

А. В. Перышкин
Н. А. Родина

Учебник
для 7 класса
средней
школы

ФИЗИКА

Утверждено
Государственным
комитетом СССР
по народному
образованию

10-е
издание,
переработанное



Первоначальные сведения
о строении вещества



Взаимодействие тел



Давление твердых тел,
жидкостей и газов



Работа и мощность. Энергия



Приложение

МОСКВА
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
1989

Условные обозначения:

- ? вопросы
- △ упражнения
- задания

Ребята!

В создание этой книги вложен большой труд людей многих профессий. Над ней работали авторы, редакторы, художники, наборщики, корректоры, печатники, брошюровщики. Чем бережнее вы будете относиться к учебнику, тем большее уважение проявите к труду тех, кто старался создать для вас хорошую книгу.

Помните, что ежегодно только для семиклассников страны требуется 4 000 000 учебников по физике, на которые расходуется больше тысячи восьмисот тонн бумаги!

Если все учащиеся VII класса передадут своим младшим товарищам учебники в полной сохранности, то тем самым они сэкономят от вырубки 30 000 деревьев, которые росли 60—80 лет!

Перышкин А. В., Родина Н. А.

П27 Физика: Учеб. для 7 кл. сред. шк.—10-е изд., перераб.— М.: Просвещение, 1989.—175 с.: ил.

ISBN 5-09-001306-3

9-е издание вышло в 1987 году под названием «Физика: Учеб. для 6—7 кл. сред. шк.».

П 4306021100—192 инф. письмо—89, № 83
103(03) —89

ББК 22.3я72

1. Что изучает физика
2. Некоторые физические термины
3. Наблюдения и опыты
4. Физические величины. Изменение физических величин
5. Физика, техника, природа

Учебник, который вы открыли, называется «Физика». Эту новую для вас науку вы будете изучать до окончания школы.

Знакомство с физикой не кончается в школе. Есть специальные институты, в которых готовят ученых-физиков, для них эта наука станет профессией. Но физика нужна не только ученым, она нужна всем: рабочему и технику, инженеру и конструктору, врачу и агроному.

Только зная физику, можно проектировать и строить дома, заводы, машины, электростанции. Чтобы создавать тракторы, телевизоры, космические аппараты, даже просто одежду и продукты питания, надо знать физику.

Оптические приборы — очки и телескопы, фотоаппараты и киноаппараты — можно было сделать только потому, что физики изучили, как распространяется свет в воздухе и стекле. Конструирование и изготовление кораблей, самолетов, воздушных шаров основано на знании закономерностей, которым подчиняются жидкости, газы и движущиеся в них тела.

Наши дома заполнены физическими приборами. Эти приборы освещают комнаты, помогают готовить и сохранять пищу, убирать квартиру.

Часы, телефон, пылесос, телевизор — все это тоже физические приборы.

В окружающем нас мире происходят всевозможные изменения, или явления. В физике изучают механические, тепловые, электрические, световые явления. Все эти явления называют *физическими*. Таяние льда, кипение воды, падение дождевых капель, свечение раскаленного вольфрамового нити лампы, молния — примеры физических явлений.

Даже в живых организмах происходят физические явления, иногда не видимые нами. Блага поднимается

1. ЧТО ИЗУЧАЕТ ФИЗИКА

¹ Первый и второй параграфы написаны совместно с доктором физ.-мат. наук, профессором Я. А. Смородинским.



Ломоносов Михаил Васильевич (1711—1765) — первый русский академик, ученый - энциклопедист. Проявив огромное трудолюбие, М. В. Ломоносов достиг выдающихся успехов в различных областях науки, его открытия обогатили многие отрасли знаний, а выдвинутые им идеи определили науку своего времени; поэт, заложивший основы русского литературного языка; художник, историк, астроном, поборник развития русской науки и отечественного просвещения. А. С. Пушкин писал о М. В. Ломоносове: «Он создал первый русский университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом».

от земли к колосу по стеблю растения, кровь течет по сосудам в теле животного, по нервным волокнам передаются от мозга сигналы телу животного. Поэтому знание физики нужно и врачам и агрономам, тем более что в своей деятельности они используют различные физические приборы.

Что же изучает физика, как может одна наука обратиться в таком множестве явлений?

Причина состоит в удивительном свойстве науки — выводить общие *законы* на основании изучения лишь очень простых явлений. Например, изучив свободное падение шариков разных размеров с разной высоты, можно установить законы, которые будут выполняться и при падении всех других тел.

По этой книге вы начнете изучать именно такие простые явления и постепенно научитесь обнаруживать в них важные закономерности.

В этом и состоит задача физики — открыть законы, которые связывают между собой различные физические явления, происходящие в природе, найти связь и причины явлений. Например, установлено, что причиной падения на Землю различных тел является притяжение их Землей; смена дня и ночи объясняется тем, что Земля, освещаемая Солнцем, движется вокруг своей оси (рис. 1); одна из причин возникновения ветра — неравномерное нагревание воздуха.

Но не только физика занимается изучением природы, есть и другие науки о природе, например география, биология, химия. Каждая наука имеет свои цели и свои приемы изучения природы. Только изучая физику, вы постепенно узнаете, чем отличается одна наука от другой и как в то же время они тесно связаны. Так, например, в географии законы физики применяют для объяснения климата, течения рек, образования ветров. В зоологии с их помощью объясняют, как происходит движение животных на земле и рыб в воде, как разные животные издают и воспринимают звуки, как устроены их органы зрения и многое другое.

Науки о природе зародились давно. Первыми пытались объяснить наблюдаемые явления природы ученые Древней Греции. В сочинениях одного из них — философа

Аристотеля, величайшего мыслителя древности, жившего в IV веке до нашей эры, и появилось слово «физика» (греческое слово *φύσις* означает природа). В русский язык это слово ввел в XVIII веке М. В. Ломоносов, когда он издал в переводе с немецкого первый учебник физики. Именно тогда в России и стали серьезно заниматься этой наукой.



Рис. 1

В наше время изучение природы требует упорного труда многих ученых разных стран и народов. Их совместная работа позволяет человечеству продвигаться в исследованиях законов и явлений окружающего мира.

В этом году вы будете знакомиться с механическим движением, законы которого обоснованы в трудах Н. Коперника и И. Кеплера, Г. Галилея и И. Ньютона. Вы будете изучать свойства жидкостей и газов и узнаете об открытиях Б. Паскаля и Архимеда, о вкладе М. В. Ломоносова в различные области науки. Вы убедитесь в том, что эффективное использование результатов научных исследований обеспечивает прогресс человеческого общества.

? 1. Почему знать физику нужно не только ученым-физикам? 2. Какие науки о природе вы знаете?

Чтобы рассказывать о физике, изучать ее, приходится использовать специальные слова — *термины*.

Так, говоря о движении различных предметов: самолета, человека, мяча и др., — физик часто может не считаться с тем, что именно движется, так как для изучения движения это во многих случаях несущественно. Тогда он говорит, что движется *физическое тело* (или просто тело), понимая под этим любой предмет. Например, несколько физических тел изображено на рисунке 2 — это карандаш, водопроводный кран, капля воды, резиновый шарик, наполненный воздухом.

Каждое тело имеет форму и объем. На рисунке 3 показаны тела разной формы, но одинакового объема — кусок пластилина и слон, вылепленный из такого же куска пластилина, а на рисунке 4 — тела разного объема, но одинаковой формы — две ложки.

2. НЕКОТОРЫЕ
ФИЗИЧЕСКИЕ
ТЕРМИНЫ

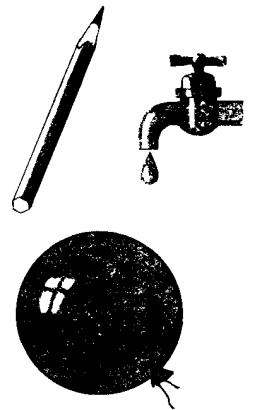


Рис. 2

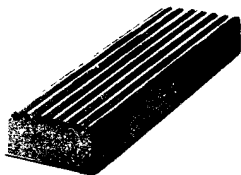


Рис. 3

1. Приведите примеры физических тел. 2. Какие физические тела изображены на рисунке 2 и из каких веществ они состоят? 3. В чем сходство и различие тел, изображенных на рисунках 3 и 4?

Задание 1

1. Найдите в учебнике оглавление и предметно-именной указатель. Пользуясь оглавлением, определите, на каких страницах учебника находятся описания лабораторных работ, ответы к упражнениям и задачам для повторения, на каких страницах изложен § 5 «Физика, техника, природа».

По предметно-именному указателю найдите



Рис. 4

страницы, на которых написано о Ю. А. Гагарине, прочтите сведения о нем.

2. Научитесь проверять свои знания по вопросам, помещенным после каждого параграфа учебника: прочитав параграф, ответьте на предложенные вопросы, а затем проверьте свои ответы по тексту параграфа.

Выполните такое упражнение по вопросам к § 2 (на вопрос 2 ответьте письменно).

3. НАБЛЮДЕНИЯ И ОПЫТЫ

Каждый знает, что лед в теплом помещении тает, вода на морозе замерзает, магнит притягивает железные предметы и т. д.

Откуда появились эти знания? Многие знания добыты людьми из собственных *наблюдений*. Так, например, каждый из нас наблюдал, что ничем не удерживаемые тела падают на землю. Именно благодаря наблюдениям накопились многие знания о природе.

В физике и в некоторых других науках (биологии, химии) знания добывают не только из наблюдений, но и из *опытов*. Опыт отличается от наблюдений тем, что их проводят с определенной целью, по заранее обдуманному

плану и во время опыта обычно выполняют специальные измерения.

Например, наблюдая падение тел, мы можем лишь заметить, что тело падает все быстрее и быстрее. А чтобы изучить, как происходит падение тел, надо поставить специальные опыты. Легенда рассказывает, что итальянский ученый Г. Галилей, чтобы изучить, как происходит свободное падение тел, отпускал разные шары с высокой наклонной башни (рис. 5). Наблюдая за их падением и выполняя при этом необходимые измерения, он установил законы падения тел.

Наблюдения и опыты — источники физических знаний.

1. Каким образом мы получаем знания о явлениях природы? 2. Чем отличаются опыты от наблюдений? 3. Зачем во время опытов проводят измерения?

Задание 2

1. Наблюдения показывают, что в жаркий день ветер дует от поверхности реки к песчаному берегу. Причина этого состоит в том, что температура воды ниже температуры песка. Как при помощи опыта проверить эти наблюдения (если есть возможность, то сделайте такой опыт)?

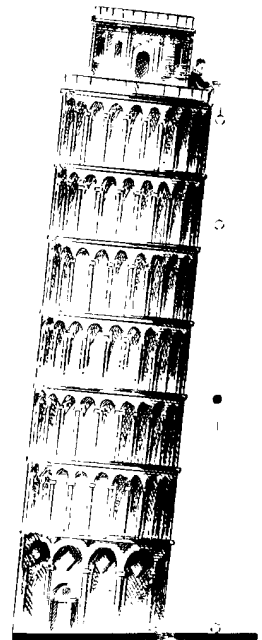


Рис. 5

2. Пользуясь таблицами, которые помещены на внутренней стороне обложки учебника (она называется форзацем), повторите соотношения между единицами длины, площади и объема.

Чтобы узнать, например, зависит ли объем воды или другой жидкости от ее температуры и как зависит, нужно, нагревая воду, измерять и объем, и температуру.

Объем и температура, время и длина — примеры *физических величин*. Физическими величинами являются также площадь, скорость, масса, сила.

Физическую величину можно измерить.

Измерить какую-либо величину — это значит сравнить ее с однородной величиной, принятой за единицу этой величины. Так, например, измерить длину стола — значит сравнить ее с другой длиной, которая принята за единицу длины, например с метром. В результате измерения величины получаем ее числовое значение, выраженное в принятых единицах.

4. ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ.
ИЗМЕРЕНИЕ
ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН

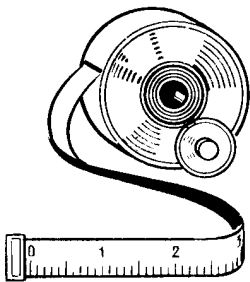


Рис. 6

Для каждой физической величины приняты свои единицы. Так, для площади принята единица площади (1 м^2), для времени — единица времени (1 с), для объема — единица объема (1 м^3).

Как известно из курса математики, используются также *кратные* единицы, которые в 10, 100, 1000 и т. д. раз больше, и *дольные* единицы, которые в 10, 100, 1000 и т. д. раз меньше принятых единиц величин. Например, единицы длины, кратные одному метру (1 м), — это километр (1000 м), декаметр (10 м), а единицы, дольные метру, — дециметр ($0,1 \text{ м}$), миллиметр ($0,001 \text{ м}$) и другие.

Для удобства все страны мира стремятся измерять одну и ту же физическую величину одинаковыми единицами, например длину — метрами, время — секундами, массу — килограммами и т. д.

Для измерения физических величин и проведения опытов нужны различные *физические приборы*. Одни приборы очень просты и предназначены для несложных измерений. К ним относятся, например, измерительная линейка, рулетка (рис. 6), измерительный цилиндр (мензурка), применяемый для измерения объема жидкости (рис. 7). Есть и более сложные измерительные приборы: секундомеры (рис. 8), термометры (рис. 9) и другие.

По мере развития физики и техники приборы совершенствовались и усложнялись.

В наше время совместными усилиями ученых, инженеров, техников и рабочих созданы сложнейшие приборы, при помощи которых современные физики изучают строение вещества.

У большинства измерительных приборов имеется *шкала*, т. е. на них нанесены при помощи штрихов деления и написаны значения величин, соответствующие делениям (рис. 6—9). Расстояния между двумя штрихами, около которых написаны значения физической величины, могут быть дополнительно разделены на несколько делений, не обозначенных числами. Но несложно установить, какому значению величины соответствует каждое самое малое деление.

Рассмотрим для примера линейку — прибор для измерения длины. Расстояния между штрихами, обозначен-

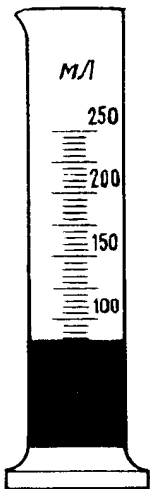


Рис. 7

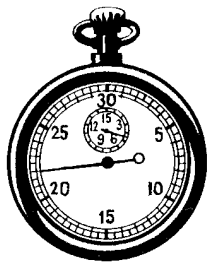


Рис. 8

ными 1; 2; 3 см и т. д., разделены на 10 одинаковых делений. Значит, каждое деление, т. е. расстояние между ближайшими штрихами, соответствует 1 мм. Эта величина называется *ценой деления прибора*.

Прежде чем измерять физическую величину соответствующим прибором, нужно обязательно определить цену деления этого прибора.

Чтобы определить цену деления, нужно найти два ближайших штриха шкалы, около которых написаны значения величины. Затем из большего значения вычесть меньшее и полученное число разделить на число делений, находящихся между ними.

Сделаем это на примере секундомера, изображенного на рисунке 8. Используем любые два штриха, около которых нанесены значения измеряемой величины (времени), например штрихи с обозначениями 5 и 10 с. Расстояние между этими штрихами разделено на 10 делений. Значит, цена каждого деления равна:

$$\frac{10 \text{ с} - 5 \text{ с}}{10} = 0,5 \text{ с.}$$

Стрелка секундомера на рисунке 8 показывает 22 с.

1. Приведите примеры физических величин.
 2. Что значит измерить физическую величину?
 3. Приведите примеры единиц физических величин.
 4. Как называется основная единица длины? Какие вы знаете кратные и дольные ей единицы?
 5. Приведите примеры измери-

тельных приборов, применяемых в физике.
 6. Пользуясь рисунком 8, расскажите, как определить цену деления изображенного на нем секундомера.
 7. Как определить цену деления измерительного прибора?

▲ Упражнение 1

1. Определите цену деления термометров, изображенных на рисунке 9.
2. Определите цену деления имеющихся у вас термометров: медицинский, комнатный,

уличного. Запишите показания этих термометров.

3. Определите цену деления рулетки (см. рис. 6) и измерительного цилиндра (мензурки), изображенного на рисунке 7.

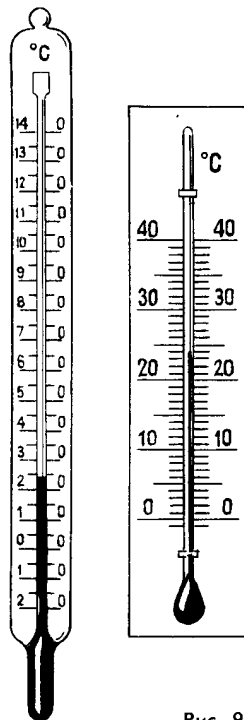


Рис. 9

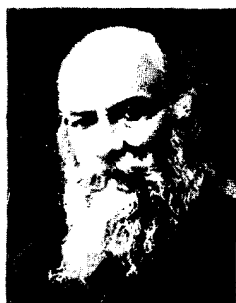
Вторую половину XX в., т. е. нашу эпоху, называют эпохой научно-технической революции. Для нее характерно быстрое развитие науки и техники и их широкое внедрение в промышленность и быт человека.

Физика является основой техники. Это означает, что

5. ФИЗИКА,
 ТЕХНИКА,
 ПРИРОДА



Попов Александр Степанович (1859—1906)



Жуковский Николай Егорович (1847—1921)



Авилов Сергей Иванович (1891—1951)

различные технические устройства основаны на использовании явлений и законов природы, открытых и изученных в физике (см. § 1).

Двигатели внутреннего сгорания, которые приводят в движение автомобили, тракторы, тепловозы, танки, речные и морские суда, созданы в результате изучения многих тепловых явлений.

Об электричестве узнали за несколько веков до нашей эры, но практическое применение электричество стало находить начиная примерно со второй половины XIX столетия, после того как были открыты и изучены многие электрические явления и законы. В настоящее время электрическое освещение, нагревательные электрические приборы, телеграф, радио и телевидение прочно вошли в быт. На фабриках и заводах, в шахтах и рудниках электрические двигатели приводят в движение станки и различные механизмы. В металлургии в электрических печах получают высокие сорта стали и многие ценные металлы. Электричество используется в городском транспорте и на железных дорогах. В сельском хозяйстве применяют электродоильные аппараты, сепараторы, электрической энергией обогревают инкубаторы. На учении о световых и звуковых явлениях основано кино и телевидение. Можно привести множество других примеров применения физических знаний в технике. В свою очередь достижения техники, совершенные машины и точные измерительные приборы используются учеными для новых открытий в физике. Например, изучение происходящих в космосе явлений стало возможным после создания мощных ракет и полетов в космос.

Наука и техника тесно связаны между собой. Развитие науки вызывает дальнейшее развитие техники; дальнейшее же развитие техники, необходимость ее совершенствования способствуют все новым достижениям науки.

Велико значение физики и в понимании многих явлений неживой и живой природы. Так, например, физика объяснила причины молнии и грома, помогла понять строение Солнца и звезд, происхождение землетрясений и смерчей. Открытые в физике рентгеновские лучи дают возможность исследовать скелет и внутренние орга-

ны человека и животных. Изученные физиками ультразвуки помогают понять, как ориентируются в темноте летучие мыши, передвигаются в море дельфины и многое другое.

В развитии техники, как и науки, большую роль сыграли работы отечественных ученых.

Радио сейчас — важнейшее средство связи. Русский ученый А. С. Попов первым осуществил радиосвязь. 7 мая 1895 г. он сделал сообщение об изобретении прибора, который принимал без проводов электрические сигналы. Эта дата прочно вошла в историю мировой культуры как дата одного из величайших изобретений — радио, которым так широко пользуется сейчас человечество.

Много сделал для развития авиации русский ученый Н. Е. Жуковский, которого В. И. Ленин назвал «отцом русской авиации».

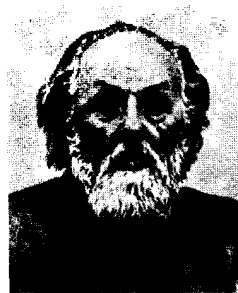
Трудами Н. Е. Жуковского и его учеников начато в нашей стране создание авиации. Современные советские пассажирские самолеты летают со скоростью до 900 км/ч (до 250 м/с) и перевозят до 350 пассажиров, а грузовые самолеты — до 40 т груза в рейс. В 1985 г. в СССР построен грузовой самолет «Руслан» грузоподъемностью 150 т.

Русские инженеры П. Н. Яблочков и Л. Н. Лодыгин создали первые электрические осветительные приборы. Лампы дневного света получили у нас широкое распространение после того, как их усовершенствовал С. И. Вавилов.

К. Э. Циолковский, изучив законы реактивного движения, разработал проект летательного аппарата — ракеты — для полетов с Земли на другие планеты Солнечной системы.

Всему миру известны замечательные достижения советской науки и техники. В нашей стране была построена первая в мире электростанция, работающая на атомной энергии, произведены запуски первого в мире искусственного спутника Земли и первой космической ракеты, ставшей новой планетой Солнечной системы. Первой ракетой, достигшей Луны, была советская ракета. Первым космонавтом был советский человек — Ю. А. Гагарин.

В наше время освоение космического пространства



Циолковский Константин Эдуардович (1857—1935)



Королев Сергей Павлович (1907—1966)



Гагарин Юрий Алексеевич (1934—1968)



Курчатов Игорь Васильевич (1903—1960)

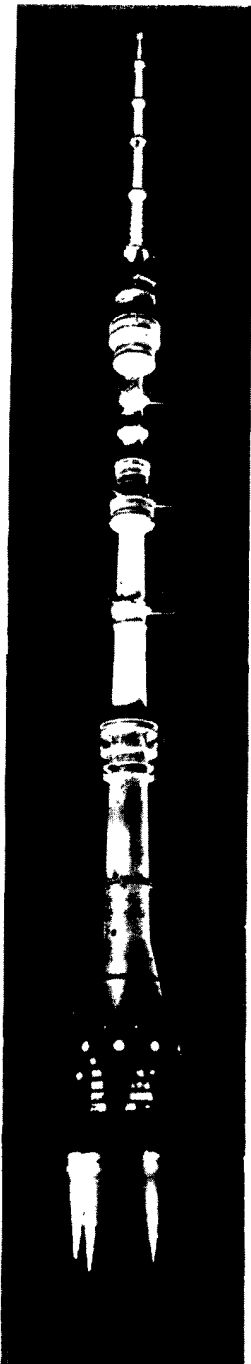
быстро развивается. Осуществляются стыковки космических аппаратов, на борту космических кораблей проводятся сложные научные опыты, длительность полетов значительно возросла.

Большой вклад в научную и техническую разработку полетов в космос внес советский ученый С. П. Королев.

Развитие атомной энергетики в нашей стране связано с именем ученого И. В. Курчатова.

И. В. Курчатов возглавил в нашей стране исследования по овладению ядерной энергией. В результате этих работ был запущен первый советский ядерный уран-графитовый реактор (декабрь 1946 г.); построена в 1954 г. первая в мире атомная электростанция (АЭС в г. Обнинске) и тем самым положено начало использованию атомной энергии в мирных целях.

Почему физика является основой техники? Ответы иллюстрируйте примерами.



1. Телевизионная башня (Москва, Останкино).

2. Реактивный пассажирский самолет.

3. Грузовой автомобиль «КамАЗ».

4. Уборка зерна комбайном «Колос».

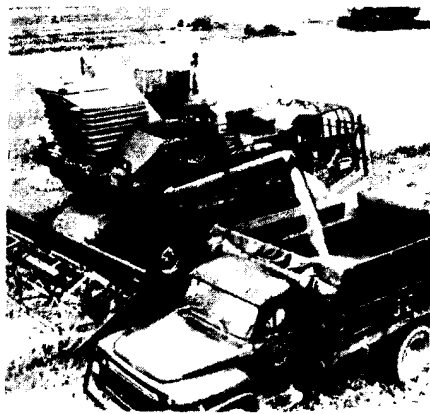
5. Электropоезд «ЭР-200» (развивает скорость до 200 км/ч).



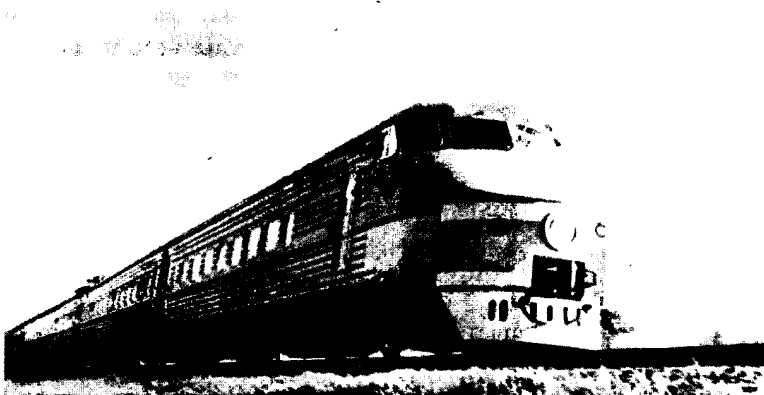
2



3



4



5



ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

- | | |
|---|---|
| 6. Структура вещества | 10. Взаимное притяжение и отталкивание молекул |
| 7. Молекулы | 11. Три состояния вещества |
| 8. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах | 12. Различия в молекулярном строении твердых тел, жидкостей и газов |
| 9. Скорость движения молекул и температура тела | |

6. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

В физике не только наблюдают и описывают явления и свойства тел, но и стремятся объяснить, почему они протекают так, а не иначе. Например, почему вода растекается, когда ее проливают на пол, а на горячей сковороде она собирается в капли? Почему газ легко сжать, а твердое тело и жидкость — очень трудно? Почему нагретый кусок стали легче изогнуть или расплющить, чем холодный? Ответить на эти и многие другие вопросы можно, но для этого нужно знать строение вещества.

Знания о строении вещества позволяют не только объяснить многие физические явления. Они помогают предсказывать, как будет происходить явление, что нужно сделать, чтобы его ускорить или замедлить, т. е. помогают управлять явлениями.

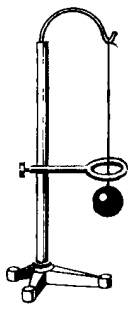
Изучив строение тел, можно объяснить их свойства, а также создать новые вещества с нужными свойствами — твердые и прочные сплавы, жароупорные материалы. Так, например, были созданы такие материалы, как пластмассы, искусственный каучук, капрон, лавсан и др.

Все эти материалы нашли широкое применение в технике, медицине и быту.

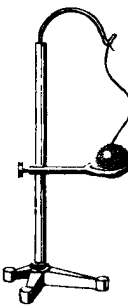
О строении вещества позволяют судить некоторые явления и опыты.

Если сжать руками мяч, то объем воздуха, заполняющего мяч, уменьшится. Сжатием можно уменьшить и объем куса резины, воска.

