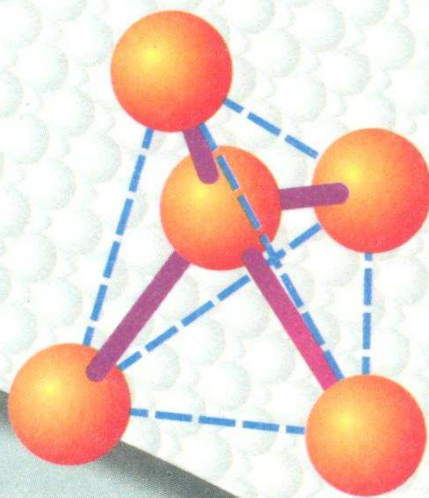


Л.Э.Генденштейн

ФИЗИКА

У Ч Е Б Н И К

7
КЛАСС



УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я721

Г34

Издано за счет государственных средств
Продажа запрещена

Рекомендовано
Министерством образования и науки Украины
(Письмо № 1/11-2196 от 28.04.2007 г.)

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика, 7 кл.: Учебник для средних общеобразовательных школ. — Х.: Гимназия, 2007. — 208 с.: ил.

ISBN 978-966-8319-66-2.

ББК 22.3я721

ISBN 978-966-8319-66-2

© Л. Э. Генденштейн, 2007

© ООО ТО «Гимназия», оригинал-макет,
художественное оформление, 2007

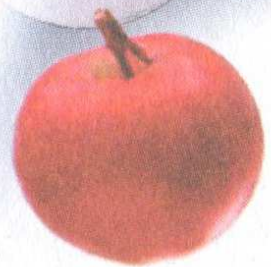
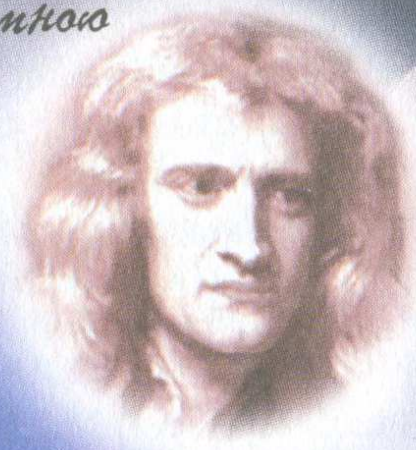


*Наука не есть
и никогда не будет
законченной книгой...*

Альберт Эйнштейн

*Безграничный океан истины
растоптался передо мною
неисследованным....*

Исаак Ньютон



*Физика написана
в великой книге,
которая всегда
открыта перед
нашими глазами...*

Галилео Галилей

ЮНЫЕ ДРУЗЬЯ!

Вы начинаете изучать *физику* — одну из основных наук о природе. Это одна из древнейших наук: слово «физика» происходит от греческого слова, которое означает «природа», потому что любое исследование природы древние греки называли физикой.

Однако, будучи «древней» наукой, физика сохраняет вечную молодость. Особенно больших успехов физика достигла в последние несколько столетий, что оказало значительное влияние на ход мировой истории.

Поток открытий в физике продолжается и в наши дни. Может, и вас ждут открытия в этой великой науке?

Автор искренне благодарен М. Д. Гинзбургу, Л. А. Кирику и В. А. Орлову за ценные советы при работе над учебником.

1 НАЧИНАЕМ ИЗУЧАТЬ ФИЗИКУ

- Физика — наука о природе
- Наблюдение и опыт
- Физические величины
- Макромир, мегамир и микромир.
Взаимодействия и силы
- Энергия
- Как физика изменяет мир
- Выдающиеся ученые —
наши соотечественники



§ 1 ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ

1. Физические тела
2. Механические явления
3. Тепловые явления
4. Электрические и магнитные явления
5. Оптические явления

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Физика изучает **физические тела и физические явления.**

Начнем с рассказа о физических телах.

«Тело» — одно из многих слов, которые часто употребляют как в повседневной жизни, так и в науке. Но *значения* этого слова разные. В повседневной жизни «телом» называют обычно тело живого существа. В науке же *физическим телом*, или просто *телом*, называют *любой* предмет, даже если он не имеет определенной формы — например, туман.

Разнообразие физических тел огромно. Физическим телом является и тело человека (рис. 1.1), и автомобиль или мотоцикл (рис. 1.2), и песчинка, и планета, в частности наша Земля (рис. 1.3). Телами являются чайник, вода в нем, а также туман, образующийся из пара, который выходит из кипящего чайника (рис. 1.4).

В последние десятилетия появился и бурно развивается раздел физики, изучающий живые тела, — этот раздел называют биофизикой¹. Есть также раздел физики, который изучает в основном Землю. Этот раздел называют геофизикой².

Тела разделяют на твердые тела, жидкости и газы. Так, при комнатной температуре камень является твердым телом, вода — жидкостью, а воздух — газом. Свойства твердых тел, жидкостей и газов мы рассмотрим далее.

¹ От греческого слова «биос» — жизнь.

² От греческого слова «гео» — земля.

Физические тела чрезвычайно разнообразны по своим свойствам.

Например, одни тела прозрачны, то есть сквозь них проходит свет, — таким телом является, скажем, стакан. Другие же тела непрозрачны — например, деревянная доска.



Рис. 1.1



Рис. 1.2

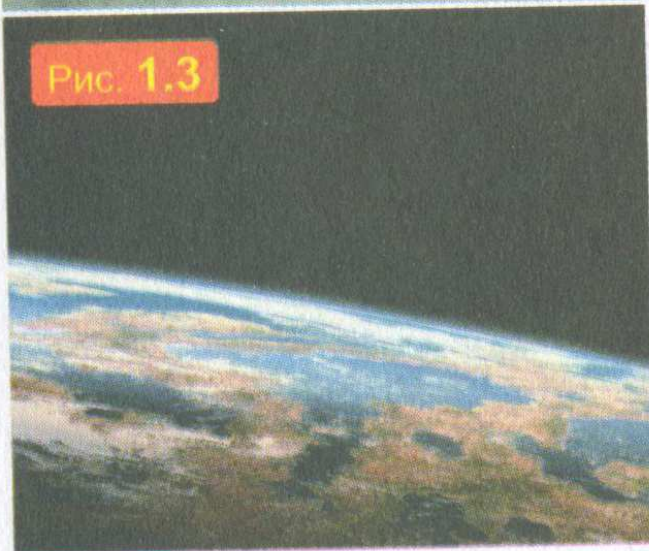


Рис. 1.3



Рис. 1.4

Некоторые тела проводят электрический ток — таковы все металлические предметы (электрический ток проводит также и ваше собственное тело, поэтому с электричеством надо быть осторожным!). Другие же тела не проводят ток — например, стеклянный стакан.

С некоторыми свойствами тел вы уже познакомились в курсе природоведения.

Физические тела являются «действующими лицами» **физических явлений**, которые также чрезвычайно разнообразны. Физика изучает механические, тепловые, электрические, магнитные и оптические явления.

Рассмотрим их подробнее.

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Механические явления — это движение тел, то есть изменение их взаимного положения в пространстве, а также взаимодействие между телами.

Механические явления встречаются нам буквально на каждом шагу, так как ходьба — это движение, при котором мы взаимодействуем с Землей. Движение и взаимодействие тел мы наблюдаем во время спортивных соревнований (рис. 1.5–1.7).

Двигаются и взаимодействуют друг с другом почти все тела. Например, Земля движется вокруг Солнца, и они притягивают друг друга. За одну секунду Земля «пролетает» в космосе около 30 километров, при этом она еще и вращается вокруг собственной оси (рис. 1.8).

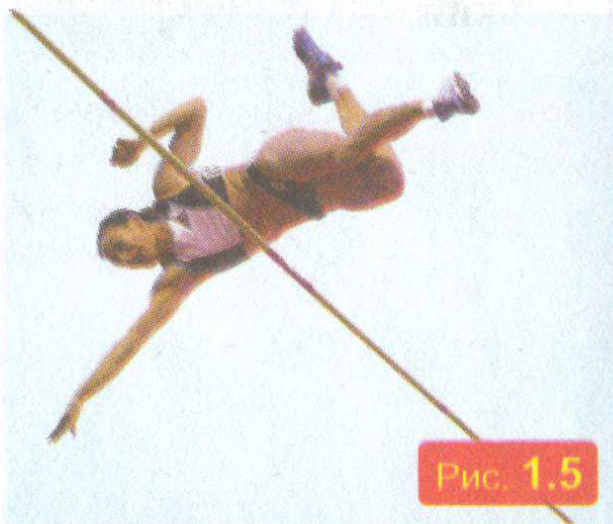


Рис. 1.5

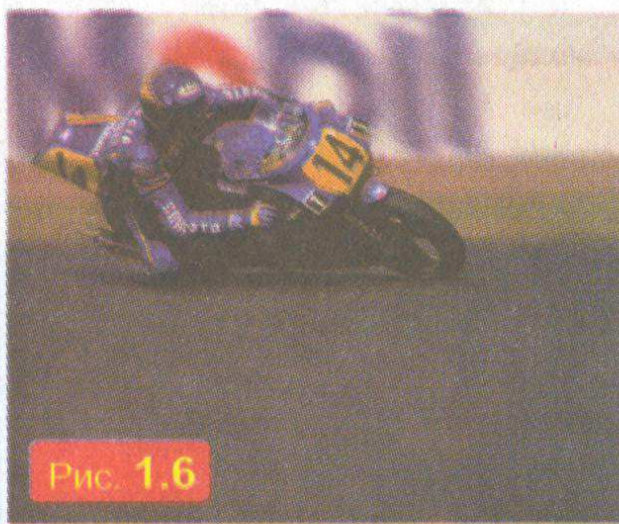


Рис. 1.6



Рис. 1.7

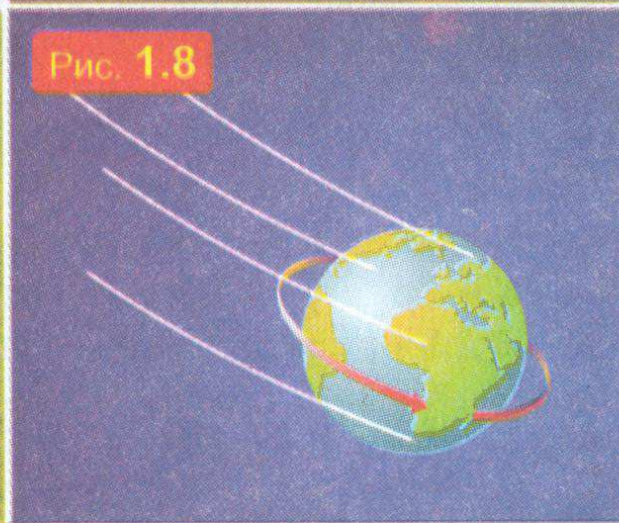


Рис. 1.8

Ученые установили, что *характер движения тел зависит от взаимодействия между ними*. Например, если ударить ногой лежащий на траве мяч (рис. 1.7), то он начнет двигаться. А если ударить по движущемуся мячу, его скорость

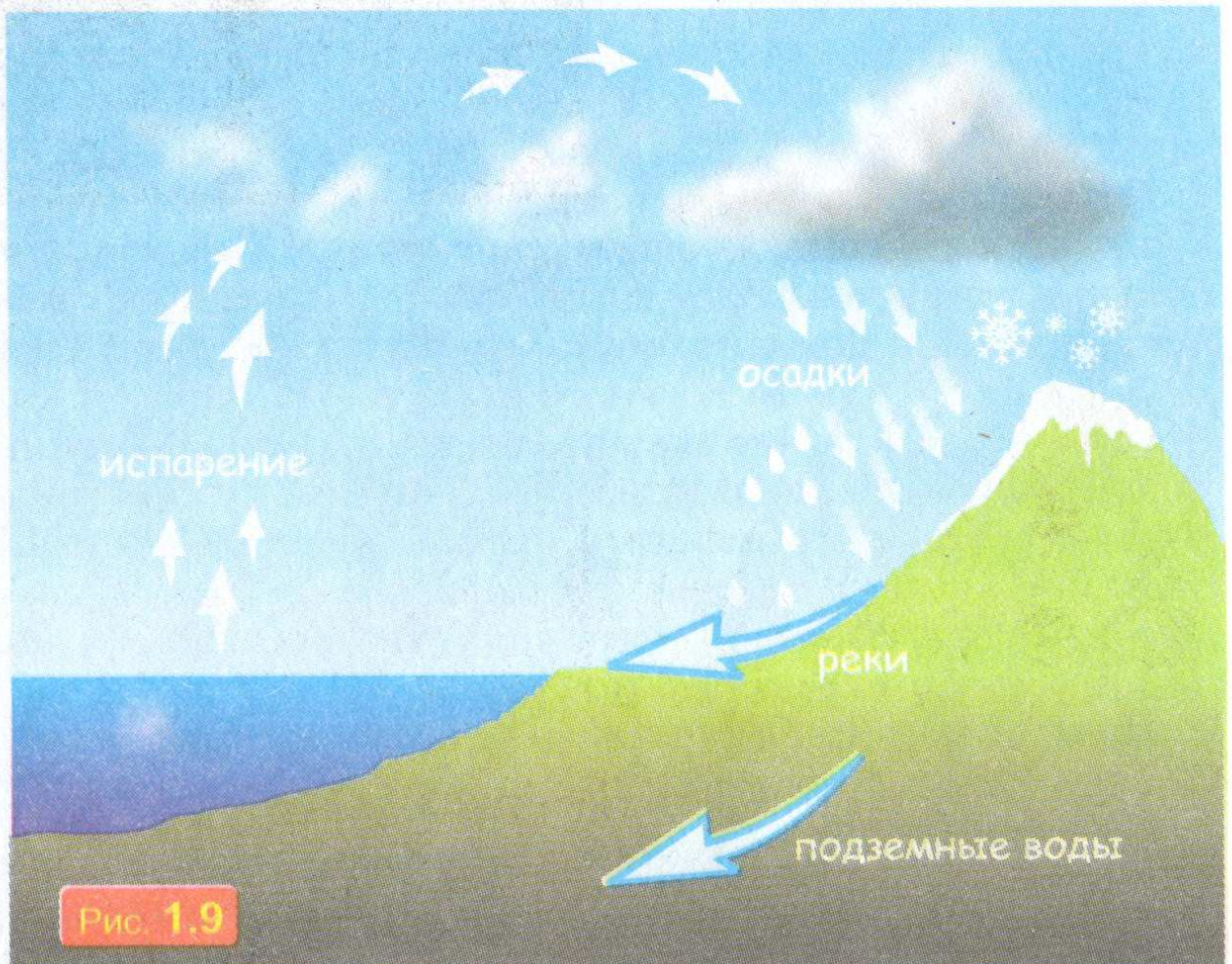
изменится. И чем сильнее удар, тем больше изменится скорость!

Раздел физики, изучающий механические явления, называют *механикой*. Законы механики установили в 16-м и 17-м веках итальянский ученый Галилео Галилей и английский ученый Исаак Ньютон.

3. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Тепловые явления — это нагревание и охлаждение тел, а также переходы вещества, из которого состоят тела, из одного состояния в другое (из газообразного в жидкое и наоборот, а также из жидкого в твердое и наоборот).

Тепловые явления очень распространены в природе и технике. Ими, например, обусловлен круговорот воды в природе (рис. 1.9). Вследствие нагревания солнечными лучами вода океанов и морей испаряется, то есть превращается в пар. Поднимаясь, пар расширяется и охлаждается, превращаясь в капельки воды или кристаллики льда. Они образуют тучи, из которых вода возвращается на Землю в виде дождя или снега.



Тепловые явления происходят и в тепловых двигателях, установленных в автомобилях и на электростанциях.

Ученые установили, что тепловые явления обусловлены движением и взаимодействием мельчайших частиц вещества, которые называют *молекулами*. Поэтому разделы физики, изучающие тепловые явления, называют *молекулярной физикой* и *термодинамикой*¹. Их законы открыли в 19-м веке ученые разных стран.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Ярчайший пример природного электрического явления — молния, представляющая собой гигантский электрический разряд (рис. 1.10). Крохотные «молнии» проскакивают каждый раз в выключателе, когда вы, например, выключаете свет.

Электрические явления сегодня так распространены, что мы этого почти не замечаем: каждый день мы пользуемся электрическим освещением, транспортом (рис. 1.11), бытовыми электроприборами, компьютерами.

Электрические явления обусловлены взаимодействием электрически заряженных тел или частиц вещества. Установлено, что существует два типа электрических зарядов: положительные и отрицательные. Заряды одного типа (их называют одноименными) отталкиваются, а заряды разных типов (разноименные) притягиваются.

Примеры магнитных явлений — взаимодействие постоянных магнитов, а также притяжение магнитом железных и стальных предметов. Наглядный пример магнитного явления — движение стрелки компаса: она всегда поворачивается так, чтобы ее северный конец указывал на север (рис. 1.12). Эта странная «настойчивость» стрелки компаса когда-то очень удивила любознательного пятилетнего мальчика, которого звали Альбертом. Став знаменитым ученым, Альберт Эйнштейн² писал, что именно поведение стрелки компаса впервые вызвало в нем незабываемое чувство, что за вещами, которые мы видим, есть что-то еще, глубоко скрытое.

Поворот магнитной стрелки обусловлен взаимодействием двух магнитов: маленького — стрелки компаса и огромного — земного шара.

¹ От греческих слов «термо» — тепло и «динамикос» — сильный.

² Альберт Эйнштейн жил и работал в Швейцарии, Германии и США.

Во второй половине 19-го века было установлено, что электрические и магнитные явления тесно связаны друг с другом. Например, северное сияние (рис. 1.13) обусловлено тем, что летящие из космоса электрически заряженные частицы взаимодействуют с Землей как с магнитом.



Рис. 1.10



Рис. 1.11

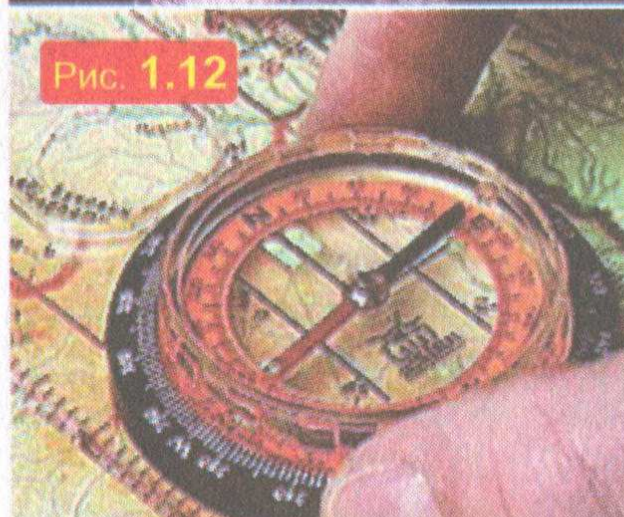


Рис. 1.12



Рис. 1.13



Рис. 1.14

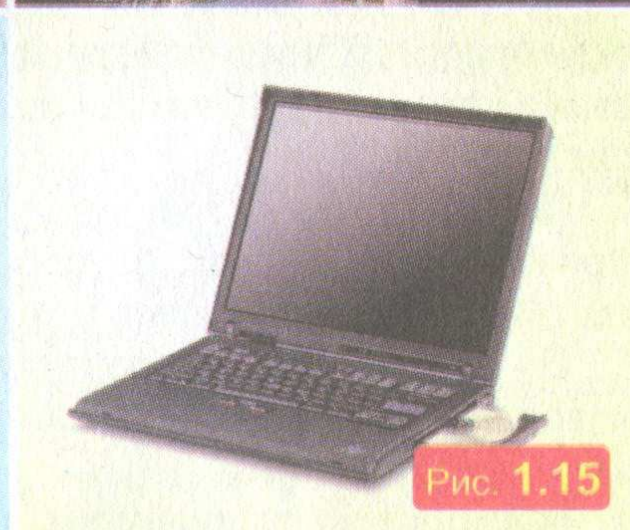


Рис. 1.15

Электрические и магнитные явления вместе называются *электромагнитными*. Благодаря им работают электростанции и электродвигатели, радиосвязь, телевидение (рис. 1.14), компьютеры (рис. 1.15).

Электромагнитные явления вызваны электромагнитным полем, пронизывающим все пространство вокруг нас. Благодаря электромагнитному полю мы видим, потому что свет является разновидностью электромагнитных волн. С помощью электромагнитных волн работает радиосвязь и телевидение.

Разделы физики, которые изучают электрические и магнитные явления, называют *электричеством* и *магнетизмом*. Их законы открыли ученые нескольких стран.

5. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Оптическими, или световыми, явлениями называют явления, связанные со светом.

Об их распространенности и говорить не надо: куда бы мы ни *посмотрели* — всюду *увидим* оптические явления.

Так, мы видим предметы вокруг себя либо потому, что они излучают свет, либо потому, что они отражают свет. Например, Солнце (рис. 1.16) и лампы излучают свет, а Луна (рис. 1.17) не «светит» сама: глядя на нее, мы видим отраженный ею солнечный свет. Да и большинство окружающих предметов мы видим благодаря отражению света.

Лучше других отражает свет зеркальная поверхность (рис. 1.18): это всем хорошо известно (особенно девушкам).

Предметы не только отражают свет, но и поглощают его, нагреваясь при этом. Вы, наверное, замечали, что темную поверхность Солнце нагревает сильнее, чем светлую. Вызвано это тем, что темная поверхность сильнее поглощает свет.

Окраска предметов, то есть все многообразие цветов предметов вокруг нас, обусловлена тем, что разные предметы по-разному отражают и поглощают свет.

На границе двух прозрачных сред — например, воздуха и воды — свет изменяет направление распространения, то есть преломляется.

Наверное, красивейшим проявлением преломления и отражения света в природе является радуга (рис. 1.19). Ее можно наблюдать, когда после дождя сияет солнце, так как радуга возникает вследствие преломления и отражения солнечного света в крошечных капельках воды, висящих в воздухе после дождя.



Рис. 1.16

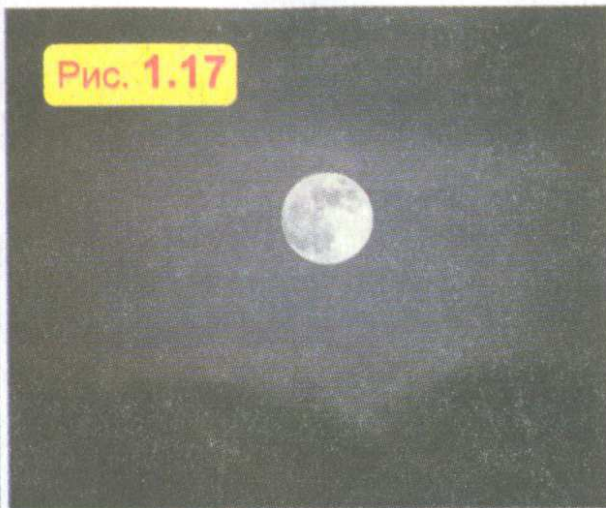


Рис. 1.17



Рис. 1.18

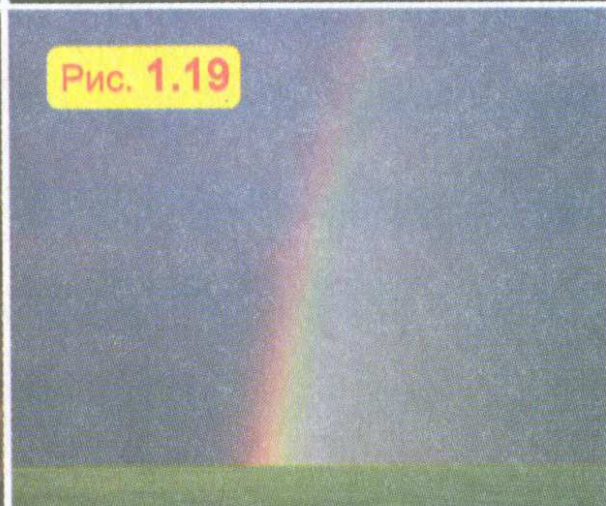


Рис. 1.19

Раздел физики, который изучает оптические явления, называют *оптикой*. Первые законы оптики открыли еще древнегреческие ученые. Подробнее о световых явлениях вы узнаете уже в этом учебном году.

❓ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что изучает физика?
2. Что называют физическим телом? Приведите примеры физических тел, в том числе не упомянутые в тексте.
3. Какие вы знаете свойства физических тел?
4. Какие вы знаете физические явления?
5. Приведите примеры механических явлений, с которыми вы встречаетесь в повседневной жизни.
6. Приведите примеры тепловых явлений, с которыми вы встречаетесь в повседневной жизни.
7. С какими электрическими явлениями встречаетесь вы дома? На улице? В школе?
8. Какие вы знаете магнитные явления?
9. Знаете ли вы оптические явления, о которых не упомянуто в тексте? Опишите эти явления.

§ 2 НАБЛЮДЕНИЕ И ОПЫТ

1. Наблюдение — поиск закономерностей
2. От наблюдений — к опытам
3. Что такое научный метод?
Хочешь узнать больше?
Физические модели

1. НАБЛЮДЕНИЕ — ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

Внимательно наблюдая природные явления, люди замечали в них некоторые *закономерности*. Так, день всегда сменяется ночью, а ночь — днем. После зимы всегда наступает весна, следом за ней — лето, а потом — осень. Грозы бывают обычно во время дождя, причем раскаты грома всегда слышны после того, как сверкнет молния.

Закономерно движется Солнце, даря жизнь всему живому: оно всегда восходит на востоке, а заходит на западе. А ночью закономерно движутся по небу Луна, звезды и планеты.



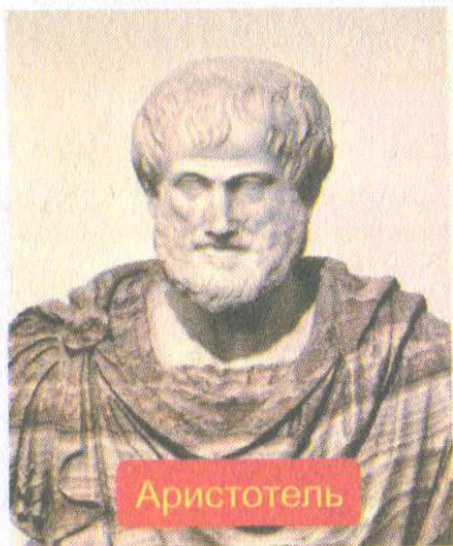
Стараясь объяснить эти закономерности, люди создавали красивые мифы о богах. Например, древние греки считали, что бог Солнца Гелиос в лучезарном венце каждый день едет по небу и льет животворные лучи на Землю, даря людям свет и тепло (рис. 2.1). Громы же и молнии посылает на Землю верховный бог Зевс-громовержец, когда он гневается.

Первый шаг к научному познанию природы сделал в 4-м веке до нашей эры древнегреческий ученый Аристотель. На основании наблюдений он пришел к выводу, что закономерности природных явлений — это проявления **законов природы**.

Свои взгляды Аристотель изложил в большой книге «Физика», что означает «Природа». И эта книга стала «учебником физики» для всего мира на целых два тысячелетия!

2. ОТ НАБЛЮДЕНИЙ — К ОПЫТАМ

Исходя из своих наблюдений, Аристотель утверждал: чтобы тело двигалось, его надо постоянно «двигать», то есть толкать или тянуть. Так, тележка движется только до тех пор, пока ее тянет лошадь (рис. 2.2). Листья на деревьях трепещут благодаря ветру: как только ветер стихает, листья сразу же замирают.



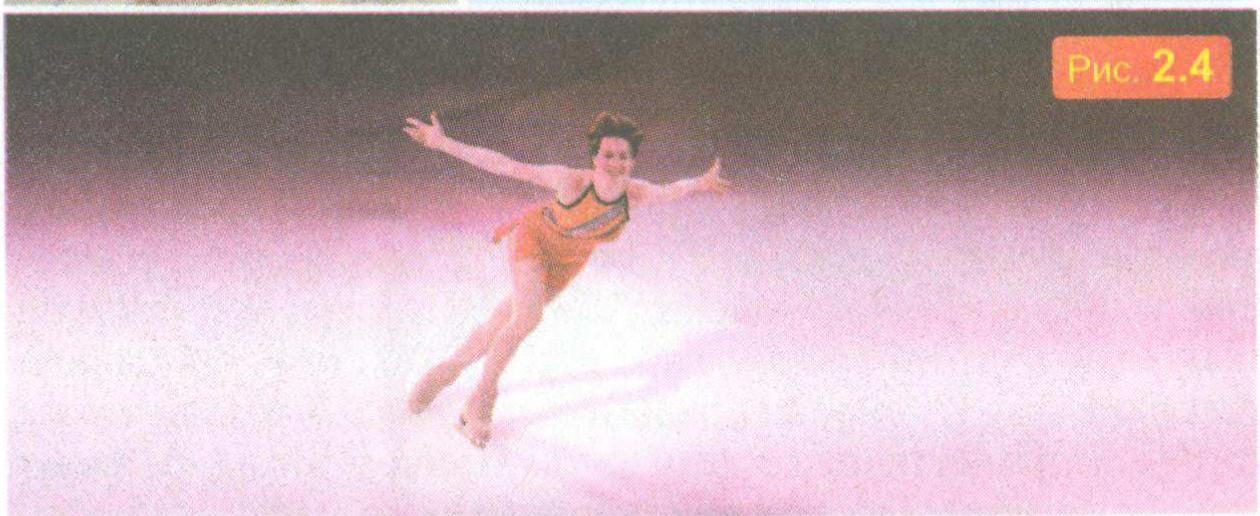
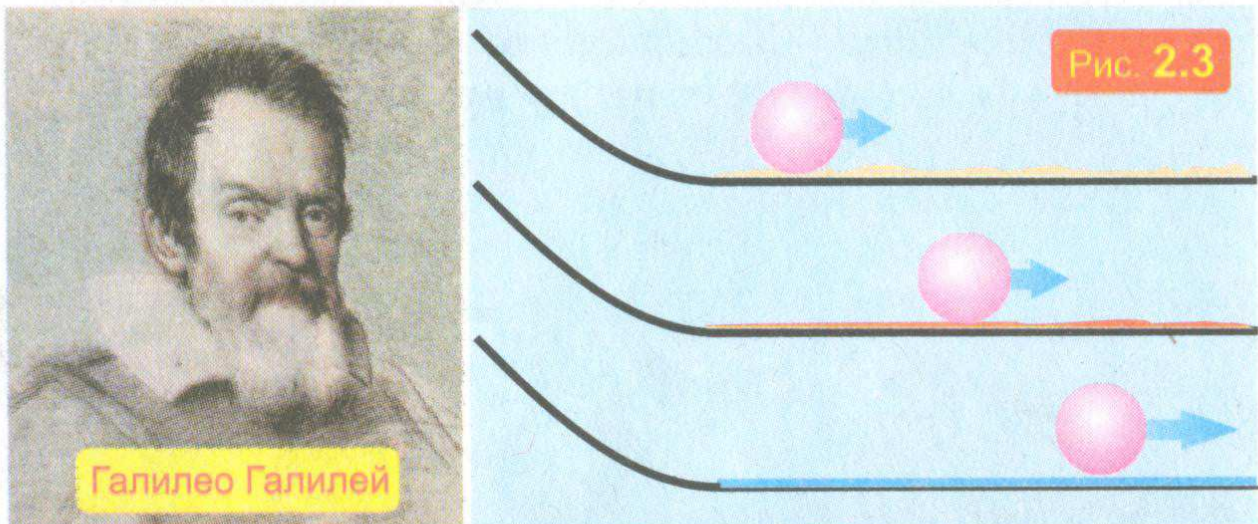
Учение Аристотеля принимали на веру на протяжении двух тысячелетий, и только в 17-м веке оно вызвало сомнения у итальянского ученого **Галилео Галилея**. Он заметил: если толкнуть, например, шар, лежащий на горизонтальной поверхности, то шар остановится **не сразу**, а только после того, как пройдет некоторый путь. Причем этот путь **зависит от свойств поверхности**: например, по песку шар прокатится совсем мало, а по твердой и ровной поверхности он будет катиться долго!

Тогда Галилей предположил, что скорость шара уменьшается из-за **трения**: чем меньше трение между шаром и поверхностью, тем дальше катится шар. Чтобы подтвердить

свое предположение, Галилей перешел от наблюдений к *опытам*.

Опыт¹ отличается от наблюдения тем, что, *проводя опыт, ученый создает специальные условия протекания явлений природы*. Например, Галилей в своих опытах старался максимально уменьшить трение между шаром и поверхностью.

Опыты действительно показали, что чем меньше трение между шаром и поверхностью, тем *дальше* катится шар (рис. 2.3). Галилей сделал из этого очень важный вывод: он предположил, что если бы на тело не действовали другие тела, оно двигалось бы с неизменной скоростью *вечно!* Так был открыт первый закон механики — *закон инерции*. Сегодня люди умеют значительно уменьшать трение, поэтому способность тел «сохранять движение» уже не вызывает сомнений (рис. 2.4).



Расскажем еще об одном опыте Галилея, которым он также опроверг одно из утверждений Аристотеля.

¹ Опыт называют также *экспериментом*, что в переводе с латинского означает «опыт».

Основываясь на *наблюдениях*, Аристотель утверждал, что тяжелые тела падают всегда быстрее, чем легкие. Но Галилей подверг это сомнению, предположив, что различие в падении тела обусловлено только сопротивлением воздуха.

Свое предположение Галилей решил проверить *на опыте*, бросив с большой высоты мушкетную пулю и пушечное ядро, потому что для этих предметов сопротивление воздуха сравнительно мало. Для проведения такого опыта идеально подходила наклонная башня в итальянском городе Пиза: с такой башни удобно бросать предметы вниз (рис. 2.5).

Опыт подтвердил предположение Галилея: брошенные одновременно пуля и ядро упали тоже практически *одновременно* (рис. 2.6), хотя ядро в сотни раз тяжелее пули! Этот опыт стал знаменитым, поскольку его считают «днем рождения» физики как *опытной* науки. А наклонная Пизанская башня, стоящая и поныне, стала символом опыта как главного мерила истины: предположение становится истиной только тогда, когда его подтверждает *опыт*.

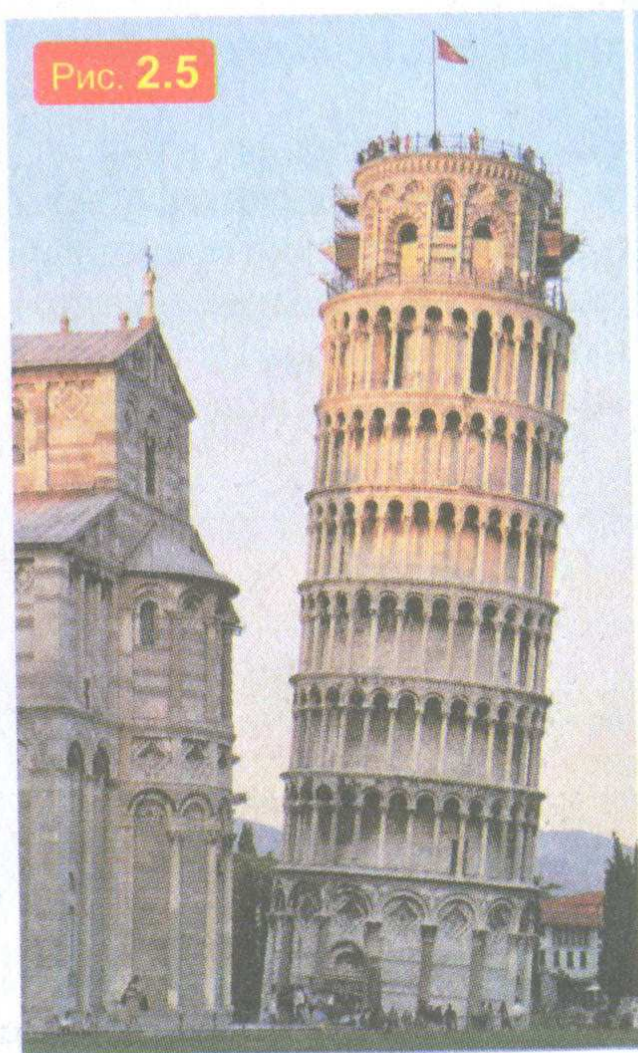


Рис. 2.5

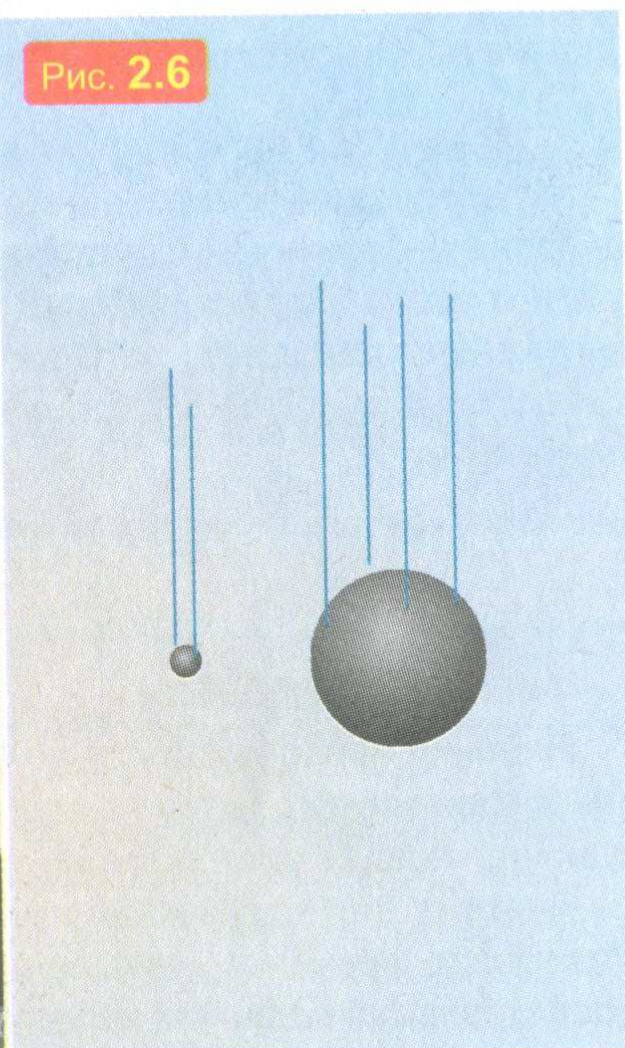


Рис. 2.6

3. ЧТО ТАКОЕ НАУЧНЫЙ МЕТОД?

Галилей сделал за свою долгую жизнь много открытий, став одним из величайших ученых за всю историю человечества. Главное же его открытие — *научный метод*, которым и сегодня руководствуются ученые всего мира, изучая явления природы. Научный метод основан на следующих принципах:

1. На основании наблюдений за природными явлениями ученый делает предположения о закономерностях в протекании этих явлений. Такие предположения называют научными *гипотезами*.

2. Гипотезы проверяют *на опытах* (экспериментах). Ставя опыт, ученый создает *специальные условия*, чтобы выяснить, от чего и как зависит протекание явлений.

Так, вы уже знаете, что в своих опытах Галилей старался максимально уменьшить трение, чтобы выявить его влияние на движение тел.

Научный эксперимент образно называют «вопросом к природе»: ставя опыт, ученый «спрашивает природу», анализируя же результаты опыта, он «читает ее ответ».

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Проверим на опыте — могут ли тела *одинаковой* массы падать *по-разному*? Отпустим с некоторой высоты лист бумаги и такой же лист, смятый в комок. Комок упадет намного раньше, чем лист, хотя их *массы одинаковы*. Итак, опыт свидетельствует, что тела *одинаковой* массы могут падать *по-разному*!

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Явления природы довольно сложны и к тому же взаимосвязаны. И во время опытов не всегда удается «выделить» какое-то одно явление «в чистом виде».

Поэтому для того, чтобы лучше изучить природные явления и понять их причины, ученые часто рассматривают упрощенное представление о данном явлении — такое, в котором выделены только важнейшие его черты. Такое представление называют *физической моделью явления*.

Многие законы природы ученые открыли благодаря использованию физических моделей. В дальнейшем мы рассмотрим примеры таких моделей, а сейчас кратко опишем некоторые из них.

Очень часто используемой моделью физического тела является **материальная точка**. Так называют тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.

Например, изучая движение Земли вокруг Солнца, нашу планету можно считать материальной точкой, несмотря на ее огромный размер. А вот рассматривая суточное вращение Земли, ее нельзя считать материальной точкой: ведь точка не может вращаться вокруг себя!

Другим важным примером физической модели является **луч света** — так называют узкий пучок света, настолько узкий, что его шириной в данной задаче можно пренебречь. В главе «Световые явления» мы будем изучать распространение, отражение и преломление лучей света.

Там же мы познакомимся еще с одной физической моделью — **точечным источником света**. Так называют источник света, размеры которого намного меньше расстояния до него. Точечными источниками света для нас можно считать, например, очень далекие звезды.

А вот ближайшую к нам звезду, Солнце, мы не можем считать точечным источником света, хотя расстояние от Солнца до Земли более чем в 100 раз превышает диаметр Солнца. К этому мы еще вернемся.

❓ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Можете ли вы привести примеры закономерностей в природных явлениях, не упомянутые в тексте?
2. Опишите опыт Галилея, с помощью которого ученый открыл закон инерции.
3. Чем отличается научный опыт (эксперимент) от наблюдения? Приведите примеры наблюдений и опытов.
4. Что проверял на опыте Галилей, бросая пулю и ядро с Пизанской башни? Какое предположение ученого подтвердил этот опыт?
5. Отпустите лист бумаги и наблюдайте за его падением. Потом сожмите лист в комочек и снова отпустите. Объясните различие в падении листа бумаги и бумажного комка.
6. Каковы основные положения научного метода?
7. Какие вы знаете примеры физических моделей?

§ 3 ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1. Важнейшие физические величины

2. Измерительные приборы

Хочешь узнать больше?

Как определяют единицы длины и времени?

Можно ли расстояние измерять годами?

1. ВАЖНЕЙШИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Физические тела и явления характеризуют *физическими величинами*. Некоторые из них вам уже знакомы из курса природоведения: это длина, площадь, объем, масса, сила. Рассмотрим их подробнее.

В науке используют единицы физических величин, определенные *Международной системой единиц*, которую сокращенно называют¹ SI — от английских слов System International, что означает «международная система».

ДЛИНА, ПЛОЩАДЬ, ОБЪЕМ

Длиной характеризуют физические тела и, например, путь, пройденный телом за время его движения. За единицу длины в SI принят² 1 метр (м).

На линейках и мерных лентах (рулетках) нанесены деления, обозначающие сотые и тысячные доли метра — сантиметры и миллиметры (рис. 3.1).

Единицы площади и объема определяют с помощью единицы длины: единицей площади является 1 м^2 (площадь квадрата со стороной 1 м), а единицей объема — 1 м^3 (объем куба с ребром 1 м). Объем жидкости измеряют с помощью измерительных цилиндров, называемых часто мензурками (рис. 3.2).

Длину, площадь и объем задают их числовыми значениями.

Физические величины, которые задают только числовыми значениями, называют *скалярными*.

¹ В соответствии с действующими в Украине стандартами международную систему единиц обозначают латинскими буквами SI.

² Обратите внимание: после обозначений единиц физических величин точку не ставят!

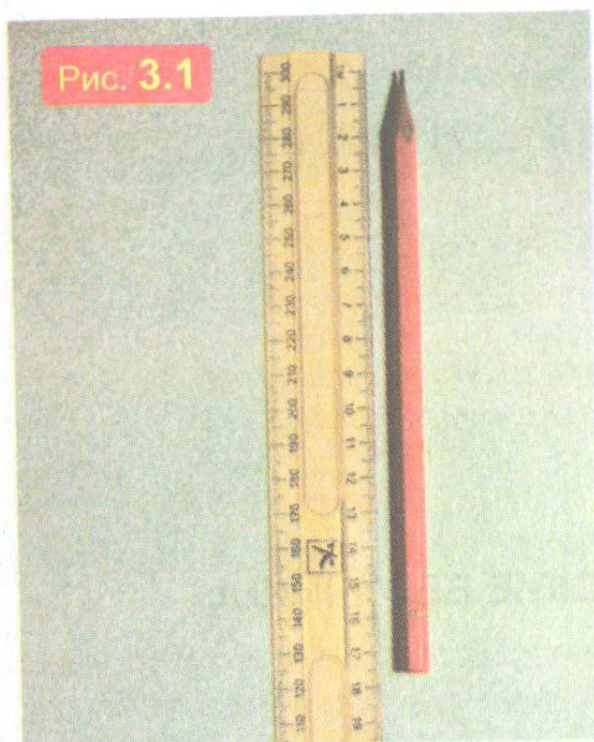


Рис. 3.1



Рис. 3.2



Рис. 3.3

ВРЕМЯ

Всякое физическое явление длится в течение определенного промежутка времени. За единицу времени в СИ принята 1 секунда (с), 60 с составляют 1 минуту (мин), а 60 минут — 1 час (ч).

Время измеряют часами (рис. 3.3). Они представляют собой обычно устройства, в которых повторяется определенный процесс. Например, в маятниковых часах повторяются колебания маятника. Сегодня чаще используют квар-

цевые часы, в которых колеблются крошечные кристаллы кварца.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И СКОРОСТЬ

При движении тело изменяет свое положение в пространстве.

Перемещением тела называют направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его конечное положение.

Перемещение задают *числовым значением* (длиной указанного отрезка) и *направлением*. Физические величины, которые характеризуют числовым значением и направлением, называют *векторными*.

Значение векторной величины называют ее *модулем*.

Векторную величину обозначают буквой со стрелкой, а модуль — той же буквой без стрелки. Так, перемещение обычно обозначают \vec{s} , а его модуль — s .

Скоростью тела называют физическую величину, равную отношению перемещения тела к промежутку времени, в течение которого произошло это перемещение.

Скорость, как и перемещение, является векторной величиной, то есть ее характеризуют модулем и направлением. Например, скорости двух встречных автомобилей могут быть равными по модулю, но направлены они противоположно. Скорость обозначают обычно \vec{v} .

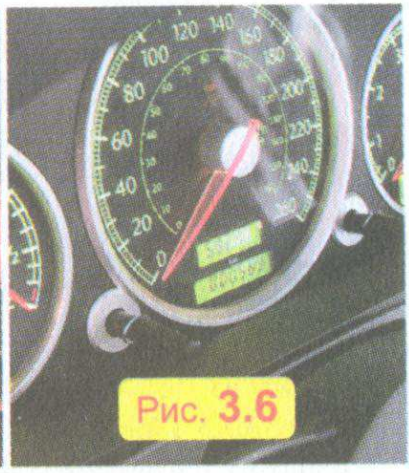
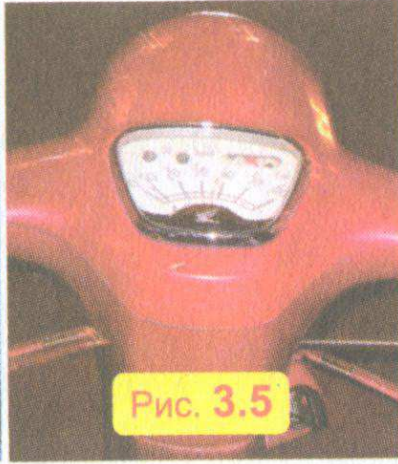
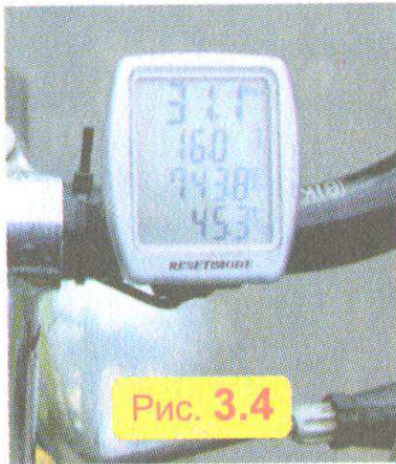
Единицей скорости в СИ является 1 метр в секунду (м/с). Тело, которое движется с такой скоростью, за 1 с перемещается на 1 м, — это скорость прогулки. Рекорд скорости в беге — чуть больше 10 м/с.

Скорость современных реактивных самолетов достигает почти километра в секунду (км/с), а космических кораблей — даже больше 10 км/с. Но ни одно тело не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме, которая равна примерно 300 000 км/с.

Для измерения скорости автомобилей и мотоциклов используют спидометры¹ (рис. 3.4–3.6). Они показывают обычно скорость в километрах в час (км/ч). Вы, наверное, замечали, что во время движения автомобиля стрелка спи-

¹ От английского слова «speed» — скорость.

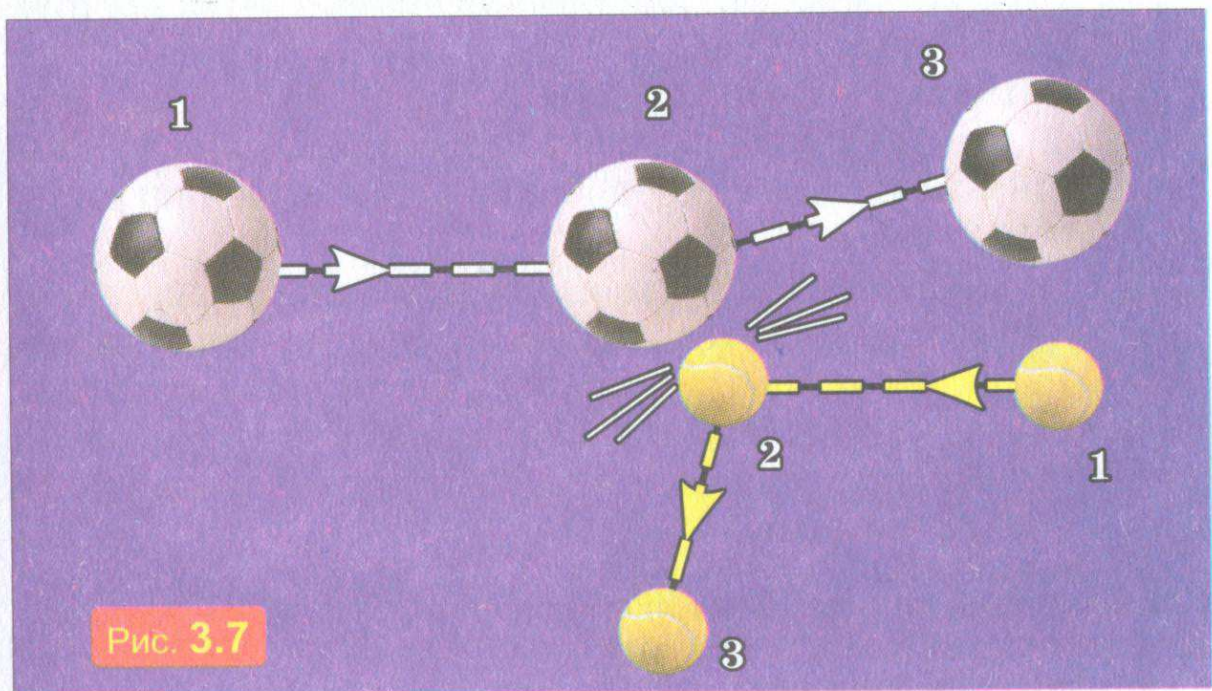
дометра обычно «покачивается». Дело в том, что скорость автомобиля при движении обычно изменяется.



МАССА

Каждое физическое тело имеет определенную *массу*. Массы двух тел можно сравнить, измерив, как изменяются их скорости при взаимодействии друг с другом: скорость тела большей массы изменяется меньше, чем скорость тела меньшей массы.

Например, на рис. 3.7 схематически показано столкновение футбольного и теннисного мячей (цифры обозначают положение мячей в три последовательных момента времени). Мы видим, что при столкновении скорость футбольного мяча изменилась намного меньше, чем скорость теннисного. Значит, масса футбольного мяча намного больше массы теннисного мяча.



Далее мы расскажем о намного более простом способе измерения массы тел, который обычно и используют на практике.

Единицей массы в СИ является 1 килограмм (кг). Это примерно масса одного литра воды. Международный эталон килограмма представляет собой металлический цилиндр из специального сплава.

СИЛА

Мерой взаимодействия тел является *сила*: чем больше сила, действующая на тело, тем больше изменяется скорость этого тела за 1 с.

Сила является *векторной* величиной: ее задают числовым значением и направлением. На рисунках силу обозначают стрелкой, начало которой находится в точке приложения силы.

Единицу силы в честь Ньютона назвали *ньютоном* (Н)¹. Сила в 1 Н, приложенная к движущемуся телу массой 1 кг в направлении движения тела, увеличивает его скорость за каждую секунду на 1 м/с.

Чтобы вы представили себе, что такое сила в 1 Н, приведем пример: когда вы держите полное ведро воды, то прикладываете к нему силу, равную примерно 100 Н. При этом приложенная вами сила уравнивает силу, с которой Земля притягивает то же самое ведро с водой.

Силу, с которой Земля притягивает предметы, называют *силой тяжести*. В многочисленных опытах было установлено, что сила тяжести, действующая на тело, пропорциональна его массе.

Силу измеряют динамометром². На рис. 3.8 показан пружинный динамометр, действие которого основано на том, что удлинение пружины пропорционально значению растягивающей ее силы.

На рис. 3.9 схематически изображены силы, действующие на тело, подвешенное к динамометру: это сила тяжести со стороны Земли и сила упругости со стороны пружины. Если тело находится в покое, сила упругости уравнивает силу тяжести, то есть направлена противоположно ей и равна ей по модулю.

¹ Обозначения единиц физических величин, названных в честь ученых, пишут с большой буквы.

² От греческого слова «динамис» — сила.

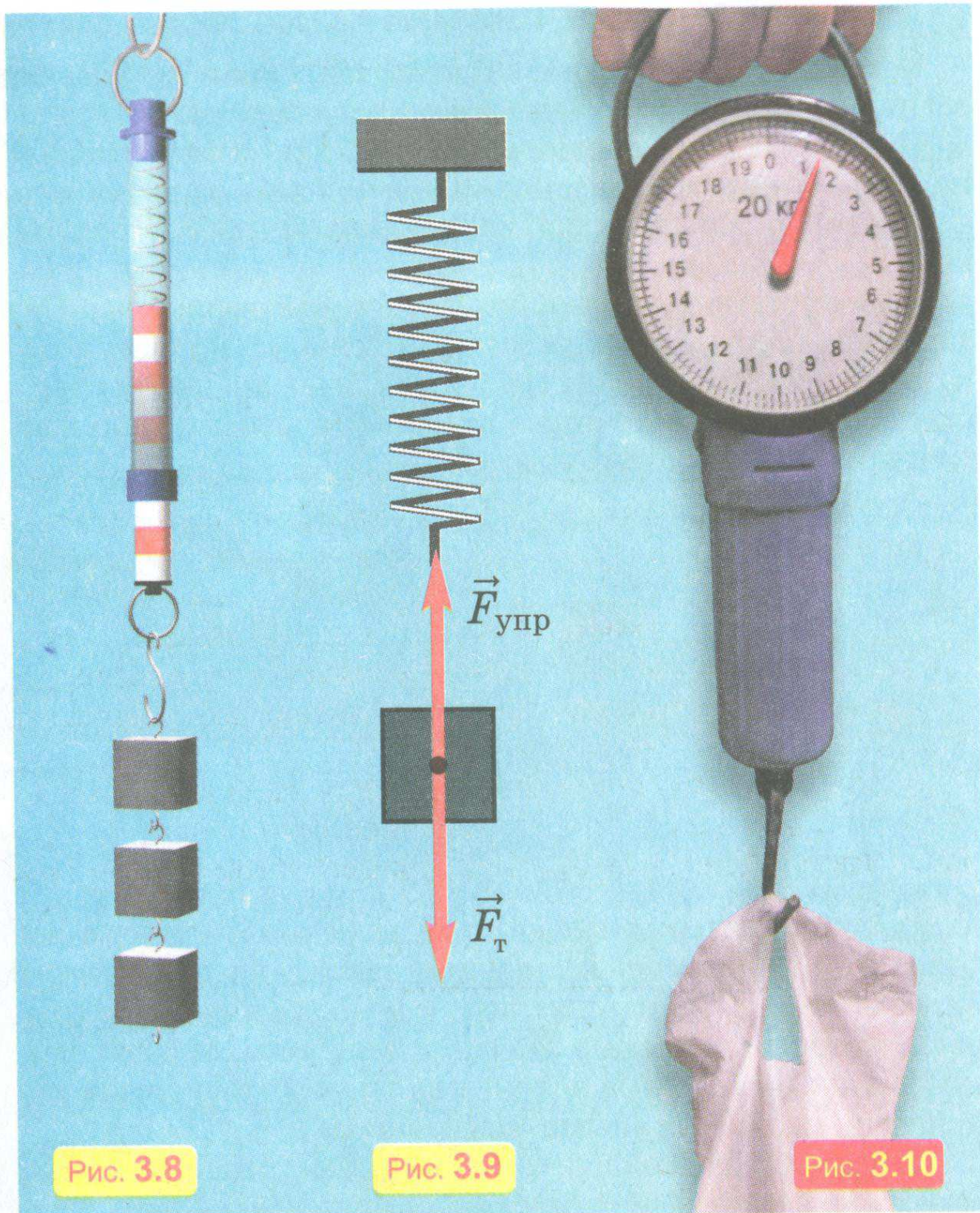


Рис. 3.8

Рис. 3.9

Рис. 3.10

Значит, по удлинению пружины в этом случае можно найти значение силы тяжести. А это, в свою очередь, позволяет рассчитать массу тела, поскольку сила тяжести пропорциональна массе тела.

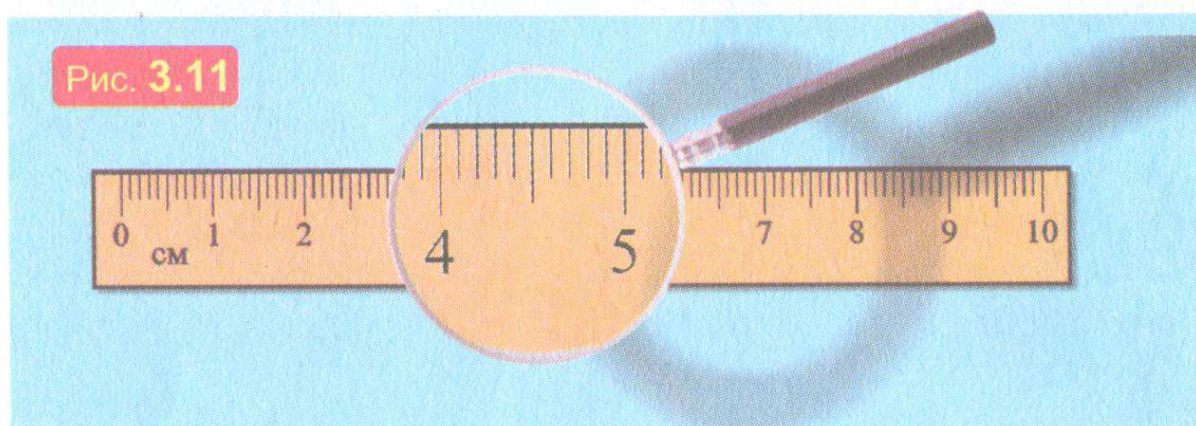
Таким образом, *массу тела можно найти с помощью взвешивания.*

Пружинные весы (рис. 3.10) — это динамометр, шкала которого размечена (проградуирована) так, что она показывает массу подвешенного груза.

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Устройства, с помощью которых измеряют физические величины, называют *измерительными приборами*.

Простейший и хорошо известный вам измерительный прибор — линейка с делениями. На ее примере вы видите, что у измерительного прибора есть *шкала*, на которой нанесены *деления*, причем возле некоторых делений написано соответствующее значение физической величины. Так, значения длины в сантиметрах нанесены на линейке возле каждого десятого деления (рис. 3.11). Значения же, соответствующие «промежуточным» делениям шкалы, можно найти с помощью простого подсчета.



Разность значений физической величины, которые соответствуют ближайшим делениям шкалы, называют *ценой деления прибора*. Ее находят так: берут ближайшие деления, возле которых написаны значения величины, и делят разность этих значений на количество промежутков между делениями, расположенными между ними.

Например, ближайшие сантиметровые деления на линейке разделены на десять промежутков. Значит, цена деления линейки равна $0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм}$.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

КАК ОПРЕДЕЛЯЮТ ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ И ВРЕМЕНИ?

В старину мерами длины служили большей частью размеры человеческого тела и его частей. Дело в том, что собственное тело очень удобно как «измерительный прибор», так как оно всегда «рядом». И вдобавок «человек есть мера всех вещей»: мы считаем предмет большим или малым, сравнивая его с собой.

Так, длину куска ткани измеряли «локтями», а мелкие предметы — «дюймами» (это слово происходит от голландского слова, которое означает «большой палец»).

Однако человеческое тело в качестве измерительного прибора имеет существенный недостаток: размеры тела и его частей у разных людей заметно отличаются. Поэтому ученые решили определить единицу длины **однозначно** и **точно**. Международным соглашением было принято, что один метр равен пути, который проходит свет в вакууме за $1/299\,792\,458$ с. А секунду определяют с помощью атомных часов, которые сегодня являются самыми точными.

МОЖНО ЛИ РАССТОЯНИЕ ИЗМЕРЯТЬ ГОДАМИ?

Именно так и измеряют очень большие расстояния — например, расстояния между звездами! Но при этом речь идет не о годах как промежутках времени, а о «световых годах». А один световой год — это расстояние, которое проходит свет за один земной год. По нашим земным меркам это очень большое расстояние — чтобы убедиться в этом, попробуйте выразить его в километрах!

А теперь вообразите себе, что расстояние от Солнца до ближайшей к нему звезды составляет больше четырех световых лет! И по астрономическим масштабам это совсем небольшое расстояние: ведь с помощью современных телескопов астрономы тщательно изучают звезды, расстояние до которых составляет много тысяч световых лет!

❓ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Приведите примеры физических величин и их единиц.
2. Какие физические величины называют скалярными, а какие — векторными?
3. Как измеряют объем? Как измерить объем куба? Как с помощью измерительного цилиндра найти объем тела неправильной формы?
4. В каких единицах измеряют время?
5. Что такое скорость? В каких единицах ее измеряют? Какая скорость больше: 1 м/с или $3,6$ км/ч?
6. Как можно сравнить массы двух тел? Как измеряют массы тел на практике?
7. Что такое сила? Каким прибором ее измеряют? Как определяют единицу силы? Можете ли вы приложить силу 50 Н?
8. Что такое цена деления прибора? Как ее определяют?

§ 4 МАКРОМИР, МЕГАМИР И МИКРОМИР. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И СИЛЫ

1. Макромир, мегамир и микромир
2. Взаимодействия в макромире
3. Взаимодействия в мегамире
4. Взаимодействия в микромире

1. МАКРОМИР, МЕГАМИР И МИКРОМИР

МАКРОМИР

Совокупность окружающих нас тел, которые можно наблюдать невооруженным глазом, называют **макромиром**.

