молекулы гелия (He) состоят из одного атома; водорода (H₂) и кислорода (O₂) – из двух; воды (H₂O) – из трёх; ДНК – из многих тысяч атомов (атомы обозначены кружками).

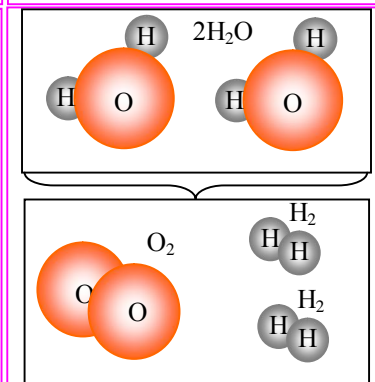


Рис. 12.1. При делении двух молекул воды 2H₂O получают четыре атома водорода и два атома кислорода, объединяющиеся в молекулы кислорода (O₂) и водорода (H₂).



1. Как называют частицы, из которых состоят вещества? 1. Как приблизительно оценить размер молекул масла? 3. Что вы знаете о размерах атомов и молекул? 4. Что вы знаете о составе молекулы воды? 5. Какие опыты и рассуждения показывают, что все молекулы воды одинаковы?

Вопросы

Упражнение



Как известно, капли маслянистой жидкости растекаются по поверхности воды, образуя тонкую пленку. Почему при некоторой толщине d пленки масло перестает растекаться?

Задание



Сделайте из цветного пластилина модели двух молекул воды H₂O. Затем из этих молекул составьте модели молекул кислорода O₂ и водорода H₂.

§ 9. Движение молекул

Вспомните *второе* положение МКТ:

Мы живём в мире макроскопических тел, 1) состоящих из колоссального количества весьма малых обособленных микрочастиц - молекул, которые, в свою очередь, построены из атомов. 2) Они находятся в непрерывном хаотическом движении, интенсивность которого зависит от температуры вещества. 3) Эти частицы притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одну из них плотнее прижать к другой.



Молекулы всех тел непрерывно движутся.

Рис. 13.1. Если бы молекулы не двигались, то как объяснить с наступлением дня исчезновение капель росы на травинках? Только движение молекул, в результате которого они покидают каплю, позволяют это понять.

§ 9.1, (§9¹). ДИФФУЗИЯ В ЖИДКОСТЯХ, ГАЗАХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Движение молекул подтверждают многие явления. Одно из них – *диффузия*.

Явление, при котором вещества сами собой смешиваются друг с другом, называют диффузией. Диффузия (лат.) – растекание, распространение.

Диффузия в жидкостях.

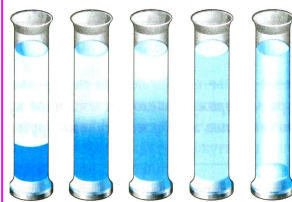


Рис. 14.1 (23). *Проведем опыт.* В стеклянный сосуд наливают водный раствор медного купороса. Он тяжелее воды и имеет *темно-голубой* цвет. Поверх раствора в сосуд осторожно, чтобы не смешать жидкости, наливают чистую воду. В начале опыта видна резкая граница раздела между водой и раствором медного купороса.

Сосуд оставляют в покое, продолжая наблюдать за границей раздела жидкостей. Через несколько дней граница расплывается, а недели через две исчезает. В сосуде образуется однородная жидкость бледно-голубого цвета. Жидкости перемешались.

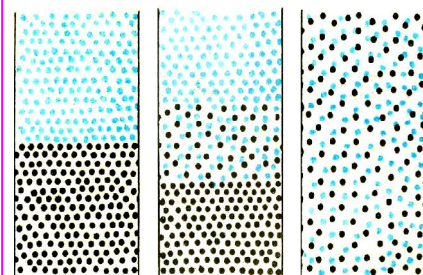


Рис. 15.1. (24). Это явление объясняют так. Сначала обмениваются местами вследствие своего движения отдельные молекулы воды и медного купороса, находящиеся около границы раздела этих жидкостей. Граница становится расплывчатой, так как молекулы медного купороса попадают в нижний слой воды и, наоборот, молекулы воды попадают в верхний слой раствора медного купороса. Затем часть этих молекул обменивается местами с молекулами, лежащими в следующих слоях. Граница раздела жидкостей становится еще более расплывчатой. Так как *молекулы движутся непрерывно и беспорядочно*, то этот процесс приводит к тому, что вся жидкость в сосуде становится однородной.

В газах диффузия происходит быстрее, чем в жидкостях.

Если в комнату внести какое-нибудь пахучее вещество, например нафталин, то очень скоро его запах будет ощущаться во всей комнате. Значит, всюду проникают молекулы нафталина - происходит диффузия. Молекулы нафталина, сталкиваясь с молекулами воздуха и двигаясь во все стороны беспорядочно, разлетаются по комнате во всех направлениях.

Явление диффузии происходит и в твердых телах, но очень медленно.

Диффузия имеет большое значение в жизни человека и животных. Так, например, кислород из окружающей среды благодаря диффузии проникает внутрь организма через кожу человека. Питательные вещества благодаря диффузии проникают из кишечника в кровь животных.

Диффузия происходит и при спайке металлических деталей.

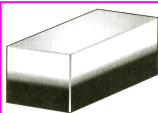


Рис. 16.1. (25). В одном из опытов гладко отшлифованные пластины свинца и золота положили одна на другую и сжали грузом. При обычной комнатной температуре (около 20⁰ С) за 5 лет золото и свинец срослись, взаимно проникнув друг в друга на расстоянии 1 мм. Получился тонкий слой из *сплава* золота со свинцом.



Вопросы

1. Что такое диффузия? Опишите опыт, в котором наблюдают диффузию

¹ Нумерация в скобках соответствует учебнику А. В. Пёрышкина – М.: Дрофа, 2003 г.

жидкостей.

2. Как объясняется диффузия с точки зрения молекулярного строения вещества?
3. При каких процессах и как происходит диффузия в организме человека и животных?



Упражнение

1. На каком явлении основана засолка огурцов, капусты, рыбы и других продуктов?

2. В воде рек, озер и других водоемов всегда содержатся молекулы газов, входящих в состав воздуха. Благодаря какому явлению попадают эти молекулы в воду? Почему они проникают до дна водоема? Опишите, как происходит при этом перемешивание воздуха с водой.

3. Положите в стакан чайную ложку сахара, и осторожно налейте сверху теплую воду так, чтобы не перемешать её с сахаром. Через несколько минут вблизи дна стакана можно заметить помутнение. Это сахарный сироп. Подождите ещё минут 15 и попробуйте воду на вкус. Что вы почувствовали? Объясните, что произошло.



Задание

1. Налейте в стакан холодной воды и опустите на дно его кусочек марганцовки. Не перемешивая воду, определите, через какое время молекулы марганцовки попадут в верхний слой воды. Объясните наблюдаемое явление.

2. Налейте в два стакана по одинаковому количеству воды. Один из них поставьте в теплое место, другой - в холодное (в холодильник, за окно, в сени). Через некоторое время опустите на дно каждого стакана по кусочку грифеля от «химического» карандаша (или крупинку марганцовки). Поставьте стаканы на прежние места. Утром и вечером отмечайте положение границы окрашенной и чистой воды в этих двух стаканах. На основании сделанного опыта сделайте соответствующий вывод.

§ 9.2. БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Самое очевидное доказательство движения молекул можно получить, наблюдая в микроскоп мельчайшие, взвешенные в воде частицы какого-либо твердого вещества. Эти частицы совершают беспорядочное движение, которое называют *броуновским* в честь открывшего его английского ботаника Р. Броуна (1773-1858). Он впервые наблюдал это явление в 1827 г., рассматривая в микроскоп взвешенные в воде споры растения *плауна*. Эти частички совершают беспорядочное движение.