Стальной шарик, свободно проходящий через кольцо (рис. 10, а), после нагревания расширится и застрянет в кольце (рис. 10, б). Когда шарик охладится, его объем уменьшится и он снова пройдет сквозь кольцо.



а



б

Рис. 10

На опыте можно обнаружить, что при нагревании жидкости уровень ее в трубке увеличивается (рис. 11). Следовательно, жидкости при нагревании расширяются.

Итак, опыты показывают, что объем тела может изменяться: уменьшаться или увеличиваться. Почему это происходит?

Это явление можно объяснить, предположив, что вещества состоят из отдельных частиц, между которыми есть промежутки. Когда частицы отодвигаются друг от друга, объем тела увеличивается. При сближении частичек объем уменьшается. Такие предположения в науке называют гипотезами. Гипотезу о строении вещества из частиц выдвинули еще древнегреческие ученые. Они обосновывали ее тем, что распространение запаха, испарение жидкостей, постепенное уменьшение объема камня под действием волн объясняются отделением от тел невидимых частиц.

Достоверность гипотез проверяют опытами.

Почему же вещества — вода, сталь, дерево — кажутся нам сплошными? Дело в том, что частицы, из которых состоят вещества, так малы, что мы их не видим.

Представление о размерах этих частиц дает следующий опыт (рис. 12). Маленькую крупинку краски растворяют в воде, налитой в сосуд. Затем немного окрашенной воды отливают в другой сосуд и доливают в него чистую воду. Во втором сосуде раствор окрашен слабее, чем в первом. Из второго отливают немного раствора в третий сосуд и опять доливают в него воду. Так проделывают несколько раз и с каждым разом убеждаются, что раствор становится все более светлым.

Рассмотрим последний раствор. Он хотя и очень слабо, но равномерно окрашен, — следовательно, в каждой его капле содержатся частицы краски. А ведь в воде растворили очень маленькую крупинку краски, и лишь часть ее попала в последний раствор. Значит, крупинка состояла из многих частиц, размеры которых очень малы.

Эти и многие другие наблюдения и опыты, о которых будет рассказано дальше, показывают, что все тела состоят из очень маленьких частиц.

Гипотезу о том, что вещество не является сплошным, а состоит из отдельных частиц, подтвердили опыты.

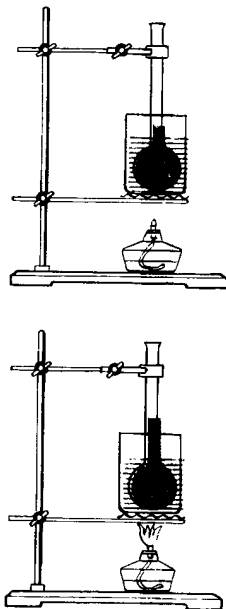


Рис. 11

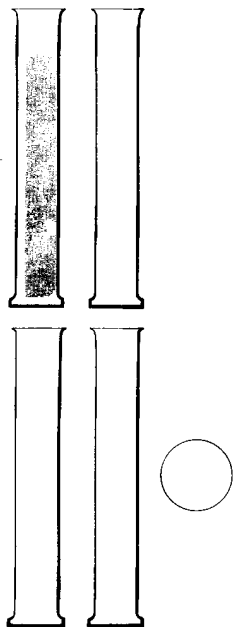


Рис. 12

1. Для чего нужно знать строение вещества?
2. Какие вы знаете материалы, созданные человеком? 3. Какие явления показывают, что вещества состоят из частиц, разделенных про-

межутками? 4. Как изменяется объем тела при уменьшении или увеличении расстояний между его частицами? 5. Как показать, что эти частицы малы?

МОЛЕКУЛЫ

О том, что вещества состоят из отдельных мельчайших частиц, люди догадывались очень давно, это утверждал еще около 2500 лет назад греческий ученый Демокрит.

Но если в древности ученые лишь предполагали, что вещества состоят из отдельных частиц, то в XIX в. существование таких частиц было доказано наукой.

Частицы, из которых состоят многие вещества, называют молекулами (латинское слово, означает «маленькая масса»).

Молекула вещества — мельчайшая частица данного вещества.

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

Каковы же размеры молекул?

Известно, что кусок сахара можно растолочь на очень маленькие крупинки, зерно пшеницы размолоть в муку. Капля масла, растекаясь по поверхности воды, может образовать пленку, толщина которой в десятки тысяч раз меньше диаметра человеческого волоса. Но в крупинке муки и в толще масляной пленки содержится не одна, а много молекул. Значит, размеры молекул этих веществ еще меньше, чем размеры крупинки муки и толщина пленки. Можно привести следующее сравнение: молекула во столько же раз меньше яблока среднего размера, во сколько раз яблоко меньше земного шара. Если бы все тела стали длиннее в миллион раз (при этом рост среднего человека стал бы равен 1600 км, а толщина его пальца 10 км), то и тогда молекула оказалась бы размером всего в половину точки печатного шрифта этого учебника.

Молекулы разных веществ отличаются друг от друга размерами, но все они очень малы. Современные приборы — электронные микроскопы — позволили увидеть и сфотографировать наиболее крупные молекулы (см. рис. 178). Эти фотографии — еще одно подтверждение существования молекул.

Так как молекулы очень малы, то в каждом теле их содержится великое множество. В 1 см^3 окружающего нас воздуха содержится такое число молекул, что если сложить столько же песчинок, то получится огромная песчаная гора, способная «закрывать» многоэтажный дом.

В природе все тела отличаются друг от друга хоть чем-нибудь. Нет людей с одинаковыми лицами. Среди листьев, растущих на одном дереве, нет двух совершенно одинаковых. Даже в целой куче песка мы не найдем совершенно одинаковых песчинок.

Отличаются ли между собой молекулы одного и того же вещества?

Многочисленные и сложные опыты показали, что молекулы одного и того же вещества одинаковы. Каждое чистое вещество состоит из одинаковых молекул, присущих только ему. Это удивительный факт! Нельзя, например, отличить воду, полученную из сока или из молока, от воды, полученной путем перегонки морской воды, так как молекулы воды одинаковы и никакое другое вещество не состоит из таких же молекул.

Хотя молекулы и очень маленькие частицы вещества, но и они делимы. Частицы, из которых состоят молекулы, называют *атомами*. Как разделить молекулу на атомы, вы узнаете, изучая химию.

Например, молекула кислорода состоит из двух одинаковых атомов, а молекула воды — из трех атомов: одного атома кислорода и двух атомов водорода. На рисунке 13 изображены две молекулы воды. Такое схематическое изображение молекул принято в науке и является моделью молекулы.

При делении двух молекул воды получаются два атома кислорода и четыре атома водорода. Каждый два атома водорода могут соединиться в молекулу водорода, а атомы кислорода — в молекулу кислорода, как показано схематически на рисунке 14.

Атомы тоже не являются неделимыми частицами, они состоят из еще более мелких частиц, их вы будете изучать в старших классах, в курсах физики и химии.

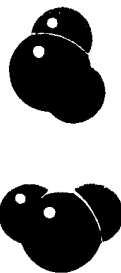


Рис. 13

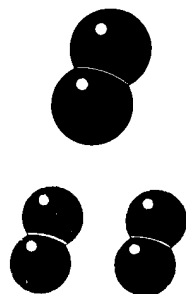


Рис. 14

1. Как называют частицы, из которых состоят вещества? 2. Из каких наблюдений следует, что размеры молекул малы? 3. Что вы знаете

о молекулах одного и того же вещества? 4. Что вы знаете о составе молекулы воды? 5. Как называется схематическое изображение молекулы?

Упражнение 2

1. Как известно, капли маслянистой жидкости растекаются по поверхности воды, образуя тонкую пленку. Почему при некоторой толщине пленки масло перестает растекаться?
2. Во сколько раз длина бактериальной клетки, равная $0,000003 \text{ м}$ ($3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$), больше диаметра

ра молекулы кислорода, равной $0,0000000003 \text{ м}$ ($3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$)?

3. Известно, что невооруженным глазом на обоих полушариях неба можно увидеть около 6000 звезд. Во сколько раз число молекул, содержащихся в 1 мм^3 кислорода, равное (при обычных условиях) $27\,000\,000\,000\,000\,000$ ($2,7 \times 10^{16}$), больше указанного числа звезд?

Задание 3

Сделайте из цветного пластилина модели двух

молекул воды. Затем из этих молекул составьте модели молекул кислорода и водорода.

8. ДИФФУЗИЯ В ГАЗАХ, ЖИДКОСТЯХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

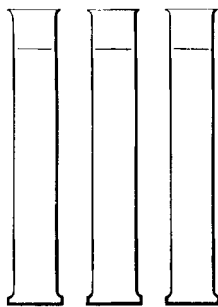
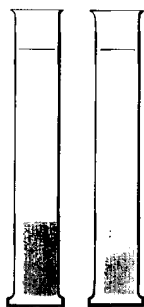


Рис. 15

Если в комнату внести какое-нибудь пахучее вещество, например эфир, то его запах через некоторое время будет ощущаться по всей комнате. Это означает, что молекулы эфира проникли всюду. Следовательно, они *движутся*, сталкиваясь с молекулами газов, входящих в состав воздуха, они много раз меняют направление своего движения и, беспорядочно перемещаясь, разлетаются по комнате. Распространение запаха — доказательство этому. То, что молекулы всех тел непрерывно и беспорядочно движутся, подтверждается и другими многочисленными опытами. Рассмотрим один из них.

В стеклянный сосуд наливают водный раствор медного купороса (сульфата меди). Этот раствор имеет темно-голубой цвет, он тяжелее воды. Поверх раствора в сосуд очень осторожно, чтобы не смешать жидкости, наливают чистую воду. В начале опыта видна резкая граница раздела между водой и раствором медного купороса.

Сосуд оставляют в покое и продолжают наблюдать за границей раздела жидкостей. Через несколько дней обнаруживают, что граница раздела расплылась. Недели через две граница, отделявшая одну жидкость от другой, исчезает, в сосуде образуется однородная жидкость бледно-голубого цвета (рис. 15). Значит, жидкости перемешались.

Взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга, происходящее вследствие беспорядочного движения частиц вещества, называют **диффузией** (латинское слово, означает «растекание, распространение»).

Это явление объясняют так (рис. 16). Сначала вследствие своего движения отдельные молекулы воды и мед-

ного купороса, находящиеся около границы раздела этих жидкостей, обмениваются местами. Граница становится расплывчатой, так как молекулы медного купороса попадают в нижний слой воды и, наоборот, молекулы воды — в верхний слой раствора медного купороса. Затем часть этих молекул обменивается местами с молекулами, лежащими в следующих слоях. Граница раздела жидкостей становится еще более расплывчатой. Так как *молекулы движутся непрерывно и беспорядочно*, то этот процесс приводит к тому, что вся жидкость в сосуде становится однородной.

Опыт показал, что в жидкостях диффузия происходит медленнее, чем в газах. Объясняется это тем, что расстояние между молекулами в жидкостях значительно меньше, чем в газах.

Происходит диффузия и в твердых телах, но только очень медленно. В одном из опытов гладко отшлифованные пластины свинца и золота положили одну на другую и сжали грузом. Как показал опыт, при обычной комнатной температуре (около 20°C) за 5 лет золото и свинец взаимно проникли друг в друга на расстояние порядка 1 мм.

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

Диффузия происходит и при спайке металлических деталей.

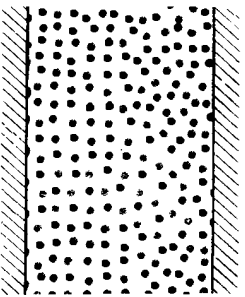
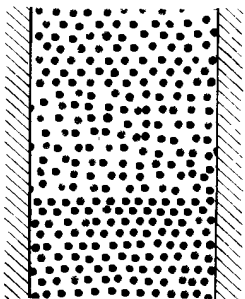
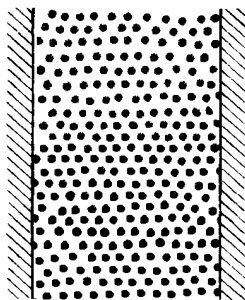


Рис. 16

❓ 1. Объясните, как распространяется эфир в комнате. Что доказывает это явление? 2. Что такое диффузия? Опишите опыт, в котором наблюдают диффузию жидкостей. 3. Пользуясь рисунком 16, объясните, как происходит

диффузия в жидкостях. 4. Одинаково ли быстро протекает диффузия в газах, жидкостях и в твердых телах? 5. При каких процессах и как происходит диффузия в организме человека и животных?

▲ Упражнение 3

1. На каком явлении основана засолка овощей, рыбы и других продуктов?
2. В воде рек, озер и других водоемов всегда содержатся молекулы газов, входящих в состав воздуха. Благодаря какому явлению попадают

эти молекулы в воду? Почему они проникают до дна водоема? Опишите, как происходит при этом перемешивание воздуха с водой.

3. Основываясь на описанном в § 8 объяснении диффузии в жидкости, расскажите, как происходит диффузия в газах.

Задание 4

1. Налейте в стакан холодную воду и опустите в нее кусочек марганцовки (калия перманганат). Не перемешивая воду, определите, через какое время молекулы марганцовки попадут в верхний слой воды. Объясните наблюдаемое явление.

2. Налейте в два стакана одинаковый объем воды. Один стакан поставьте в теплое место, другой — в холодное (в холодильник, за окно,

в сени). Через некоторое время опустите в каждый стакан по кусочку грифеля от химического карандаша (или крупинку марганцовки). Поставьте стаканы на прежние места. Утром и вечером отмечайте положение границы окрашенной и чистой воды в этих стаканах. На основании проделанного опыта сделайте соответствующий вывод.

3. Прочитайте в конце учебника параграф «Броуновское движение».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
СКОРОСТИ
ДИФфуЗИИ
И ТЕМПЕРАТУРЫ
ТЕЛА

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

Мы знаем, что при нагревании холодная вода сначала становится теплой, а затем горячей. Нагретая печь постепенно охлаждается, а воздух в комнате нагревается.

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

Температура горячей воды выше температуры холодной. Зимой температура воздуха на улице ниже, чем летом.

Температуру тела, как известно, измеряют *термометрами* и выражают в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$).

Если наблюдать диффузию жидкостей в двух сосудах, один из которых в начале опыта помещен в холодное место, а другой в теплое, то можно обнаружить, что *диффузия при более высокой температуре происходит быстрее* (см. задание 4, № 2). Это означает, что скорость движения молекул и температура тела связаны между собой. Например, сахар и соль быстрее растворяются в горячей воде, чем в холодной.

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

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

1. Какие тепловые явления вы знаете? 2. Как протекает диффузия при более высокой и более низкой температурах? 3. Как связана темпе-

ратура тела со скоростью движения его молекул? 4. Чем отличается движение молекул холодной от движения молекул теплой воды?

динить. На этом основана сварка металлов, а также спайка и склеивание.

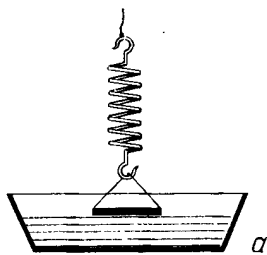
Итак, *между молекулами существует взаимное притяжение*. Это притяжение заметно проявляется лишь на расстояниях, которые сравнимы с размерами самих молекул.

Но тогда возникает вопрос: почему существуют промежутки между молекулами? Казалось бы, молекулы должны притянуться друг к другу и «слипнуться». Не происходит этого потому, что между молекулами одновременно с притяжением существует и отталкивание. При сближении молекул до расстояний, сравнимых с размером самих молекул, заметнее проявляется притяжение, а при дальнейшем сближении начинает больше проявляться отталкивание. Что отталкивание существует, видно из многих явлений, например, сжатые тела распрямляются потому, что при сжатии мы так сближаем молекулы, что они отталкиваются друг от друга.

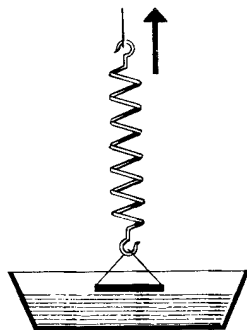
Притяжением молекул друг к другу можно объяснить и такое часто наблюдаемое на практике явление, как *смачивание* твердого тела жидкостью. Ознакомимся с этим явлением на опыте.

На тонкой пружине горизонтально подвешивают стеклянную пластинку. Снизу под пластинку подносят сосуд с водой так, чтобы пластинка легла на поверхность воды в сосуде (рис. 18, а). После этого пластинку медленно поднимают вверх. Сначала пластинка не отрывается от воды, и пружина растягивается все сильнее (рис. 18, б). По растяжению пружины можно судить о силах притяжения между молекулами, удерживающих пластинку на поверхности воды. Когда стеклянная пластинка отрывается от воды (рис. 18, в), то на ней остается тонкий слой ее, т. е. пластинка оказывается смоченной водой. Значит, разрыв происходит не в местах соприкосновения молекул воды с молекулами стекла, а там, где молекулы воды соприкасаются друг с другом. Вода смачивает стекло, а также дерево, кожу и многие другие вещества.

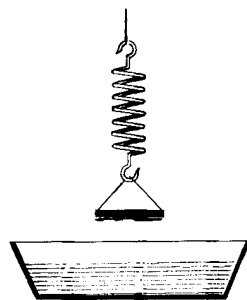
Если опустить в воду пластинку из воска или парафина и затем вынуть ее из воды, то пластинка окажется сухой. Значит, вода не смачивает воск и парафин. Вода не смачивает также все жирные поверхности. Ртуть не смачивает



а



б



в

Рис. 18

чугун (ее обычно хранят в чугунных сосудах), но смачивает золото, цинк и некоторые другие вещества. Результаты этих опытов легко объяснить на основе знаний о молекулах.

В тех случаях, когда жидкость смачивает твердое тело, ее молекулы притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам тела. Несмачиваемость же объясняется тем, что молекулы жидкости сильнее притягиваются друг к другу, чем к молекулам твердого тела.

Явления смачивания и несмачивания учитывают и используют в практике. Мы вытираемся полотенцами, сделанными из ткани, смачиваемой водой, пишем на бумаге, смачиваемой чернилами, и используем металлические перья, которые также смачиваются чернилами.

Водоплавающие птицы смазывают при помощи клюва свои перья жиром, выделяемым особой железой. Поэтому перья не смачиваются водой. Под перьями имеется пух, он остается сухим, и вокруг тела птицы сохраняется воздушный слой, благодаря которому птица не мерзнет даже в холодной воде и, кроме того, держится на воде, не тонет. У птиц-ныряльщиков, которые добывают себе пищу, ныряя на глубину, нет такой смазки. Например, оперение баклана намокает при нырянии и он опускается на дно. Баклан — птица жарких стран, и после выхода из воды он обсушивается на солнце, расправив крылья. Очень опасны для птиц загрязнения воды нефтью. Нефть смачивает перья птиц, вода проникает в слой пуха, и птица может замерзнуть и утонуть.

1. Почему твердые тела и жидкости не распадаются сами собой на отдельные молекулы? 2. При каких условиях притяжение между молекулами заметно? 3. Почему два куска мела не соединяются при сдавливании, а два куска замазки или свинца соединяются? 4. Какие явления указывают на то, что молекулы не только притягиваются друг к другу, но и отталкиваются?

5. Опишите опыт, в котором наблюдается смачивание стекла водой. 6. Приведите примеры смачивания и несмачивания твердых тел жидкостями. 7. Как объяснить смачивание и несмачивание на основе взаимодействия молекул? 8. Как учитывается смачивание на практике? 9. Приведите примеры проявления несмачивания и смачивания в природе.

Упражнение 5

1. Почему два сухих листочка бумаги не слипаются, если их приложить друг к другу, а смоченные водой слипаются?

2. Слипнутся ли два листочка бумаги, если один из них смочить водой, а другой растительным маслом? Ответ обоснуйте.

Зимой вода на поверхности озер и рек замерзает, переходит в твердое состояние — лед. Подо льдом вода остается жидкой (рис. 19). Здесь одновременно существуют два различных состояния воды — твердое (лед) и жидкое (вода). Существует и третье состояние воды — газообразное: невидимый водяной пар находится в окружающем нас воздухе.

Жидкую ртуть можно увидеть в резервуаре термометра. Над поверхностью ртути находятся ее пары, они представляют собой газообразное состояние ртути. При температуре -39°C ртуть отвердевает — переходит в твердое состояние.

На примере воды и ртути мы видим, что *вещества могут находиться в трех состояниях: в виде твердого тела, жидкости и газа*. Свойства тел в разных состояниях различны.

Твердое тело в обычных условиях трудно сжать или растянуть, оно сохраняет свой объем. И для изменения формы твердого тела, например чтобы согнуть его или разорвать, нужно приложить усилие.

Сохранение объема и формы — свойства твердых тел.

Жидкость легко меняет свою форму, она принимает форму того сосуда, в который ее наливают (рис. 20). В обычных условиях только маленькие капельки жидкости имеют свою форму — форму шарика. Например, такие шарообразные капельки воды можно видеть при выпадении росы (рис. 21).

Свойством жидкости легко изменять свою форму пользуются, когда изготавливают посуду из расплавленного стекла (рис. 22).

Форму жидкости изменить легко, но объем ее изменить трудно. Сохранилось описание одного исторического опыта, в котором воду пробовали сжать таким способом: ее налили в свинцовый шар и шар запаляли, чтобы вода не могла выливаться при сжатии. После этого ударили по свинцовому шару тяжелым молотом, чтобы шар сжался и сжал воду. И что же? Вода не сжалась, она просочилась сквозь стенки шара.

Следовательно, *жидкости сохраняют объем, но легко меняют свою форму*.

Многие *газы* прозрачны и бесцветны, поэтому мы их не

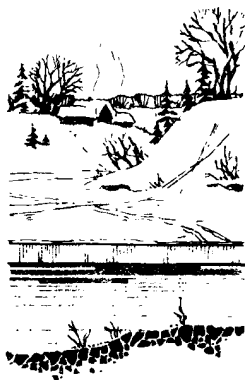


Рис. 19

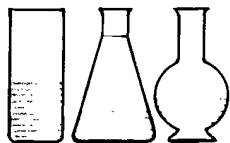


Рис. 20

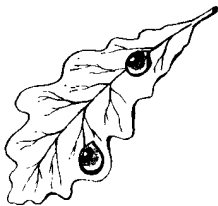


Рис. 21

видим. Мы не видим, например, воздух. Но при быстром движении, находясь в автомобиле, поезде, а также когда дует ветер, мы замечаем присутствие воздуха вокруг нас. Его можно обнаружить и при помощи опытов.

Опустим в воду перевернутый вверх дном стакан — вода не войдет в стакан, потому что он занят воздухом. Если опускать в воду воронку, соединенную резиновым шлангом со стеклянной трубкой (рис. 23), то воздух будет выходить из воронки через трубку. Оба эти опыта показывают, что газ имеет объем. Но, в отличие от жидкости, объем газа довольно легко изменить. Газ может быть сильно сжат. Даже руками легко сжать воздух в мяче так, что объем его заметно уменьшится.

Газы имеют еще одно особенное свойство, какого нет у твердых тел и жидкостей, а именно: они *занимают полностью всю предоставленную им емкость*. Следовательно, газы не имеют собственной формы, они принимают форму того сосуда или помещения, в котором находятся: баллона, бутылки, комнаты.

Итак, *газы не имеют постоянного объема и собственной формы — заполняют целиком всю предоставленную им емкость*.

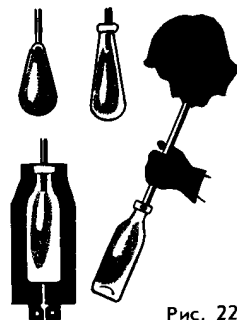


Рис. 22

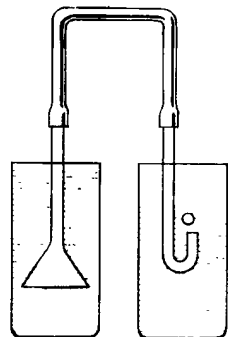


Рис. 23

? 1. Назовите вещество, которое можно часто видеть в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. 2. Назовите общие свойства

твердых тел. 3. Какие жидкости вы знаете? Перечислите общие свойства жидкостей. 4. Каковы общие свойства газов?

▲ Упражнение 6

1. Тело сохраняет свой объем, но меняет форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело?

2. Тело сохраняет свой объем и форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело?

■ Задание 5

Выпишите из § 11 выводы о свойствах твердых тел, жидкостей и газов. Для каждого вы-

вода приведите (устно) примеры, подтверждающие его.

Опыты и примеры показали нам, какие свойства имеют твердые тела, жидкости и газы.

Знания о строении вещества помогут объяснить эти свойства.

Лед, вода и водяной пар — три состояния одного и того же вещества — воды. Значит, молекулы льда, воды и

водяного пара не отличаются друг от друга. Следовательно, эти *три состояния различаются не молекулами, а тем, как молекулы расположены и как движутся*. Как же расположены и как движутся молекулы газа, жидкости и твердого тела?

Газ можно сжать так, что его объем уменьшится в несколько раз. Значит, *в газах расстояние между молекулами много больше размеров самих молекул*. В среднем расстояния между молекулами газов в десятки раз больше размера молекул. На таких расстояниях молекулы очень слабо притягиваются друг к другу. Поэтому газы не имеют собственной формы и постоянного объема. Нельзя заполнить газом, например, половину бутылки или стакана, так как, *двигаясь во всех направлениях и почти не притягиваясь друг к другу, молекулы быстро заполнят весь сосуд*.

Свойства жидкостей объясняются тем, что промежутки между их молекулами малы: молекулы в жидкостях упакованы так плотно, что расстояние между каждыми двумя молекулами меньше размеров молекулы. На таких расстояниях притяжение молекул друг к другу уже значительно. Поэтому *молекулы жидкости не расходятся на большие расстояния и жидкость в обычных условиях сохраняет свой объем*. Однако притяжение молекул жидкостей еще не настолько велико, чтобы жидкость сохраняла свою форму. Этим объясняется, что жидкости принимают форму сосуда и их легко разбрызгать и перелить в другой сосуд.

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

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

Некоторые из твердых тел, например снежинки, имеют естественную правильную и красивую форму. *Частицы (молекулы или атомы) большинства твердых тел, таких, как лед, соль, нафталин, металлы, расположены в определенном порядке*. Такие твердые тела называют *кристаллическими*. Хотя частицы этих тел и находятся в движении, *но каждая из них движется около определенной точки,*

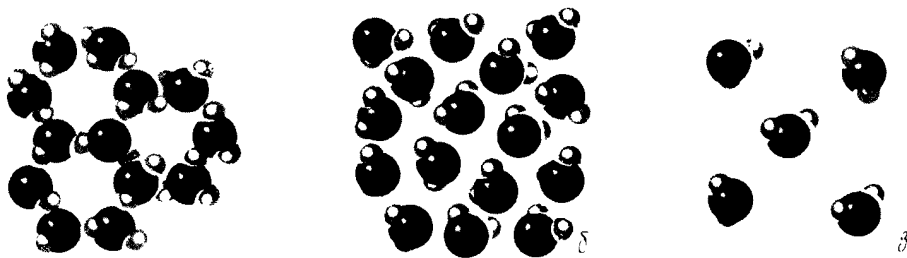


Рис. 24

подобно маятнику часов, т. е. колеблется. Частица не может переместиться далеко от этой точки, поэтому твердое тело сохраняет свою форму.