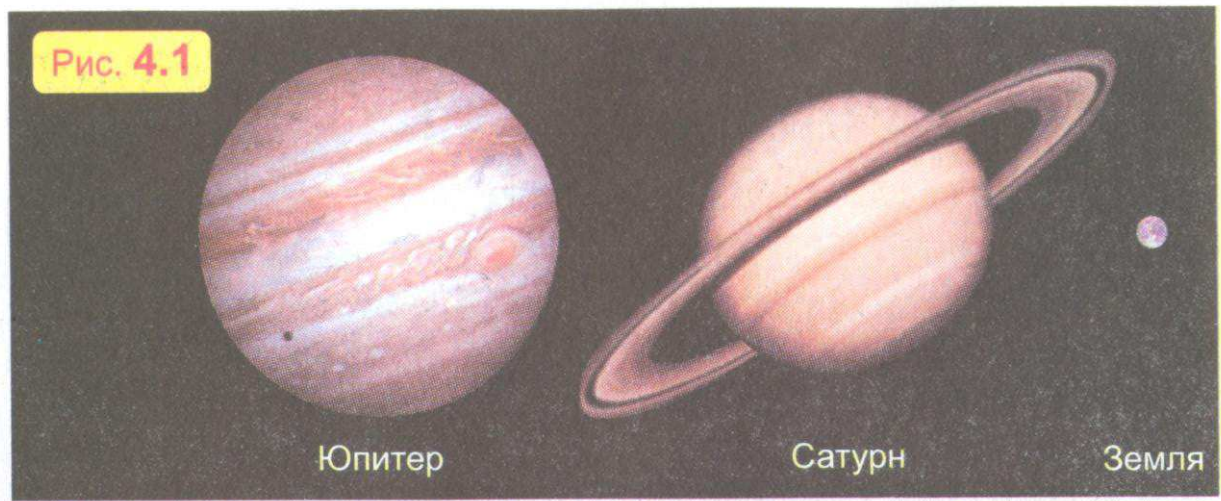
Это слово происходит от греческого слова «макрос» — большой. Макромир на самом деле велик: от песчинки до Земли! Именно изучая макромир, ученые начали открывать законы природы: так, Галилео Галилей открыл закон инерции и установил, что причиной различия в падении тел является только сопротивление воздуха.

МЕГАМИР

Мир космических тел называют **мегамиром**.

Это слово происходит от греческого слова «мега» — огромный. Первый шаг в изучении мегамира сделал также Галилей. С помощью созданного им телескопа он открыл, что у Юпитера, самой большой планеты Солнечной системы, есть спутники. А в середине 17-го века голландский ученый Христиан Гюйгенс, также с помощью телескопа, открыл, что у второй по величине планеты, Сатурна, есть замечательное «украшение» в виде гигантского кольца. На рис. 4.1 приведены сделанные с помощью телескопа фотографии Юпитера и Сатурна (рядом с ними в том же масштабе изображена Земля).

Галилей открыл также, что Млечный Путь является колоссальным звездным скоплением.



На рис. 4.2 показан Млечный Путь, каким он виден невооруженным глазом, а на рис. 4.3 — малая часть Млечного Пути, видимая в телескоп.

Со времен Галилея телескопы значительно усовершенствовались, благодаря чему астрономы открыли множество огромных звездных систем, каждая из которых состоит из сотен миллиардов звезд! Такие звездные системы называли галактиками. Одна из них показана на рис. 4.4.

Млечный Путь тоже является галактикой.

МИКРОМИР

Мир частиц, из которых состоит вещество, называют **микромиром**.

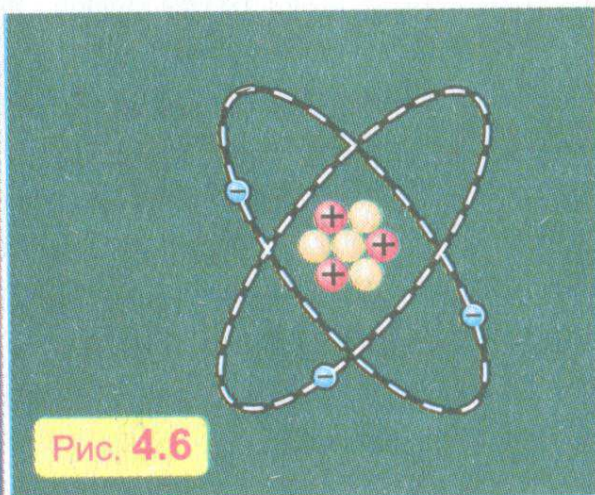
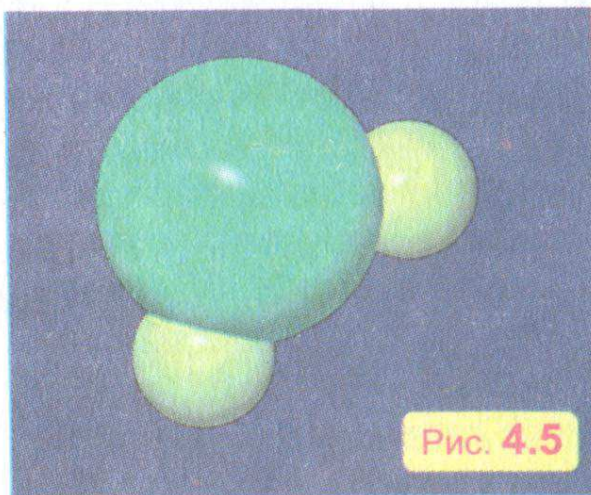
Это слово происходит от греческого «микрос» — малый.

В 17-м веке изобрели *микроскоп* — прибор для рассматривания очень малых предметов. И сразу выяснилось, что в «малом» ученых ждут не менее удивительные открытия, чем в «великом».

В начале 19-го века английский ботаник Роберт Броун увидел в микроскоп, что взвешенные в воде мелкие частицы цветочной пыльцы пребывают в «вечном танце». Как установили со временем ученые, это непрерывное движение частиц пыльцы обусловлено беспрестанными ударами *молекул*. Открытие Броуна позволило впервые заглянуть в мир частиц, размеры которых составляют миллионные доли миллиметра!

Как выяснилось со временем, молекулы состоят из еще более мелких частиц — *атомов*, а атомы, в свою очередь, состоят из еще более мелких частиц! И это захватывающее путешествие в глубины вещества еще не закончено...

На рис. 4.5 изображена модель молекулы воды, состоящей из трех атомов. А на рис. 4.6 вы видите модель строения атома: вокруг положительно заряженного атомного ядра движутся отрицательно заряженные легчайшие частицы — электроны. Атомное ядро тоже является составным: оно состоит из частиц, между которыми действуют огромные силы притяжения. О молекулах и атомах мы расскажем в Главе 2 «Строение вещества».



2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МАКРОМИРЕ

СИЛЫ УПРУГОСТИ

Наблюдения показывают, что при непосредственном контакте твердые тела как бы «упираются» друг в друга: поэтому, например, мы не проваливаемся «сквозь землю».

Когда тела давят друг на друга, между ними действуют **силы упругости**. Они обусловлены **деформацией** тел, то есть изменением их формы. И хотя часто на глаз мы не замечаем деформации тела, ее можно измерить приборами. Иногда же телу намеренно придают такую форму, чтобы его деформация была хорошо заметной, — именно такую форму, например, имеют пружины.

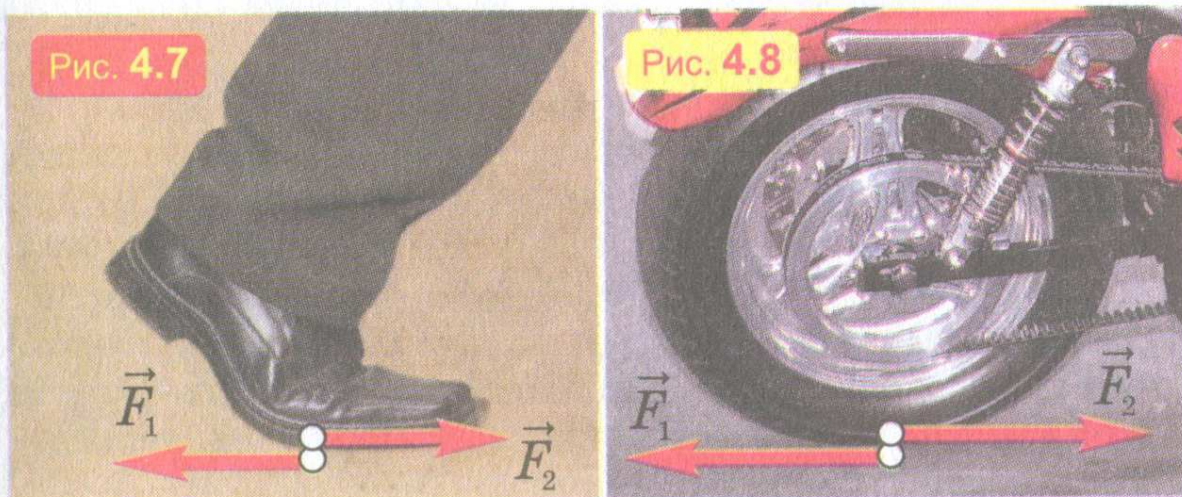
Сила упругости — проявление сил электрического взаимодействия между частицами вещества. Об этих силах вы узнаете далее.

СИЛЫ ТРЕНИЯ

Делая шаг, вы отталкиваетесь от Земли с некоторой силой \vec{F}_1 (рис. 4.7). Земля же при этом толкает вас вперед с силой \vec{F}_2 . Обе эти силы являются **силами трения**.

Сила трения разгоняет также автомобили и мотоциклы благодаря тому, что их колеса отталкиваются от дороги (рис. 4.8). Тормозят автомобили тоже благодаря силам трения: тормозные колодки прижимаются к ободам колес и останавливают их вращение.

Силы трения действуют между соприкасающимися телами, движущимися друг относительно друга, а также когда одно тело пытаются сдвинуть относительно другого. Эти силы всегда препятствуют движению одного тела относительно другого.



Силы трения играют огромную роль в макромире, хотя мы их часто не замечаем: так, благодаря им ткани не распадаются на нити, а нити — на волокна.

Силы трения, как и силы упругости, — проявление сил электрического взаимодействия между частицами вещества.

СИЛА ТЯГОТЕНИЯ

Третья сила, которая заметно проявляет себя в макромире, — это сила тяготения, о которой мы уже рассказывали.

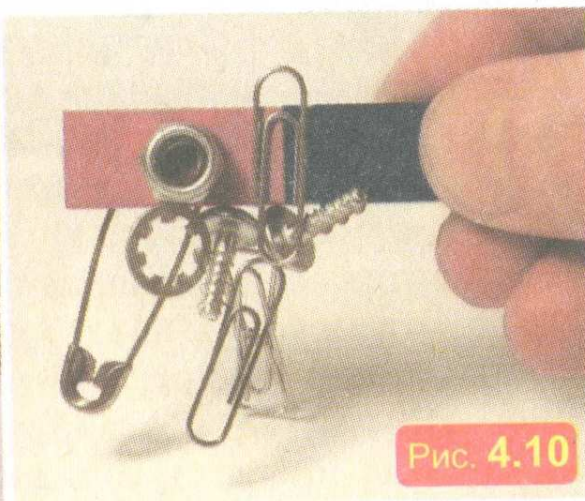
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СИЛЫ

ПОСТАВИМ ОПЫТЫ

Выясним на опыте, могут ли тела взаимодействовать, не касаясь друг друга, то есть *на расстоянии*.

Расчешите сухие волосы пластмассовой расческой, и она станет притягивать кусочки бумаги (рис. 4.9).

Поднесите магнит к скрепкам или шурупам. Вы увидите, что магнит притягивает эти предметы (рис. 4.10).



В первом опыте действовали *электрические* силы, а во втором — *магнитные*.

Электрические силы действуют между электрически заряженными телами и частицами. Приобретать электрический заряд тела могут, например, благодаря трению: при этом некоторое количество электронов переходит с одного тела на другое. Тело, потерявшее электроны, приобретает положительный заряд, а тело, на которое перешли электроны, — отрицательный. Заряженное тело, как мы видели, притягивает и незаряженные тела, поскольку в них происходит перераспределение электрических зарядов.

Магнитные силы действуют, например, между постоянными магнитами. У любого магнита есть северный и южный полюсы, названные так потому, что северный полюс свободно подвешенного магнита указывает на север, а южный — на юг. Одноименные (северный-северный или южный-южный) полюсы магнита отталкиваются, а разноименные (северный и южный) — притягиваются. Как мы видели, магнитные силы обнаруживают себя и в притяжении постоянными магнитами железных и стальных предметов.

Законы электрических сил установил на опыте французский ученый Шарль Огюстен Кулон в 18-м веке. А в 19-м веке датский ученый Ханс Кристиан Эрстед и французский ученый Андре Мари Ампер обнаружили, что вблизи проводника с током магнитная стрелка поворачивается, а катушка с током притягивает железные и стальные предметы подобно постоянному магниту. Опираясь на эти и свои собственные опыты, английский ученый Майкл Фарадей предположил, что электрическое и магнитное взаимодействия являются проявлениями единого *электромагнитного* взаимодействия, а его соотечественник Клерк Джеймс Максвелл создал теорию электромагнитных взаимодействий.



3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МЕГАМИРЕ

Однажды — это было в 1666 году — падение яблока заставило задуматься юного англичанина Исаака Ньютона:

— Может, сила тяготения, действующая со стороны Земли на яблоко, имеет *ту же физическую природу*, что и сила, которая «заставляет» Луну двигаться вокруг Земли? А может, ту же самую природу имеют и силы, которые «удерживают» планеты на их орбитах вокруг Солнца?

Это предположение, будь оно правильным, давало захватывающую возможность понять строение Вселенной! Чтобы проверить его, Ньютон создал даже новые разделы математики — дифференциальное и интегральное исчисления.

Расчеты подтвердили предположение ученого. Так был открыт *закон всемирного тяготения*. А «яблоко Ньютона» навсегда стало символом гениальной догадки.

Силы всемирного тяготения — важнейшие силы в мегамире. Они «управляют» движением планет, звезд и даже галактик, а также «зажигают» звезды, сжимая огромные массы вещества. При этом температура внутри повышается до десятков миллионов градусов, когда «вступают в игру» ядерные силы, о которых мы расскажем далее.

В начале 20-го века Альберт Эйнштейн предположил, что силы тяготения — проявление искривления пространства вблизи массивных тел. Теория Эйнштейна получила название «общей теорией относительности». Ее следствия были подтверждены астрономическими наблюдениями. Исходя из этой теории, физик Джордж Гамов, родившийся в Украине, смог разгадать загадку происхождения Вселенной (см. § 7. *Выдающиеся ученые — наши соотечественники*).



4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИКРОМИРЕ

Вещество не распадается на отдельные частицы благодаря *электрическому* взаимодействию: притяжение разноименных зарядов удерживает электроны вблизи атомных ядер, соединяет атомы в молекулы, а молекулы — в вещество.

Чтобы вы смогли представить «могущество» этих сил, приведем пример. Если бы из одной столовой ложки воды можно было «перенести» в другую столовую ложку воды только одну миллионную долю электронов, то эти две ложки воды, находясь на расстоянии одного метра, притягивались бы с силой, равной примерно весу груженого товарного состава длиной от Киева до Харькова! Вот какие колоссальные силы скрыты под гладью воды в одной столовой ложке.

Но даже эти силы очень малы по сравнению с *ядерными* силами, удерживающими вместе частицы, из которых состоит атомное ядро. Ядерные силы больше электрических примерно в сто раз! Именно действие ядерных сил поддерживает «горение» звезд, в частности и нашего Солнца. Как свидетельствуют наблюдения и расчеты, Солнце светит уже около пяти миллиардов лет. И будет светить еще по крайней мере столько же!

В курсе физики старших классов вы узнаете, как ученые «заставили» работать ядерные силы и на Земле.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое макромир? Приведите примеры тел и явлений, которые принадлежат макромиру.
2. Что такое мегамир? Приведите примеры тел и явлений, принадлежащих мегамиру.
3. Что такое микромир? Приведите примеры тел и явлений, которые принадлежат микромиру.
4. Что такое силы упругости? Как они проявляют себя в окружающем мире?
5. Что такое силы трения? Приведите примеры того, что случилось бы, если бы эти силы исчезли.
6. Приведите примеры действия электрических и магнитных сил.
7. Какие силы являются главными в мегамире? Проиллюстрируйте свой ответ примерами.
8. Какие силы действуют в микромире? Что вы можете сказать о величине этих сил?

§ 5 ЭНЕРГИЯ

1. Механическая работа

2. Энергия

Хочешь узнать больше?

Мощность

Мог ли Архимед сдвинуть Землю?

*Может ли человек устать,
не выполняя механической работы?*

1. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

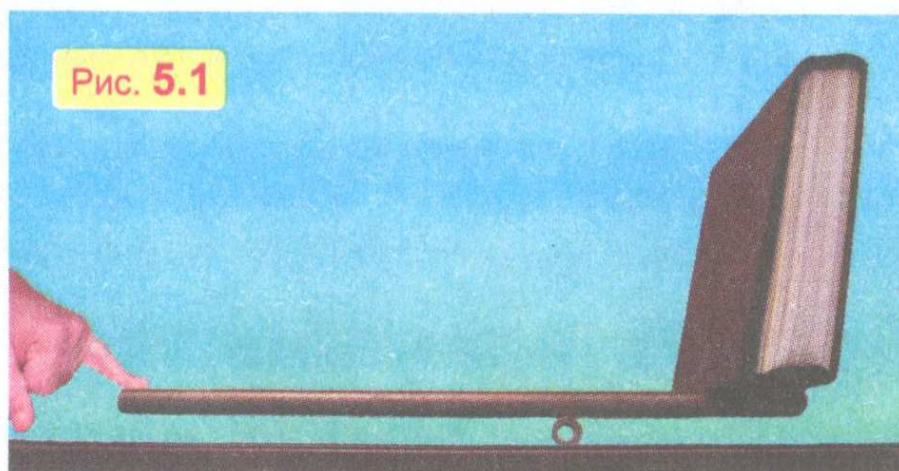
«ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО МЕХАНИКИ»

Как древние египтяне, строя свои колоссальные пирамиды, поднимали на огромную высоту такие тяжеленные каменные блоки, что их трудно было даже сдвинуть?

Для их подъема использовали, например, рычаги. Рычагами пользовались и древние греки, когда строили огромные храмы.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Убедимся, что с помощью рычага действительно можно получить значительный выигрыш в силе. Положите на короткое плечо рычага тяжелую книгу — и вы сможете поднять ее, надавив на длинное плечо мизинцем (рис. 5.1)!



Однако выигрыш в силе всегда сопровождается проигрышем в перемещении.

Например, если груз, прикрепленный к короткому плечу рычага, поднимают, прикладывая к длинному плечу рычага силу, которая в 10 раз *меньше* веса этого груза, то длинное плечо рычага надо опустить на расстояние, которое в 10 раз *больше* высоты, на которую поднимется груз.

Этот и подобный ему опыты показывают, что, используя любые простые механизмы, *мы выигрываем в силе как раз во столько раз, во сколько проигрываем в перемещении*.

Эта закономерность, обнаруженная еще древними греками, оказалась настолько важной, что со временем ее назвали «золотым правилом механики».

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

Из золотого правила механики следует: если не учитывать трения, *произведение силы на перемещение* одинаково для каждой из сил, приложенных к плечам рычага. Поэтому ввели физическую величину, которую назвали механической работой. В дальнейшем для простоты мы ограничимся случаем, когда направление силы совпадает с направлением перемещения. В этом случае

механическая работа силы равна произведению силы на перемещение¹.

Механическую работу обозначают буквой A .

Если сила направлена вдоль перемещения, работа силы $A = Fs$, где F — модуль силы, а s — модуль перемещения.

Единицу работы в СИ назвали *джоуль* (Дж) в честь английского физика Джеймса Прескотта Джоуля. Один джоуль — это работа, которую совершает сила в 1 Н, перемещая тело на 1 м в направлении действия силы, то есть $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$.

Например, поднимая полное ведро воды, вы прикладываете силу, равную примерно 100 Н. Значит, поднимая ведро на высоту 1 м, вы выполняете работу, равную примерно 100 Дж.

Механическую работу часто называют просто работой, однако ее не следует путать с работой в повседневном значении этого слова. Мы еще расскажем об этом в разделе «Хочешь узнать больше?».

¹ Когда для краткости говорят о работе тела или системы тел, имеют в виду работу силы, действующей со стороны этого тела или системы тел.

2. ЭНЕРГИЯ

Механическую работу человек давно научился «перекладывать на плечи» машин и механизмов.

Одним из первых таких механизмов была водяная мельница (рис. 5.2): работу здесь выполняет сила, с которой падающая вода давит на лопасти колеса. Современная гидроэлектростанция, заставляющая «работать» огромную реку (рис. 5.3), «выросла» из небольшой водяной мельницы на ручье.



Чтобы мельница работала или электростанция вырабатывала электроэнергию, необходимо создать разность уровней воды. И так, вода и притягивающая ее Земля образуют систему тел, способную совершить работу.

Способностью совершить работу обладает также движущееся тело. Например, вода, падая, ударяет в подвижные лопасти колеса или турбины, то есть действует на них с некоторой силой. При этом скорость воды уменьшается.

Физическую величину, которая характеризует способность тела или системы тел совершать работу вследствие изменения своего состояния, называют **энергией**.

Говорят, что тело (или система тел) обладает энергией, если это тело (или система тел) может совершить работу. Мерой *изменения* энергии является совершенная *работа*:

когда тело совершает работу, его энергия уменьшается на величину, равную совершенной работе.

Поэтому энергию измеряют в тех же единицах, что и работу: *единицей энергии* в СИ является **джоуль**. Если тело (система тел) совершает работу в 1 Дж, энергия тела (системы тел) уменьшается на 1 Дж.

ВИДЫ ЭНЕРГИИ

Тело или система тел может совершать работу вследствие различных *изменений своего состояния*.

Работа может быть совершена вследствие изменения взаимного положения *взаимодействующих* тел, а также вследствие изменения *скоростей* тел. В этих случаях изменяется *механическая* энергия тела или системы тел.

Часть механической энергии, обусловленную взаимодействием тел, называют **потенциальной энергией**, а часть механической энергии, обусловленную движением тел, — **кинетической энергией**.

Например, поднятое над Землей тело и Земля притягивают друг друга, то есть *взаимодействуют*. Благодаря этому тело при падении может выполнить некоторую работу. Значит, поднятое тело обладает потенциальной энергией.

При падении тела его потенциальная энергия уменьшается, зато кинетическая — увеличивается, так как увеличивается скорость тела.

Рассмотрим еще один случай, когда тело может совершить работу. Газ, расширяясь в цилиндре, двигает поршень, совершая при этом работу (на этом основано действие автомобильных двигателей). Но, расширяясь, газ охлаждается, то есть его температура понижается. А при этом, как вы скоро узнаете, замедляется хаотическое¹, то есть беспорядочное, движение молекул газа. Значит, расширяясь, газ выполняет работу благодаря уменьшению кинетической энергии хаотического движения молекул.

Энергию, обусловленную хаотическим движением частиц тела и их взаимодействием, называют **внутренней энергией**.

¹ От греческого слова «хаос» — беспорядок.

Когда газ расширяется, он совершает работу, а его внутренняя энергия уменьшается.

Ученые установили, что существуют и другие виды энергии — например, электромагнитная и атомная энергия. О них вы узнаете подробнее из курса физики старших классов.

Энергия является важнейшей физической величиной, поэтому мы и рассказали о ней в начале вашего знакомства с физикой.

Целые эпохи в истории человечества называли «в честь» используемого вида энергии. Так, время паровых двигателей (от второй половины 18-го века до конца 19-го века) называли «веком пара». А 20-й век называли «веком электричества», а также «веком атома».

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Опыты показывают, что, если можно пренебречь силами трения, механическая энергия взаимодействующих тел, то есть сумма их потенциальной и кинетической энергии, не изменяется. Это — проявление закона сохранения энергии, открытого в 19-м веке.

Закон сохранения энергии: во всех процессах, происходящих в природе, суммарная энергия взаимодействующих тел не изменяется.

Физический смысл закона сохранения энергии состоит в том, что *энергия является общей мерой движения и взаимодействия тел и частиц*: она никогда не исчезает и не появляется, а лишь преобразуется из одного вида в другой.

Многие происходящие в природе процессы сопровождаются преобразованиями энергии. Например, когда вследствие трения движущееся тело останавливается, его механическая энергия переходит во внутреннюю, потому что вследствие трения тела нагреваются.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

МОГ ЛИ АРХИМЕД СДВИНУТЬ ЗЕМЛЮ?

Правило рычага установил на опыте выдающийся древнегреческий ученый и инженер Архимед, который жил в 3-м веке до

нашей эры в Сиракузах, одном из греческих городов-государств на острове Сицилия.

Архимед достиг такого совершенства в сооружении различных механизмов, что заявил как-то царю Сиракуз: «С помощью своих механизмов я один могу поднять любой груз!» Более того, Архимед утверждал, что он мог бы сдвинуть даже Землю, если бы только нашел «точку опоры» — например, другую Землю, на которую можно стать! Царь очень удивился и предложил Архимеду продемонстрировать свое могущество.

Тогда Архимед попросил загрузить корабль, который с трудом вытянули на берег, и посадить на него весь экипаж. Привязав к кораблю крепкий канат, Архимед начал тянуть канат с помощью изобретенного им механизма. И корабль плавно тронулся по песку к Архимеду — будто поплыл по морю! Царь и все присутствующие были поражены могуществом Архимеда — не могуществом его рук, а могуществом его **разума**.

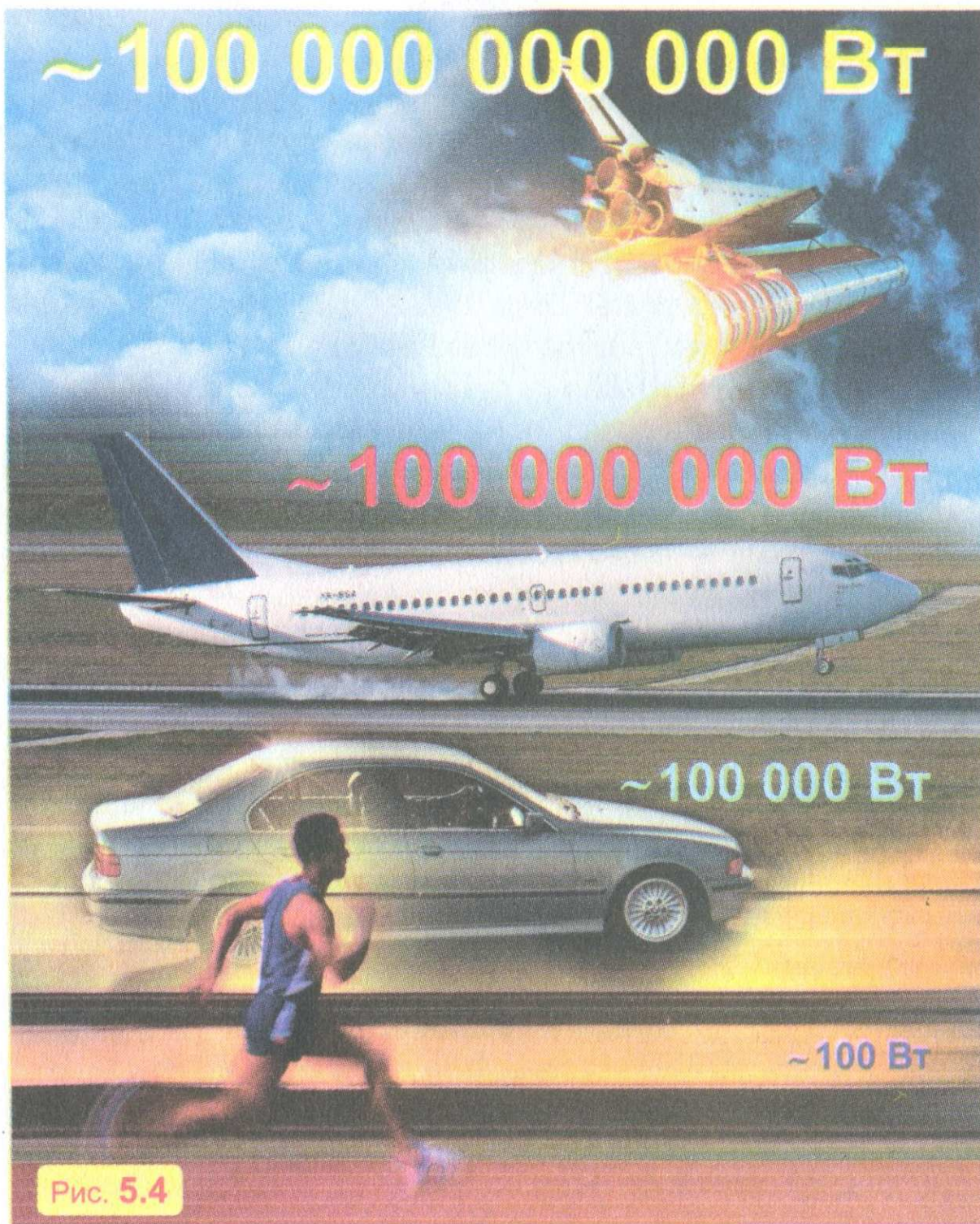
Однако, утверждая, что он мог бы сдвинуть даже Землю, Архимед очень переоценил свои возможности. Расчеты показывают, что даже если бы Архимеду фантастически «повезло» и он смог бы найти «точку опоры» и огромный рычаг, то не успел бы заметно сдвинуть Землю не только за всю свою жизнь, но и за все время существования Земли.

МОЖЕТ ЛИ ЧЕЛОВЕК УСТАТЬ, НЕ СОВЕРШАЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ?

Почему очень устаешь, когда долго держишь, например, полное ведро воды? Ведь механической работы при этом не совершаешь, так как перемещение равно нулю! Чтобы убедиться в том, что держание груза не является работой в физическом значении этого слова, поставьте ведро на пол: пол без усталости будет «держат» ведро как угодно долго!

Человек же, держа груз, устает из-за напряжения мышц. Положите тот же груз на колени, и вы почувствуете значительное облегчение.

Итак, не следует путать механическую работу как физическую величину с работой в повседневном значении слова, то есть с любой деятельностью, которая вызывает усталость. Ведь устать можно, совсем не выполняя механической работы — например, сочиняя музыку или стихи. А больше всего, как известно, устаешь от безделья!



МОЩНОСТЬ

Одинаковую работу можно совершить за разные промежутки времени. Например, можно поднять груз за минуту, а можно поднимать этот же груз в течение часа.

Физическую величину, равную отношению совершенной работы A к промежутку времени t , за который эта работа совершена, называют **мощностью** и часто обозначают N . Итак, $N = A/t$.

Единицей мощности в SI является джоуль в секунду (Дж/с), или **ватт** (Вт), названный так в честь английского изобретателя

Дж. Уатта. Один ватт — это такая мощность, при которой работу в 1 Дж совершают за 1 с. Итак, $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$.

Человек может развивать мощность в сотни ватт. Чтобы оценить, насколько могущество человеческого разума, создавшего двигатели, больше «могущества» человеческих мускулов, приведем такие сравнения (рис. 5.4):

- мощность легкового автомобиля примерно в тысячу раз больше средней мощности человека;
- мощность авиалайнера примерно в тысячу раз больше мощности автомобиля;
- мощность космического корабля примерно в тысячу раз больше мощности самолета.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается «золотое правило механики»?
2. Что такое механическая работа? Какова единица работы?
3. Что такое энергия? В каком случае энергия тела или системы тел изменяется? Какова единица энергии?
4. Что такое механическая энергия? Что такое потенциальная и кинетическая энергия? Приведите примеры потенциальной и кинетической энергии.
5. Какие вы знаете виды энергии?
6. Сформулируйте закон сохранения энергии. Приведите примеры, подтверждающие справедливость закона сохранения энергии.
7. Что такое мощность? Какова единица мощности? Какую мощность может развивать человек?

§ 6

КАК ФИЗИКА ИЗМЕНЯЕТ МИР

1. Пример применения физических открытий: история часов
2. Новые источники энергии
3. Новые средства связи
4. Охрана окружающей среды

Физика повлияла на развитие цивилизации и ход мировой истории больше, чем любая другая наука, поскольку

физика — основа научно-технического прогресса.

1. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ: ИСТОРИЯ ЧАСОВ

Мы так привыкли к многочисленным применениям физических открытий, что уже не замечаем их, хотя встречаемся с ними *каждый час* и *каждую минуту* в буквальном смысле: ведь история часов — это замечательный пример истории применения физических открытий!

Первыми более или менее точными часами были маятниковые часы (рис. 6.1). В основе их действия лежит открытое Галилеем¹ в конце 16-го века свойство малых колебаний груза, подвешенного на нити или стержне: их период (промежуток времени, в течение которого происходит одно колебание) почти не зависит от размаха колебаний. Использовать эту особенность колебаний для создания часов догадался голландский физик Христиан Гюйгенс в 17-м веке.

Маятниковые часы были довольно точными, но весьма громоздкими. В 18-м веке появились пружинные часы, и мастера-часовщики смогли сделать их настолько маленькими, что их можно было носить в кармане и даже на руке (рис. 6.2). В пружинных часах колеблется тело, прикрепленное к пружине. В этом случае период колебаний также

¹ Девятнадцатилетний Галилей открыл это свойство колебаний, наблюдая за колебаниями церковных светильников. В качестве часов он использовал собственный пульс!

является практически неизменным: это обусловлено свойством силы упругости, открытой в 17-м веке английским физиком Робертом Гуком.



В 19-м веке были открыты законы электричества и магнетизма, благодаря чему в 20-м веке появились электрические часы, которые представляли собой, по сути, миниатюрные электродвигатели. Электрические часы не надо заводить: источником энергии является батарейка. Но точность электрических часов оставалась приблизительно такой же, как и маятниковых, — погрешность хода составляла около одной минуты в сутки.

Значительного повышения точности часов удалось достичь, когда во второй половине 20-го века физики открыли, что кристаллы кварца (распространенного минерала) колеблются под действием электрического поля. Период этих колебаний, как оказалось, остается неизменным с очень высокой точностью, благодаря чему были сконструированы кварцевые часы (рис. 6.3). Они намного надежнее и точнее механических и электрических: погрешность хода

кварцевых часов составляет всего несколько минут в год! Поэтому сегодня самыми распространенными стали именно кварцевые часы (наручные и настенные).

Но несколько минут в год — далеко не граница достигнутой учеными точности: самыми точными сегодня являются атомные часы, действие которых основано на колебаниях атомов. Точность атомных часов кажется фантастической: погрешность хода составляет одну секунду за три миллиона лет! Вот почему именно атомные часы использовали для изготовления эталона секунды как единицы времени.

2. НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Вы включили свет, и лампы в люстре засветились как бы «сами собой». Но для того, чтобы как по мановению руки волшебника комната в любой момент залилась светом, круглосуточно работают огромные электростанции — главные современные источники энергии.

Войдя в кухню, вы включили электрочайник — снова электричество! А ведь в современной квартире есть еще и электрические стиральная машина, фен, микроволновая печь и так далее (рис. 6.4). Причем в большинстве современных бытовых приборов использованы физические открытия, сделанные уже в 20-м веке.

Электричество движет поезда метро и железных дорог, трамваи, троллейбусы и эскалаторы. В оборудовании современных автомобилей также широко используют электричество.

Электричество стало основой всей современной техники — без него невозможно представить себе современное производство. Для производства и передачи электроэнергии используют открытые Фарадеем, Максвеллом и другими учеными законы электричества и магнетизма.

Источниками электрической энергии являются электростанции. Большинство электростанций сегодня — тепловые. На таких электростанциях тепловые двигатели (преимущественно паровые турбины) превращают внутреннюю энергию топлива в механическую энергию, которую потом генераторы электрического тока превращают в электрическую энергию. Кроме того, в разных странах (в том числе и в нашей) есть много гидроэлектростанций, о которых мы уже рассказывали.

С каждым годом все больше электроэнергии вырабатывают атомные электростанции, действие которых основано

на законах ядерной физики, открытых в 20-м веке учеными разных стран. Первая такая электростанция была построена в середине 20-го века.



Рис. 6.4

3. НОВЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ

В школе или дома вы пользуетесь современными средствами связи, самым излюбленным из которых является, на-

верное, мобильный телефон. С его помощью почти из любого города и даже поселка нашей страны можно мгновенно установить связь с любым городом не только нашей страны, но и всего мира!

Современные средства связи появились благодаря физическим открытиям, многие из которых сделаны в течение последних десятилетий.

С каждым годом промежуток времени между открытием и его применением сокращается, но открытия прежних веков исправно «работают» и сегодня!

Например, спутники связи (рис. 6.5), обеспечивающие передачу и прием телефонных разговоров и телевизионных программ по всему миру, стали возможными благодаря тому, что в уже далеком 17-м веке английский физик Исаак Ньютон открыл закон всемирного тяготения, которому одинаково «подчиняются» и древние планеты, и современные спутники.

Во всех современных приборах используют электричество, основные законы которого открыли еще в 19-м веке.



Наверное, вы дружите с компьютером? А он буквально начинен применениями физических открытий! Прежде всего это полупроводники — вещества, специально созданные человеком для потребностей техники. Используя полупроводники, сегодня на крохотном чипе размещают миллионы приборов! Появление полупроводников открыло путь к созданию мобильных телефонов, цифровых фотоаппаратов, видеокамер, лазерных проигрывателей (рис. 6.6).

Открытие удивительных особенностей полупроводников сделали ученые нескольких стран, в том числе украинские ученые. Об этом мы расскажем в § 7. *Выдающиеся ученые — наши соотечественники.*

Современный мир трудно представить без Интернета — Всемирной сети. Видимо, в ближайшем будущем Интернет станет основным средством передачи информации. Для работы Интернета используют телефонные сети и спутники связи.

4. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

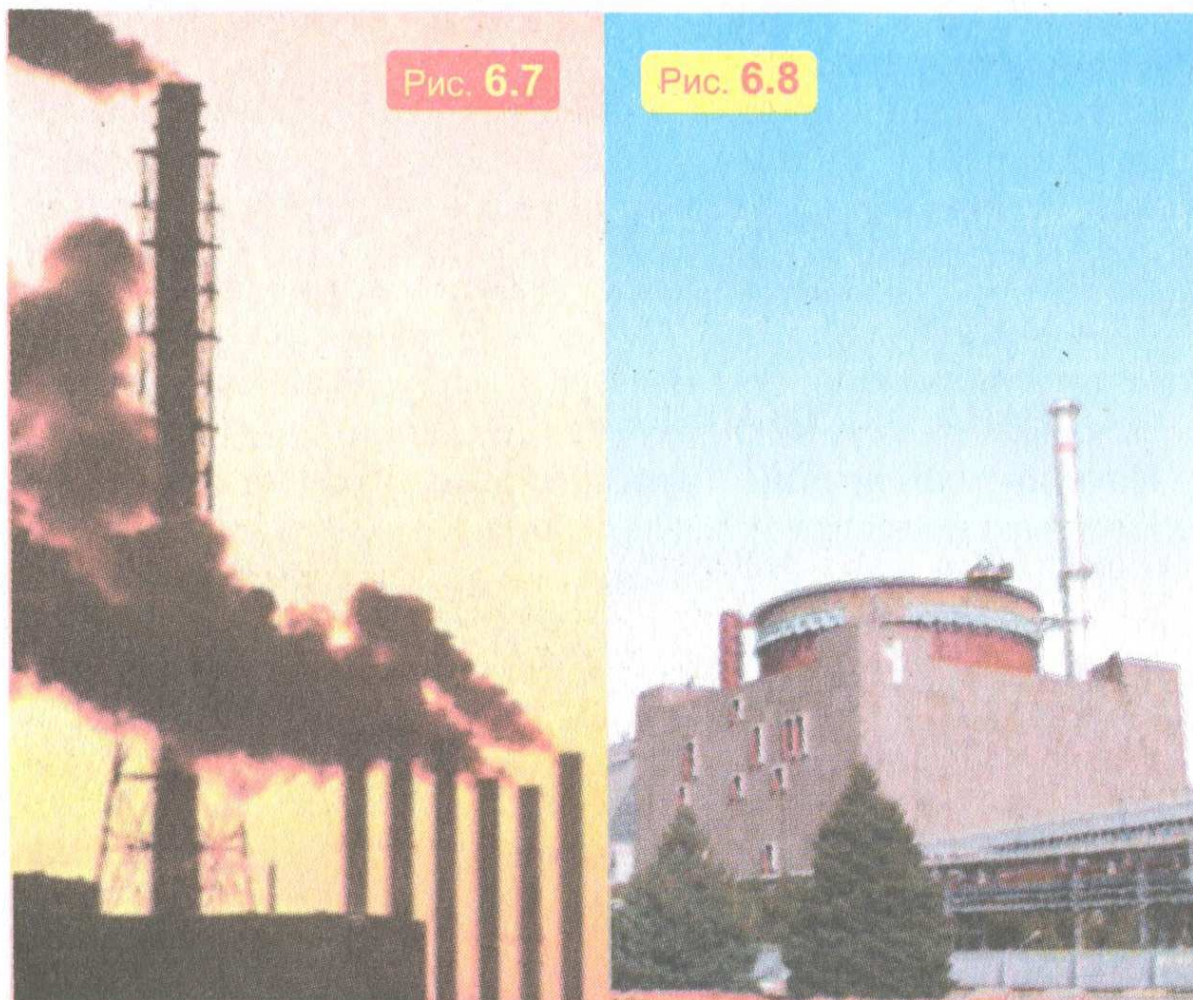
Научно-технический прогресс значительно улучшил жизнь, но за все приходится платить — в том числе и за научно-технический прогресс. К сожалению, главные современные источники энергии — электростанции и двигатели автомобилей — сильно загрязняют окружающую среду.

Тепловые электростанции (рис. 6.7) выбрасывают в атмосферу огромное количество продуктов сгорания топлива. И сегодня это уже стало проблемой планетарного масштаба. Кроме того, запасы ископаемого топлива — газа, нефти, угля — не безграничны, и человечество уже сегодня ощущает их недостаток.

Гидроэлектростанции не выбрасывают в атмосферу продукты сгорания топлива, но и они наносят ущерб окружающей среде: чтобы создать необходимую для работы гидроэлектростанции разность уровней воды, приходится строить на реках высокие плотины, из-за чего возникают искусственные «моря», то есть огромные затопленные территории.

Атомные электростанции (рис. 6.8) значительно меньше загрязняют окружающую среду, чем тепловые, а запасов урана, который является «топливом» для них, хватит на несколько столетий. Но и атомные электростанции могут угрожать окружающей среде. Во-первых, аварии на этих станциях

особенно опасны, так как они могут сопровождаться выбросом радиоактивных веществ, что угрожает здоровью и жизни людей на большой территории. К сожалению, такие аварии случались во второй половине 20-го века в США и в Украине (Чернобыль), которая входила тогда в состав СССР. Во-вторых, во время работы атомных электростанций образуются опасные радиоактивные отходы. Их надежное захоронение является сложной научно-технической проблемой, решение которой требует больших затрат.



Вот почему физики всего мира настойчиво ищут другие (так называемые «альтернативные») способы производства электроэнергии. Самым перспективным является термоядерный синтез — так называют процесс слияния атомных ядер, вследствие которого водород превращается в гелий. Именно такие процессы являются источником энергии Солнца. «Топливо» для электростанций, в которых будут гореть «земные солнца», можно добывать из морской воды, запасы которой практически неограниченны! Особая при-

влекательность таких электростанций заключается и в том, что они меньше загрязняют окружающую среду.

Но чтобы зажечь «земные солнца», нужны еще десятилетия напряженной творческой работы многих физиков и инженеров. Может, и вы со временем захотите принять в ней участие?

Важными для защиты окружающей среды являются разработка электромобилей и замена ими обычных автомобилей, так как тепловые автомобильные двигатели сильно загрязняют атмосферу городов, особенно больших.

В развитых странах, в частности и в Украине, ученые и инженеры ищут способы защиты окружающей среды, причем с каждым годом все активнее.

❓ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему физика влияла ранее и так существенно влияет сегодня на развитие цивилизации?
2. Приведите примеры применения физических открытий в производстве, быту, на транспорте. Можете ли вы привести примеры, не упомянутые в тексте?
3. Какие примеры применения физических открытий встретились вам именно сегодня? В этот час?
4. Какие вы знаете современные источники энергии? В чем их преимущества и недостатки?
5. Расскажите о современных средствах связи. Какие физические открытия в них использованы?
6. Каковы главные источники загрязнения окружающей среды? Какие меры принимают сегодня для защиты окружающей среды?

§ 7 ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ — НАШИ СООТЕЧЕСТВЕННИКИ

Многие выдающиеся физики и инженеры, получившие мировую славу, родились в Украине, работали и работают здесь сегодня. В одном параграфе мы сможем рассказать только о некоторых из них. Чтобы очерки об ученых соответствовали ходу истории науки, мы расположили эти очерки по году рождения ученого.

Читая о достижениях ученых, вы познакомитесь с научными терминами, значение которых будет подробнее раскрыто при дальнейшем изучении физики.

ИВАН ПАВЛОВИЧ ПУЛЮЙ (1845–1918)

Родился на Тернопольщине. После окончания Тернопольской гимназии отправился пешком для обучения в Венском университете. Стал деканом первого в Европе электротехнического факультета в Пражском политехническом институте.

Иван Пулюй стоял у истоков открытия рентгеновских лучей: именно он получил первые высококачественные рентгенограммы. Все эксперименты ученый проводил с вакуумными трубками собственной конструкции. Он уделял внимание также проблемам молекулярной физики, исследованию свойств и природы катодных лучей, первым исследовал свечение неона. При участии Пулюя введена в действие первая в Европе электростанция, которая вырабатывала переменный ток.

Иван Пулюй был также высококвалифицированным специалистом по древним языкам.



НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УМОВ (1846–1915)

Родился в Симбирске (Россия). Свыше 20 лет (с 1871 по 1893) работал в Новороссийском университете, как называли тогда Одесский университет.

Во время работы в Одессе Николай Умов выполнил исследования по распространению электромагнитной энергии, которые принесли ему мировое признание. Независимо от английского физика Джона Пойнтинга Николай Умов ввел физическую величину, характеризующую этот процесс. В честь этих ученых она названа «вектором Умова–Пойнтинга». Выполнил также важные исследования в области теории колебаний, электричества, оптики, земного магнетизма, молекулярной физики. Опередив свое время, предсказал сложное строение атома.

Умов исследовал диффузию водных растворов, поляризацию света. Большое внимание ученый уделял распространению научных знаний.



НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ ПИЛЬЧИКОВ (1857–1908)

Родился в Полтаве, закончил Харьковский университет. Работал в Харьковском и Новороссийском (ныне Одесском) университетах.

Николай Пильчиков — основатель теории аномалий земного магнетизма. Он открыл также явление электронной фотографии и сформулировал ее принципы, провел фундаментальные исследования электрических явлений в атмосфере и свойств света, создал большое число оригинальных приборов и устройств, многие из которых названы его именем, в частности и прообраз современного скафандра.

Пильчиков первым в мире поставил эксперименты по радиоуправлению на расстоянии, на собственные средства построил первую радиостанцию в Украине.

Ученый чудесно играл на скрипке, увлекался живописью, писал стихи.



ЕВГЕНИЙ ОСКАРОВИЧ ПАТОН (1870–1953)

Родился в Ницце (Франция), закончил Дрезденский политехнический институт (Германия) и Санкт-Петербургский институт инженеров путей сообщения (Россия).

В 1934 году основал в Киеве первый в мире Институт электросварки, который носит теперь его имя. Это научное заведение и сегодня является ведущим в мире.

Мировое признание Евгению Патону принесли работы по конструированию железнодорожных мостов и технологии сварки. При его участии сооружено свыше 100 сварных мостов, в частности знаменитый цельносварной мост через Днепр в Киеве, известный всем киевлянам и гостям столицы как «мост Патона».

Во время Второй мировой войны под руководством Евгения Патона были разработаны оборудование и технология сварки специальных сталей для танков.



ИГОРЬ ИВАНОВИЧ СИКОРСКИЙ (1889–1972)

Родился в Киеве. Учился в Киевском политехническом институте. В 1909 году начал строить в Киеве вертолет.

В начале 20-го столетия Игорь Сикорский сконструировал самолеты, которые были признаны лучшими в Российской империи.

В частности, Сикорский сконструировал первый в мире четырехмоторный самолет.

С 1919 года Сикорский жил и работал в США. Мировое признание он получил благодаря сконструированным им вертолетам, причем все первые полеты на них Сикорский выполнял сам!

Сегодня около 90 % вертолетов во всем мире разрабатывают по принципу, изобретенному Сикорским: большой винт сверху и малый — на хвосте сбоку.



ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КОНДРАТЮК (1897–1942)

Родился в Полтаве. Настоящие имя и фамилия — Александр Шаргей. В 1920 году, во время гражданской войны, он был вынужден изменить их и стал всемирно известным уже как Юрий Кондратюк. Работал в разных городах, в частности в Харькове.

Именно Кондратюк предложил способ полета на Луну, который был осуществлен американскими космонавтами. Юрий Кондратюк предложил вывести сначала космический корабль на орбиту вокруг Луны, а потом запустить с корабля взлетно-посадочный аппарат, на котором человек высадится на Луне и возвратится на космический корабль.

Использование этой идеи Кондратюка принесло ему мировую славу. Его именем назван один из кратеров на Луне.



АЛЕКСАНДР ТЕОДОРОВИЧ СМАКУЛА (1900–1983)

Родился на Тернопольщине. После окончания гимназии в Тернополе выехал для получения высшего образования в Геттингенском университете (Германия).

В 30-х годах 20-го столетия Александр Смакула изобрел способ просветления оптики, который применяют до сих пор во всем мире. Этот способ заключается в нанесении на поверхность стекла очень тонкой прозрачной пленки (ее называют «слоем Смакулы»), благодаря чему прозрачность стекла значительно увеличивается. Слой Смакулы придает объективу фотоаппарата лиловатый оттенок, знакомый всем, кто брал в руки фотоаппарат.

Александр Смакула разработал также уникальную технологию выращивания монокристаллов, которые по своим свойствам превосходят драгоценные металлы — золото и платину. Методы, разработанные Смакулой, используют и сегодня.



ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ ЛАШКАРЕВ (1903–1974)

Родился и получил высшее образование в Киеве.

Вадим Лашкарев первым в мире экспериментально открыл так называемый $p-n$ -переход в полупроводниках. На этом явлении основано действие полупроводниковых приборов, которые являются «мозгом» всей современной техники: они используются в компьютерах, цифровых фотоаппаратах, видеокамерах, мобильных телефонах, бытовой технике.



Под руководством Вадима Лашкарева в Институте физики Академии наук Украины было налажено производство транзисторов. Вадим Лашкарев создал научную школу в области физики полупроводников, которая получила мировую славу. Он основал Институт полупроводников Академии наук Украины, который назван теперь его именем.

ДЖОРДЖ (ГЕОРГИЙ АНТОНОВИЧ) ГАМОВ (1904–1968)

Родился в Одессе. Высшее образование получил в Одесском и Ленинградском (ныне Санкт-Петербургском) университетах. Работал в России, Германии, Дании, США.

За подтверждение трех теоретических предсказаний Джорджа Гамова нескольким ученым была присуждена высочайшая научная награда — Нобелевская премия. Но сам автор открытий этой награды не получил, что до сих пор вызывает сожаление у многих ученых.



Одно из величайших открытий Гамова — разгадка возникновения Вселенной. Согласно созданной ученым модели «горячей Вселенной» Вселенная возникла около 13 миллиардов лет назад вследствие огромного взрыва, который получил название «Большого Взрыва». Гамов доказал, что отголосок этого взрыва — так называемое «реликтовое излучение» — можно обнаружить и сегодня. Именно его и нашли ученые, которые получили за это Нобелевскую премию!

СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ КОРОЛЕВ (1907–1966)

Родился в Житомире. Учился сначала в Одессе, потом в Киеве, в политехническом институте. Продолжил образование в Москве.

После Второй мировой войны Сергей Королев стал Главным конструктором космической программы бывшего Советского Союза.



Под его руководством и при его непосредственном участии разработаны ракеты, с помощью которых в 1957 году был запущен первый в мире искусственный спутник Земли, а в 1961 году осуществлен первый полет человека в космос. В 1965 году из разработанного Королевым космического корабля человек впервые вышел в открытый космос.

Группой ученых и инженеров под руководством Королева были разработаны также автоматические космические аппараты, которые достигли Луны, Венеры и Марса.

ЛЕВ ДАВИДОВИЧ ЛАНДАУ (1908–1968)

Родился в Баку (Азербайджан). Закончил среднюю школу в 14 лет, учился в Бакинском и Ленинградском университетах.

В 1932 году Лев Ландау приехал в Харьков, где возглавил теоретический отдел Украинского физико-технического института и работал там до 1937 года. Именно здесь зародилась всемирно известная школа теоретической физики — «школа Ландау».



Во время пребывания ученого в Харькове этот город становится одним из мировых центров физики: для обсуждения проблем современной физики и сотрудничества с Ландау сюда приезжают выдающиеся физики из других стран. Льву Ландау был присущ уникальный универсализм: он сделал открытия почти во всех областях физики!

За выдающийся вклад в физику Лев Ландау был награжден Нобелевской премией.

БОРИС ЕВГЕНЬЕВИЧ ПАТОН (родился в 1918 году)

Родился в Киеве. Закончил Киевский политехнический институт.

Достоинo продолжил дело своего выдающегося отца, Евгения Патона, возглавив после него Институт электросварки имени Е. О. Патона.

Исследовал процессы автоматической сварки, разработал принципиально новые методы электросварки.



Первым в мире исследовал проблемы сварки в космическом пространстве и создания сварных космических конструкций. Благодаря исследованиям Б. Е. Патона впервые в мире была осуществлена сварка в открытом космосе.

С 1962 года Борис Патон — Президент Национальной академии наук Украины. Под его руководством это научное заведение стало всемирно известным центром фундаментальных и прикладных исследований. Борис Патон — Президент Международной ассоциации академий наук.

В приведенных кратких очерках мы, разумеется, не смогли рассказать о всех украинских физиках и инженерах, которые получили мировую славу. Из-за недостатка места мы можем только вспомнить здесь еще несколько славных имен ученых, которые связаны с Украиной и вошли в историю физики и техники: А. И. Ахиезер, Н. Н. Боголюбов, А. К. Вальтер, Б. И. Веркин, А. С. Давыдов, А. Ф. Иоффе, Н. П. Кастерин, Г. В. Курдюмов, Г. Д. Латышев, А. И. Лейпунский, И. М. Лифшиц, В. П. Линник, К. Д. Синельников, С. И. Пекарь, А. Г. Ситенко, М. Смолуховский, М. В. Пасечник, И. Л. Повх, А. Ф. Прихотько, Л. В. Шубников.

Если вы заинтересуетесь физикой, то познакомьтесь с исследованиями упомянутых ученых.

Много физиков и техников, известных во всем мире, работают в нашей стране и сегодня.

ГЛАВНОЕ В ЭТОЙ ГЛАВЕ

- Физика изучает механические, тепловые, электрические, магнитные и оптические явления.
- К механическим явлениям относят движение тел и взаимодействие между телами.
- К тепловым явлениям относят нагревание и охлаждение тел, а также переходы вещества, из которого состоят тела, из одного состояния в другое (газ, жидкость, твердое тело).
- К электрическим явлениям относят взаимодействие электрически заряженных тел, а к магнитным — взаимодействие постоянных магнитов, а также проводников с токами. Электрические и магнитные явления представляют собой проявления электромагнитных явлений.
- Электромагнитные явления лежат в основе действия электростанций и электродвигателей, радиосвязи, телевидения, компьютеров.
- Оптическими, или световыми, явлениями называют явления, связанные со светом.
- Опыт отличается от наблюдения тем, что, ставя опыт, ученый создает специальные условия протекания естественных явлений.
- Основные положения научного метода: 1) на основании наблюдений за явлениями природы ученый строит предположения о закономерностях в протекании этих явлений (научные гипотезы); 2) чтобы проверить гипотезу, ученый ставит опыты (эксперименты), в которых создает специальные условия, чтобы выяснить, от чего и как зависит протекание явлений.
- В SI за единицу длины принят 1 метр (м), за единицу времени — 1 секунда (с), за единицу массы — 1 килограмм (кг).
- Каждое физическое тело имеет определенную массу. Массу тела можно измерить взвешиванием.
- Мерой взаимодействия тел является сила. Единицей силы в SI является 1 ньютон (Н). Силу измеряют динамометром.

- Силу, с которой Земля притягивает предметы, называют силой тяжести.
- Устройства, с помощью которых измеряют физические величины, называют измерительными приборами. Ценой деления прибора называют разность значений физической величины, соответствующих ближайшим делениям шкалы.
- Окружающие нас тела, которые можно наблюдать невооруженным глазом, называют макромиром.
- Мир космических тел называют мегамиром.
- Мир частиц, из которых состоит вещество, называют микромиром.
- Силы упругости возникают вследствие деформации тел.
- Силы трения действуют между соприкасающимися телами, когда они движутся друг относительно друга или когда одно тело пытаются сдвинуть относительно другого.
- Между всеми телами действуют силы всемирного тяготения. Заметно обнаруживают они себя только тогда, когда хотя бы одно из взаимодействующих тел имеет очень большую массу (является планетой или звездой).
- Когда направление силы совпадает с направлением перемещения, механическая работа равна произведению силы на перемещение.
- Физическую величину, которая характеризует способность тела или системы тел совершать работу вследствие изменения своего состояния, называют энергией.
- Часть механической энергии, обусловленную взаимодействием тел, называют потенциальной энергией, а часть механической энергии, обусловленную движением тела, называют кинетической энергией.
- Закон сохранения энергии: во всех процессах, которые происходят в природе, суммарная энергия взаимодействующих тел сохраняется.
- Физика является основой научно-технического прогресса.
- Охрана окружающей среды является сегодня одной из важнейших задач человечества.

2 СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

- Атомы и молекулы
- Движение и взаимодействие молекул
- Газы
- Жидкости
- Твердые тела



§ 8 АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

1. Атомы
2. Молекулы
3. Размеры молекул и атомов
 - Хочешь узнать больше?
 - «Живые» молекулы
 - Действительно ли атом неделим?

1. АТОМЫ

Тела состоят из *вещества*. Вопрос о *строении вещества* интересовал ученых еще в глубокой древности.

Одни ученые считали, что вещество можно делить на меньшие части бесконечно. Например, говорили они, каплю воды можно дробить сколько угодно, но и самые малые капли все равно остаются каплями *воды!* И предела такому делению *не видно*, из чего эти ученые делали вывод, что такого предела *не существует*.

Другие же ученые, в числе которых был древнегреческий философ Демокрит, живший в 5-м веке до нашей эры, проявили бóльшую проницательность. Демокрит утверждал, что вещество состоит из крошечных неделимых частиц, настолько малых, что их даже не видно. Например, вода, высыхая, не исчезает, а дробится на мельчайшие, невидимые глазом частицы. Демокрит назвал неделимые частицы вещества «атомами»¹.

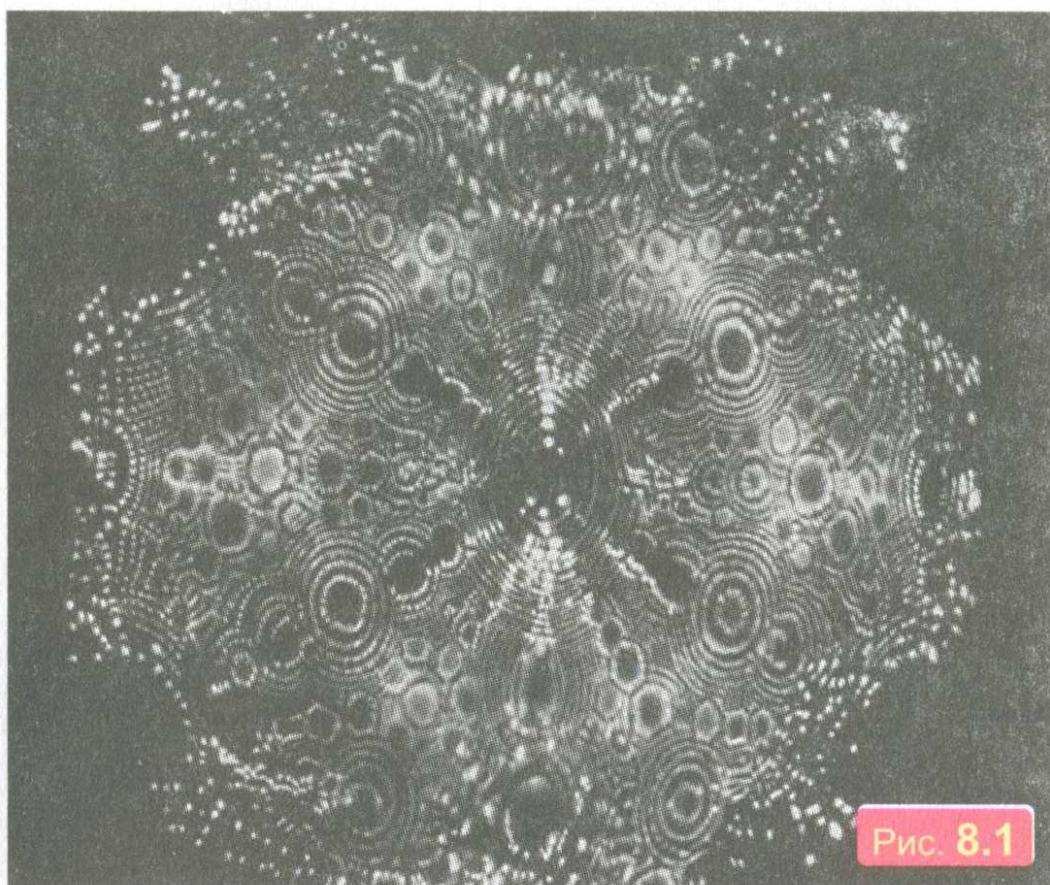
Так Демокрит, опережая свое время на тысячелетия, высказал гениальную мысль: *существовать* может даже то, что не видно глазом! Свое предположение о строении вещества Демокрит выразил знаменитыми словами: «*в мире есть только атомы и пустота*».

Но лишь через две с половиной тысячи лет, в 19-м веке, ученые получили первые опытные подтверждения атомного строения вещества.

В 20-м веке наука достигла уровня, когда ученые смогли *увидеть* атомы. На рис. 8.1 вы видите фотографию по-

¹ От греческого «атомос», что означает «неделимый».

верхности острия иглы (из тугоплавкого металла вольфрама), сделанную с помощью специального микроскопа, роль пучков света в котором играли пучки заряженных частиц. Кружки — это изображения *отдельных атомов* вольфрама!



В многочисленных опытах установлено, что

все окружающие нас тела состоят из атомов.