Удивительным и непривычным является то, что это движение *никогда не прекращается*, рис.17.1,а,б. Мы ведь привыкли к тому, что любое движущееся

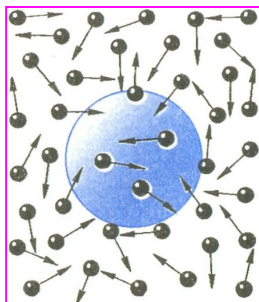
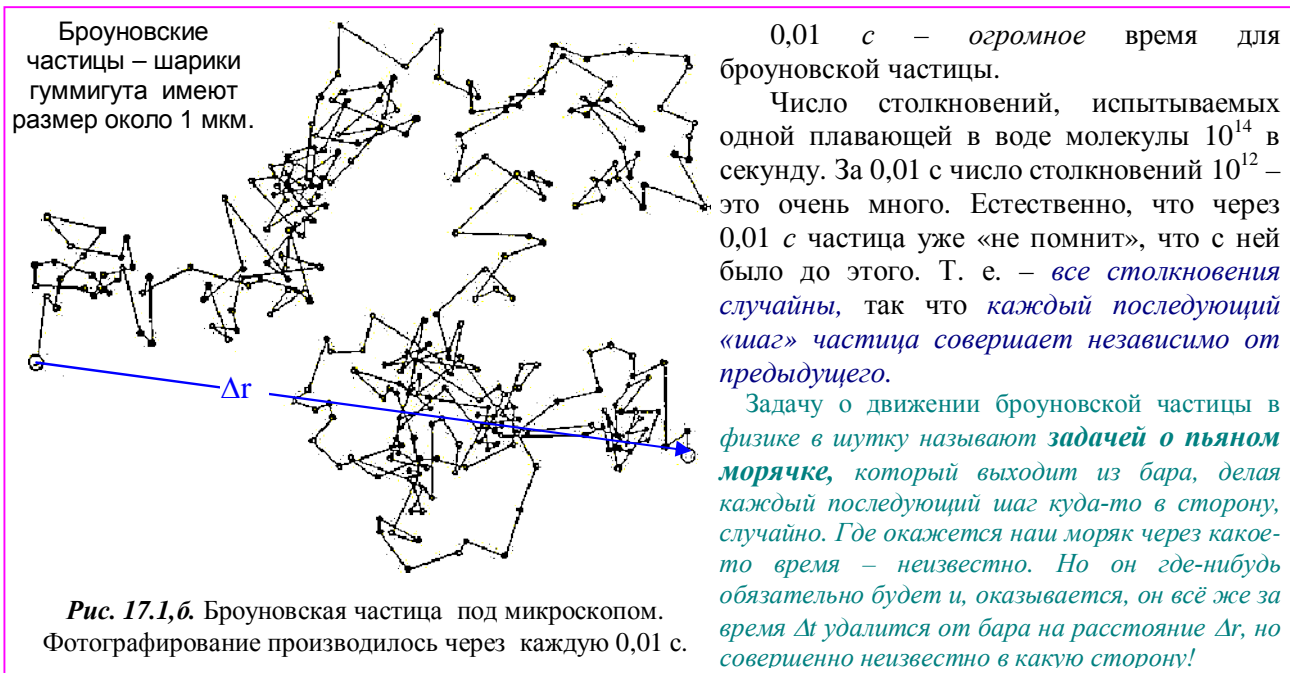


Рис. 17.1,а. Здесь схематически показано положение одной броуновской частицы и ближайших молекул. Причина броуновского движения частицы заключается в том, что удары молекул жидкости о частицу не компенсируют друг друга. При беспорядочном движении молекул передаваемые ими броуновской частице толчки (импульсы), например, слева и справа, неодинаковы. Это и вызывает изменение движения частицы. Броуновские частицы ведут себя как гигантские молекулы. Поэтому характер их движения полностью соответствует характеру движения молекул, но с той лишь разницей, что их скорость существенно меньше скорости движения молекул.

тело рано или поздно останавливается. Броун вначале думал, что споры *плауна* проявляют признаки жизни. Поэтому он рассматривал и другие мелкие частицы, в том числе частички камня из египетских пирамид. Сейчас для наблюдения

броуновского движения используют частички краски гуммигут (диаметром около $10^{-6}\text{ м} = 1\text{ мкм}$), которая нерастворима в воде (размер молекул воды около 10^{-10} м).

Чем выше температура, тем интенсивнее движение молекул. *Броуновское движение – это тепловое движение*, и оно не может прекратиться. С увеличением



температуры интенсивность его растет. На *рис. 17.1,б* приведена схема движения броуновской частицы. Положения частиц, отмеченные точками, определены через равные промежутки времени – 0,01 с. Эти точки соединены прямыми линиями. В действительности траектория частиц гораздо сложнее.

Броуновское движение можно наблюдать и в газе. При комнатных температурах скорости молекул газов составляют несколько сотен метров в секунду. Его совершают взвешенные в воздухе частицы пыли или дыма. В настоящее время понятие *броуновское движение* используется в более широком смысле. Например, броуновским движением называют дрожание стрелок очень чувствительных измерительных приборов, которое происходит из-за теплового движения атомов деталей приборов и окружающей среды.

Красочно описывает броуновское движение немецкий физик Р. Поль (1884-1976): *«Немногие явления способны так увлечь наблюдателя, как броуновское движение. Здесь наблюдателю позволяется заглянуть за кулисы того, что совершается в природе. Перед ним открывается новый мир - безостановочная сутолока огромного числа частиц. Быстро пролетают в поле зрения микроскопа мельчайшие частицы, почти мгновенно меняя направление движения. Медленнее продвигаются более крупные частицы, но и они постоянно меняют направление движения. Большие частицы практически толкутся на месте. Их выступы явно показывают вращение частиц вокруг своей оси, которая постоянно меняет направление в пространстве. Нигде нет и следа системы или порядка. Господство слепого случая - вот какое сильное, подавляющее впечатление производит эта картина на наблюдателя».*

§ 9.3. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ И ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА

Такие явления, как, например, нагревание и охлаждение воздуха, таяние льда, плавление металлов, кипение воды, называются *тепловыми* явлениями.

Мы знаем, что при нагревании холодная вода сначала становится теплой, а затем – горячей. Нагретая печь (или радиатор водяного отопления) постепенно охлаждается, а воздух в комнате нагревается.

Словами «холодный», «теплый», «горячий» мы называем тепловое состояние тел. Одной из величин, характеризующих тепловое состояние тел, является **температура**.

Температура горячей воды выше, чем температура холодной воды. Зимой температура воздуха на улице ниже, чем летом. Это изменяет облик природы, *рис. 2.1*.

Если наблюдать диффузию жидкостей в двух сосудах, один из которых в начале опыта помещен в холодное место, а другой в теплое, то можно обнаружить, что *диффузия при более высокой температуре происходит быстрее*. Это означает, что скорость движения молекул и температура тела связаны между собой.

Чем больше скорость движения молекул тела, тем выше его температура.

Например, в горячей воде сахар и соль растворяются быстрее, чем в холодной, в основном благодаря диффузии. Ускорение диффузии связано с тем, что при повышении температуры возрастают скорости движения молекул.

Теплая вода состоит из таких же молекул, как и холодная. Разница заключается в том, что *молекулы теплой воды движутся быстрее, чем молекулы холодной воды*.