На рисунке 24 показано расположение молекул одного и того же вещества — воды — в разных состояниях: *а* — твердом (лед), *б* — жидком (вода), *в* — газообразном (водяной пар).

Одним из основателей учения о молекулярном строении вещества был великий русский ученый М. В. Ломоносов. Вот как представлял себе М. В. Ломоносов строение газов: «Частицы газа сталкиваются с другими, соседними, отскакивают друг от друга и снова сталкиваются с другими, более близкими, снова отскакивают, так что стремятся рассыпаться во все стороны, постоянно отталкиваемые друг от друга такими очень частыми взаимными ударами».

1. Имеется ли отличие между молекулами льда, воды и водяного пара? 2. Как расположены молекулы газов? 3. Почему газы заполняют весь предоставленный им сосуд? 4. Чем объясняется очень малая сжимаемость жид-

костей? Почему они не сохраняют свою форму? 5. Почему кристаллические твердые тела сохраняют свою форму и объем? 6. Кого из русских ученых считают основателем учения о строении вещества?

Задание 6

Возьмите пластмассовую бутылочку с завинчивающейся крышкой. Плотнo закройте ее и попробуйте сжать находящийся в ней воздух.

Затем заполните ее водой и попробуйте сжать в ней воду. Запишите результаты опыта и объясните их на основе знаний о строении вещества.

Повторите тему

«Первоначальные сведения о строении вещества».

1. Решите задачи:

1) Капля масла объемом $0,002 \text{ мм}^3$ растеклась по поверхности воды тонким слоем, площадь которого 100 см^2 . Принимая толщину

слоя равной диаметру молекулы масла, определите этот диаметр. (О т в е т: $0,0000002 \text{ мм}$.)

2) В шарике, заполненном водородом, образовалось отверстие. Почему водород, выхо-

дя из отверстия, распространяется по всей комнате?

3) К стальной проволоке подвесили груз, и от этого она растянулась. Когда груз сняли, проволока приняла прежнюю длину. Объясните, почему это произошло.

2. Из § 6, 7, 8 и 10 вы узнали, что:

1) все тела состоят из очень маленьких частиц — молекул. Молекула — мельчайшая частица данного вещества;

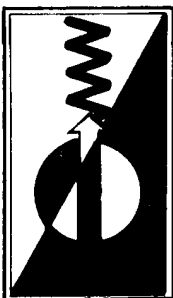
2) молекулы всех тел непрерывно и беспорядочно движутся;

3) между молекулами существует взаимное притяжение и отталкивание.

Какое из этих трех основных положений о строении вещества вы повторили, решая каждую из задач, предложенных в первом вопросе этого задания?

3. Прочитайте § 12. Перечертите в тетрадь таблицу и заполните ее.

Состояние вещества	Основные свойства	Примерное расположение молекул (нарисовать)	Расстояния между молекулами по сравнению с размерами молекул
Газ			
Жидкость			
Твердое тело			



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

- | | |
|---|---|
| 13. Механическое движение | 23. Сила |
| 14. Равномерное и неравномерное движение | 24. Явление тяготения. Сила тяжести |
| 15. Скорость. Единицы скорости | 25. Сила упругости. Вес тела |
| 16. Расчет пути и времени движения | 26. Единицы силы. Связь между силой тяжести и массой тела |
| 17. Инерция | 27. Динамометр |
| 18. Взаимодействие тел | 28. Сила — векторная величина |
| 19. Масса тела. Единицы массы | 29. Сложение двух сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил |
| 20. Измерение массы тела на весах | 30. Сила трения |
| 21. Плотность вещества | 31. Трение покоя |
| 22. Расчет массы и объема тела по его плотности | 32. Трение в природе и технике |

Чтобы судить о том, движется тело или нет, надо посмотреть, меняется ли положение этого тела среди окружающих его тел. Если, например, положение автомобиля меняется относительно домов или деревьев, то говорят, что автомобиль движется относительно этих тел. Вода в реке движется относительно берегов, поезд — относительно полотна железной дороги.

Изменение с течением времени положения тела относительно других тел называется механическим движением.

Человек, сидящий в поезде, движется относительно полотна железной дороги, но находится в покое относительно вагона поезда. Поэтому, говоря о движении тела, обязательно указывают, относительно каких тел происходит это движение.

Движение относительно Земли человека, автомобиля, самолета (рис. 25), ракеты, лодки, полет птиц, течение воды, движение воздуха (ветер) — все это примеры механических движений. Движение отдельной молекулы является также механическим движением.

Перемещаясь из одного места в другое, тело движется по некоторой линии, эту линию называют *траекторией движения тела*. Например, видимую траекторию — светящийся след — оставляет на ночном небе летящий метеор (рис. 26).

Траектория движения молекулы газа — ломаная ли-



Рис. 25



Рис. 26



Рис. 27



Рис. 28

ния, она может быть примерно такой, какая изображена на рисунке 27.

Длина траектории, по которой движется тело в течение некоторого промежутка времени, называется путем, пройденным за этот промежуток времени.

На рисунке 28 штриховой линией показана траектория лыжника, прыгающего с трамплина. Длина траектории OA есть путь, пройденный лыжником за время спуска с горы.

Путь — физическая величина. Его можно измерить. Единицей пути является единица длины — метр (м).

Используются также и другие единицы длины, например километр (км), сантиметр (см).

$$1 \text{ км} = 1000 \text{ м}, \quad 1 \text{ дм} = 0,1 \text{ м}, \quad 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}, \\ 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}.$$

- ? 1. Что называют механическим движением? 2. Почему нужно указывать, относительно каких тел движется тело? 3. Что такое траектория движения? 4. Что называют путем, пройденным телом? 5. Какие вы знаете единицы пути?

Упражнение 7

1. Укажите, относительно каких тел пассажир теплохода находится в покое и относительно каких тел он движется.

2. Почему в тумане, не видя берегов реки, нельзя указать направление движения лодки? 3. Какую траекторию описывает при движении конец часовой стрелки?

Задание 7

Измерьте среднюю длину своего шага и, пользуясь этой мерой, определите, какой путь вы

проходите по коридору школы. Заметьте время своего движения.

14. РАВНОМЕРНОЕ И НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Если какое-нибудь тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, например, автомобиль за каждый час проходит 60 км, за каждые полчаса — 30 км, за каждые четверть часа — 15 км и т. д. вплоть до минут, секунд, долей секунд, то его движение называют **равномерным**.

На рисунке 29 изображена тележка, на которой установлена капельница. Из капельницы через одинаковые

промежутки времени падают капли. При движении тележки расстояние между следами, оставленными каплями на бумаге, равны между собой. Значит, тележка за одинаковые промежутки времени проходит равные пути.

Повернув кран капельницы так, чтобы капли падали чаще, повторяют опыт. Следы капель и в этом случае будут находиться друг от друга на равных расстояниях, хотя и меньших, чем в первом опыте. А это значит, что и за меньшие одинаковые промежутки времени тележка проходит одинаковые пути, т. е. она движется *равномерно*.

Равномерное движение встречается в природе очень редко. Примерно одинаковые пути за одинаковое время проходит Земля, обращаясь вокруг Солнца, конец стрелки часов. Молекула газа от одного соударения до другого движется равномерно.

Большинство же движений не являются равномерными. Например, поезд, отходя от станции, проходит за одинаковые промежутки времени все большие и большие пути. Подходя к станции, он, наоборот, проходит за одинаковые промежутки времени все меньше пути. Конькобежец, участвуя в соревнованиях, пробегает одинаковые отрезки пути в различное время. Движение поезда и конькобежца — это примеры *неравномерного движения*.

Неравномерное движение тележки можно также наблюдать на опыте (рис. 30). По следам, оставляемым каплями, падающими через одинаковые промежутки времени, видно, что движение тележки неравномерное. Ведь капли падают через одинаковые промежутки времени, а расстояние между следами капель при движении тележки *неравны*.

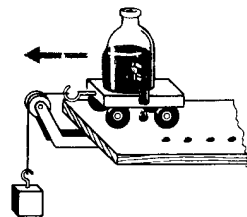


Рис. 29

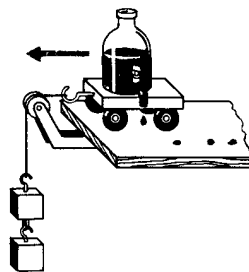


Рис. 30

- ? 1. Какое движение называют равномерным?
 2. Приведите примеры движений, близких к равномерным. 3. На каком опыте можно

- наблюдать равномерное движение? 4. Какое движение называют неравномерным? 5. Приведите пример неравномерного движения.

Равномерно движущийся автомобиль перегоняет равномерно идущего человека потому, что движется быстрее его. Самолет движется быстрее автомобиля, а искусственный спутник Земли — быстрее самолета. Движения всех этих тел различаются между собой *скоростью*.

15. СКОРОСТЬ. ЕДИНИЦЫ СКОРОСТИ

Скорость тела при равномерном движении показывает, какой путь проходит тело в единицу времени. Например, если за каждый час самоходный комбайн проходит 9 км, а самолет пролетает 600 км, то говорят, что скорость комбайна 9 км в час, а скорость самолета 600 км в час.

Чтобы определить скорость тела при равномерном движении, надо путь, пройденный телом за какой-нибудь промежуток времени, разделить на этот промежуток. Таким образом, скорость тела при равномерном движении — это величина, равная отношению пути ко времени, за которое этот путь пройден, т. е.

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\text{скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}}$$

Обозначим все величины, входящие в это выражение, буквами: s — путь, t — промежуток времени, за который пройден путь, v — скорость, тогда получим формулу для вычисления скорости:

$$v = \frac{s}{t}$$

Метр в секунду —

$$1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,01 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,001 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 100 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Скорость тела при равномерном движении — величина постоянная.

За единицу скорости принимают скорость такого равномерного движения, при котором движущееся тело в 1 с проходит путь, равный 1 м. Эту единицу скорости записывают так: $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

В опыте, описанном в § 15, тележка за 3 с прошла путь, равный 0,45 м. Определив путь, пройденный за 1 с, мы и найдем скорость тележки. Скорость ее равна:

$$v = \frac{0,45 \text{ м}}{3 \text{ с}} = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Применяются и другие единицы скорости: $1 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, $1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

При неравномерном движении скорость тела меняется.

Однако говорят о какой-то одной скорости поезда или автомобиля, хотя знают, что на остановках скорость их равна нулю, потом она увеличивается, а перед следующей остановкой уменьшается. Какую же скорость подра-

зумевают, указывая, например, что скорость поезда $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$?

Говоря о скорости неравномерного движения, имеют в виду *среднюю скорость на данном участке пути* или за данный промежуток времени движения. Чтобы ее подсчитать, делят пройденный путь на время движения, т. е. поступают так же, как при вычислении скорости равномерного движения.

Р а с с м о т р и м п р и м е р. Расстояние между Москвой и Новосибирском 3200 км. Поезд, двигаясь неравномерно, проходит этот путь за 64 ч. Предположим, что 3200 км поезд прошел за те же 64 ч, но двигался равномерно.

Тогда скорость этого равномерного движения была бы равна:

$$v = \frac{s}{t} = v = \frac{3200 \text{ км}}{64 \text{ ч}} = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Это и есть средняя скорость неравномерного движения поезда.



$$\text{средняя скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}},$$

или

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}.$$

Следовательно, среднюю скорость неравномерного движения определяют отношением пути ко времени, за которое этот путь был пройден.

Основная единица скорости $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Выразим в этих единицах скорость самолета, равную $720 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Для этого переведем километры в метры, а часы в секунды: $720 \text{ км} = 720\,000 \text{ м}$; $1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$. Тогда

$$v = 720 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{720\,000 \text{ м}}{3\,600 \text{ с}} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Таким образом, *числовое значение скорости, как и любой другой физической величины (длины, объема и др.), зависит от выбранной единицы.*

На рисунках скорость тела изображают стрелками (см. рис. 31), так как скорость, кроме числового значения, имеет и направление.

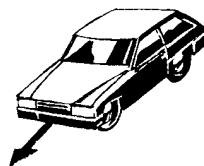


Рис. 31

1. Что показывает скорость равномерного движения? 2. Как определить скорость движения, зная путь и время, за которое он пройден? 3. Какие единицы скорости вы знаете? 4. Какую скорость имеют в виду, когда говорят о скорости движения автомобиля, самолета, т. е. о скорости неравномерного движения? 5. Как определяют среднюю скорость неравномерного движения? 6. Выразите скорость 720 км/ч в м/с.

Таблица 1

Средние скорости движения некоторых тел, скорость звука, радиоволн и света, м/с

Улитка	0,0014	Звук в воздухе	
Черепаша	0,05—0,14	(при 0°C)	332
Муха комнатная	5	Пуля автомата Калашникова (при вылете из ствола)	715
Пешеход	1,3	Луна вокруг Земли	1000
Конькобежец	до 13	Молекула водорода (при 0°C)	1693
Скворец	20	Молекула водорода (при 25°C)	1770
Страус	22	Искусственный спутник Земли	8000
Тепловоз ТЭ10Л	до 28	Земля вокруг Солнца	30 000
Автомобиль «Жигули»	40	Свет и радиоволны	около
Самолет Ил-18	180		300000 000

Упражнение 8

1. Выразите в метрах в секунду ($\frac{м}{с}$) скорости:

$$36 \frac{км}{ч}; 108 \frac{км}{ч}; 158,4 \frac{км}{ч}; 45 \frac{м}{мин}.$$

2. Велосипедист за 30 мин проехал путь 900 м. Вычислите среднюю скорость движения велосипедиста ($\frac{м}{с}$).

3. Скорость электровоза ВЛ-23 равна $25 \frac{м}{с}$. Во

сколько раз больше этой скорости скорость мощного современного электропоезда (см. фотографию на с. 13)?

4. Советский конькобежец И. Железовский установил в 1987 г. мировой рекорд в беге на 1500 м, пробежав эту дистанцию за 1 мин 52,5 с. Вычислите среднюю скорость его бега.

16. РАСЧЕТ ПУТИ И ВРЕМЕНИ ДВИЖЕНИЯ

Зная скорость и время равномерного движения тела, можно вычислить путь, пройденный им. Из формулы

$$v = \frac{s}{t} \text{ следует, что}$$

$$s = vt$$

(делимое равно частному, умноженному на делитель).

Итак, чтобы определить путь, пройденный при равномерном движении, надо скорость тела умножить на время его движения.

Если же известны путь и скорость равномерного движения тела, то можно определить время этого движения.

$$s = vt$$

Из формулы $s = vt$ следует, что

$$t = \frac{s}{v},$$

$$t = \frac{s}{v}$$

так как один из сомножителей (t) равен произведению (s), деленному на второй сомножитель (v).

Среднюю скорость неравномерного движения вычисляют, предполагая, что движение является равномерным. Поэтому если по средней скорости нужно вычислить путь или время движения, то можно воспользоваться правилом, установленным и для равномерного движения. Таким образом, *путь, пройденный телом при неравномерном движении, равен произведению средней скорости на время движения*, т. е.

$$s = v_{\text{ср}} t.$$

Время, необходимое для прохождения какого-нибудь пути при неравномерном движении, равно частному от деления этого пути на среднюю скорость:

$$t = \frac{s}{v_{\text{ср}}}.$$

1. Как определить путь, пройденный телом при равномерном движении, если известны скорость и время движения? Как по пути и скорости определить время равномерного движения? 2. Ответьте на такие же вопросы в случае неравномерного движения.

Упражнение 9

- Найдите в таблице 1 скорости пешехода, конькобежца, тепловоза и определите (устно) пути, пройденные этими телами за 10 с.
- Самолет летит со средней скоростью $750 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Какой путь он пролетит за 6 ч?

3. Какое время понадобится автомобилю и самолету для прохождения пути 4000 м?

4. На рисунке 32 изображен график пути равномерного движения. На графике Os — ось пройденных путей; Ot — ось времени. Определите по графику путь, пройденный за 10 ч, и скорость движения.

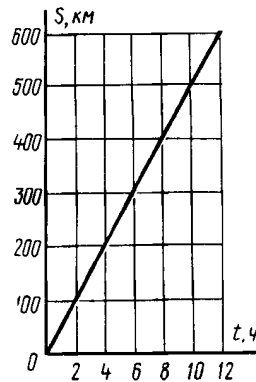


Рис. 32

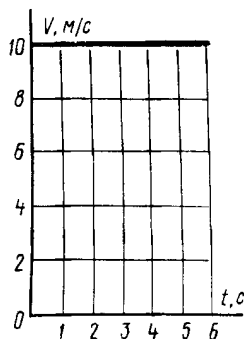


Рис. 33

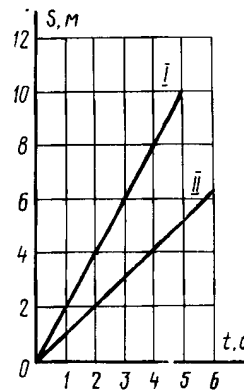


Рис. 34

5. На рисунке 33 дан график скорости равномерного движения тела. Чему равна скорость движения тела? Определите путь, пройденный телом за 5 с.

6. На рисунке 34 изображены графики путей двух равномерных движений I и II. По графикам определите, скорость какого из этих движений больше. Ответ обоснуйте.

17. ИНЕРЦИЯ

Повседневный наш опыт показывает, что *скорость тела может изменяться при действии на него другого тела*. Например, лежащий на земле мяч начинает двигаться тогда, когда на него налетит другой мяч или по нему ударят ногой. Но если на мяч не действуют другие тела, то он сам собой не изменит скорость, не начнет двигаться.

Уменьшение скорости движения и остановка тела тоже не происходят сами собой, а вызываются действием других тел. Скорость пули уменьшается во время прохождения ее через доску, т. е. от действия на нее доски. Катящийся мяч останавливается вследствие трения о землю.

Изменение направления скорости также происходит под действием какого-либо тела. Брошенный мяч меняет направление движения при ударе о стенку или руку. Быстро бегущий человек, чтобы обогнуть дерево (рис. 35), хватается за него рукой. Все эти примеры подтверждают, что скорость тела изменяется под действием другого тела.

Рассмотрим следующий опыт. На столе наклонно установлена доска. На небольшом расстоянии от конца доски насыпана горка песка. На наклонную доску ставят тележку. Тележка, скатившись на стол и попав в песок, быстро останавливается, встречая на пути препятствие (рис. 36, а). Выравнивают песок и вновь пускают тележку по доске с прежней высоты. Теперь тележка, прежде чем остановиться, проходит большее расстояние по столу (рис. 36, б).



Рис. 35

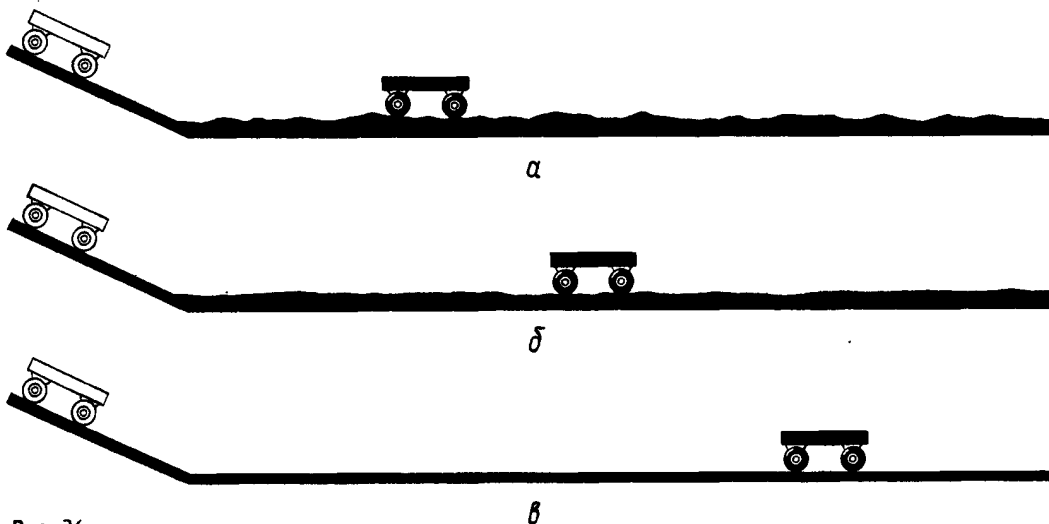


Рис. 36

Если совсем убрать песок с пути тележки, то до остановки она пройдет еще большее расстояние (рис. 36, в). Следовательно, чем меньше действие другого тела на тележку, тем дольше сохраняется скорость ее движения, тем оно ближе к равномерному.

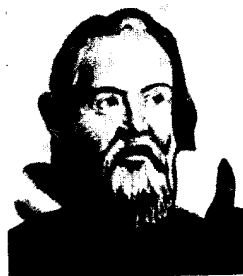
Как же будет двигаться тело, если на него совсем не будут действовать другие тела? Ответ на этот вопрос дал знаменитый итальянский ученый Г. Галилей: *если на тело не действуют другие тела, то оно либо находится в покое, либо движется прямолинейно и равномерно*. В обоих случаях скорость тела не изменяется. Говорят, что тело движется по инерции.

Явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел называется инерцией (латинское слово, означает «неподвижность, бездеятельность»).

Вылетевшая из ствола ружья пуля продолжала бы двигаться, сохраняя свою скорость, но на нее действует другое тело — воздух, поэтому скорость пули постепенно уменьшается. Шайба, лежащая на льду, после удара по ней клюшкой движется по прямой линии с почти постоянной скоростью, которую она приобрела в момент удара. Если бы можно было совсем устранить тормозящее действие льда на шайбу, то она безостановочно двигалась бы относительно льда (земли) с той скоростью, которую приобрела в момент удара.

Точно так же сохранил бы скорость своего движения и автомобиль после выключения двигателя. Но на него действует сила трения, поэтому скорость его уменьшается и он постепенно останавливается. Путь, который проходит автомобиль после выключения двигателя до полной остановки, называется *тормозным путем*. Например, автомобиль «Москвич», идущий по асфальтированному шоссе со скоростью $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, после выключения двигателя пройдет до остановки 355 м — это расстояние и будет тормозным путем. Даже если затормозить колеса автомобиля, прекратив их вращение, то все-таки некоторое время машина будет двигаться, скользя колесами по дороге.

Переходить дорогу перед движущимся транспортом очень опасно, так как машина не может мгновенно остановиться при торможении.



Галилей Галилео (1564—1642) — итальянский физик, астроном. Галилей открыл законы падения тел и качания маятника, первый указал на существование явления инерции. Галилей изобрел термоскоп — прибор для измерения температуры, первый применил телескоп для астрономических исследований, открыл спутники Юпитера, солнечные пятна и фазы Венеры.

- ? 1. Приведите примеры, показывающие, что скорость движения тела меняется под действием другого тела. 2. Опишите опыт, показывающий, как изменяется движение тела при уменьшении действия на него других тел. 3. Как двигалось бы тело, если бы на него совсем не действовали другие тела? 4. Что называют инерцией? 5. Что такое тормозной путь автомобиля?

Упражнение 10

1. На рисунке 37 показан способ насаживания молотка на рукоятку. Объясните его.
2. На рисунке 38 показано, как можно придать железке рубанка нужное положение. Почему при ударе по железке она входит в рубанок, а при ударе по колодке выходит из него?
3. В какую сторону падает споткнувшийся человек? Почему?
4. В какую сторону отклоняются пассажиры относительно автобуса при повороте его влево?

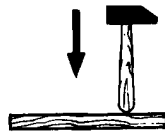


Рис. 37

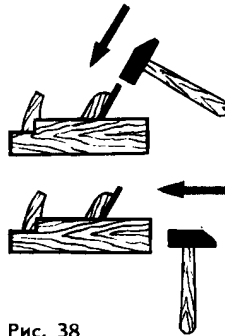
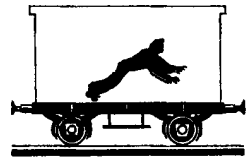


Рис. 38



а



б

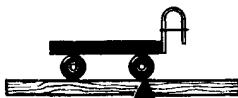
Рис. 39

5. Как изменилась скорость движения вагонов, изображенных на рисунке 39?

18. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

Рассмотрим еще раз, в результате чего тело изменяет свою скорость, например начинает двигаться.

На рисунке 40, а изображена тележка с прикрепленной к ней упругой пластинкой. Пластинка согнута и связана нитью. Тележка находится в покое относительно стола. Начнет ли она двигаться, если пластинка выпрямится? Для ответа на этот вопрос пережжем нить. Пластинка резко выпрямляется, но тележка остается на прежнем месте (рис. 40, б).



а



б

Теперь поставим по другую сторону от согнутой пластинки еще одну такую же тележку (рис. 41, а). После пережигания нити обе тележки приходят в движение и разъезжаются в разные стороны (рис. 41, б). Как и следовало ожидать (§ 17), для изменения скорости тележки понадобилось второе тело — вторая тележка.

Мы увидели также, что в движение пришла и вторая тележка, они обе стали двигаться относительно стола, обе подействовали друг на друга. Следовательно, действие тела на другое тело не может быть односторонним. Оба тела действуют друг на друга — они взаимодействуют. Так,

Рис. 40

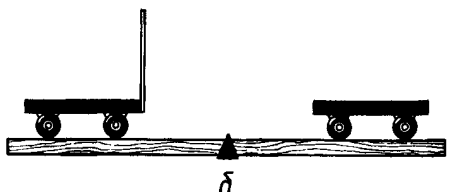
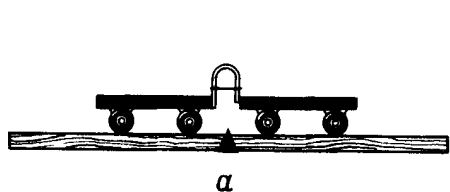


Рис. 41

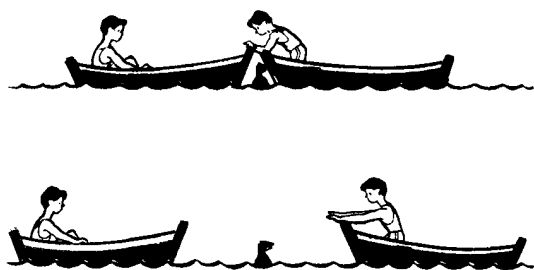


Рис. 42



Рис. 43

например, пуля перед выстрелом находится в покое относительно ружья. Во время выстрела пуля и ружье взаимодействуют и движутся в разные стороны — происходит явление отдачи.