Из атомов состоят и наши собственные тела! Это долгое время казалось непостижимым: как живые существа могут состоять из неживых атомов?

Сегодня ответ на этот вопрос уже найден: выяснилось, что строение живых тел очень сильно отличается от строения неживых тел. Об этом мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

Ученым известно сегодня более 100 различных типов атомов. Массы всех атомов приближенно кратны массе самого легкого атома — атома водорода¹. Например, масса следующего по массе атома — атома гелия примерно в 4 раза

¹ Причина этого объяснена в разделе «Хочешь знать больше?».

больше массы атома водорода, а масса атома углерода примерно в 12 раз больше массы атома водорода.

Мы не случайно упомянули об углероде: в качестве *атомной единицы массы* (ее обозначают а. е. м.) принята именно $1/12$ массы атома углерода.

Например, масса атома водорода равна 1 а. е. м., масса атома гелия — 4 а. е. м., масса атома кислорода — 16 а. е. м., а масса атома железа — 56 а. е. м.

2. МОЛЕКУЛЫ

На достаточно малых расстояниях атомы притягиваются друг к другу, благодаря чему *атомы объединяются в молекулы*.

Так, молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. На рис. 8.2 показана модель молекулы воды: атом кислорода условно обозначен зеленым цветом, а атом водорода — желтым. Рядом на рис. 8.3 вы видите модели молекул кислорода и водорода: каждая из них состоит из двух одинаковых атомов.

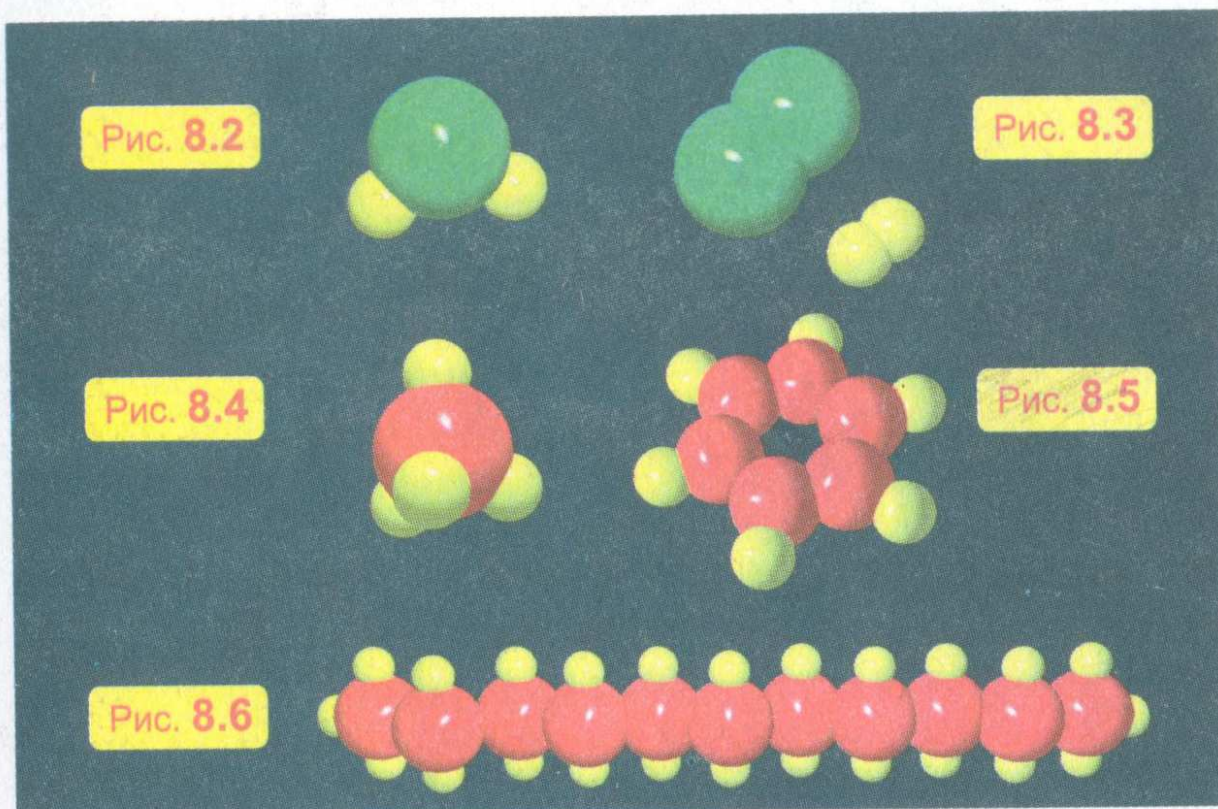
На рис. 8.4 изображена модель молекулы метана — вещества, которое входит в состав природного газа. Эта молекула состоит из одного атома углерода и четырех атомов водорода. Атомы углерода часто образуют как бы своеобразный «остов» для построения больших молекул. Например, на рис. 8.5 изображена модель «кольцевой» молекулы бензола, в состав которой входят 6 атомов углерода и 6 атомов водорода, а на рис. 8.6 — модель молекулы, состоящей из нескольких десятков атомов.

Среди огромного многообразия молекул, построенных на основе атомов углерода, есть и состоящие из миллионов атомов! Это как раз молекулы, входящие в состав живых существ, в том числе и нас с вами. О таких молекулах мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

Свойства вещества определяются типом его молекул, то есть молекула является мельчайшей частицей данного вещества.

Например, вода состоит из молекул, в состав которых входят атомы водорода и кислорода, но при комнатной температуре вода — жидкость, а водород и кислород — газы.

Ученым сегодня известно несколько *миллионов* типов молекул. И каждый тип молекул соответствует определенному веществу со своими свойствами.



3. РАЗМЕРЫ МОЛЕКУЛ И АТОМОВ

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Капнем на поверхность воды капельку масла (лучше взять оливковое масло). Масло растечется по поверхности воды очень тонким слоем.

Однако толщина масляной пленки не может быть меньше размера молекулы масла. Это и определяет максимальную площадь пленки (рис. 8.7). Так, опыты показывают, что капелька оливкового масла объемом 1 мм^3 растекается по площади не более 1 м^2 .

Зная объем капельки и площадь масляной пленки, можно оценить длину молекулы масла (эти молекулы имеют удлинненную форму и располагаются на поверхности воды перпендикулярно поверхности). Если из капельки объемом 1 мм^3 образуется масляная пленка площадью 1 м^2 , значит, толщина пленки, равная примерно длине молекулы масла, составляет около 1 нанометра (нм), то есть одной миллиардной части метра! Учтите, что молекула масла состоит из многих атомов.

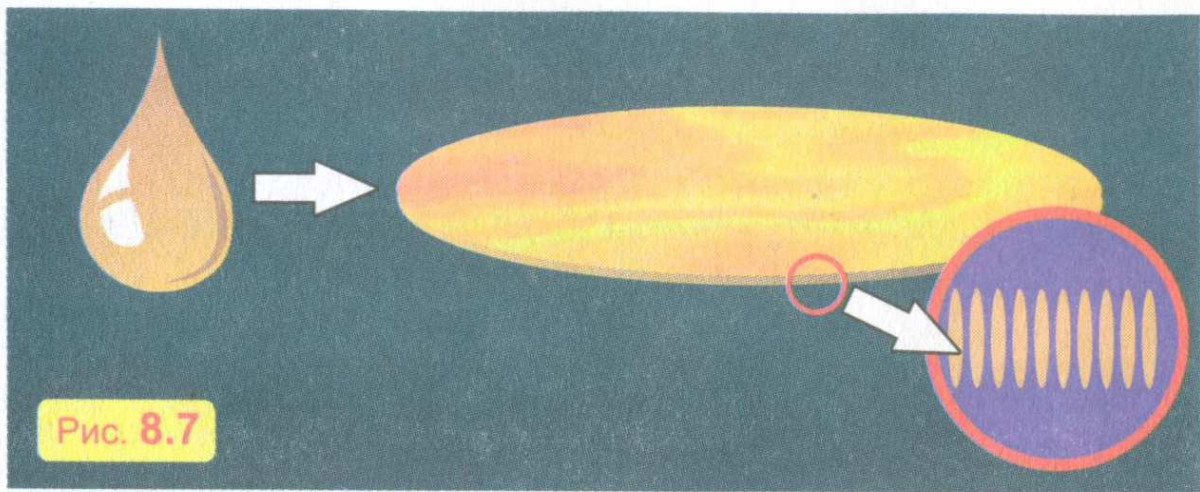


Рис. 8.7

Наименьшая молекула — одноатомная молекула гелия (около 0,2 нм). Размер молекулы воды, состоящей из двух атомов водорода и одного атома кислорода, немного больше: около 0,3 нм.

Итак, характерной длиной в мире атомов и молекул является 0,1 нм.

Чтобы вы смогли представить размеры молекул, приведем сравнения.

1. В одной чайной ложке воды содержится примерно столько же молекул воды, сколько чайных ложек воды содержится в Мировом океане (то есть во всех морях и океанах Земли вместе взятых). Значит, чтобы пересчитать молекулы воды в чайной ложке, нужно было бы потратить столько же времени, сколько для того, чтобы вычерпать чайной ложечкой весь Мировой океан!

2. Атом водорода примерно во столько раз меньше сливы, во сколько раз сама слива меньше земного шара. Представьте себе, что огромная Земля состоит вся из слив, — и вы получите некоторое представление о том, как сама слива состоит из атомов!

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

«ЖИВЫЕ» МОЛЕКУЛЫ

Все живые существа состоят из огромных, чрезвычайно сложно устроенных молекул.

Например, в каждом существе есть особые молекулы, в которых последовательностью атомов «записана» вся так называемая «наследственная информация» — подобно тому, как в книге буквами набран текст.

Только благодаря невероятно тонкой и точной «работе» таких молекул ребенок похож на своих родителей: котенок — на кошку, а слоненок — на слона.

Модель короткого фрагмента такой «наследственной» молекулы показана на рис. 8.8. Эти молекулы свернуты в длиннейшие спирали. Чтобы дать вам представление о числе и длине этих молекул, скажем только, что если бы «наследственные» молекулы, содержащиеся в организме **одного** человека, выстроить в один ряд, то их общая длина была бы в сто раз больше расстояния от Земли до Солнца!



Молекулы, из которых состоят живые существа, часто называют биологическими. Строение и взаимодействие биологических молекул напоминают строение и работу сложных механизмов. Для изучения структуры и действия биологических молекул физика и биология, объединившись, породили новую науку — биофизику. Эта наука изучает строение живых организмов, используя методы не только физики и биологии, но и других наук, например химии и информатики.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ АТОМ НЕДЕЛИМ?

В начале 20-го века ученые смогли проникнуть и вглубь атома. Английский ученый Эрнест Резерфорд, «обстреливая» атомы пучками быстрых частиц, установил, что некоторые из этих частиц при столкновении с атомами «отскакивают» назад! Объяснить это можно было только тем, что внутри атома существует крошечное атомное ядро, в котором сосредоточена практически вся масса атома.

Расчеты, сделанные Резерфордом, показали, что размеры атомного ядра примерно в сто тысяч раз меньше размеров атома. То есть, если атом увеличить до размеров цирковой арены, то атомное ядро было бы «маковым зернышком» посреди арены!

Так что Демокрит, утверждавший, что в природе есть только атомы и пустота, недооценил «роль» пустоты: оказалось, что и атомы «наполнены» в основном пустотой!

Ядро имеет положительный электрический заряд, а вокруг ядра движутся очень легкие отрицательно заряженные частицы — электроны. Это напоминает Солнечную систему. Сходство атома с Солнечной системой усиливается еще и тем, что почти вся масса Солнечной системы сосредоточена в Солнце: масса всех планет, вместе взятых, составляет около одной тысячной части массы Солнца.

Исходя из этого, Резерфорд предложил «планетарную» модель атома, согласно которой электроны в атоме движутся вокруг атомного ядра подобно тому, как планеты движутся вокруг Солнца. Однако затем выяснилось, что движение электронов происходит совершенно по другим законам, чем движение планет. Подробнее об этом вы узнаете из курса физики следующих классов.

Таким образом, оказалось, что атом делим: он состоит из атомного ядра и электронов. Сразу же возник вопрос: является ли неделимым атомное ядро?

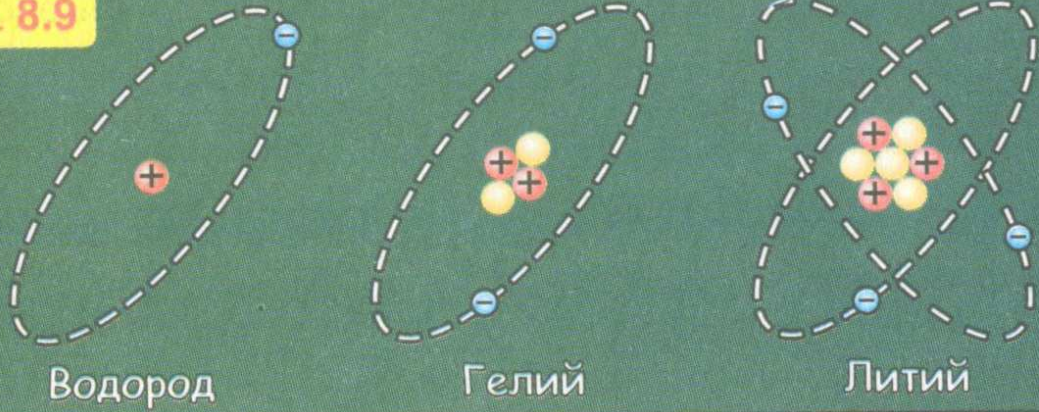
В последующих опытах (в том числе поставленных тем же Резерфордом) выяснилось, что ядро атома состоит из частиц двух типов — положительно заряженных протонов и нейтронов, не имеющих электрического заряда.

Массы протона и нейтрона оказались приблизительно одинаковыми. Это объяснило, почему массы всех атомов приближенно кратны массе атома водорода: ядро атома водорода состоит из одного протона, а ядра всех других атомов состоят из частиц примерно равной массы, как из одинаковых «кирпичиков».

На рис. 8.9 схематически изображено строение простейших атомов — атомов водорода, гелия и лития.

Однако на этом путешествие «вглубь материи» не остановилось: во второй половине 20-го века ученые открыли, что протон и нейтрон — также составные частицы! Подробнее об этом вы тоже узнаете из курса физики следующих классов.

Рис. 8.9



? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие вы знаете опытные подтверждения того, что вещество состоит из отдельных частиц? Как называют эти частицы?
2. Какой атом имеет наименьшую массу? Как связаны массы других атомов с массой этого атома?
3. Чем отличаются молекулы от атомов?
4. Молекулы каких веществ вам известны?
5. Каковы размеры атомов? Можете ли вы привести сравнение, позволяющее представить эти размеры?
6. Является ли атом неделимым?

§ 9 ДВИЖЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ

1. Движение молекул
2. Взаимодействие молекул
3. Основные положения молекулярно-кинетической теории

Хочешь узнать больше?

Природа взаимодействия молекул

Почему движение молекул никогда не прекращается?

1. ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ

БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

В начале 19-го века английский ботаник Роберт Броун, наблюдая в микроскоп крошечные частицы цветочной пыльцы, взвешенные в воде, сделал удивительное открытие. Он увидел, что частицы пыльцы пребывают в «вечной пляске», непрерывно хаотически двигаясь.

Ученый предположил, что частицы пыльцы движутся потому, что они живые, и повторил опыт с растолченными в мельчайшую пыль кусочками камня. Но и частички камня «плясали без усталости»! Это движение, которое назвали броуновским, оставалось загадкой в течение 50 лет. Только в конце 19-го века ученые пришли к выводу, что оно обусловлено бомбардировкой этих частиц молекулами воды. Если частица очень мала, удары молекул воды по ней с разных сторон не компенсируют друг друга, что и вызывает непрерывное хаотическое движение частицы.

На рис. 9.1 приведена сделанная с помощью микроскопа фотография, которая хорошо иллюстрирует хаотичность движения броуновских частиц. На этой фотографии отрезками соединены последовательные положения частицы через 1 мин.

Броуновское движение является опытным подтверждением молекулярного строения вещества и движения молекул.

Броуновское движение играет роль «мостика» между *макромиром* — миром наблюдаемых непосредственно тел — и *микромиром* — миром молекул и атомов.

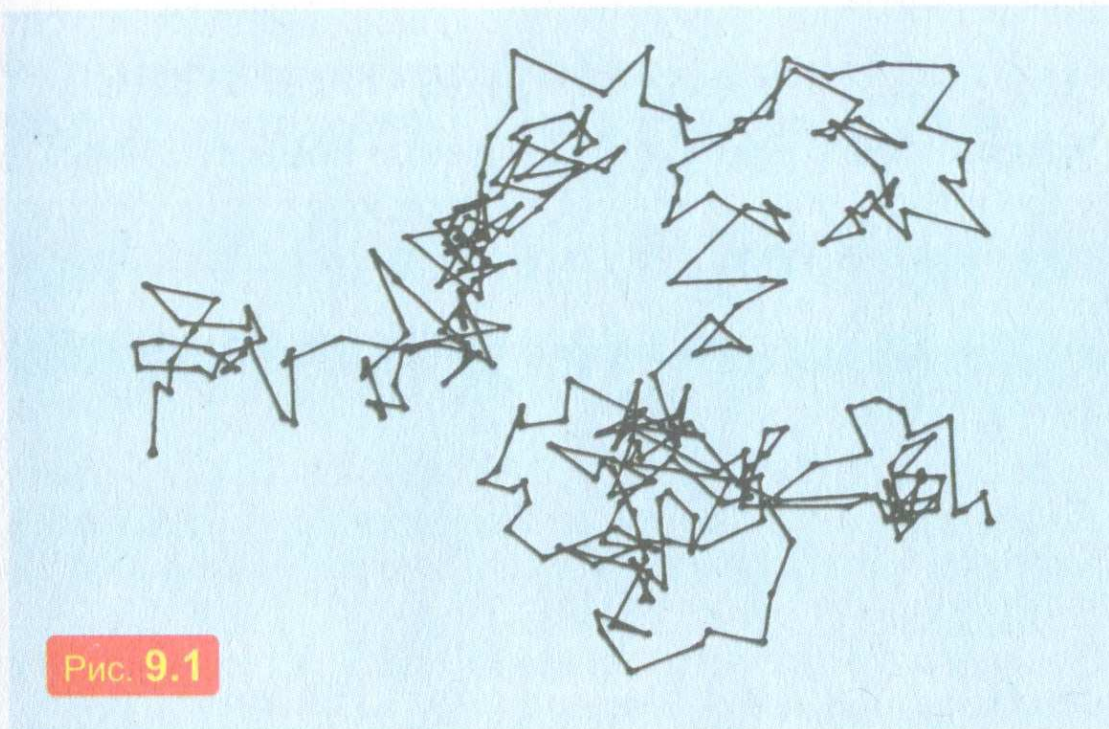


Рис. 9.1

С КАКИМИ СКОРОСТЯМИ ДВИЖУТСЯ МОЛЕКУЛЫ?

Скорости молекул ученые вычислили теоретически в конце 19-го века.

Результат оказался поразительным: согласно расчетам, в окружающем нас воздухе молекулы носятся со скоростями артиллерийских снарядов — сотни метров в секунду!

Такие скорости молекул показались некоторым ученым неправдоподобно большими, вследствие чего они ставили под сомнение существование молекул.

Однако в начале 20-го века скорости молекул удалось измерить на опыте, и опыт подтвердил теоретические выводы. Согласно расчетам, подтвержденным опытами,

с повышением температуры скорость хаотического движения молекул увеличивается.

Почему же мы не ощущаем своей кожей «обстрела» молекулами, движущимися с такими огромными скоростями? Дело в том, что массы молекул чрезвычайно малы, а их удары — очень частые. И поэтому «барабанная дробь» быстрых ударов крошечных молекул проявляет себя как постоянное давление воздуха.

Как показывают опыты, при комнатной температуре атомы и молекулы в жидкостях и твердых телах движутся также со скоростями артиллерийских снарядов.

ДИФФУЗИЯ

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Капнем каплю духов в одном конце комнаты. Через некоторое время запах духов распространится по всей комнате. Как вы догадались, это означает, что молекулы ароматических веществ, входящие в состав духов, «разлетелись» по всей комнате, то есть произошло проникновение молекул одного вещества в другое.

Диффузией называют обусловленное движением молекул взаимное проникновение частиц одного вещества в другое.

Почему же молекулы ароматических веществ не долетели до нас практически мгновенно, раз они движутся со скоростями артиллерийских снарядов? Дело в том, что при своем движении эти молекулы многократно сталкиваются с молекулами, из которых состоит воздух, поэтому их траектории похожи на траектории движения броуновских частиц. Распространению запахов способствуют потоки воздуха.

Диффузия является опытным подтверждением движения молекул.

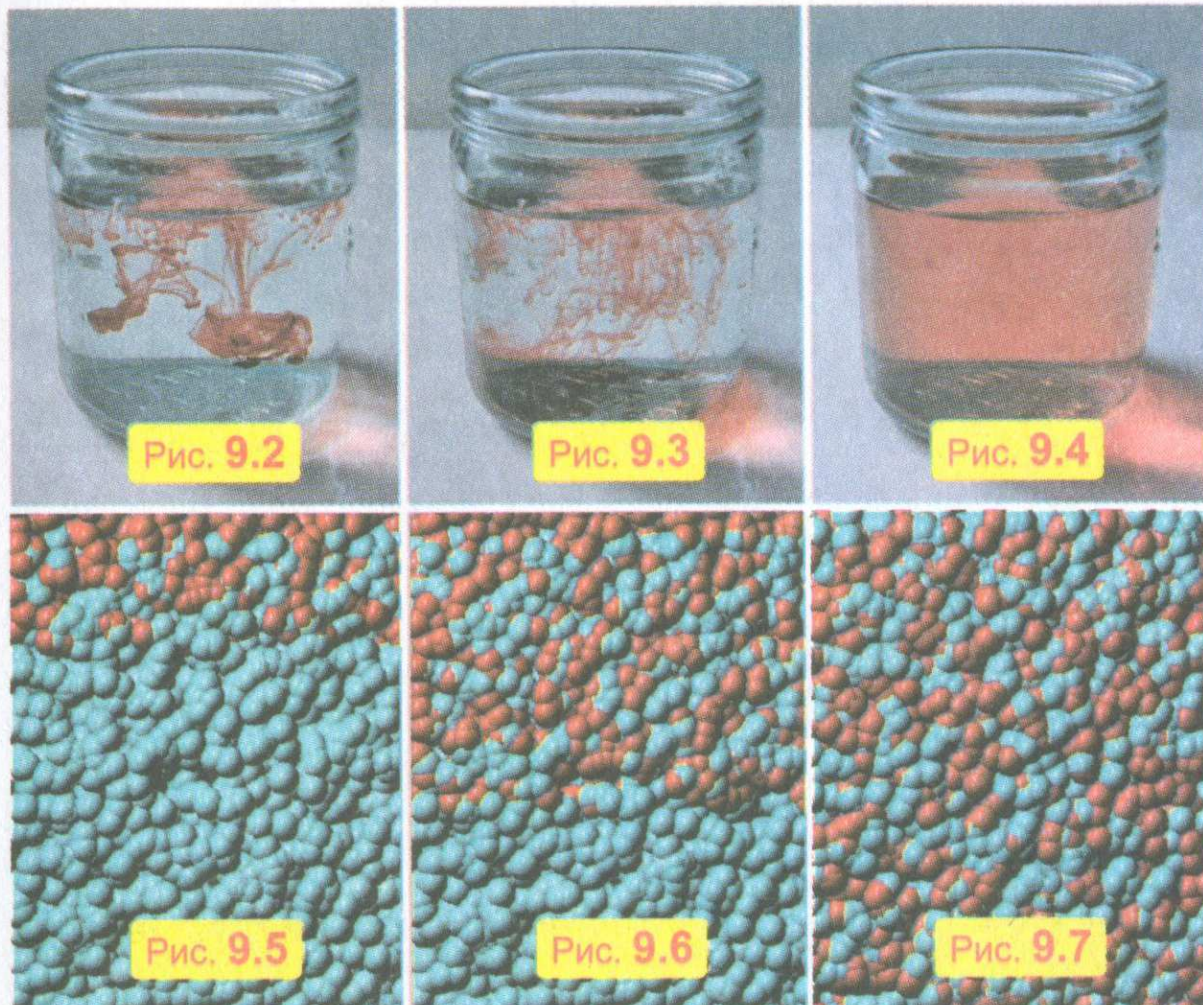
Диффузия происходит также в жидкостях и даже в твердых телах.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Капните в чашку с водой каплю чернил или йода. Вы увидите, что благодаря диффузии капля «ветвится» и постепенно «тает», придавая слабую окраску всей воде (рис. 9.2–9.4).

Диффузия в жидкостях происходит значительно медленнее, чем в газах, хотя в жидкостях молекулы движутся примерно с такими же скоростями, как и в газах. Дело в том, что в отличие от газов, где молекулы расположены на довольно больших расстояниях друг от друга (в несколько раз больше размеров самих молекул), в жидкостях молекулы расположены практически вплотную. И поэтому в процессе диффузии одним молекулам приходится как бы

«проталкиваться» сквозь плотную «толпу» других молекул. Это и замедляет процесс диффузии. Схематически процесс диффузии в жидкостях изображен на рис. 9.5–9.7.



Обнаружить диффузию в твердых телах намного труднее, чем в жидкостях и газах. Но все-таки можно. Например, был поставлен такой опыт. Под пресс положили отполированные пластины золота и свинца, и через несколько лет в свинце удалось обнаружить атомы золота, а в золоте — атомы свинца: атомы одной пластины проникли в другую пластину вследствие диффузии.

Чем же объясняется столь медленная диффузия в твердых телах? Дело в том, что молекулы или атомы твердых веществ расположены обычно не только вплотную, но еще и «стройными рядами». Чтобы «протиснуться» даже сквозь один такой ряд, молекуле приходится предпринимать миллионы «попыток»! В результате скорость диффузии в твердых телах очень мала.

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ

О взаимодействии молекул свидетельствует уже само существование жидкостей и твердых тел.

ПРИТЯЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ

Если бы молекулы не *притягивались* друг к другу, жидкости и твердые тела сразу распались бы на отдельные молекулы, превратившись в газы: газообразное состояние вещества как раз и соответствует сравнительно слабому взаимодействию молекул.

Молекулы разных тел также притягиваются друг к другу: этим можно объяснить, например, действие клея.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Чтобы получить представление о величине сил притяжения между молекулами, попробуйте разорвать руками капроновую нить сечением 1 мм^2 . Вряд ли вам удастся это сделать, хотя усилиям всего вашего тела «противостоят» силы притяжения крошечных молекул в малом сечении проволоки или нити. Эти силы схематически показаны на рис. 9.8.

ОТТАЛКИВАНИЕ МОЛЕКУЛ

Если бы молекулы только притягивались, нельзя было бы понять, почему жидкости и твердые тела практически несжимаемы, то есть сильно «противятся» уменьшению их объема.

Это их свойство можно объяснить *отталкиванием* молекул.

Отталкивание молекул обуславливает также взаимодействие твердых тел при непосредственном контакте, когда тела «упираются» друг в друга.

Например, вы не проваливаетесь сквозь пол потому, что молекулы ваших подошв отталкиваются от молекул, из которых состоит пол. Эти силы отталкивания схематически изображены на рис. 9.9.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что

молекулы взаимодействуют друг с другом: на очень малых расстояниях молекулы отталкиваются, а на несколько больших — притягиваются.

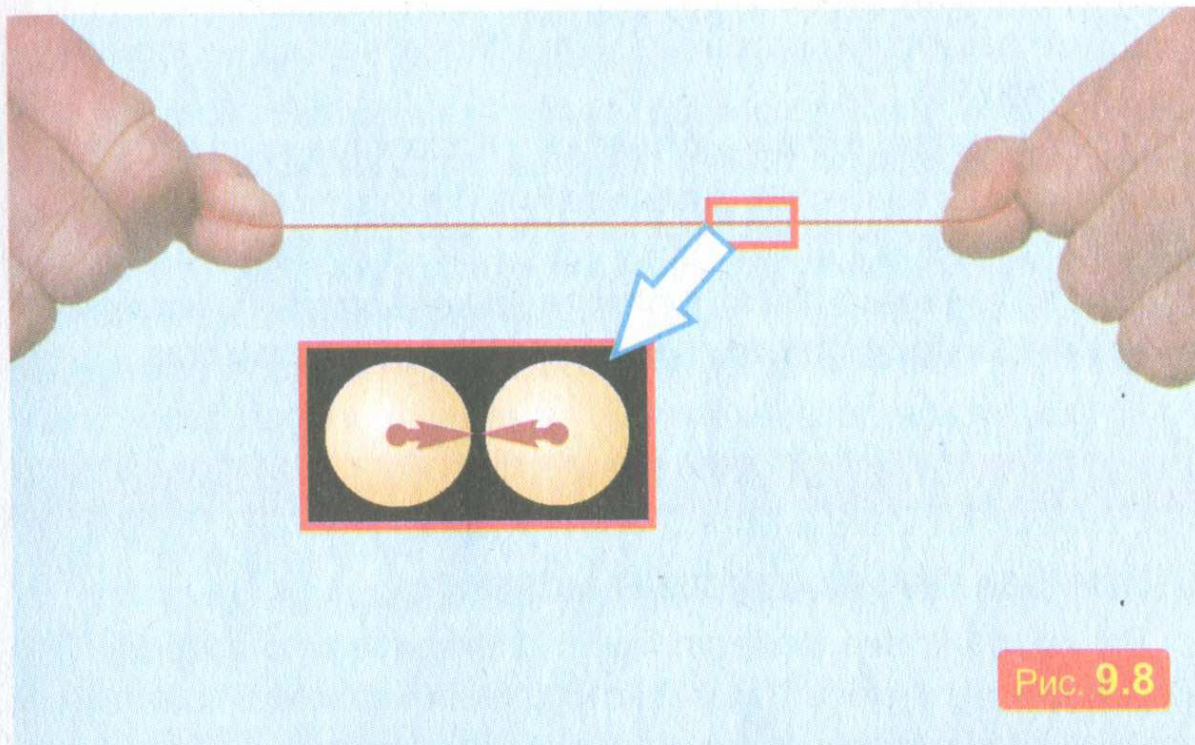


Рис. 9.8



Рис. 9.9

Когда расстояния между молекулами намного больше их размеров, молекулы почти совсем не взаимодействуют.

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Исходя из описанных выше наблюдений и опытов, можно сформулировать следующие положения:

- 1) все вещества состоят из мельчайших частиц — атомов и молекул;
- 2) частицы вещества хаотически и непрерывно движутся;
- 3) частицы вещества взаимодействуют друг с другом.

Эти положения лежат в основе *молекулярно-кинетической теории* — современного учения о строении вещества.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ПРИРОДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛЕКУЛ

Взаимодействие молекул имеет электрическую природу. Это взаимодействие носит довольно сложный характер, поэтому мы ограничимся тут только некоторыми пояснениями.

Отталкивание молекул на очень малых расстояниях обусловлено тем, что, когда молекулы расположены вплотную друг к другу, основную роль играет взаимодействие «внешних частей» их атомов, то есть электронов. Электроны заряжены отрицательно, а одноименно заряженные частицы отталкиваются.

При увеличении расстояния между молекулами основную роль начинает играть притяжение между положительно заряженными ядрами атомов, входящих в состав одной молекулы, и отрицательно заряженными электронами, входящими в состав атомов другой молекулы. Поэтому отталкивание молекул сменяется их притяжением.

Сложный характер взаимодействия молекул удалось понять только в 20-м веке, когда физики создали *квантовую механику* — науку о движении и взаимодействии мельчайших частиц вещества. Об основных ее положениях вы узнаете из курса физики старших классов.

ПОЧЕМУ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ НИКОГДА НЕ ПРЕКРАЩАЕТСЯ?

Движение молекул разительно отличается от движения окружающих нас предметов. Движение предметов, как вы уже знаете, из-за трения замедляется и наконец прекращается. А вот движение молекул *не прекращается никогда*.

Почему же не останавливаются из-за трения молекулы? Дело в том, что вследствие трения *механическое движение* превращается в хаотическое (тепловое) *движение молекул* — ведь

в результате трения тела **нагреваются**. Но самим молекулам «передать» энергию своего движения уже некуда — они движутся в пустоте, сталкиваясь только **друг с другом**. В результате столкновений молекул их энергия только перераспределяется между ними.

Вечное движение крошечных молекул сходно в этом смысле с вечным движением огромных планет: планеты, как и молекулы, движутся в пустоте, и поэтому их механическая энергия остается практически неизменной в течение миллионов лет.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что представляет собой броуновское движение? О чем оно свидетельствует?
2. Каковы примерно скорости молекул? Почему мы не ощущаем ударов молекул воздуха?
3. Что такое диффузия? Чем она обусловлена?
4. В каких телах происходит диффузия? Где она происходит наиболее быстро?
5. Из каких наблюдений можно заключить, что молекулы притягиваются друг к другу? Отталкиваются?
6. Каковы основные положения молекулярно-кинетической теории?
7. Какова природа взаимодействия молекул?

§ 10 ГАЗЫ

1. Свойства газов

2. Молекулярное строение газов

1. СВОЙСТВА ГАЗОВ

Как вы уже знаете, вещество может находиться в трех состояниях: *твердом*, *жидком* и *газообразном*. Эти состояния вещества называют *агрегатными состояниями*.

В этом параграфе мы опишем опыты и наблюдения над газами, а затем расскажем о молекулярном строении газов, которым обусловлены их свойства.

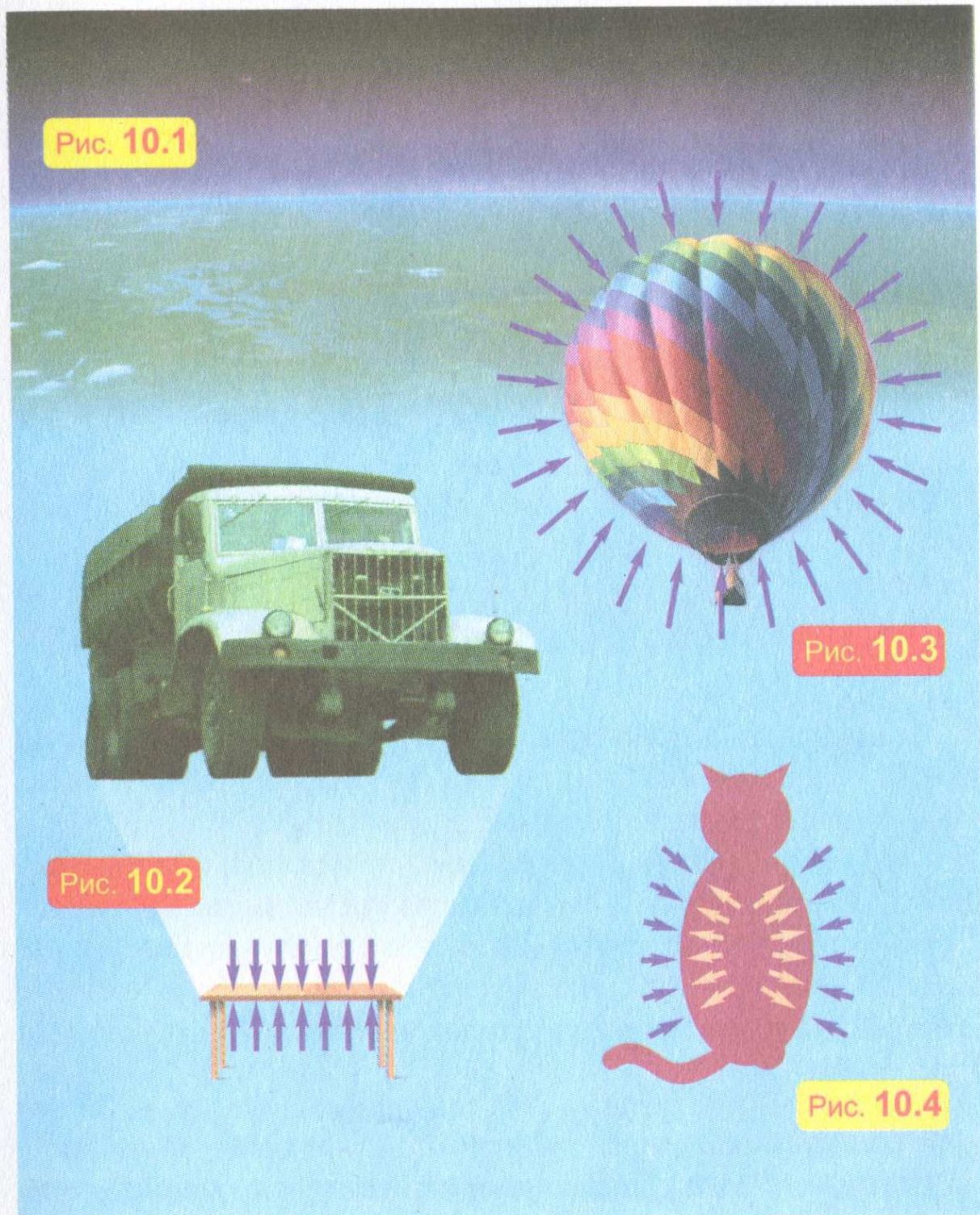
Наглядным примером газа является окружающий нас воздух. Мы живем «на дне» огромного воздушного океана глубиной в десятки километров. Это *атмосфера*. На рис. 10.1 вы видите сделанную из космоса фотографию атмосферы Земли.

Воздух состоит в основном из двух газов — азота (около 80 %) и кислорода (около 20 %). Все живые существа дышат кислородом, находящимся в воздухе (рыбы дышат воздухом, растворенным в воде). Поэтому о чем-то крайне нужном часто говорят: «нужен как воздух».

Воздух кажется нам очень легким. Но и он имеет вес, причем немалый: на каждый квадратный сантиметр поверхности Земли атмосферный воздух давит с силой, равной весу килограммовой гири. Например, на поверхность стола площадью 1 м² воздух давит с силой, равной примерно весу груженого самосвала (рис. 10.2)! Стол «выдерживает» силу давления воздуха потому, что примерно с такой же силой воздух давит и на нижнюю поверхность стола.

О том, что воздух давит и снизу, свидетельствуют воздушные шары (рис. 10.3): они держатся в воздухе только потому, что воздух давит на них снизу с большей силой, чем сверху!

Воздух давит и на поверхность тел живых существ. И не расплющивает он их потому, что ткани их тел оказывают сопротивление воздуху (рис. 10.4).



Давление воздуха вы будете изучать в следующем учебном году.

Вы можете «почувствовать» воздух, подставив лицо или руку ветру. На восходящих потоках воздуха парят птицы и дельтапланы (рис. 10.5).



Человек начал использовать силу ветра еще в древности: именно с ее помощью он путешествовал по морям и океанам, открывая и заселяя новые земли (рис. 10.6).

Силу ветра использовали также в ветряных мельницах, а сегодня используют в ветровых электростанциях.

Так что «пустой» стакан или тем более «пустая» комната не так уж пусты! Например, масса воздуха в комнате средних размеров примерно равна массе взрослого человека (рис. 10.7).

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Погрузите банку вверх дном в воду: вы увидите, что вода не заполняет «пустую» банку (рис. 10.8)! Это происходит потому, что в банке остался воздух. Наклоните банку, и вы увидите, как он выходит из банки пузырьками.

Отличительная особенность газов состоит в том, что

газ занимает весь предоставленный ему объем.

Рис. 10.7

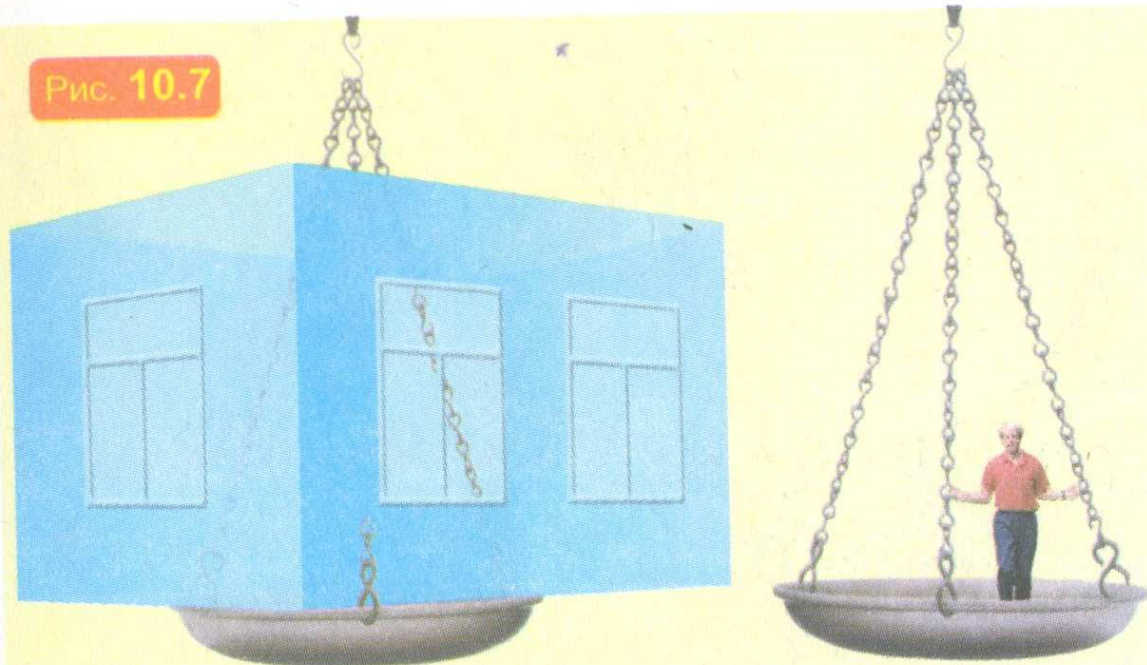
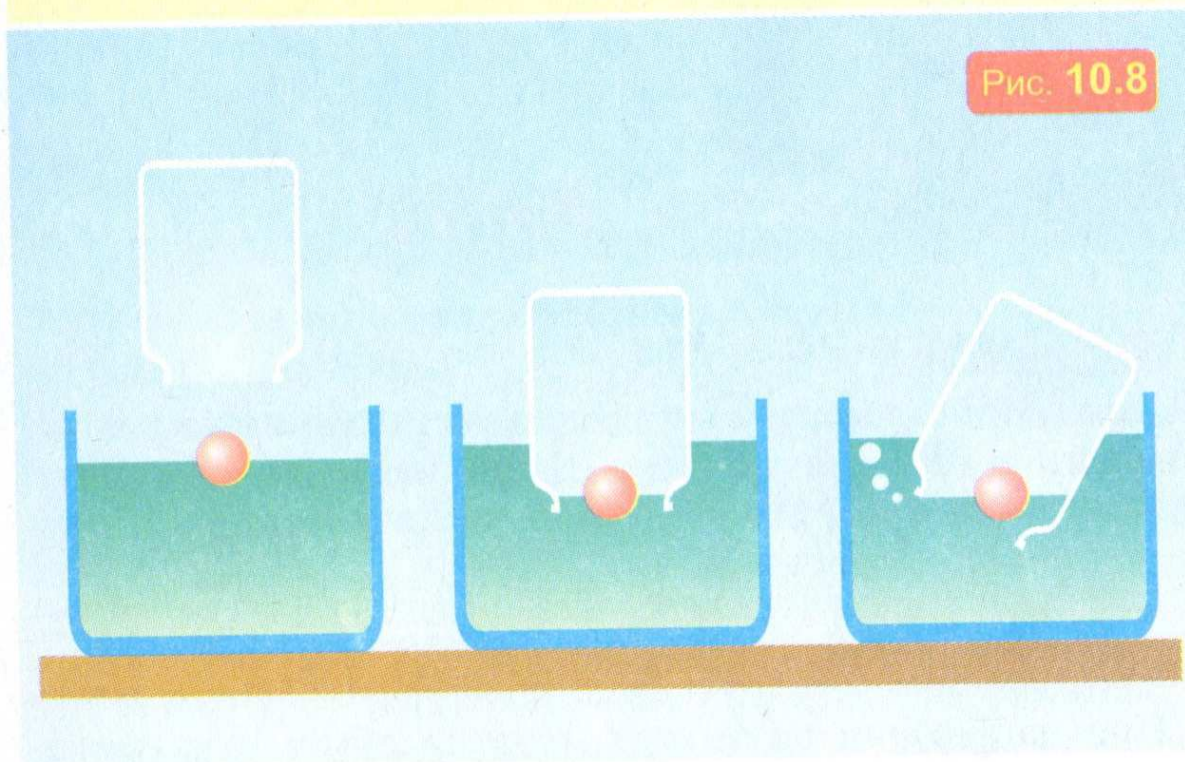
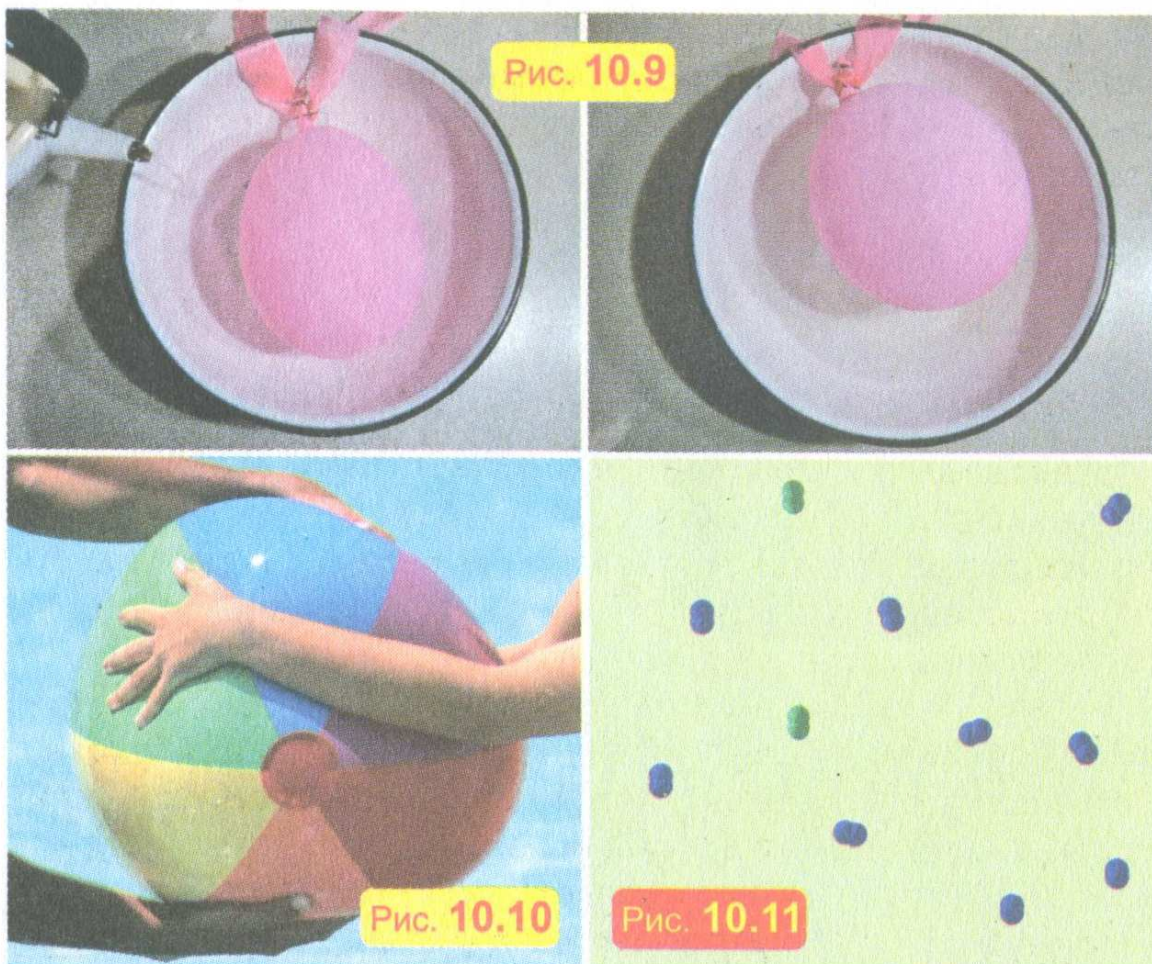


Рис. 10.8



Именно поэтому, например, мяч при надувании наполняется воздухом равномерно во всем объеме.

Может возникнуть вопрос: если газ занимает весь предоставленный ему объем, то почему атмосфера Земли не «разлетается»? Дело в том, что атмосферу удерживает довольно большая сила притяжения Земли. А вот, например, Луна не «смогла» удержать свою атмосферу, так как ее сила притяжения намного меньше.



ПОСТАВИМ ОПЫТ

Положите слабо надутый воздушный шарик в кастрюлю и налейте в нее горячую воду. Шарик надуется, хотя масса заключенного в шарике воздуха не увеличилась (рис. 10.9). Это можно объяснить тем, что

газы при нагревании расширяются.

При нагревании на тысячу градусов объем газа увеличивается в несколько раз! Способность газа многократно увеличивать свой объем при нагревании используют в тепловых двигателях: нагретый газ толкает поршень, движение которого передается, например, колесам автомобиля.

Как мы увидим далее, жидкости и твердые тела при нагревании также расширяются, но значительно меньше, чем газы.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Попробуйте сжать руками какой-либо твердый предмет, скажем, кусок дерева или кирпич. Вряд ли вам это удастся.

Не удастся вам сжать и кожаный мяч, полностью наполненный водой. А вот слабо надутый мяч или шар сжать очень легко (рис. 10.10). Таким образом, в отличие от твердых и жидких тел,

газы легко сжимаемы.

2. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ГАЗОВ

Сжимаемость газов объясняется тем, что молекулы в газах расположены не вплотную. Например, в окружающем нас воздухе расстояния между молекулами примерно в 10 раз больше размеров молекул. Молекулярное строение газа схематически показано на рис. 10.11.

Находясь «вдали» друг от друга, молекулы газов практически не взаимодействуют друг с другом. Вследствие столкновений движение молекул газа носит *хаотический* характер. Поэтому газ и заполняет весь предоставленный ему объем.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие вы знаете агрегатные состояния вещества?
2. Какие вы знаете газы?
3. Какие примеры подтверждают, что воздух давит на окружающие тела?
4. Как на опыте убедиться в том, что «пустой» стакан наполнен воздухом?
5. Почему нельзя наполнить газом только половину сосуда, в котором нет перегородок? Обоснуйте ваш ответ.
6. Как ведут себя газы при нагревании? Где и как это используют?
7. Каково молекулярное строение газов?

§11 жидкости

1. Свойства жидкостей
2. Молекулярное строение жидкостей
3. Плотность вещества

Хочешь узнать больше?

Почему капли круглые?

Почему зимой реки и озера не промерзают до дна?

1. СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ

Самая распространенная на Земле жидкость — вода, хотя, как мы увидим, она обладает некоторыми исключительными свойствами.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Налейте воду в любой сосуд — вода «послушно» примет форму этого сосуда (рис. 11.1).

Этот опыт показывает, что

жидкость принимает форму сосуда, в котором она находится.

Обусловлено это тем, что жидкость обладает *текучестью*, то есть очень легко изменяет свою форму под действием внешних сил. На жидкость в сосуде действуют сила тяжести и давят стенки сосуда — вот почему жидкость и принимает форму сосуда.

Но говорить, что «жидкость не имеет своей формы», все-таки нельзя! Мы расскажем об этом в разделе «Хочешь узнать больше?».

Легко изменяя свою форму, жидкость в то же время «упорно» противится сжатию, то есть уменьшению объема.

Однажды поставили такой опыт. Толстостенную свинцовую сферу через небольшое отверстие заполнили водой, запаяли отверстие и подвергли сферу очень сильному сжатию. И что же получилось?

Вода не сжалась, а просочилась сквозь металл: на поверхности свинцовой сферы выступили капли воды!

Рис. 11.1



Этот и подобные ему опыты показывают, что

жидкости обладают малой сжимаемостью.

Это жидкости существенно отличаются от легкосжимаемых газов.

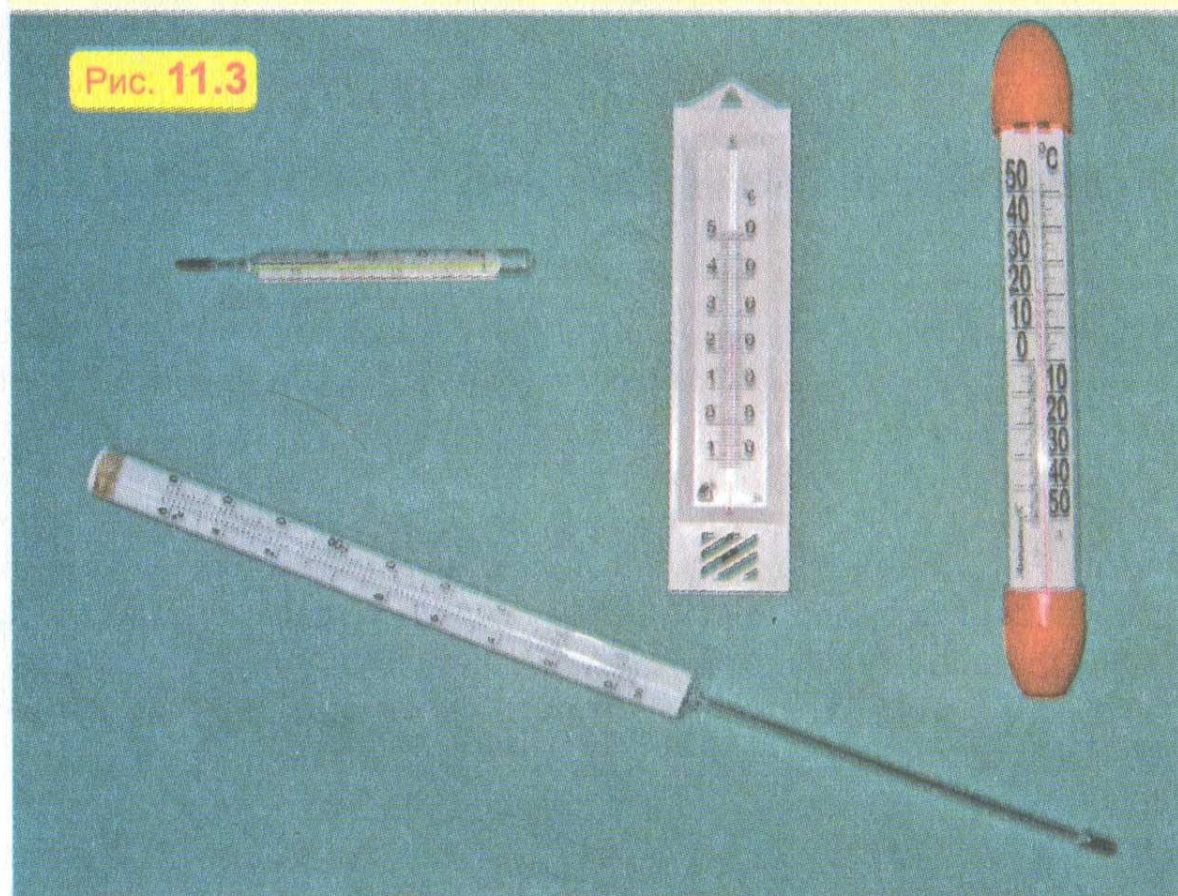
Можно сказать, что жидкость по своим свойствам напоминает песок: изменить форму песка очень легко, но изменить объем данной массы песка — трудно. Это сходство жидкости с песком, как мы скоро увидим, обусловлено молекулярным строением жидкости.

Объем жидкости трудно не только уменьшить — его настолько же трудно и увеличить. Другими словами, *жидкость сохраняет свой объем* (при постоянной температуре). Поэтому в отличие от газа жидкость не обязательно занимает *весь* объем сосуда: например, воду в стакан можно налить до половины (а вот наполнить стакан газом «до половины» невозможно).

На границе с воздухом жидкость образует *свободную поверхность*.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Налейте в стакан воду до половины и медленно наклоните стакан. Вы увидите, что поверхность воды остается **горизонтальной**. Это обусловлено текучестью жидкости: под действием силы тяжести вода стремится занять как можно более низкое положение. Именно по этой причине вода и выливается из наклоненного сосуда (рис. 11.2).



При нагревании жидкости расширяются — значительно меньше, чем газы, но значительно больше, чем твердые тела. Это используют, в частности, при изготовлении жидко-

стных *термометров* — приборов для измерения температуры (рис. 11.3).

Поскольку жидкость при нагревании расширяется сильнее, чем твердая «оболочка» термометра, высота столба жидкости вследствие нагревания увеличивается. А чтобы увеличение объема было заметнее, термометр сконструирован так, что жидкость поднимается внутри тонкой трубки.

Однако не все жидкости и не всегда при нагревании расширяются! Важным исключением является самая распространенная на Земле жидкость — вода. О ее «поведении» при нагревании мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

2. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

Схематически расположение молекул в жидкости показано на рис. 11.4.

Молекулы в жидкости расположены вплотную друг к другу, но в этом расположении нет определенного порядка.

Как видно, расположение молекул в жидкости напоминает расположение песчинок в куче песка. Этим и обусловлено упомянутое выше сходство жидкости с песком.

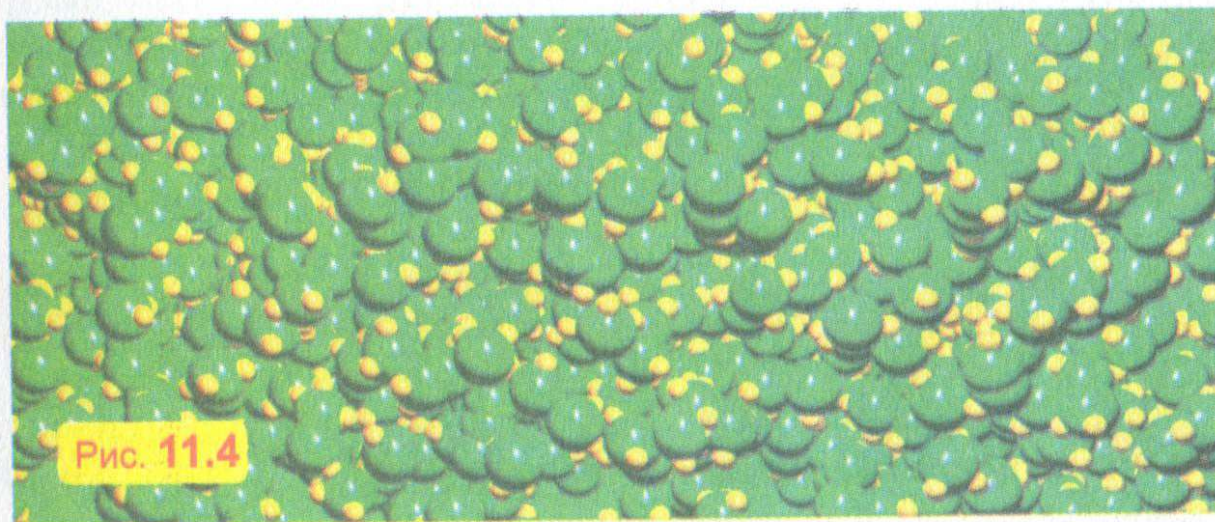


Рис. 11.4

Молекулы жидкости хаотически движутся, но их движение сильно ограничено молекулами-«соседями». Поэтому движение молекул жидкости напоминает движение людей в толпе: молекулы «толкаются», время от времени меняясь местами друг с другом. Именно эти «перескоки» и сообщают жидкости *текучесть*. Когда на жидкость действуют

внешние силы, «перескоки» молекул в одном направлении происходят чаще, чем в других направлениях, вследствие чего форма жидкости изменяется. А поскольку эти «перескоки» происходят очень часто, форма жидкости меняется настолько быстро, что мы говорим: жидкость *течет*.

3. ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА

Тела, состоящие из одинакового вещества, могут иметь различные массы: например, масса воды в полном ведре примерно в 50 раз больше массы воды в полном стакане. И объем воды в ведре примерно в 50 раз больше объема воды в стакане.

Для всех тел, состоящих из одинакового вещества, *отношение* массы к объему одинаково.

Отношение массы m однородного образца данного вещества к его объему V называют **плотностью** ρ этого вещества: $\rho = \frac{m}{V}$.

Плотность является характеристикой вещества, а не конкретного тела.

Единицей плотности в СИ является 1 кг/м^3 . Плотность воды равна 1000 кг/м^3 , а плотность воздуха — примерно $1,3 \text{ кг/м}^3$, то есть почти в 770 раз меньше. Плотность воды намного больше плотности воздуха из-за того, что в жидкости, в отличие от газа, молекулы расположены вплотную.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ПОЧЕМУ КАПЛИ КРУГЛЫЕ?

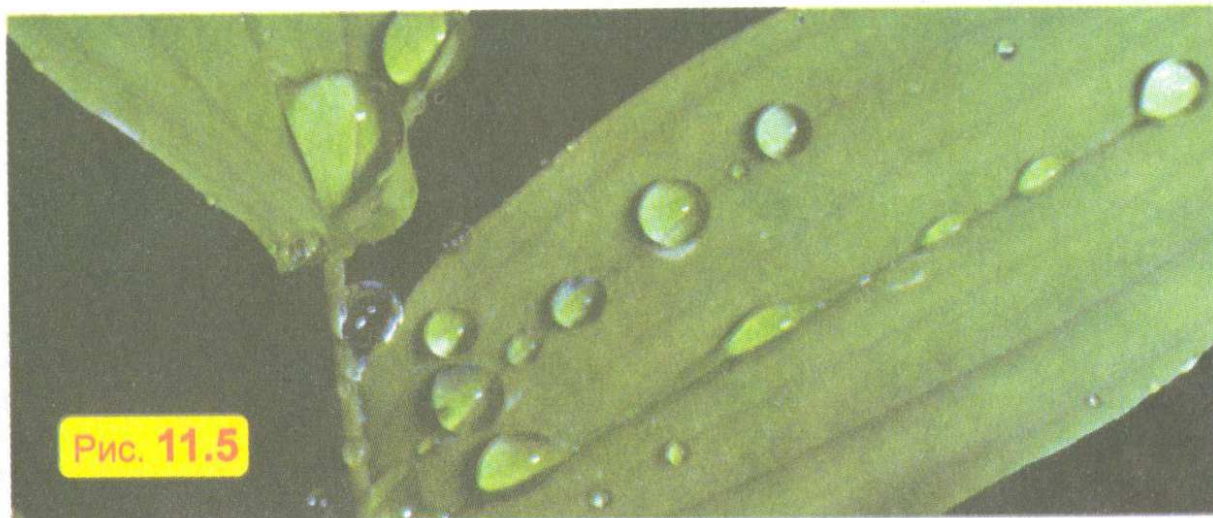
Утверждение, что жидкость «не имеет своей формы», а всегда принимает форму сосуда, не совсем правильно.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Капните водой на тарелку, смазанную любым жиром (например, сливочным или растительным маслом). Вы увидите, что капли не растекаются, а сохраняют примерно *шарообразную* форму. Такую же форму имеют и капельки росы на траве и листьях (рис. 11.5). Это обусловлено тем, что жидкость стремится *умень-*

шить площадь своей поверхности, а из всех тел с заданным объемом наименьшую площадь поверхности имеет шар.