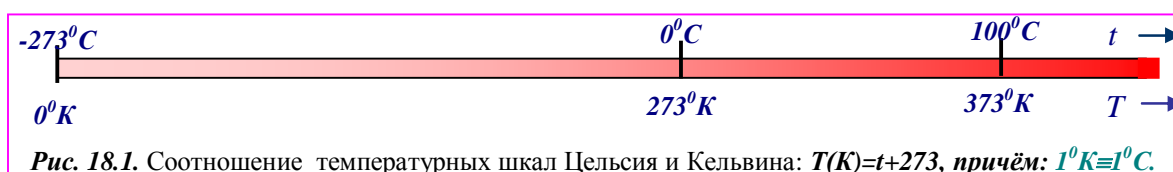
Температуру тела, как известно, измеряют **термометрами**. Принцип работы термометров основан на том, что *при нагревании тела расширяются*. Например, возрастание высоты столбика ртути или подкрашенного спирта в термометре пропорционально изменению температуры.

В нашей стране получила распространение стоградусная температурная шкала, предложенная шведским учёным Цельсием. Единицей температуры служит **градус ($^{\circ}\text{C}$)**. За 0°C принимается температура таящего льда, а за 100°C – температура кипящей воды. Между этими значениями шкала делится на 100 равных промежутков, каждый из которых принимается за 1°C . Температуру по шкале Цельсия обычно обозначают латинской буквой *t*.

В других странах используются чаще другие температурные шкалы. Например, в Англии и США шкала Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$), в которой таянию льда и кипению воды соответствуют значения 32°F и 212°F . 1°F составляет $(5/9)^{\circ}\text{C}$. комнатная температура по шкале Фаренгейта – около 68°F , а температура человеческого тела – 96°F .

Однако в научных исследованиях обычно используется другая температурная шкала, называемая **абсолютной**. Её предложил английский учёный **Кельвин**. Она соответствует представлению о температуре как о *мере энергии движения молекул* вещества. Температуру по шкале Кельвина (абсолютную) обозначают большой буквой **T**. **Нулю по шкале Кельвина ($T=0$) соответствует температура, при которой должно прекращаться тепловое движение молекул всякого вещества.**

Нулю по шкале Кельвина соответствует температура, приблизительно равная $t \cong -273^{\circ}\text{C}$, *рис. 18.1*. К такой температуре можно лишь приблизиться, но *достигнуть 0°K невозможно*. Это означает, что *тепловое движение молекул полностью прекратит невозможно*.



Вопросы

1. Какие тепловые явления вы знаете?
2. Как протекает диффузия при более высокой и более низкой температурах?
3. Как связана температура тела со скоростью движения его молекул?
4. Чем отличается движение молекул холодной воды от движения молекул теплой воды?



Упражнение

1. Почему сахар и соль быстрее растворяются в горячей воде, чем в холодной?
2. В каком рассоле – горячем или холодном – быстрее просаливаются огурцы? Почему?

Вспомните *третье* положение МКТ:

«Мы живём в мире макроскопических тел, 1) состоящих из колоссального количества весьма малых обособленных микрочастиц – молекул, которые, в свою очередь, построены из атомов. 2) Они находятся в непрерывном хаотическом движении, интенсивность которого зависит от температуры вещества. 3) Эти частицы притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одну из них плотнее прижать к другой».

§ 10. ВЗАИМНОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ И ОТТАЛКИВАНИЕ МОЛЕКУЛ

Мы видим, что твердые тела и жидкости не распадаются на отдельные молекулы, несмотря на то, что молекулы разделены промежутками и находятся в беспорядочном непрерывном движении. Более того, твердое тело трудно растянуть или разломать: молекулы не только удерживаются друг около друга, но и в некоторых случаях промежутков между ними трудно увеличить. Это объясняется тем, что между молекулами существует взаимное притяжение. Каждая молекула притягивает к себе соседние молекулы, и сама притягивается к ним.

Заметить притяжение между двумя молекулами совершенно невозможно. Когда же притягиваются многие миллионы таких частиц, взаимное притяжение становится значительным. Поэтому трудно разорвать руками веревку или стальную проволоку. Когда мы разрываем нить, ломаем палку или отрываем кусочек бумаги, мы тоже преодолеваем силы притяжения между молекулами.

Притяжение между молекулами в разных веществах неодинаково.

Этим объясняется различная прочность тел. Например, стальная проволока прочнее медной. Это значит, что частицы стали притягиваются сильнее друг к другу, чем частицы меди.

Слипаются и не разрываются даже при сравнительно большой нагрузке и два куска свинца, приложенные друг к другу свежими срезами (рис. 19.1*).

Однако если мы разломим кусочек мела на части и снова составим их, они не будут удерживаться друг около друга. Почему? Дело в том, что притяжение между молекулами становится заметным лишь тогда, когда они находятся очень близко одна от другой, когда расстояния между их центрами порядка $0,000\ 000\ 001\ \text{м} = 10^{-9}\ \text{м}$. Поэтому ничтожно малой щели между частицами мела достаточно, чтобы притяжение между молекулами значительно ослабло.

Кусочки расколотого стекла не слипаются друг с другом. Если же края осколков нагреть так, что они начнут плавиться, то их можно прочно соединить. На этом основана сварка металлов, а также спайка и склеивание.

А вот куски замазки или пластилина слипаются легко. Происходит это потому, что их можно сблизить на такое расстояние, на котором действует притяжение молекул.

Если жидкость смачивает твердое тело, то это значит, что молекулы жидкости притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам тела, рис. 19.1**. Если жидкость не смачивает тело, то это означает, что молекулы жидкости притягиваются сильнее друг к другу, чем к молекулам твердого тела.

Итак, между молекулами существует взаимное притяжение.

Но тогда возникает вопрос: почему существуют промежутки между молекулами?

Казалось бы, молекулы должны притянуться друг к другу и «слипнуться». Не происходит этого потому, что при большом сближении, когда расстояния между центрами молекул менее $d_0 \cong 10^{-10}\ \text{м}$, они отталкиваются друг от друга. Что такое отталкивание существует, видно из многих явлений, например, сжатые тела (ластик, пружина) распрямляются.

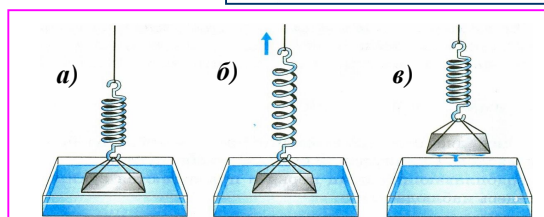


Рис. 19.1**; (27).

Вода смачивает стекло.

К пружине подвешивают стеклянную пластинку так, чтобы ее нижняя поверхность была расположена горизонтально. Эту пластинку подносят к сосуду с водой так, чтобы она легла на поверхность воды (а). При отрывании пластинки от воды пружина заметно растянется (б). Это доказывает существование притяжения между молекулами. По растяжению пружины можно судить о том, насколько оно велико. Оторвав пластинку, можно увидеть, что на ней остается тонкий слой воды, т. е. пластина смочена водой (в).

Вода может и не смачивать тела.