Если человек, сидящий в лодке, отталкивает от себя рукой другую лодку, то и его лодка тоже приходит в движение (рис. 42).

Рассмотрим, как взаимодействует с лодкой человек, прыгнувший с нее на берег (рис. 43).

Человек встает на край лодки и отталкивается от нее, т. е. он действует на лодку, толкая ее от берега. Однако лодка при этом тоже действует на человека и он приобретает скорость, направленную к берегу.

Действие же человека на лодку проявляется в том, что она отходит в сторону, противоположную прыжку.

Таким образом происходит взаимодействие человека и лодки.

1. Опишите опыты, показывающие, что тела приходят в движение при взаимодействии их с другими телами. 2. Приведите примеры, показывающие, что при взаимодействии меняются

скорости обоих тел. 3. Опишите явления взаимодействия на примере, изображенном на рисунке 43. 4. Сравните явления, изображенные на рисунках 41 и 42.

19. МАССА ТЕЛА.
ЕДИНИЦЫ МАССЫ

Скорости, с которыми покоившиеся вначале тела будут двигаться после взаимодействия, могут или значительно отличаться друг от друга (скорости пули и ружья), или быть почти одинаковыми (скорости человека и небольшой лодки). Чем это можно объяснить?

Посмотрим еще раз, как происходит взаимодействие тележек, но теперь для опыта используем разные тележки (рис. 44). Пережжем нить. Пока пластинка распрямляется, тележки взаимодействуют и их скорости изменяются. Из опыта видно, что в этом случае тележки разъезжаются с разными скоростями. Объясняется это тем, что тележки имеют разные массы. Тележка, скорость которой изменяется больше, т. е. та, которая после взаимодействия движется с большей скоростью, имеет меньшую массу. Скорости тел до и после их взаимодействия можно измерить. По изменению скоростей сравнивают массы взаимодействующих тел. Например, скорости тележек до взаимодействия равны нулю, после взаимодействия скорость одной тележки $20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, скорость другой $-40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Так как скорость второй тележки изменилась в 2 раза больше, чем скорость первой, то ее масса в 2 раза меньше массы первой тележки.

Если же после взаимодействия скорости покоившихся вначале тележек одинаковы, то, значит, одинаковы и их массы. Этот случай мы наблюдали в опыте с одинаковыми тележками (см. рис. 41).

Когда человек прыгает из лодки на берег, то происходит взаимодействие лодки и человека. Лодка приобретает скорость, направленную в сторону, противоположную прыжку человека (см. рис. 43). Если масса лодки больше массы человека, то ее скорость будет меньше скорости прыгнувшего человека. Если массы лодки и человека

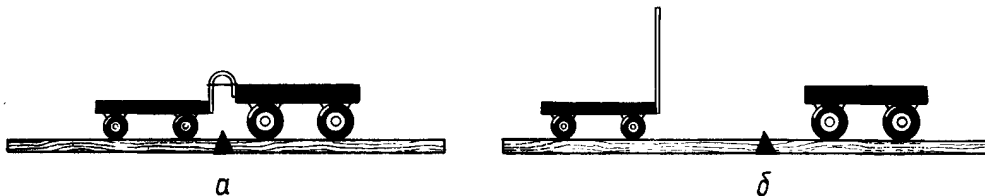


Рис. 44

одинаковы, то и скорости их после взаимодействия будут одинаковыми.

При рассмотрении взаимодействия тел мы ознакомились с физической величиной, называемой массой тела. Понятие массы будет раскрываться по мере дальнейшего изучения физики. Пока же нужно запомнить, что каждое тело — человек, стол, Земля, капля воды — обладает массой и сравнивать массы тел можно по скоростям, приобретенным телами при их взаимодействии, если до взаимодействия тела покоились.

За единицу массы принят килограмм — 1 кг.

Международный образец (эталон) килограмма (рис. 45) хранится во Франции, в г. Севре, близ Парижа. С этого образца с большой точностью изготовлены копии для других стран.

Используются также другие единицы массы, например тонна (т), грамм (г), миллиграмм (мг).

Запомните, что в килограммах выражается только одна физическая величина — масса. Именно она в настоящее время обозначается на пакетах с продуктами, например, 500 г, 1 кг.

Современная физика располагает совершенными способами измерений, которые позволяют с большой точностью определять размеры и массы мельчайших частиц вещества — молекул. В настоящее время определены массы молекул всех веществ. Наименьшую массу имеет молекула водорода. Ее масса равна 0,0000000000000000000000033 г, или $\frac{33}{10^{25}}$ г.

Масса молекулы ртути в 100 раз, кислорода — в 16 раз, воды — в 9 раз больше массы молекулы водорода.

? 1. Опишите опыт по взаимодействию двух разных тележек. 2. Какая из этих тележек обладает большей массой? 3. Приведите пример, из которого видно, как сравнивают массы

покоившихся до взаимодействия тел по приобретенным ими скоростям. 4. Что принято за единицу массы? 5. Какие еще единицы массы вы знаете?

▲ Упражнение 11

1. Человек выпрыгнул из неподвижной лодки на берег. Почему лодка стала двигаться от берега?

В каком случае скорости человека и лодки, приобретенные при прыжке, будут одинаковы?

Как будут отличаться скорости человека и лодки, если масса человека 80 кг, а лодки 120 кг?

2. Выразите в килограммах массы тел: 4,5 т; 0,75 т; 4000 г; 120 г; 25 г.

Килограмм — 1 кг

1 т = 1000 кг

1 г = 0,001 кг

1 мг = 0,000 001 кг

1 кг = 0,001 т

1 кг = 1000 г

1 кг = 1 000 000 мг

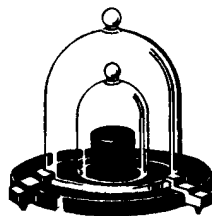


Рис. 45

20. ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА НА ВЕСАХ

Мы знаем теперь, что, сравнивая скорости, которые приобретают в результате взаимодействия покоившиеся тела, можно определить, во сколько раз масса одного тела больше массы другого. Этим способом можно и измерить массу, если масса одного из взаимодействующих тел известна.

Но существует и другой более простой способ определения массы тела — при помощи *весов*.

Основная часть учебных весов (рис. 46) — стержень (*коромысло* весов), который может свободно поворачиваться вокруг оси, находящейся посередине стержня. К концам стержня подвешены чашки весов.

В § 18 мы установили, что массы тележек, которыми мы пользовались в опыте (см. рис. 41), одинаковы, так как при взаимодействии они приобрели одинаковые скорости. Поместим эти тележки на чашки весов. Весы придут в равновесие. Значит, *если массы тел, лежащих на чашках весов, равны друг другу, то весы находятся в равновесии*.

На этом и основано определение массы тела при помощи весов. На одну чашку весов помещают тело, массу которого нужно определить, а на другую — гири, массы которых известны и обозначены на них. Гиря подбирают так, чтобы установить равновесие. Подсчитывают общую массу гирь, уравнивающих тело. Масса тела равна массе этих гирь.

Для взвешивания используют специальный *набор гирь* разной массы. На рисунке 47 изображен такой набор гирь

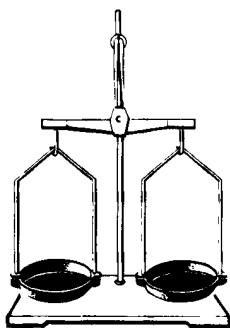


Рис. 46

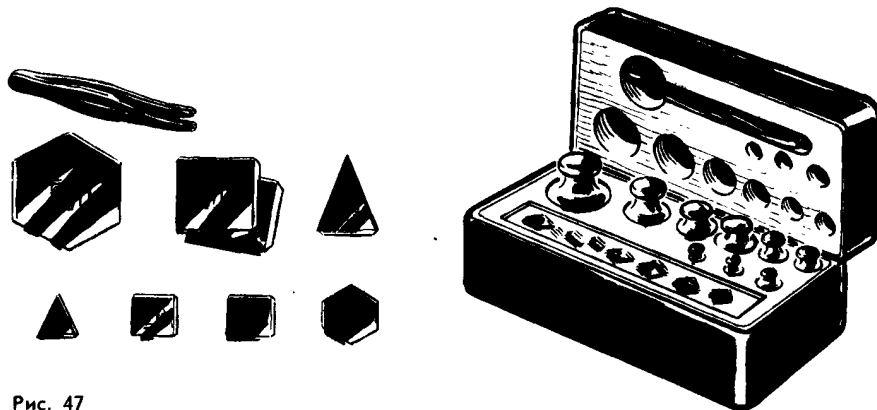


Рис. 47

учебным весам. В нем имеется 9 гирь массами 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 и 1 г. При помощи их можно подобрать любую массу от 1 до 210 г. Гири, массы которых меньше грамма, делают в виде пластинок из алюминия массой 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 и 10 мг.

При помощи специальных весов можно определять и большие массы, например массу автомобиля «Волга», и такие маленькие массы, как масса комара. Но массы таких малых тел, как молекулы и атомы, и таких больших, как планеты и их естественные спутники, определяют, сравнивая изменение их скоростей при взаимодействии.

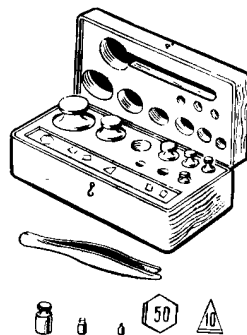


Рис. 48

Упражнение 12

1. Выразите в граммах и килограммах следующие массы: 150 г 500 мг; 225 г 700 мг; 30 г 200 мг.
2. При взвешивании тела ученик положил на правую чашку весов гири, изображенные на рисунке 4В, после чего весы пришли в равновесие. Вычислите массу взвешиваемого тела и выразите ее в килограммах.
3. Определяя массу тела, ученик уравновесил его на весах, поставив на их правую чашку

- следующие гири: одну 50 г, две по 20 г, одну 10 г и по одной 50, 20 и 10 мг. Запишите, чему равна масса взвешиваемого тела, выразив ее в граммах и килограммах.
4. Рассмотрите рисунок 47. Какими гирями из этого набора можно уравновесить на весах тело массой 310,7 г? 52,2 г? 0,75 г?
5. Как, не пользуясь весами, можно показать, что массы двух бильярдных шаров одинаковы? Как это проверить при помощи весов?

Задание 8

Возьмите пачку пиленого сахара массой 1 кг. Измерьте ее длину, ширину и высоту. Вычисли-

те по полученным данным массу сахара объемом 1 см³ и 1 м³.

Тела, изготовленные из разных веществ, при одинаковых объемах имеют разные массы. Если взять два цилиндра равного объема, изготовленные один из свинца, а другой из алюминия (рис. 49), то на опыте можно убедиться в том, что масса алюминиевого цилиндра почти в четыре раза меньше свинцового. И наоборот, если тела, изготовленные из разных веществ, имеют одинаковые массы, то объемы их будут различны. Например, железный брус массой 1 т занимает объем 0,13 м³, а лед массой 1 т — объем 1,1 м³, т. е. почти в 9 раз больше (рис. 50).

Из этих примеров можно сделать вывод, что тела объемом 1 м³ каждое, изготовленные из различных веществ, имеют разные массы. Например, железо объемом 1 м³ имеет массу 7800 кг, а свинец такого же объема —

21. ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА

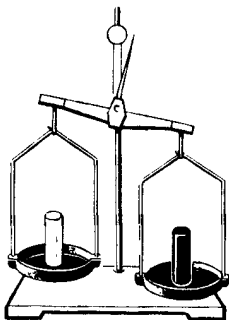


Рис. 49

13 000 кг. Чем объяснить это различие? Объясняется оно тем, что различные вещества имеют разную плотность.

Плотность показывает, чему равна масса вещества, взятого в объеме 1 м^3 (или 1 см^3).

Чтобы выяснить, как найти плотность данного вещества, рассмотрим следующий пример.

Пример. Льдина объемом 8 м^3 имеет массу 7200 кг. Определим плотность льда.

Так как лед объемом 8 м^3 имеет массу 7200 кг, то масса льда объемом 1 м^3 будет в 8 раз меньше, т. е. $7200 \text{ кг} : 8 = 900 \text{ кг}$. Значит, плотность льда составляет 900 кг на 1 м^3 .

Из этого примера следует, что, зная массу и объем, можно вычислить плотность.

Чтобы определить плотность вещества, надо массу тела разделить на его объем. Следовательно, плотность есть физическая величина, равная отношению массы тела к его объему:

$$\text{плотность} = \frac{\text{масса}}{\text{объем}}$$

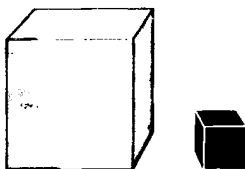


Рис. 50

Килограмм на кубический метр —

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Обозначив величины, входящие в это выражение, буквами: ρ (греческая буква, читается «ро») — плотность вещества, m — масса тела, V — его объем, мы получим формулу для вычисления плотности:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,001 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}$$

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,001 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} =$$

$$= 1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$$

Единицей плотности вещества является $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Следовательно, плотность железа $7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а плотность льда $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Плотность вещества выражают также в граммах на кубический сантиметр $\left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ (рис. 51). Выразим, например, плотность железа, равную $7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, в этих единицах. Для этого переведем килограммы в граммы, а куби-

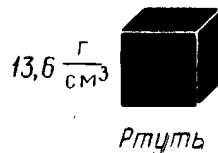
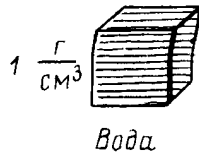
ческие метры в кубические сантиметры: $7800 \text{ кг} = 7800000 \text{ г}$; $1 \text{ м}^3 = 1000000 \text{ см}^3$.

Разделив массу на объем, найдем плотность железа:

$$\rho = \frac{7800000 \text{ г}}{1000000 \text{ см}^3} = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Таким образом, числовое значение плотности, как и скорости, зависит от выбора единицы.

Плотность одного и того же вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии различна. Например, плотность льда равна $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, воды $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, водяного пара $0,590 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



? 1. Какие опыты подтверждают, что тела, состоящие из различных веществ, при одинаковых объемах имеют разные массы и, наоборот, при одинаковой массе — разные объемы? (Для ответа используйте рисунки 49—51.) 2. Напишите, чему равна плотность железа. Что это

означает? 3. Как рассчитать плотность вещества? 4. Какие единицы плотности вы знаете?

5. Как выразить плотность в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, если она дана в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$?

Т а б л и ц а 2

Плотности некоторых твердых тел

Твердое тело	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Твердое тело	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Осмий	22600	22,6	Мрамор	2700	2,7
Иридий	22400	22,4	Стекло оконное	2500	2,5
Платина	21500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золото	19300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свинец	11300	11,3	Кирпич	1800	1,8
Серебро	10500	10,5	Сахар-рафинад	1600	1,6
Медь	8900	8,9	Оргстекло	1200	1,2
Латунь	8500	8,5	Капрон	1100	1,1
Сталь, железо	7800	7,8	Полиэтилен	920	0,92
Олово	7300	7,3	Парафин	900	0,90
Цинк	7100	7,1	Лед	900	0,90
Чугун	7000	7,0	Дуб (сухой)	700	0,70
Корунд	4000	4,0	Сосна (сухая)	400	0,40
Алюминий	2700	2,7	Пробка	240	0,24

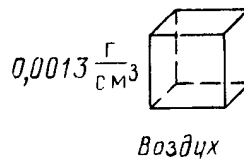
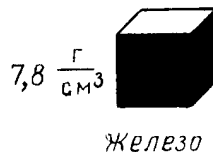


Рис. 51

Плотности некоторых жидкостей

Жидкость	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Жидкость	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Ртуть	13600	13,60	Спирт	800	0,80
Серниая кислота	1800	1,80	Нефть	800	0,80
Мед	1350	1,35	Ацетон	790	0,79
Вода морская	1030	1,03	Эфир	710	0,71
Молоко цельное	1030	1,03	Бензин	710	0,71
Вода чистая	1000	1,00	Жидкое олово (при $t=400^\circ\text{C}$)	6800	6,80
Масло подсол- нечное	930	0,93	Жидкий воздух (при $t=-194^\circ\text{C}$)	860	0,86
Масло машинное	900	0,90			
Керосин	800	0,80			

Таблица 4'

Плотности некоторых газов

Газ	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Газ	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Хлор	3,210	0,00321	Оксид углерода (II) (угарный газ)	1,250	0,00125
Оксид углерода (IV) (углекис- лый газ)	1,980	0,00198	Природный газ	0,800	0,0008
Кислород	1,430	0,00143	Водяной пар (при $t=100^\circ\text{C}$)	0,590	0,00059
Воздух (при 0°C)	1,290	0,00129	Гелий	0,180	0,00018
Азот	1,250	0,00125	Водород	0,090	0,00009

Плотности тел, указанные в таблицах 2—4, вычислены при нормальном атмосферном давлении и при температуре для газов 0°C , для жидкостей и твердых тел при 20°C .

▲ Упражнение 13

1. Выразите в кубических метрах следующие объемы: 450 дм^3 ; $27\,000 \text{ см}^3$; 100 см^3 ; $50\,000 \text{ мм}^3$.

2. Плотность редкого металла осмия равна $22\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Что означает это число? Во сколько раз плотность осмия больше плотности алюминия?

3. Три кубика — из мрамора, льда и латуни — имеют одинаковый объем. Какой из них имеет наибольшую массу, какой — наименьшую?

4. Самое легкое дерево — бальза. Масса его древесины объемом 100 см^3 равна 12 г. Вычислите плотность древесины бальзы в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

5. Брусек из поролона имеет размеры, указанные на рисунке 52. Положенный на чашку весов, он был уравновешен гирями в 500, 200 и 50 г. Определите плотность поролона и выразите ее в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

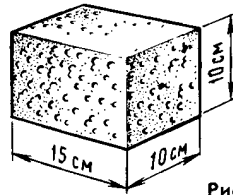


Рис. 52

Задание 9

Возьмите кусок мыла, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, на котором

обозначена его масса. Определите плотность мыла.

Для практических целей знать плотность вещества очень важно. Инженер, создавая машину, может заранее по плотности и объему материалов, идущих на ее изготовление, вычислить массу будущей машины. До постройки здания можно рассчитать его массу и на основе этого определить, сколько понадобится строительного материала и какой фундамент надо заложить. Зная, например, плотность бензина ($710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$) и емкость железнодорожной цистерны, в которой перевозят бензин (50 м^3), нетрудно подсчитать массу бензина в цистерне, исходя из того, что плотность вещества $\rho = \frac{m}{V}$. Отсюда $m = \rho V$. Тогда масса бензина в цистерне будет равна:

$$m = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 50 \text{ м}^3 = 35\,500 \text{ кг} = 3,5 \text{ т.}$$

Итак, для вычисления массы тела по его плотности и объему надо плотность умножить на объем:

$$m = \rho V.$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Если масса тела известна, то, зная плотность вещества, из которого оно сделано, можно определить объем этого тела.

Поскольку $m = \rho V$ и в данной формуле неизвестной величиной является объем — один из сомножителей, то его легко определить, разделив произведение (m) на второй сомножитель (ρ):

$$V = \frac{m}{\rho}.$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

22. РАСЧЕТ МАССЫ И ОБЪЕМА ТЕЛА ПО ЕГО ПЛОТНОСТИ

Итак, для вычисления объема тела по его массе и плотности надо массу разделить на плотность.

Такой способ вычисления объема наиболее удобен, например, в том случае, когда тело имеет неправильную форму и поэтому его объем нельзя определить с помощью линейки.

? 1. Как вычислить массу тела по его плотности и объему? Приведите примеры вычисления массы тела по плотности и объему. 2. Как

определить объем тела по его плотности и массе? Приведите примеры вычисления объема тела по его массе и плотности.

Упражнение 14

1. Определите массу воды, бензина, ртути объемом 10 л.
2. В мензурку налит керосин (рис. 53). Определите его массу.
3. Деревянная модель детали машины, изготовленная из сосны, имеет массу 0,8 кг. Какую массу будет иметь эта деталь, изготовленная из стали?
4. Машина рассчитана на перевозку груза массой 3 т. Сколько листов железа можно нагрузить на нее, если длина каждого листа 2 м, ширина 80 см и толщина 2 мм?

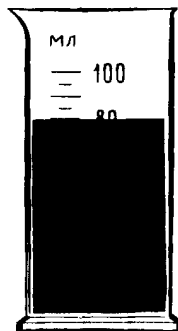


Рис. 53

Повторите темы

«Инерция», «Масса тела», «Плотность вещества».

1. 1) Рассмотрите рисунок 36. Расскажите об опыте, изображенном на этом рисунке, запишите вывод из опыта.

2) Ответьте письменно на вопрос 4 к § 17.

2. 1) Рассмотрите рисунок 44. Найдите и прочитайте в § 19 текст, относящийся к этому рисунку.

2) Ответьте на вопросы 4, 5 и 6 к § 19.

3. Прочитайте § 21, ответьте на вопросы к нему (на вопрос 2— письменно).

4. Решите задачи:

1) Картофелина массой 59 г имеет объем 50 см^3 . Определите плотность картофеля. (Ответ: $1,18 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; $1180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.)

2) Определите массу медного провода длиной 10 м и площадью поперечного сечения 2 мм^2 . (Ответ: 178 г.)

3) Стальная деталь машины имеет массу 3,9 кг. Определите объем детали. (Ответ: 500 см^3 .)

23. СИЛА

Примеры, о которых было рассказано в § 17 и 18, показывают, что скорость движения какого-нибудь тела изменяется тогда, когда на него действуют другие тела. При этом скорость тела меняется тем больше, чем меньше его масса. Подтвердим эти выводы новыми примерами.

Толкая вагонетку (рис. 54), ее приводят в движение. В этом случае скорость вагонетки изменяется под действием руки человека.

Опустим на воду пробку, на которой лежит железная скрепка. Магнит, притягивая скрепку, приводит ее и пробку в движение (рис. 55). В этом случае магнит — то тело, которое изменяет скорость скрепки и пробки.

При действии руки на шар (рис. 56, а) пружина сжимается, т. е. сначала конец ее приходит в движение, а потом движение передается остальным частям пружины. Сжатая пружина, распрямляясь, приводит в движение шар (рис. 56, б). Сначала действующим телом была рука человека — она привела в движение шар и конец пружины. Затем действующим телом стала пружина — она привела в движение шар.

Рукой или ракеткой можно остановить летящий мяч или изменить направление его движения.

Во всех приведенных примерах тело под действием другого тела приходит в движение, останавливается или изменяет направление своего движения. Иначе говоря, во всех примерах *скорость тела меняется при взаимодействии его с другими телами* (см. § 18).

В физике часто не указывают, какое тело и как действует на данное тело, а говорят, что на тело действует сила или к телу приложена сила. *Сила — причина изменения скорости движения.*

Под действием силы может изменяться скорость не только всего тела в целом, но и отдельных его частей. Это происходит, например, при ударе по резиновому мячу ракеткой. Из-за неодинакового перемещения отдельных частей мяч сжимается, меняет свою форму — *деформируется* (рис. 57). Деформируется и доска, на которую садится человек (рис. 58), — ее середина перемещается на большее расстояние, чем края.

Чтобы за одно и то же время одинаково изменить скорость движения разных тел, требуются различные силы. Например, для приведения в движение автомобиля требуется большая сила, чем для мотоцикла. Значит, числовое значение силы может быть большим или меньшим. Сила — физическая величина. Сила, подобно скорости, имеет направление.



Рис. 54

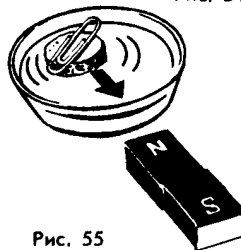
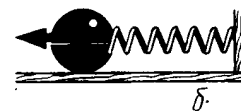


Рис. 55



а



б

Рис. 56

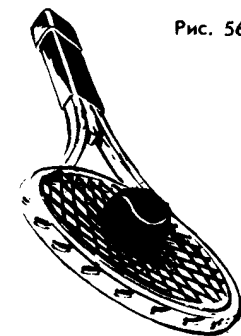


Рис. 57



Рис. 58

1. Приведите примеры, показывающие, что скорость тела меняется вследствие действия

на него другого тела. 2. Что такое сила? 3. Почему сжимается мяч под действием силы?

24. ЯВЛЕНИЕ ТЯГОТЕНИЯ. СИЛА ТЯЖЕСТИ

Посмотрим, как летит мяч, брошенный в горизонтальном направлении (рис. 59). Мяч не летит прямолинейно и равномерно, его траектория — кривая линия.

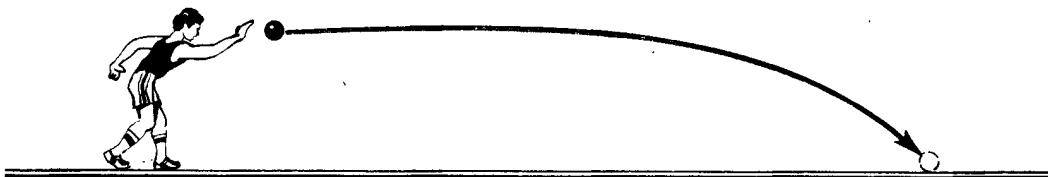


Рис. 59

Запущенный с Земли искусственный спутник не летит по прямой, а движется вокруг Земли (рис. 60). Следовательно, на эти тела действует сила — это сила притяжения к Земле. Благодаря притяжению к Земле падают тела (рис. 61), поднятые над землей и затем отпущенные, течет вода в реках. Человек, подпрыгнув, опускается на землю, потому что Земля притягивает его.

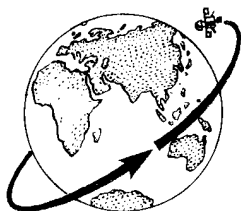


Рис. 60

Земля притягивает к себе все тела: людей, воду морей, океанов и рек, дома, Луну, Солнце, спутники и т. д. Но и эти тела притягивают к себе Землю. Например, притяжение со стороны Луны вызывает на Земле приливы и отливы воды, огромные массы которой поднимаются в океанах и морях дважды в сутки на высоту в несколько метров. Земля и все остальные планеты, движущиеся вокруг Солнца, притягиваются к нему и друг к другу. Притягивают друг друга и все тела на Земле. Поэтому взаимное притяжение всех тел Вселенной названо всемирным тяготением.

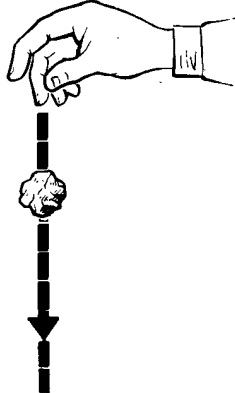


Рис. 61

Для нас особенно важное значение имеет сила притяжения тел к планете, на которой мы живем, — к Земле.