При «земных» условиях сила тяжести и давление стенок сосуда «заставляют» жидкость принять форму сосуда. А для малой капли основную роль играет стремление жидкости уменьшить площадь поверхности.



ПОЧЕМУ ЗИМОЙ РЕКИ И ОЗЕРА НЕ ПРОМЕРЗАЮТ ДО ДНА?

Удивительным свойством воды, отличающим ее от других жидкостей, является то, что при нагревании от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ вода не расширяется, а **сжимается**, вследствие чего плотность воды максимальна при температуре $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Благодаря этому зимой «тяжелая» вода с температурой $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ опускается на дно рек и озер. Вот почему реки и озера в средних широтах редко промерзают зимой до дна (если они не слишком мелкие). А от этого радость не только рыбам, но и рыбакам — любителям подледного лова.

❓ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие наблюдения о свойствах жидкости можно сделать, наливая воду в различные сосуды?
2. Легко ли изменить объем жидкости? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.
3. Какова особенность свободной поверхности жидкости? Чем она обусловлена?
4. Как ведет себя жидкость при нагревании? Благодаря чему можно изготавливать жидкостные термометры?
5. Как расположены молекулы в жидкости?
6. Почему капли круглые?

§12 ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

1. Свойства твердых тел

2. Кристаллы

3. Аморфные тела

Хочешь узнать больше?

Почему графит мягкий, а алмаз твердый?

Жидкие кристаллы

1. СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Как вы уже знаете,

твердые тела сохраняют объем и форму.

Твердые тела сильно отличаются по своим свойствам. Во-первых, они отличаются друг от друга **твердостью**. Например, хорошо известна мягкость графита, из которого делают стержни карандашей. Но есть и «по-настоящему» твердые тела, например стекло или чугун. «Чемпионом» же по твердости считают алмаз: он оставляет царапины на любом другом теле. Поэтому из алмаза изготавливают особо твердые режущие инструменты.

Во-вторых, твердые тела отличаются друг от друга **хрупкостью**. Так, стеклянный стакан — **хрупкое** тело: при ударе он разрушается. А свинцовый брусок — **пластичное** тело: при ударе он лишь изменяет форму.

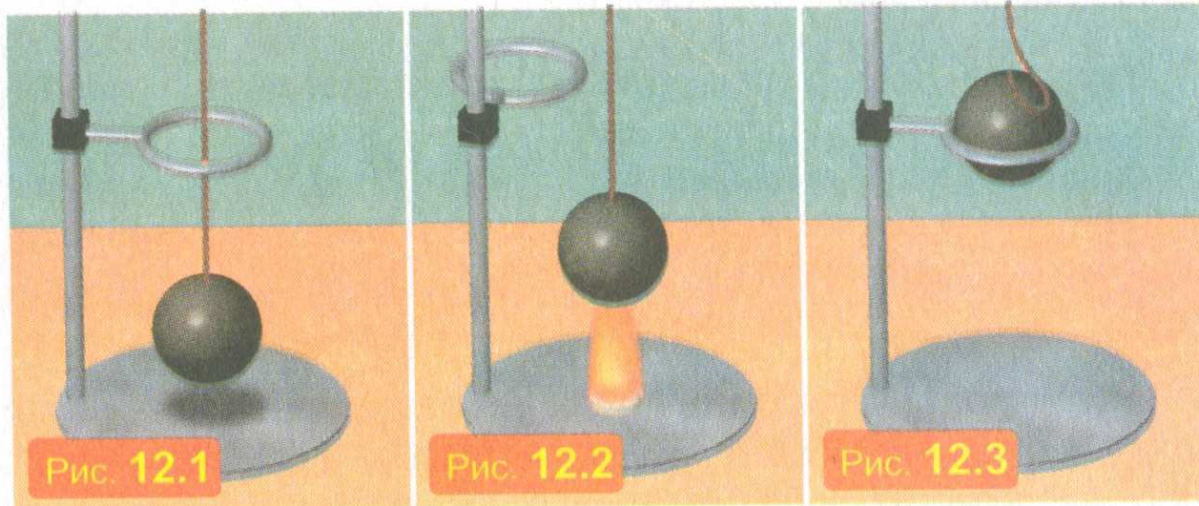
РАСШИРЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРИ НАГРЕВАНИИ

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Возьмем металлические шар и кольцо, размеры которых подогнаны так, что при одинаковой температуре шар проходит сквозь кольцо почти без зазора (рис. 12.1).

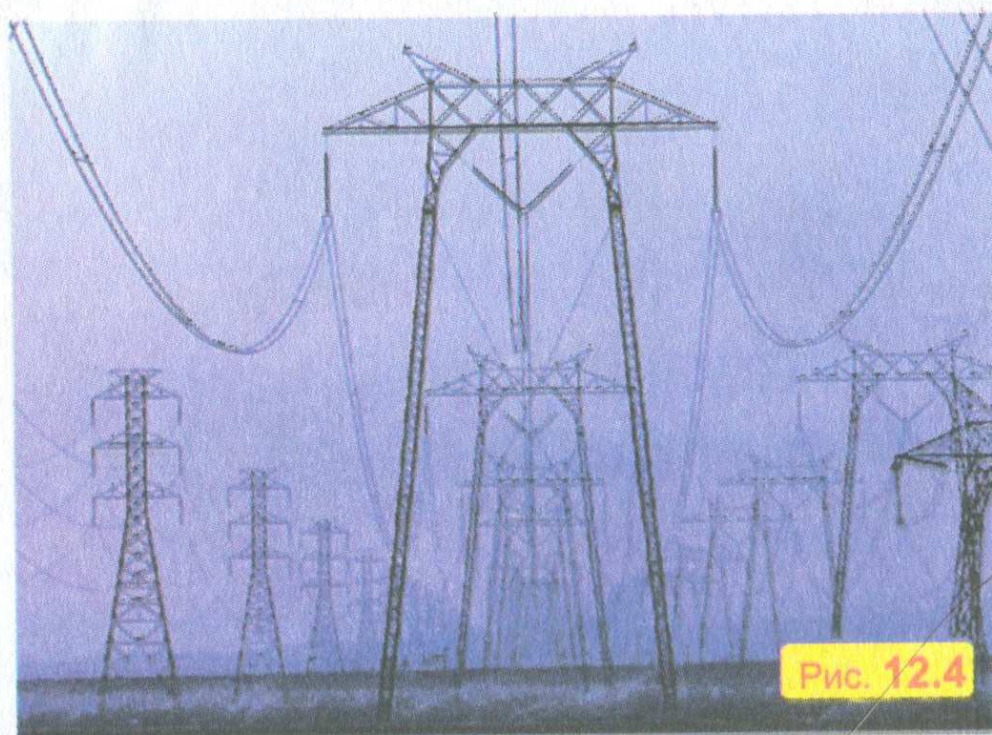
Нагреем шар (рис. 12.2). Мы увидим, что нагретый шар не проходит сквозь кольцо (рис. 12.3). Обусловлено это тем, что

твердые тела при нагревании расширяются.



Твердые тела при нагревании расширяются значительно меньше, чем жидкости и газы. Например, стальной метровый стержень при нагревании на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ удлинится примерно на одну сотую долю миллиметра.

Однако если бы строители и инженеры не учитывали теплового расширения материалов, то это приводило бы к разрушению зданий, мостов и дорог, а также к обрывам линий электропередач! Так, пролет моста при нагревании может удлиниться на несколько сантиметров. Вы, наверное, замечали, что провода линий электропередач заметно провисают, особенно летом (рис. 12.4). Объяснить это провисание очень просто: если бы летом провода были натянутыми, то зимой они просто порвались бы!



2. КРИСТАЛЛЫ

Есть два типа твердых тел — *кристаллические* и *аморфные*. Рассмотрим сначала кристаллические тела, которые часто называют *кристаллами*.

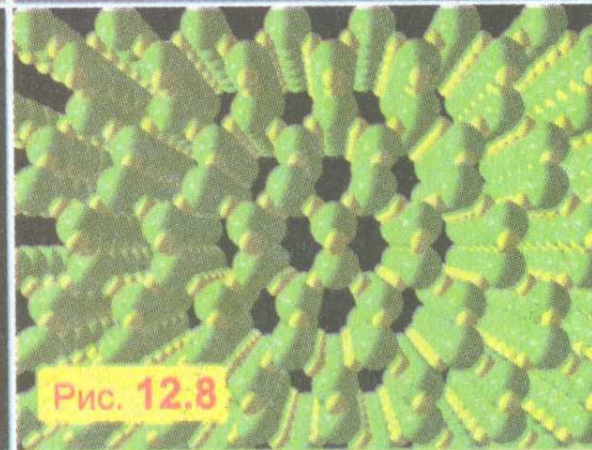
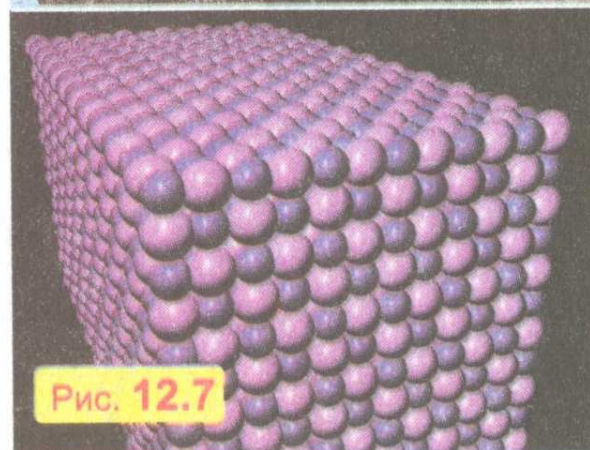
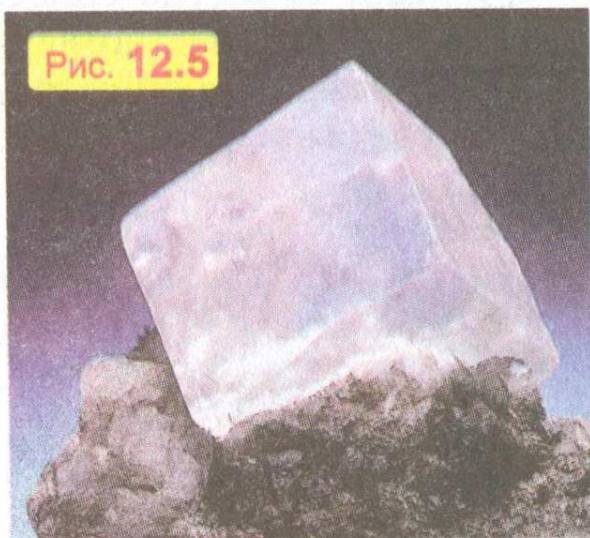
Примерами кристаллов являются знакомые вам поваренная соль и сахар.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Рассмотрите через увеличительное стекло кристаллики соли или сахара: у них ровные, будто специально срезанные, грани. Можно вырастить и большой кристалл: на рис. 12.5 изображен такой кристалл соли. Очень красивы снежинки (рис. 12.6), являющиеся кристалликами льда. Но как бы ни были разнообразны снежинки, в основе их узора всегда лежит правильный шестиугольник!

Правильная форма кристаллов обусловлена тем, что

атомы или молекулы в кристаллах расположены упорядоченно, образуя **кристаллическую решетку**.

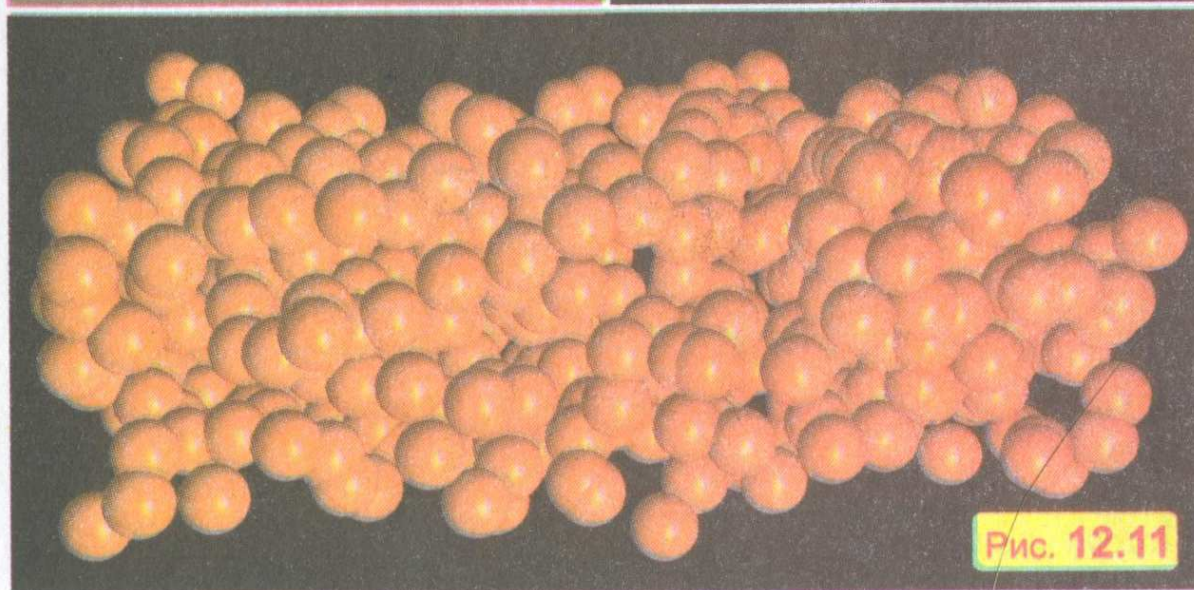


Например, в кристалле поваренной соли атомы натрия и хлора строго чередуются, располагаясь в вершинах куба, — поэтому кристаллы соли и имеют форму куба. А в кристалле льда молекулы воды располагаются в вершинах шестиугольников — вот почему узор всех снежинок имеет шестиугольный «каркас». На рис. 12.7 схематически изображена кристаллическая решетка поваренной соли, а на рис. 12.8 — кристаллическая решетка льда.

3. АМОРФНЫЕ ТЕЛА

С аморфными телами вы также встречаетесь каждый день: например, аморфными телами являются стеклянные предметы (рис. 12.9).

Аморфные тела обладают текучестью, но значительно меньшей, чем жидкости. Текучесть аморфных тел возрастает с повышением температуры, благодаря чему, например, из капли нагретого стекла можно «выдувать» стеклянные сосуды, подобно тому как выдувают мыльные пузыри. На рис. 12.10 изображена капля «полужидкого» стекла.



Опыты показывают, что стекло обладает некоторой текучестью даже при комнатной температуре. Это подтверждают, в частности, наблюдения за окнами старинных зданий: оконные стекла в них за много лет «оплыли», став толще внизу.

Текучесть аморфных тел обусловлена тем, что

в аморфных телах нет кристаллической решетки.

На рис. 12.11 схематически изображено молекулярное строение аморфного тела. Оно напоминает молекулярное строение жидкости, поэтому аморфные тела занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллами.

Из-за отсутствия кристаллической решетки атомы или молекулы в аморфных телах время от времени «перескакивают» из одного положения в другое.

Этим объясняется текучесть аморфных тел: когда на аморфное тело действуют внешние силы, «перескоки» молекул в одном направлении происходят чаще, чем в других, в результате чего форма тела постепенно изменяется¹.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ПОЧЕМУ ГРАФИТ МЯГКИЙ, А АЛМАЗ ТВЕРДЫЙ?

Свойства кристалла зависят не только от типа атомов, но и от типа кристаллической решетки.

Трудно поверить, например, что мягкий черный графит, из которого делают стержни карандашей (рис. 12.12), и твердый прозрачный алмаз (рис. 12.13) состоят из **одинаковых** атомов — атомов углерода. Почему же тогда эти два вещества так отличаются по своим свойствам?

Дело в том, что кристаллическая решетка графита имеет слоистую структуру, причем соседние слои слабо связаны друг с другом (рис. 12.14). Поэтому слои легко отделяются друг от друга, чем и объясняется мягкость графита.

В кристаллической же решетке алмаза все атомы сильно связаны со своими ближайшими соседями (рис. 12.15). Именно эта жесткая связь атомов и обуславливает уникальную твердость алмаза.

¹ Потому такие тела и названы аморфными: от греческого «аморфос» — бесформенный.

Рис. 12.12



Рис. 12.13



Рис. 12.14

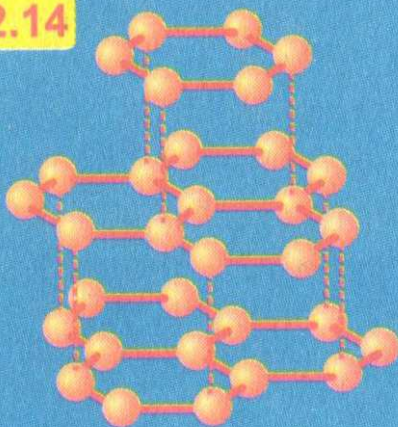
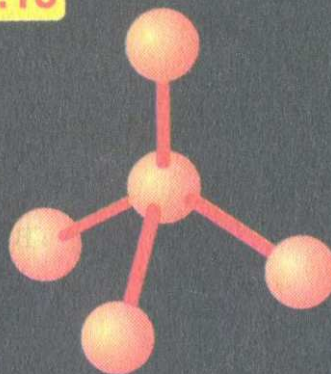


Рис. 12.15



ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Во второй половине 20-го века начали активно изучать и применять искусственно созданные вещества, которые объединяют свойства жидкостей и кристаллов. Их назвали **жидкими кристаллами**.

Широкое применение жидких кристаллов обусловлено тем, что они очень чувствительны к изменению внешних условий: например, даже при небольшом изменении температуры или давления они могут изменять свой цвет. Благодаря этому жидкие кристаллы широко применяют в разных приборах — например, в жидкокристаллических медицинских термометрах. Особенно широко применяют жидкие кристаллы для изготовления разных дисплеев — от часов и мобильных телефонов до компьютеров и телевизоров.

В расположении молекул жидких кристаллов есть определенная упорядоченность, поэтому эти вещества называют жидкими **кристаллами**. Но они не имеют кристаллической решетки, поэтому эти вещества называют **жидкими** кристаллами.

Например, молекулы жидких кристаллов часто имеют удлиненную форму — длина молекулы может в десять и более раз превышать ее «толщину». Причем эти удлиненные молекулы сориентированы одинаково (например, расположены преимущественно вертикально), но центры молекул расположены хаотично. На рис. 12.16 схематично изображено молекулярное строение такого жидкого кристалла.

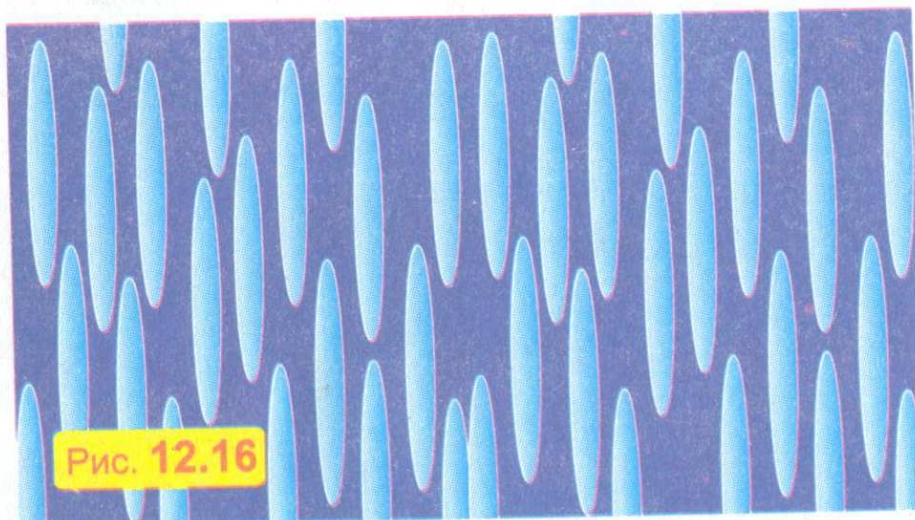


Рис. 12.16

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие вы знаете свойства твердых тел? Приведите примеры, иллюстрирующие различия в свойствах твердых тел.
2. Как ведут себя твердые тела при нагревании? Опишите соответствующие опыты и наблюдения.
3. Что такое кристаллические тела? Приведите примеры кристаллических тел.
4. Какова молекулярная структура кристаллических тел?
5. Приведите примеры аморфных тел. Чем они отличаются от кристаллических тел?
6. Что общего у аморфных тел и жидкостей?

ГЛАВНОЕ В ЭТОЙ ГЛАВЕ

- Все окружающие нас тела состоят из атомов.
- В качестве атомной единицы (а. е. м.) принята $1/12$ массы атома углерода.
- Молекулы состоят из атомов.
- Свойства вещества определяются типом его молекул, поэтому молекула является мельчайшей частицей вещества.
- Характерной длиной в мире атомов и молекул является $0,1$ нм.
- Опытным подтверждением молекулярного строения вещества и движения молекул является броуновское движение.
- С повышением температуры скорость хаотического движения молекул увеличивается.
- Диффузией называют обусловленное движением молекул взаимное проникновение частиц одного вещества в другое. Диффузия является опытным подтверждением движения молекул.
- Основные положения молекулярно-кинетической теории:
1) все вещества состоят из мельчайших частиц — атомов и молекул; 2) частицы вещества непрерывно и хаотически движутся; 3) частицы вещества взаимодействуют друг с другом.
- Вещество может находиться в трех состояниях: твердом, жидком или газообразном. Эти состояния вещества называют агрегатными состояниями.
- Газ занимает весь предоставленный ему объем.
- Газы при нагревании расширяются.
- Жидкость принимает форму сосуда, в котором она находится. Это обусловлено текучестью жидкости.
- Жидкости мало сжимаемы (сохраняют свой объем).
- На границе с воздухом жидкость образует свободную поверхность.
- Молекулы в жидкости расположены вплотную друг к другу, но в этом расположении нет определенного порядка.

- Плотностью ρ вещества называют отношение массы m однородного образца данного вещества к объему этого образца V , то есть $\rho = m/V$. Плотность характеризует вещество, а не тело.
- Твердые тела сохраняют объем и форму.
- При нагревании твердые тела расширяются.
- Существуют два типа твердых тел — кристаллические и аморфные.
- Атомы или молекулы в кристаллах расположены упорядоченно, образуя кристаллическую решетку.
- В аморфных телах нет кристаллической решетки. Молекулярное строение аморфного тела напоминает молекулярное строение жидкости.

глава 3 СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

- Свойства и действия света
- Источники и приемники света
- Прямолинейность распространения света
- Тень и полутень
- Отражение света
- Изображение в зеркале
- Преломление света
- Линзы
- Глаз, фотоаппарат и киноаппарат
- Помощники глаза
- Дисперсия света. Цвет
- Сила света и освещенность



§ 13 СВОЙСТВА И ДЕЙСТВИЯ СВЕТА

1. Самый легкий, самый быстрый и...
самый могущественный!
2. Каковы действия света?
3. Что нам дарит зрение?
Хочешь узнать больше?
Как развивались представления о природе света?

1. САМЫЙ ЛЕГКИЙ, САМЫЙ БЫСТРЫЙ И... САМЫЙ МОГУЩЕСТВЕННЫЙ!

Можно ли представить себе что-либо легче света? В английском языке «светлый» и «легкий» даже обозначают одним словом «light».

Свет не только самый легкий — он еще и самый **быстрый!** В пустоте (вакууме) и в воздухе свет распространяется со скоростью, равной примерно 300 000 км/с. Ничто «на свете» не может двигаться быстрее света. За одну секунду свет мог бы «обежать» вокруг земного шара почти восемь раз!

Природу света ученые пытались разгадать на протяжении более чем двух тысячелетий и разгадали ее только в 20-м веке. Оказалось, что свет обладает свойствами как волн, так и частиц! Частицы света называли **фотонами** — от греческого слова «фотос», которое означает «свет». Легче частиц света действительно ничего нет!

Ученые установили, что

свет — разновидность электромагнитного излучения.

Подробнее о природе света рассказано в разделе «Хочешь узнать больше?».

Хотя свет является самым легким, практически вся энергия на Земле имеет своим источником... солнечный свет!

Греясь под ласковым солнцем, мы не представляем себе, какую огромную энергию несет солнечный свет. В течение

одного часа на площадь, равную площади письменного стола, Солнце посылает энергию, которой хватило бы, чтобы поднять нескольких слонов на высоту многоэтажного дома (рис. 13.1)!

И так час за часом, миллиарды лет подряд... И круглые сутки: ведь когда у нас ночь, Солнце посылает энергию на обратную сторону Земли.

Представьте себе необъятные просторы лесов, полей и океанов — и вы поймете, какую огромную энергию несет к Земле солнечный свет.

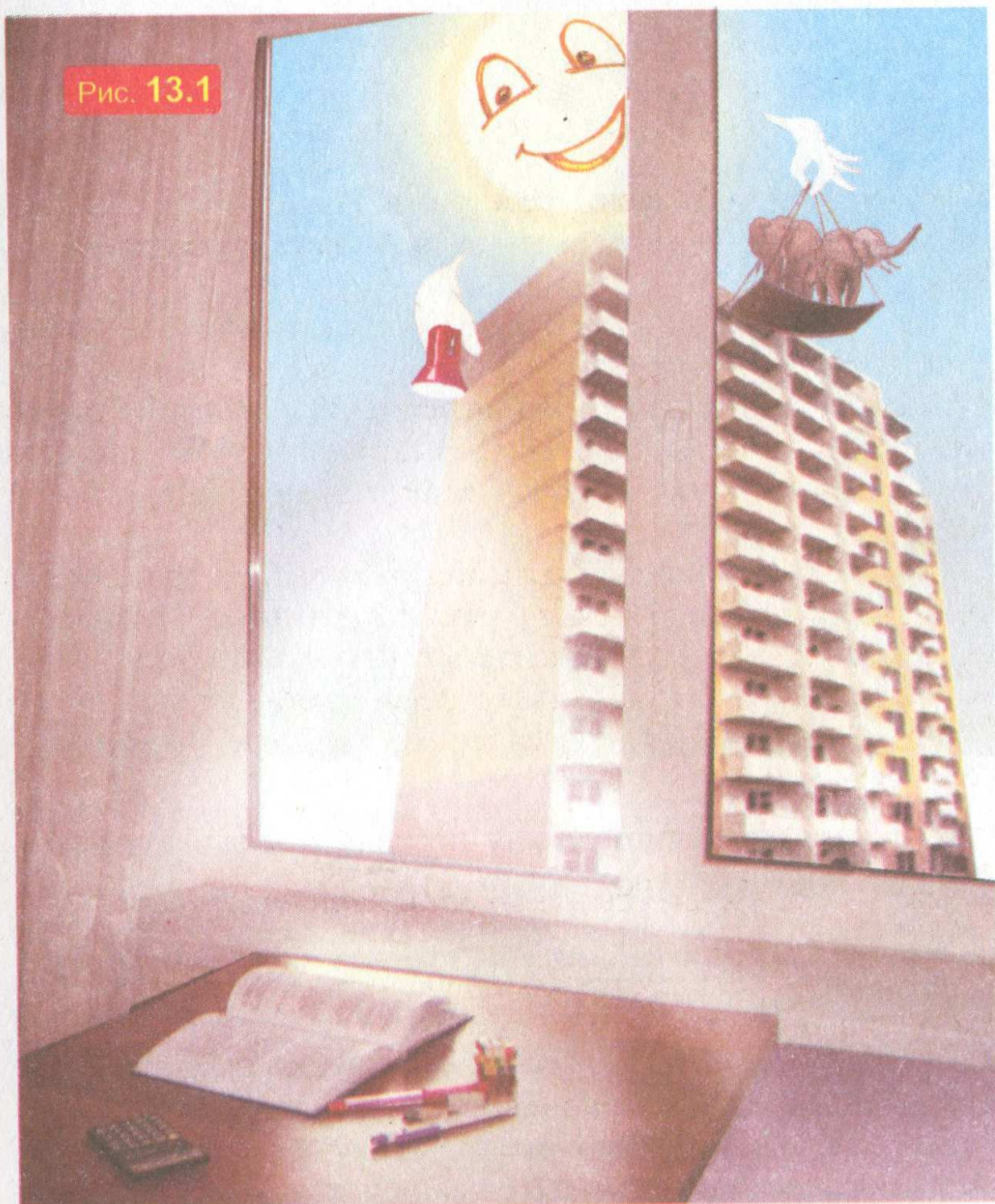
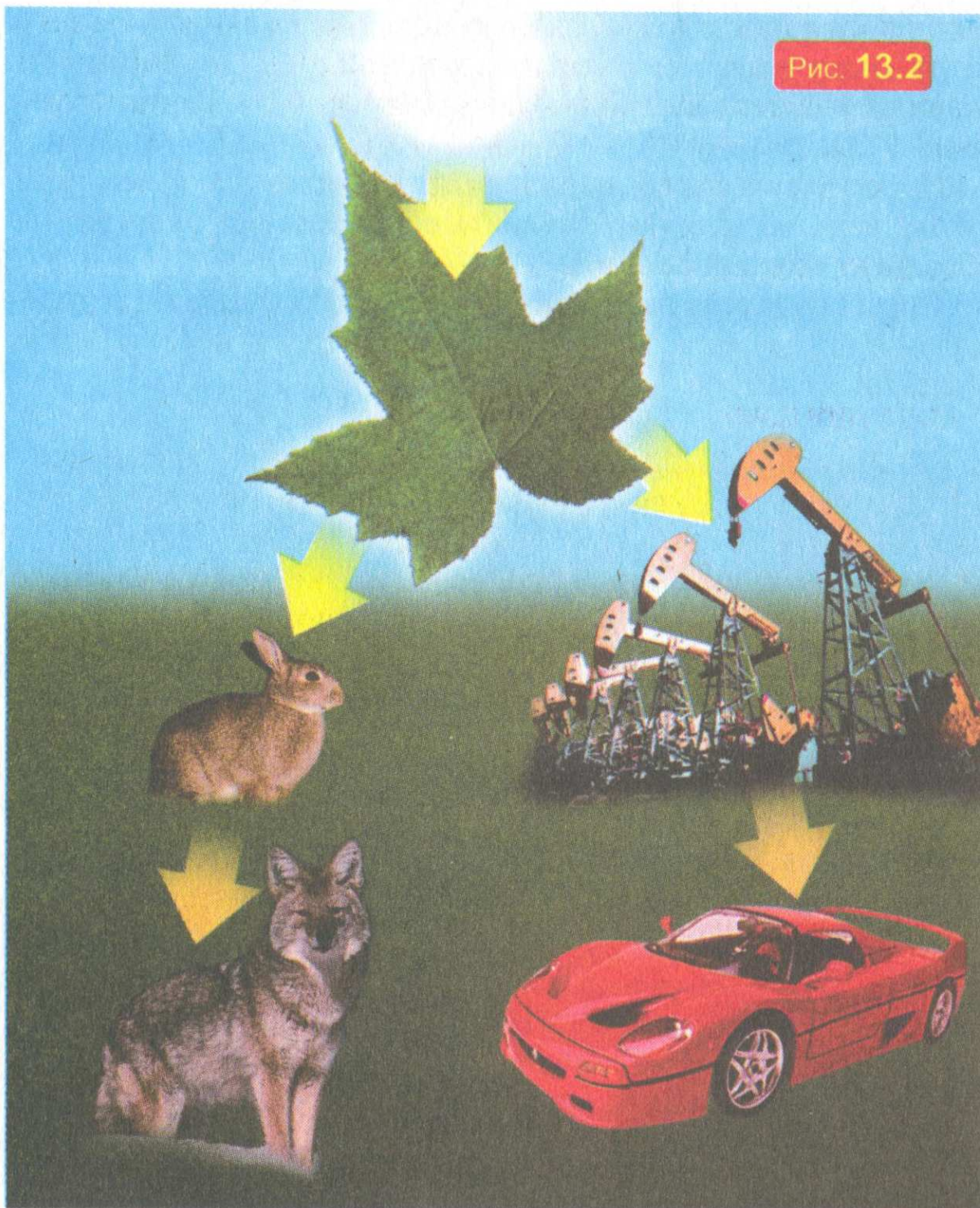


Рис. 13.1



Благодаря солнечному свету несколько миллиардов лет назад на Земле появилась жизнь.

Энергия Солнца и сегодня «питает» все живое на нашей планете.

Превращения энергии солнечного света начинаются в зеленых листьях растений, которые становятся пищей для животных (рис. 13.2). Человек уже давно научился пользоваться энергией солнечного света, накопленной живыми существами

сотни миллионов лет назад: ведь ископаемое топливо — уголь, нефть и газ — это остатки древних растений и животных¹. Значит, энергия, вырабатываемая тепловыми электростанциями, а также энергия, которая движет автомобили, — это тоже в конечном счете энергия солнечного света!

2. КАКОВЫ ДЕЙСТВИЯ СВЕТА?

Самое известное действие света — это, конечно, *освещение*. Но есть и другие действия света.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Поднесите руку под настольную лампу, и вы сразу почувствуете тепло. Значит, свет не только освещает тела, но и *нагревает* их.

Тепловое действие света обусловлено тем, что тела *поглощают* свет. При этом энергия, которую несет свет, частично превращается в энергию хаотического движения молекул тела. Темные тела сильнее поглощают свет, чем светлые, вследствие чего свет и нагревает темные тела сильнее. Вот почему летом, особенно в жаркую погоду, носят обычно светлую одежду.

Нагревание солнечным светом порождает величественный круговорот воды в природе, о котором мы уже рассказывали. Вода морей и океанов при нагревании испаряется. Поднимаясь, водяной пар охлаждается и превращается в капельки воды и кристаллики льда, из которых образуются облака и тучи. А затем из облаков и туч идет дождь или снег, и вода возвращается в моря и океаны (в частности, реками).

Могучие ураганы и грозы обусловлены тоже действием солнечного света — неравномерным нагреванием Солнцем поверхности Земли. И времена года сменяют друг друга потому, что зимой и летом Солнце по-разному нагревает Северное и Южное полушария.

Свет может производить *химическое* действие, то есть вызывать превращения веществ — химические реакции.

Самые важные для жизни на Земле химические реакции — протекающие в листьях растений под действием солнечного света. Их называют *фотосинтезом* (от греческих слов «фотос» — свет и «синтезис» — соединение, составление).

¹ Один из геологических периодов, в течение которых формировалось ископаемое топливо, так и называют — *каменноугольным*.

Химическое действие света используют в фотографии: изображение на фотопленке и на фотобумаге возникает вследствие химических реакций.

Свет обладает и *электрическим* действием: при освещении из вещества могут вылетать электроны, в результате чего возникает электрический ток. Это используют, например, в цифровых фотоаппаратах и в телевидении для передачи изображений. Мы расскажем об этом далее.

Итак,

свет освещает и нагревает, а также может вызывать химические реакции и электрический ток.

3. ЧТО НАМ ДАРИТ ЗРЕНИЕ?

Свет дает пищу и уму и сердцу: утро радует нас нежными красками рассвета, при свете дня мы учимся и работаем, а вечером кто-то читает, а кто-то смотрит телевизор (рис. 13.3).

Исследования показали, что

больше 90 % всей информации об окружающем мире мы получаем благодаря зрению.

Значит, на слух, осязание, обоняние и вкус вместе приходится по крайней мере в 10 раз меньше, чем на зрение!

Зрение дарит возможность деятелям искусства создавать шедевры — книги, картины, кинофильмы, а нам — приобщаться к этому творчеству.

Благодаря зрению мы видим далекие планеты и очень далекие звезды. Помогает в этом человеческому глазу телескоп¹ — прибор, который в сотни и тысячи раз «приближает» удаленные предметы.

С помощью зрения человек узнал о клеточном строении живых организмов и о мельчайших живых существах — бактериях. Это стало возможным благодаря микроскопу² — прибору, позволяющему получить более чем тысячекратное увеличение. Впрочем, как вы уже узнаете, сегодня есть микроскопы, с помощью которых можно увидеть даже атомы!

¹ От греческих слов «теле» — вдаль и «скопео» — смотрю.

² От греческих слов «микрос» — малый и «скопео» — смотрю.

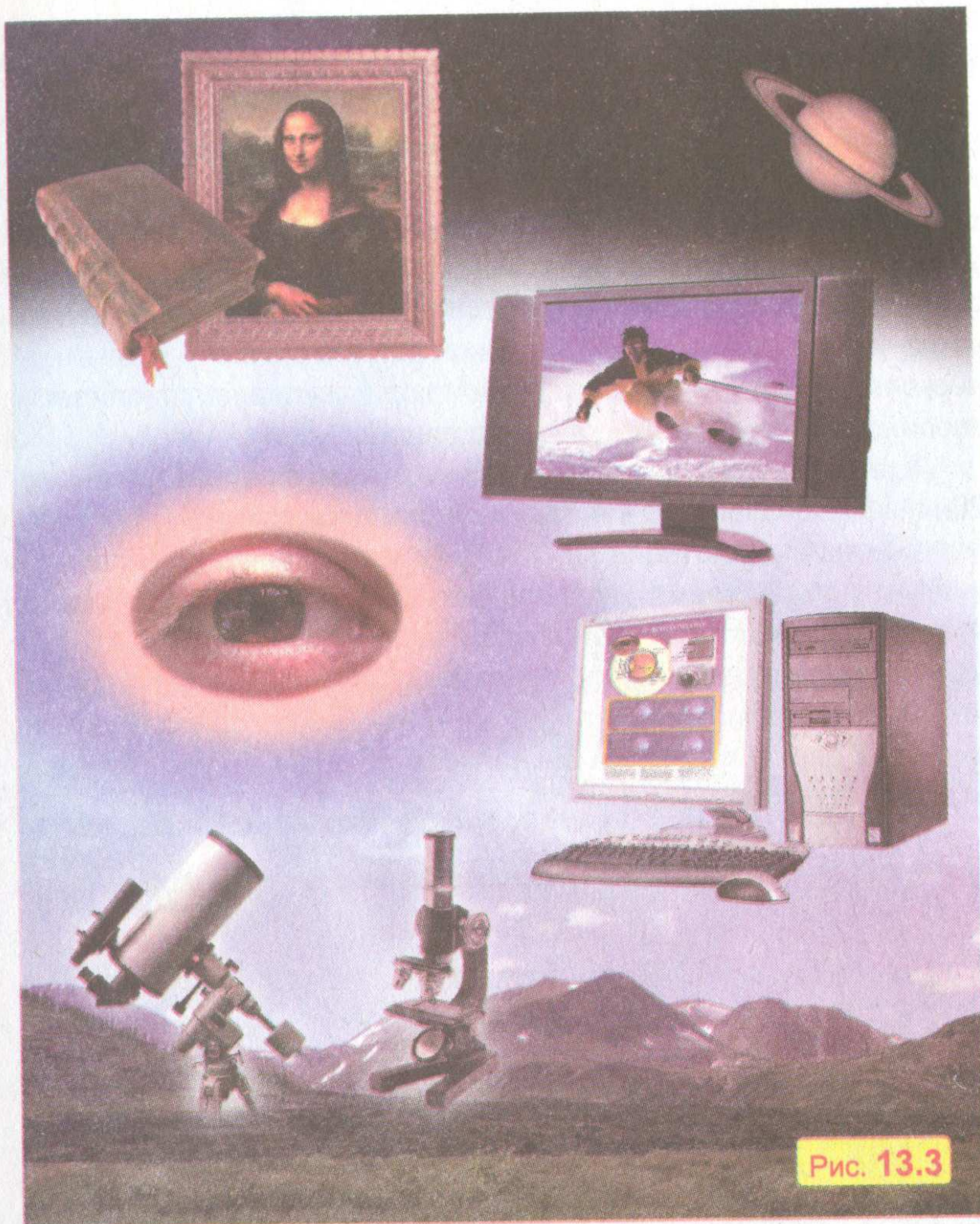


Рис. 13.3

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

КАК РАЗВИВАЛИСЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРИРОДЕ СВЕТА?

Свет оказался для ученых одним из самых крепких «орешков»: его называли даже «самым темным пятном» в физике! Действительно, свет разительно отличается от уже знакомых вам физических тел. Как вы знаете, каждое физическое тело

имеет массу, объем, размеры, температуру. Но применимы ли все эти понятия к свету?

В 17-м веке английский ученый Исаак Ньютон предположил, что свет представляет собой поток мельчайших частиц. Теорию Ньютона называли корпускулярной теорией света (в переводе с латинского «корпускулум» — частица). Примерно в то же время голландский ученый Христиан Гюйгенс построил волновую теорию света, согласно которой свет распространяется в виде волн — подобно звуку в воздухе или волнам на воде. В течение нескольких столетий представители корпускулярной и волновой теорий света вели жаркие споры о природе света.

Установить природу света удалось только в первой половине 20-го века: оказалось, что свет **сочетает** в себе как свойства частиц, так и свойства волн! Так природа «объединила» то, что ученым долгое время казалось несовместимым. Теперь установлено, что свет имеет **электромагнитную природу**. Это означает, что радиоволны, принимаемые мобильным телефоном или телевизором, имеют такую же физическую природу, что и видимый свет. Подробнее вы узнаете об этом в курсе физики старших классов.



Рис. 13.4

А сейчас скажем только, что массивные тела притягивают свет: например, астрономы установили, что вследствие притяжения к Солнцу лучи света, идущие к нам от далеких звезд, немного искривляются, вследствие чего видимое положение звезд на небе немного изменяется.

В 20-м веке ученые обнаружили, что существуют космические тела, притяжение которых настолько огромно, что даже свет не может «вырваться» наружу! Эти массивные космические объекты назвали «черными дырами». Они невидимы, поскольку свет не может преодолеть их притяжения, однако их можно обнаружить по воздействию на окружающие их звезды. На рис. 13.4 схематически показано, как черная дыра «втягивает в себя» звездное вещество находящейся поблизости звезды. Подобная черная дыра есть также в центральной части нашей Галактики. Но нам она никак не угрожает!

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Несет ли свет энергию? Обоснуйте свой ответ.
2. Каково происхождение энергии, накопленной в угле и нефти?
3. Как действует свет на окружающие тела?
4. Приведите примеры теплового действия света, не упомянутые в тексте.
5. Какие вы знаете примеры химического действия света?
6. Положите руку под включенную настольную лампу. Какие действия света вы можете наблюдать и ощущать при этом?

§14 ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ СВЕТА

1. Источники света

2. Приемники света

Хочешь узнать больше?

Свечение живых организмов

Невидимое излучение

1. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Источниками света называют тела, излучающие свет.

ТЕПЛОВЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Возьмите щипцами гвоздь и подержите его над пламенем газовой горелки. Гвоздь вскоре раскалится докрасна, то есть станет *источником света*. Если нагреть гвоздь еще сильнее (для этого нужна специальная горелка), свечение станет оранжевым: с повышением температуры тела цвет излучаемого им света изменяется от красного до голубого.

Опыт показывает, что *все* достаточно нагретые тела излучают свет.

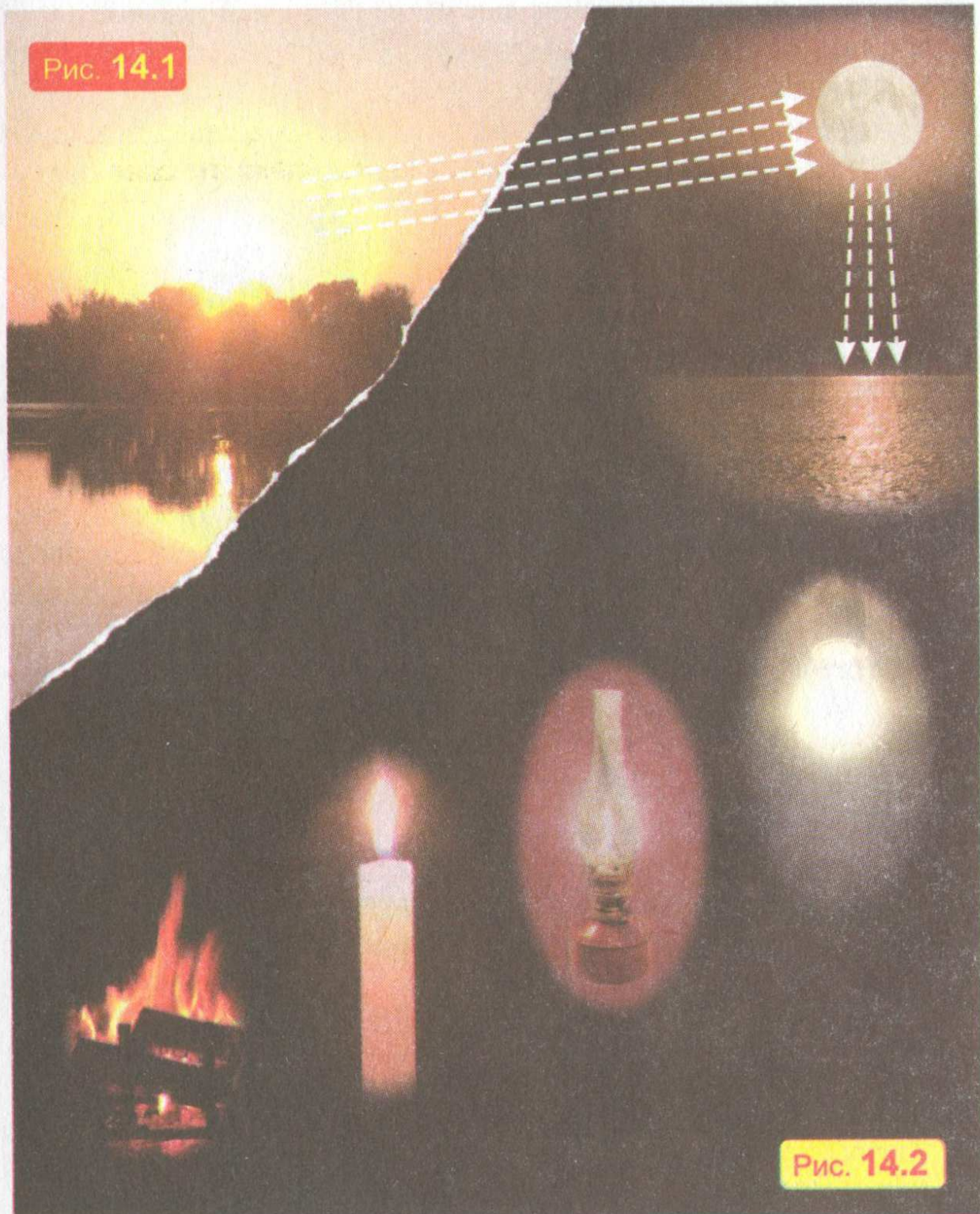
Нагретые тела, излучающие свет, называют тепловыми источниками света.

Самый важный для нас, землян, тепловой источник света — это ослепительно яркое Солнце (рис. 14.1). Температура его раскаленной добела поверхности достигает около 6 тысяч градусов! Все известные нам на сегодняшний день вещества при такой температуре превращаются в газ. И Солнце действительно представляет собой колоссальный раскаленный газовый шар — диаметр Солнца более чем в 100 раз превышает диаметр земного шара. В недрах Солнца температура достигает 15 миллионов градусов, то есть в тысячи раз выше, чем на его поверхности!

Первый «прирученный человеком» источник света был именно тепловым — это была пламя первобытного костра (рис. 14.2).

На смену пламени костра пришло пламя свечи, а затем — керосиновой лампы. Свет пламени создается в основном свечением раскаленных частичек сажи.

Тепловыми источниками света являются также лампы накаливания, сияющие в ваших домах сегодня: электрический ток добела раскаляет нить лампы.



Подобными Солнцу тепловыми источниками света являются все звезды. Они кажутся нам несравненно менее яркими, чем Солнце, только потому, что находятся в сотни тысяч и даже миллионы раз дальше.

Невооруженному глазу все звезды могут казаться одинакового цвета, но в телескоп хорошо видно, что среди них есть красноватые, желтые, белые и голубоватые. Как вы догадались, цвет звезды зависит от температуры ее поверхности: менее горячие звезды красноватые, а самые горячие — голубоватые.

Однако не все «небесные светила» являются источниками света: так, холодная Луна не светится сама, а только *отражает* свет Солнца.

Отражают солнечный свет и планеты, самые яркие из которых — Венера и Юпитер. Вы их часто видите на звездном небе, но, может быть, ошибочно принимаете за очень яркие звезды.

ПОЧЕМУ НАГРЕТЫЕ ТЕЛА СВЕЯТСЯ?

Свет излучают частицы, из которых состоит вещество, то есть молекулы и атомы, когда они находятся, как говорят физики, в возбужденном состоянии, то есть имеют некоторый «избыток» энергии. Эту «избыточную» энергию частицы выделяют, излучая свет — электромагнитные волны (или частицы света, фотоны — что тоже правильно вследствие двойственной природы света).

Энергию, необходимую для излучения света, частицы вещества могут получить, например, в результате столкновений друг с другом.

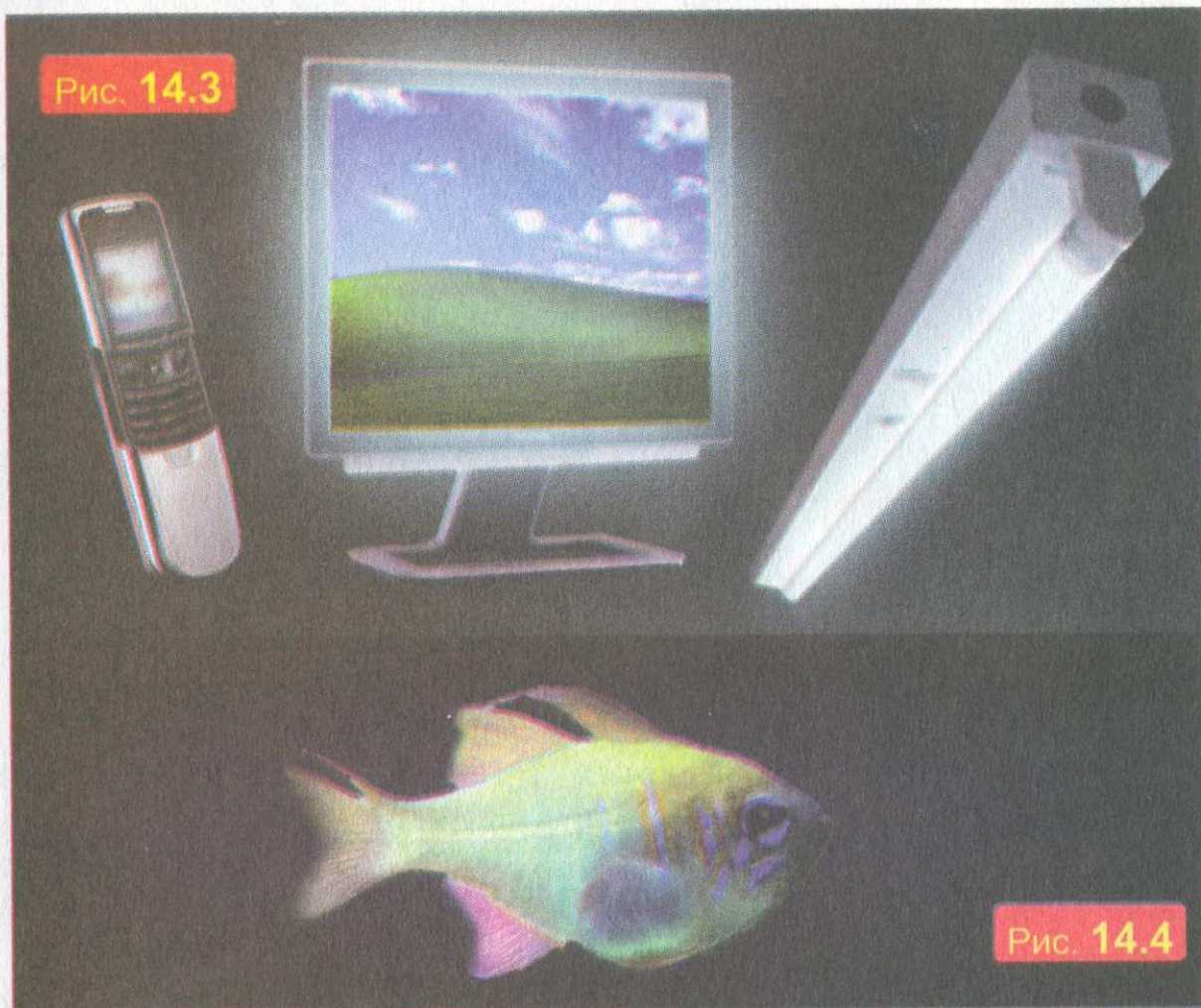
Как вы уже знаете, при увеличении температуры увеличивается интенсивность теплового хаотического движения атомов и молекул. И когда температура тела становится достаточно высокой, атомы и молекулы при столкновениях переходят в возбужденное состояние и начинают излучать свет.

ХОЛОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Холодные источники света — это тела, которые светятся при температуре, близкой к комнатной.

Например, экран телевизора, дисплей компьютера или мобильного телефона ярко светятся, хотя они и не горячие (рис. 14.3).

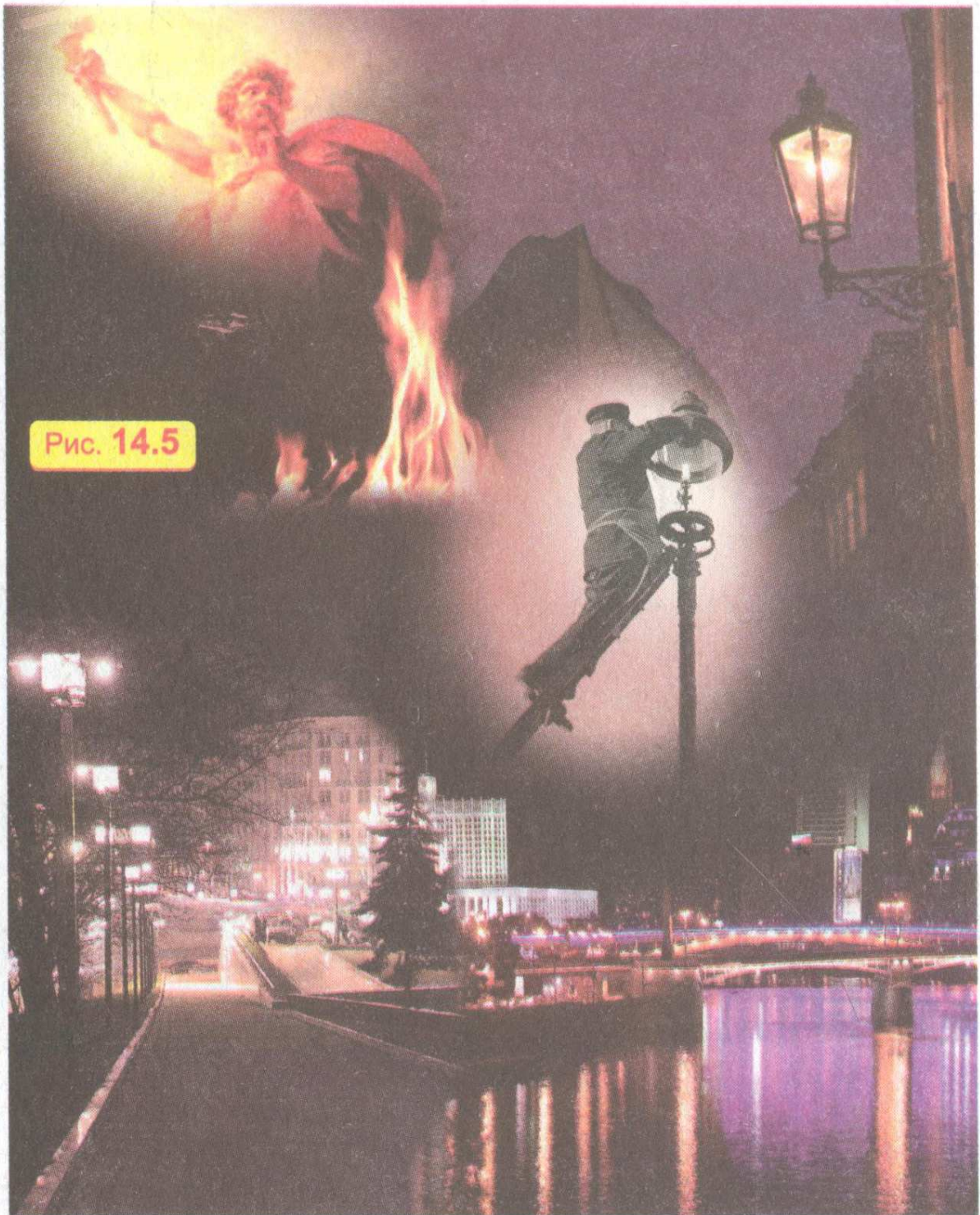
Холодными источниками света являются и лампы дневного света.



Есть даже светящиеся живые организмы! Все они, конечно, также являются «холодными» источниками света. Так, летней ночью в лесу можно увидеть, как «перемигиваются» светлячки. Светятся также некоторые глубоководные рыбы (рис. 14.4).

О светящихся организмах мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

Свечение холодных источников света также обусловлено излучением атомов и молекул, находящихся в возбужденном состоянии. Однако в холодных источниках света атомы и молекулы переходят в возбужденное состояние не в результате столкновений при тепловом хаотическом движении, а вследствие других процессов (в частности, химических реакций).



ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Солнце, молния или светлячки излучают свет без участия человека. Такие источники света, созданные самой природой, называют *естественными*.

Сегодня человек уже создал много источников света — их называют *искусственными*.

На рис. 14.5 изображены примеры искусственных источников света. Их роль в истории человечества трудно переоценить.

Первый искусственный источник света, костер, ознаменовал собой начало собственно «человеческой» истории. Одним из самых любимых героев древнегреческих мифов был титан Прометей, который похитил огонь у богов, чтобы подарить его людям.

Изобретение электрической лампы в конце 19-го века преобразило наши жилища и улицы городов.

Сегодня ученые и инженеры создают совершенные искусственные источники света — экономичные и комфортные.

Естественные источники света — это источники, созданные самой природой. **Искусственные источники света** созданы человеком.

2. ПРИЕМНИКИ СВЕТА

Приемниками света называют тела и устройства, в которых под действием падающего на них света происходят заметные изменения.

Важнейшим для нас приемником света является, конечно, глаз. Когда свет попадает на сетчатку, устилающую глазное дно, он вызывает сложные реакции, в результате чего мы видим окружающий мир.

О строении глаза мы расскажем в § 21. *Глаз. Фотоаппарат и киноаппарат.*

Жизненно важным для всех живых существ приемником света является зеленый лист растения: напомним, что этот «приемник света» кормит все живое на Земле.

Много приемников света создал человек. Это, например, светочувствительные пленка и бумага, которые долгое время использовались в фотографии. В последние десятилетия широкое распространение получили фотоэлементы — приборы, в которых свет преобразуется в электрический сигнал, благодаря чему, например, изображение можно передавать на расстояние с помощью радиоволн или по кабелю. На этом основано действие телевидения.

Фотоэлементы используются в турникетах метро, предохранительных устройствах на производстве, а также при считывании изображения или звука с компакт-дисков.

СВЕЧЕНИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

«Компания» светящихся организмов чрезвычайно разнообразна: среди них есть водоросли, бактерии, грибы, моллюски, насекомые, осьминоги, кальмары, медузы и рыбы. В ночном лесу таинственно светятся старые пни («гнилушки»): это свечение вызывают живущие в них микроорганизмы.

Свечение живых организмов (рис. 14.6) обусловлено не их высокой температурой, а сложными химическими реакциями.

Свечение организмов вовсе не «пустая забава»: ученые давно установили, что все «способности» живых организмов сформировались у них в процессе эволюции потому, что они имели для них жизненно важное значение. Свечение помогает живым существам общаться, охотиться и отпугивать хищников. Часто свечение используется для того, чтобы привлекать добычу. Например, у глубоководной рыбы, которую называют «морской черт», перед ртом висит «фонарик», свет которого приманивает жертв. Может, благодаря этому рыба и получила свое «страшное» название.



НЕВИДИМОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Как установили ученые, источниками электромагнитного излучения являются любые тела, в том числе и те, которые не излучают видимого света. Поднесите руку к горячему чайнику (не касаясь его!), и вы ощутите исходящее от чайника тепло. Это — невидимое электромагнитное излучение, называемое «инфракрасным». Инфракрасное излучение широко используют

в технике: например, пульт дистанционного управления посылает сигналы телевизору именно с помощью инфракрасного излучения. Благодаря этому излучению стала возможной и ночная фотосъемка.

Невидимым, то есть таким, которое не воспринимается глазом как свет, является также ультрафиолетовое излучение — то самое, которое украшает нас загаром. Ультрафиолетовое излучение необходимо для полноценного развития детей, и поэтому им очень важно бывать на открытом воздухе, так как прозрачные для видимого света оконные стекла не пропускают ультрафиолетового излучения.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое источники света?
2. Какие вы знаете тепловые источники света?
3. Почему звезды отличаются по цвету? Каков цвет наиболее горячих звезд?
4. Все ли «небесные светила» являются источниками света? Обоснуйте ваш ответ.
5. Почему нагретые тела светятся?
6. Какие вы знаете холодные источники света?
7. Приведите примеры естественных и искусственных источников света.
8. Какие вы знаете приемники света?

§15 ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

1. Световые пучки и световые лучи
2. Точечные и протяженные источники света
3. Прямолинейность распространения света

Хочешь узнать больше?

Как измерили скорость света?

1. СВЕТОВЫЕ ПУЧКИ И СВЕТОВЫЕ ЛУЧИ

Вы, конечно, видели пучки света, пробивающиеся сквозь тучи или в просветы между деревьями (рис. 15.1). Подобные пучки света испускают прожекторы и автомобильные фары (рис. 15.2).

Не удивляет ли вас, что мы видим пучки света со стороны? Ведь видеть мы можем только свет, попадающий в глаза!

Дело в том, что, глядя на пучки света со стороны, мы видим не сами пучки света, а освещенные ими пылинки и капельки воды, «плавающие» в воздухе: они отражают нам в глаза падающий на них свет.

Поэтому, чтобы пучок света был виден лучше, желательно затемнить помещение и немного «задымить» или «запылить» воздух. На рис. 15.3 изображено отражение от зеркала узкого пучка света лазерного фонарика.

Пучок света можно сделать довольно узким, если пропускать свет через малое отверстие. Чтобы получить такой пучок света, можно, например, поместить лампу в ящик, в котором сделано малое отверстие (рис. 15.4).