Если опустить в воду кусочек воска или парафина, а затем вынуть, то он окажется сухим. Всем хорошо известно, что вода не смачивает и жирные поверхности тел. Перья водоплавающих птиц не смачиваются

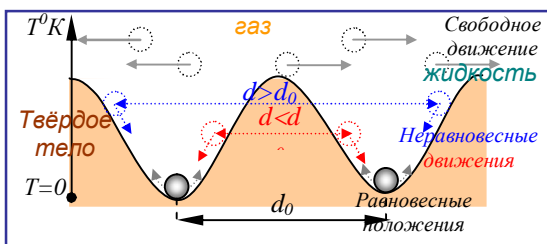


Рис. 20.1. При температуре T вблизи 0°K частицы, совершая **тепловое движение**, если колеблются на дне «потенциальных ям», вблизи устойчивых положений на расстояниях d_0 . Так ведут себя **твёрдые тела**. С ростом T колебания усиливаются. Если расстояния между частицами оказываются больше d_0 , они стремятся сблизиться. Если меньше – стремятся разойтись. При высоких T частицы «выскакивают» из своих ямок и перемещаются над ними. Так ведут себя **жидкости** и **газы**. При этом у газов движение частиц столь быстрое, что они уже не возвращаются в свои ямки, а стремятся разлететься как можно дальше друг от друга. Но при низких T чтобы вытащить частицу из её ямки, надо затратить значительную работу.
Так устроено всё существующее.

Это происходит из-за того, что при сжатии молекулы оказываются на таком расстоянии друг от друга, когда начинает проявляться отталкивание.

Микрочастицы (атомы, молекулы) **твёрдого** и **жидкого** веществ стремятся расположиться на таких расстояниях d_0 друг от друга, чтобы отталкивание и притяжение уравновешивали друг друга. При этом можно представить, что каждая частица **твёрдого** вещества «сидит» в так называемой «потенциальной яме», совершая колебания вокруг устойчивого равновесного положения. Эти колебания – и есть **тепловое движение** молекул **твёрдого** тела, рис.20.1.

Чем выше температура, тем больше амплитуда колебаний, тем выше частички забираются на стенки своих ямок. При этом если расстояния между ними оказываются меньше d_0 , они отталкиваются; если больше – притягиваются. Поэтому, если **твёрдое** тело сжать или растянуть, его частицы стремятся возвратиться в исходное положение. Чем круче стенки ямок (чем меньше d_0), тем сильнее восстанавливающие усилия, тем прочнее **твёрдое** тело.

С повышением температуры колебания усиливаются; молекулы поднимаются до краёв своих ямок и могут перескакивать из одной ямки в другую, меняться местами. Но расстояния между молекулами почти не увеличивается. При этом тело переходит в **жидкое** состояние. В **жидком** состоянии молекулы ведут «кочевой образ жизни».

Дальнейшее повышение температуры приводит к тому, что молекулы совсем покидают свои «ямки» и удаляются друг от друга на столь большие расстояния, что силы взаимодействия

между ними становятся ничтожно малыми. Молекулы стремятся занять как можно больший объём. Это и есть **газообразное** состояние вещества.

Для разных веществ различны не только равновесные расстояния между частицами d_0 , но и глубина потенциальных ям. Глубина ям имеет простой физический смысл – чтобы выбраться из своей ямы, частице нужна энергия, как раз равная её глубине. Поэтому глубину ямы можно назвать **энергией связи** частиц. Чем она больше, чем большую энергию надо затратить для освобождения находящейся в ней частицы.

Итак, при достаточно сильном нагревании тепловое движение микрочастиц приведёт к тому, что они просто выскакивают из ямок. Так происходит, когда вещество переходит в газообразное состояние. Газ стремится заполнить всё пространство. Но при достаточно низких температурах микрочастицы находятся на большой глубине своих ямок. Этим и объясняются свойства твёрдых тел. Промежуточное положение соответствует жидкому состоянию.



Вопросы

1. Почему твердые и жидкие тела не распадаются сами собой на отдельные молекулы?
2. При каких условиях притяжение между молекулами заметно?
3. Почему два куска мела не соединятся при сдавливании, а два куска замазки или свинца соединяются?
4. Какие явления указывают на то, что молекулы не только притягиваются друг к другу, но и отталкиваются?
5. Какое явление, наблюдаемое в природе, основано на притяжении молекул твердого тела и жидкости?
6. Какие примеры смачивания и несмачивания твердых тел жидкостью можно привести?



Упражнение

1. Смочите два листочка бумаги: один – водой, другой – растительным маслом. Слипнутся ли они? ответ обоснуйте.
2. У водоплавающих птиц перья и пух остаются сухими. Какое явление здесь наблюдается?

§ 11. ТРИ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА



Рис. 21.1. Зимой вода на поверхности озер и рек замерзает, переходит в **твердое** состояние - лед. Подо льдом вода остается **жидкой**. Здесь одновременно существуют два различных состояния воды - **твердое** (лед) и **жидкое** (вода). Существует и **третье** состояние воды - **газообразное**: невидимый водяной пар находится в окружающем нас воздухе.

В природе вещества встречаются в трех состояниях: в **твердом**, **жидком** и **газообразном**. Например, вода может находиться в **твердом**, в **жидком** и **газообразном** состояниях, рис. 21.1.

В хорошо знакомом вам градуснике ртуть – это жидкость. Над поверхностью ртути находятся ее пары, а при температуре -39°C ртуть превращается в твердое тело.

В различных состояниях вещества обладают разными свойствами.

Большинство окружающих нас тел состоят из твердых веществ. Это дома, машины, инструменты и др. Форму твердого тела можно изменить, но для этого необходимо приложить усилие. Например, чтобы согнуть гвоздь, нужно приложить довольно большое усилие.

В обычных условиях трудно сжать или растянуть твердое тело. Для придания твердым телам нужной формы и объема

на заводах и фабриках их обрабатывают на специальных станках: токарных, строгальных, шлифовальных.

Твердое тело имеет собственную форму и объем.

В отличие от твердых тел, жидкости легко меняют свою форму. Они принимают форму сосуда, в котором находятся.

Например, молоко, наполняющее бутылку, имеет форму бутылки. Налитое же в стакан, оно принимает форму стакана. Но, изменяя форму, жидкость сохраняет свой объем (рис. 21,а.1).

На свойстве жидкости легко изменять свою форму, основано изготовление предметов из расплавленного стекла (рис. 22.1).

Жидкости легко меняют свою форму, но сохраняют объём.

Воздух, которым мы дышим, является газообразным

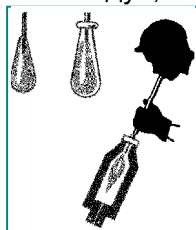


Рис. 22.1; (29). На свойстве жидкости легко изменять свою форму, основано изготовление предметов из расплавленного стекла

веществом, или газом. Поскольку большинство газов бесцветны и прозрачны, то они невидимы.

Присутствие воздуха можно почувствовать, стоя у открытого окна движущегося поезда. Его наличие в окружающем пространстве можно ощутить, если в

комнате возникнет сквозняк, а также доказать с помощью простых опытов, рис.23.1.

Эти и многие другие примеры подтверждают, что в окружающем пространстве имеется воздух.

Газы в отличие от жидкостей легко изменяют свой объем.

Сжимаемость газов в тысячи раз больше, чем жидкостей.

Когда мы сжимаем теннисный мяч, мы меняем объем воздуха, наполняющего мяч.

Газы имеют еще одно **особенное** свойство, какого нет у твердых тел и жидкостей, а именно: **газ, помещенный в закрытый сосуд, занимает его весь, целиком**. Нельзя газом заполнить половину бутылки так, как это можно сделать жидкостью.

Газы не имеют собственной формы и постоянного объема. Они принимают форму сосуда и заполняют весь предоставленный им объем.



Рис. 21,а.1; (28). Молоко, наполняющее бутылку, имеет форму бутылки; налитое в стакан, оно принимает форму стакана.

Но, изменяя форму, жидкость сохраняет свой объем.

В обычных условиях лишь маленькие капельки жидкости имеют свою форму – форму шара. Это, например, капли дождя или капли, на которые разбивается струя жидкости.