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

Опытами установлено, что сила тяжести прямо пропорциональна массе тела. Во сколько раз масса одного тела больше массы другого тела, во столько же раз и сила тяжести, действующая на первое тело, больше силы тяжести, действующей на второе. Поэтому про тело с большой

массой мы говорим, что оно тяжелое. Про тела, имеющие разные массы, мы говорим, что одно тяжелее, другое легче. Этими словами мы выражаем зависимость силы тяжести от массы тела. Если массы тел одинаковы, то одинаковы и действующие на них силы тяжести.

1. Почему камень, брошенный в горизонтальном направлении, не летит прямолинейно?
 2. Какая сила удерживает тела на поверхности Земли?
 3. Какую силу называют силой тяжести?
 4. Как зависит сила тяжести от массы тела?

На все тела, находящиеся на Земле, как мы видели (§ 24), действует сила тяжести. Под действием силы тяжести падают на Землю капли дождя, снежинки, оторвавшиеся от веток листья.

Но когда тот же снег лежит на крыше, на него по-прежнему действует сила тяжести, однако он не падает, а находится в покое. Рассмотрим, почему покоятся тела, лежащие на опоре или подвешенные на нити.

На рисунке 62, а изображена доска, лежащая горизонтально на двух подставках. Если на ее середину поставить гирию, то под действием силы тяжести некоторое время гирия будет двигаться вниз, прогибая доску, а затем остановится (рис. 62, б).

Что задержало ее движение? Остановку гири можно объяснить только тем, что, кроме силы тяжести, направленной вниз, на нее действует еще какая-то сила, направленная вверх.

Откуда возникла эта сила? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим, что происходит с доской при ее движении вниз. При движении доска (или любая другая опора, рис. 62, б) прогибается — деформируется. При этом возникает сила, с которой опора (в нашем примере — доска) действует на тело, лежащее на ней; эта сила направлена вверх, т. е. в сторону, противоположную силе тяжести. Ее называют силой упругости. Чем больше прогибается опора, тем больше сила упругости. Когда сила упругости становится равной силе тяжести, действующей на тело, опора и тело останавливаются.

Если тело подвешено, то подвес (нить, веревка, проволока и др.) растягивается. В нем так же, как и в опоре, возникает сила упругости. По мере растяжения подвеса

25. СИЛА УПРУГОСТИ. ВЕС ТЕЛА

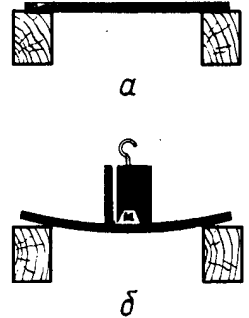


Рис. 62

эта сила увеличивается. При равенстве значений сил упругости и тяжести растяжение нити прекращается.

Когда тело ставят на опору, то сжимается не только опора, но и тело, притягиваемое Землей. Деформированное, сжатое тело давит на опору. Точно так же, когда тело подвешено, то растянут не только подвес, но и само тело. Деформированное (растянутое) тело деформирует (растягивает) подвес.

Сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на горизонтальную опору или вертикальный подвес, называется **весом** тела.

Следует различать силу тяжести, действующую на тело, и вес тела. Сила тяжести действует на само тело, а вес этого тела действует на опору или подвес (см. рис. 69).

- ? 1. В чем проявляется действие силы тяжести на тело? 2. Почему прекращается движение гири, поставленной на доску? 3. Какие силы действуют на гирю, стоящую на доске? Как они направлены? 4. Что называют весом тела? 5. В чем отличие веса тела от силы тяжести, действующей на тело? На какие тела действует каждая сила?

▲ Упражнение 15

1. Приведите примеры проявления силы тяготения, силы тяжести.

2. Приведите известные вам черты сходства и отличия между весом тела и силой тяжести, действующей на это тело.

26. ЕДИНИЦЫ СИЛЫ. СВЯЗЬ МЕЖДУ СИЛОЙ ТЯЖЕСТИ И МАССОЙ ТЕЛА

Сила — физическая величина. Ее можно измерить, т. е. сравнить с силой, принятой за единицу.

Единицы физических величин выбирают условно. И за единицу силы можно принять любую силу, например силу упругости какой-либо пружины, растянутой до определенной длины. Можно выбрать в качестве единицы силы и силу тяжести, действующую на какое-нибудь тело.

Мы знаем, что сила — причина изменения скорости тела, поэтому за единицу силы принята сила, которая за время 1 с изменяет скорость тела массой 1 кг на $1 \frac{м}{с}$. Эта

Ньютон — 1 Н

1 кН = 1000 Н

1 Н = 0,001 кН

единица силы названа ньютоном в честь великого английского физика И. Ньютона, открывшего закон всемирного тяготения.

Сокращенное обозначение единицы силы ньютоном — 1 Н. Применяют также и большую единицу силы — килоньютоном (1 кН).

Как велика сила в 1 Н? Оказывается, 1 Н приблизительно равен силе тяжести, действующей на тело массой $\frac{1}{10}$ кг, точнее, на тело массой $\frac{1}{9,8}$ кг (приблизительно 102 г).

Следует учесть, что сила тяжести, действующая на тело, зависит от географической широты места, в котором находится данное тело, и от высоты места над поверхностью Земли.

Как, пользуясь единицей силы 1 Н, подсчитать силу тяжести, действующую на тело любой массы? Известно, что сила тяжести тем больше, чем больше масса тела. Исходя из этого будем рассуждать так:

на тело массой $\frac{1}{9,8}$ кг действует сила тяжести, равная 1 Н, тогда

на тело массой $\frac{2}{9,8}$ кг будет действовать сила тяжести, равная 2 Н,

на тело массой $\frac{5}{9,8}$ кг — сила тяжести, равная 5 Н, и т. д.,

на тело массой $\frac{9,8}{9,8}$ кг — сила тяжести, равная 9,8 Н.

Но $\frac{9,8}{9,8}$ кг = 1 кг. Значит, на тело массой 1 кг действует сила тяжести, равная 9,8 Н. Сокращенно значение силы тяжести, действующей на тело массой 1 кг, будем записывать так: $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Но если на тело массой 1 кг действует сила тяжести 9,8 Н, то на тело массой 2 кг действует сила, в два раза большая и равная 19,6 Н, на тело массой 3 кг — в три раза большая сила и равная 29,4 Н и т. д. Следовательно, чтобы определить силу тяжести F , действующую на тело любой массы, надо $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ умножить на массу этого тела m , выраженную в килограммах. Если величину $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ обозначить буквой g ($g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$), то



Ньютон Исаак (1643—1727) — английский физик и математик. Им открыты основные законы движения тел и закон тяготения, открыты и изучены многие важные свойства света, разработаны важнейшие разделы высшей математики.

$$F = gm$$

$$F = gm.$$

Если опора неподвижна и расположена горизонтально относительно Земли, то вес тела по своему числовому значению равен силе тяжести.

В дальнейшем в этой книге, говоря о весе тела, мы будем всегда относить его к неподвижной и горизонтально расположенной опоре. Поэтому и вес тела P будем рассчитывать по формуле:

$$P = gm$$

$$P = gm.$$

Следует помнить, что при расчетах силы тяжести и веса тела по указанным формулам надо массу тела обязательно выражать в килограммах.

Когда при расчетах не требуется большой точности, то можно округлять числа и считать $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

? 1. Что принято за единицу силы? 2. Какая сила равна одному ньютому? 3. Какая сила тяжести действует на тело массой 1 кг? 4. Как подсчитать силу тяжести, действующую на тело

любой массы? В каких единицах при этом надо выражать массу тела? 5. В каком случае можно применять для вычисления веса формулу, по которой вычисляют силу тяжести?

▲ Упражнение 16

1. Чему равна сила тяжести, действующая на тело массой 2,5 кг? 800 г? 1,2 т? 50 г?
2. Вычислите вес тела, масса которого 10 кг, 200 г.

3. Человек весит 800 Н. Какова его масса?
4. Какова масса вашего тела? Чему равен ваш вес?
5. Сможете ли вы поднять пластину из пробки объемом 1 м³? Каков вес этой пластины?

■ Задание 10

Прочитайте в конце учебника параграфы: «Невесомость», «Сила тяжести на других плане-

тах». Подготовьте по ним доклады, используя при этом дополнительную литературу.

27. ДИНАМОМЕТР

Приборы для измерения силы называют *динамометрами* (от греческих слов: динамис — сила, метрео — измеряю).

Устройство простейшего (пружинного) динамометра основано на сравнении любой силы с силой упругости пружины. На дощечке, оклеенной белой бумагой, укрепляют пружину, заканчивающуюся внизу стержнем с крючком (рис. 63, а). К верхней части стержня прикрепляют указатель. Положение указателя отмечают на бума-

ге при нерастянутой пружине, — это нулевое деление. Затем к крючку подвешивают груз массой $\frac{1}{9,8}$ кг, т. е. 102 г. На этот груз действует сила тяжести 1 Н. Под влиянием силы 1 Н пружина растянется, указатель опустится вниз. Новое его положение отмечают на бумаге и около этой отметки ставят цифру 1 (рис. 63, б). Затем подвешивают груз массой 204 г и ставят отметку 2, означающую, что при таком положении сила упругости пружины равна 2 Н. При помощи груза массой 306 г наносят отметку 3 Н и т. д.

Можно нанести деления, позволяющие измерять десятые доли ньютона: 0,1; 0,2; 0,3 Н и т. д. Для этого расстояния между отметками 0 и 1; 1 и 2; 2 и 3 и т. д. нужно разделить на 10 равных частей. Это можно сделать, основываясь на том, что сила упругости пружины увеличивается во столько же раз, во сколько увеличивается ее удлинение.

Проградуированная пружина и будет простейшим динамометром (проградуировать прибор — значит снабдить его шкалой с делениями).

Динамометрами можно измерить, конечно, не только силу тяжести, но и другие силы: силу трения, силу упругости и т. д.

Для измерения мускульной силы руки при сжатии кисти в кулак применяют ручной динамометр — *силонер* (рис. 64).

Для измерения больших сил, например силы тяги трактора, используют специальные *тяговые динамометры* (рис. 65). Ими можно измерять силы до нескольких десятков тысяч ньютонов.

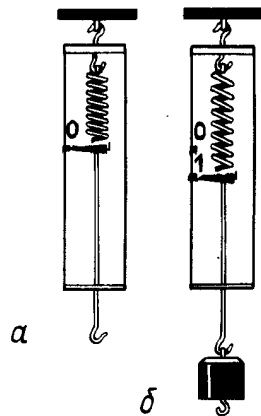


Рис. 63

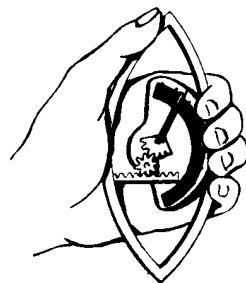


Рис. 64

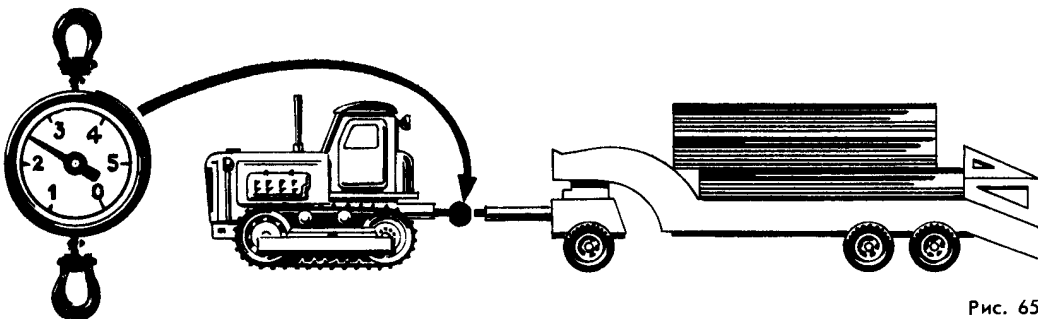


Рис. 65

- ? 1. Какой прибор служит для измерения сил? На чем основано его устройство? 2. Как изготовить простейший динамометр? 3. Как нанести на шкалу динамометра деления, соответствующие 0,1 Н? 4. Для чего применяют силомер? тяговый динамометр?

Упражнение 17

1. На рисунке 66 изображены два динамометра. Вычислите цену деления каждого прибора и определите силы тяжести, действующие на грузы 1 и 2.

Чему равен вес каждого груза и куда он приложен?

2. Определите по рисунку 67, с какой силой растягивается каждая пружина под действием подвешенного к ней груза.

3. Пользуясь рисунком 64, объясните, как устроен силомер. Почему при сжатии стрелка этого динамометра поворачивается? Какую цену деления целесообразно придать такому динамометру?

4. Рассмотрите рисунок 65. Какую силу тяги показывает динамометр, изображенный на этом рисунке, если его цена деления равна 15 кН? Какую максимальную силу тяги можно измерить с помощью этого динамометра?

5. Выразите в ньютонах следующие силы: 420 кН, 15 кН, 7 кН, 0,5 кН, 0,03 кН.

6. Выразите в килоньютонах следующие силы: $7 \cdot 10^5$ Н, 20 000 Н, 400 Н, 30 Н.

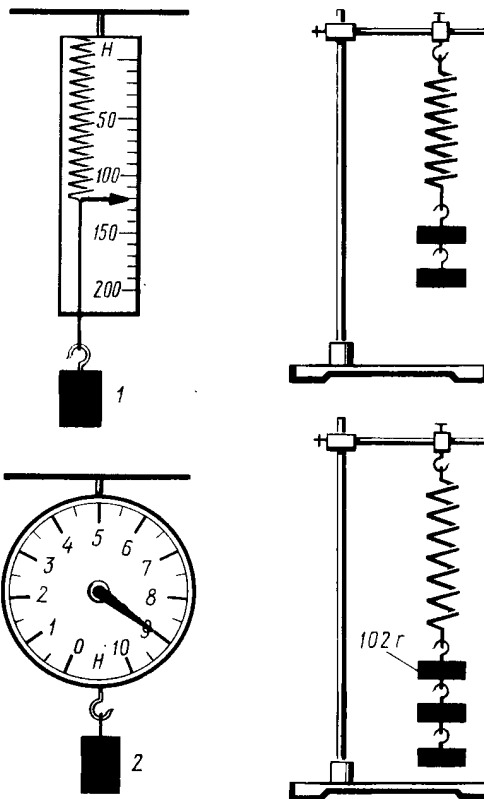


Рис. 66

Рис. 67

28. СИЛА — ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА

Действие силы на тело зависит от ее числового значения. Чем сильнее, например, растягивают пружину, тем больше она удлиняется. Но действие силы зависит также и от ее направления. В зависимости от направления силы пружина будет растягиваться или сжиматься, дверь открываться или закрываться.

Величины, которые, кроме числового значения (модуля), имеют направление, называют *векторными величинами*.

Сила — величина векторная.

Векторные величины обозначают соответствующими буквами со стрелкой, например \vec{F} , а модуль той же буквой, но без стрелки — F .

Большое значение имеет и то, к какой точке тела при-

ложена действующая на него сила. Ведь недаром ручку двери прикрепляют как можно дальше от петель. Попробуйте открыть дверь, толкая ее близко от петель, — это сделать труднее, чем открывать дверь за ручку.

Из приведенных примеров можно сделать вывод: *действие силы на тело зависит от ее модуля, направления и точки приложения.*

На чертеже силу изображают в виде отрезка прямой со стрелкой на конце (рис. 68), которая указывает направление силы. Начало отрезка *A* есть точка приложения силы. Длина отрезка условно обозначает в некотором масштабе модуль силы. Например, если условиться 1 Н изображать отрезком длиной 0,5 см, то силу в 5 Н следует чертить отрезком длиной 2,5 см.

Пример. На полу стоит мешок с мукой массой 50 кг. Вычислить силу тяжести и вес мешка и изобразить эти силы на рисунке.

Дано:

Решение:

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$F = gm$$

$$F = P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 50 \text{ кг} \approx 500 \text{ Н.}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$P = gm$$

$$F = ?$$

$$P = ?$$

Ответ: $F = P \approx 500 \text{ Н.}$

Выберем масштаб и изобразим полученные силы графически (рис. 69), помня, что сила тяжести действует на тело, т. е. приложена к самому телу, а вес действует на подвес или опору, т. е. приложен к опоре, в данном случае к полу.

1. Приведите примеры, показывающие, что действие силы зависит от ее модуля, направления и точки приложения. 2. Почему сила является векторной величиной? 3. Как изобра-

жают силы на чертеже? 4. Чем отличаются изображения на чертеже силы тяжести и веса тела? Объясните это, пользуясь рисунком 69.

Упражнение 18

- Изобразите на чертеже в выбранном вами масштабе следующие силы: а) вес тела 400 Н; б) силу удара по мячу, равную 50 Н и направленную горизонтально.
- Трактор К-700 при работе может развивать

силу тяги до 60 000 Н. Изобразите эту силу графически в масштабе 1 см — 10 кН.

- На неподвижной платформе стоит ящик с кирпичами массой 3 т. Вычислите и изобразите в выбранном вами масштабе силу тяжести и вес ящика.

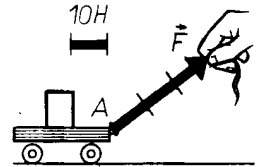


Рис. 68

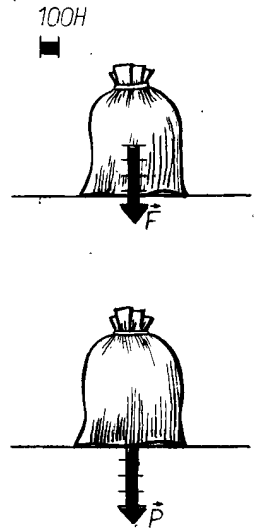


Рис. 69

**29. СЛОЖЕНИЕ
ДВУХ СИЛ,
НАПРАВЛЕННЫХ
ПО ОДНОЙ
ПРЯМОЙ.
РАВНОДЕЙСТ-
ВУЮЩАЯ
СИЛ**

В большинстве случаев, с которыми мы встречаемся в жизни, на тело действует не одна, а сразу несколько сил. Так, например, на пилу при распиливании доски действует мускульная сила человека, сила сопротивления доски и сила тяжести. На движущийся корабль действует сила тяги вращающегося винта, силы сопротивления воды и воздуха, сила тяжести и выталкивающая сила со стороны воды. На тело, висящее на пружине, действуют две силы: сила тяжести и сила упругости пружины.

В каждом подобном случае можно заменить несколько сил, в действительности приложенных к телу, одной силой, *равноценной по своему действию этим силам.*

Сила, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих сил, называется **равнодействующей** этих сил.

Найдем равнодействующую двух сил, действующих на тело по одной прямой в одну сторону.

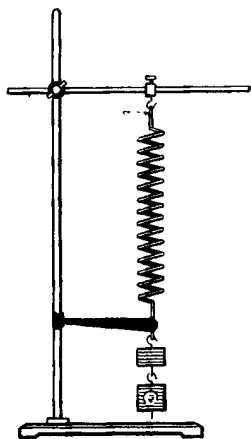
Обратимся к опыту. К пружине один под другим подвесим два груза массой 102 г и 204 г, т. е. весом 1 и 2 Н (рис. 70, а). Отметим длину, на которую растянулась пружина. Снимем эти грузы, заменим одним грузом, который растягивает пружину на такую же длину (рис. 70, б). Вес этого груза оказывается равным 3 Н.

Основываясь на опыте, заключаем: **равнодействующая сил, направленных по одной прямой в одну сторону, направлена в ту же сторону, а ее модуль равен сумме модулей составляющих сил.**

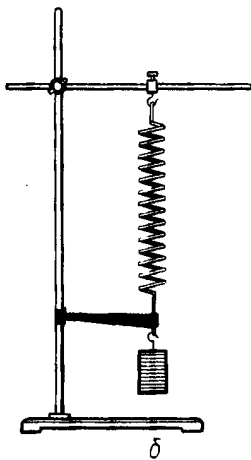
На рисунке 71 равнодействующая сил, действующих на тело, обозначена буквой R , а слагаемые силы — буквами F_1 и F_2 . В этом случае

$$R = F_1 + F_2.$$

Выясним теперь, как найти равнодействующую двух сил, действующих на тело по одной прямой в разные стороны. Тело — столик динамометра. Поставим на столик гирю весом 5 Н, т. е. подействуем на него силой 5 Н, направленной вниз (рис. 72, а). Привяжем к столику нить и подействуем на него с силой, равной 2 Н (рис. 72, б), направленной вверх. Тогда динамометр покажет силу 3 Н, эта сила есть равнодействующая двух сил: 5 и 2 Н.



а



б

Рис. 70

Итак, равнодействующая двух сил, направленных по одной прямой в противоположные стороны, направлена в сторону большей по модулю силы, а ее модуль равен разности модулей составляющих сил:

$$R = F_2 - F_1 \quad (\text{рис. 73}).$$

Если к телу приложены две равные и направленные противоположно силы, то равнодействующая этих сил равна нулю. Например, если в нашем опыте за конец нити потянуть силой 5 Н, то стрелка динамометра установится на нулевом делении. Равнодействующая двух сил в этом случае равна нулю ($5 \text{ Н} - 5 \text{ Н} = 0$).

Тело под действием двух равных и противоположно направленных сил будет находиться в покое или двигаться равномерно и прямолинейно.

1. Приведите примеры действия на тело нескольких сил. 2. Какую силу называют равнодействующей нескольких сил? 3. Опишите опыт, в котором определяют равнодействующую двух сил, направленных по одной прямой в одну сторону. Чему равна эта равнодействующая? 4. Чему равна равнодействующая двух сил, направленных по одной прямой в противоположные стороны? 5. Как будет двигаться тело под действием двух равных противоположно направленных сил?

Упражнение 19

1. Человек, масса которого 70 кг, держит на плечах ящик массой 20 кг. С какой силой человек давит на землю?
2. В игре по перетягиванию каната участвуют четыре человека. Два из них тянут канат в одну сторону с силами 330 и 380 Н, два — в противоположную сторону с силами 300 и 400 Н. В каком направлении будет двигаться канат и чему равна равнодействующая этих сил? Сделайте чертёж.
3. Человек спускается на парашюте, двигаясь равномерно. Сила тяжести парашютиста вместе с парашютом 700 Н. Чему равна сила сопротивления воздуха?

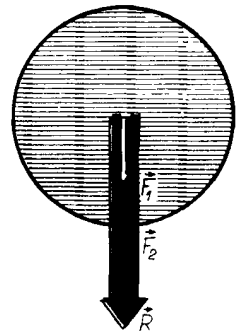


Рис. 71

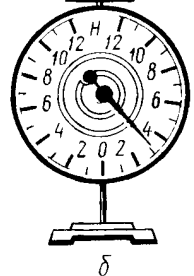
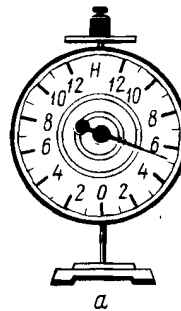
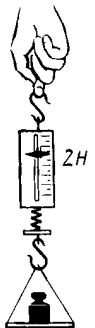


Рис. 72

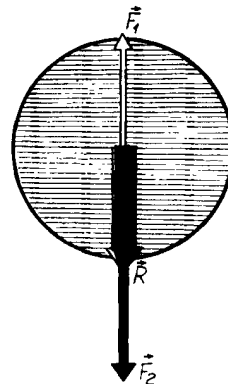


Рис. 73

Санки, скатившись с горы, движутся по горизонтальному пути неравномерно, скорость их постепенно уменьшается, и через некоторое время они останавливаются. Мальчик, разбежавшись, скользит на коньках по льду, но, как бы ни был гладок лед, мальчик все-таки останавливается. Останавливается и велосипед, когда велосипедист прекращает вращать педали. Мы знаем, что причиной всякого изменения скорости движения (в данном случае уменьшения) является сила. Значит, и в рассмотренных примерах на каждое движущееся тело действовала сила.

Сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к движущемуся телу и направленная против движения, называется силой трения (рис. 74).



Рис. 74

Сила трения — это еще один вид силы, отличающийся от рассмотренных ранее силы тяжести и силы упругости.

Одной из причин возникновения силы трения является шероховатость поверхностей соприкасающихся тел. Даже гладкие на вид поверхности тел имеют неровности, бугорки и царапины. На рисунке 75, а эти неровности изображены в увеличенном виде. Когда одно тело скользит или катится по поверхности другого, эти неровности зацепляются друг за друга, что создает некоторую силу, задерживающую движение.

Другая причина трения — взаимное притяжение молекул соприкасающихся тел.

Возникновение силы трения обусловлено главным образом первой причиной, когда поверхности тел шероховаты. Но если поверхности тел хорошо отполированы, то при соприкосновении часть их молекул располагается так близко друг от друга, что заметно начинает проявляться притяжение между молекулами соприкасающихся тел.

Силу трения можно уменьшить во много раз, если ввести между трущимися поверхностями смазку. Слои смазки (рис. 75, б) разъединяет поверхности трущихся тел. В этом случае соприкасаются не поверхности тел, а слои смазки. Смазка же в большинстве случаев жидкая, а трение слоев жидкости меньше, чем твердых поверхностей. Например, на коньках малое трение при скольжении по льду объясняется также действием смазки: между коньками и льдом образуется тонкий слой воды.

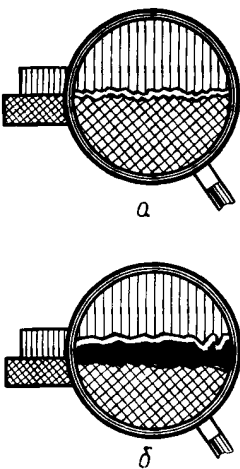


Рис. 75

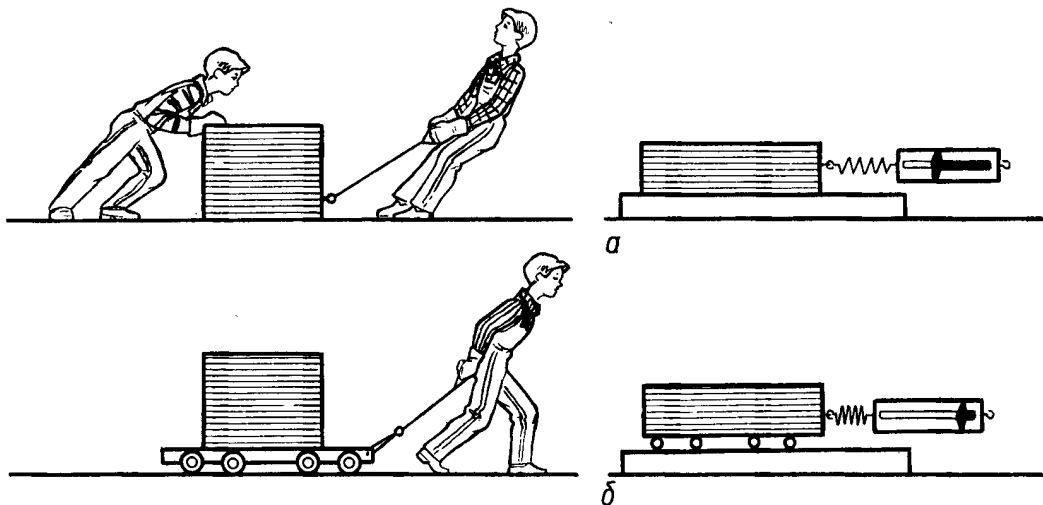


Рис. 76

В технике в качестве смазки широко применяют различные масла.