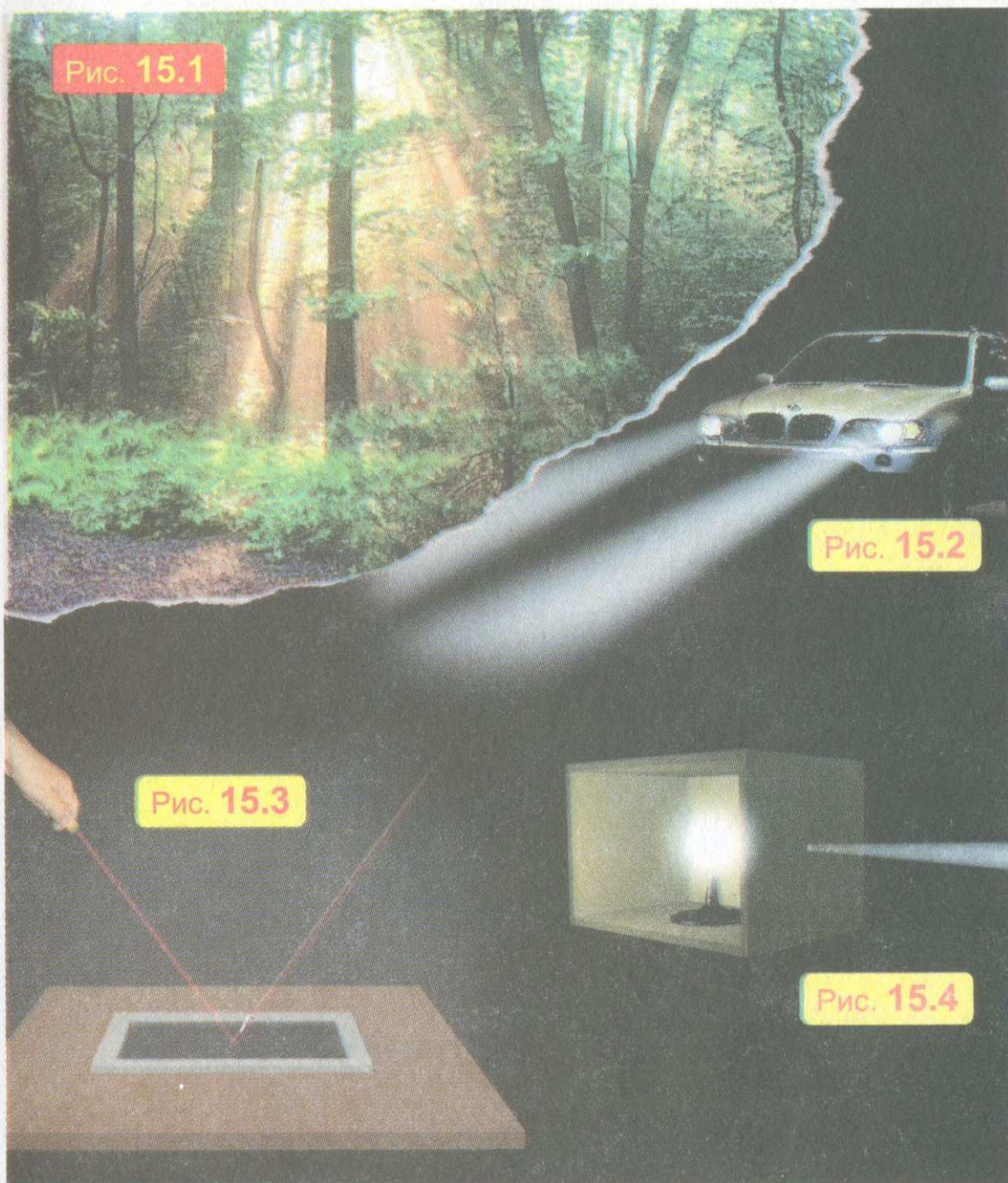
Физической моделью узкого пучка света является *луч света*¹.

Луч света — это линия, вдоль которой распространяется свет.

¹ Получить «бесконечно узкий» пучок света невозможно. Это связано с волновой природой света. Подробнее об этом будет рассказано в курсе физики старших классов.

Ход лучей света часто находят с помощью геометрических построений, поэтому

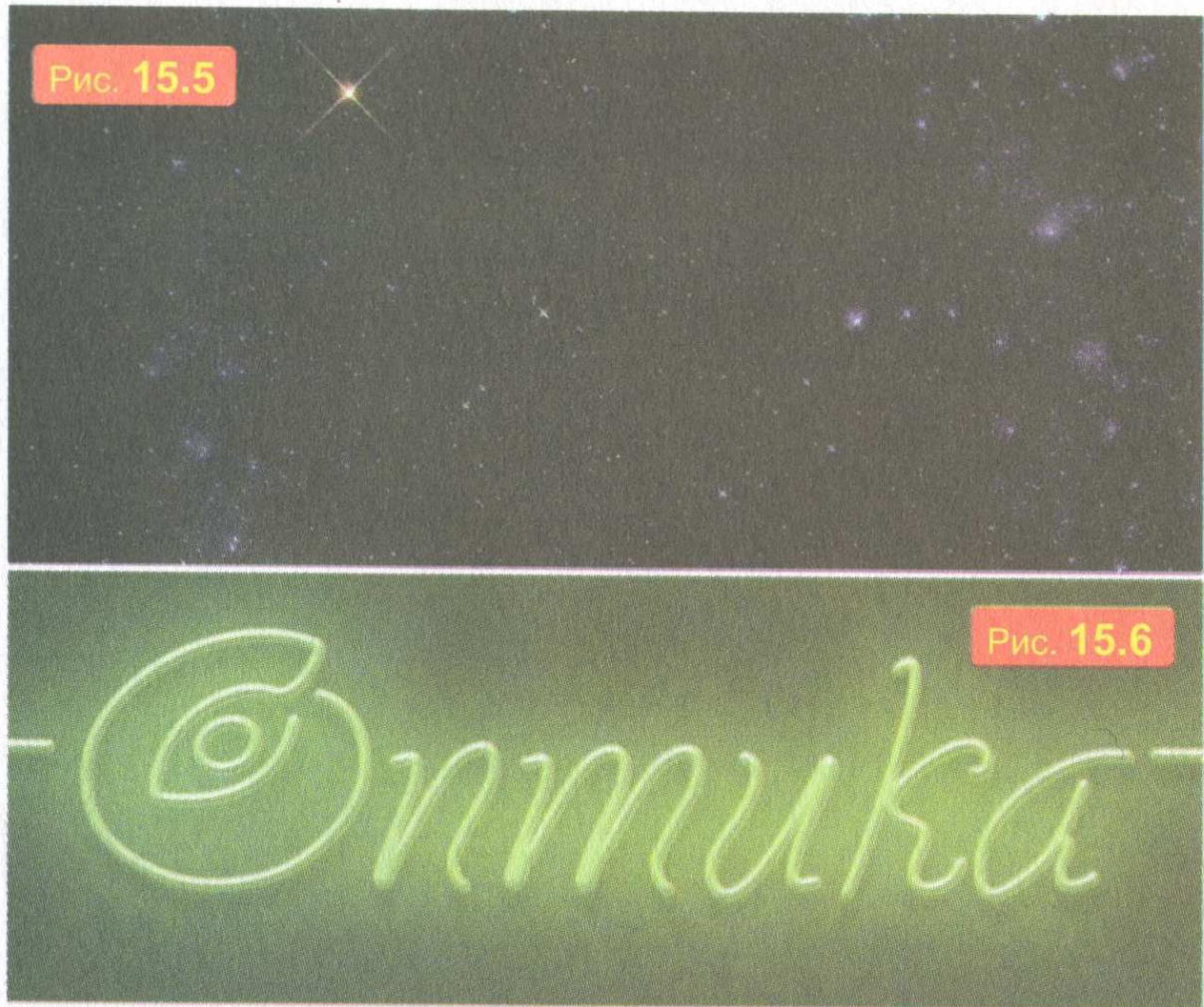
часть оптики, в которой изучают ход лучей света, называют **геометрической оптикой**.



2. ТОЧЕЧНЫЕ И ПРОТЯЖЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Источник света, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называют **точечным источником света**.

Точечными источниками света для нас являются, например, звезды (рис. 15.5).



Точечный источник света является *физической моделью* источника света, расстояние до которого во много раз больше размеров источника.

Источники света, которые нельзя считать точечными, называют **протяженными**.

Примерами таких источников могут служить лампы дневного света, а также световые рекламы, когда мы рассматриваем их с расстояния, сравнимого с их размерами (рис. 15.6). Но и звезда может быть протяженным источником света — именно такой звездой для нас, землян, является Солнце. Как мы увидим далее, при рассмотрении солнечных затмений, мы не можем считать Солнце точечным источником света.

3. ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

Как показывает опыт,

свет в пустоте (вакууме) или однородной среде распространяется прямолинейно.

Именно поэтому части прямой, на которые она разбивается точкой, в геометрии также называют лучами.

Однако в неоднородной среде лучи света искривляются, вследствие чего, например, возникают миражи. Об этом мы расскажем далее.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Физической моделью прямолинейного отрезка может служить туго натянутая нить. Посмотрите *вдоль* такой нити: она превратится в точку. А это и означает, что лучи света идут вдоль нити, то есть по прямой.

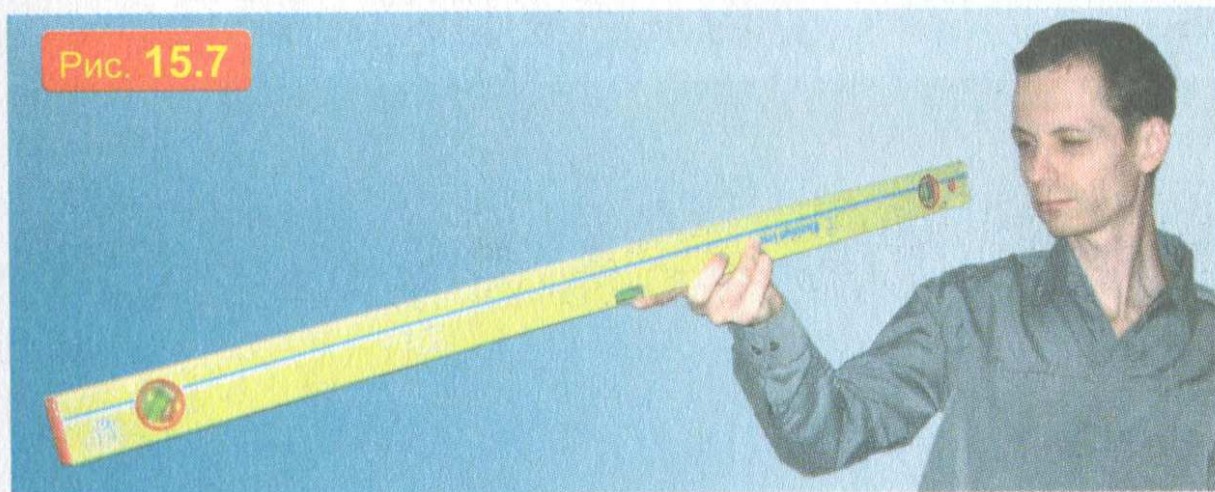


Рис. 15.7

Прямолинейность распространения света часто используют, чтобы проверить прямолинейность линейки или бруска (рис. 15.7). О прямолинейности распространения света хорошо знали древние строители: уже в Древнем Египте это свойство света использовали, чтобы проверять прямолинейность при строительстве дорог и пирамид.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

КАК ИЗМЕРИЛИ СКОРОСТЬ СВЕТА?

Первую попытку измерить скорость света предпринял Галилео Галилей в начале 17-го века. Он хотел измерить про-

межуток времени, который потребуется свету для того, чтобы пройти от вершины одной горы до вершины другой и, отразившись там от зеркала, вернуться обратно. Но этот промежуток времени оказался настолько малым, что измерить его Галилею не удалось. Сегодня, когда мы уже знаем, что скорость света составляет около 300 000 км/с, легко подсчитать, что всего за «один миг», то есть время мигания глазом, равное примерно 0,1 с, свет успел бы обогнуть почти весь земной шар! А Галилей мог пользоваться только водяными часами, которые не обеспечивали требуемой точности.

Впервые измерил скорость света во второй половине 17-го века датский астроном Оле Ремер. В течение нескольких лет он наблюдал за движением одного из спутников Юпитера — самой большой планеты Солнечной системы. Этот спутник было хорошо видно в телескоп, когда он выходил из тени огромного Юпитера. На рис. 15.8 вы видите Юпитер и его спутник (светлый маленький кружок справа).

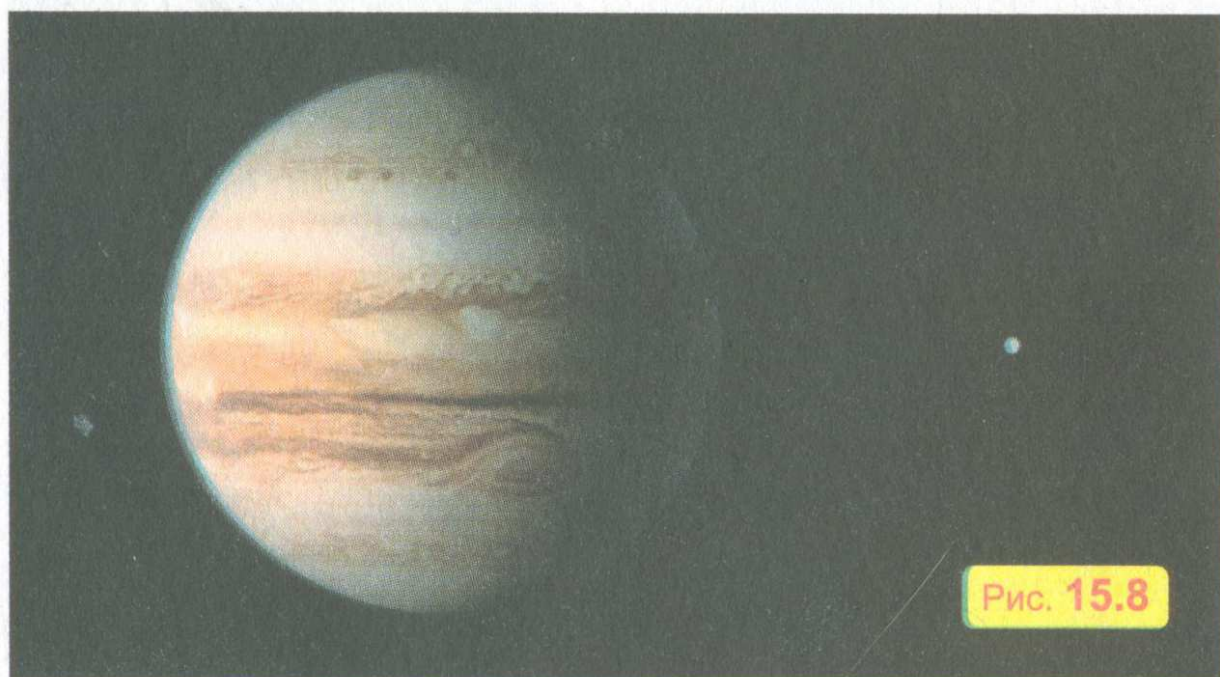


Рис. 15.8

Ремер заметил, что в течение одной половины земного года период обращения спутника почему-то постепенно увеличивается, а в течение другой — снова уменьшается до прежней величины. И Ремер догадался, в чем дело!

Примерно полгода Земля удаляется от Юпитера, а потом примерно полгода — приближается к нему. Когда Земля удаляется от Юпитера, свету «приходится» каждый раз пролетать

большее расстояние, чтобы «сообщить» земному астроному об очередном появлении спутника из тени Юпитера. Вот астроному и кажется, что каждое новое появление спутника происходит чуть позже «назначенного срока»! Зато в течение следующей половины года, когда Земля приближается к Юпитеру, спутник начинает выходить из тени со все бóльшим и бóльшим «опережением», поскольку свету каждый раз приходится проходить все меньшее расстояние.

Измерив соответствующие «запаздывание» и «опережение» в появлении спутника из тени Юпитера, Ремер смог вычислить скорость света. По его расчетам она составляла около двухсот тысяч километров в секунду, то есть примерно в полтора раза меньше, чем показали проведенные позже более точные измерения.

Выполнили их независимо друг от друга в середине 19-го века французские физики Жан Фуко и Арман Физо¹. Они, как и Галилей, измеряли промежуток времени, в течение которого свет «пробежал туда и обратно» на расстояние в несколько километров. Этот очень малый промежуток времени ученые измерили с помощью устройств, которые нельзя было создать во времена Галилея: Фуко воспользовался быстро вращающейся зеркальной призмой, а Физо — быстро вращающимся зубчатым колесом.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как распространяется свет в пустоте и в однородной среде? Какие наблюдения и опыты подтверждают ваш ответ?
2. Благодаря чему можно увидеть пучок света со стороны?
3. Что такое луч света?
4. Что изучает геометрическая оптика?
5. Приведите примеры точечных и протяженных источников света.
6. Может ли один и тот же источник света рассматриваться как точечный и как протяженный? Обоснуйте ваш ответ примерами.
7. Чему равна скорость света в пустоте (вакууме)?

¹ Эти ученые с похожими фамилиями не только измерили скорость света одновременно и независимо друг от друга — они и родились в одном и том же городе (Париже) в одном и том же году, с разницей всего в 5 дней!

§ 16 ТЕНЬ И ПОЛУТЕНЬ

1. Тень и полутень
 2. Солнечные и лунные затмения
- Хочешь узнать больше?
*При каком освещении нет теней?
Некоторые затмения в прошлом*

1. ТЕНЬ И ПОЛУТЕНЬ

Всем хорошо знакомы тени предметов (рис. 16.1).

Форма тени напоминает форму предмета, поэтому до изобретения фотографии часто делали так называемые портреты-силуэты, обводя тень освещенной сбоку головы.

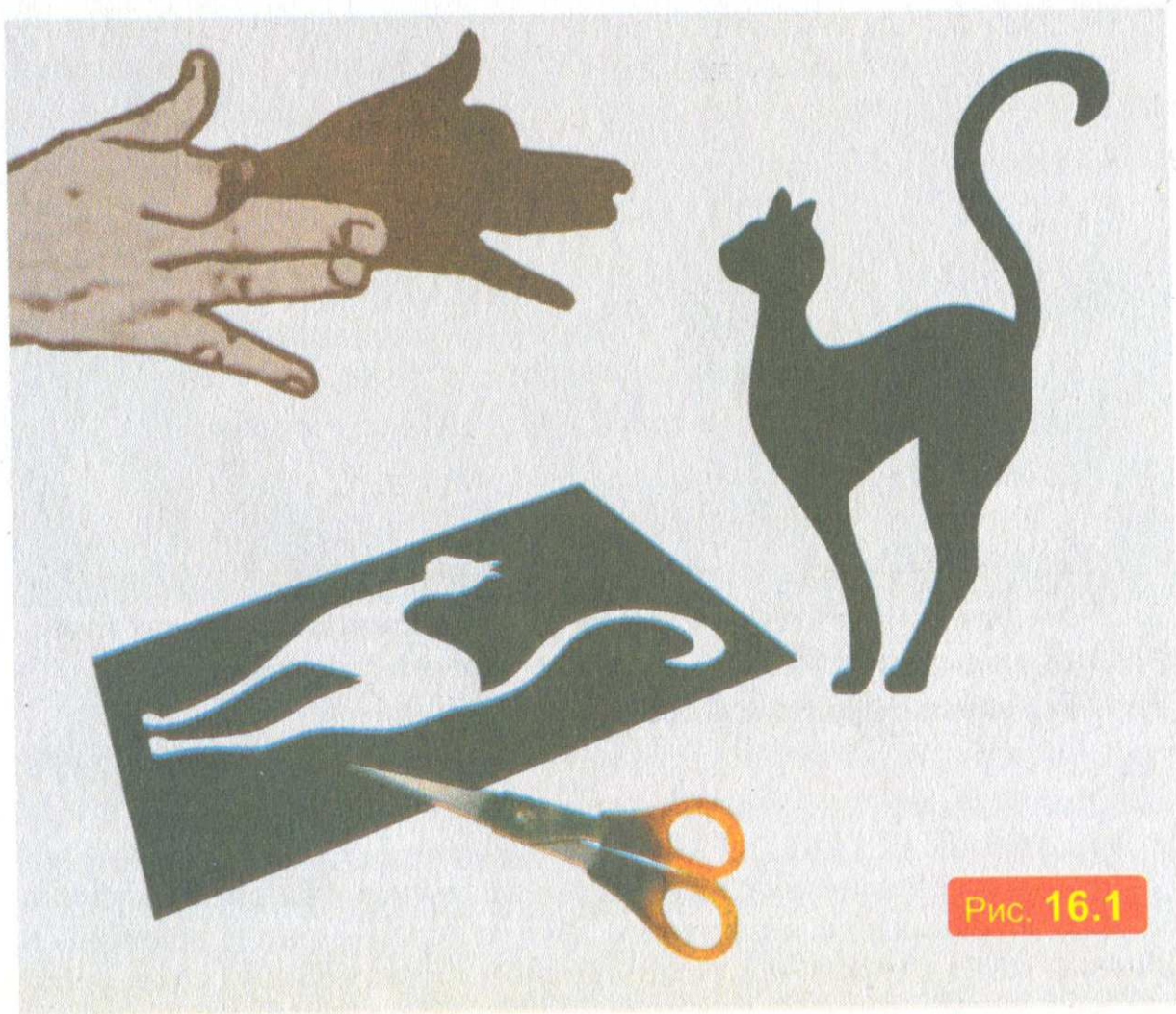


Рис. 16.1

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Осветим небольшой предмет с расстояния нескольких метров маленькой лампочкой. Мы заметим, что тень от предмета будет четкой (с резкими краями). Значит, когда на предмет падает свет от источника, который можно считать **точечным**, образуется четкая тень.

Например, в точку *A* экрана на рис. 16.2 свет от точечного источника не попадает **совсем** — поэтому здесь область тени. А в точку *B* попадает свет от **всего** источника — поэтому здесь область света.

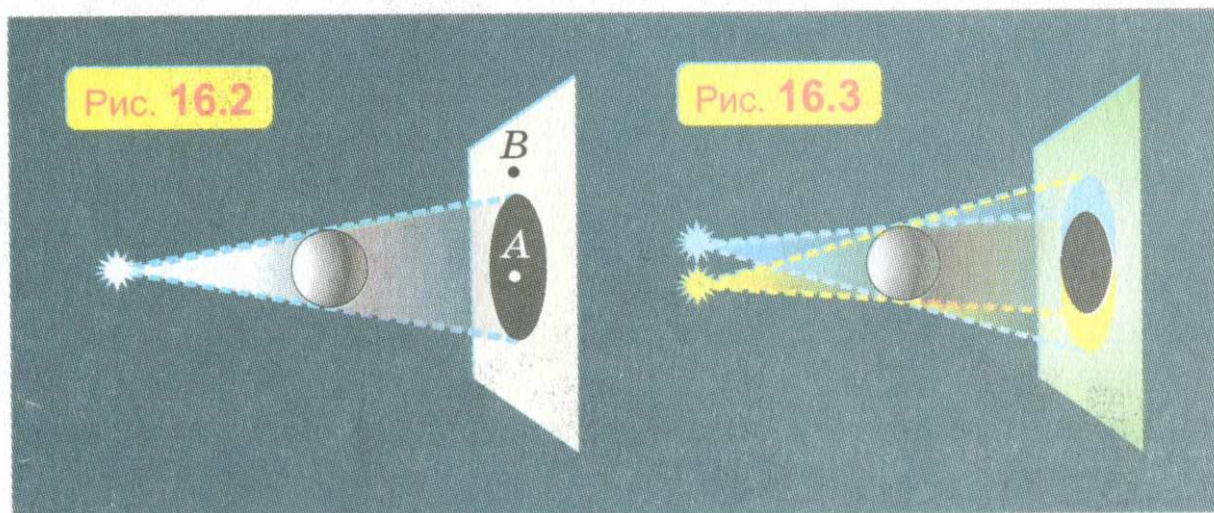
Картина становится намного интереснее, если мы осветим предмет **двумя** точечными источниками света.

Для наглядности возьмем источники света разных цветов — желтого и синего (рис. 16.3). Тогда на экране мы увидим:

- 1) область, куда не попадает свет **ни от одного** источника;
- 2) две области, в которые попадает свет только от **одного** из источников;
- 3) область, куда попадает свет от **обоих** источников¹.

Частично освещенную область (плоскости или пространства) называют **полутенью**.

В нашем опыте полутени — это синяя и желтая области на рис. 16.3.

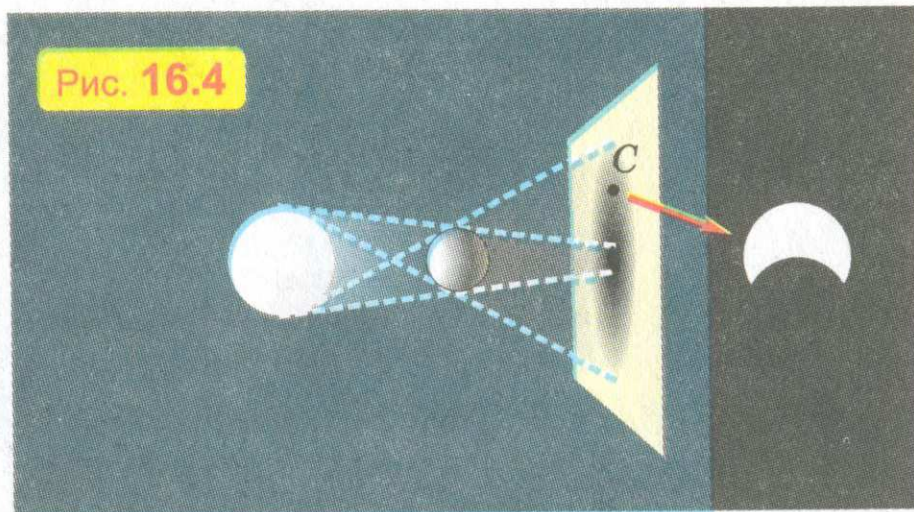


На рис. 16.4 изображено образование тени и полутени при освещении непрозрачного шара шарообразным ис-

¹ Почему при «смешении» синего и желтого света образуется зеленый, мы рассмотрим в § 23. *Дисперсия света. Цвет.*

точником света (им может служить лампа под плафоном). Полутень будет в тех точках, из которых протяженный источник света виден *частично*: справа на рисунке показано, каким виден источник света из точки С, находящейся в области полутени.

Освещение может быть и таким, когда тени нет вообще, а есть только полутени. В разделе «Хочешь узнать больше?» мы расскажем о так называемых «бестеневых» лампах, то есть лампах, не дающих тени.



2. СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Величественные примеры образования тени и полутени являют собой солнечные и лунные затмения.

Солнечные затмения наступают тогда, когда Луна оказывается между Солнцем и Землей: благодаря этому образуются тень и полутень. На рис. 16.5 приведена схема солнечного затмения (для наглядности масштаб не соблюден). В тех точках земной поверхности, где Луна полностью заслоняет Солнце, наблюдают полное солнечное затмение (рис. 16.6). На рис. 16.7 схематически изображены различные фазы полного солнечного затмения.

Вокруг области полной тени на поверхности Земли находится кольцо полутени — в этих точках земной поверхности наблюдают *частное солнечное затмение*: Луна лишь частично закрывает Солнце (рис. 16.5). Образование полутени во время солнечного затмения означает, что мы не можем считать Солнце точечным источником света, хотя расстояние до него более чем в 100 раз превышает его диаметр!

Рис. 16.5

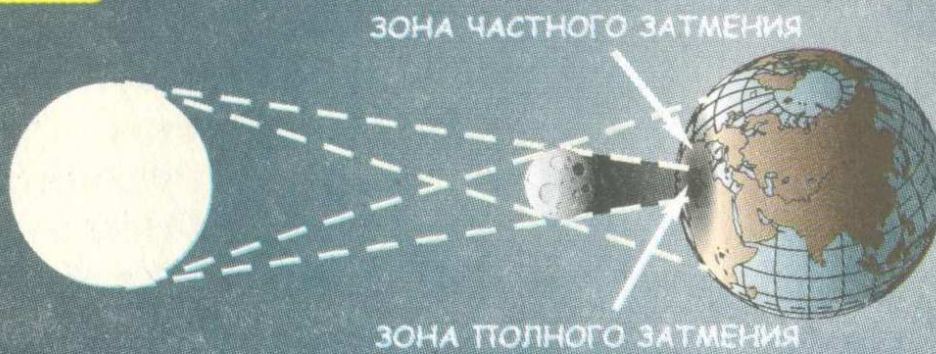


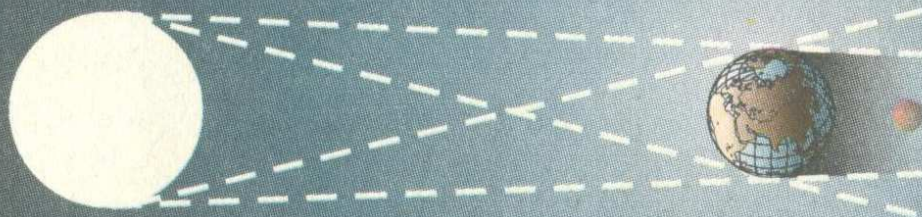
Рис. 16.6



Рис. 16.7



Рис. 16.8



Лунное затмение наблюдается, когда Луна попадает в тень Земли (рис. 16.8). Приглядевшись, можно заметить, что Луна при этом не исчезает совсем, а превращается в диск темно-красного цвета. Обусловлено это тем, что, проходя сквозь атмосферу Земли, солнечные лучи немного искривляются, вследствие чего небольшая их часть все-таки попадает на поверхность Луны.

В старину солнечные затмения, внезапно наступавшие среди бела дня, вызывали у людей ужас. Пугали людей и

лунные затмения, когда среди ночи быстро исчезала полная луна: ведь лунные затмения происходят всегда во время полнолуния.

Теперь астрономы умеют с большой точностью рассчитывать время наступления затмений на столетия. Причем не только вперед, но и назад: при этом удастся уточнить время важных исторических событий в прошлом. Некоторые интересные примеры мы приведем в разделе «Хочешь узнать больше?».

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ПРИ КАКОМ ОСВЕЩЕНИИ НЕТ ТЕНЕЙ?

Во время хирургической операции руки хирурга не должны отбрасывать тени, потому что тень очень мешала бы проведению операции. Поэтому для освещения операционных разработали специальные бестеневые лампы.

Эти лампы расположены над операционным столом так, что даже когда руки хирурга заслоняют свет одних ламп, другие лампы хорошо освещают «операционное поле» (рис. 16.9). Так что бестеневые лампы представляют собой протяженные источники света, при освещении которыми нет теней, а есть только полутень.



НЕКОТОРЫЕ ЗАТМЕНИЯ В ПРОШЛОМ

Древнегреческий историк Геродот рассказывает, что древнегреческий ученый Фалес смог предсказать солнечное затмение, за что греки присвоили Фалесу звание мудрейшего из мудрей-

ших. Современные расчеты затмений позволили установить, что предсказанное Фалесом затмение произошло 28 мая 585 г. до нашей эры. Благодаря этому удалось установить точную дату одного из сражений древности. Воины испугались внезапной темноты и прекратили битву. Так благодаря солнечному затмению после пятилетней войны было наконец заключено перемирие!

А почти через 170 лет после этого лунное затмение помогло жителям древнегреческого города Сиракузы уничтожить афинское войско. Тогда после неудачной осады Сиракуз афиняне решили снять осаду и ночью, при свете полной луны, стали грузиться на корабли. Но как раз в эту ночь наступило лунное затмение! Афиняне восприняли это как зловещее знамение. Среди солдат возникла паника, и афинское войско было разбито воинами Сиракуз (которые, наверное, были меньше подвержены суевериям).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему форма тени предмета напоминает форму этого предмета?
2. В каком случае тень от предмета будет четкой?
3. В каком случае образуется полутень? Приведите примеры образования полутени.
4. При каком условии наблюдается полное солнечное затмение? Частное?
5. Почему во время полного солнечного затмения Луна может полностью закрыть Солнце, хотя Луна во много раз меньше Солнца?
6. При каком условии наблюдается лунное затмение? Догадались ли вы, почему оно наблюдается только во время полнолуния?
7. Как создать освещение, при котором не возникает теней? Приведите пример такого освещения.

§17 ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

1. Почему мы видим предметы?
2. Зеркальное отражение
3. Рассеянное отражение

Хочешь узнать больше?

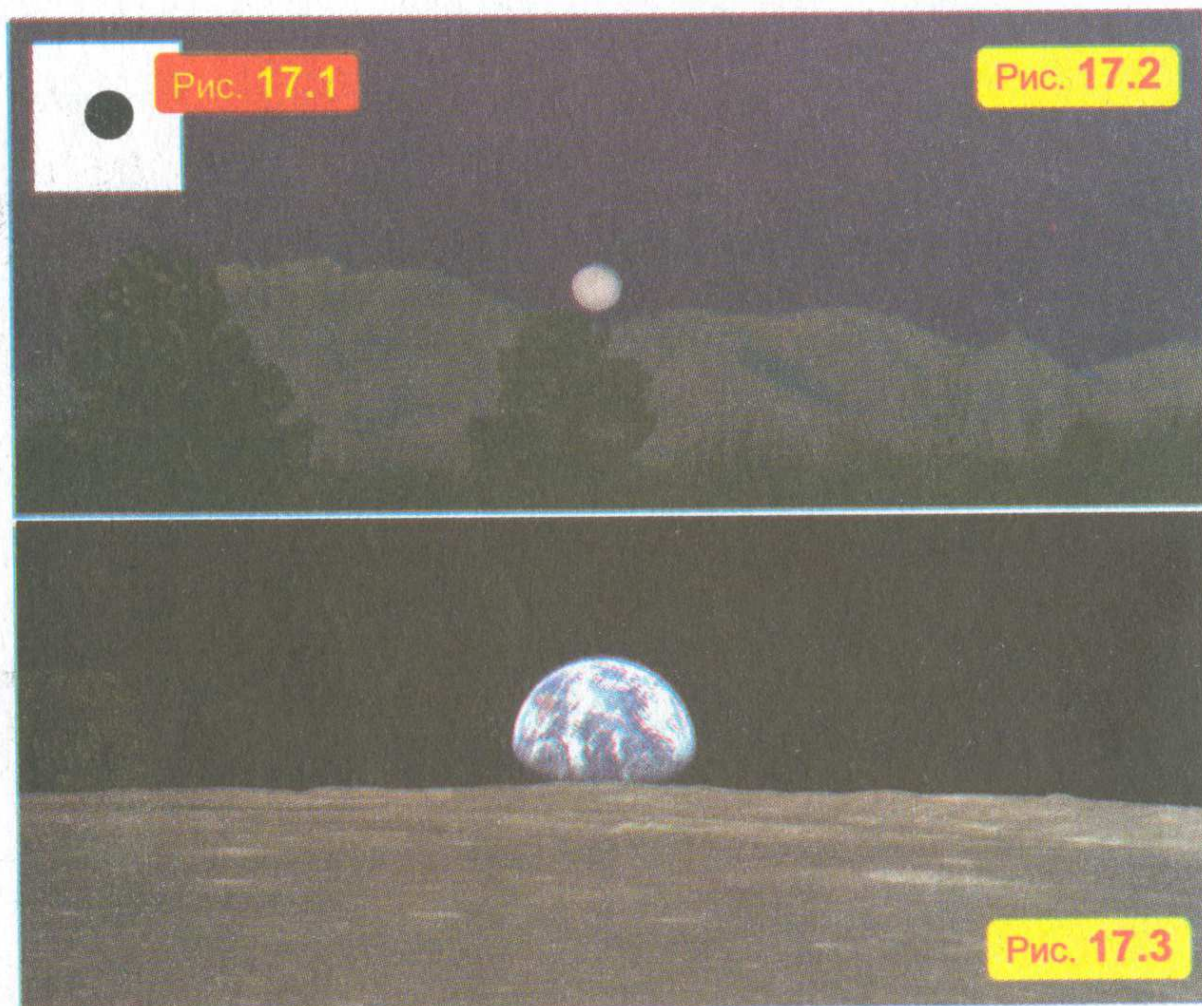
Свет «выбирает» кратчайший путь!

Сжег ли Архимед зеркалом корабли римлян?

1. ПОЧЕМУ МЫ ВИДИМ ПРЕДМЕТЫ?

Большинство окружающих нас предметов мы видим благодаря тому, что они отражают падающий на них свет.

Отражают свет различные предметы по-разному — именно это и придает разнообразие окружающему миру.



Предметы, которые отражают почти весь падающий на них свет, кажутся нам обычно белыми (но не всегда: на-

пример, прекрасно отражающие свет зеркала белыми не кажутся!). Однако даже ослепительно белый снег отражает не все 100, а только 80–85 процентов падающего на него света.

Предметы же, которые поглощают почти весь падающий на них свет, кажутся нам черными. Но даже черное сукно все-таки отражает несколько процентов падающего света. И расчеты показывают, что благодаря этому черное сукно в ясный солнечный день отражает примерно в *десять тысяч* раз больше света, чем белый снег в лунную ночь! Почему же тогда сукно кажется нам черным даже в солнечный день, а снег — белым даже в лунную ночь? Дело в том, что все познается в сравнении: и сукно, и снег мы *сравниваем* с другими предметами, освещенными так же.

Предмет, который отражает всего 10 % света, кажется нам обычно темно-серым: таков, например, кружок, изображенный на рис. 17.1. Однако, глядя на полную Луну (рис. 17.2), мало кто назовет ее темно-серой, хотя измерения показывают, что она отражает тоже 10 % падающего на нее солнечного света. И тут дело тоже в сравнении: кружок мы видим на белом фоне, а Луну — на фоне темного ночного неба.

Вид полной Луны мало кого оставляет равнодушным, а представьте, какое величественное зрелище являет собой Земля, если наблюдать ее с Луны (рис. 17.3)! Для находящегося на Луне наблюдателя Земля «светит» как 45 Лун для земного наблюдателя!

2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ

Тела, которые отражают свет «лучше» всех других, мы вообще не видим! Это — *зеркала*. Они отражают до 80 % падающего на них света, но попробуйте *увидеть* чистое зеркало! Вы увидите раму зеркала, пылинки и царапины на его поверхности, предметы, отраженные в зеркале... но самого зеркала, как ни старайтесь, вы не увидите!

Почему так происходит, мы расскажем в следующем параграфе. А сейчас рассмотрим, как отражается свет в зеркале.

ЗАКОНЫ ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

Ход световых лучей¹ изучают с помощью прибора, который называют *оптическим диском* (рис. 17.4).

¹ Считая пучки света достаточно узкими, мы будем говорить о *лучах*.

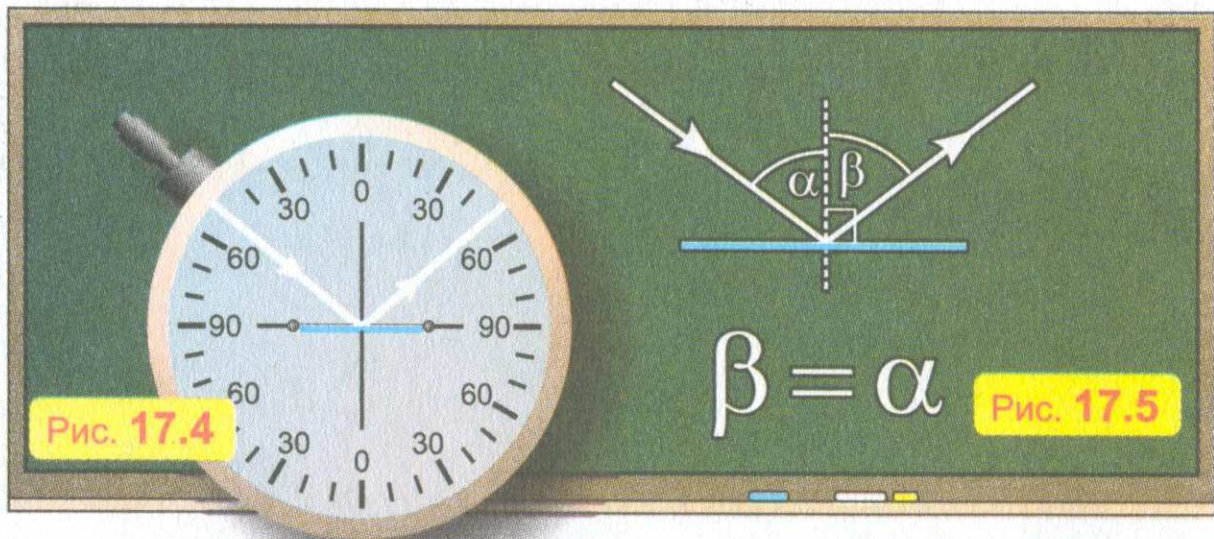
ПОСТАВИМ ОПЫТ

Направим луч света в плоскости диска на зеркало, расположенное перпендикулярно плоскости диска. После отражения луч также будет идти в плоскости диска. Это означает, что выполняется

первый закон отражения света: отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к зеркалу, восставленным в точке падения луча.

Чтобы установить, как связаны *направления* падающего и отраженного лучей света, определим углы падения и отражения.

Углом падения луча называют угол между падающим лучом и перпендикуляром к зеркалу, восставленным в точке падения (рис. 17.5). Угол падения обозначают часто греческой буквой α (альфа). А угол между отраженным лучом и перпендикуляром к зеркалу называют *углом отражения* и обозначают часто β (бета).

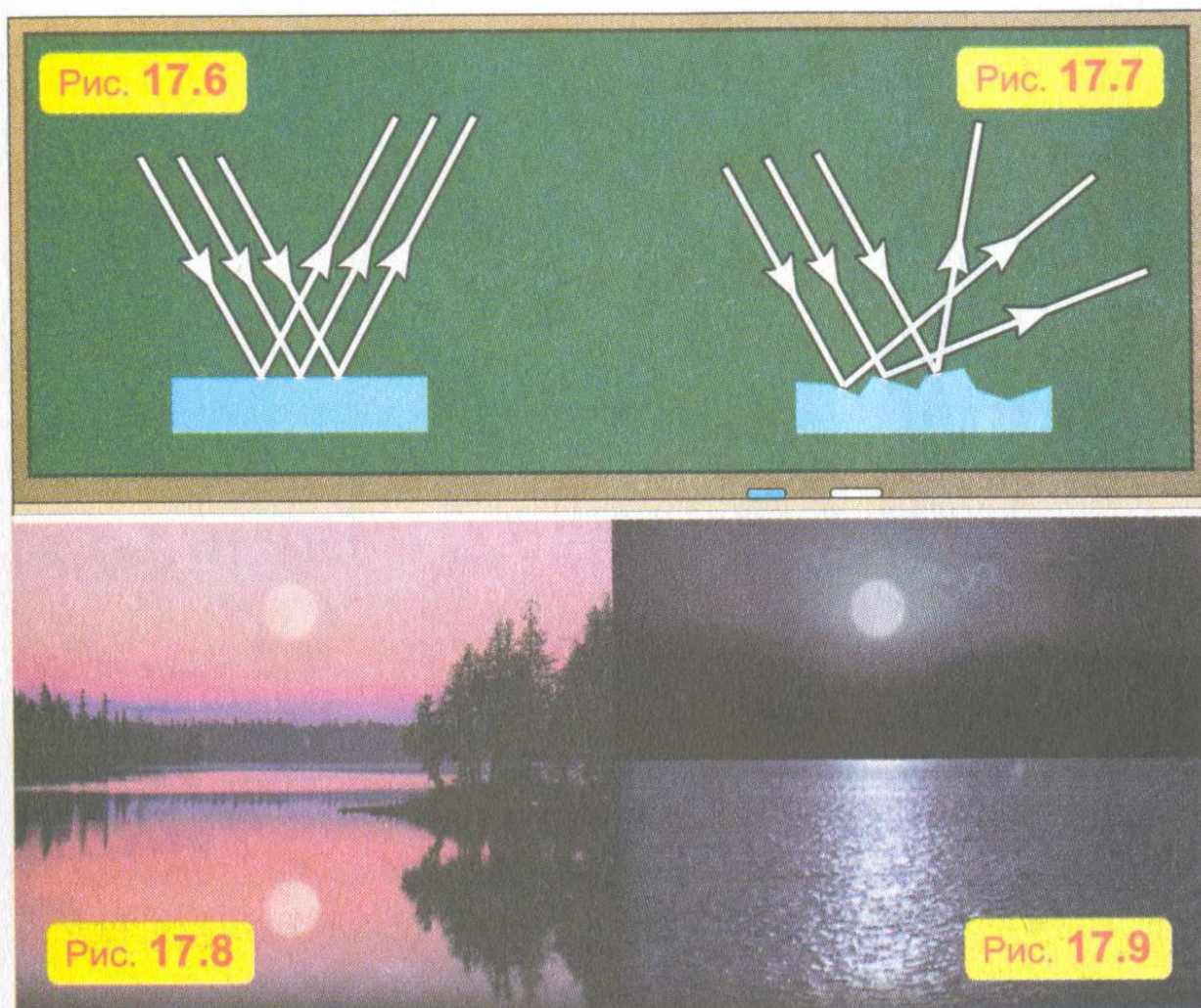


Изменяя угол падения и измеряя каждый раз угол отражения, мы убедимся, что выполняется

второй закон отражения света: угол отражения равен углу падения.

Рассмотренное отражение света называют *зеркальным*. Оно имеет место при отражении света от очень гладкой по-

верхности. При этом параллельный пучок лучей после отражения остается параллельным (рис. 17.6).



3. РАССЕЯННОЕ ОТРАЖЕНИЕ

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Направим теперь пучок света на лист бумаги. На этот раз мы увидим не отраженный пучок, а светлое пятно. Дело в том, что поверхность бумаги *шероховатая*, а после отражения от шероховатой поверхности лучи рассеиваются *во все стороны* (рис. 17.7).

Такое отражение света называют *рассеянным*.

Наглядной моделью зеркального и рассеянного отражений является отражение Луны в воде (рис. 17.8, 17.9).

Поверхность тихого озера отражает свет зеркально, поэтому мы видим в озере четкое изображение Луны. А на поверхности моря всегда есть волны, благодаря которым отражение Луны «разбивается» и превращается в «лунную дорожку».

Окружающие нас предметы мы видим именно потому, что они отражают свет *рассеянно*! А глядя на поверхности, отражающие свет зеркально, мы видим *отражения других предметов*.

Об этом мы расскажем в следующем параграфе.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

СВЕТ «ВЫБИРАЕТ» КРАТЧАЙШИЙ ПУТЬ!

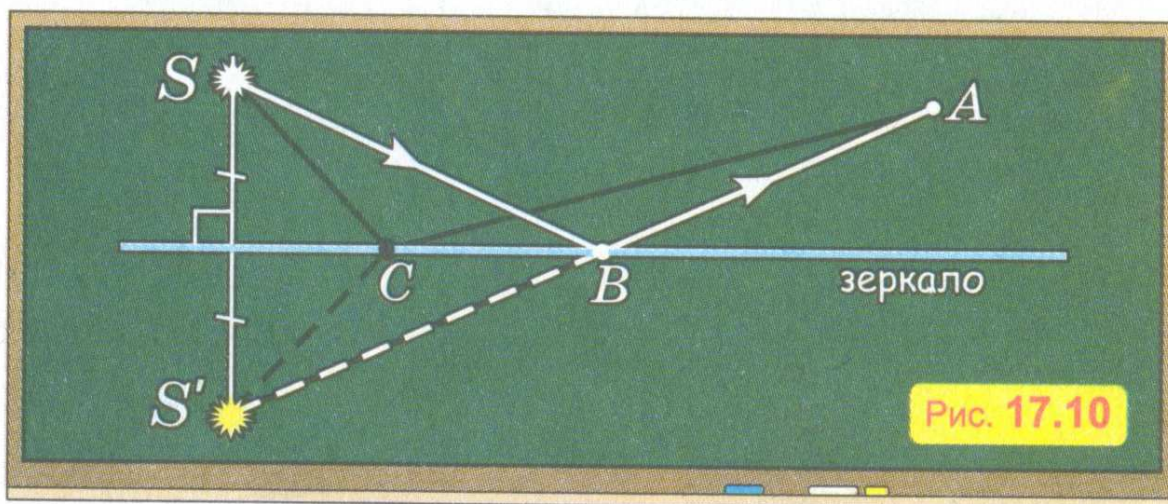
Как вы уже знаете, в пустоте или однородной среде свет распространяется по прямой, то есть по кратчайшему пути.

Древнегреческий ученый Герон заметил, что свет «выбирает» кратчайший путь и при отражении!

На рис. 17.10 показан ход луча света, идущего из точки S в точку A после отражения от зеркала.

Можно доказать, что, следуя закону отражения, свет проходит путь, равный длине *отрезка* $S'A$.

А если бы свет отразился от зеркала в какой-то другой точке — например в точке C , то пройденный светом путь равнялся бы длине *ломаной* $S'CA$. А длина любой ломаной *больше* длины отрезка с теми же концами — в данном случае отрезка $S'A$.



СЖЕГ ЛИ АРХИМЕД ЗЕРКАЛОМ КОРАБЛИ РИМЛЯН?

В конце 3-го века до нашей эры римляне осадили город Сиракузы, в котором жил великий древнегреческий ученый Архимед. Он построил машины для защиты города, успешное применение которых заставило римлян отказаться от попыток

взять город штурмом. Это породило много легенд: через 300 лет после этого события древнегреческий историк Плутарх рассказывал, что железные когти захватывали корабли, поднимали их в воздух и бросали в воду. Другие же историки рассказывали, что Архимед с помощью зеркала (или системы зеркал) сжег римские корабли, направив на них свет Солнца (рис. 17.11).



В 20-м веке рассказ о «зеркала Архимеда» решили проверить: на макет корабля в натуральную величину направили «зайчики» от нескольких десятков зеркал. Через несколько минут показался дым и вспыхнуло пламя!

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему мы видим предметы?
2. Какие углы называют углом падения и углом отражения?
3. Сформулируйте законы отражения света.
4. Луч падает перпендикулярно плоскости зеркала. Чему равен в этом случае угол отражения?
5. Что такое рассеянное отражение? Приведите примеры.
6. Останется ли параллельный пучок лучей параллельным после зеркального отражения? После рассеянного?

§18 ИЗОБРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ

1. Как возникает изображение в зеркале?
2. Где находится изображение в зеркале?
3. Где и как применяют зеркала?

Хочешь узнать больше?

Что меняет местами зеркало?

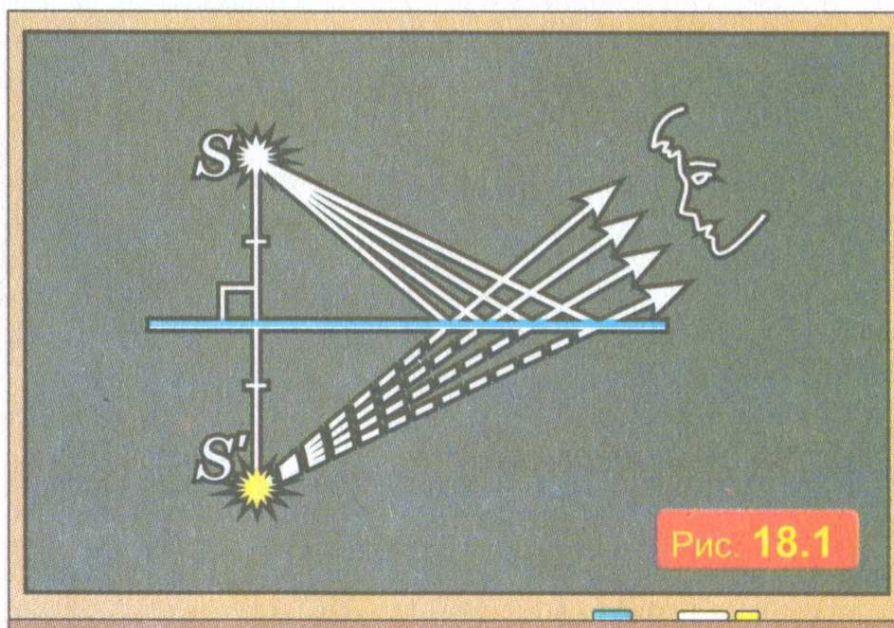
Сколько изображений могут дать два зеркала?

Почему «зазеркалье» так похоже на реальный мир?

1. КАК ВОЗНИКАЕТ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ?

Если построить ход отраженных от зеркала лучей, исходящих из точечного источника света S (рис. 18.1), мы заметим, что *продолжения* отраженных лучей пересекаются *в одной точке* S' . Человеку, которому попадут в глаз отраженные лучи, будет казаться, что они *испущены* из точки S' .

Точку, в которой пересекаются продолжения отраженных зеркалом лучей, исходящих от точечного источника, называют **изображением** точечного источника.

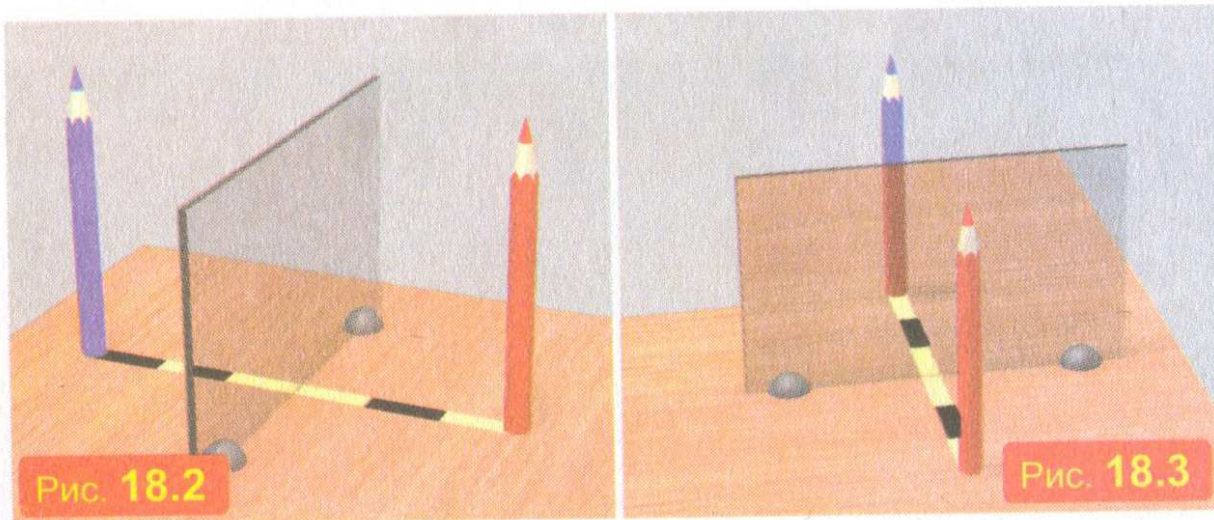


Изображение в зеркале называют **мнимым**, так как в точке-изображении сходятся не лучи, а их продолжения.

2. ГДЕ НАХОДИТСЯ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ?

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Укрепим красный и синий карандаши одинакового размера вертикально на столе, а точно между ними поставим зеркало так, чтобы оно было перпендикулярно отрезку, соединяющему основания карандашей (рис. 18.2). Высота зеркала должна быть меньше длины карандашей.



Мы увидим, что изображение красного карандаша в зеркале совпадает с синим карандашом (рис. 18.3)!

Это означает, что изображение красного карандаша находится на таком же расстоянии от зеркала, что и синий карандаш, причем размер изображения красного карандаша равен размеру синего карандаша.

Итак, опыт и геометрическое построение показывают, что

мнимое изображение предмета в зеркале и сам предмет находятся на одной прямой, перпендикулярной плоскости зеркала, и на одинаковых расстояниях от зеркала.

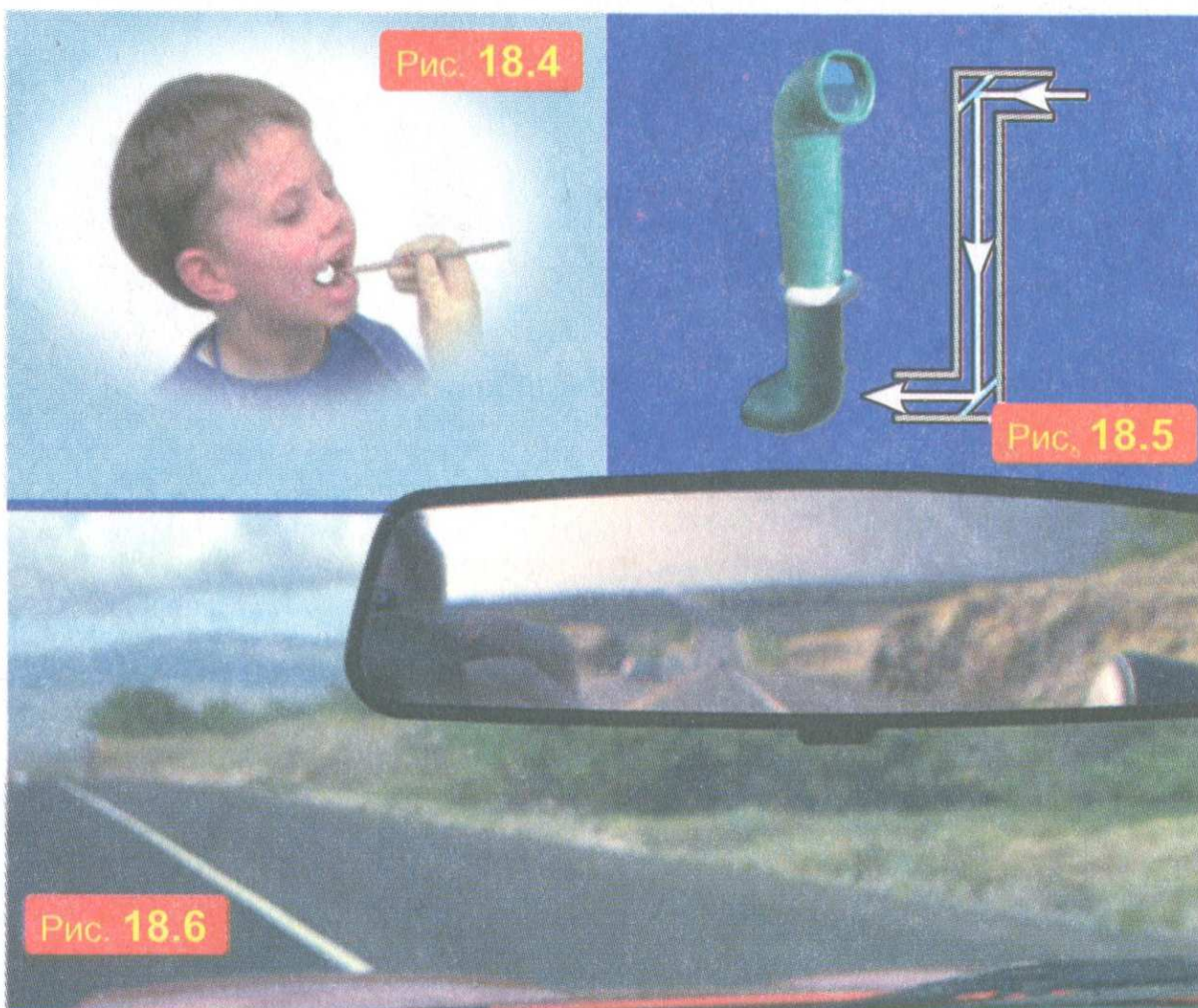
Размер изображения предмета в зеркале равен размеру самого предмета.

Чтобы построить изображение точки в зеркале, проводят перпендикуляр из этой точки к плоскости зеркала и продлевают его на расстояние, равное расстоянию от точки до зеркала. Именно такое построение и выполнено на рис. 18.1.

3. ГДЕ И КАК ПРИМЕНЯЮТ ЗЕРКАЛА?

Каждый из нас смотрится в зеркало хотя бы раз в день, а представительницы прекрасной половины человечества любуются собою по многу раз на день.

В технике и медицине зеркала используют для осмотров (рис. 18.4). В подводных лодках используют перископы, чтобы видеть, что происходит над поверхностью воды. Перископ и его устройство изображены на рис. 18.5. С помощью зеркал водитель видит дорогу сзади и салон своего автомобиля (рис. 18.6).



ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ЧТО МЕНЯЕТ МЕСТАМИ ЗЕРКАЛО?

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Присмотритесь к своему «двойнику» в зеркале внимательно, и вы увидите, что он все-таки отличается от вас (рис. 18.7)!

Сможете ли вы ответить — чем именно? Попробуйте найти по-больше отличий!

Вы, конечно, не раз замечали, что при отражении в зеркале «левое» и «правое» меняются местами. Протяните, например, своему зеркальному «двойнику» правую руку — он «в ответ» протянет вам левую!

Однако зеркало может менять местами не только «лево» и «право»! Оно может менять местами также «верх» и «низ»! Чтобы убедиться в этом, выйдите просто на берег реки или озера (рис. 18.8).



СКОЛЬКО ИЗОБРАЖЕНИЙ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ С ПОМОЩЬЮ ДВУХ ЗЕРКАЛ?

ПОСТАВИМ ОПЫТЫ

Поставьте два зеркала точно под прямым углом друг к другу и посмотрите на свои изображения в зеркалах.

Вы увидите **три** изображения: слева и справа (в каждом зеркале по отдельности) вы увидите два «обычных» изображения,

где «лево» и «право» поменялись местами. А между ними, точно на стыке зеркал, вы увидите третье изображение!

Приглядитесь к нему — вы увидите, что оно необычно.

Во-первых, это изображение всегда находится на стыке зеркал — куда бы вы ни отходили, оно непременно будет оставаться точно на стыке! Это очень удобно, потому что благодаря этому несколько человек могут одновременно смотреть на свои изображения, не мешая друг другу.

Во-вторых, в этом «среднем» изображении «лево» и «право» **не меняются местами**: протяните своему изображению правую руку, и оно в ответ «протянет» вам тоже правую (рис. 18.9)! Значит, в такой системе зеркал вы видите себя именно таким, каким вас видят другие люди.

Как же возникло это «правдивое» изображение?

Оно является результатом **двойного** отражения, то есть изображением в правом зеркале изображения, образованного с помощью левого зеркала. А также — что тоже правильно — изображением в левом зеркале изображения, образованного с помощью правого зеркала (в данном случае эти два «изображения изображений» совпадают). Вот почему «левое» и «правое» остались «сами собой»: поскольку отражение произошло дважды, то «лево» и «право» поменялись местами тоже дважды!

Очень красивый опыт получится также, если поставить два зеркала под углом 60° . При этом вследствие многократных отражений получится целых 5 изображений, причем «левые» и «правые» изображения будут чередоваться (рис. 18.10).

Именно так и устроен калейдоскоп: вы видите в нем многократные отражения разноцветных стеклышек в двух зеркалах, угол между которыми равен 60° . Иногда в калейдоскоп ставят и третье зеркало, так что зеркала образуют равносторонний треугольник.