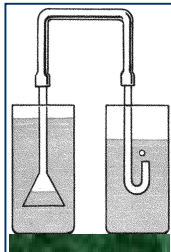


Рис. 23.1; (30). Присутствие воздуха доказывается простым опытом. Если стакан перевернуть вверх дном и попытаться опустить его в воду, то вода в стакан не войдет, поскольку он заполнен воздухом. Теперь опустим в воду воронку, которая соединена резиновым шлангом со стеклянной трубкой. Воздух из воронки начнет выходить через эту трубочку.



Вопросы

1. Какие три состояния вещества вам известны? 2. Перечислите свойства твердых тел. 3. Назовите свойства жидкостей. 4. Какими свойствами обладают газы?



Упражнение

1. Тело сохраняет свой объем, но легко меняет форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело? 2. Тело сохраняет свой объем и форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело? 3. Приведите примеры использования свойств твердых тел и жидкостей в технике. 4. Какие тела, в каких состояниях изображены на рис.1.1? Расскажите подробно.

§ 12, РАЗЛИЧИЕ В МОЛЕКУЛЯРНОМ СТРОЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ



М. В. Ломоносов (1711 – 1765) – великий русский ученый, одним из основателей учения о молекулярном строении вещества.

Вот как представлял себе М. В. Ломоносов строение газов: «Частицы газа сталкиваются с другими соседними в беспорядочной взаимности, отскакивают друг от друга и снова сталкиваются с другими, более близкими, снова отскакивают, так что стремятся рассыпаться во все стороны, постоянно отталкиваемые друг от друга такими очень частыми взаимными ударами».

Лед, вода и водяной пар – *три* состояния одного и того же вещества – воды. Значит, молекулы льда, воды и водяного пара не отличаются друг от друга. Следовательно, эти *три состояния различаются не молекулами, а тем, как молекулы расположены и как движутся.* Как же расположены и как движутся молекулы газа, жидкости и твердого тела?

Газ можно сжать так, что его, объем уменьшится в несколько раз. Значит, *в газах расстояния между молекулами большие, много больше размеров самих молекул.* В среднем расстояния между молекулами газов в десятки раз больше размера молекул. На таких расстояниях молекулы очень слабо притягиваются друг к другу. Поэтому-то газы не имеют собственной формы и постоянного объема. Нельзя наполнить газом часть сосуда, так как, *двигаясь во всех направлениях и почти не притягиваясь друг к другу, молекулы быстро заполнят весь сосуд, рис.24.1,а.*

Свойства жидкостей объясняются тем, что промежутки между их молекулами малы рис.24.1,б: молекулы в жидкостях упакованы так плотно, что расстояние между каждыми двумя молекулами меньше самой молекулы. На таких расстояниях притяжение молекул друг к другу уже значительно. Поэтому *молекулы жидкости не расходятся на*



большие расстояния, и жидкость в обычных условиях сохраняет свой объем. Однако притяжение молекул жидкостей еще не настолько велико, чтобы жидкость сохраняла свою форму. Этим объясняется, что жидкости принимают форму сосуда и их легко разбрызгать и перелить в другой сосуд.

Сжимая жидкость, мы сближаем ее молекулы настолько, что они начинают отталкиваться. Вот почему *жидкость так трудно сжать.*

Твердые тела в обычных условиях сохраняют и объем, и форму рис.24.1; 25.1. Это объясняется тем, что притяжение между их частицами еще больше, чем у жидкостей.

Некоторые из твердых тел, например снежинки, имеют естественную правильную и красивую форму рис. рис.25.1.

Частицы (молекулы или атомы) большинства твердых тел таких, как лед, соль, нафталин, металлы **расположены в определенном порядке**. Такие твердые тела называют **кристаллическими**. Хотя частицы этих тел и находятся в движении, но **каждая из них движется около определенной точки, подобно маятнику часов, т. е. колеблется**. Частица не может переместиться далеко от этой точки, поэтому твердое тело сохраняет свою форму.

У кристаллических твёрдых тел молекулы выглядят в виде упорядоченной системы атомов (см. раздел **Дополнение к главе 1**). На рис. 26.1 показаны так называемые **кристаллические решетки** (модели расположения атомов) обычной поваренной соли (молекулы которой состоят из атомов **натрия Na** и **хлора Cl**) и алмаза (из атомов **углерода C**). Атомы в этих веществах расположены в строгом порядке и образуют **кристаллы**.



Вопросы

1. Имеется ли отличие между молекулами льда, воды и водяного пара?
2. Как расположены молекулы газов?
3. Почему газы заполняют весь предоставленный им объем?
4. Чем объясняется очень малая сжимаемость жидкостей? Почему они не сохраняют свою форму?
5. Почему кристаллические твердые тела сохраняют свою форму и объем?
6. Кого из русских ученых считают основателем учения о строении вещества?



Рис. 25.1. Снежинки – кристаллики льда. Соответствуют форме кристаллической решетки льда.



Рис. 26.1. Упаковка атомов и пространственная

О М. В. Ломоносове:

"Он создал первый Университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом".

А. С. Пушкин.

Однажды один вельможа указал Михайле Ломоносову на дырку в его кафтане, спросив с издёвкой: "Что это у вас, уважаемый академик, ум из кафтана выглядывает?" "Нет, - отвечал Ломоносов, - это глупость туда заглядывает".



В этой главе вы познакомились с тремя положениями молекулярно-кинетической теории (МКТ) и узнали, сколь многое можно понять на основе этой теории о происходящем в окружающем мире. Но всё это, так сказать, «тайны природы на уровне молекул и атомов». Ну а из чего состоят сами молекулы и атомы, и какие тайны природы скрыты там? С этими тайнами люди начали знакомиться только в начале XX века, и перед ними открылось нечто совершенно странное и непонятное. Кое-что из этого вы узнаете уже на следующих страницах.



Приложение к главе 1

Из чего состоят молекулы?

Посмотрите «Чем отличается «маленькое» от «большого» во «Введении»!

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) сыграла очень важную роль в развитии естествознания. Но лишь в XX века у физиков появились возможности глубже разобраться в строении материи. Одним из основных объектов физики и химии XX века, и, особенно сегодняшней, стал мир молекул, атомов и еще более “маленьких” – *элементарных* частиц. Размеры этих объектов характеризуются расстояниями порядка $10^{-15} - 10^{-10}$ м. Разделы физики, изучающие закономерности этого странного мира называются *квантовой (волновой) механикой и квантовой электродинамикой*.

Это очень странный мир. Он не похож ни на что, когда-либо виденное человеком. Дело в том, что его просто невозможно увидеть в обычном понимании (длины волн видимого света 400-700 нм). Например, частицы там просто не имеют цвета, они похожи на волны, а волны на частицы; пространство и время не такие, к которым мы привыкли. Там невозможно определить скорость частицы в данной точке. Там вечное движение, но оно не похоже на то, к которому мы привыкли. Там действуют самые мощные силы, таится огромная энергия...

В последние годы, вместо слова «микромир», стали использовать термин «наномир» (по-гречески нанос (nanos) – это карлик). Соответственно интенсивно развивающиеся технологии, направленные на создание новых материалов, микросхем, различных специальных устройств, стали называть *нанотехнологиями*.

Хотя и этот термин не соответствует указанным реальным масштабам того, что изучает современная физика, пытаясь разобраться в тайнах строения вещества. Ведь единица измерения длины $1 \text{ нм} = 0,001 \text{ мкм} = 10^{-9} \text{ м} = 10 \text{ \AA}$ не так уж мала. Она в $1\,000\,000 = 10^6$ раз больше атомного ядра; на 1 нм можно уложить приблизительно 9 атомов кислорода.