При *скольжении* одного тела по поверхности другого возникает сила трения, которую называют *трением скольжения*. Например, такое трение возникает при движении саней и лыж по снегу.

Если же одно тело не скользит, а *катится* по поверхности другого, то трение, возникающее при этом, называют *трением качения*. Так, при движении колес вагона, автомобиля, при перекатывании бревен или бочек по земле проявляется трение качения.

Силу трения можно измерить. Например, чтобы измерить силу трения скольжения деревянного бруска по доске или по столу, надо прикрепить к нему динамометр (рис. 76, а) и равномерно двигать брусок по доске, держа динамометр горизонтально. Что при этом покажет динамометр? На брусок в горизонтальном направлении действуют две силы — сила упругости пружины динамометра, направленная в сторону движения, и сила трения, направленная против движения. Так как брусок движется равномерно, то это значит, что равнодействующая этих двух сил равна нулю, т. е. эти силы равны по модулю, но противоположны по направлению. Динамометр показывает силу упругости (силу тяги), равную по модулю силе трения.

Таким образом, *измеряя силу, с которой динамометр действует на тело при его равномерном движении, мы измеряем силу трения.*

Если на брусок положить груз, например гирю, или нажать на брусок рукой и измерить по описанному выше способу силу трения, то она окажется больше.

Чем больше сила, прижимающая тело к поверхности, тем больше возникающая при этом сила трения.

Положив деревянный брусок на круглые палочки, можно измерить силу трения качения (рис. 76, б). Она оказывается меньше силы трения скольжения. Таким образом, *при равных нагрузках сила трения качения всегда меньше силы трения скольжения.* Именно поэтому люди еще в древности применяли катки для перетаскивания больших грузов, а позднее стали широко использовать колесо.

? 1. Какие известные вам наблюдения и опыты показывают, что существует сила трения? 2. Какую силу называют силой трения? 3. В чем заключаются причины трения? 4. Объясните, как смазка влияет на силу трения. 5. Какие виды трения вы знаете? 6. Как можно изме-

рить силу трения? 7. Как показать, что сила трения зависит от силы, прижимающей тело к поверхности? 8. Как показать на опытах, что при равных нагрузках сила трения скольжения больше силы трения качения? Как это используется в технике?

31. ТРЕНИЕ ПОКОЯ

Мы ознакомились с силой трения, возникающей при движении одного тела по поверхности другого. Но можно ли говорить о силе трения между соприкасающимися твердыми телами, когда эти тела находятся в покое?

Когда тело находится в покое на наклонной плоскости, оно удерживается на ней силой трения. Действительно, если бы не было трения, то тело под действием силы тяжести соскользнуло бы вниз по наклонной плоскости. Рассмотрим этот вопрос и для случая, когда тело находится в покое на горизонтальной плоскости. Пусть, например, на полу стоит стол. Попробуем его передвинуть. Если на стол нажать слабо, то он не тронется с места. Почему? Действующая сила в этом случае уравновешивается силой трения между полом и ножками стола. Так как эта сила существует между покоящимися друг относительно друга телами, то эту силу принято называть *силой трения покоя.*

На рисунке 77 изображен транспортер, с помощью которого поднимают тюки с хлопком. Тюки удерживаются на ленте транспортера силой трения покоя.

Сила трения покоя удерживает гвоздь, вбитый в доску, не дает развязаться банту на ленте, удерживает нитку, которой сшиты два куска ткани, и т. п.

1. Какая сила удерживает тела на наклонной плоскости? 2. Почему стол сдвигается с места под действием только определенной силы? Приведите примеры практического использования силы трения покоя.

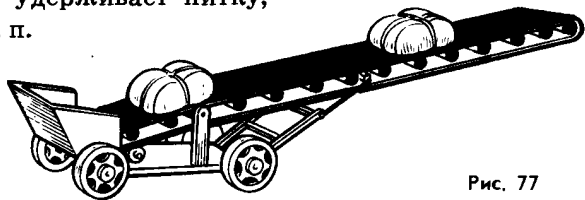


Рис. 77

В природе и технике трение имеет большое значение. Трение может быть полезным и вредным. Когда оно полезно, его стараются увеличить, когда вредно — уменьшить.

Без трения покоя ни люди, ни животные не могли бы ходить по земле, так как при ходьбе мы отталкиваемся ногами от земли. Когда трение между подошвой обуви и землей (или льдом) мало, например в гололедицу, то отталкиваться от земли очень трудно, ноги при этом скользят. Чтобы ноги не скользили, тротуары посыпают песком. Это увеличивает силу трения между подошвой обуви и льдом.

Не будь трения, предметы выскальзывали бы из рук.

Сила трения останавливает автомобиль при торможении, но без трения покоя он не смог бы и начать движение. Колеса, вращаясь, проскальзывали бы, а автомобиль продолжал бы стоять на месте. Чтобы увеличить трение, поверхность шин у автомобиля делают с ребристыми выступами (рис. 78). Зимой, когда дорога бывает особенно скользкая, на колеса автомобиля надевают специальные цепи.

У многих растений и животных имеются различные органы, служащие для хватания (усики растений, хобот слона, цепкие хвосты лазающих животных). Все они имеют шероховатую поверхность для увеличения трения.

Но мы уже говорили, что во многих случаях трение вредно и с ним приходится бороться. Например, во всех машинах из-за трения нагреваются и изнашиваются движущиеся части. Для уменьшения трения соприкасающиеся

32. ТРЕНИЕ В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ

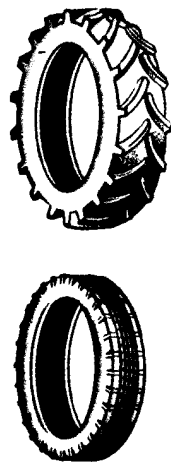
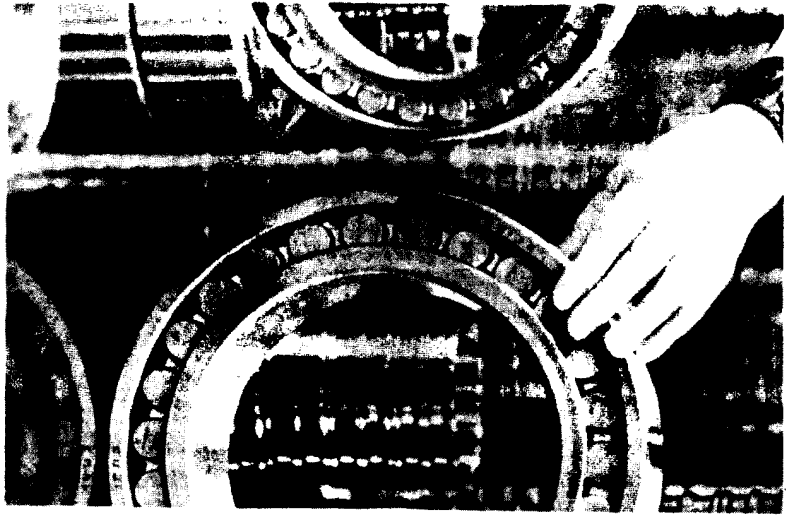


Рис. 78



Роликовые подшипники

ся поверхности делают гладкими, между ними вводят смазку. Чтобы уменьшить трение вращающихся валов машин и станков, их опирают на *подшипники*. Деталь подшипника, непосредственно соприкасающуюся с валом, называют *вкладышем*. Вкладыши делают из твердых материалов — бронзы, чугуна или стали, — внутреннюю поверхность их покрывают особыми материалами, чаще всего баббитом (это сплав свинца или олова с другими металлами), и смазывают. На рисунке 79 изображен подшипник, в котором вал 3 при вращении скользит по поверхности вкладыша 2. Подшипники такого рода называют подшипниками скольжения.

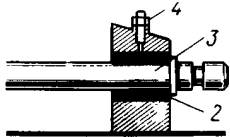
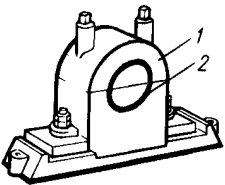


Рис. 79. Подшипник скольжения: 1 — корпус подшипника; 2 — вкладыш; 3 — вал; 4 — отверстие для смазки

Мы знаем, что сила трения качения при одинаковой нагрузке значительно меньше силы трения скольжения. На этом явлении основано применение шариковых и роликовых подшипников. В таких подшипниках вращающийся вал не скользит по неподвижному вкладышу подшипника, а катится по нему на стальных шариках или роликах.

Устройство простейших шарикового и роликового подшипников изображено на рисунке 80. Внутреннее кольцо подшипника, изготовленное из твердой стали, насажено на вал. Наружное же кольцо закреплено в корпусе машины.

При вращении вала внутреннее кольцо катится на шариках или роликах, находящихся между кольцами.

Замена в машинах подшипников скольжения шариковыми или роликовыми подшипниками позволяет уменьшить силу трения в 20—30 раз.

Шариковые и роликовые подшипники используют в разнообразных машинах: автомобилях, токарных станках, электрических двигателях, велосипедах и т. д. Без подшипников невозможно представить современную промышленность и транспорт.

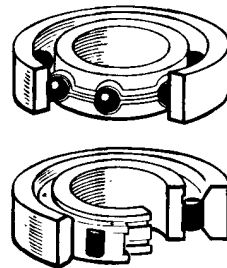


Рис. 80

? 1. Приведите примеры, показывающие, что трение может быть полезным. Каково значение трения на транспорте? 2. Приведите примеры, показывающие, что трение может быть вредным. 3. Какие способы увеличения и

уменьшения трения вы знаете? 4. Для какой цели используют в машинах подшипники? 5. Как устроен подшипник скольжения? шариковый подшипник? Какой из них заметнее уменьшает трение?

Повторите тему «Взаимодействие тел».

1. Пользуясь предметно-именным указателем, найдите в учебнике страницы, на которых написано об инерции, массе, плотности, силе тяжести, весе тела и о единицах этих физических величин; повторите этот материал.

2. Определите объем, массу, силу тяжести и вес кирпичной кладки размером $300 \times 40 \times$

$\times 50$ см. Изобразите силу тяжести и вес графически (масштаб: 1 см = 6000 Н).

3. Определите цену деления и показания динамометра, изображенного на рисунке 72, а учебника.

4. Ответьте на вопросы: 1, 2, 6 к § 30 и 1, 2 и 3 к § 32.

ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ



33. Давление. Единицы давления
34. Способы уменьшения и увеличения давления
35. Давление газа
36. Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля
37. Давление в жидкости и газе
38. Расчет давления жидкости на дно и стенки сосуда
39. Сообщающиеся сосуды
40. Вес воздуха. Атмосферное давление
41. Почему существует воздушная оболочка Земли
42. Измерение атмосферного давления. Опыт Торричелли
43. Барометр-анероид
44. Атмосферное давление на различных высотах
45. Манометры
46. Поршневой жидкостный насос
47. Гидравлический пресс
48. Действие жидкости и газа на погруженное в них тело
49. Архимедова сила
50. Плавание тел
51. Плавание судов
52. Воздухоплавание

33. ДАВЛЕНИЕ. ЕДИНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ

По рыхлому снегу человек идет с большим трудом, глубоко проваливаясь при каждом шаге (рис. 81, а). Но, надев лыжи, он может идти по снегу, почти не проваливаясь в него (рис. 81, б). Почему? На лыжах или без лыж человек действует на снег с одной и той же силой, равной своему весу. Но действие этой силы в обоих случаях различно, потому что различна площадь поверхности, на которую давит человек с лыжами и без лыж. Площадь поверхности лыжи раз в двадцать больше площади подошвы. Поэтому, стоя на лыжах, человек действует на каждый квадратный сантиметр площади поверхности снега с силой, в двадцать раз меньшей, чем стоя на снегу без лыж.

Ученик, прикалывая кнопками газету к доске, действует на каждую кнопку с одинаковой силой. Однако кнопка, имеющая более острый конец, легче входит в дерево.

Значит, *результат действия силы зависит не только от ее модуля, но и от площади той поверхности, перпендикулярно которой она действует.*

Этот вывод подтверждают опыты.

В углы небольшой доски вбивают гвозди. Сначала гвозди, вбитые в доску, устанавливают на песке остриями вверх и кладут на доску гири (рис. 82). В этом случае



Рис. 81

шляпки гвоздей только незначительно вдавливаются в песок. Затем доску переворачивают и ставят гвозди на острие (рис. 83). В этом случае площадь опоры меньше, и под действием той же силы гвозди значительно углубляются в песок.

От того, какая сила действует на каждую единицу площади поверхности, зависит результат действия этой силы.

В рассмотренных примерах силы действовали перпендикулярно поверхности тела. Вес человека был перпендикулярен поверхности снега; сила, действовавшая на кнопку, перпендикулярна ее поверхности.

Величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется давлением.

Следовательно, чтобы определить давление, надо силу, действующую перпендикулярно поверхности, разделить на площадь поверхности:

$$\text{давление} = \frac{\text{сила}}{\text{площадь}}, \quad \text{или} \quad p = \frac{F}{S},$$

где p — давление, F — сила, действующая на поверхность, и S — площадь поверхности.

Понятно, что большая по значению сила, действующая на ту же площадь, будет производить большее давление.

За единицу давления принимается такое давление, которое производит сила в 1 Н, действующая на поверхность площадью 1 м² перпендикулярно этой поверхности. Сокращенно эта единица записывается так: 1 $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

В честь французского ученого Паскаля единица давления 1 $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ называется паскалем (обозначается Па). Таким образом,

$$1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Используются также другие единицы давления: гектопаскаль (гПа) и килопаскаль (кПа).

Пример. Рассчитать давление, производимое на пол мальчиком, масса которого 45 кг, а площадь подошв его ботинок, соприкасающихся с полом, равна 300 см².

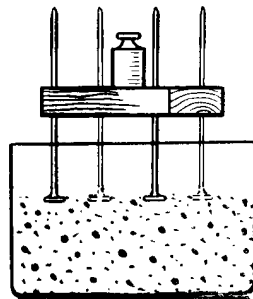


Рис. 82

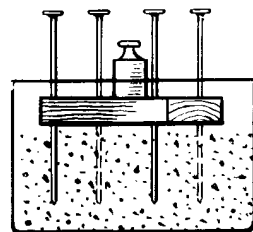


Рис. 83

Паскаль (ньютон на квадратный метр) — 1 Па
(1 $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$)

$$1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}$$

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$$

$$1 \text{ Па} = 0,001 \text{ кПа}$$

$$1 \text{ Па} = 0,01 \text{ гПа}$$

<p>Дано:</p> $m = 45 \text{ кг}$ $S = 300 \text{ см}^2 =$ $= 0,03 \text{ м}^2$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $p = ?$	<p>Решение:</p> $p = \frac{F}{S}$ $F = P$ $P = gm$	$P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 45 \text{ кг} \approx 450 \text{ Н},$ $p = \frac{450 \text{ Н}}{0,03 \text{ м}^2} = 15\,000 \text{ Па} = 15 \text{ кПа}.$ <p>Ответ: $p = 15 \text{ кПа}.$</p>
--	--	--

? 1. Приведите примеры, показывающие, что действие силы зависит от площади опоры, на которую действует эта сила. 2. Почему человек, идущий на лыжах, не проваливается в снег? 3. Почему острая кнопка легче входит в

дерево, чем тупая? 4. На каком опыте можно показать, что действие силы зависит от площади опоры? 5. Что называют давлением? 6. Как определяют давление? 7. Какие вы знаете единицы давления?

▲ Упражнение 20

1. Выразите в паскалях давления: 5 гПа;

$$0,02 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}; 0,4 \text{ кПа}; 10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Выразите в гектопаскалях и килопаскалях давления: 10 000 Па; 5800 Па

2. Гусеничный трактор ДТ-75М массой 6610 кг имеет опорную площадь обеих гусениц 1,4 м². Определите давление этого трактора на почву. Во сколько раз оно больше давления, производимого мальчиком (см. пример в § 33)?

3. Человек нажимает на лопату силой 600 Н. Какое давление оказывает лопата на почву, если ширина ее лезвия 20 см, а толщина режущего края 0,5 мм? Зачем лопаты остро затачивают?

4. Мальчик массой 45 кг стоит на лыжах. Длина каждой лыжи 1,5 м, ширина 10 см. Какое давление оказывает мальчик на снег?

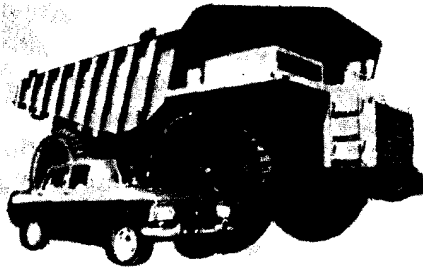
Сравните его с давлением, которое производит мальчик, стоящий без лыж.

34. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Тяжелый гусеничный трактор производит на почву давление 40—50 кПа, т. е. всего в 2—3 раза больше, чем давление мальчика массой 45 кг. Это объясняется тем, что вес трактора распределяется на большую площадь. А мы установили, что, чем больше площадь опоры, тем меньше давление, производимое одной и той же силой на эту опору.

В зависимости от того, хотят ли получить малое или большое давление, площадь опоры увеличивают или уменьшают. Например, для того чтобы грунт мог выдерживать давление возводимого здания, увеличивают площадь нижней части фундамента.

Шины грузовых автомобилей и шасси самолетов делают значительно шире, чем легковых (см. фото на с. 69). Особенно широкими делают шины у автомобилей, предназначенных для передвижения в пустынях.

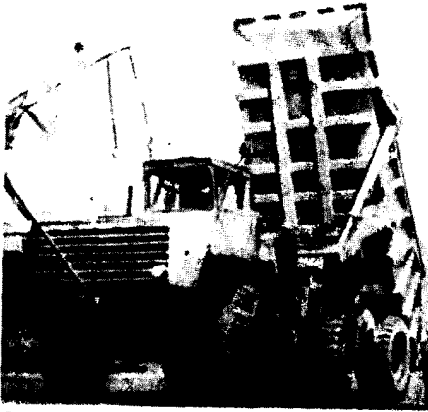


1

2

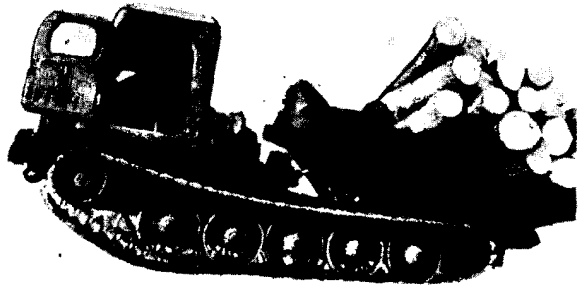


1. Самосвал «БелАЗ».
2. Шасси самолета.
3. Перевоз строительного материала.
4. Тягач большой проходимости.
5. Укладка и крепеж рельсов.



3

4



5



Тяжелые машины, такие, как трактор, танк или ботоход (см. фото на с. 69), имея большую опорную площадь гусениц, проходят по болотистой местности, по которой не пройдет человек.

С другой стороны, при малой площади поверхности можно небольшой силой создать большое давление. Например, вдавливая кнопку в доску, мы действуем на нее с силой около 50 Н. Так как площадь острия кнопки примерно 1 мм², то давление, производимое ею, равно:

$$p = \frac{50 \text{ Н}}{0,000001 \text{ м}^2} = 50\,000\,000 \text{ Па} = 50\,000 \text{ кПа}.$$

Это давление в 1000 раз больше давления, производимого гусеничным трактором на почву.

Лезвие режущих и острие колющих инструментов (ножей, ножниц, резцов, пил, игл и др.) остро оттачивают. Острое лезвие имеет маленькую площадь, поэтому при помощи даже малой силы создается большое давление, и таким инструментом легко работать.

Режущие и колющие приспособления встречаются и в живой природе; это зубы, когти, клювы, шипы и др.— все они из твердого материала, гладкие и очень острые.

- ? 1. Приведите примеры использования больших площадей опоры для уменьшения давления.
2. Зачем у сельскохозяйственных машин де

лают колеса с широкими ободами? 3. Почему режущие и колющие инструменты оказывают на тела очень большое давление?

Упражнение 21

1. Рассмотрите устройство плоскогубцев и клещей (рис. 84). При помощи какого инструмента можно произвести большее давление на зажатое тело, действуя одинаковой силой?
2. Зачем при бороновании плотных почв на бороны кладут тяжелые предметы?

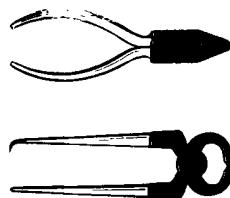


Рис. 84

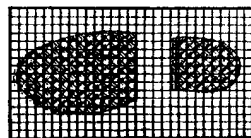


Рис. 85

Задание 11

1. Зная свою массу и площадь ботинка, вычислите, какое давление вы производите при ходьбе и стоя на месте.
Площадь опоры ботинка определите следующим образом. Поставьте ногу на лист клетчатой бумаги и обведите контур той части подошвы, на которую нога опирается (рис. 85). Считайте число полных квадратиков, попавших

внутрь контура, и прибавьте к нему половину числа неполных квадратиков, через которые прошла линия контура. Полученное число умножьте на площадь одного квадратика (площадь квадратика на листе, взятом из школьной тетради, равна 1/4 см²) и найдите площадь подошвы.

2. Рассмотрите фотографии шасси самолета и колеса машин большой проходимости

(с. 69). Используя эти и другие известные вам примеры, подготовьте небольшое сооб-

щение о способах уменьшения и увеличения давления.

Мы уже знаем, что газы, в отличие от твердых тел и жидкостей, заполняют весь сосуд, в котором они находятся, например стальной баллон для хранения газов, камеру автомобильной шины или волейбольного мяча. При этом газ оказывает давление на стенки, дно и крышку баллона, камеры или любого другого тела, в котором он находится. Давление газа обусловлено иными причинами, чем давление твердого тела на опору.

Известно, что молекулы газа беспорядочно движутся. При своем движении они сталкиваются друг с другом, а также со стенками сосуда, в котором находится газ (рис. 86). Молекул в газе много, поэтому и число их ударов очень велико. Например, число ударов молекул воздуха, находящегося в комнате, на поверхность площадью 1 см^2 за 1 с выражается двадцатитрехзначным числом. Хотя удар отдельной молекулы и слаб, но действие такого числа ударов всех молекул о стенки сосуда значительно, оно и является причиной давления газа.

Итак, *давление газа на стенки сосуда* (и на помещенное в газ тело) *вызывается ударами молекул газа*.

Рассмотрим следующий опыт. Под колокол воздушного насоса помещают завязанный резиновый шарик. Он содержит небольшое количество воздуха (рис. 87, а) и имеет неправильную форму. Затем насосом откачивают воздух из-под колокола. Оболочка шарика, вокруг которой воздух становится все более разреженным, постепенно раздувается и принимает форму шара (рис. 87, б).

Как объяснить этот опыт?

В нашем опыте движущиеся молекулы газа непрерывно ударяют о стенки шарика внутри и снаружи. При откачивании воздуха число молекул в колоколе вокруг оболочки шарика уменьшается. Но внутри завязанного шарика их число не изменяется. Поэтому число ударов молекул о внешние стенки оболочки становится меньше числа ударов о внутренние стенки и шарик раздувается до тех пор, пока сила упругости его резиновой оболочки не станет равной силе давления газа. Шаровая форма, которую принимает раздутая оболочка шарика, показывает,

35. ДАВЛЕНИЕ ГАЗА

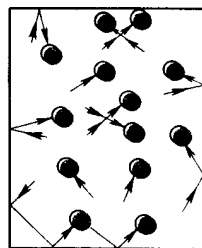


Рис. 86

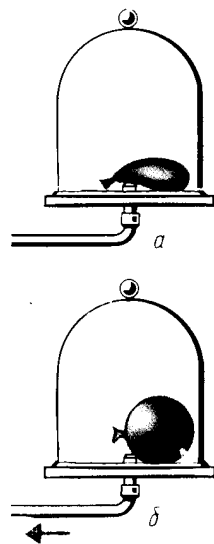


Рис. 87



Рис. 88

что газ давит на ее стенки по всем направлениям одинаково, иначе говоря, число ударов молекул, приходящихся на каждый квадратный сантиметр площади поверхности, по всем направлениям одинаково. Одинаковое давление по всем направлениям характерно для газа и является следствием беспорядочного движения огромного числа молекул.

Если объем газа уменьшить, но так, чтобы масса его осталась неизменной, то в каждом кубическом сантиметре газа молекул станет больше, плотность газа увеличится. Тогда число ударов молекул о стенки сосуда возрастет, т. е. возрастет давление газа. Это можно подтвердить опытом.

На рисунке 88, а изображена стеклянная трубка, один конец которой закрыт тонкой резиновой пленкой. В трубку вставлен поршень. При вдвигании поршня объем воздуха в трубке уменьшается, т. е. газ сжимается (рис. 88, б). Резиновая пленка при этом выгибается наружу, указывая на то, что давление воздуха в трубке увеличилось.

Наоборот, при увеличении объема этой же массы газа число молекул в каждом кубическом сантиметре уменьшится, от этого уменьшится число ударов о стенки сосуда — давление газа уменьшится. Действительно, при вытягивании поршня из трубки объем воздуха увеличивается, пленка прогибается внутрь сосуда (рис. 88, в), указывая на уменьшение давления воздуха в трубке. Такие же явления наблюдались бы, если бы вместо воздуха в трубке находился любой другой газ.

Итак, при уменьшении объема газа его давление увеличивается, а при увеличении объема давление уменьшается при условии, что масса и температура газа остаются неизменными.

А как изменится давление газа, если нагреть его при постоянном объеме? Мы знаем, что скорость движения молекул газа при нагревании увеличивается. Двигаясь быстрее, молекулы будут ударять о стенки сосуда чаще. Кроме того, каждый удар молекулы о стенку сосуда станет сильнее. Вследствие этого стенки сосуда будут испытывать большее давление.

Следовательно, давление газа в закрытом сосуде тем

больше, чем выше температура газа, при условии, что масса газа не изменяется.