Если же поместить предмет между двумя параллельно расположенными зеркалами, обращенными зеркальными поверхностями друг к другу, то в этих зеркалах возникает бесконечно много изображений предмета (рис. 18.11). Однако рассмотреть можно лишь конечное их число, так как при каждом отражении происходит ослабление интенсивности отраженных лучей. А если чуть повернуть одно из зеркал, вереница изображений станет описывать красивую дугу (рис. 18.12).



Рис. 18.9



Рис. 18.10



Рис. 18.11

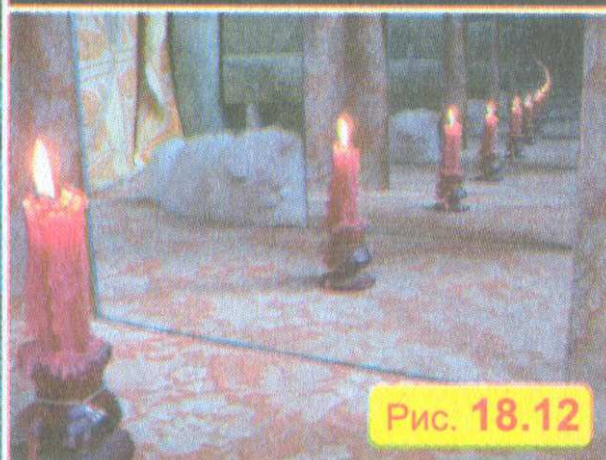


Рис. 18.12

ПОЧЕМУ «ЗАЗЕРКАЛЬЕ» ТАК ПОХОЖЕ НА РЕАЛЬНЫЙ МИР?

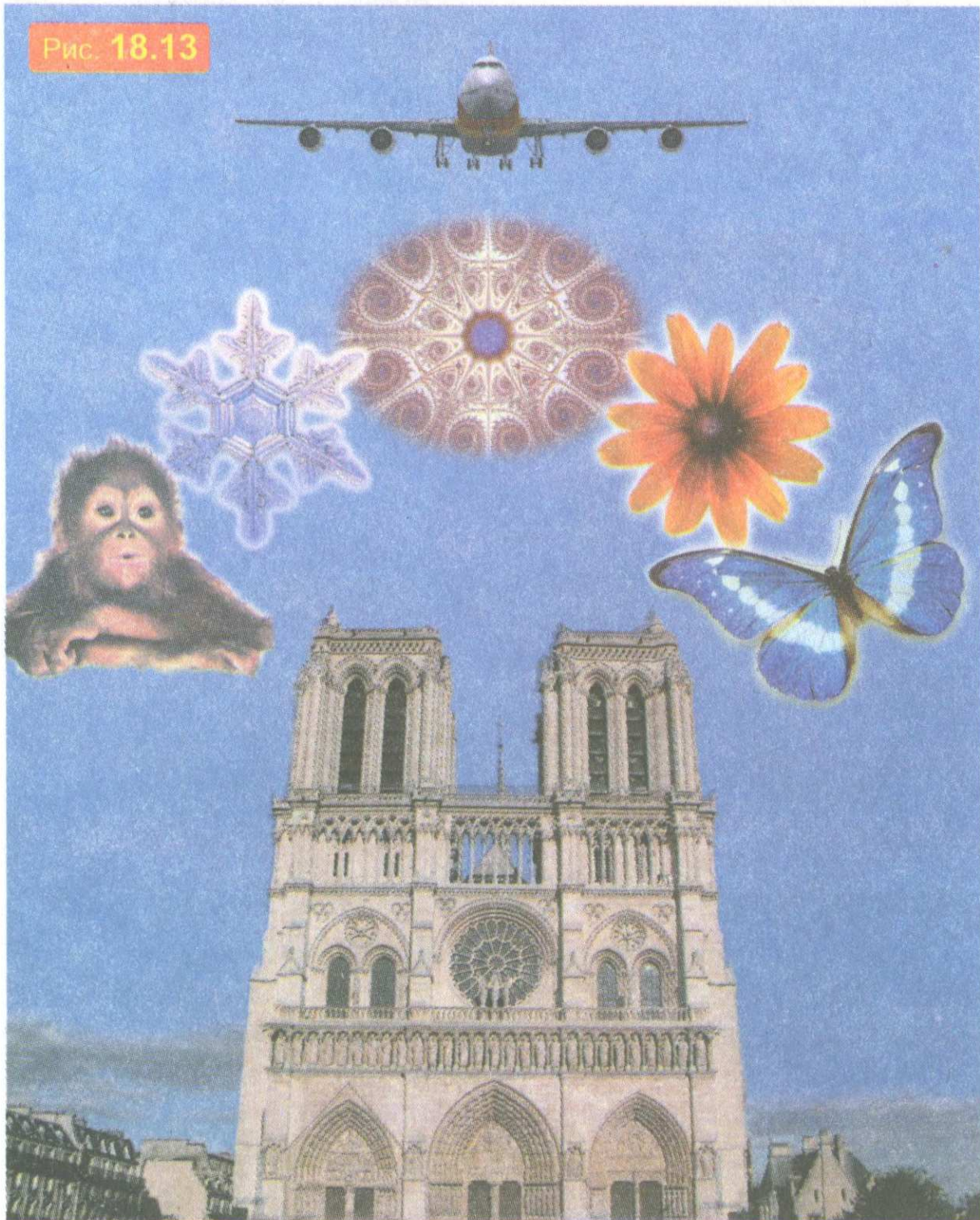
Загадочное «сходство-различие» реального мира и «зазеркалья» всегда привлекало детей и тех взрослых, кто сохранил детскую любознательность, — ученых и сказочников.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Присмотритесь внимательнее к окружающим вас предметам, и вы разгадаете секрет удивительного сходства двух миров —

«зазеркального» и настоящего. Заметили ли вы, что у многих предметов левая и правая стороны одинаковы (точнее, почти одинаковы)? Таковы планеты, деревья, цветы, животные... (рис. 18.13). О таких предметах говорят, что они **зеркально симметричны**.

Изображение зеркально симметричных предметов в зеркале не будет отличаться от самих предметов (или эти отличия будут малозаметными). Это и объясняет, почему мир, состоящий из таких предметов, практически не изменяется при отражении в зеркале.



Однако не все предметы обладают зеркальной симметрией! И поэтому «зазеркалье», то есть мир, отраженный в зеркале, все-таки отличается от реального мира.

Например, не обладает зеркальной симметрией текст: если вы попытаете читать отраженную в зеркале страницу книги, вам поначалу придется нелегко (хотя научиться этому можно довольно быстро).

Некоторые слова не изменяются при отражении в зеркале (например, «потоп»). Попробуйте найти еще такие слова или имена.

В переводе с греческого «симметрия» означает «соразмерность». Симметрия рождает ощущение красоты, поэтому художники и архитекторы стараются делать зеркально симметричными узоры и здания (рис. 18.13). Симметрия не только красива — часто она и необходима (например, для самолетов и автомобилей).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему в зеркале видны четкие изображения предметов?
2. Почему изображение в зеркале называют мнимым?
3. Где находится изображение предмета в зеркале?
4. Человек отошел от зеркала на один шаг. Как изменилось расстояние между человеком и его изображением в зеркале?
5. Равен ли размер изображения предмета в зеркале размеру самого предмета?
6. Человек стоит перед вертикально расположенным зеркалом. Постройте изображение человека в зеркале.
7. Каким должен быть размер вертикально расположенного зеркала, чтобы человек видел себя в нем полностью?
8. Какие вы знаете применения зеркал?
9. Какие буквы не изменяются при отражении в зеркале?

§19 ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

1. Наблюдения и простые опыты

2. Законы преломления света

3. Преломление света в призме

Хочешь узнать больше?

Как возникают миражи?

Может ли не быть преломленного луча?

1. НАБЛЮДЕНИЯ И ПРОСТЫЕ ОПЫТЫ

ПОСТАВИМ ОПЫТЫ

Погрузите карандаш в стакан с водой, и вы увидите, что карандаш как бы «переломился» на границе «воздух-вода» (рис. 19.1). В том, что на самом деле карандаш остался прямым, можно убедиться, проведя по нему пальцем.

Причина кажущегося «излома» карандаша — *преломление света* на границе двух сред.

Преломлением света называют изменение направления распространения света на границе раздела двух сред.

Чтобы понаблюдать преломление света, поставьте еще несколько опытов, доступных в домашних условиях.

Положите на страницу книги стеклянную пластинку с параллельными гранями (такая пластинка называется плоско-параллельной). Рассматривая сквозь пластинку текст, вы увидите, что он кажется приподнятым (рис. 19.2).

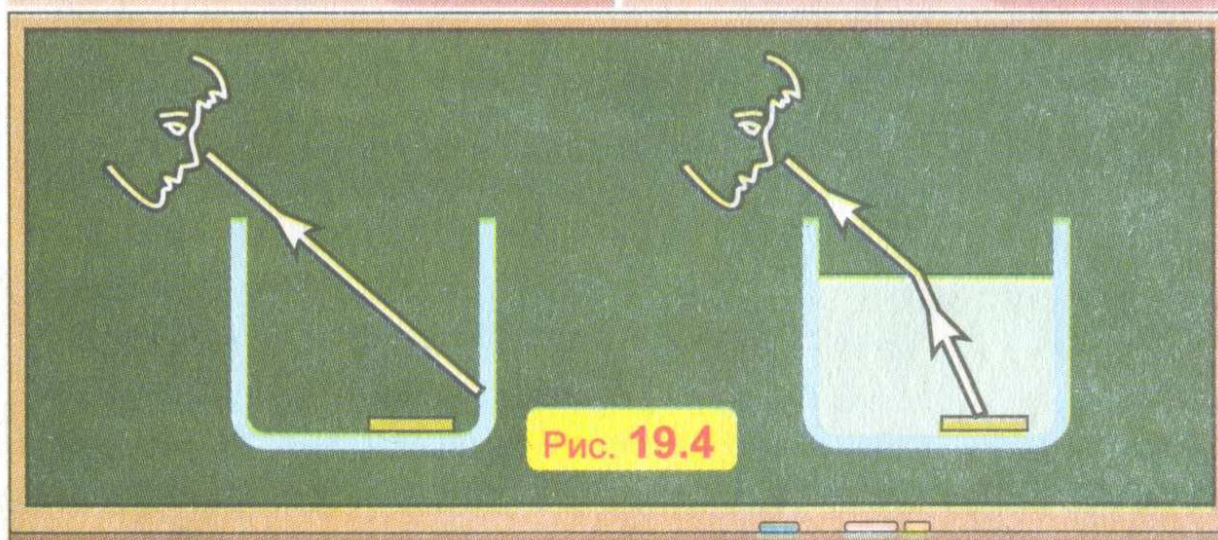
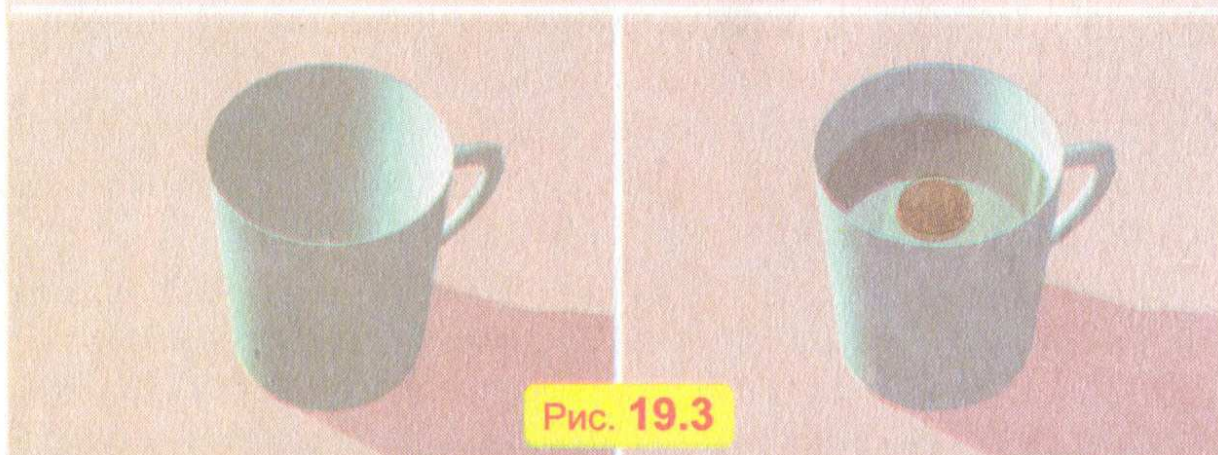
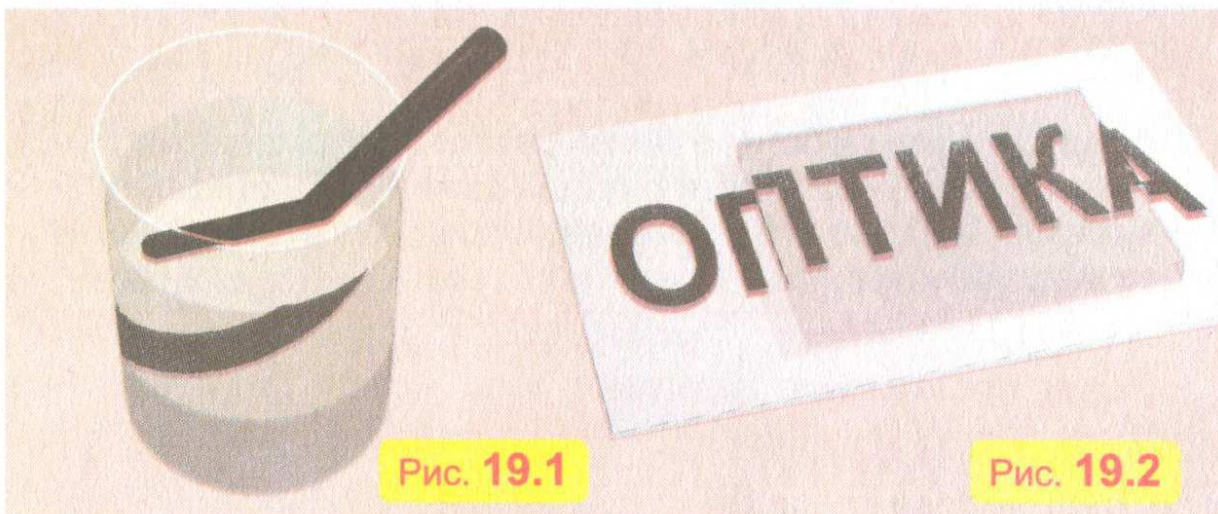
Причиной «поднимания» текста является преломление света на границе воздух-стекло.

Подобное «приподнимание» происходит и тогда, когда вы смотрите на дно моря или реки сквозь слой воды: дно кажется *более близким*, чем на самом деле! Обязательно учитывайте это, входя в воду в незнакомом месте!

Положите на дно чашки монету, поставьте чашку на стол и посмотрите на нее так, чтобы край чашки еле закрывал монету. Не меняя положения головы, осторожно налейте в чашку воду. Вы увидите, что дно чашки как бы

приподнялось: монета вместе с дном «всплыла», став видимой (рис. 19.3)!

На рис. 19.4 схематически показано, чем обусловлено «поднимание» монеты: идущие от нее лучи света на границе «вода-воздух» *преломляются*.



2. ЗАКОНЫ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА

Чтобы установить законы преломления света на опыте, воспользуемся уже знакомым вам оптическим диском.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Направим луч света на стеклянный полуцилиндр, как показано на рис. 19.5. Мы увидим, что на границе «воздух-стекло» луч света «раздваивается» на два луча — *отраженный* и *преломленный*.

Сосредоточим сейчас внимание на преломленном луче. Прежде всего мы заметим, что выполняется

первый закон преломления света: преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к границе раздела двух сред, восставленным в точке падения луча.

Углом преломления называют угол между преломленным лучом и перпендикуляром к зеркалу, восставленным в точке падения (рис. 19.5). Этот угол обозначают часто греческой буквой γ (гамма). В нашем опыте при переходе из воздуха в стекло угол преломления меньше угла падения.

Второй закон преломления света устанавливает соотношение между углами падения и преломления. Чтобы сформулировать его, определим понятие синуса угла.

Напомним, что сторону прямоугольного треугольника, лежащую против прямого угла, называют гипотенузой, а другие стороны — катетами. *Синусом* острого угла α (обозначают « $\sin \alpha$ ») называют отношение катета, противолежащего этому углу, к гипотенузе (рис. 19.6).

Опыты показывают, что выполняется

второй закон преломления света: отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред постоянно: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$.

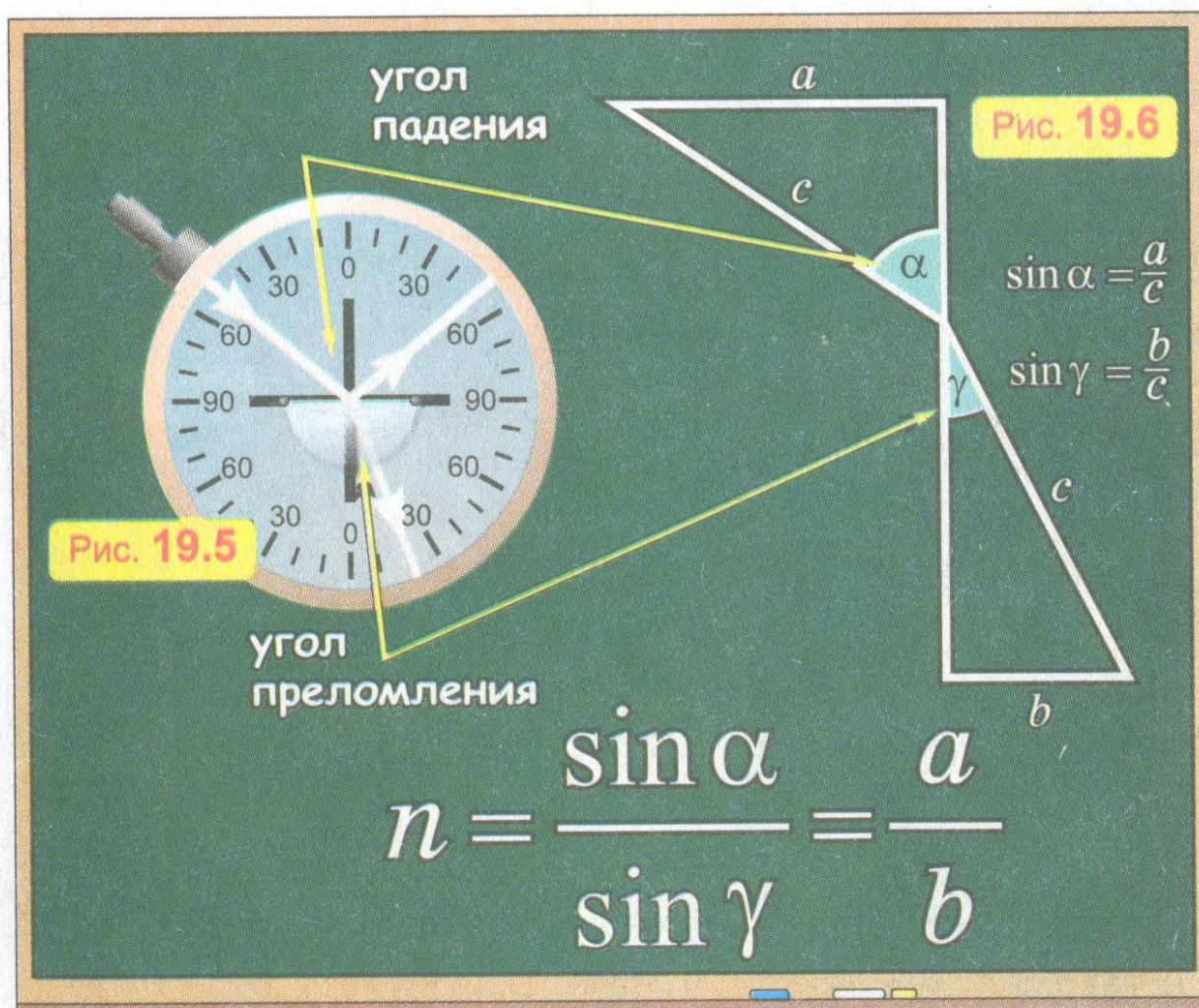
Величину n называют *относительным показателем преломления* двух данных сред. Если луч падает в данную среду из вакуума, n называют *абсолютным показателем преломления* (или просто показателем преломления) данной среды.

Показатель преломления воздуха отличается от единицы всего на несколько десятитысячных. Показатель преломления воды равен примерно 1,33, а показатель преломления обычного стекла несколько превышает 1,5.

Когда угол падения равен нулю, угол преломления также равен нулю. Во всех остальных случаях эти углы различны: например, при переходе из воздуха в стекло или воду угол преломления меньше угла падения. А при переходе из стекла в воздух, наоборот, угол преломления больше угла падения.

Физической причиной преломления света на границе двух сред является различие скоростей света в разных средах: чем меньше скорость света в данной среде, тем больше ее абсолютный показатель преломления.

Например, то, что показатель преломления воды и стекла больше единицы, означает, что скорость света в воде и стекле меньше, чем в вакууме.



3. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА В ПРИЗМЕ

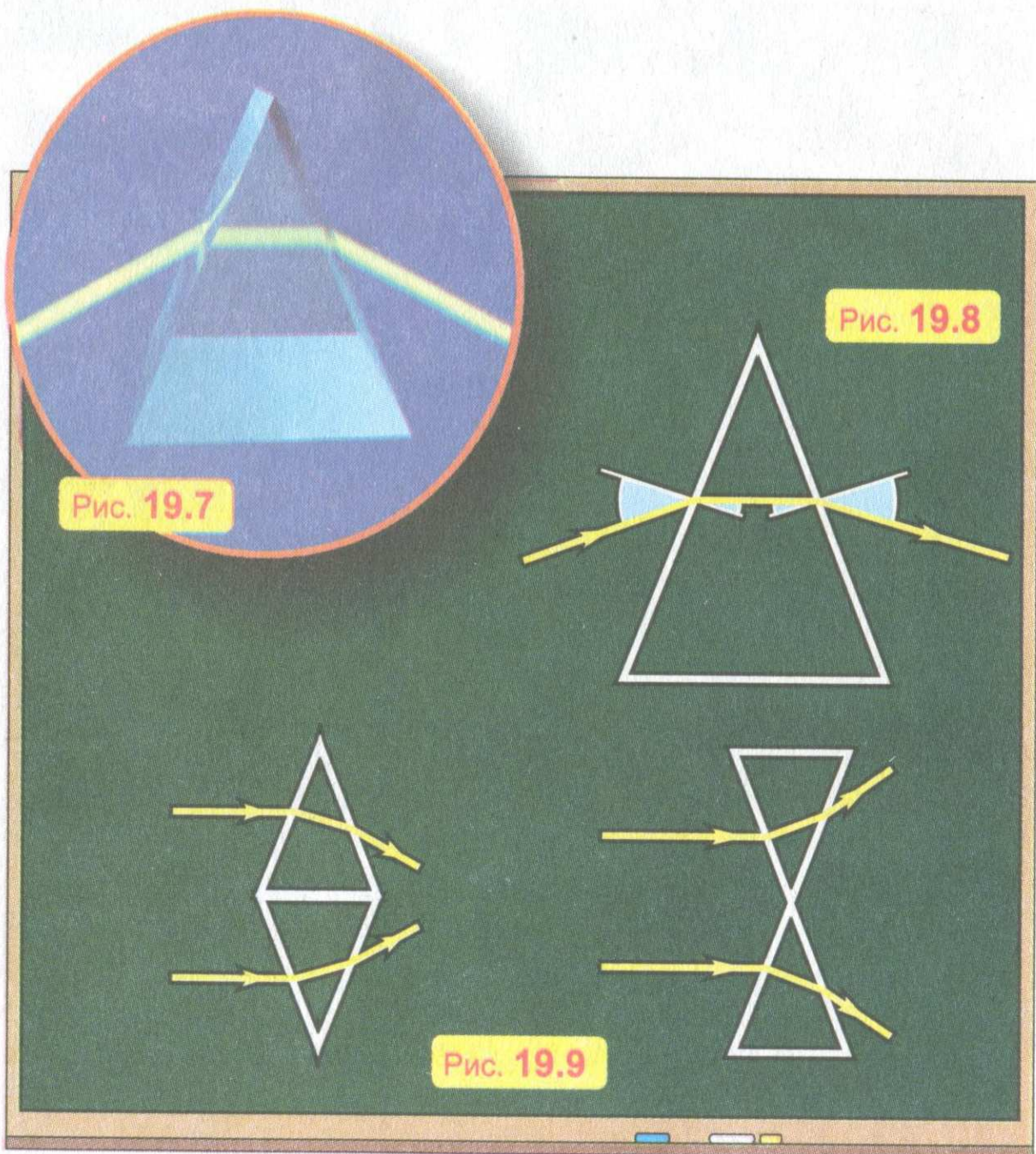
ПОСТАВИМ ОПЫТ

Направим луч света на стеклянную призму, как показано на рис. 19.7. Проходя сквозь призму, луч преломляется

дважды. В результате он отклоняется к основанию призмы (рис. 19.8).

В дальнейшем мы увидим, что призма не только отклоняет лучи света, но и раскладывает белый свет в цветной спектр. Сейчас же мы ограничимся рассмотрением пучков света, имеющего определенный цвет (лучше всего для этого воспользоваться лазерным лучом — например, от лазерного фонарика).

Если параллельные лучи света падают на две призмы, расположенные так, как показано на рис. 19.9, то (в зависимости от расположения призм) лучи становятся *сходящимися* или *расходящимися*. Это наблюдение поможет нам в следующем параграфе понять принцип действия линз.

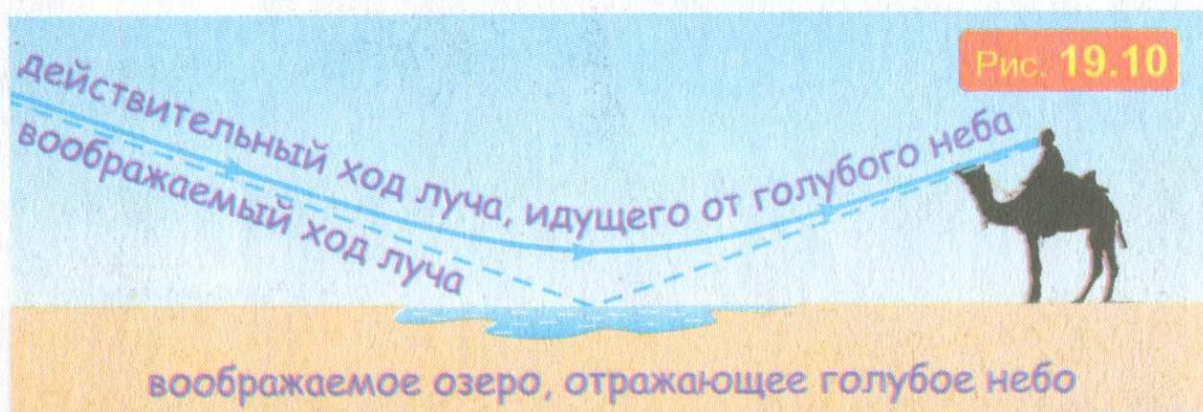


КАК ВОЗНИКАЮТ МИРАЖИ?

В неоднородно нагретом воздухе лучи света распространяются не прямолинейно, а плавно искривляются. Вследствие этого возникают миражи — например, когда посреди знойной пустыни путнику видится впереди озеро, отражающее голубое небо.

Днем в пустыне нижние слои воздуха сильно нагреваются от горячего песка, вследствие чего воздух становится **неоднородным**. Проходя сквозь такую среду, луч света плавно искривляется (рис. 19.10). В результате идущий **сверху** от голубого неба луч попадает в глаз путника **снизу**. И страдающему от жажды путнику кажется, что впереди — озеро, отражающее голубое небо. Путник движется к «озеру», но... расстояние до него не уменьшается!

В средних широтах также можно наблюдать подобный мираж: в жаркий летний день водителю или пассажиру кажется, что он видит «лужи» на сухом шоссе (рис. 19.11).

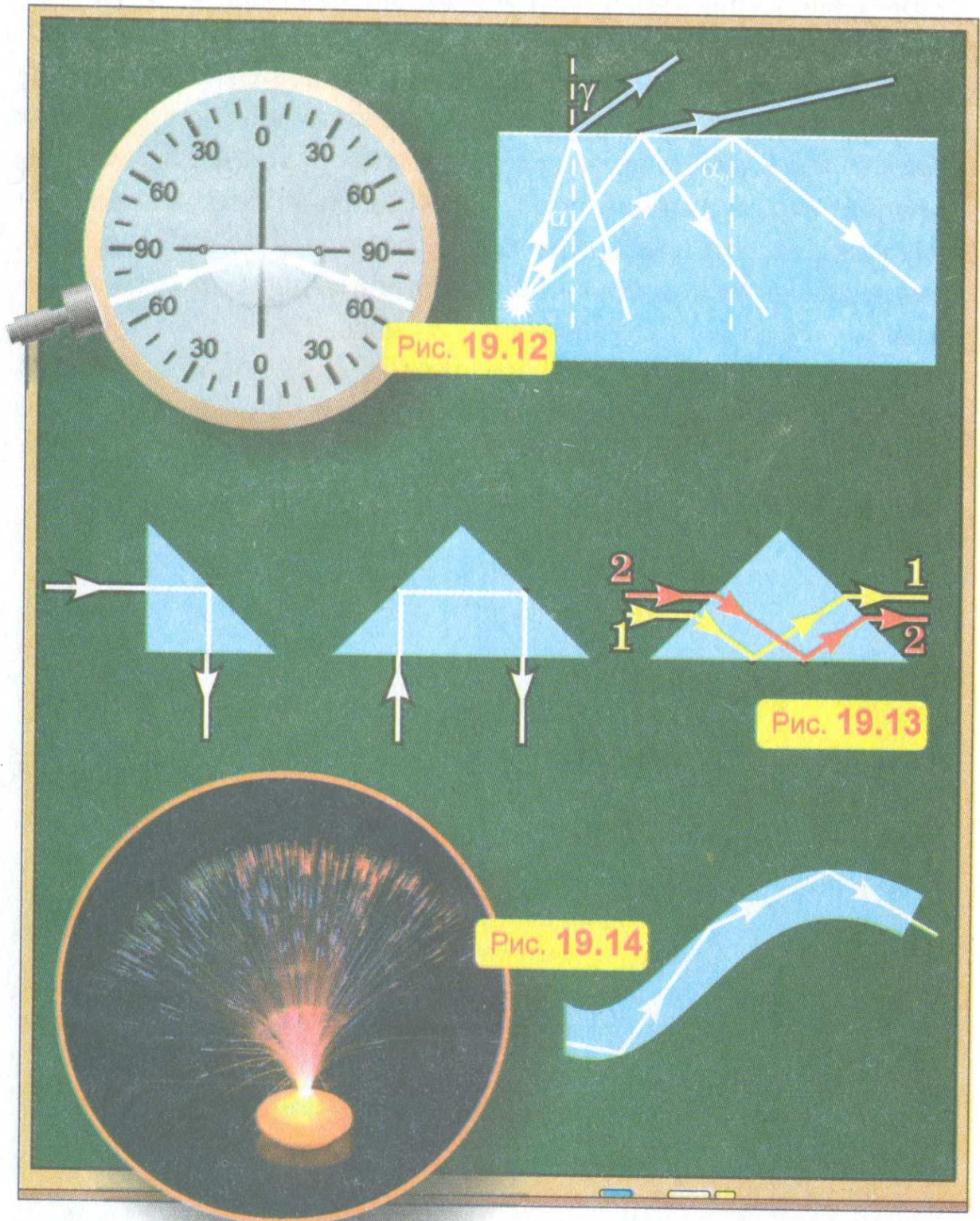


МОЖЕТ ЛИ НЕ БЫТЬ ПРЕЛОМЛЕННОГО ЛУЧА?

Когда свет переходит из воды или стекла в воздух, угол преломления γ **больше** угла падения α (рис. 19.12).

Интересно проследить: что будет происходить с преломленным лучом при увеличении угла падения до 90° ?

Ведь угол преломления не может быть больше 90° !



ПОСТАВИМ ОПЫТ

Увеличивая угол падения, мы заметим, что при этом интенсивность преломленного луча **уменьшается**. А при достаточно больших углах падения преломленный луч **исчезает**: остается только отраженный луч!

Это явление называют **полным внутренним отражением**. Например, для луча, идущего из воды в воздух, полное внутреннее отражение будет при углах падения, больших 49° .

Полное внутреннее отражение используют во многих оптических приборах. На рис. 19.13 схематически показано, как полное внутреннее отражение используют, например, в призмах для поворота светового луча на 90° и 180° , а также для «переворачивания» параллельного пучка лучей.

Полное внутреннее отражение используют также в современной технике при передаче световых сигналов по тонким стеклянным нитям — **световодам** (так называемая «волоконная оптика»). Ход луча света в световоде схематически показан на рис. 19.14.

По жгуту толщиной в волос, свитому из тонких стеклянных нитей, передают сигналы для телевизоров, телефонов и компьютеров. Световоды используют и для подачи света от общего источника к приборным панелям в автомобилях.

Оптические волокна используются и в медицине. С их помощью изображение внутренних органов передают на телекамеру, что позволяет тщательно обследовать внутренние органы.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему погруженный в воду карандаш кажется изломанным?
2. В чем состоит явление преломления света?
3. Как определяют угол преломления?
4. Сформулируйте законы преломления света.
5. Луч света идет из воздуха в воду. Какой угол больше: угол падения или угол преломления? Изменится ли ответ, если луч идет из воды в воздух?
6. Чем обусловлено явление преломления света?
7. В какую сторону отклоняется луч света, проходя через призму?
8. При каких условиях происходит полное внутреннее отражение?

§ 20 линзы

1. Основные элементы линзы
2. Собирающая и рассеивающая линзы
3. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы
4. Построение изображения в линзе

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЗЫ

Каждому из вас знакомы «увеличительные» и «уменьшительные» стекла (рис. 20.1).

В чем же состоит их секрет: почему они увеличивают и уменьшают?

Действие этих стекол связано с их формой. Возьмите их в руки и убедитесь, что «увеличительные» стекла посередине толще, чем у краев, а «уменьшительные» — посередине тоньше. Обычно поверхности таких стекол имеют сферическую форму¹.

Прозрачное тело, ограниченное сферическими поверхностями, называют **линзой**².

Мы будем рассматривать далее стеклянные линзы.

Линзы, которые посередине толще, чем у краев, называют *выпуклыми*, а линзы, которые посередине тоньше, — *вогнутыми*.

На рис. 20.2 изображены выпуклые и вогнутые линзы «в разрезе», а рядом приведены условные обозначения таких линз на чертежах.

Для простоты мы будем рассматривать далее только линзы, толщина которых намного меньше диаметров ограничивающих их сферических поверхностей.

¹ Одна из двух поверхностей может быть плоской.

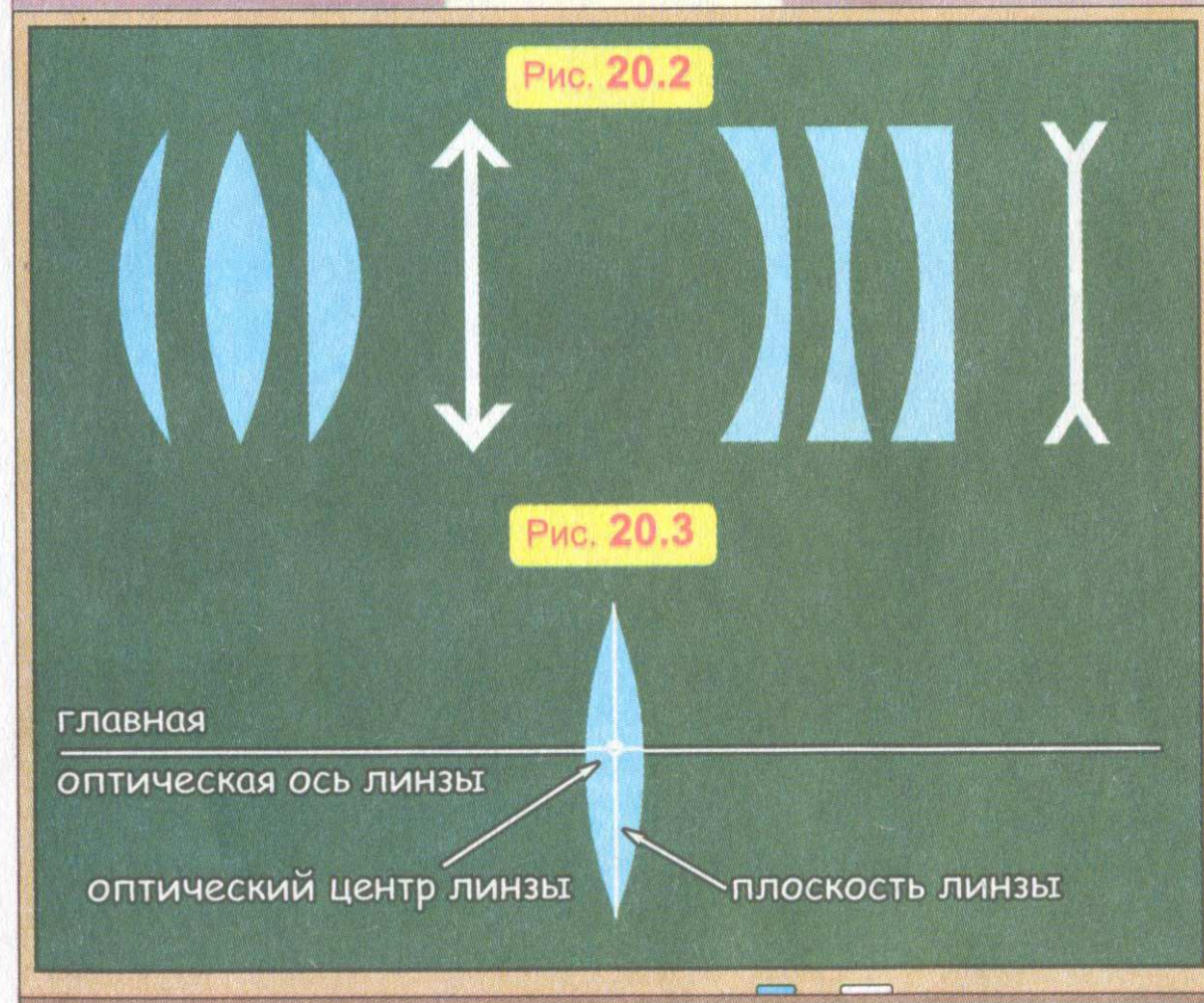
² Название происходит от латинского слова, которое в переводе означает «чечевица» — растение, зерна которого имеют «линзообразную» форму.

Такие линзы называют *тонкими* линзами.

Для тонкой линзы можно считать, что вся линза лежит в одной плоскости, которую называют *плоскостью линзы* (рис. 20.3).

Точку плоскости линзы, где толщина линзы максимальна (для выпуклой линзы) или минимальна (для вогнутой линзы), называют *оптическим центром линзы*.

Через центр линзы перпендикулярно плоскости линзы проходит *главная оптическая ось линзы*.



2. СОБИРАЮЩАЯ И РАССЕЙВАЮЩАЯ ЛИНЗЫ

Для изучения линз воспользуемся школьными моделями линз и прибором, дающим параллельный пучок лучей.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Направим на *выпуклую* линзу параллельный пучок света. Мы увидим, что после преломления в такой линзе пучок станет *сходящимся* (рис. 20.4).

Линзу, которая преобразует параллельный пучок лучей в сходящийся, называют **собирающей**.

Лучи, падающие на собирающую линзу параллельно главной оптической оси, после преломления в линзе *пересекаются в одной точке*, которую называют *фокусом линзы* и обозначают F (рис. 20.4).

Каждая линза имеет два фокуса, которые расположены по разные стороны линзы на равных расстояниях от нее.

Действие собирающей линзы легко понять, если заметить, что ее форма напоминает уже знакомую нам систему двух призм с совмещенными основаниями (рис. 20.5).

Солнечные лучи после преломления в линзе могут зажечь дерево (это хорошо знакомо тем, кто «выжигал» с помощью «увеличительного» стекла).

Если направить параллельный пучок лучей на *вогнутую* линзу, то после преломления в линзе пучок станет *расходящимся* (рис. 20.6).

Линзу, которая преобразует параллельный пучок лучей в расходящийся, называют **рассеивающей**.

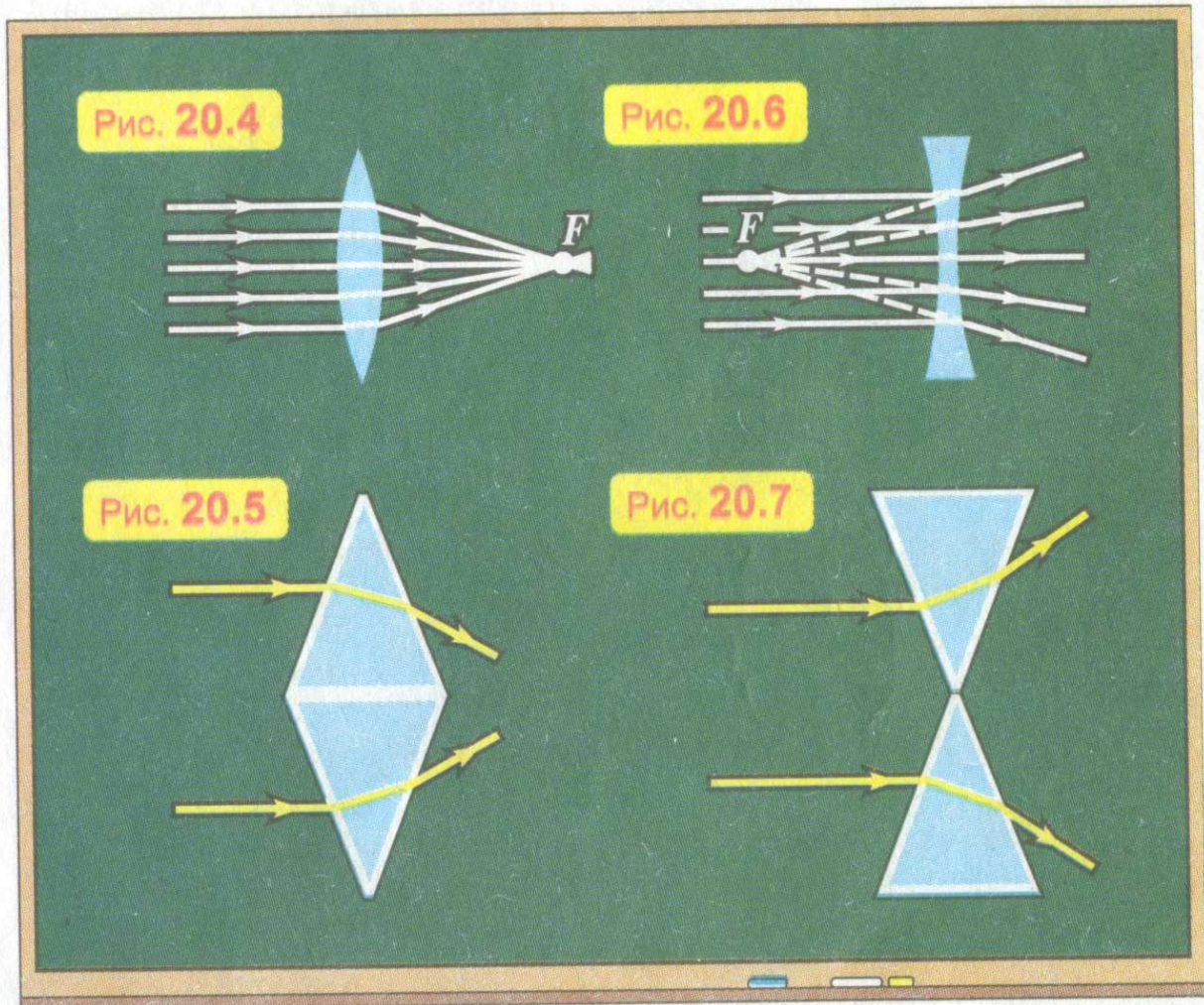
Падающие на рассеивающую линзу параллельные лучи после преломления в линзе идут так, что их *продолжения* пересекаются в одной точке, расположенной по ту сторону линзы, откуда падает пучок (рис. 20.6).

Точку, в которой пересекаются продолжения преломленных в рассеивающей линзе лучей, падающих на линзу параллельно главной оптической оси, называют также *фокусом линзы* и обозначают F (рис. 20.6).

Фокус рассеивающей линзы называют мнимым, так как в этой точке пересекаются не сами лучи, а их продолжения.

У рассеивающей линзы, так же как и у собирающей, есть два фокуса, которые расположены по разные стороны линзы на равных расстояниях от нее.

Действие рассеивающей линзы можно понять, заметив, что ее форма напоминает рассмотренную систему двух призм с совпадающими вершинами (рис. 20.7).



3. ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ И ОПТИЧЕСКАЯ СИЛА ЛИНЗЫ

Расстояние от плоскости линзы до ее фокуса называют **фокусным расстоянием линзы** и обозначают F .

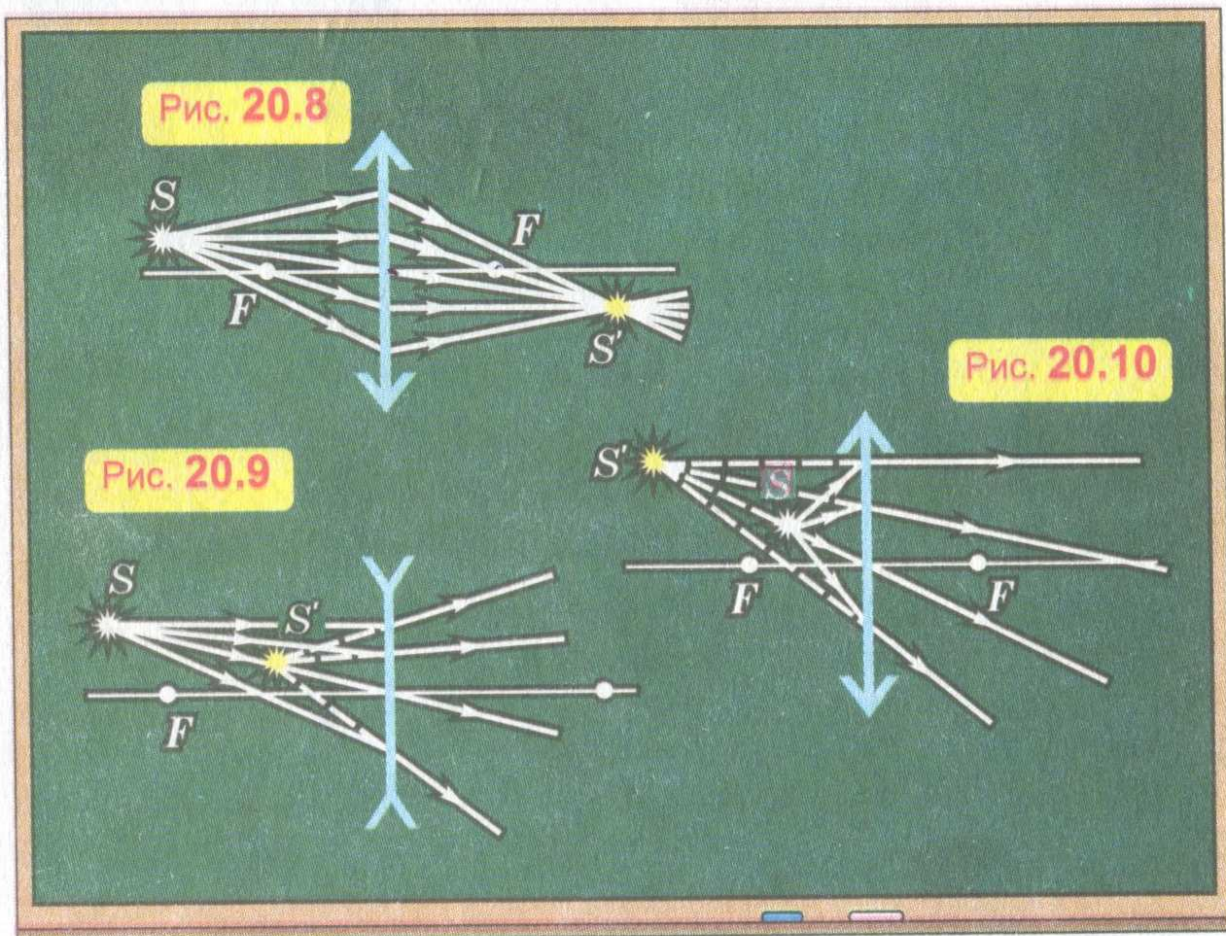
Оптической силой линзы называют величину D , обратную фокусному расстоянию линзы: $D = \frac{1}{F}$.

Единицей фокусного расстояния в СИ является 1 метр. Оптическую же силу линзы в СИ измеряют в $\frac{1}{\text{м}}$ (эту единицу оптической силы часто называют диоптрией). Например, оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 2 м равна $0,5 \frac{1}{\text{м}}$.

Чем больше оптическая сила линзы (то есть чем меньше ее фокусное расстояние), тем сильнее преломляет она падающие на нее лучи.

4. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЛИНЗЕ

Лучи, исходящие из одной точки (точечного источника), после преломления в линзе либо пересекаются в одной точке (рис. 20.8), либо направлены так, что их продолжения пересекаются в одной точке (рис. 20.9 и 20.10). Вот почему линзы дают четкие изображения предметов: ведь изображение предмета состоит из изображений его точек.



Изображением точечного источника в линзе называют точку пересечения преломленных в линзе лучей (или их продолжений), исходящих из источника.

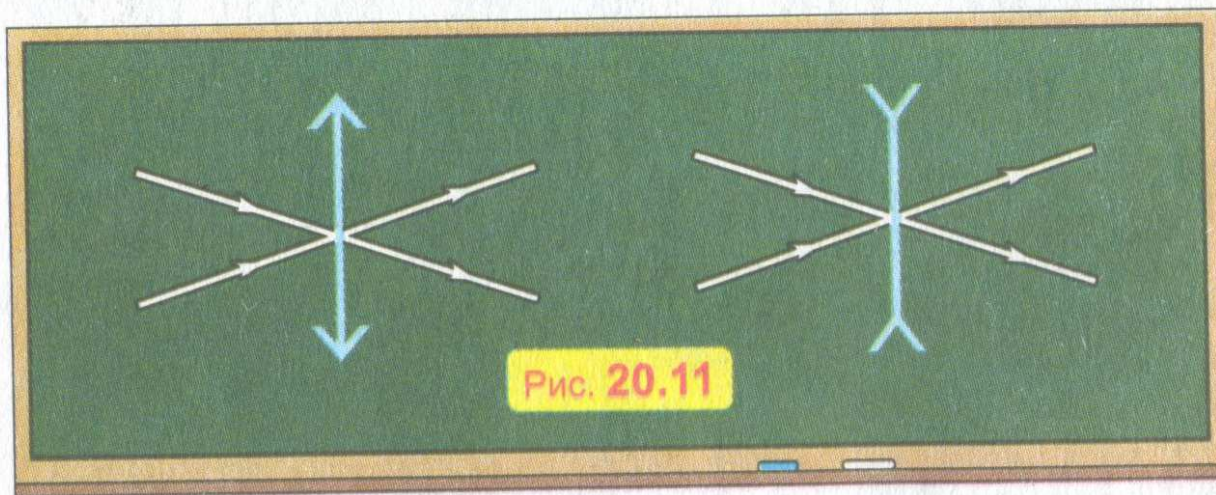
Если после преломления в линзе лучи пересекаются, то точку их пересечения называют **действительным** изображением источника (его можно получить на экране). Именно таким является изображение на рис. 20.8).

Если же после преломления в линзе пересекаются не сами лучи, а их продолжения, то точку их пересечения называют **мнимым** изображением (рис. 20.9 и 20.10).

Из сказанного выше следует: чтобы построить изображение точки S , достаточно построить ход двух исходящих от нее лучей. Тогда точка S' пересечения этих лучей (или их продолжений) и будет изображением точки S .

КАКИЕ ЛУЧИ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЛИНЗЕ?

Направим на собирающую или рассеивающую линзу луч так, чтобы он проходил через ее **оптический центр**. Мы увидим, что такой луч всегда проходит через линзу, **не изменяя направления** (на рис. 20.11 изображена схема такого опыта). Объясняется это тем, что вблизи оптического центра поверхности линзы почти параллельны, и поэтому луч света не изменяет своего направления.



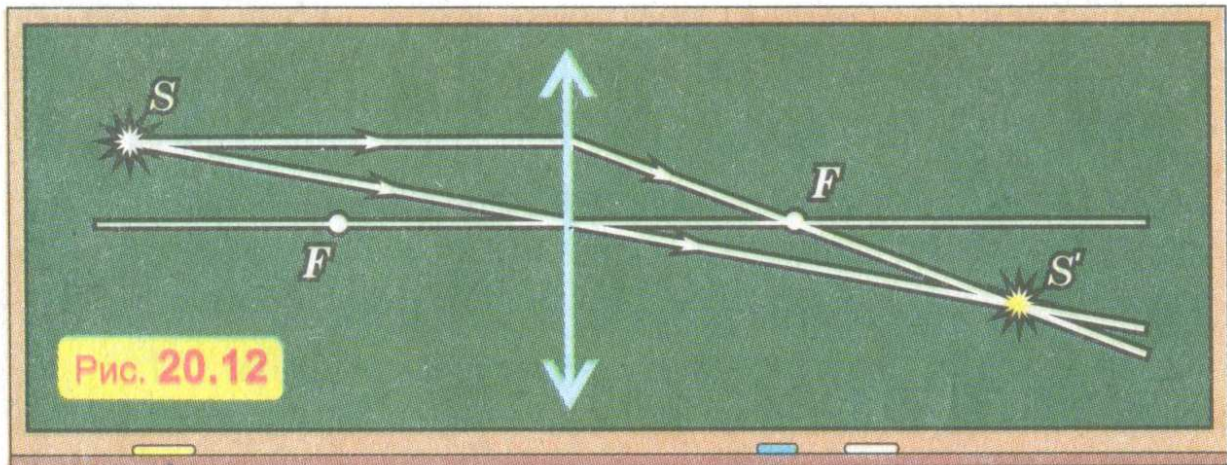
Мы ограничимся построением изображений точек, не лежащих на главной оптической оси. Для построения изображений таких точек в линзе используют обычно ход следующих лучей:

- 1) луча, идущего через оптический центр линзы, — как мы видели, он не изменяет направления;
- 2) луча, падающего на линзу параллельно главной оптической оси, — после преломления в собирающей линзе он

пройдет через ее фокус, а после преломления в рассеивающей — его продолжение пройдет через фокус линзы.

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЕ

Если расстояние от предмета до линзы *больше фокусного*, то после преломления в линзе лучи пересекаются, то есть изображение будет *действительным* (рис. 20.12).



На рис. 20.13–20.15 показано построение действительного изображения *предмета* в собирающей линзе (предмет обозначен стрелкой). Действительное изображение предмета всегда перевернутое¹.

Отношение длины изображения предмета к длине самого предмета называют *увеличением линзы*.

ПОСТАВИМ ОПЫТЫ

Действительное изображение предмета можно получить на экране. Геометрическое построение и опыт показывают, что:

- 1) изображение будет уменьшенным, если предмет находится дальше двойного фокусного расстояния от линзы (рис. 20.13);
- 2) размер изображения будет равен размеру самого предмета, если предмет находится на двойном фокусном расстоянии от линзы (рис. 20.14);
- 3) изображение будет увеличенным, если предмет находится между двойным фокусным расстоянием и фокусным расстоянием (рис. 20.15).

Если предмет находится на фокусном расстоянии от линзы, то изображения предмета нет, потому что после преломления в линзе лучи идут параллельно (рис. 20.16).

¹ Перевернутое изображение называют также обратным.

Наконец, если предмет находится от линзы на расстоянии меньшем, чем фокусное, то изображение будет мнимым, прямым и увеличенным (рис. 20.17).

Рис. 20.13

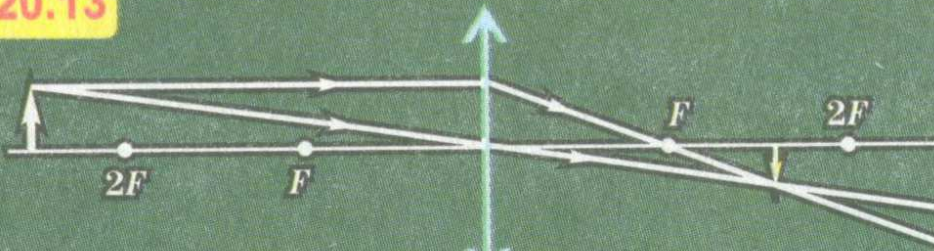


Рис. 20.14

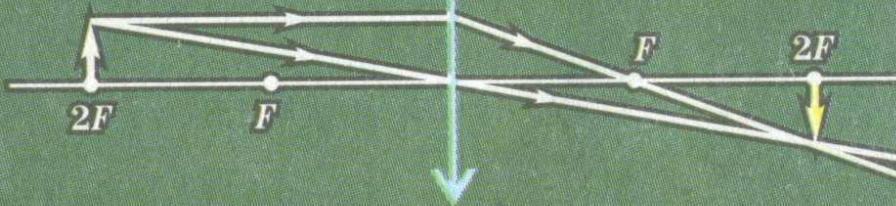


Рис. 20.15

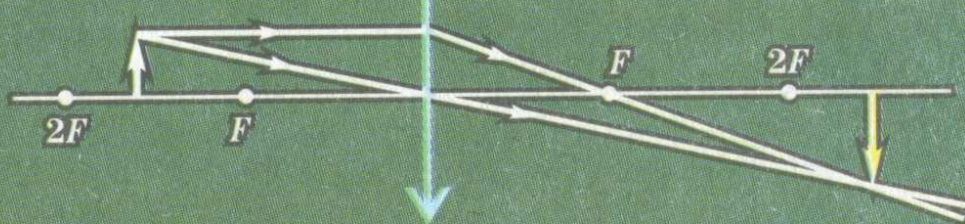


Рис. 20.16

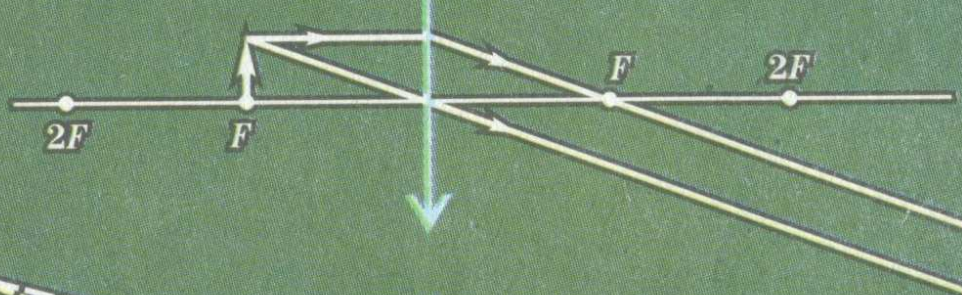
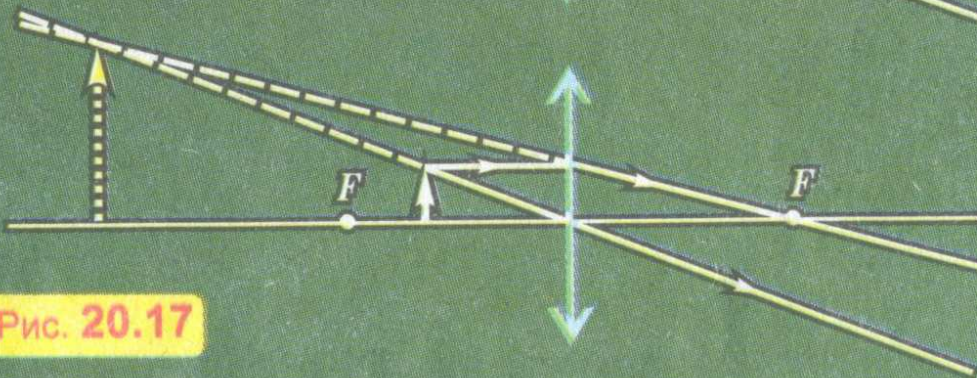
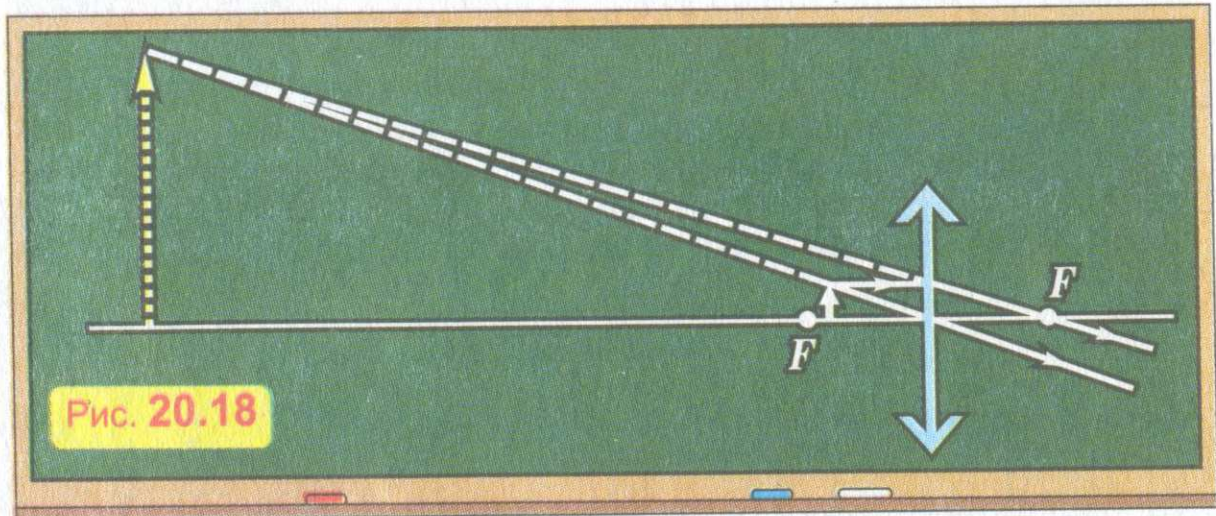


Рис. 20.17

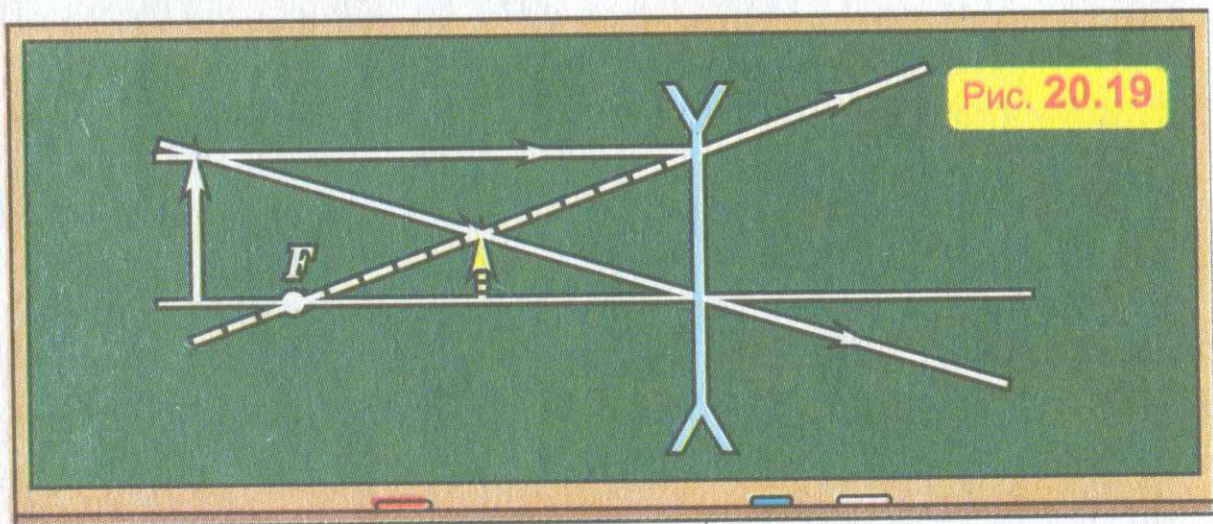


Особенно большое увеличение собирающая линза дает, когда предмет находится вблизи ее фокуса (рис. 20.18). Как мы увидим далее, это используют в лупе, проекционном аппарате, микроскопе и телескопе.



ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В РАССЕИВАЮЩЕЙ ЛИНЗЕ

Пучок лучей, исходящих от любой точки предмета, после преломления в рассеивающей линзе становится еще более расходящимся. Поэтому пересекаются только продолжения лучей, то есть изображение всегда будет *мнимым* (рис. 20.19). К тому же оно будет *прямым* и *уменьшенным*.



ФОРМУЛА ТОНКОЙ ЛИНЗЫ

С помощью опытов и геометрических построений можно убедиться, что между расстоянием d от линзы до предмета, расстоянием f от линзы до изображения и фокусным рас-

стоянием линзы F существует соотношение, которое называют *формулой тонкой линзы*:

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

В этой формуле расстояние до изображения берут со знаком «плюс», если изображение действительное, и со знаком «минус», если изображение мнимое. Кроме того, фокусное расстояние собирающей линзы берут со знаком «плюс», а рассеивающей — со знаком «минус».

Используя формулу тонкой линзы, можно найти, например, расстояние до изображения, если известно расстояние от линзы до предмета и фокусное расстояние линзы. Для этого удобно сначала найти величину, обратную искомому расстоянию, а затем — и само расстояние.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое линза? Какие вы знаете типы линз?
2. Какую линзу называют собирающей, а какую — рассеивающей?
3. Что такое фокус линзы? Чем отличается фокус рассеивающей линзы от фокуса собирающей линзы?
4. Как определяют оптическую силу линзы? Чему равна оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 10 см?
5. Что называют изображением точечного источника в линзе?
6. В каком случае изображение точки называют действительным, а в каком — мнимым?
7. Ход каких двух лучей используют обычно для построения изображения точки в линзе?
8. В каких случаях собирающая линза дает действительные изображения? Мнимые? Каковы свойства этих изображений?
9. Когда собирающая линза дает особенно большое увеличение?
10. Какие изображения предметов дает рассеивающая линза?
11. Запишите формулу тонкой линзы и поясните, что означает каждая из величин, входящих в эту формулу.

§21 ГЛАЗ, ФОТОАППАРАТ И КИНОАППАРАТ

1. Глаз
2. Фотоаппарат
3. Киноаппарат и проектор

Хочешь узнать больше?

Как мы определяем расстояния до предметов?

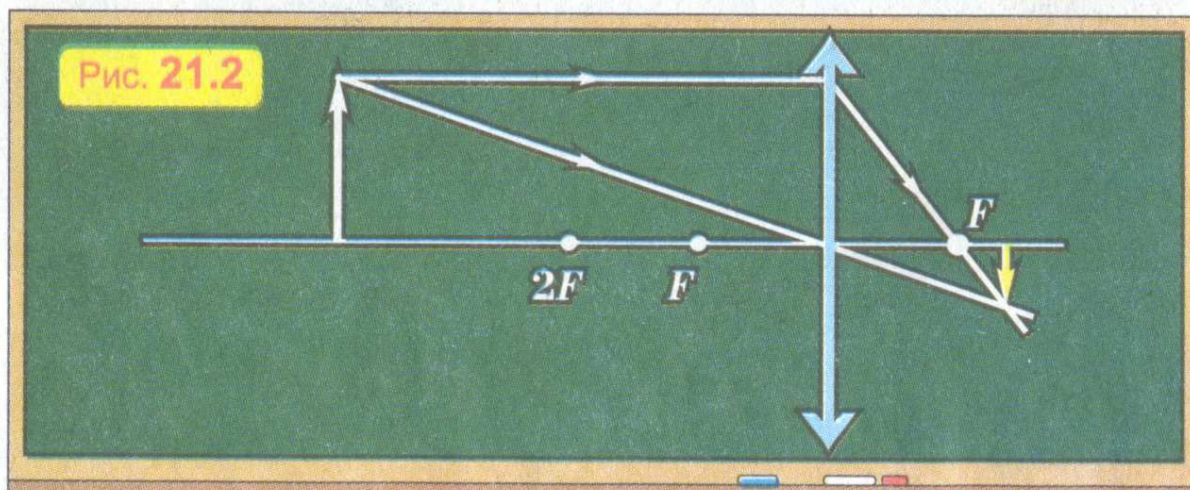
Почему у зайца глаза смотрят в разные стороны,
а у тигра — в одну?

Иллюзии зрения

1. ГЛАЗ

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Расположите собирающую линзу напротив окна так, чтобы свет, пройдя через линзу, падал на лист бумаги. Двигая линзу, подберите такое расстояние от линзы до листа, чтобы на листе появилось четкое перевернутое изображение окна и предметов за окном (рис. 21.1). Схема этого опыта показана на рис. 21.2.



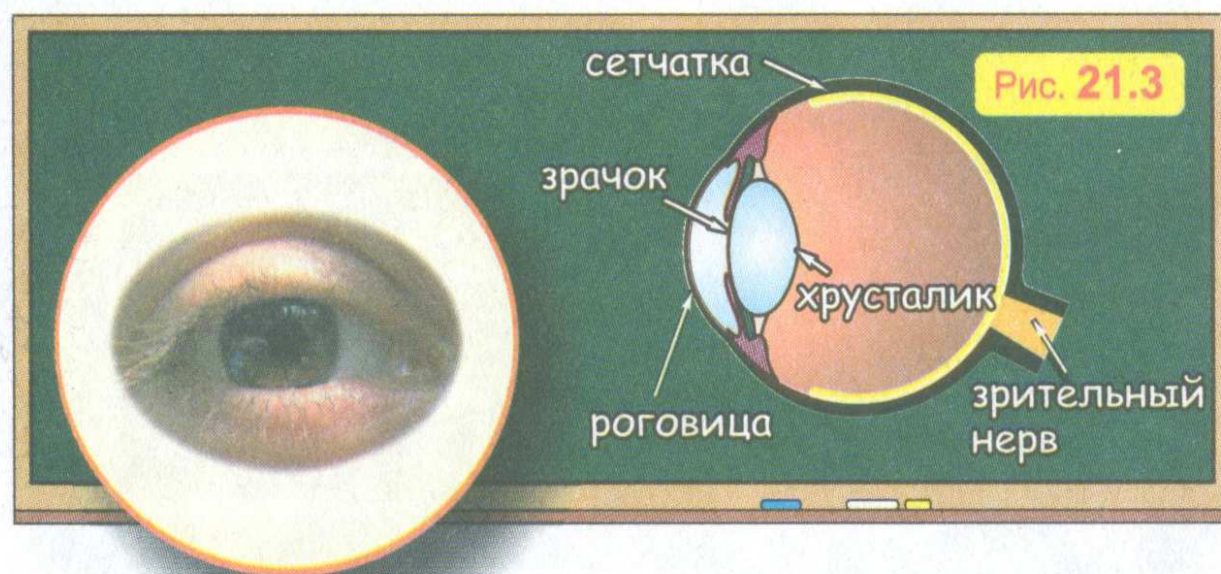
Этот опыт раскрывает нам «тайну зрения»: мы видим предметы потому, что на задней стенке глаза, называемой **сетчаткой** (рис. 21.3), формируется действительное уменьшенное перевернутое изображение предметов.

Глаз — замечательный оптический прибор, созданный природой в процессе эволюции животных и человека.

Роль собирающей линзы в глазу выполняют **роговица** и **хрусталик**. Фокусное расстояние этой линзы в глазу человека — около 2,5 см.

Почему же мы видим предметы не перевернутыми, хотя изображение на сетчатке — перевернутое?

Дело в том, что мозг мгновенно «переворачивает» это изображение — именно для того, чтобы мы воспринимали предметы такими, каковы они на самом деле.



Резкость изображения обеспечивает хрусталик: например, когда человек рассматривает близкие предметы, маленькая мышца сжимает хрусталик, вследствие чего он утолщается и его фокусное расстояние уменьшается.

Эта «автоподстройка» глаза называется **аккомодацией**¹.

Мозг фиксирует усилие мышцы, сжимающей хрусталик, благодаря чему человек и оценивает «на глаз» расстояние до предмета: все необходимые для этого вычисления мгновенно производит мозговой «компьютер». Вот как замечательно «сконструирован» человек! Причем это не единственный способ оценивания расстояния до предмета, подаренный

¹ В переводе с латинского «приспособление».

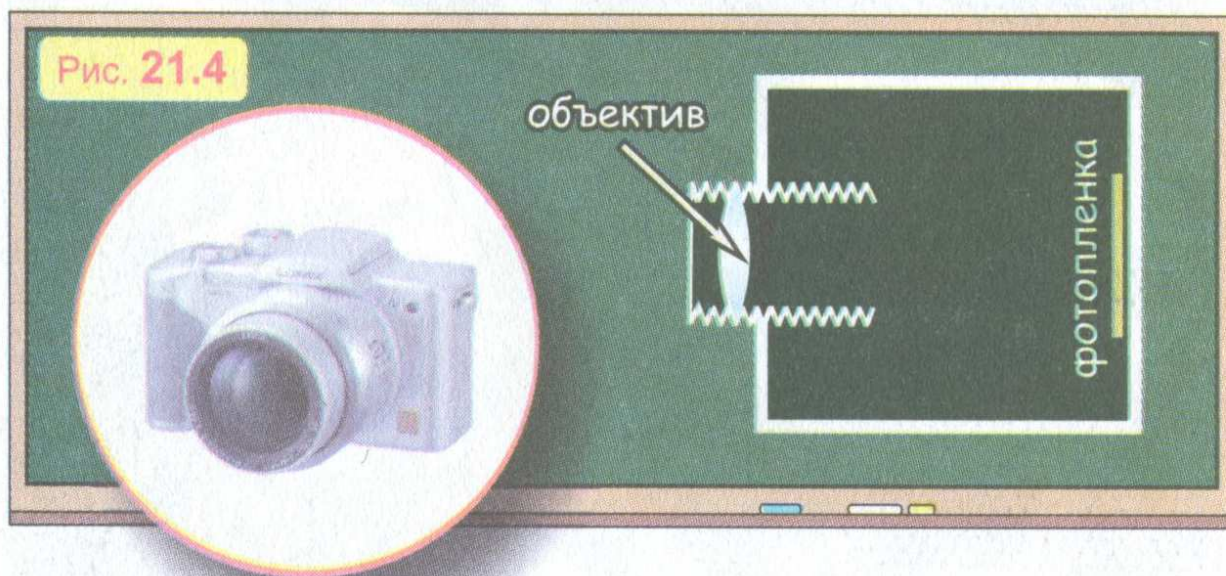
нам природой. О другом, более точном способе оценки расстояний мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

Существует *предел аккомодации*, из-за которого нам не удается хорошо рассмотреть предмет, расположенный ближе 10–15 см от глаза.

Самое же «удобное» расстояние для рассматривания предметов людьми, не имеющими дефектов зрения, — примерно 25 см. Это расстояние называют *расстоянием наилучшего зрения*.

2. ФОТОАППАРАТ

Устройство фотоаппарата (рис. 21.4) сходно со строением глаза. Роль роговицы и хрусталика здесь исполняет объектив, роль же сетчатки в пленочном фотоаппарате — светочувствительная пленка, а в цифровом — фотоэлемент.



Существенным отличием фотоаппарата от глаза является способ наводки на резкость: для этого обычно изменяют расстояние от объектива до пленки (фотоэлемента). Однако в последнее время появились фотоаппараты, в которых можно плавно изменять также и фокусное расстояние объектива.

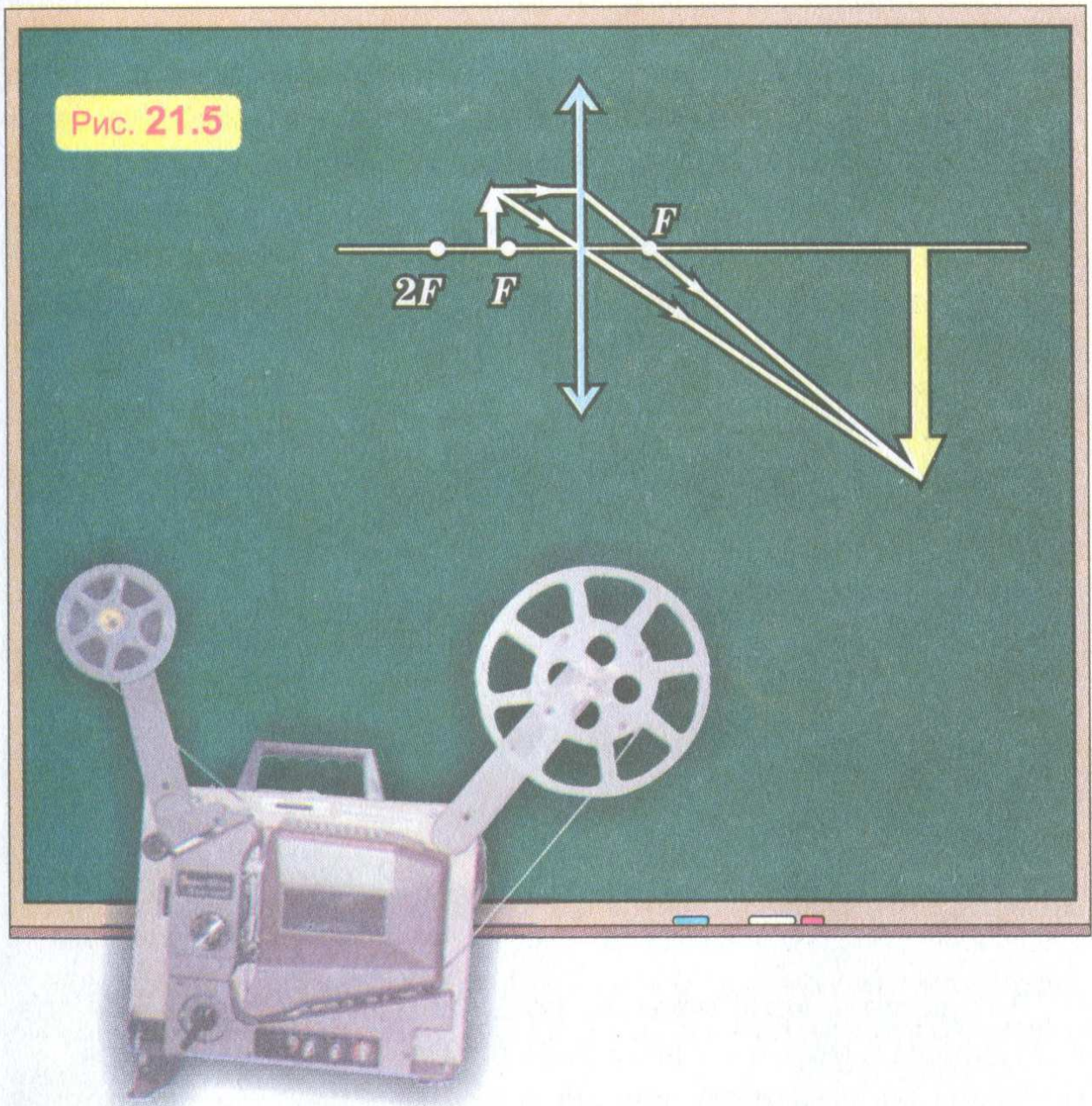
3. КИНОАППАРАТ И ПРОЕКТОР

Глаз и фотоаппарат создают уменьшенные действительные изображения предметов, расположенных обычно на

расстоянии, намного большем, чем фокусное расстояние роговицы с хрусталиком или объектива.

Рассмотрим теперь случай, когда собирающая линза дает *увеличенное* действительное изображение.

Если источник света или ярко освещенный предмет находится чуть дальше фокуса, созданное линзой изображение будет во много раз больше самого предмета. Именно это свойство линзы используют в проекционном аппарате и киноаппарате (рис. 21.5).



Видимое на киноэкране изображение — это действительное, увеличенное и перевернутое изображение ярко освещенных кадров. А чтобы киногерои на экране не ходили вверх ногами, пленку в киноаппарат устанавливают в перевернутом виде.

КАК МЫ ОПРЕДЕЛЯЕМ «НА ГЛАЗ» РАССТОЯНИЯ ДО ПРЕДМЕТОВ?

Об одном таком способе мы уже рассказали — это «автоподстройка» глаза на резкость, осуществляемая хрусталиком (аккомодация).

Более же точный способ оценки расстояния основан на так называемом «бинокулярном» зрении, то есть зрении двумя глазами. Дело в том, что глаза — левый и правый — видят предметы немного по-разному, так как смотрят на них из разных точек.

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Расположите карандаш вертикально и рассмотрите его на фоне отдаленного столба. Подберите положение карандаша так, чтобы, глядя одним **левым** глазом, вы видели карандаш **справа** от столба, а глядя одним **правым** глазом — **слева** от столба (рис. 21.6)! Этот опыт доказывает, что глаза видят мир по-разному!



По различию изображений, посылаемых в мозг левым и правым глазами, мозг и «вычисляет» расстояния до предметов.

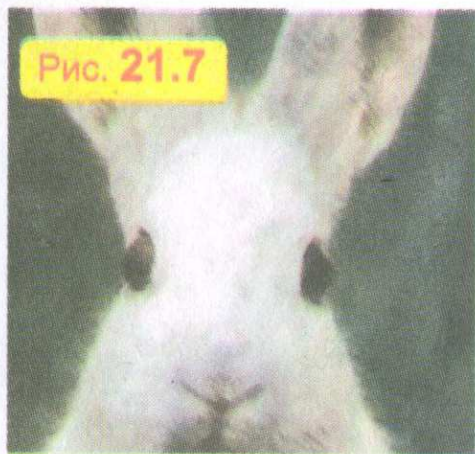
Таким же способом ученые впервые измерили расстояния до планет. Роль двух глаз исполняли два астронома. Они **одновременно** наблюдали планету Марс, но из **разных точек** земного шара. Вследствие этого видимое положение планеты на небе у этих наблюдателей немного различалось. Благодаря этому небольшому различию и удалось определить расстояние до планеты!

Секрет бинокулярного зрения раскрыл великий итальянский художник, ученый и инженер Леонардо да Винчи.

ПОЧЕМУ У ЗАЙЦА ГЛАЗА СМОТРЯТ В РАЗНЫЕ СТОРОНЫ, А У ТИГРА — В ОДНУ?

Зайца не случайно прозвали «косым»: его глаза действительно смотрят в **разные** стороны (рис. 21.7)! Благодаря этому заяц, не поворачивая головы, видит практически все, что происходит вокруг него (даже сзади!). Такой широкий обзор жизненно важен для зайца: он должен все время быть «настороже».

По этой же причине «косыми» глазами природа наделила и других травоядных: «косят» лошади, косули (недаром они так названы!), козы, овцы... Всем им необходим широкий обзор, чтобы вовремя заметить подкрадывающегося хищника.



Зато у самих хищников — зрение бинокулярное! Вспомните глубоко посаженные, смотрящие прямо вперед глаза волка, тигра или льва (рис. 21.8). Бинокулярное зрение необходимо хищнику: готовясь к прыжку, он должен точно оценить расстояние до своей жертвы!

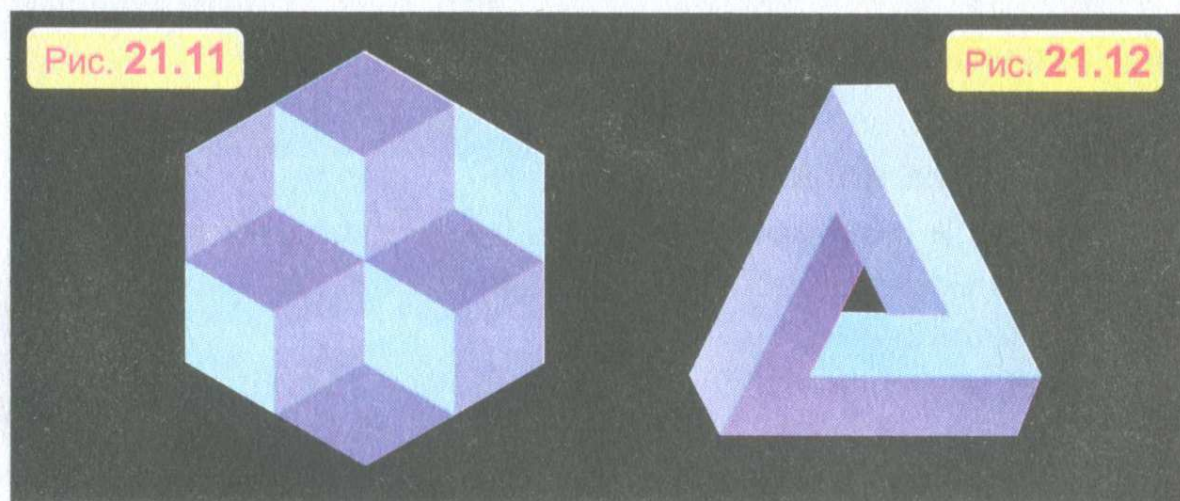
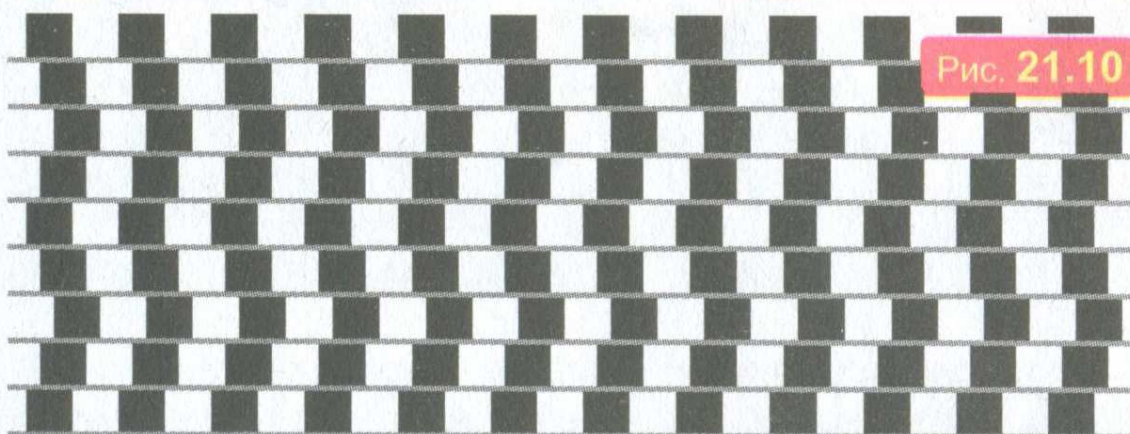
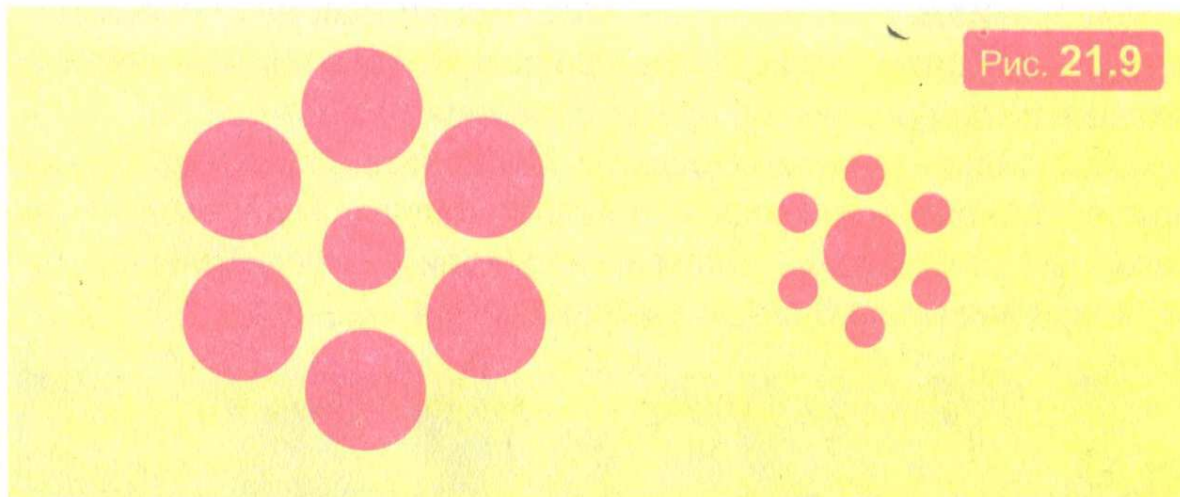
ОПТИЧЕСКИЕ ИЛЛЮЗИИ

Хотя глаз и является замечательным оптическим прибором, он все-таки может ошибаться! Обманы зрения называют **оптическими иллюзиями**¹.

Оптические иллюзии широко используют в изобразительном искусстве. Рассматривая, например, написанную на плоском холсте картину, мы видим ее «глубину» именно потому, что художники используют законы перспективы, создающие иллюзию трехмерного изображения.

¹ От латинского слова «иллюзио» — обманывать.

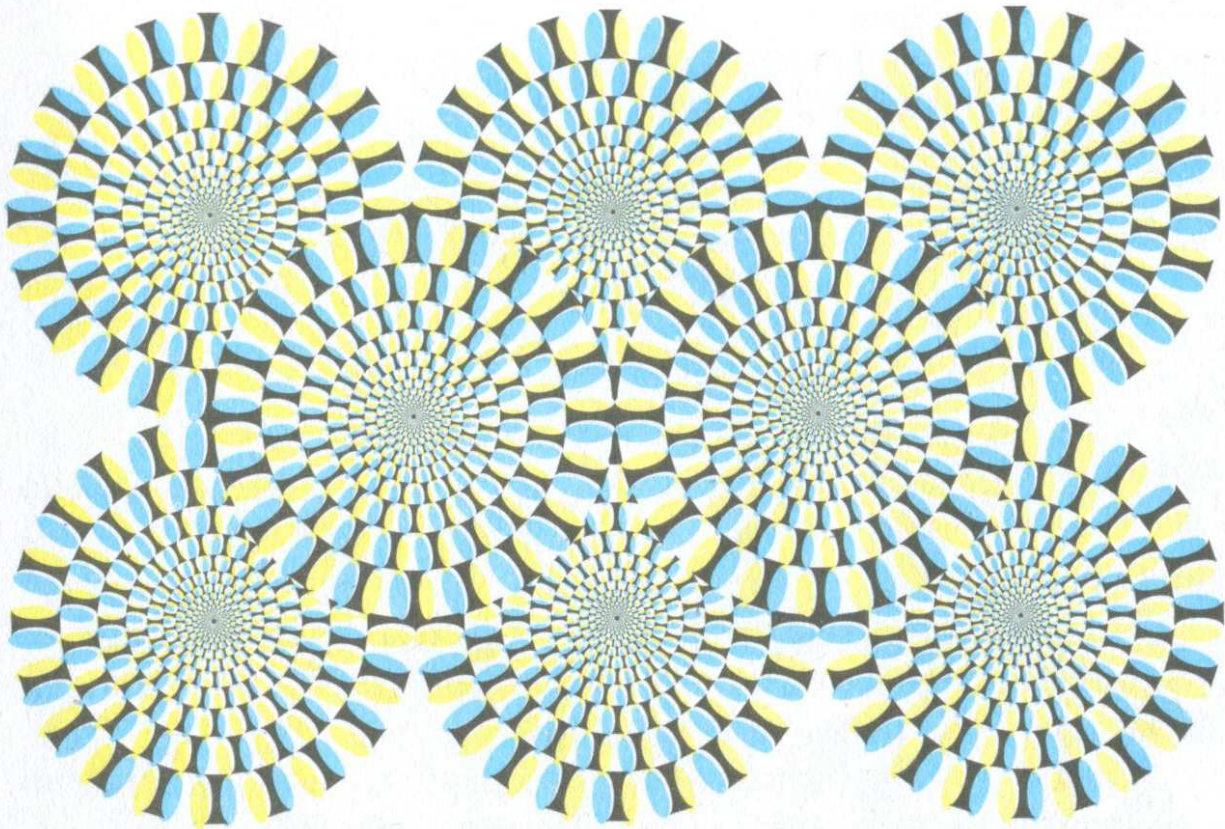
Оптические иллюзии бывают настолько правдоподобными, что буквально «не веришь собственным глазам»! Трудно поверить, например, что центральные круги на рис. 21.9 одинакового радиуса или что горизонтальные линии на рис. 21.10 — параллельные прямые! Чтобы убедиться в этом, придется воспользоваться циркулем и линейкой.



На рис. 21.11 изображены три куба. Но как они расположены? Попробуйте представить сначала, что они освещены сверху,

а потом — что они освещены снизу! Интересным примером оптической иллюзии является также «невозможная фигура», изображенная на рис. 21.12.

Рис. 21.13



Благодаря обману зрения неподвижная фигура может показаться даже движущейся! Не кажется ли вам, например, что изображенные на рис. 21.13 круги все время «шевелиются»?

Оптические иллюзии — хороший намек на то, что не всегда можно доверять даже собственным глазам: надо прибегать к помощи измерительных приборов!

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Расскажите об оптической системе глаза. Какой опыт помогает понять принцип действия глаза?
2. Что общего в строении глаза и в устройстве фотоаппарата? Чем отличаются в них способы наводки на резкость?
3. В каком случае фокусное расстояние хрусталика больше: когда вы читаете книгу или когда смотрите телевизор?
4. Что такое расстояние наилучшего зрения? Чему оно равно?
5. Держа карандаш в руке, рассмотрите его на фоне окна. Почему мы видим четко или карандаш, или предметы за окном?
6. Каков принцип действия киноаппарата и проектора?

§22 ПОМОЩНИКИ ГЛАЗА

1. Недостатки зрения и их исправление

2. Лупа

3. Как устроен микроскоп?

4. Как устроен телескоп?

Хочешь узнать больше?

Почему мы видим мнимые изображения?

Как правильно пользоваться лупой?

1. НЕДОСТАТКИ ЗРЕНИЯ И ИХ ИСПРАВЛЕНИЕ

С помощью линз можно исправлять недостатки зрения.

Наверное, вы замечали, что некоторым людям, особенно пожилым, трудно рассматривать близкие предметы, в том числе расположенные на расстоянии наилучшего зрения.

Этот недостаток зрения называют **дальнозоркостью**: чтобы рассмотреть близкие предметы, дальнозоркий человек старается отодвинуть их подальше.

Одной из причин дальнозоркости является уменьшение с возрастом упругости хрусталика: он утрачивает способность увеличивать свою оптическую силу настолько, чтобы сфокусировать на сетчатке изображение близко расположенного предмета. Поэтому изображение предмета, находящегося на расстоянии наилучшего зрения, будет за сетчаткой (рис. 22.1).

Вот почему многие люди старше 40–50 лет являются дальнозоркими.

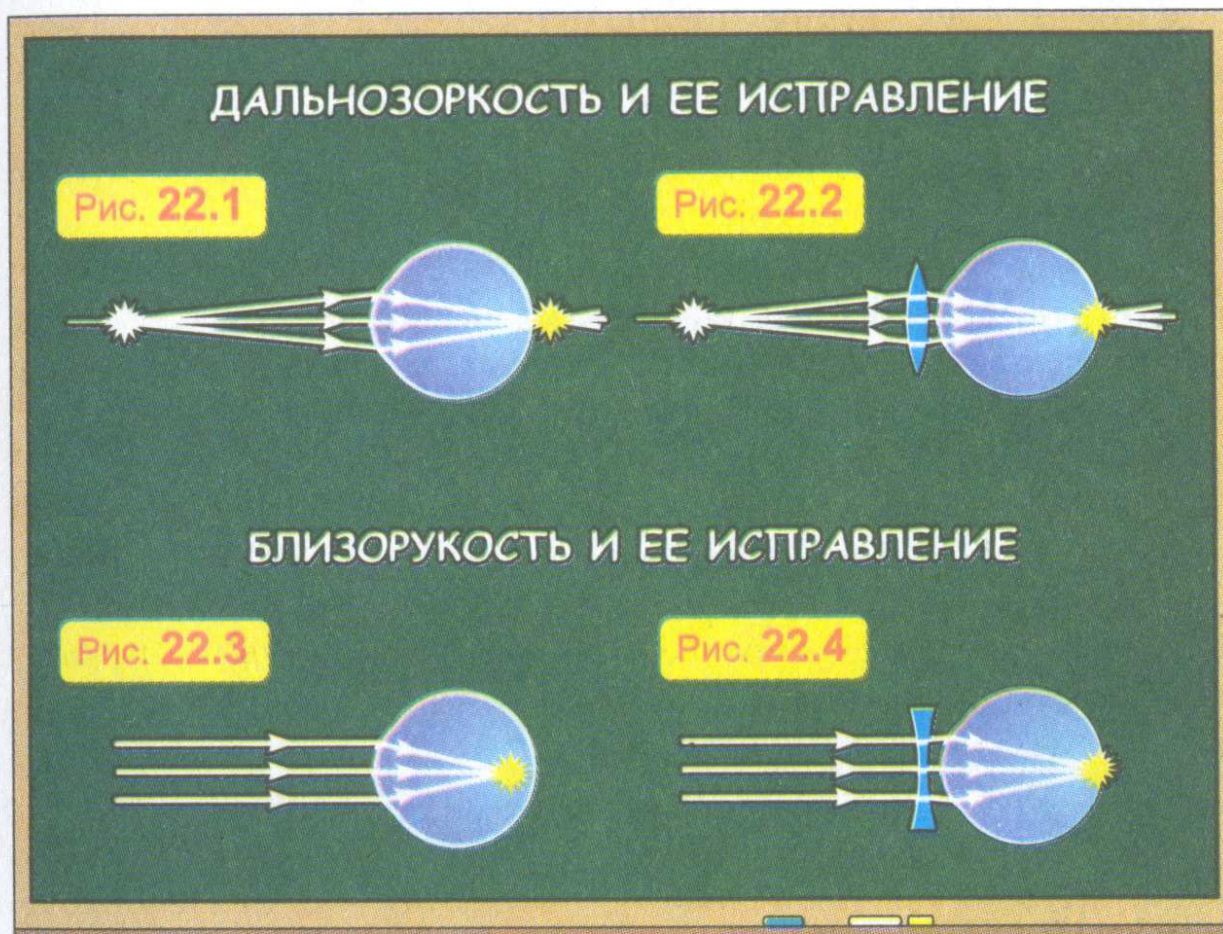
В случае дальнозоркости помогают очки с **собирающими** линзами. Собирающая линза помогает хрусталику сфокусировать на сетчатке лучи, исходящие от близко расположенных предметов. Вследствие этого на сетчатке возникает четкое изображение таких предметов (рис. 22.2).

Очень распространен (на этот раз — в любом возрасте) и «противоположный» недостаток зрения, когда человек хорошо видит близкие предметы, но плохо различает удаленные.

Такой недостаток зрения называют **близорукостью**. Близорукий человек стремится приблизить предмет к глазам, когда рассматривает его без очков.

В близорукости «виноват» часто не хрусталик, а форма глаза: он несколько вытянут, вследствие чего сетчатка находится слишком далеко от хрусталика.

По этой причине лучи, исходящие от удаленных предметов, фокусируются не на сетчатке, а перед ней (рис. 22.3).



В случае близорукости помогают очки с *рассеивающими* линзами: они как бы уменьшают оптическую силу роговицы и хрусталика, вследствие чего изображение удаленных предметов «отодвигается» как раз настолько, что попадает на сетчатку (рис. 22.4).

Близорукость часто имеет наследственный характер, но она может сформироваться и в школьном возрасте из-за чрезмерных нагрузок на глаза во время чтения и письма, особенно при плохом освещении рабочего места — дома и в классе.

Поэтому берегите глаза «как зеницу ока»!

2. ЛУПА

Вы уже знаете, что линза дает мнимое прямое увеличенное изображение предмета, если он находится от линзы на расстоянии меньшем фокусного.

Получить на экране мнимое изображение нельзя, но *увидеть* его можно! Посмотрите сквозь собирающую линзу на предмет, расположенный ближе ее фокуса, — и вы увидите *увеличенное прямое изображение предмета* (рис. 22.5).

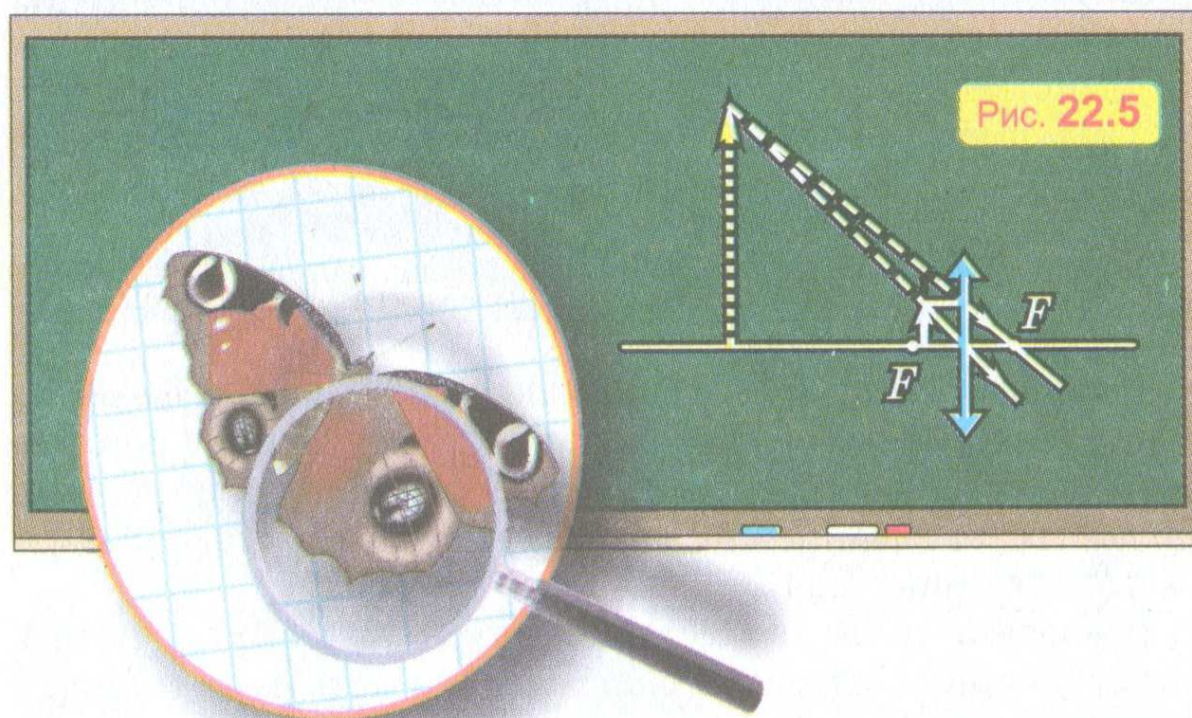
Почему мы можем видеть мнимые изображения, рассказано в разделе «Хочешь узнать больше?».

Собирающую линзу, предназначенную для рассматривания мелких предметов, называют *лупой*¹. Ее фокусное расстояние — от 1 см до 15 см.

Увеличение, которое можно получить с помощью лупы, зависит от ее оптической силы.

Расчеты показывают, что даваемое лупой увеличение равно отношению расстояния наилучшего зрения (25 см) к фокусному расстоянию лупы. Например, лупа с фокусным расстоянием 2,5 см может дать десятикратное увеличение, так как $25 : 2,5 = 10$.

О том, как правильно пользоваться лупой, рассказано в разделе «Хочешь узнать больше?».



3. КАК УСТРОЕН МИКРОСКОП?

Микроскоп — это прибор, предназначенный для рассматривания очень мелких предметов (до тысячных долей

¹ В быту ее часто называют «увеличительным стеклом».

миллиметра). Например, с помощью микроскопа можно наблюдать бактерии, изучать клеточное строение живых организмов.

Широко используют микроскопы как в науке, так и в технике — например, для исследования строения вещества и структуры поверхностей.

Незаменимы микроскопы и в криминалистике: любое преступление оставляет следы, но некоторые из них настолько малы, что их можно заметить только в микроскоп.

Увеличение, которое можно получить с помощью микроскопа, значительно больше того, которое можно получить с помощью лупы. Дело в том, что в микроскопе увеличение происходит *дважды*.

Простейший микроскоп представляет собой трубу, в торцы которой вставлены две собирающие линзы. Ту из них, которая обращена к рассматриваемому предмету (объекту), называют *объективом*.

Предмет помещают чуть дальше фокусного расстояния объектива, чтобы объектив создал сильно увеличенное действительное перевернутое изображение предмета.

Это изображение играет роль «предмета» для второй линзы, обращенной к глазу (оку), которую называют по этой причине *окуляром*.

Через окуляр, как через лупу, рассматривают созданное объективом увеличенное изображение предмета. Поэтому увеличение микроскопа равно произведению увеличений, даваемых объективом и окуляром.

Хороший объектив может давать увеличение до 100 раз, окуляр же дает увеличение не более чем в 20 раз. Следовательно, хороший микроскоп может давать увеличение до $100 \cdot 20 = 2000$.

Сделать увеличение, даваемое оптическим микроскопом, намного большим невозможно. Это ограничение обусловлено волновой природой света: в оптический микроскоп нельзя рассмотреть предметы, размеры которых меньше или сравнимы с длиной волны света, то есть меньше тысячной доли миллиметра.

Схема действия микроскопа представлена на рис. 22.6.

Чтобы сделать наглядным, что увеличение происходит *дважды*, цифрами обозначены: 1 — предмет; 2 — созданное

объективом увеличенное изображение предмета; 3 — созданное окуляром увеличенное изображение того изображения, которое создает объектив.

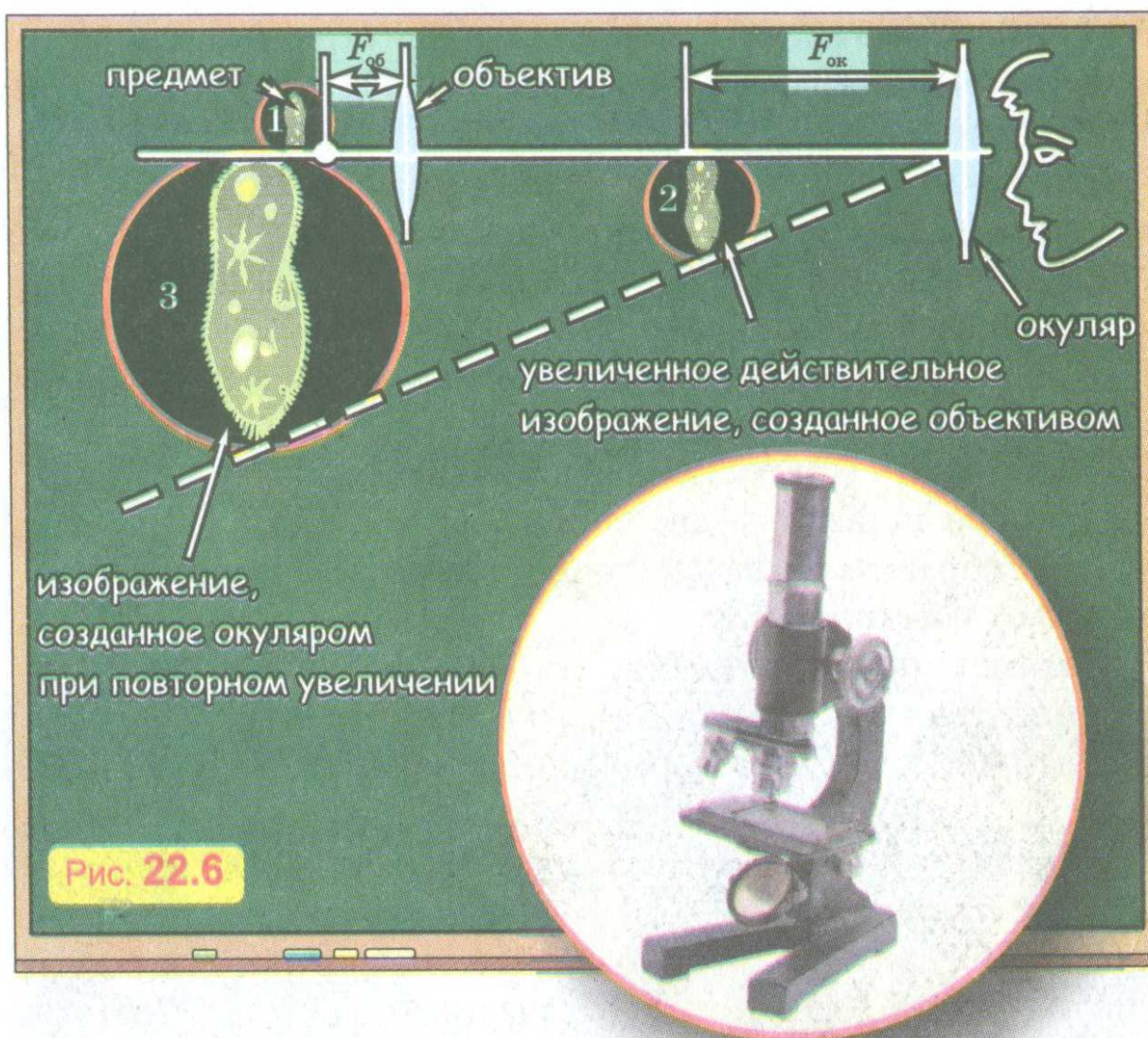


Рис. 22.6

4. КАК УСТРОЕН ТЕЛЕСКОП?

Телескоп — прибор для рассматривания удаленных предметов. Его, так же как и микроскоп, можно сделать из двух собирающих линз¹. И в этом случае обращенную к глазу линзу называют *окуляр*, а обращенную к удаленному предмету — *объективом*.

В телескоп рассматривают очень удаленные предметы, поэтому объектив дает действительное перевернутое

¹ Существуют также и другие конструкции телескопа. Его можно, например, построить из одной рассеивающей и одной собирающей линзы, но мы ограничимся рассмотрением телескопов только одного типа.

и уменьшенное изображение такого предмета, расположенное вблизи фокуса объектива. И хотя оно является сильно уменьшенным, зато расположено намного ближе, чем сам предмет.

Это изображение рассматривают через окуляр как через лупу (рис. 22.7). Таким образом, назначение окуляра в телескопе и микроскопе практически одинаково.

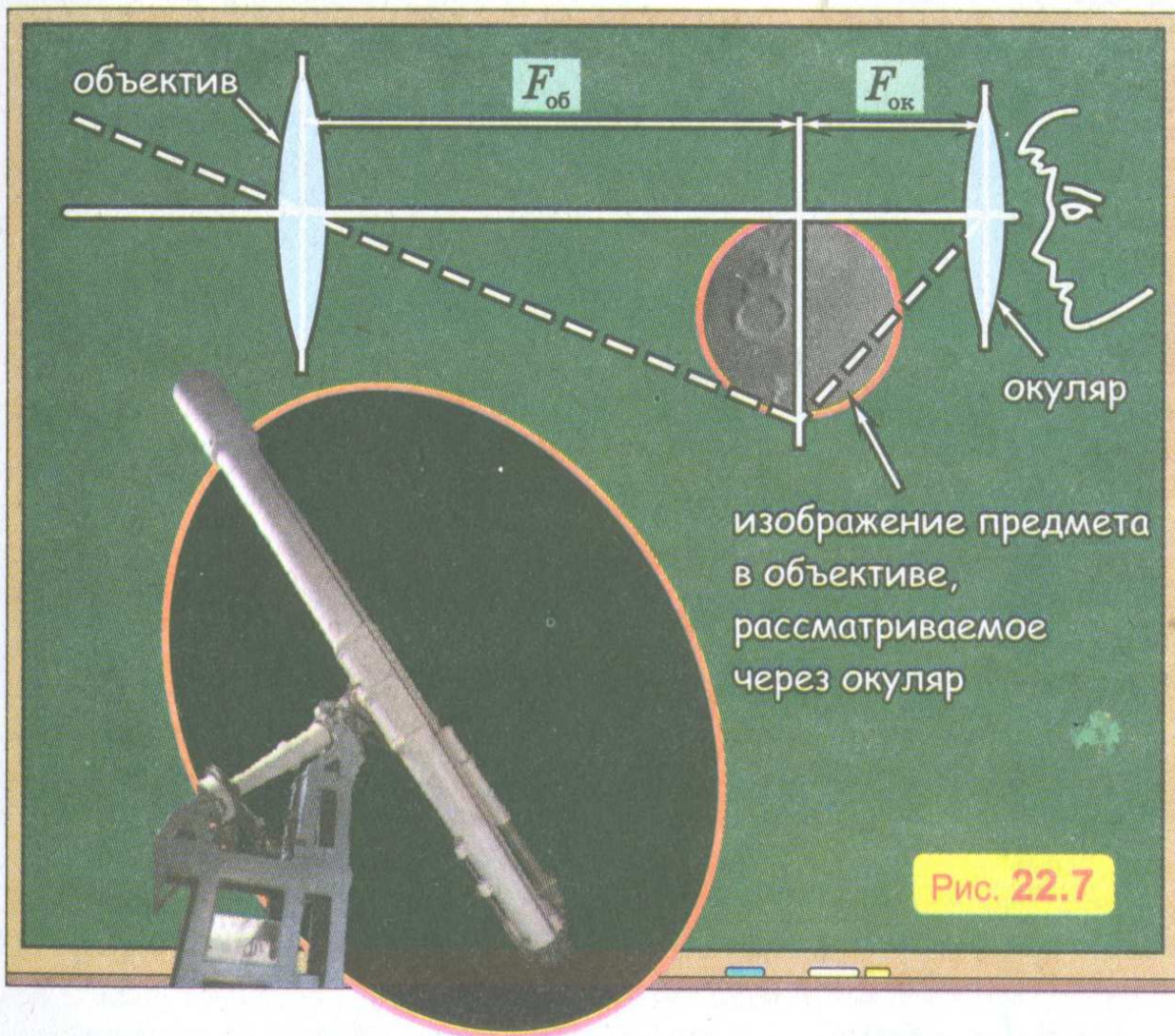


Рис. 22.7

А вот роль объектива в телескопе в каком-то смысле «противоположна» роли объектива в микроскопе. Как вы уже знаете, увеличение микроскопа тем больше, чем больше оптическая сила объектива, то есть чем *меньше* его фокусное расстояние. А телескоп, наоборот, «приближает» предмет тем сильнее, чем *больше* фокусное расстояние объектива!

Дело в том, что размер создаваемого объективом изображения тем больше, чем дальше от объектива находится это изображение, то есть чем *больше* фокусное расстояние

объектива. Поэтому объектив телескопа, в отличие от объектива микроскопа, имеет *большое* фокусное расстояние.

Расчеты показывают, что даваемое телескопом «приближение» равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Например, если фокусное расстояние объектива равно 1 м, а фокусное расстояние окуляра равно 1 см, телескоп «приближает» в 100 раз.

Фокусное расстояние объектива телескопа может достигать десяти метров. Такие телескопы «приближают» в тысячи раз.

Объектив хорошего телескопа должен иметь не только большое фокусное расстояние, но и достаточно большой *радиус*, потому что при рассматривании предметов через телескоп в глаз попадает во столько же раз больше света, во сколько раз площадь объектива больше площади зрачка. Объектив телескопа — это как бы гигантский зрачок, направленный в небо.

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

ПОЧЕМУ МЫ ВИДИМ МНИМЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ?

Как вы уже знаете, получить на экране мнимое изображение нельзя, потому что оно сформировано *расходящимся* пучком лучей.

Однако, как вы тоже знаете, *увидеть* мнимое изображение можно, например, рассматривая предмет через лупу или даже просто глядя на себя в зеркало.

Вспомним теперь, что когда мы просто рассматриваем предмет, от любой его точки в глаз идет именно *расходящийся* пучок лучей. А оптическая система глаза преобразует его в сходящийся и формирует на сетчатке, как на экране, действительное изображение предмета.

КАК ПРАВИЛЬНО ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ЛУПОЙ?

Чтобы получить с помощью лупы максимально возможное увеличение и при этом не напрягать глаз, надо *держат лупу близко к глазу, а предмет располагать вблизи ее фокуса*. Именно так и пользуются лупой профессионалы — часовщики, ювелиры, натуралисты (рис. 22.8).

А вот любители часто пользуются лупой неправильно: они отодвигают ее от глаза, располагая вблизи рассматриваемого предмета (рис. 22.9). При этом «увеличительные» возможности лупы используются не в полной мере и к тому же сужается «поле зрения» — ведь увеличивается только то, что видно **сквозь** лупу.

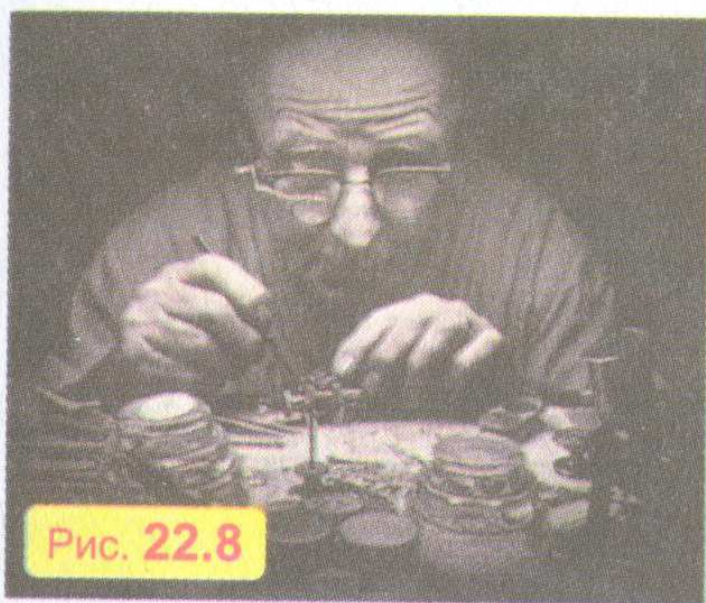


Рис. 22.8



Рис. 22.9

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое дальнозоркость? Какие линзы используют для исправления этого недостатка зрения?
2. Что такое близорукость? Какие линзы используют для исправления этого недостатка зрения?
3. Как надо расположить предмет и лупу, чтобы видеть через лупу увеличенное изображение этого предмета? Каким будет это изображение — действительным или мнимым?
4. Чему равно фокусное расстояние лупы, которая дает четырехкратное увеличение?
5. Каковы принципы действия микроскопа и телескопа?

§23 ДИСПЕРСИЯ СВЕТА. ЦВЕТ

1. Опыт Ньютона с призмой. Дисперсия света

2. Как глаз различает цвета?

3. Почему лист зеленый, а роза красная?

Хочешь узнать больше?

Как возникает радуга?

Сколько цветов на экране телевизора?

Почему вечером цвета тускнеют?

Соотношение между цветом и длиной световой волны

1. ОПЫТ НЬЮТОНА С ПРИЗМОЙ. ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Окружающий мир играет красками: нас радует и волнует голубизна неба, зелень травы и деревьев, красное зарево заката, семицветная дуга радуги.

Что же такое цвет? Чем обусловлена окраска предметов? Как глаз различает цвета?

Первый шаг к разгадке цвета сделал великий английский ученый Исаак Ньютон. Тогда он был еще не всемирно известным ученым, а совсем юным выпускником Кембриджского университета.

Проделав маленькое отверстие в оконной ставне, Ньютон подставил под узкий пучок света треугольную стеклянную призму. Пучок преломился в ней, и на противоположной стене появилась красивая цветная полоса, где в хорошо знакомом порядке расположились все цвета радуги: *красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый*¹. Эту цветную полосу Ньютон назвал *спектром*².

На рис. 23.1 схематически изображен этот знаменитый опыт Ньютона, который повторяют сегодня во всех школах мира.

Из описанного опыта Ньютон сделал важный вывод: разложение белого света в цветной спектр означает, что

¹ Последовательность цветов радуги помогает запомнить фраза «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан» — первые буквы слов этой фразы совпадают с первыми буквами названий цветов в радуге.

² От латинского «спектрум» — видимое.

белый свет является составным, то есть является смесью всех цветов радуги.

Появление цветного спектра при прохождении белого света через призму обусловлено тем, что лучи разных цветов преломляются в стекле *по-разному*: сильнее всего преломляются фиолетовые лучи, а слабее всего — красные. Это означает, что

показатель преломления света зависит от его цвета. Это явление называют дисперсией света.

Рис. 23.1

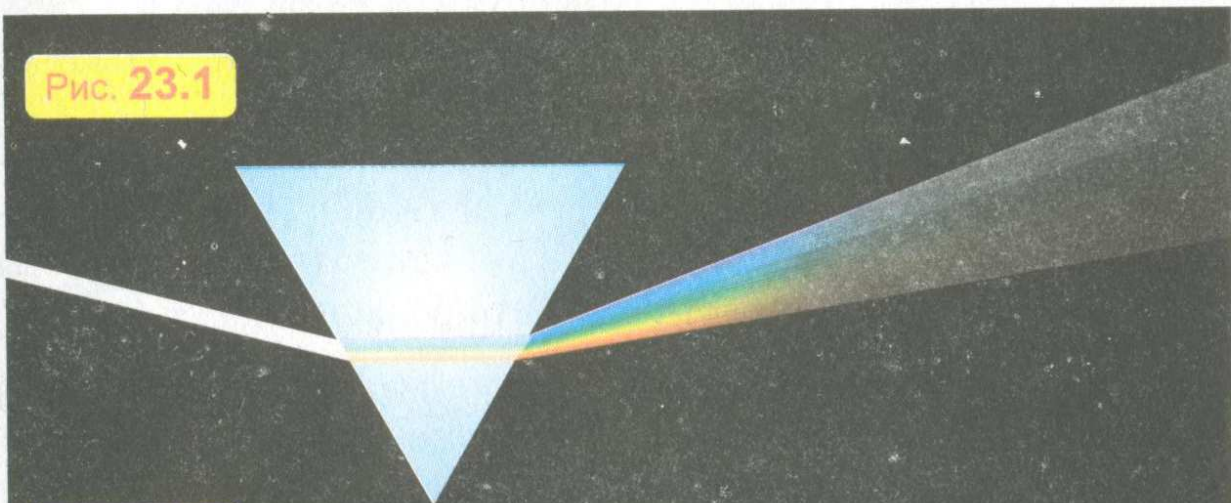
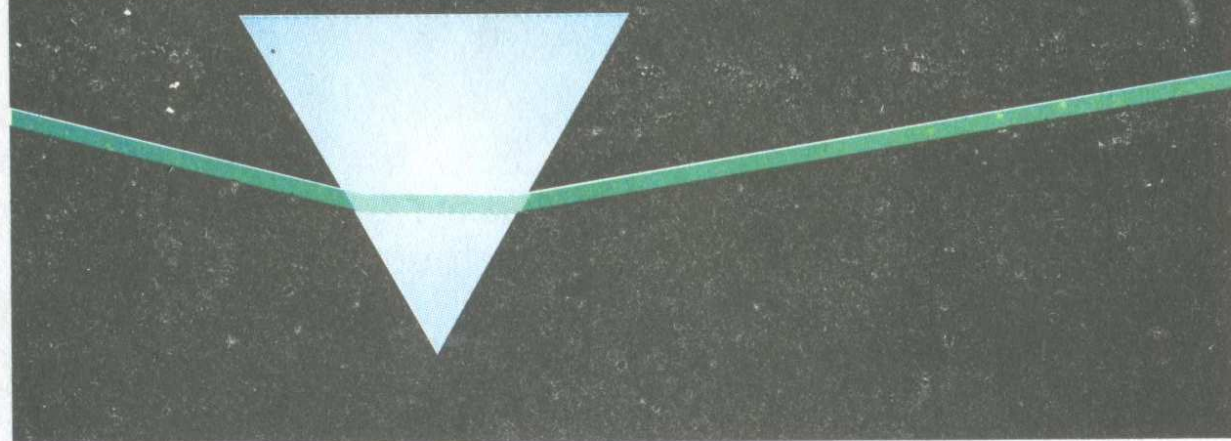


Рис. 23.2



Если же направить на призму узкий пучок света определенного цвета, то такой пучок не разлагается в спектр, а остается одноцветным (рис. 23:2). Сегодня такой опыт можно проводить, например, с лучом лазерного фонарика или лазерной указки.

2. КАК ГЛАЗ РАЗЛИЧАЕТ ЦВЕТА?

На сетчатке глаза расположены светочувствительные элементы — нервные окончания, называемые «палочками» и «колбочками». Палочки отличают только светлое от темного. Колбочки же есть трех типов — мы условно назовем их «красными», «зелеными» и «синими», потому что «красные» колбочки наиболее чувствительны к красному цвету, «зеленые» — к зеленому, а «синие» — к синему.

Все многообразие видимых нами цветов обусловлено «сигналами», посылаемыми в мозг всего *три* типами колбочек. Например, при таком соотношении интенсивности этих сигналов, какое дает солнечный свет, цвет будет казаться белым. Если в мозг идут сигналы только от «синих» колбочек, то цвет будет казаться синим, а если только от «красных» и «зеленых» колбочек — желтым.

Свойство глаза «раскладывать» все цвета на красный, зеленый и синий используют при создании цветных телевизоров и мониторов (дисплеев) компьютеров. Об этом мы расскажем в разделе «Хочешь узнать больше?».

3. ПОЧЕМУ ЛИСТ ЗЕЛЕНый, А РОЗА КРАСНАЯ?

Почему предметы, освещенные *белым* светом, мы видим окрашенными в разные цвета: например, лист зеленый, а роза красная?