Изобретение туннельного сканирующего микроскопа (см. *рис. 10.1*), разработка новых материалов на атомном и молекулярном уровнях, создание различных электронных микросхем (компьютера, мобильного телефона) – это примеры таких разработок. Изучая мир элементарных частиц, физики надеются создать управляемые источники огромной энергии. Это на многие десятилетия избавило бы человечество от «энергетического голода».

Представление о строении атомов.

Весь наш материальный мир состоит из ста с небольшим *химических элементов*¹. Атом – это мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. Древние греки считали атом мельчайшей составной частью любой материи.

Самое важное открытие в исследовании строения атома сделал английский физик Э. Резерфорд. Он установил, что по своему строению атом похож на Солнечную систему (см. *рис. 21* во «Введении»): в центре – тяжелое неподвижное ядро, вокруг движутся электроны, образующие электронные оболочки. Это как бы спутники, вращающиеся вокруг своей планеты, *рис. 27.1*.

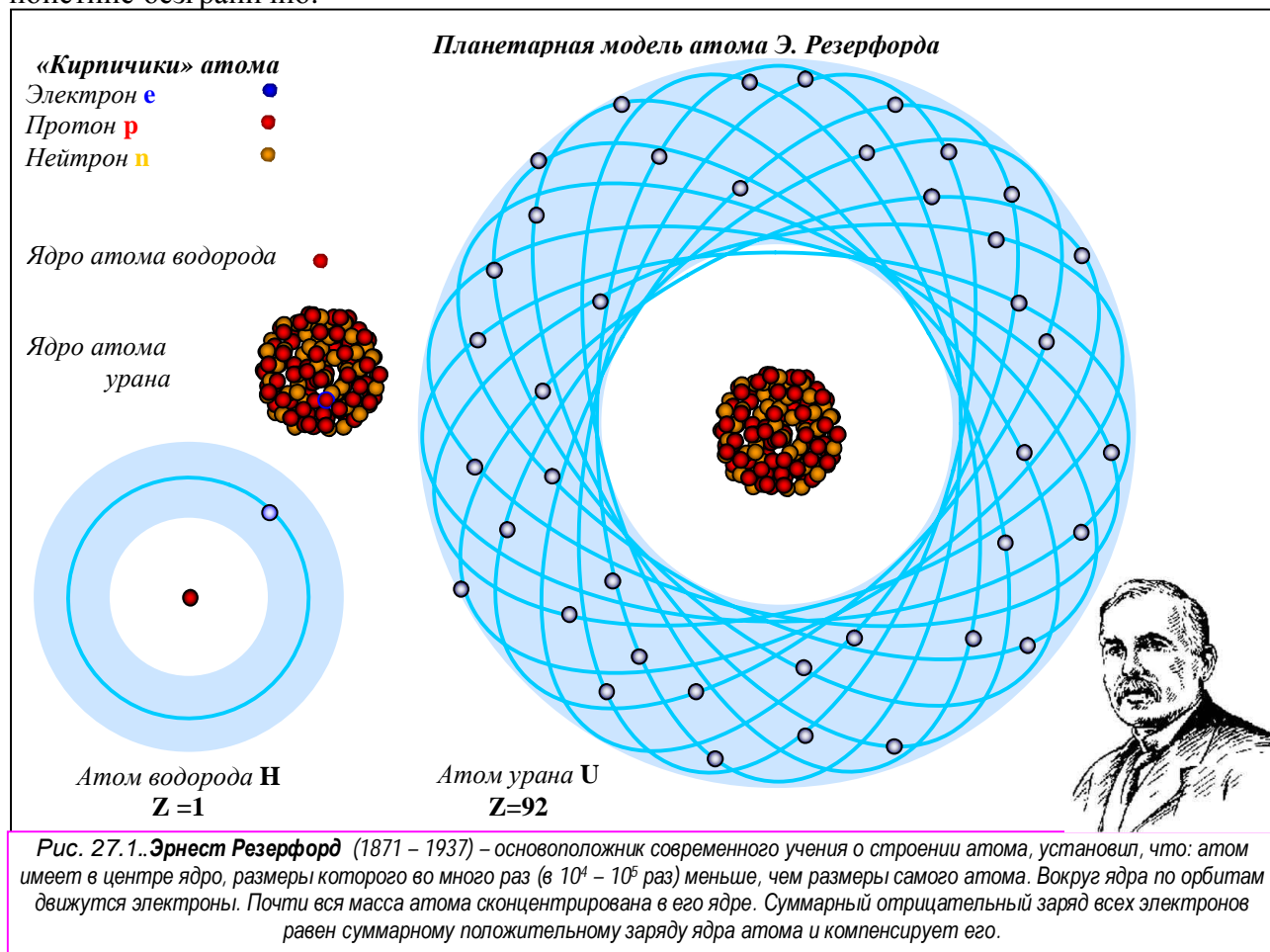
Три элементарные частицы — электрон (**e**), протон (**p**) и нейтрон (**n**) — являются теми строительными «кирпичиками», из которых состоит каждый атом. Комбинация из протонов и нейтронов образует плотную сердцевину, или ядро, находящуюся в центре каждого атома. Такое ядро имеет диаметр около 10^{-15} м.

Вокруг ядра находится облако электронов, благодаря чему диаметр атома составляет около $(0,53-1,6) \cdot 10^{-10}$ м. Таким образом, полный диаметр атома равен приблизительно 100 000 диаметрам его ядра (см. *рис. 28.1*). При этом плотность ядра такова, что в нем содер-

¹ Число элементов в природе ограничено – слишком большие атомы оказываются неустойчивыми. В Дубне был получен 114-й элемент, который “жил” всего 30 секунд, что невероятно долго для атома такого размера.

жится почти вся масса атома. Масса внешнего электронного облака составляет около 1/2000 полной массы атома.

Из относительно небольшого числа атомов химических элементов состоят все молекулы (подобно тому, как из небольшого числа букв – все слова). Разнообразие молекул (как и слов) поистине безгранично.



Все химические элементы систематизированы в **периодической системе элементов Д. И. Менделеева**, строгое количественное объяснение которой дала квантовая физика. Химические свойства каждого элемента определяются числом электронов (**e**) в электронной оболочке его атомов. Каждому элементу присвоен свой порядковый номер **Z**, равный числу электронов в атоме данного элемента (**Z** = количеству электронов **e** атома).

Электроны **e** имеют отрицательный электрический заряд, а протоны **p** – положительный, **рис. 29.1**. Число электронов **e** в атоме всегда равно числу протонов **p**, **рис. 27.1**. Поэтому их заряды компенсируются, а атом в целом является нейтральным. Нейтроны **n** не имеют никакого заряда – они нейтральны.

В качестве *моделей* этих микрочастиц – электронов **e**, протонов **p**, нейтронов **n**, рассматриваются *точечные* частицы, обладающие массой и соответствующими электрическими зарядами, **рис.29.1**.

Массы **протона p** и **нейтрона n** почти одинаковы, а масса **электрона e** – в 1840 раз меньше. Поэтому в приближенных расчётах массу **электронов e** не учитывают.



Рис. 28.1. Длина судна и диаметр булавочной головки отличаются так же, как размер атома и его ядра. Поэтому невозможно изобразить атом и его ядро на одном рисунке в масштабе: **все** рисунки – лишь условные схемы атомов.

Заряды Рис. 29.1. В природе существуют электрические заряды двух сортов: отрицательные (-) и положительные (+). Заряды одинаковых знаков, отталкиваются, а разных знаков – притягиваются. Значит, чтоб они не разлетелись, их нужно тщательно перемешать в равных количествах. В нейтральных телах именно всё так и сделано!