Из этих опытов можно сделать общий вывод, что давление газа тем больше, чем чаще и сильнее молекулы ударяют о стенку сосуда.

Для хранения и перевозки газов их сильно сжимают, от этого давление их возрастает, газы приходится заключать в специальные, очень прочные стальные баллоны (рис. 89). В таких баллонах, например, содержат сжатый воздух в подводных лодках, кислород, используемый при сварке металлов.

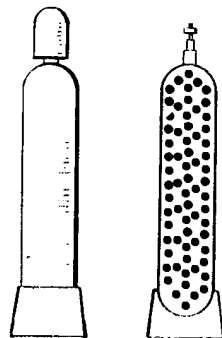


Рис. 89

1. Какие свойства газов отличают их от твердых тел и жидкостей? 2. Как объясняют давление газа на основе учения о движении молекул? 3. Как можно на опыте показать, что газ производит давление на стенки сосуда, в котором он находится? 4. Из чего можно заключить, что газ производит одинаковое да-

вление по всем направлениям? 5. Почему давление газа увеличивается при сжатии и уменьшается при расширении? 6. В каком состоянии газ производит большее давление: в холодном или нагретом? Объясните почему. 7. Почему сжатые газы содержат в специальных баллонах?

В отличие от твердых тел отдельные слои и мелкие частицы жидкости и газа могут свободно перемещаться относительно друг друга по всем направлениям. Достаточно, например, слегка подуть на поверхность воды в стакане, чтобы вызвать движение воды; на реке или озере при малейшем ветерке появляется рябь.

Подвижностью частиц газа и жидкости объясняется, что давление, производимое на них, передается не только в направлении действия силы, а в каждую точку жидкости или газа. Рассмотрим это явление подробнее.

На рисунке 90, а изображен сосуд, в котором содержится газ (или жидкость). Частицы газа равномерно распределены по всему сосуду (они изображены точками). Сосуд закрыт поршнем, который может перемещаться вверх и вниз.

Прилагая некоторую силу, заставим поршень немного войти в сосуд и сжать газ, находящийся непосредственно под ним. Тогда частицы расположатся в этом месте более плотно, чем прежде (рис. 90, б). Благодаря подвижности частицы газа будут перемещаться по всем направлениям, вследствие чего их расположение опять станет равномер-

36. ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТЯМИ И ГАЗАМИ. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

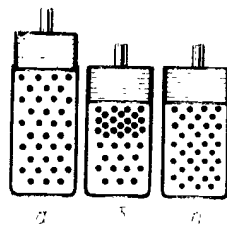


Рис. 90



Паскаль Блез (1623—1662) — французский ученый. Он открыл и исследовал ряд важных свойств жидкостей и газов, интересными и убедительными опытами подтвердил существование атмосферного давления, открытого итальянским ученым Торричелли.

ным, но более плотным, чем раньше (рис. 90, в), поэтому давление газа всюду возрастет. Значит, добавочное давление передается всем частицам газа или жидкости. Так, если давление на газ около самого поршня увеличится на 1 Па, то во всех точках *внутри* газа давление станет больше прежнего на столько же. На 1 Па увеличится давление и на стенки сосуда, и на дно, и на поршень.

Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку жидкости или газа.

Это утверждение называют *законом Паскаля*.

На основе закона Паскаля легко объяснить следующие опыты.

На рисунке 91 изображен полый шар, имеющий в различных местах узкие отверстия. К шару присоединена трубка, в которую вставлен поршень. Если набрать воды в шар и вдвинуть в трубку поршень, то вода польется из всех отверстий шара. В этом опыте поршень давит на поверхность воды в трубке. Частицы воды, находящиеся под поршнем, уплотняясь, передают его давление другим слоям, лежащим глубже. Таким образом, давление поршня передается в каждую точку жидкости, заполняющей шар. В результате часть воды выталкивается из шара в виде струек, вытекающих из всех отверстий.

Если шар заполнить дымом, то при вдвигании поршня в трубку из всех отверстий шара начнут выходить струйки дыма (рис. 92). Это подтверждает, что и *газы передают производимое на них давление во все стороны одинаково*.

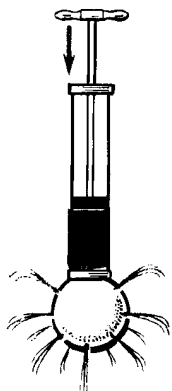


Рис. 91

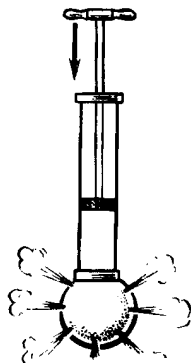


Рис. 92

- ?
1. Как передают давление жидкости и газы?
 2. Пользуясь рисунком 90, объясните на основе знаний о молекулах, почему жидкости и газы передают давление во все стороны одинаково.
 3. Как читается закон Паскаля?
 4. На каком опыте можно показать особенность передачи давления жидкостями и газами?

▲ Упражнение 22

1. По рисунку 93 объясните передачу давления твердым, сыпучим телами и жидкостью. Изобразите стрелками, как передается давление.
2. При изготовлении бутылок через трубку

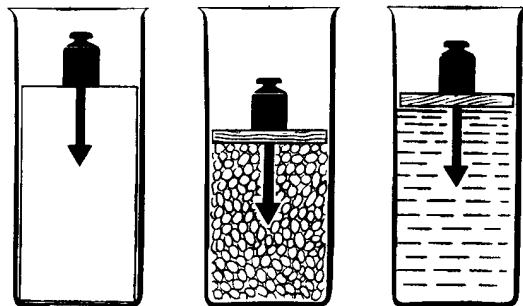


Рис. 93

вдувают воздух, и расплавленное стекло принимает форму бутылки (см. рис. 22). Какое физическое явление здесь используют?

3. Автомашину заполнили грузом. Изменилось ли давление в камерах колес автомашины?

Задание 12

Из пластмассовой бутылочки с завинчивающейся пробкой изготовьте прибор для демон-

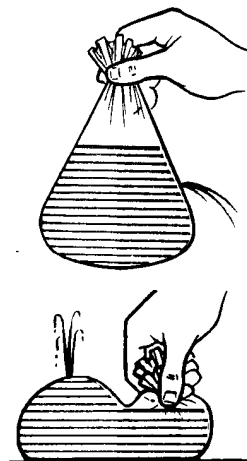


Рис. 94

Одинаково ли оно в верхней и нижней частях камеры?

4. Объясните явление (рис. 94), пользуясь законом Паскаля. Как изменится наблюдаемое явление, если увеличить сжатие?

страции закона Паскаля (придумайте сами, как это сделать, опробуйте прибор). Принесите прибор в школу.

На жидкости, как и на все тела на Земле, действует сила тяжести. Поэтому каждый слой жидкости, налитой в сосуд, своим весом создает давление на другие слои, которое по закону Паскаля передается по всем направлениям. Следовательно, внутри жидкости существует давление. В этом можно убедиться на опыте.

В стеклянную трубку, нижнее отверстие которой закрыто тонкой резиновой пленкой, нальем воду. Под действием веса жидкости дно трубки прогнется (рис. 95).

Опыт показывает, что, чем выше столб воды над резиновой пленкой, тем больше она прогибается (рис. 96). Но всякий раз после того, как резиновое дно прогнулось, вода в трубке приходит в равновесие (останавливается), так как, кроме силы тяжести, на воду действует сила упругости растянутой резиновой пленки.

37. ДАВЛЕНИЕ В ЖИДКОСТИ И ГАЗЕ

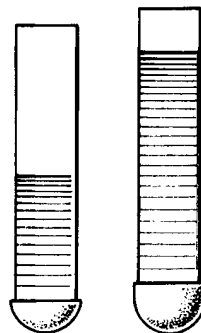


Рис. 95

Рис. 96

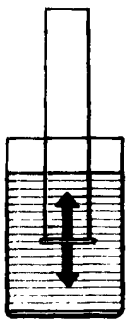


Рис. 97

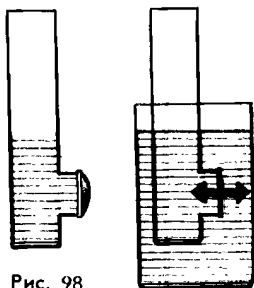


Рис. 98

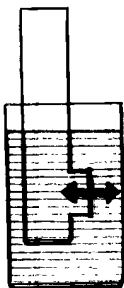


Рис. 99

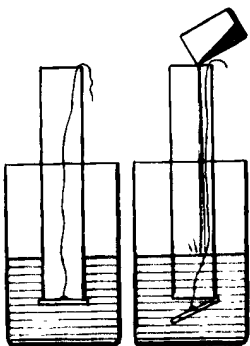


Рис. 100

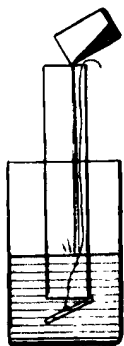


Рис. 101

Опустим трубку с резиновым дном, в которую налита вода, в другой, более широкий сосуд с водой (рис. 97). Мы увидим, что по мере опускания трубки резиновая пленка постепенно выпрямляется. Полное выпрямление пленки показывает, что силы, действующие на нее сверху и снизу, равны. Наступает полное выпрямление пленки тогда, когда уровни воды в трубке и сосуде совпадают.

Такой же опыт можно провести с трубкой, в которой резиновая пленка закрывает боковое отверстие, как это показано на рисунке 98. Если эту трубку с водой погрузить в другой сосуд с водой, как это изображено на рисунке 99, то мы снова заметим, что пленка выпрямится, как только уровни воды в трубке и в сосуде сравняются. Это означает, что силы, действующие на резиновую пленку, одинаковы с обеих сторон.

Возьмем сосуд, дно которого может отпадать. Опустим его в банку с водой (рис. 100). Дно при этом окажется плотно прижатым к краю сосуда и не упадет. Его прижимает сила давления воды, направленная снизу вверх.

Будем осторожно наливать воду в сосуд и следить за его дном. Как только уровень воды в сосуде совпадет с уровнем воды в банке, дно отпадет от сосуда (рис. 101).

В момент отрыва на дно давит сверху вниз столб жидкости в сосуде, а снизу вверх на дно передается давление такого же по высоте столба жидкости, но находящейся в банке. Оба эти давления одинаковы, дно же отходит от цилиндра вследствие действия на него силы тяжести.

Выше были описаны опыты с водой, но если взять вместо воды другую жидкость, то результаты опыта будут те же.

Итак, опыты показывают, что *внутри жидкости существует давление и на одном и том же уровне оно одинаково по всем направлениям. С глубиной давление увеличивается.*

Газы в этом отношении не отличаются от жидкостей, ведь они тоже имеют вес. Но надо помнить, что плотность газа в сотни раз меньше плотности жидкости. Вес газа, находящегося в сосуде, мал, и его «весовое» давление во многих случаях можно не учитывать.

1. Как на опытах показать, что давление внутри жидкости на разных уровнях разное, а на одном и том же уровне во всех направ-

лениях одинаково? 2. Почему во многих случаях не принимают во внимание давление в газе, созданное весом этого газа?

Как же можно рассчитать давление жидкости на дно и стенки сосуда? Решим сначала эту задачу для сосуда, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 102).

Сила (F), с которой жидкость, налитая в этот сосуд, давит на его дно, равна весу (P) жидкости, находящейся в сосуде. Вес жидкости можно определить, зная ее массу (m). Масса, как известно, вычисляется по объему (V) и плотности (ρ). Объем жидкости, налитой в выбранный нами сосуд, легко рассчитать, обозначив высоту столба жидкости, находящейся в сосуде, буквой h , а площадь дна сосуда S : $V = Sh$.

Масса жидкости $m = \rho V$, или $m = \rho Sh$.

Вес этой жидкости $P = gm$, или $P = g\rho Sh$.

Так как вес столба жидкости равен силе, с которой жидкость давит на дно сосуда, то, разделив вес P на площадь S , получим давление жидкости p :

$$p = \frac{P}{S}, \text{ или } p = \frac{g\rho Sh}{S},$$

т. е.

$$p = g\rho h.$$

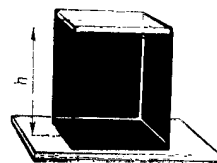


Рис. 102

$$p = g\rho h$$

Мы получили формулу для расчета давления жидкости на дно сосуда. Из этой формулы видно, что *давление жидкости на дно сосуда зависит только от плотности и высоты столба жидкости*.

Следовательно, по выведенной формуле можно рассчитывать давление жидкости, налитой в сосуд *любой формы*. Кроме того, по ней можно вычислять и давление на стенки сосуда, а также давление внутри жидкости, в том числе давление снизу вверх, так как давление на одной и той же глубине одинаково по всем направлениям.

При расчете давления по формуле $p = g\rho h$ надо плотность ρ выражать в килограммах на кубический метр

$\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$, а высоту столба жидкости h — в метрах (м).

$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$, тогда давление будет выражено в паскалях (Па).

Пример. Определить давление нефти на дно цистерны, если высота столба нефти 10 м, а плотность ее $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Дано:
 $h = 10 \text{ м}$
 $\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

 $p = ?$

Решение:
 $p = \rho gh$

$$p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м} \approx \\ \approx 80\,000 \text{ Па} \approx 80 \text{ кПа.}$$

Ответ: $p \approx 80 \text{ кПа.}$

1. Выведите формулу для расчета давления жидкости на дно сосуда, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда. 2. От каких

величин и как зависит давление жидкости на дно сосуда? 3. По какой формуле рассчитывают давление жидкости на стенки сосуда, давление внутри жидкости? В каких единицах надо выражать величины, входящие в эту формулу?

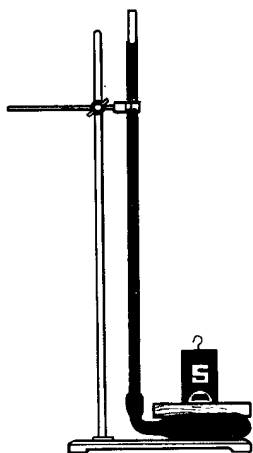


Рис. 103

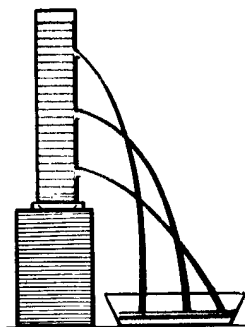


Рис. 104

Упражнение 23

1. Определите давление на глубине 0,6 м в воде, керосине, ртути.
2. Вычислите давление воды на дно одной из глубочайших морских впадин, глубина которой 10 900 м. Плотность морской воды $1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
3. На рисунке 103 изображена футбольная камера, соединенная с вертикально расположенной стеклянной трубкой. В камере и трубке находится вода. На камеру положена дощечка, а на нее — гири массой 5 кг. Высота столба воды в трубке 1 м. Определите площадь соприкосновения дощечки с камерой.

Задание 13

1. Возьмите высокий сосуд. В боковой поверхности его на разной высоте от дна сделайте три небольших отверстия. Закройте отверстия спичками и наполните сосуд водой. Откройте отверстия и проследите за струйками вытекающей воды (рис. 104). Почему вода вытекает из отверстий? Из чего следует, что давление увеличивается с глубиной?

2. Налейте в стеклянный сосуд (стакан или банку) произвольное количество воды. Сделайте необходимые измерения и рассчитайте давление воды на дно сосуда.
3. Прочитайте в конце учебника параграфы: «Гидростатический парадокс. Опыт Паскаля», «Давление на дне морей и океанов. Исследование морских глубин».

На рисунке 105 изображены два сосуда, соединенные между собой резиновой трубкой. Такие сосуды называют *сообщающимися*. Лейка, чайник, кофейник — примеры сообщающихся сосудов (рис. 106). Из опыта мы знаем, что вода, налитая, например, в лейку, стоит всегда в резервуаре лейки и в боковой трубке на одном уровне.

С сообщающимися сосудами можно проделать следующий простой опыт. В начале опыта (рис. 105, а) резиновую трубку в середине зажимают и в одну из трубок наливают воду. Затем зажим открывают и вода начинает перетекать в другую трубку до тех пор, пока поверхности воды в обеих трубках не установятся на одном уровне (рис. 105, б). Можно закрепить одну из трубок в штативе, а другую поднимать, опускать или наклонять в стороны. И в этом случае, как только жидкость успокоится, ее уровни в обеих трубках будут одинаковыми (рис. 105, в).

В сообщающихся сосудах любой формы (рис. 107) поверхности однородной жидкости устанавливаются на одном уровне (при условии, что давление воздуха над жидкостью одинаково).

Это правило можно обосновать, рассуждая так: жидкость покоится, не перемещается из одного сосуда в другой (см. рис. 105), значит, давления ее в обоих сосудах на любом уровне одинаковы. Жидкость в обоих сосудах одна

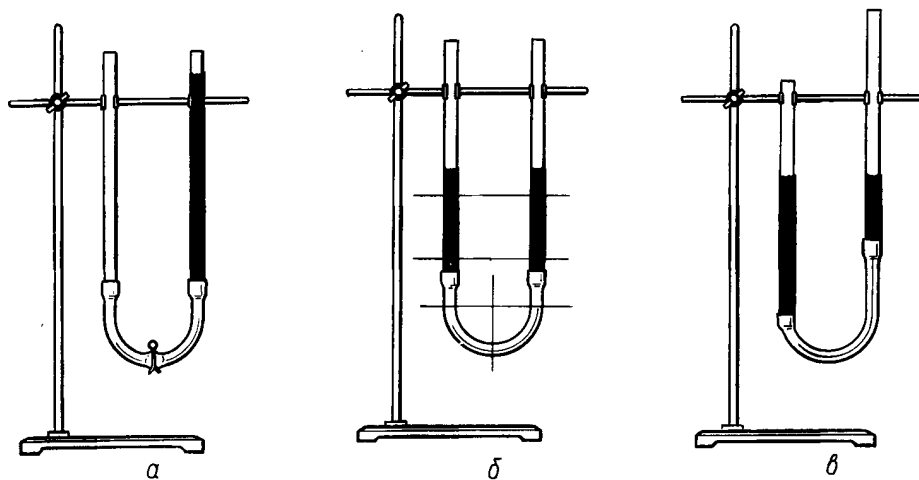


Рис. 105

и та же, т. е. имеет одинаковую плотность, следовательно, должны быть одинаковы и ее высоты. Когда мы поднимаем один сосуд или доливаем в него жидкость, то давление в нем увеличивается и жидкость перемещается в другой сосуд до тех пор, пока давления не станут одинаковыми.

Если в один из сообщающихся сосудов налить жидкость одной плотности, а во второй — другой, то при равновесии уровни этих жидкостей не будут одинаковыми. И это понятно. Мы ведь знаем, что давление жидкости на дно сосуда прямо пропорционально высоте столба и плотности жидкости. А в этом случае плотности жидкостей различны, поэтому высоты столбов этих жидкостей будут различны.

При равенстве давлений высота столба жидкости с большей плотностью будет меньше высоты столба жидкости с меньшей плотностью (рис. 108).

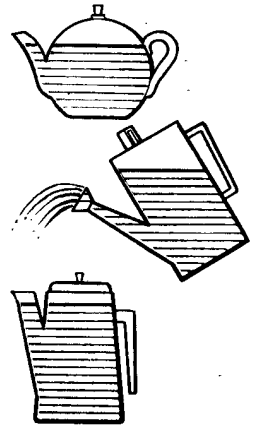


Рис. 106

- ? 1. Какие примеры сообщающихся сосудов вы можете привести? 2. Как располагаются поверхности однородной жидкости в сообщающихся сосудах? 3. Как располагаются поверхности разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах?

▲ Упражнение 24

1. На рисунке 109 показано водомерное стекло парового котла, где 1 — паровой котел, 2 — краны, 3 — водомерное стекло. Объясните действие этого прибора.
2. На рисунке 110 изображен артезианский колодец. Слой земли 2 состоит из песка или другого материала, легко пропускающего воду. Слои 1 и 3, наоборот, водонепроницаемы. Объясните действие такого колодца.
3. Докажите, что в сообщающихся сосудах высоты столбов над уровнем раздела двух разнородных жидкостей (см. рис. 108) обратно пропорциональны плотностям жидкостей. У к а з а н и е. Используйте формулу для расчета давления жидкости.
4. Изменится ли расположение жидкости (рис. 105), если правый сосуд будет шире левого? уже левого? если сосуды будут иметь разную форму?

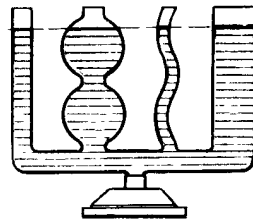


Рис. 107

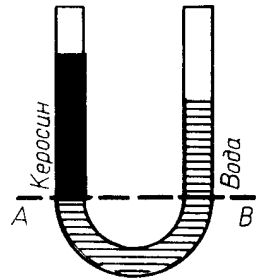


Рис. 108

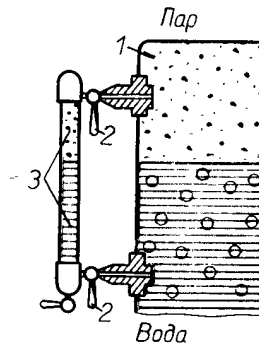


Рис. 109

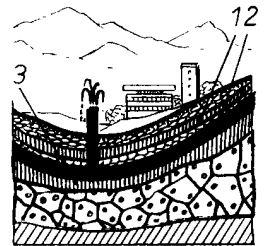
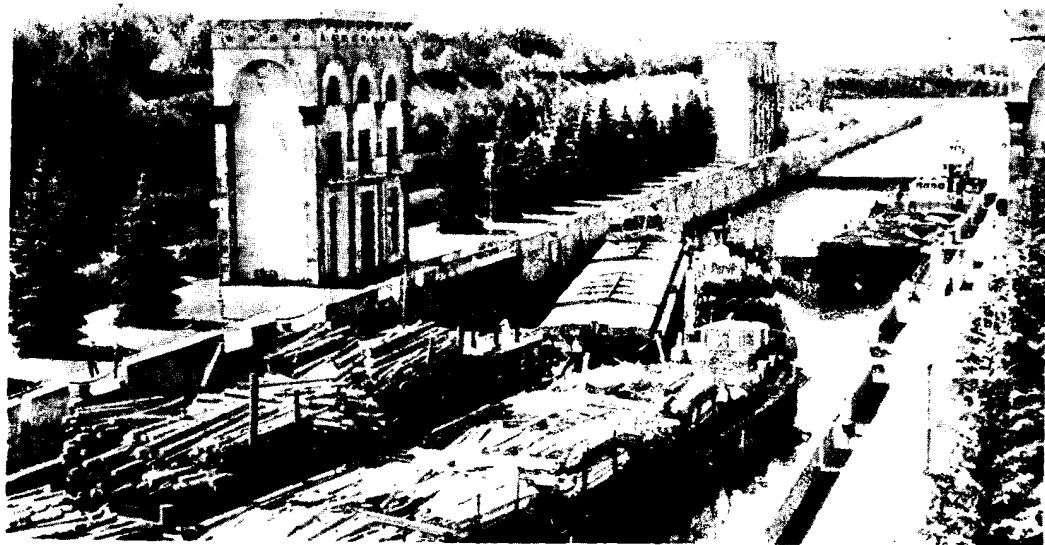


Рис. 110



Шлюз

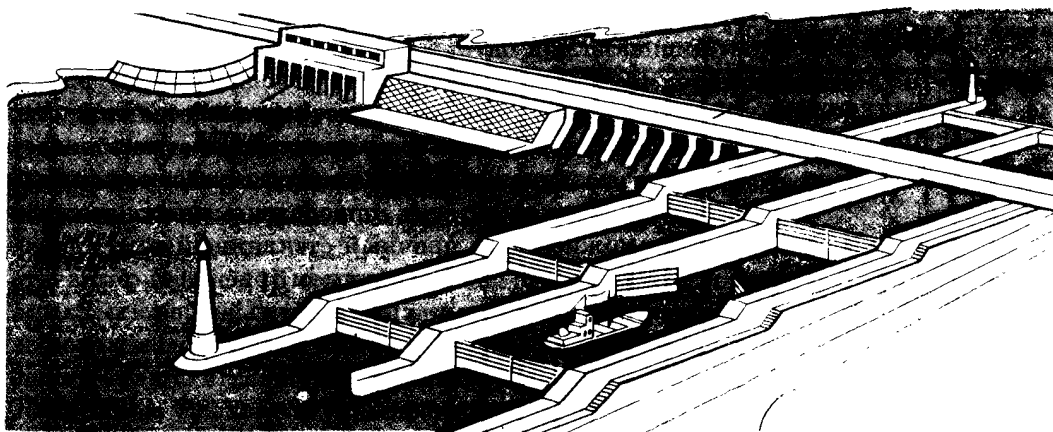


Рис. 111

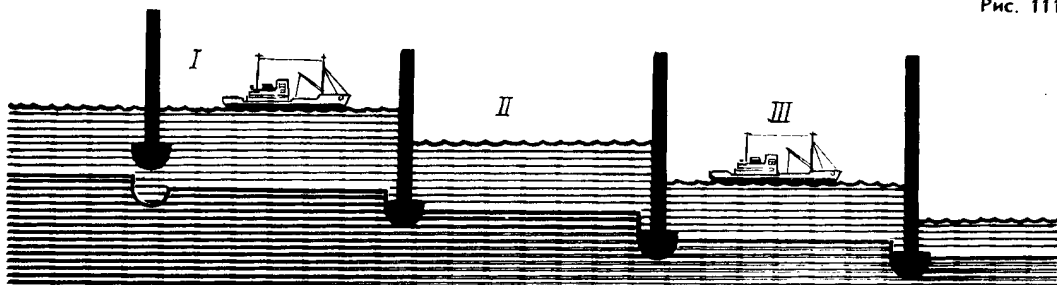


Рис. 112

Задание 14

1. Подумайте, как можно было бы наиболее простыми средствами устроить фонтан где-нибудь в парке или во дворе. Начертите схему такого устройства и объясните принцип его действия. Изготовьте модель фонтана.

2. На рисунке 111 дана схема устройства шлюза, а на рисунке 112 — схема шлюзования судов. Рассмотрите рисунки и объясните принцип действия шлюзов. Какое явление используется в работе шлюзов?

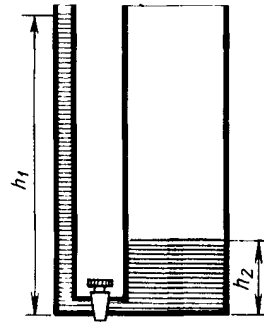


Рис. 113

Повторите тему «Давление».

1. Пользуясь предметно-именным указателем, найдите в учебнике страницы, на которых написано о давлении, единицах давления, законе Паскаля, давлении газа и жидкости; повторите этот материал.

2. Выпишите из § 38 формулу для расчета давления жидкости на дно сосуда. Напишите, какой буквой обозначается каждая физическая величина, входящая в формулу, и в каких единицах эта величина выражается.