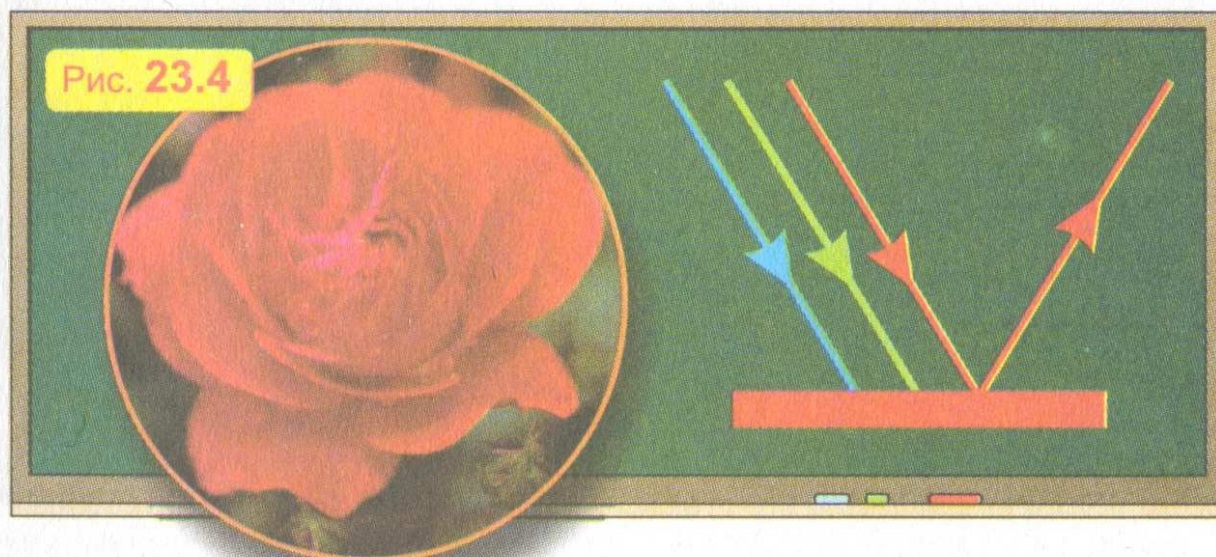
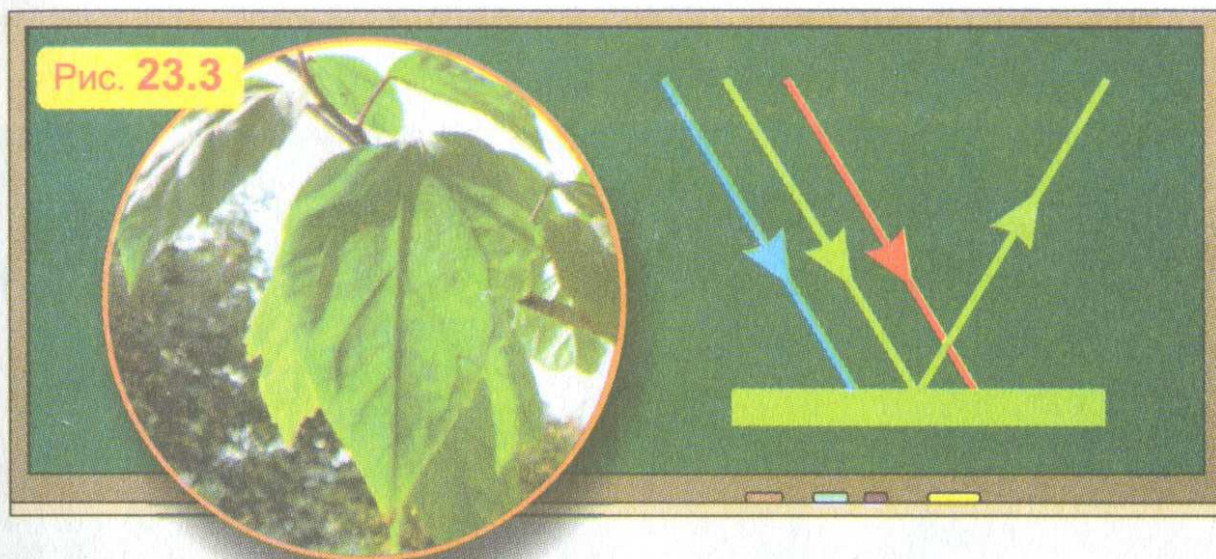
Вы уже знаете, что белый свет является составным, то есть смесью всех цветов радуги. Если *исключить* из этого набора некоторые цвета, то оставшаяся часть спектра будет восприниматься глазом как имеющая некоторый *цвет*.

Пусть белый (например, солнечный) свет падает на предмет, который поглощает «красные» лучи, а все остальные — отражает (рис. 23.3). Какого же цвета будет свет, отраженный от этого предмета?

В нем не будет хватать красной части спектра, и поэтому он будет восприниматься глазом как зеленоватый.

Зеленый цвет листьям растений придает хлорофилл — химическое соединение, «ответственное» за фотосинтез (превращение солнечной энергии в химическую энергию органических веществ).

Хлорофилл поглощает преимущественно красные и синие лучи. В результате отраженный от листа растения «остаток» солнечного спектра приобретает зеленую окраску.



А вот лепестки красной розы, наоборот, очень «охотно» отражают как раз «красные» лучи, а лучи остальной части спектра поглощают (рис. 23.4). Потому-то роза и красная!

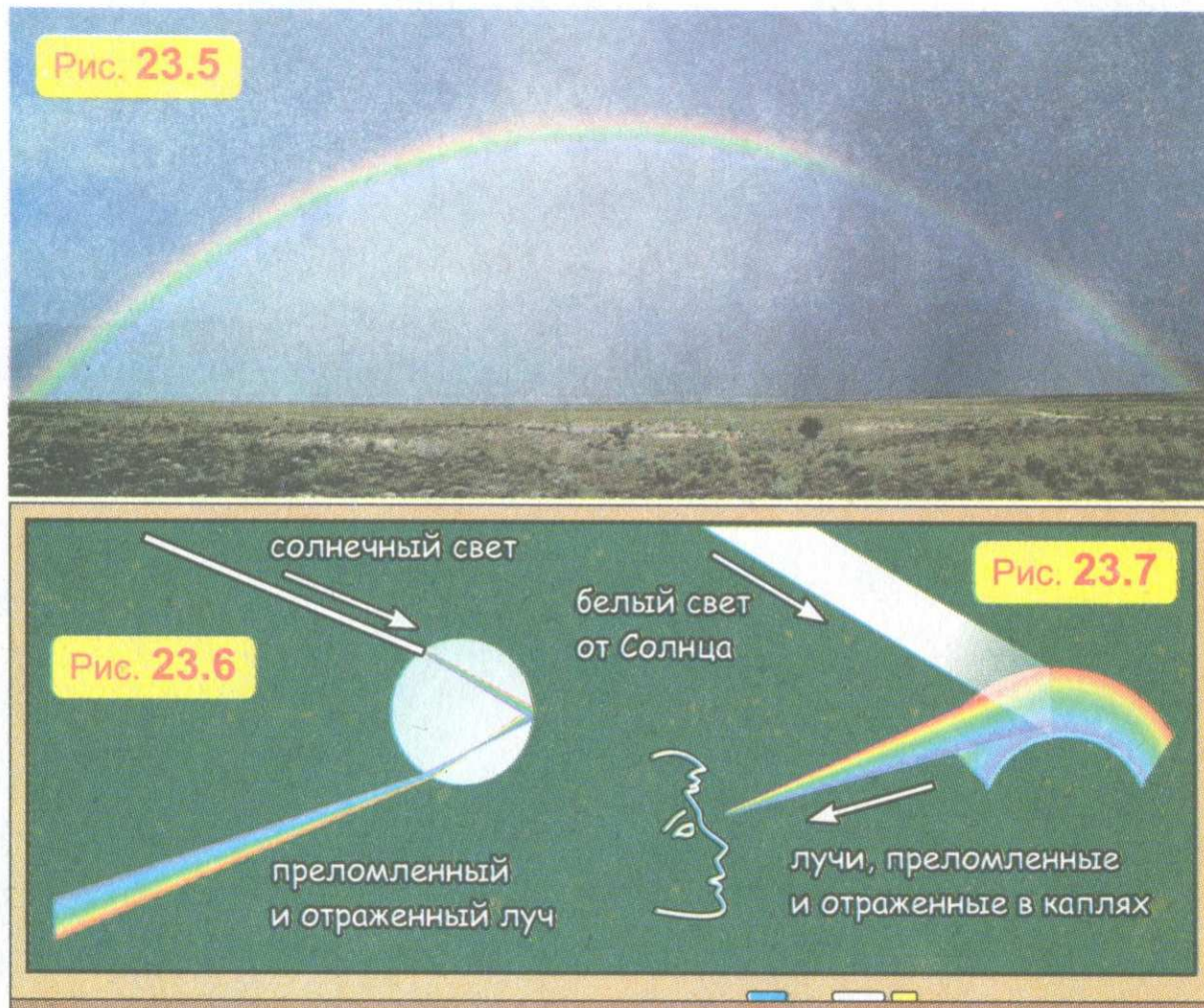
ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

КАК ВОЗНИКАЕТ РАДУГА?

Когда после дождя появляется солнце, часто можно наблюдать одно из красивейших явлений природы — радугу (рис. 23.5).

В огромной разноцветной дуге, протянувшейся на полнеба, можно различить все цвета радуги, причем наружная часть радуги окрашена в красный цвет, а внутренняя — в фиолетовый.

Довольно редко над обычной радугой можно наблюдать и вторую радугу, в которой порядок цветов обратный: снаружи — фиолетовый, а внутри — красный.



Можно ли приблизиться к радуге? Вряд ли это кому-нибудь удастся, потому что радуга — это не предмет, а оптическое явление.

Попробуйте идти по направлению к радуге, и вы увидите, что она будет удаляться от вас так, что расстояние до нее будет казаться неизменным.

Впрочем, если разобраться в секрете радуги, то небольшую радугу можно «получить» или увидеть совсем близко — в саду у фонтана и даже в ванной!

Почему же возникает радуга?

После дождя в воздухе остается много мельчайших капелек воды, имеющих форму шара.

Когда луч света падает на такую капельку, он преломляется на поверхности капельки, затем отражается от ее внутренней поверхности и при выходе из воды в воздух преломляется еще раз¹. Вследствие дисперсии лучи, соответствующие различным цветам, преломляются **по-разному** (рис. 23.6).

В результате, выйдя из капли, «красный» луч пойдет под одним углом к горизонту, а «фиолетовый» — под другим. Следовательно, в глаз наблюдателя «красный» и «фиолетовый» лучи попадут из **разных** капель (рис. 23.7). Причем все «красные» капли будут видны под одним и тем же углом, вследствие чего они будут казаться расположенными на **дуге окружности**. «Оранжевые» капли будут видны на «соседней» дуге меньшего радиуса и так далее — вплоть до капель, образующих «фиолетовую» дугу, расположенную ниже остальных «цветных» дуг.

СКОЛЬКО ЦВЕТОВ НА ЭКРАНЕ ТЕЛЕВИЗОРА?

ПОСТАВИМ ОПЫТ

Нанесите осторожно на экран телевизора капельку воды: она будет играть роль маленькой, но довольно сильной линзы. В эту линзу вы ясно увидите, что любое цветное изображение состоит из светящихся точек всего **трех** цветов — красных, зеленых и синих, то есть как раз тех, к которым наиболее чувствительны колбочки сетчатки глаза.

Например, там, где на экране белый цвет, эти три точки будут иметь примерно одинаковую яркость. А там, где на экране виден желтый цвет, вы не увидите желтых точек: вы увидите только красные и зеленые точки — в полном соответствии с рассказанным выше о том, как глаз различает цвета.

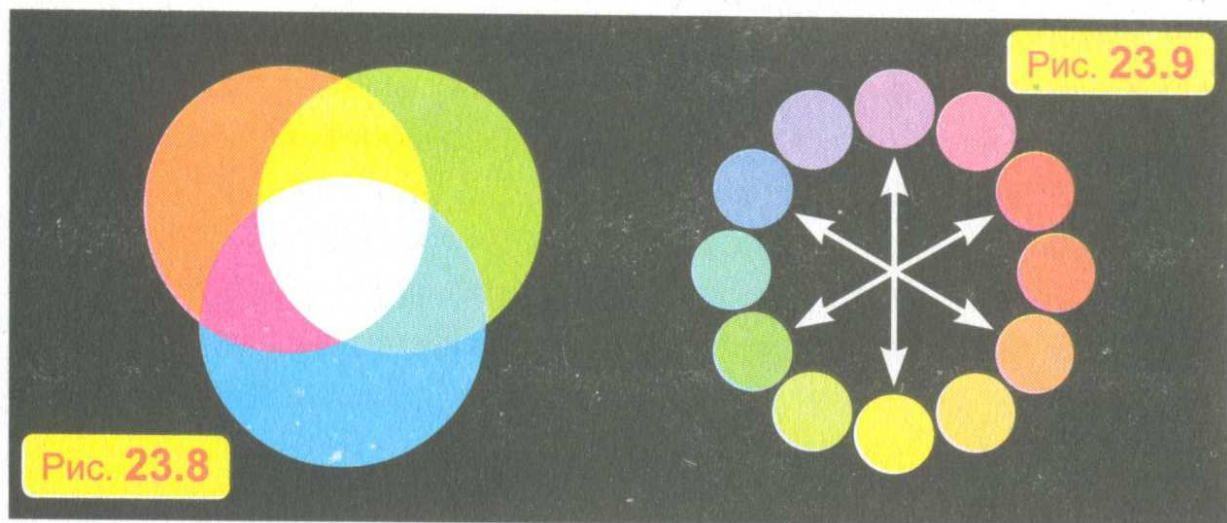
Схематически смешение цветов на экране телевизора показано на рис. 23.8.

То, что для получения цветного изображения в телевизоре выбраны именно те цвета, к которым чувствительны разные типы колбочек сетчатки глаза, — не случайное совпадение, а результат успешного сотрудничества физиков и биологов.

Цвет, который получается при «вычитании» некоторого цвета из белого, называется **дополнительным** к этому цвету. Так, дополнительными друг к другу являются красный и зеленый цвета,

¹ Это только один из возможных «путей» луча света. Двойная радуга обусловлена двойным отражением лучей света внутри капель воды.

желтый и фиолетовый, а также синий и оранжевый (рис. 23.9). Знать дополнительные цвета важно художникам и дизайнерам: благодаря использованию таких цветов можно создать сбалансированную, комфортную для глаза комбинацию цветов.



ПОЧЕМУ ВЕЧЕРОМ ЦВЕТА ТУСКНЕЮТ?

Вы, наверное, замечали, что при наступлении сумерек яркие цвета «тускнеют» и мир становится «черно-бело-серым». Так что не случайно родилась поговорка «в темноте все кошки серы»!

Но стоит взойти солнцу, и утро снова радует нас яркими красками. Почему же так происходит?

Дело в том, что уже знакомые вам палочки, отличающие темное от светлого, очень чувствительны к свету, а различающие цвет колбочки намного менее чувствительны. Поэтому при слабом освещении «работают» в основном палочки. И поэтому мы **видим** (в буквальном смысле слова!) результат их работы — черно-бело-серый мир.

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЦВЕТОМ И ДЛИНОЙ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

Как вы уже знаете, свет имеет волновую природу. Большую роль в установлении волновой природы света сыграл английский ученый Томас Юнг. Он установил, что каждому цвету соответствует определенная **длина волны**, причем фиолетовому цвету — наименьшая, а красному — наибольшая.

Именно Юнг и измерил первым длины волн, соответствующие различным цветам. Оказалось, что эти длины волн очень малы по сравнению с размерами предметов, видимых невоору-

женным глазом: так, длина волны фиолетового света составляет около 4 десятитысячных долей миллиметра, а красного — около 8 десятитысячных долей миллиметра.

Когда Юнг получил эти результаты, стало понятно, почему волновая природа света практически не проявляет себя в повседневной жизни.

? ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Расскажите об опыте Ньютона с призмой. Какой вывод сделал ученый из этого опыта?
2. Можете ли вы перечислить цвета радуги в правильном порядке?
3. Какие лучи сильнее преломляются в стекле — красные или фиолетовые?
4. Что называют дисперсией? Приведите примеры дисперсии.
5. Как глаз различает цвета?
6. Почему предметы имеют различную окраску?

§24 СИЛА СВЕТА И ОСВЕЩЕННОСТЬ

1. Сила света
2. Освещенность
3. Как зависит освещенность от угла падения света?
4. Как правильно выбрать освещение?

1. СИЛА СВЕТА

Источники света могут значительно отличаться друг от друга. Самый сильный для нас источник света — Солнце, на которое больно смотреть невооруженным глазом (рис. 21.4).



Но человеческий глаз замечает и очень слабые источники света, например светлячков.

Свечение источника характеризуют физической величиной, которую называют *силой света*.

Силу света обозначают обычно I .

Единица силы света — **кандела** (кд).

Источник света в 1 канделу определен международным соглашением. Мы не будем приводить здесь точное определение канделы, а ограничимся сравнением: кандела — это

примерно сила света одной обычной свечи¹. А выраженная в канделах сила света электрической лампы накаливания примерно равна ее мощности, выраженной в ваттах. Так, лампа мощностью 100 Вт имеет силу света приблизительно 100 кд.

Числовое значение силы света Солнца — огромное число с 27 нулями, а сила света светлячка — от одной сотой до одной тысячной канделы.

2. ОСВЕЩЕННОСТЬ

Чтобы определить, как освещена поверхность, ввели физическую величину *освещенность*. Освещенность обозначают E и измеряют в *люксах* (лк). Один люкс — это освещенность пластинки, находящейся на расстоянии 1 м от точечного источника света силой 1 кд, когда свет от источника падает на пластинку перпендикулярно.

ПРИМЕРЫ

В ясный солнечный день освещенность поверхности Земли составляет до ста тысяч люксов. Освещенность Земли сильно изменяется в зависимости от географической широты, времени суток и времени года.

Освещенность школьной парты должна быть согласно нормам не менее 150 лк. Это учитывается при проектировании освещения школ, но ученикам и учителям надо учитывать, что вечером или в пасмурный день такая освещенность будет только при условии, что в классе светят *все* предусмотренные проектом лампы!

Глаз человека обладает чрезвычайно высокой чувствительностью: человек может разобрать текст в книге при освещенности, составляющей всего десятые доли люкса — например, при полной луне, когда освещенность равна 0,25 лк, то есть примерно в 400 000 раз меньше, чем в ясный солнечный день.

Но злоупотреблять возможностями такого замечательного «оптического инструмента», как глаз, не стоит: читая при плохом освещении, вы портите свое зрение!

¹ Этим и обусловлено название единицы силы света: в переводе с латинского кандела означает «свеча». Сравните со словом «канделябр» — подставка для свечи.

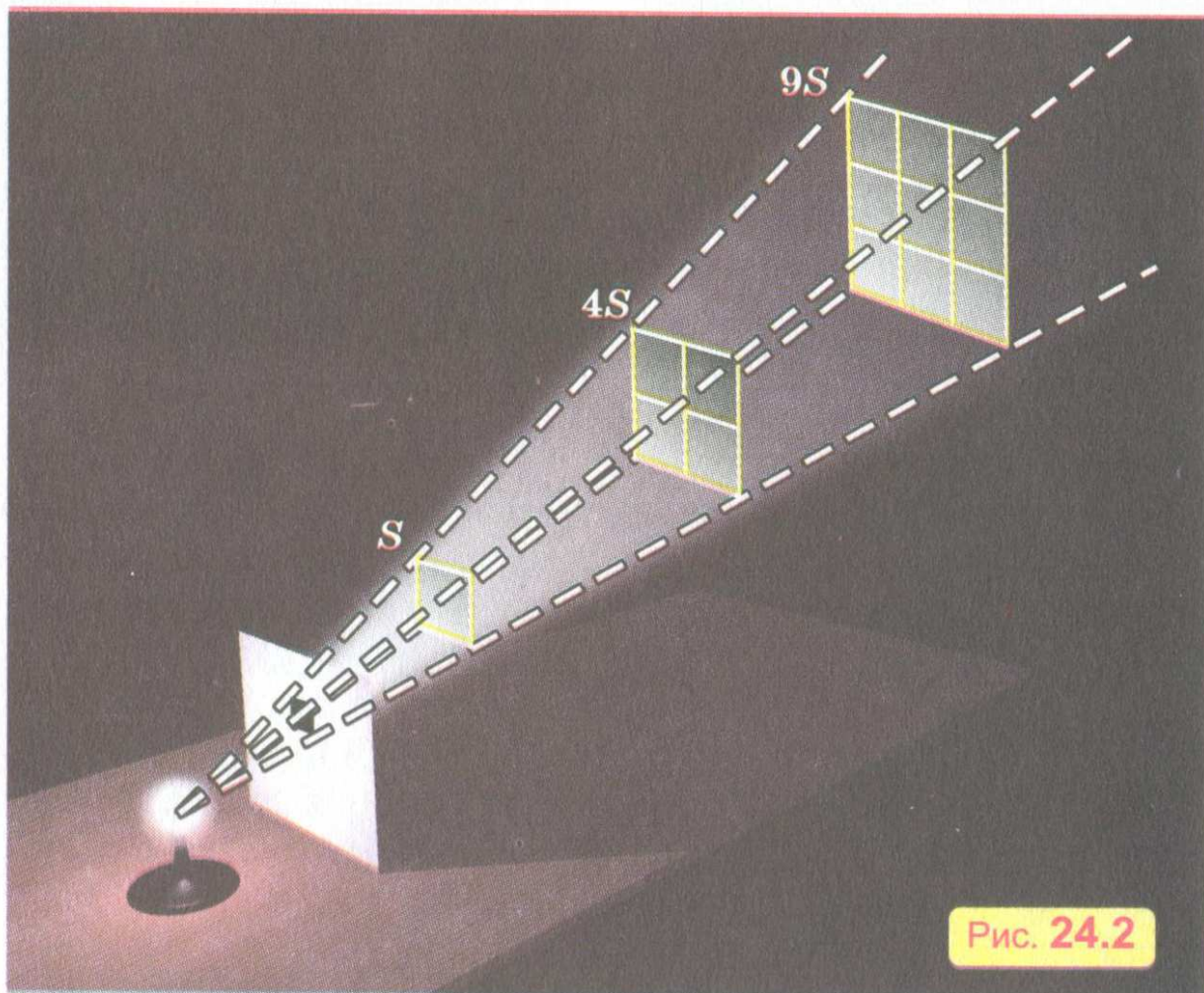
ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ОСВЕЩЕННОСТЬ?

Для измерения освещенности используют специальные приборы, называемые *люксметрами*. Светочувствительным элементом таких приборов является *фотоэлемент*.

При удалении от источника освещенность уменьшается. Расчеты и опыты показывают, что

освещенность E прямо пропорциональна силе света I источника света и обратно пропорциональна квадрату расстояния R до источника: $E = \frac{I}{R^2}$.

Это соотношение было установлено в начале 17-го века немецким физиком и астрономом Иоганном Кеплером.



В справедливости приведенного соотношения легко убедиться, рассмотрев так называемую «световую пирамиду» с источником света в ее вершине (рис. 24.2).

Свет, проходящий через сечение S пирамиды на единичном расстоянии от источника, проходит через площадь $4S$

на удвоенном расстоянии, через площадь $9S$ — на утроенном расстоянии и т. д. А это и означает, что освещенность убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до источника.

Приведенное выражение для освещенности справедливо только при условии, что источник света можно считать точечным, то есть когда его размеры очень малы по сравнению с расстоянием до него.

ПРИМЕРЫ

Сравним освещенность на Земле и других планетах. Самая близкая планета к Солнцу, Меркурий, расположена почти в три раза ближе к Солнцу, чем Земля. Значит, освещенность на Меркурии почти в десять раз больше, чем на Земле: представьте себе, что в небе Меркурия светит как бы десять «земных» солнц сразу! В результате температура поверхности Меркурия накаляется меркурианским днем выше $400\text{ }^{\circ}\text{C}$!

А освещенность Плутона, расположенного почти в 40 раз дальше от Солнца, чем Земля, примерно в 1600 раз меньше, чем освещенность Земли. Правда, астронавт, который высадился бы на Плутоне, все-таки не оказался бы в полной темноте: и на таком огромном расстоянии Солнце «светит» намного сильнее, чем Луна на Земле даже во время полнолуния! А ведь на Земле во время полнолуния не так уж и темно.

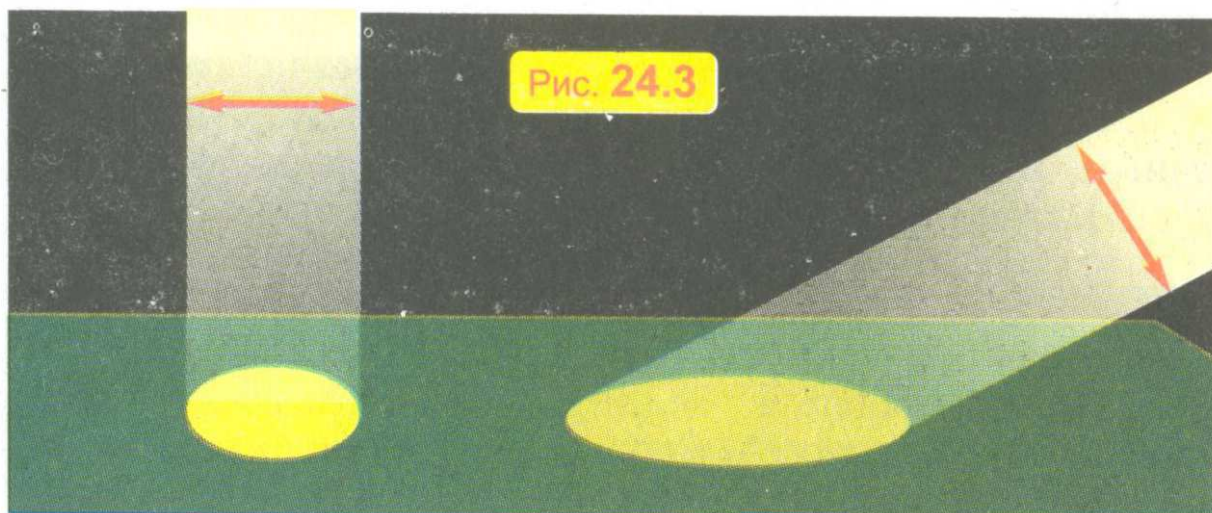
3. КАК ЗАВИСИТ ОСВЕЩЕННОСТЬ ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ СВЕТА?

Освещенность поверхности зависит не только от силы света источника и расстояния до него: она еще зависит от угла падения света. И очень существенно: именно этим, как мы сейчас увидим, объясняется, например, смена времен года!

При увеличении угла падения света на поверхность ее освещенность уменьшается. Понятно, что благодаря этому уменьшается и энергия, попадающая на единицу площади поверхности. Схема, показанная на рис. 24.3, объясняет, почему это происходит.

При увеличении угла падения освещаемая параллельным пучком света площадь поверхности увеличивается. А это

значит, что энергия, приходящаяся на единицу площади, то есть освещенность поверхности, уменьшается.



ПОЧЕМУ ЗИМОЙ СОЛНЦЕ СВЕТИТ, НО НЕ ГРЕЕТ?

Как вы уже знаете из курса природоведения, ось суточного вращения Земли наклонена к плоскости орбиты вращения Земли вокруг Солнца. Поэтому днем в Северном полушарии летом солнечный диск находится выше над горизонтом, чем зимой. Вследствие этого освещенность земной поверхности летом больше, чем зимой. Кроме того, продолжительность светового дня летом увеличивается по сравнению с зимой.

Вот почему летом солнце жаркое, а зимой солнечные лучи, косо падающие на поверхность Земли, да еще и в течение короткого зимнего дня, светят, но почти не греют. Например, в июньский полдень в Киеве освещенность примерно в три раза больше, чем в декабрьский.

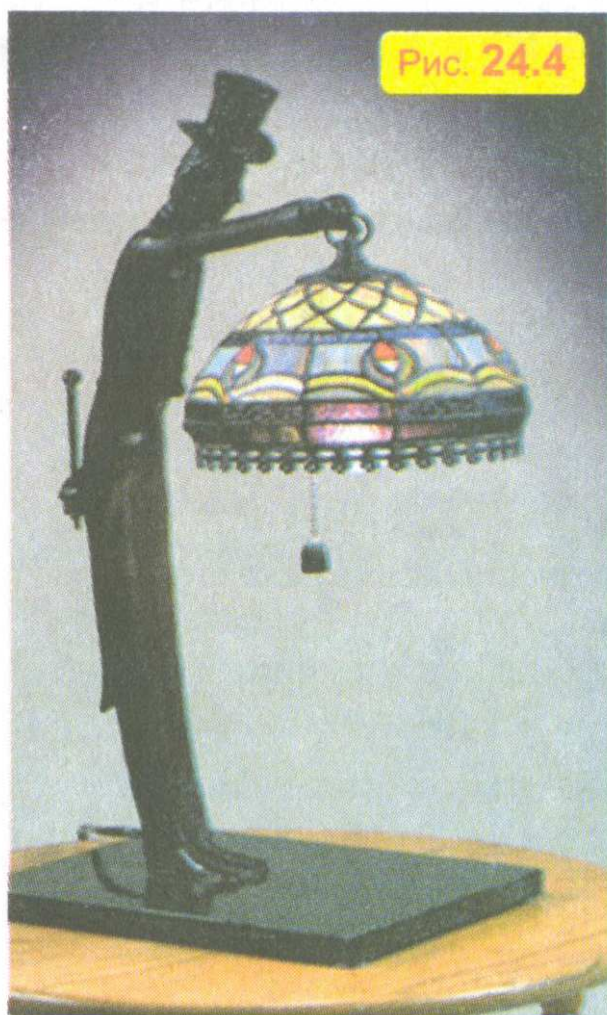
4. КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ ОСВЕЩЕНИЕ?

Выбор правильного освещения очень важен для продуктивной учебы, работы, полноценного отдыха. Да и настроение человека зависит от освещенности: яркий свет создает совсем другое настроение, чем приглушенный!

Для комфортного освещения существенно не только значение освещенности, но и то, какие лампы используются, каков цвет стен и потолка.

Например, глаза очень устают от прямого света, поэтому желательно использовать абажуры (рис. 24.4). Идеальным

вариантом освещения помещения считают такой, когда прямого света вообще нет: свет ламп направлен на светлый потолок или стены. Тогда помещение ровно и мягко освещается светом, отраженным от большой площади потолка (рис. 24.5).



Освещенность книжной страницы должна быть не менее 100 лк. Примерно такую освещенность дает лампа накаливания мощностью 60 Вт, расположенная на расстоянии около 70 см от книги, когда лучи света перпендикулярны странице. Но если луч падает на страницу под углом 45° , ее освещенность уменьшается почти в полтора раза! Поэтому для освещения поверхности письменного стола надо использовать либо лампу накаливания мощностью 75 Вт, либо лампы других типов, дающие такую же освещенность.

Изучение особенностей зрительного восприятия в последние десятилетия позволило значительно улучшить условия работы и учебы.

Так, было установлено, что поверхность письменного стола должна быть светлой, чтобы она не слишком сильно

отличалась от страниц книг и тетрадей, поскольку чрезмерный контраст вызывает утомление глаз. Вот почему сегодня поверхности парт и школьных столов делают светлыми. А ведь всего несколько десятилетий назад почти все парты в школах были черными!

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое сила света? Приведите примеры силы света различных источников.
2. Что характеризует освещенность? Приведите примеры освещенности.
3. От чего и как зависит освещенность?
4. Как зависит освещенность от угла падения света?
5. Почему зимой солнце светит, но не греет?
6. Как правильно выбрать освещение?
7. Почему используют абажуры?
8. Как должна быть освещена поверхность письменного стола?

ГЛАВНОЕ В ЭТОЙ ГЛАВЕ

- Свет — разновидность электромагнитного излучения. Он имеет свойства как волн, так и частиц. Скорость света составляет около 300 000 км/с.
- Свет освещает и нагревает, а также может вызывать химические реакции и электрический ток.
- Нагретые тела, излучающие свет, называют тепловыми источниками света, а тела, которые светятся при температуре, близкой к комнатной, называют холодными источниками света.
- Источники света, созданные природой, называют естественными, а источники света, созданные человеком, — искусственными.
- Луч света — это линия, вдоль которой распространяется свет. Раздел оптики, который изучает ход лучей света, называют геометрической оптикой.
- Источник света, размерами которого при данных условиях можно пренебречь, называют точечным источником света.
- В пустоте (вакууме) или однородной среде свет распространяется прямолинейно.
- Частично освещенную область (плоскости или пространства) называют полутенью.
- Солнечные затемнения происходят, когда Луна оказывается между Солнцем и Землей и отбрасывает на поверхность Земли тень и полутень.
- Законы отражения света: 1) отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к зеркалу, восставленным в точке падения луча; 2) угол отражения равен углу падения.
- Мнимое изображение предмета в зеркале и сам предмет расположены по разные стороны от зеркала на одной прямой, перпендикулярной к плоскости зеркала, и на одинаковых расстояниях от зеркала. Размер изображения предмета в зеркале равен размеру самого предмета.

- Законы преломления света: 1) преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения луча; 2) отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред постоянно: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$. Величину n называют относительным показателем преломления этих двух сред.
- Линзы, которые посередине толще, чем у краев, называют выпуклыми, а линзы, которые посередине тоньше, чем у краев, — вогнутыми.
- Линзу, которая превращает параллельный пучок лучей в сходящийся, называют собирающей, а линзу, которая превращает параллельный пучок лучей в расходящийся, — рассеивающей. Стекло́нные выпуклые линзы — собирающие, а вогнутые — рассеивающие.
- Расстояние от плоскости линзы до ее фокуса называют фокусным расстоянием линзы и обозначают F . Оптической силой линзы называют величину D , обратную фокусному расстоянию линзы: $D = 1/F$.
- Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$.
- Роль собирающей линзы в глазу выполняют роговица и хрусталик.
- Дальнозоркость исправляют с помощью очков с собирающими линзами, близорукость — с помощью очков с рассеивающими линзами.
- Белый свет является составным, то есть смесью всех цветов радуги.
- Дисперсией света называют зависимость показателя преломления света от его цвета.
- Свечение источника характеризуют силой света. Единица силы света — кандела (кд).
- Освещенность E прямо пропорциональна силе света I источника света и обратно пропорциональна квадрату расстояния R до источника: $E = \frac{I}{R^2}$.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ¹

1. ФИЗИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ И ЕГО ОБОРУДОВАНИЕ. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В ФИЗИЧЕСКОМ КАБИНЕТЕ

Цель работы: познакомиться с физическим кабинетом и его оборудованием, выучить правила выполнения лабораторных работ и правила безопасности во время проведения работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Внимательно выслушайте рассказ учителя о физическом кабинете. Рассмотрите оборудование и приборы, которые показывает учитель, запишите в тетрадь для лабораторных работ их названия и назначение.

2. Прочитайте внимательно приведенные ниже

Правила выполнения лабораторных работ и правила безопасности во время их проведения

- Перед выполнением лабораторной работы четко выясните порядок и правила ее проведения.
- Расположите приборы, материалы, оборудования на столе так, чтобы предотвратить их падение, переворачивание или разъединение соединенных частей.
- Во время измерения не допускайте зашкаливания измерительных приборов, так как это может их повредить.
- Не оставляйте свое место без разрешения учителя.
- Следите за исправностью всех креплений приборов и устройств. Не касайтесь вращающихся частей машин и приборов и не наклоняйтесь над ними.
- Если для проведения лабораторной работы нужен электрический ток, включайте источник электрического тока только тщательно проверив, что все оборудование, нужное для проведения лабораторной работы, правильно и полностью собрано.

¹ В состав учебно-методического комплекта «Физика-7» входит тетрадь для лабораторных работ, с помощью которой вам будет удобнее выполнять эти работы и делать записи. Раздел «Лабораторные работы» написан вместе с Л. А. Кириком.

- Не касайтесь элементов электрической цепи, которые не имеют изоляции и находятся под напряжением.
- После окончания работы, во время проведения которой использовался электрический ток, сначала выключите источник электрического тока и только после этого разберите электрическую цепь.
- После окончания лабораторной работы четко выполните указания учителя по уборке оборудования и приборов.
- В случае травмы или плохого самочувствия прекратите выполнять лабораторную работу и сообщите учителю.

2. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ПРИБОРА

Цель работы: познакомиться с простейшими измерительными приборами, научиться находить цену деления измерительного прибора.

Оборудование: линейка, мензурка, термометр.

ХОД РАБОТЫ

1. Запомните необходимые сведения об измерительном приборе, в частности такие:

- название прибора;
- правила пользования прибором и техники безопасности для этого прибора;
- какую физическую величину и в каких единицах измеряет прибор;
- границы измерения прибора, т. е. минимальное и максимальное значения физической величины, которые может измерить прибор;
- цена деления шкалы прибора и абсолютная погрешность измерения прибора, которая равна половине цены деления шкалы прибора.

2. Внимательно ознакомьтесь с предложенными вам измерительными приборами (линейкой, термометром и мензуркой) и заполните в тетради для лабораторных работ приведенную таблицу.

	Линейка	Мензурка	Термометр
1. Измеряемая физическая величина			
2. Единица величины			
3. Границы измерения			
4. Цена деления прибора			
5. Абсолютная ошибка измерения			

3. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Цель работы: ознакомиться с приборами, предназначенными для измерения времени, и научиться измерять промежутки времени.

Оборудование: метроном, песочные часы, секундомер, наручные часы, будильник, грузик и нить для изготовления маятника, штатив, линейка.

Для измерения времени используют явления и процессы, которые повторяются через одинаковые промежутки времени.

ХОД РАБОТЫ

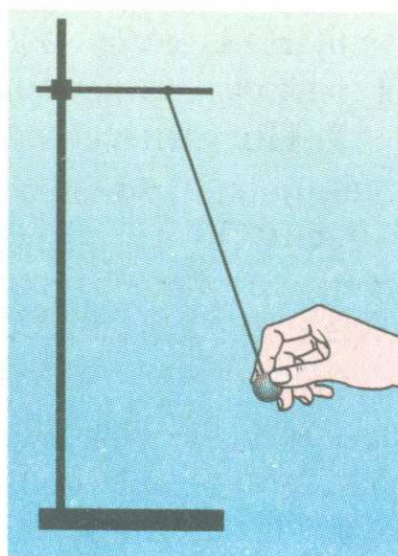
1. Рассмотрите действие песочных часов. Почему их можно использовать для измерения времени? Запишите ответ на этот вопрос в тетрадь для лабораторных работ.

2. Измерьте с помощью наручных часов или секундомера промежуток времени, в течение которого песок полностью пересыпается из одной части песочных часов в другую. Запишите результат в тетрадь для лабораторных работ.

3. Измерьте с помощью секундомера или наручных часов число ударов метронома за 1 минуту. По этим данным найдите промежуток времени между двумя последовательными ударами метронома. Запишите результат в тетрадь для лабораторных работ.

4. Найдите цены делений шкалы секундомера, наручных часов и будильника. Обратите при этом внимание на то, что часы имеют несколько шкал. На какой шкале наименьшая цена деления? Наибольшая? Какой из этих приборов более точный?

5. Используя штатив, грузик и нить, изготовьте маятник так, чтобы длина нити маятника была длиной 20—40 см. Измерьте длину нити маятника с точностью до сантиметра. Запишите результат в тетрадь для лабораторных работ.



6. Немного отклоните маятник от положения равновесия (см. рисунок) и измерьте промежуток времени, на протяжении которого маятник сделает 20 полных колебаний. Найдите продолжительность одного колебания. Запишите полученные результаты в тетрадь для лабораторных работ.

7. Используя секундомер, измерьте частоту вашего пульса (частотой пульса называют количество ударов за минуту) и пульса вашего соседа по парте.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТЕЛ И ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: научиться измерять линейные размеры тел и площадь поверхности тела.

Оборудование: линейка, нить, 20 горошин.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте длину, ширину и высоту вашего учебника физики. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

2. Измерьте толщину бумажного блока учебника (без обложки) и найдите количество листов в книге, используя номера страниц. По этим данным вычислите толщину бумаги. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

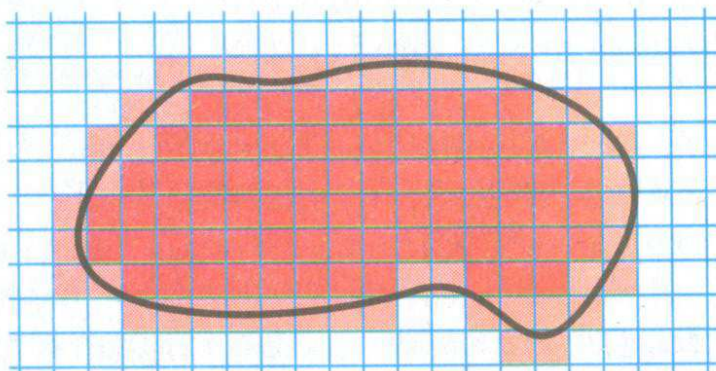
3. Положите вплотную к линейке ряд из 20 горошин. Измерьте длину ряда l . Вычислите диаметр одной горошины по формуле $d = l/n$, где n — количество горошин.

4. Измерьте линейкой длину и ширину вашей парты. Вычислите площадь поверхности парты. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

5. Начертите в тетради для лабораторных работ плавную кривую линию произвольной формы. С помощью нити и линейки измерьте длину начерченной линии (с точностью до сантиметра).

6. Найдите с помощью измерения и вычисления площадь S_k одной клеточки вашей тетради для лабораторных работ.

7. Положите ладонь на лист тетради и аккуратно обведите ладонь карандашом, чтобы образовался замкнутый контур. Подсчитайте и запишите в тетрадь количество клеточек N_1 , расположенных полностью внутри контура, и количество клеточек N_2 , которые контур пересекает. Подсчитайте площадь ладони S по формуле $S = (N_1 + N_2/2) \cdot S_k$. На рисунке для пояснения приведен пример: клеточки, закрасненные красным, учитывают полностью, а закрасненные розовым — «наполовину». Запишите результат в тетрадь для лабораторных работ.



5. ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Цель работы: научиться измерять объем твердых тел правильной и неправильной формы, объем жидкостей и газов.

Оборудование: линейка, деревянный брусок, металлический шарик, мензурка, сосуд с водой, тело неправильной формы, нити, воздушный шарик, тонкая трубочка.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте линейные размеры деревянного бруска и вычислите его объем. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

2. Измерьте радиус R металлического шарика таким способом: положите его между двумя параллельными брусками и измерьте расстояние между брусками — оно равно $2R$. Вычислите объем шарика по формуле $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где $\pi = 3,14$. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

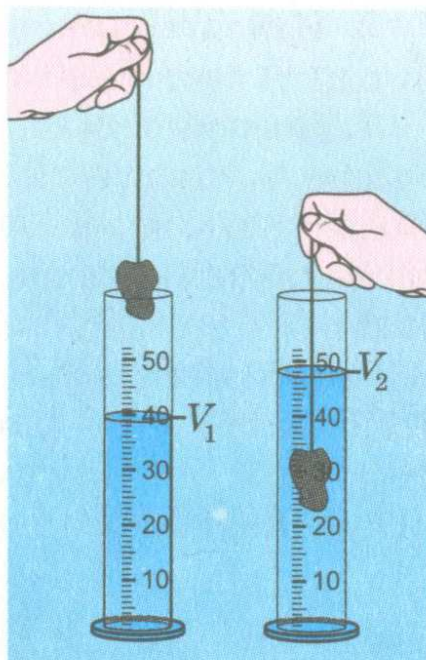
3. Налейте в мензурку воду приблизительно до половины и измерьте объем налитой воды V_1 с точностью до 1 см^3 .

4. Погрузите в мензурку тело неправильной формы, подвешенное на нити. Измерьте суммарный объем V_2 тела и воды. Вычислите объем тела по формуле $V = V_2 - V_1$.

Повторите этот опыт для металлического шарика. Сравните полученные результаты двух измерений объема шарика. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

5. Удалите из воздушного шарика остатки воздуха и измерьте объем его оболочки с помощью мензурки с водой.

6. Прикрепите к трубочке воздушный шарик, опустите его в мензурку и потом немного надуйте его (так, чтобы уровень воды в мензурке не поднялся выше края шкалы). Измерьте объем оболочки шарика вместе с воздухом, который содержится в ней. Вычислите объем воздуха в шарике. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.



6. ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛ

Цель работы: научиться измерять массу тел с помощью рычажных весов.

Оборудование: рычажные весы, набор гирь, несколько небольших тел разной массы, сосуд с водой, стакан, пипетка, пластилиновые шарики.

ХОД РАБОТЫ

1. Выучите правила пользования рычажными весами:

- проверьте, что весы уравновешены. Для уравновешивания положите на одну из чашек полоски бумаги или картона;
- не взвешивайте тел, масса которых превышает максимально допустимую для данных весов (она указана на весах);
- мелкие гири (массой меньше 10 г) берите пинцетом;
- взвешиваемое тело кладите на левую чашку весов, а гири — на правую;
- уравновесив тело, подсчитайте общую массу гирь на чашке весов;
- перенесите гири из чашки весов обратно в футляр для гирь на предназначенные места.

2. Измерьте массу предложенных вам тел. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

3. Измерьте массу пустого стакана. Потом налейте в стакан воды и измерьте массу стакана с водой. Вычислите массу воды в стакане. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

4. Вылейте из стакана воду в сосуд с водой и накапайте в склянку с помощью пипетки 100 капель воды. Измерьте массу стакана с водой. Исходя из полученных данных, найдите массу одной капли. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

7. ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ДИФФУЗИИ В ЖИДКОСТЯХ И ГАЗАХ

Цель работы: экспериментально исследовать явление диффузии.

Оборудование: пахучее вещество (например, одеколон) и краситель (например, чернило) для использования учителем, сосуд с водой.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте с помощью наручных часов промежутки времени, в течение которого запах пахучего вещества, налитого в блюдце на столе учителя, достигнет вас. Измерение запишите в тетрадь для лабораторных работ.

2. Наблюдайте, как добавленный к воде¹ краситель постепенно окрашивает воду. Ваши наблюдения кратко запишите в тетрадь для лабораторных работ.

8. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ЖИДКОСТЕЙ

Цель работы: научиться измерять плотность вещества.

Оборудование: рычажные весы, набор гирь, линейка, брусок, мензурка, стакан, тело неправильной формы, сосуд с жидкостью неизвестной плотности.

ХОД РАБОТЫ

1. Найдите объем V бруска с помощью измерения и вычисления.

¹ Краситель добавляет в сосуд с водой учитель.

2. Измерьте массу m бруска.
3. Найдите плотность ρ вещества, из которого изготовлен брусок, по формуле $\rho = \frac{m}{V}$. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

4. Измерьте уже знакомым вам способом объем и массу тела неправильной формы и вычислите плотность вещества, из которого изготовлено это тело. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

5. Измерьте плотность предложенной вам жидкости. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

9. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА С ПОМОЩЬЮ ПЛОСКОГО ЗЕРКАЛА

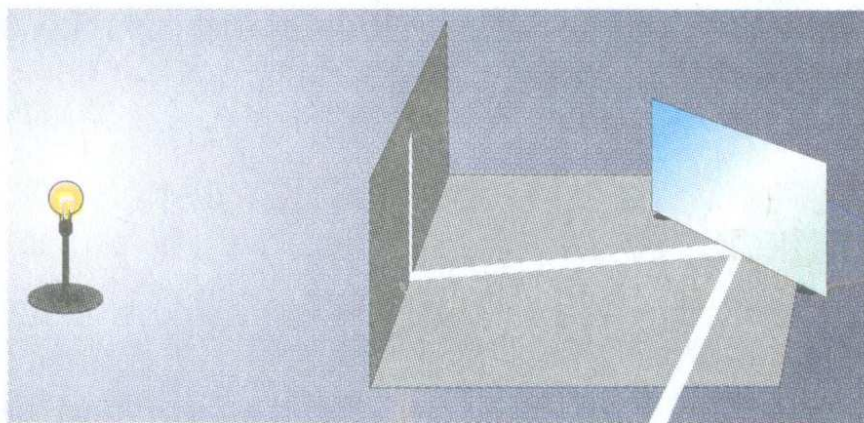
Цель работы: изучить законы отражения света.

Оборудование: лампочка на подставке, плоское зеркало, экран со щелью, источник электрического тока, линейка, угольник, транспортир, соединительные провода.

ХОД РАБОТЫ

1. Расположите на листе бумаги экран со щелью и плоское зеркало.

2. Соедините лампочку с источником электрического тока и расположите лампочку так, чтобы освещенная светлая полоска на бумаге была тонкой и хорошо заметной (см. рисунок).



3. Поставьте на пути пучка света зеркало под некоторым углом к пучку.

4. Отметьте карандашом на бумаге положение зеркала и ход обоих лучей — падающего и отраженного.

5. С помощью угольника постройте перпендикуляр к зеркалу в точке падения пучка света.

6. Измерьте транспортиром углы падения и отражения света. Сравните эти углы. Запишите ваш вывод в тетрадь для лабораторных работ.

7. Повторите опыт трижды для разных углов падения света. Результаты и вывод запишите в тетрадь для лабораторных работ.

10. ИЗМЕРЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ ТОНКОЙ ЛИНЗЫ

Цель работы: научиться измерять фокусное расстояние собирающей линзы.

Оборудование: собирающая линза, лампочка на подставке, экран, направляющая рейка, линейка, источник тока, соединительные провода.

ХОД РАБОТЫ

1. Начертите в тетради ход лучей в собирающей линзе, когда она дает действительное изображение предмета. Обозначьте на схеме расстояние d от лампочки до линзы и расстояние f от линзы до изображения, а также фокусное расстояние F собирающей линзы.

2. Разместите лампочку на подставке, собирающую линзу и экран вдоль направляющей рейки так, чтобы на экране появилось четкое обратное (перевернутое) изображение лампочки.

3. Выключив источник тока, измерьте расстояние d от лампочки до линзы и расстояние f от линзы до изображения (в данном случае — до экрана). Вычислите фокусное расстояние F собирающей линзы, используя формулу линзы. Результаты запишите в тетрадь для лабораторных работ.

11. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОСТЕЙШЕГО ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРА

Цель работы: научиться собирать перископ и пользоваться им.

Оборудование: штатив с двумя лапками (обвязанными поролоном или мягкой тканью) и два одинаковых зеркальца прямоугольной формы, закрепленные в этих лапках.

ХОД РАБОТЫ

1. Начертите в тетради для лабораторных работ ход лучей в перископе, найдя соответствующий материал в учебнике.

Найдите, как надо расположить зеркала в перископе, чтобы входящий и выходящий лучи шли горизонтально.

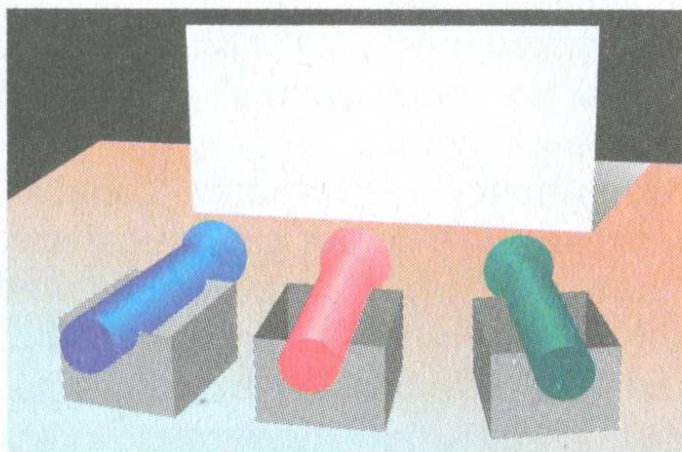
2. Поворачивая лапки с зеркалами, расположите зеркала соответственно схеме перископа, изображенной в тетради. Глядя в нижнее зеркало, вы должны увидеть в нем изображение верхнего зеркала, а в нем — изображение расположенных перед ним предметов.

3. Кратко объясните поставленный опыт в тетради для лабораторных работ.

12. ОБРАЗОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ГАММЫ СВЕТА НАЛОЖЕНИЕМ ЛУЧЕЙ РАЗНОГО ЦВЕТА¹

Цель работы: создание цветовой гаммы наложением лучей разного цвета.

Оборудование: три фонарика со светофильтрами (красным, зеленым и синим) на подставках, с помощью которых свет фонариков можно направить горизонтально, белый экран.



ХОД РАБОТЫ

1. Осветите экран каждым из фонариков отдельно. Опишите, какого цвета будет экран в каждом случае, и кратко объясните это в тетради для лабораторных работ.

2. Осветите экран парами фонариков (3 варианта). Опишите, какого цвета будет экран в каждом случае, и кратко объясните это в тетради для лабораторных работ.

3. Попробуйте подобрать расстояния от фонариков до экрана так, чтобы освещенный всеми тремя фонариками экран казался по возможности белым. Объясните кратко этот опыт в тетради для лабораторных работ.

¹ Эту работу желательно выполнять вчетвером, поэтому указанное оборудование дают на 2 парты.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Найдите массу воздуха в комнате, длина, ширина и высота которой равны соответственно 5 м, 4 м и 3 м. Примите, что при комнатной температуре плотность воздуха равна $1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Дано:

$$a = 5 \text{ м}$$

$$b = 4 \text{ м}$$

$$c = 3 \text{ м}$$

$$\rho = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m \text{ — ?}$$

Решение:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

$$V = abc$$

$$m = \rho abc$$

Проверим единицу искомой величины:

$$[m] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \text{кг}.$$

Итак, $m = 1,2 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 = 72$ (кг).

Ответ: 72 кг.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аккомодация 161
Ампер Андре Мари 33
Аристотель 15
Архимед 41, 133
 Атмосфера 78
 Атомная единица
 массы 64
 Атомы 30, 62
 Близорукость 168
 Броуновское
 движение 70
Броун Роберт 30, 70
 Величины,
 векторные 22
 — скалярные 20
 — физические 20
 Газы 78
 Галактики 29
Галилей Галилео 9,
 15, 28, 44
Гамов Джордж
 (*Георгий Антонович*)
 56
 Геометрическая
 оптика 117
Герон 132
 Гидроэлектростан-
 ция 38
 Главная оптическая
 ось линзы 151
 Глаз 160
Гук Роберт 45
Гюйгенс Христиан
 28, 44
 Дальностьзоркость 168
Демокрит 62
 Деформация 31
 Джоуль — единица
 работы и энергии
 37
Джоуль Джеймс
 Прескотт 37
 Динамометр 24
 Дисперсия света 177
 Диффузия 72
 Жидкие кристаллы
 95
 Жидкости 84
 Закон всемирного
 тяготения 34
 — сохранения
 энергии 40
 Законы отражения
 света 129
 — преломления
 света 144
 Затмение лунное 125
 — солнечное 124
 — — полное 124
 — — частное 124
 Золотое правило
 механики 36
 Зрение 104
 — биноккулярное 165
 Излучение
 инфракрасное 115
 Излучение
 ультрафиолетовое
 115
 Изображение в
 зеркале 134
 — — линзе 154
 — — —
 действительное
 155
 Изображение
 мнимое 134
 — — в линзе 155
 Интернет 49
 Источники света 108
 — — естественные
 112
 — — искусственные
 112
 — — протяженные
 118
 — — тепловые 108
 — — точечные 19,
 117
 — — холодные 110
 Кандела 184
Кеплер Иоганн 186
 Киноаппарат 163
 Компьютер 49
Кондратюк Юрий
 Васильевич 55
Королев Сергей
 Павлович 57
 Кристаллическая
 решетка 92
 Кристаллы 92
 Кругооборот воды в
 природе 9
Кулон Шарль
 Огюстен 33
 Лампы бестеневые
 126
Ландау Лев
 Давидович 57
Лашкарев Вадим
 Евгеньевич 56
 Линзы 150
 — вогнутые 150
 — выпуклые 150
 — рассеивающие 152
 — собирающие 152
 Лупа 169, 174
 Луч света 19
 Люксметр 186
 Магнетизм 12
 Макромир 28
Максвелл Клерк
 Джеймс 33
 Масса 23
 Материальная точка
 19
 Мегамир 28
 Механика 9
 Механическая
 работа 37
 Механические
 явления 8
 Микромир 30
 Микроскоп 170
 Миражи 147
 Млечный путь 28
 Мобильный телефон
 48
 Модели физические
 18
 Модуль векторной
 величины 22
 Молекулы 10, 64

- Молекулярная физика 10
Молекулярно-кинетическая теория 76
Мощность 42
Наблюдение 14
Научный метод 18
Ньютон — единица силы 24
Ньютон Исаак 9, 34
Объектив 171, 172
Окуляр 171, 172
Оптика 13
Оптическая сила линзы 153
Оптические иллюзии 165
Оптический центр линзы 151
Опыт 16
Освещенность 185
Основные элементы линзы 150
Отражение света 128
— — зеркальное 129
— — рассеянное 131
Охрана окружающей среды 49
Патон Борис Евгеньевич 58
Патон Евгений Оскарович 54
Перемещение 22
Перископ 136
Пильчиков Николай Дмитриевич 53
Плоскость линзы 151
Плотность вещества 88
Показатель преломления 144
Полное внутреннее отражение 149
Полутень 123
Построение изображения в линзе 154
Предел аккомодации 162
Преломление света 142
— — в призме 145
Приборы измерительные 26
Приемники света 113
Проекционный аппарат 163
Пулюй Иван Павлович 52
Радуга 179
Расстояние наилучшего зрения 162
Резерфорд Эрнест 67
Ремер Оле 120
Роговица 161
Световой год 27
Световые лучи 116
— пучки 116
Светящиеся организмы 111, 114
Сетчатка 161
Сикорский Игорь Иванович 54
Сила 24
— света 184
— трения 31
— тяготения 34
— тяжести 24
— упругости 31
Силы магнитные 32
— электрические 32
— ядерные 35
Симметрия 140
Синус 144
Скорость 22
Смакула Александр Теодорович 55
Спутники связи 48
Тела аморфные 93
— твердые 90
Телевизор 181
Телескоп 172
Тело физическое 6
Термодинамика 10
Термоядерный синтез 50
Угол отражения 130
— падения 130, 144
— преломления 144
Умов Николай Алексеевич 53
Фалес 126
Фарадей Майкл 33
Фокус линзы 152
Фокусное расстояние линзы 153
Формула тонкой линзы 158
Фотоаппарат 162
Фотоэлемент 113, 186
Хрусталик 161
Цвета дополнительные 181
Цена деления прибора 26
Черная дыра 107
Эйнштейн Альберт 10, 34
Электричество 12, 46
Электростанции атомные 46
— тепловые 46
Энергия 38
— кинетическая 39
— потенциальная 39
Эрстед Ханс Кристиан 33
Юнг Томас 182
Юпитер 28, 120
Явления магнитные 10
— оптические 12
— тепловые 9
— электрические 10
— электромагнитные 11

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. НАЧИНАЕМ ИЗУЧАТЬ ФИЗИКУ

- § 1. ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ 6
1. Физические тела (6). 2. Механические явления (8).
3. Тепловые явления (9). 4. Электрические и магнитные
явления (10). 5. Оптические явления (12)
- § 2. НАБЛЮДЕНИЕ И ОПЫТ 14
1. Наблюдение — поиск закономерностей (14).
2. От наблюдений — к опытам (15). 3. Что такое научный
метод? (18)
- § 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ 20
1. Важнейшие физические величины (20). 2. Измерительные
приборы (26)
- § 4. МАКРОМИР, МЕГАМИР И МИКРОМИР.
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И СИЛЫ 28
1. Макромир, мегамир и микромир (28). 2. Взаимодействия
в макромире (31). 3. Взаимодействия в мегамире (34).
4. Взаимодействия в микромире (35)
- § 5. ЭНЕРГИЯ 36
1. Механическая работа (36). 2. Энергия (38)
- § 6. КАК ФИЗИКА ИЗМЕНЯЕТ МИР 44
1. Пример применения физических открытий:
история часов (44). 2. Новые источники энергии (46).
3. Новые средства связи (47). 4. Охрана окружающей среды (49)
- § 7. ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ —
НАШИ СООТЕЧЕСТВЕННИКИ 52

ГЛАВА 2. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

- § 8. АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ 62
1. Атомы (62). 2. Молекулы (64). 3. Размеры молекул
и атомов (65)
- § 9. ДВИЖЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ 70
1. Движение молекул (70). 2. Взаимодействие молекул (74).
3. Основные положения молекулярно-кинетической теории (75)
- § 10. ГАЗЫ 78
1. Свойства газов (78). 2. Молекулярное строение газов (83)
- § 11. ЖИДКОСТИ 84
1. Свойства жидкостей (84). 2. Молекулярное строение
жидкостей (87). 3. Плотность вещества (88)
- § 12. ТВЕРДЫЕ ТЕЛА 90
1. Свойства твердых тел (90). 2. Кристаллы (92). 3. Аморфные
тела (93)

ГЛАВА 3. СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

§ 13. СВОЙСТВА И ДЕЙСТВИЯ СВЕТА.....	100
1. Самый легкий, самый быстрый и... самый могущественный! (100). 2. Каковы действия света? (103). 3. Что нам дарит зрение? (104)	
§ 14. ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ СВЕТА.....	108
1. Источники света (108). 2. Приемники света (113)	
§ 15. ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА	116
1. Световые пучки и световые лучи (116). 2. Точечные и протяженные источники света (117). 3. Прямолинейность распространения света (119)	
§ 16. ТЕНЬ И ПОЛУТЕНЬ	122
1. Тень и полутень (122). 2. Солнечные и лунные затмения (124)	
§ 17. ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА	128
1. Почему мы видим предметы? (128). 2. Зеркальное отражение (129). 3. Рассеянное отражение (131)	
§ 18. ИЗОБРАЖЕНИЕ В ЗЕРКАЛЕ.....	134
1. Как возникает изображение в зеркале? (134). 2. Где находится изображение в зеркале? (135). 3. Где и как применяют зеркала? (136)	
§ 19. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА.....	142
1. Наблюдения и простые опыты (142). 2. Законы преломления света (143). 3. Преломление света в призме (145)	
§ 20. ЛИНЗЫ.....	150
1. Основные элементы линзы (150). 2. Собирающая и рассеивающая линзы (152). 3. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы (153). 4. Построение изображения в линзе (154)	
§ 21. ГЛАЗ, ФОТОАППАРАТ И КИНОАППАРАТ	160
1. Глаз (160). 2. Фотоаппарат (162). 3. Киноаппарат и проектор (162)	
§ 22. ПОМОЩНИКИ ГЛАЗА	168
1. Недостатки зрения и их исправление (168). 2. Лупа (169). 3. Как устроен микроскоп? (170). 4. Как устроен телескоп? (172)	
§ 23. ДИСПЕРСИЯ СВЕТА. ЦВЕТ	176
1. Опыт Ньютона с призмой. Дисперсия света (176). 2. Как глаз различает цвета? (178). 3. Почему лист зеленый, а роза красная? (178)	
§ 24. СИЛА СВЕТА И ОСВЕЩЕННОСТЬ.....	184
1. Сила света (184). 2. Освещенность (185). 3. Как зависит освещенность от угла падения света? (187). 4. Как правильно выбрать освещение? (188)	
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	193
ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ.....	203
ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	204