Электрон e и протон p – это элементарные, самые маленькие из возможных, электрически заряженные частицы. Их заряды равны по величине, но противоположны по знаку: $|e|=|p|$.

$$|e|=|p|$$

Ядро



Рис. 30.1. Частицы, образующие ядро атома (протоны и нейтроны), называются нуклонами:

Нуклоны

Нейтрон n Протон p

Атомная масса A показывает, во сколько раз масса атома данного элемента больше атома самого легкого элемента – водорода H (имеющего один протон p и один электрон e^{-}).

Водород имеет атомный номер $Z_H=1$; атомную массу $A_H=1$, рис. 27.1.

Атомная масса A приблизительно (без учёта массы электронов) равна порядковому номеру атома + число протонов, рис. 30.1:

$$A \cong Z+n = \text{число } p + \text{число } n.$$

Число нейтронов n может быть разным в ядре данного элемента. Такие элементы называют **изотопами**. Изотопы имеют один и тот же атомный номер Z , но разные атомные массы A . В природе изотопы одного элемента обычно перемешаны. Атомная масса такой смеси представляет собой нечто среднее. Именно это среднее значение и указано в периодической системе. Поэтому в ней атомные массы

Все атомы $Z=2$ устроены ...

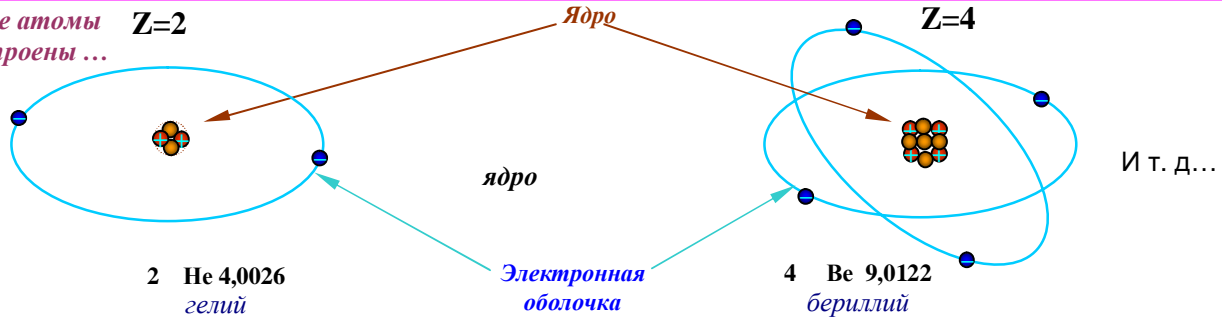


Рис. 31.1. Все атомы устроены одинаково: в центре расположено массивное и очень маленькое по размеру ядро, состоящее из положительных частиц протонов p и нейтральных нейтронов n . Вокруг ядра вращаются (подобно планетам солнечной системы) гораздо менее массивные отрицательно заряженные электроны e .

Число электронов и протонов в атоме одинаково и соответствует его порядковому №:

$$\text{число } e = \text{числу } p = Z$$

Атомы-изотопы

Так выглядит ячейка периодической системы Менделеева:

1 H 1,0079
водород

Атомный № Z Символ элемента Атомная масса A



Рис. 32.1. Водород имеет три изотопа

элементов выражаются нецелыми числами (для водорода – $A = 1,0079$), рис. 32.1. Химические свойства изотопов одинаковые.

Химическим элементом называется совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

Изотопы – это разновидности одного химического элемента, отличающиеся атомными массами – количеством протонов в ядрах атомов данного элемента.

Если элементов всего в природе около 100, то изотопов – более 2000.

² Точнее – за единицу атомной массы принимается 1/14 атомной массы углерода C , весьма близкая к массе атома водорода H .

Опыт показывает, что большинство атомов при определённых условиях могут терять электроны с внешней орбиты или приобретать на неё лишние. В этих случаях электрический баланс атома между ядром и электронным слоем нарушается. Атом перестаёт быть нейтральным и превращается в **положительный** (когда **число протонов преобладает**) или **отрицательный** (когда **число электронов преобладает**) **ион** (т. е. атом, у которого количества протонов и электронов различны). Подобные явления называются **ионизацией** атома, *рис. 33.1*. Ионы разных знаков притягиваются; одинаковых – отталкиваются. Ионы легко вступают в соединения. Химические свойства вещества зависят от количества электронов на внешней оболочке атома.

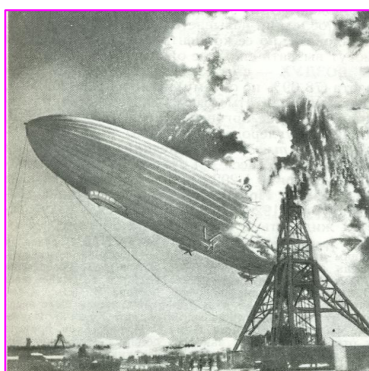
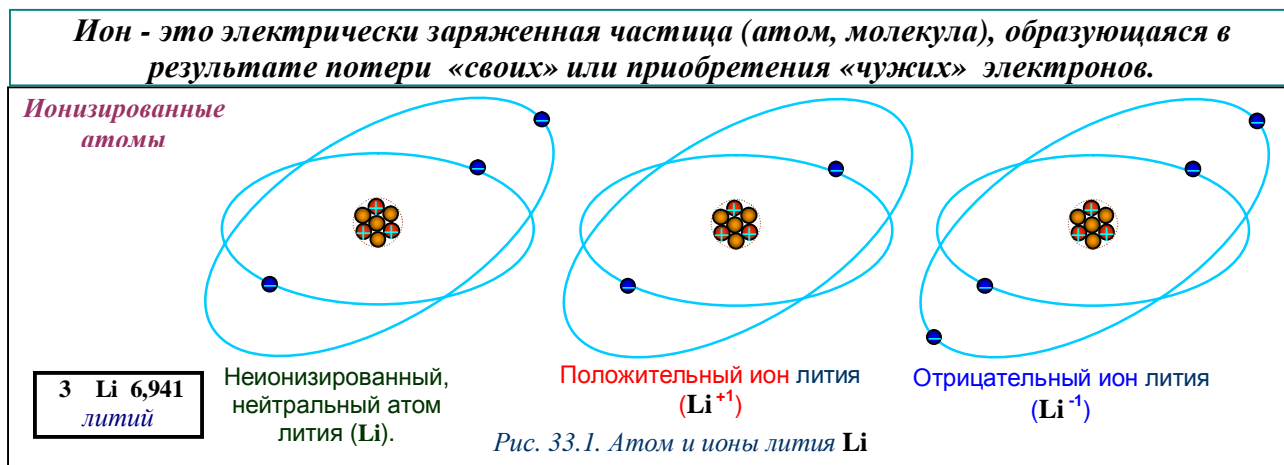


Рис. 34.1. Взрыв дирижабля «Гинденбург»
Это «всего лишь» химическая реакция горения – на уровне внешних электронных оболочек


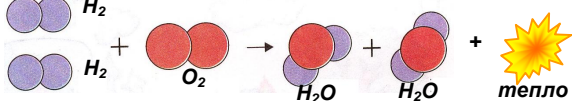
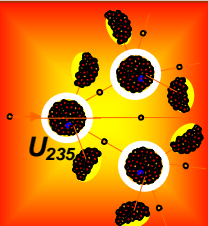


Рис. 35.1. Взрыв ядерной бомбы происходит, когда ядерные силы не в состоянии сдержать протоны и нейтроны внутри ядер атомов.

Между электронами оболочки и протонами ядра атома действуют электрические силы притяжения. Они удерживают электроны подобно тому, как Солнце удерживает планеты. Это большие силы, но они зависят от расстояния между зарядами. А расстояния от внешних электронов до ядра в $\approx 10^5$ раз больше, чем между протонами – положительными зарядами самого ядра! Значит, огромные силы **взаимного отталкивания протонов** должны были бы «взорвать» ядро. Однако этого не происходит, так как кроме электрических, в ядре действуют совершенно иные, самые большие из известных – **ядерные силы**. Они действуют между нуклонами (протонами и нейтронами) ядра **независимо от** наличия или отсутствия у них **электрического заряда**. Это силы притяжения, многократно превосходящие электрические. Они **короткодействующие** – действуют только на очень малых расстояниях порядка $\approx 10^{-15}$ м. Поэтому ядра – сгустки очень плотной материи. Возможно самой плотной в земных условиях. А сами ядра с ростом числа нуклонов сначала становятся неустойчивыми, а затем вообще теряют способность к существованию. Ограничение числа элементов в природе связано именно с этой особенностью ядерных сил. **Ядерные силы – это «богатырь с очень короткими руками».**

Теперь нетрудно понять, почему энергия, связанная с различными химическими реакциями (в частности, с горением, *рис. 34.1*), протекающими на уровне изменений внешних электронных оболочек атома, несравнима (в миллионы раз!) меньше энергии ядерных реакций, связанных с нарушением равновесия между силами, действующими в атомном ядре, *рис.*

Подробнее об энергии, высвобождаемой при ядерных реакциях, вы узнаете в будущем.

<p>При горении углерода C он соединяется с кислородом O₂ и образует углекислый газ CO₂. При этом выделяется тепло:</p> 	<p style="text-align: center;">Химические реакции</p> <p>При горении водорода H₂ он соединяется с кислородом O₂ и образуется вода H₂O. При этом выделяется большое количество тепла:</p> 
 <p style="text-align: center;">Ядерная реакция деления урана 235</p> <p>Малоустойчивые ядра распадаются под ударами «быстрых» нейтронов на осколочные ядра и «вторичные» нейтроны</p>	<p>При сгорании угля C образуется углекислый газ CO₂ и выделяется тепло.</p> <p>При сгорании водорода H₂ образуется вода H₂O и выделяется в несколько раз больше тепла.</p> <p>При расщеплении ядер урана выделяется в миллионы раз больше тепла, чем при химических реакциях.</p>

Итак, «кирпичиками» для вещества могут служить *молекулы, атомы и ионы (в связанном состоянии)*.

Из *атомов* состоят некоторые вещества, находящиеся при нормальных условиях в газообразном (гелий **He**, неон **Ne** и другие) или твёрдом (кремний **Si**, мышьяк **As**, сера **S**) состояниях, *рис. 36.1*.

Из *молекул*, включающих два и более атомов, состоит, например, водород (**H₂**), кислород (**O₂**), вода (**H₂O**), углекислый газ (**CO₂**), *рис. 37.1*. Молекулы веществ, из которых состоят живые организмы, могут состоять из многих тысяч атомов. Например, дезоксирибонуклеиновой кислоты – **ДНК**, *рис.11.1*.

Для объяснения свойств воды важно понимать, что она состоит не из отдельных атомов кислорода **O** и водорода **H**, а из частиц, представляющих *совокупность двух атомов водорода и одного атома кислорода*, расположенных в строго определенном порядке.

Углекислый газ тоже состоит из *совокупности двух атомов кислорода и один атом углерода*, расположенных на одной прямой.

Из положительных *ионов* состоят кристаллические решётки металлов (меди, железа, алюминия и т. д.), *рис. 38.1*. «Недостающие», «обобществлённые» электроны располагаются между ними (при этом суммарное количество электронов и протонов в кристаллах одинаково!)

Эти «обобществлённые» электроны легко перемещаются в толще вещества. Поэтому металлы хорошо проводят электрический ток и тепло. А ионы совершают колебания около определенных устойчивых положений, удалиться от которых они не могут.

Из ионов состоят также соли, основания и ряд других веществ. Однако в отличие от металлов в этих веществах ионы имеют различные знаки. Обычная поваренная соль (**NaCl**), к примеру, состоит из положительных ионов натрия **Na⁺** и отрицательных ионов хлора **Cl⁻**.

Мы с вами чуть-чуть приоткрыли одну из величайших тайн природы – как устроены мельчайшие «кирпичики», из которых состоит вся Вселенная. Сегодня учёным уже понятно, какими свойствами и почему должны обладать эти мельчайшие «кирпичики»; как и почему эти свойства должны изменяться; сколько различных «кирпичиков» может существовать во Вселенной и т. п. Это чрезвычайно важные сведения не только для физики, но и для всего естествознания.

Главное, что нужно себе ясно представить, это то, что всякое новое знание является нам в оболочке старых понятий, приспособленной для объяснения прежнего опыта, и что всякая такая оболочка может оказаться слишком узкой для того, чтобы включить в себя новый опыт.

Н. Бор



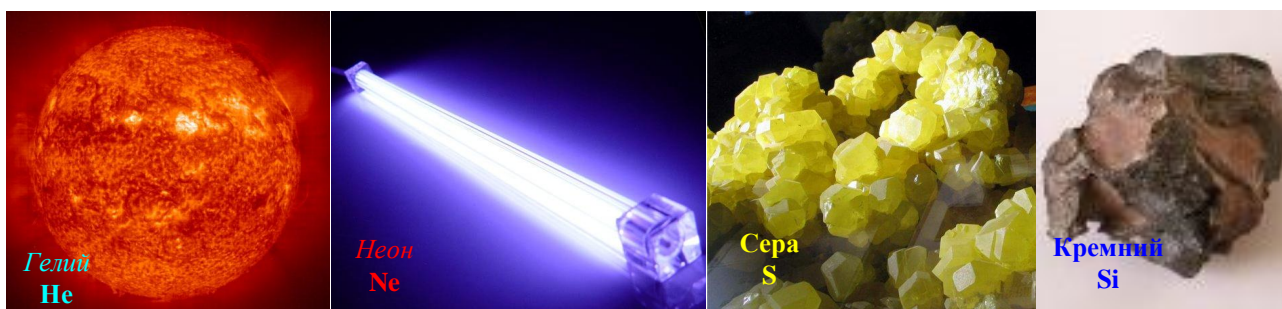


Рис. 36.1. Из атомов состоят некоторые газы (He; Ne и др.) и некоторые твёрдые (S; Si и др.) вещества. В солнечном ядре водород превращается в гелий, выделяя огромную энергию; неоновая лампа; кристаллы серы; кристалл кремния.



Рис. 37.1. Из молекул состоит вода (лёд, водяной пар); углекислый газ. (образуется при сгорании угля); водород – вероятное топливо будущего; кислород – источник жизни на Земле, и многие другие вещества.



Рис. 38.1. Из ионов состоят металлы. Медные трубы; изделия из алюминия; изделия из серебра; золотая монета начала XX века (Россия).

Вопросы



1. Из чего состоят молекулы?
2. Как устроены атомы?
3. Что такое «химический элемент»?
4. Чем отличаются друг от друга атомы различных химических элементов?
5. Что является главной характеристикой данного химического элемента?
6. Какие частицы входят в состав ядра атома?
7. Что такое изотопы химического элемента?
8. Как образуются положительные и отрицательные ионы? Что такое ион?
9. Что является «кирпичиками» различных веществ? Приведите примеры веществ, состоящих из атомов, молекул, ионов.



Упражнение

1. В ядре атома углерода содержится 12 частиц. Вокруг ядра движутся 6 электронов. Сколько в ядре этого атома протонов и сколько нейтронов?
2. От атома гелия отделился один электрон. Как называется оставшаяся частица? Каков её заряд?