3. Ответьте на вопросы к § 39.

4. Решите задачу:

В два сосуда налита вода (рис. 113). В каком сосуде давление воды на дно больше и на сколько, если $h_1 = 40$ см, а $h_2 = 10$ см? В каком направлении и до каких пор будет переливаться вода, если открыть кран? (Ответ: в левом сосуде на 2,94 кПа.)

40. ВЕС ВОЗДУХА. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

На воздух, как и на всякое тело, находящееся на Земле, действует сила тяжести, и, следовательно, воздух обладает весом. Вес воздуха легко вычислить, зная его массу.

На опыте покажем, как определить массу воздуха. Для этого можно взять прочный стеклянный шар с пробкой и резиновой трубкой с зажимом (рис. 114), выкачать насосом из него воздух и уравновесить на весах. Затем, открыв зажим на резиновой трубке, впустить в шар воздух. Равновесие весов при этом нарушится. Для его восстановления придется положить на другую чашку весов гири, масса которых и будет равна массе воздуха в объеме шара.

Опытами установлено, что при температуре 0°C и нормальном атмосферном давлении (что значит «нормальное атмосферное давление», вы знаете из курса географии и прочитаете еще раз в § 44) масса воздуха объемом 1 м^3 равна 1,3 кг. Вес этого воздуха легко вычислить:

$$P = gm, P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,3 \text{ кг} \approx 13 \text{ Н.}$$

Воздушную оболочку, окружающую Землю, называют



Рис. 114

атмосферой (от греческих слов: *атмос* — пар, воздух и *сфера* — шар).

Атмосфера, как показали наблюдения за полетом искусственных спутников Земли, простирается на высоту нескольких тысяч километров. Мы живем на дне огромного воздушного океана. Поверхность Земли — дно этого океана.

Вследствие действия силы тяжести верхние слои воздуха, подобно воде океана, сжимают нижние слои. Воздушный слой, прилегающий непосредственно к Земле, сжат больше всего и согласно закону Паскаля передает производимое на него давление по всем направлениям.

В результате этого земная поверхность и тела, находящиеся на ней, испытывают давление всей толщи воздуха, или, как обычно говорят, испытывают *атмосферное давление*.

Существованием атмосферного давления могут быть объяснены многие явления. Рассмотрим некоторые из них.

На рисунке 115 изображена стеклянная трубка, внутри которой находится поршень, плотно прилегающий к стенкам трубки. Конец трубки опущен в воду. Если поднимать поршень, то за ним будет подниматься и вода. Происходит это потому, что при подъеме поршня между ним и водой образуется безвоздушное пространство. В это пространство под давлением наружного воздуха и устремляется вслед за поршнем вода.

На рисунке 116 показан цилиндрический сосуд. Сосуд закрыт пробкой, в которую вставлена трубка с краном. Из сосуда насосом откачивают воздух. Затем конец трубки погружают в воду. Если теперь открыть кран, то вода фонтаном брызнет внутрь сосуда. Вода поступает в сосуд потому, что атмосферное давление больше давления разреженного воздуха в сосуде.

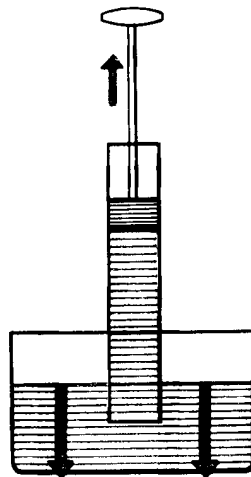


Рис. 115

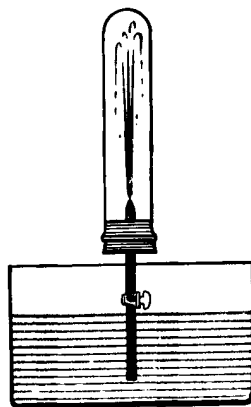


Рис. 116

- ? 1. Как можно определить массу воздуха?
2. Чему равен вес воздуха объемом 1 м^3 ?
3. Что представляет собой атмосфера Земли?

4. Вследствие чего создается атмосферное давление? 5. Опишите опыты, подтверждающие существование атмосферного давления.

▲ Упражнение 25

1. Как для объяснения явлений, изображенных на рисунках 115 и 116, используется закон Паскаля?

2. Какое физическое явление мы используем, набирая чернила в автоматическую ручку?

Задание 15

1. Измерьте объем комнаты в вашей квартире и вычислите массу и вес воздуха в ней, считая, что его плотность равна $1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

2. Пипетка — прибор для получения капель жидкости (рис. 117). Прodelайте с пипеткой опыт и объясните ее действие. Объясните действие шприца (рисунок справа).

3. Автоматическая поилка для птиц (рис. 118) состоит из бутылки, наполненной водой и опрокинутой в корытце так, что горлышко находится немного ниже уровня воды в корытце. Почему вода не выливается из бутылки? Если уровень воды в корытце понизится и горлышко бутылки выйдет из воды, часть воды из бутылки выльется. Почему?

Изготовьте такой прибор и прodelайте с ним указанные опыты.

4. На рисунке 119 изображен прибор ливер, служащий для взятия проб различных жидкостей. Ливер опускают в жидкость, затем закрывают пальцем верхнее отверстие и вынимают из жидкости. Когда верхнее отверстие открывают, из ливера начинает вытекать жидкость. Прodelайте опыт и объясните действие этого прибора.

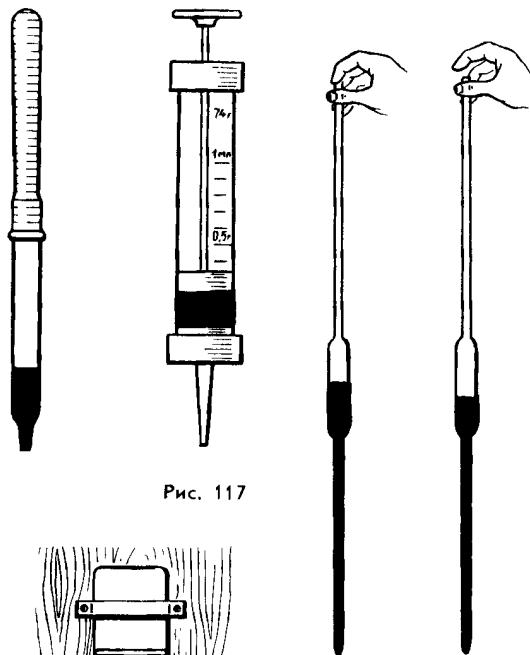


Рис. 117

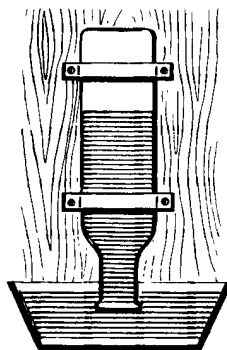


Рис. 118

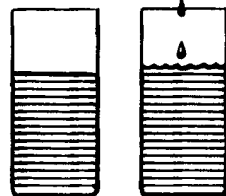


Рис. 119

41. ПОЧЕМУ СУЩЕСТВУЕТ ВОЗДУШНАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Как и все тела, молекулы газов, входящих в состав воздушной оболочки Земли, притягиваются к Земле.

Но почему же тогда все они не упадут на поверхность Земли? Каким образом сохраняется воздушная оболочка Земли, ее атмосфера? Чтобы понять это, надо учесть, что молекулы газов, составляющих атмосферу, находятся в непрерывном и беспорядочном движении. Но тогда возникает другой вопрос: почему эти молекулы не улетают в мировое пространство?

Для того чтобы совсем покинуть Землю, молекула, как и космический корабль или ракета, должна иметь

скорость не меньше $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Это так называемая *вторая космическая скорость*. Средняя же скорость молекул воздушной оболочки Земли значительно меньше этой космической скорости. Поэтому большинство их и «привязано» к Земле силой тяжести, лишь ничтожно малое число молекул улетает в космическое пространство, покидает Землю.

Беспорядочное движение молекул и действие на них силы тяжести приводят в результате к тому, что молекулы газов «парят» в пространстве около Земли, образуя воздушную оболочку, или атмосферу.

Измерения показывают, что плотность воздуха быстро уменьшается с высотой. Так, на высоте 5,5 км над Землей плотность воздуха в 2 раза меньше его плотности у поверхности Земли, на высоте 11 км — в 4 раза меньше и т. д. Чем выше, тем воздух разреженнее. И наконец, в самых верхних слоях (сотни и тысячи километров над Землей) атмосфера постепенно переходит в безвоздушное пространство. Четкой границы воздушная оболочка, окружающая Землю, не имеет.

Строго говоря, вследствие действия силы тяжести плотность газа в любом закрытом сосуде неодинакова по всему объему сосуда. Внизу сосуда плотность газа больше, чем в верхних его частях, поэтому и давление в сосуде неодинаково: на дне сосуда оно больше, чем сверху.

Однако это различие в плотности и давлении газа, содержащегося в сосуде, столь мало, что его можно во многих случаях совсем не учитывать. Но для атмосферы, простирающейся на несколько тысяч километров, различие это существенно.

? 1. Почему молекулы газов, входящих в состав атмосферы, не падают на Землю под действием силы тяжести? 2. Почему молекулы газов, входящих в состав атмосферы, двигаясь

во все стороны, не покидают Землю? 3. Как изменяется плотность атмосферы с увеличением высоты? 4. Как связана плотность атмосферы с температурой?

▲ Упражнение 26

1. Предполагают, что Луна когда-то была окружена атмосферой, но постепенно потеряла ее. Чем это можно объяснить?

2. Чтобы вдохнуть воздух, человек при помощи мышц расширяет грудную клетку. Почему воздух входит при этом в легкие? Как происходит выдох?

42. ИЗМЕРЕНИЕ
АТМОСФЕРНОГО
ДАВЛЕНИЯ.
ОПЫТ ТОРРИЧЕЛЛИ.



Торричелли Эвандже-
листа (1608—1647) —
итальянский ученый.
Измерил атмосферное
давление, разработал
ряд вопросов в физи-
ке и математике.

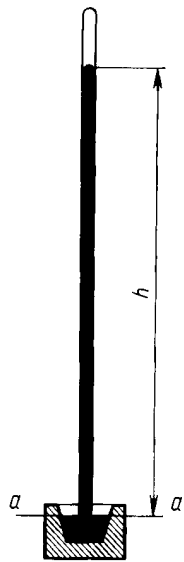


Рис. 120

Рассчитать атмосферное давление по формуле для вычисления давления столба жидкости (§ 38) нельзя, так как для такого расчета надо знать высоту атмосферы и плотность воздуха. Но определенной границы у атмосферы нет, а плотность воздуха на разной высоте различна. Однако измерить атмосферное давление можно с помощью опыта, предложенного в XVII в. итальянским ученым Торричелли, учеником Галилея.

Опыт Торричелли состоит в следующем: стеклянную трубку длиной около 1 м, запаянную с одного конца, наполняют ртутью. Затем, плотно закрыв другой конец трубки, ее перевертывают, опускают в чашку с ртутью и под ртутью открывают конец трубки (рис. 120). Часть ртути при этом выливается в чашку, а часть ее остается в трубке. Высота столба ртути, оставшейся в трубке, равна примерно 760 мм. Над ртутью в трубке воздуха нет, там безвоздушное пространство.

Торричелли, предложивший описанный выше опыт, дал и его объяснение. Атмосфера давит на поверхность ртути в чашке. Ртуть находится в равновесии. Значит, давление в трубке на уровне *aa* (рис. 120) равно атмосферному давлению. Если бы оно было больше атмосферного, то ртуть выливалась бы из трубки в чашку, а если меньше, то поднималась бы в трубке вверх.

Давление в трубке на уровне *aa* создается весом столба ртути в трубке, так как в верхней части трубки над ртутью воздуха нет. Отсюда следует, что *атмосферное давление равно давлению столба ртути в трубке*. Измерив высоту столба ртути, можно рассчитать давление, которое производит ртуть, — оно и будет равно атмосферному давлению. Если атмосферное давление уменьшится, то столб ртути в трубке Торричелли понизится.

Чем больше атмосферное давление, тем выше столб ртути в опыте Торричелли, поэтому на практике атмосферное давление можно измерять высотой ртутного столба (в миллиметрах или сантиметрах). Если, например, атмосферное давление равно 780 мм рт. ст., то это значит, что воздух производит такое же давление, какое производит вертикальный столб ртути высотой 780 мм.

Следовательно, в этом случае за единицу атмосфер-

ного давления принимают 1 миллиметр ртутного столба (1 мм рт. ст.). Найдем соотношение между этой единицей и известной нам единицей давления — паскалем.

Давление столба ртути высотой 1 мм равно:

$$p = g\rho h, p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м} \approx 133,3 \text{ Па.}$$

Итак, 1 мм рт. ст. = 133,3 Па.

В настоящее время атмосферное давление принято измерять и в гектопаскалях. Например, в сводках погоды может быть объявлено, что давление равно 1013 гПа, это то же самое, что 760 мм рт. ст.

Наблюдая ежедневно за высотой ртутного столба в трубке, Торричелли обнаружил, что эта высота меняется, т. е. атмосферное давление непостоянно, оно может увеличиваться и уменьшаться. Торричелли заметил также, что изменения атмосферного давления как-то связаны с изменением погоды.

Прикрепив к трубке с ртутью, использовавшейся в опыте Торричелли, вертикальную шкалу, получают простейший *ртутный барометр* (от греческих слов: барос — тяжесть, метрео — измеряю) — прибор для измерения атмосферного давления.

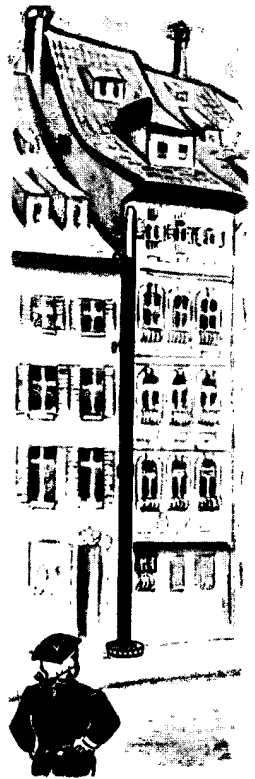


Рис. 121

1. Почему нельзя рассчитывать давление воздуха так же, как рассчитывают давление жидкости на дно или стенки сосуда? 2. Объясните, как с помощью трубки Торричелли можно измерить атмосферное давление. 3. Что озна-

чает запись: «Атмосферное давление равно 780 мм рт. ст.»? 4. Как называют прибор для измерения атмосферного давления? Как он устроен? 5. Скольким гектопаскалям равно давление ртутного столба высотой 1 мм?

Упражнение 27

1. На рисунке 121 изображен водяной барометр, созданный Паскалем в 1646 г. Какой высоты был столб воды в этом барометре при атмосферном давлении, равном 760 мм рт. ст.?

2. В 1654 г. Отто Герике в г. Магдебурге, чтобы доказать существование атмосферного давления, произвел такой опыт: он выкачал воздух из полости между двумя металлическими полушариями, сложенными вместе. Давление атмосферы так сильно прижало

полушария друг к другу, что их не могли разорвать восемь пар лошадей (рис. 122). Вычислите силу, сжимающую полушария, если считать, что она действует на площадь, равную 2800 см^2 , а атмосферное давление равно 760 мм рт. ст.

3. Из трубки длиной 1 м, запаянной с одного конца и с краном на другом конце, выкачали воздух. Поместив конец с краном в ртуть, открыли кран. Заполнит ли ртуть всю трубку? Если вместо ртути взять воду, заполнит ли она всю трубку?

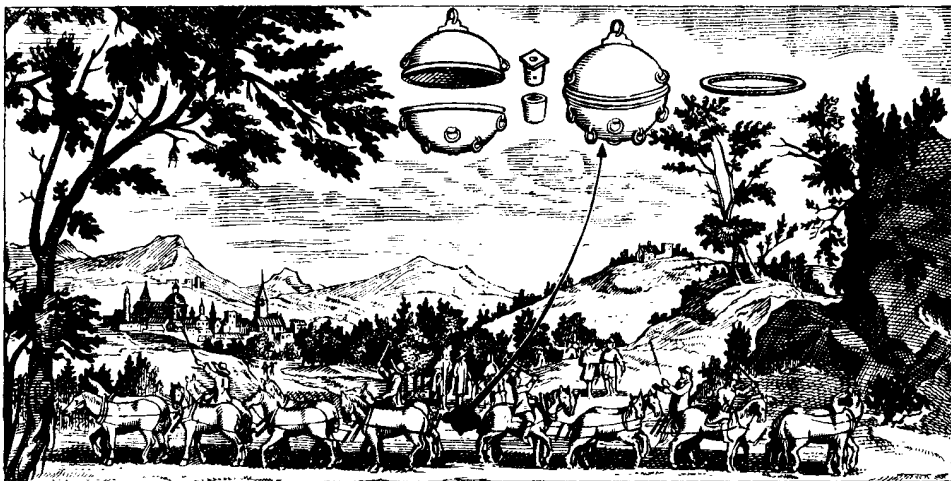


Рис. 122

4. Выразите в гектопаскалях давление, равное: 740 мм рт. ст.; 780 мм рт. ст.

5. Рассмотрите рисунок 120. Ответьте на вопросы:

а) Почему для уравнивания давления атмосферы, высота которой достигает десятков тысяч километров, достаточно столба ртути высотой около 760 мм?

б) Сила атмосферного давления действует на ртуть, находящуюся в чашечке, сверху вниз. Почему же атмосферное давление удерживает столб ртути в трубке?

в) Как повлияло бы наличие воздуха в трубке над ртутью на показания ртутного барометра?

г) Изменится ли показание барометра, если трубку наклонить? опустить глубже в чашку со ртутью?

Задание 16

1. Погрузите стакан в воду, переверните его под водой вверх дном и затем медленно вытаскивайте из воды. Почему, пока края стакана находятся под водой, вода остается в стакане (не выливается)?

2. Налейте в стакан воды, закройте листом бумаги и, поддерживая лист рукой, переверните стакан вверх дном. Если теперь отнять руку от бумаги (рис. 123), то вода из стакана не выльется. Бумага остается как бы приклеенной к краю стакана. Почему? Ответ обоснуйте.

3. Положите на стол длинную деревянную линейку так, чтобы ее конец выходил за край стола. Сверху застелите стол газетой, раз-

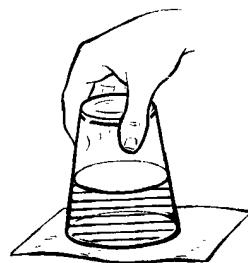


Рис. 123

гладьте газету руками, чтобы она плотно лежала на столе и линейке. Сначала медленно нажимайте на свободный конец линейки. При этом второй конец линейки поднимет газету. Затем резко ударьте по свободному концу линейки — газета прорвется. Объясните наблюдаемые явления.

В практике для измерения атмосферного давления используют металлический барометр, называемый *анероидом* (в переводе с греческого — безжидкостный. Так барометр называют потому, что он не содержит ртути).

Внешний вид анероида изображен на рисунке 124. Главная часть его — *металлическая коробочка 1* с волнистой (гофрированной) поверхностью (рис. 125). Из этой коробочки выкачан воздух, а чтобы атмосферное давление не раздавило коробочку, ее крышку пружинной *2* оттягивают вверх. При увеличении атмосферного давления крышка прогибается вниз и натягивает пружину. При уменьшении давления пружина выпрямляет крышку. К пружине с помощью передаточного механизма *3* прикреплена стрелка-указатель *4*, которая передвигается вправо или влево при изменении давления. Под стрелкой укреплена шкала, деления которой нанесены по показаниям ртутного барометра. Так, число 750, против которого стоит стрелка анероида (см. рис. 124), показывает, что в данный момент в ртутном барометре высота ртутного столба 750 мм.

Следовательно, атмосферное давление равно 750 мм рт. ст., или ≈ 1000 гПа.

Знание атмосферного давления весьма важно для предсказания погоды на ближайшие дни, так как изменение атмосферного давления связано с изменением погоды. Барометр — необходимый прибор при метеорологических наблюдениях.

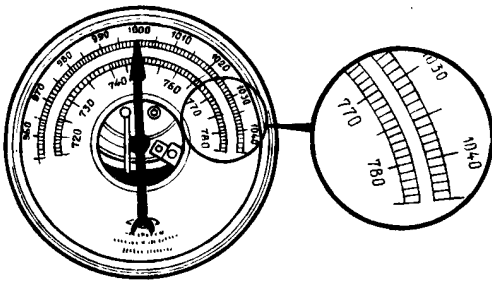


Рис. 124

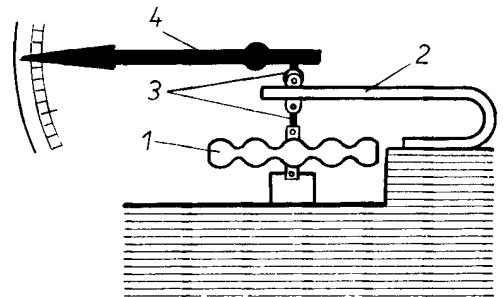


Рис. 125

1. Как устроен барометр-анероид? 2. Как градуируют шкалу барометра-анероида? 3. Для чего необходимо систематически и в разных

местах земного шара измерять атмосферное давление? Какое значение это имеет в метеорологии?

Упражнение 28

Рассмотрите рисунок 124 и ответьте на вопросы:

а) Как называется изображенный на рисунке прибор?

б) В каких единицах проградуированы его внешняя и внутренняя шкалы?

в) Вычислите цену деления каждой шкалы.

г) Запишите показания прибора по каждой шкале.

Задание 17

1. На стене в физическом кабинете вашей школы висит барометр. Соблюдая осторожность, научитесь определять по нему давление воздуха. Проведите наблюдения за измене-

нием атмосферного давления в течение некоторого времени.

2. Прочитайте в конце учебника параграф «История открытия атмосферного давления». Подготовьте по нему доклад.

44. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ

В жидкости давление, как мы знаем (§ 37), зависит от плотности жидкости и высоты ее столба. Вследствие малой сжимаемости плотность жидкости на различных глубинах почти одинакова, поэтому, вычисляя давление, мы считаем ее плотность постоянной и учитываем только изменение высоты.

Сложнее обстоит дело с газами. Газы сильно сжимаемы. А чем сильнее газ сжат, тем больше его плотность и тем большее давление он производит. Ведь давление газа создается ударами его молекул о поверхность тела.

Слои воздуха у поверхности Земли сжаты всеми вышележащими слоями воздуха, находящимися над ними. Но чем выше от поверхности слой воздуха, тем слабее он сжат, тем меньше его плотность, а следовательно, тем меньшее давление он производит. Если, например, воздушный шар поднимается над поверхностью Земли, то давление воздуха на шар становится меньше не только потому, что высота столба воздуха над ним уменьшается, но еще и потому, что уменьшается плотность воздуха — вверху она меньше, чем внизу. Поэтому зависимость давления воздуха от высоты сложнее, чем у жидкости.

Наблюдения показывают, что атмосферное давление в местностях, лежащих на уровне моря, в среднем равно 760 мм рт. ст.

Атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0°С, называется нормальным атмосферным давлением.

Нормальное атмосферное давление равно $101\,300\text{ Па} = 1013\text{ гПа}$.

Чем больше высота над уровнем моря, тем давление меньше.

При небольших подъемах в среднем на каждые 12 м подъема давление уменьшается на 1 мм рт. ст. (или на 1,33 гПа).

Зная зависимость давления от высоты, можно по изменению показаний барометра определить высоту над уровнем моря. Анероиды, имеющие шкалу, по которой непосредственно можно отсчитать высоту, называют *высотомерами*. Их применяют в авиации и при подъемах на горы.

? 1. Как объяснить, что атмосферное давление уменьшается по мере увеличения высоты подъема над уровнем Земли? 2. Какое атмосферное давление называют нормальным?

3. Как называют прибор для измерения высоты по атмосферному давлению? Что он собой представляет? Отличается ли его устройство от устройства барометра?

▲ Упражнение 29

1. Почему воздушный шарик, наполненный водородом, при подъеме над Землей увеличивается в объеме?

2. У подножия горы барометр показывает 760 мм рт. ст., а на вершине 722 мм рт. ст. Какова примерно высота горы?

3. Выразите нормальное атмосферное давление в гектопаскалях (гПа).

4. При массе 60 кг и росте 1,6 м площадь поверхности тела человека равна примерно $1,6\text{ м}^2$. Рассчитайте силу, с которой атмосфера давит на человека (при нормальном атмосферном давлении).

Как можно объяснить, что человек выдерживает такую большую силу и не ощущает ее действия?

■ Задание 18

С помощью барометра-анероида измерьте атмосферное давление на первом и последнем этажах здания школы. Определите по полу-

ченным данным расстояние между этажами. Проверьте эти результаты непосредственным измерением.

Для измерения атмосферного давления служат барометры. Для измерения давлений, больших или меньших атмосферного, используют *манометры* (от греческих слов: *манос* — редкий, неплотный, *метрео* — измеряю). Манометры бывают *жидкостные* и *металлические*.

45. МАНОМЕТРЫ

На рисунке 128 изображен *металлический манометр*. Основная часть такого манометра — согнутая в дугу металлическая трубка 1 (рис. 129), один конец которой закрыт. Другой конец трубки посредством крана 4 сообщается с сосудом, в котором измеряют давление. При увеличении давления трубка разгибается и движение закрытого конца ее при помощи рычага 5 и зубчатки 3 передается стрелке 2, движущейся около шкалы прибора. При уменьшении давления трубка благодаря своей упругости возвращается в прежнее положение, а стрелка — к нулевому делению шкалы.

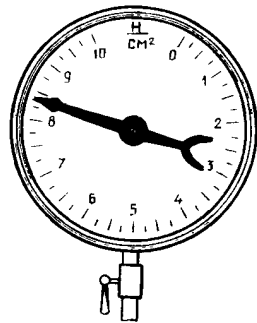


Рис. 128

- ? 1. Как называют приборы для измерения давлений, больших или меньших атмосферного? 2. Как устроен и действует открытый жидкостный манометр? 3. Почему в открытом манометре уровни однородной жидкости в обоих коленях одинаковы? 4. Что доказывает опыт, изображенный на рисунке 127? 5. Как показать, что давление в жидкости на одной и той же глубине одинаково по всем направлениям? 6. Как устроен и действует металлический манометр?

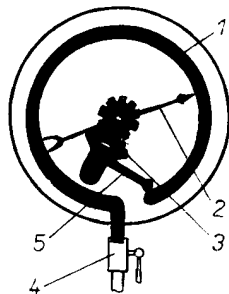


Рис. 129

В § 40 был описан опыт: вода в стеклянной трубке под действием атмосферного давления поднималась за поршнем. На этом основано действие *поршневых насосов*.

46. ПОРШНЕВОЙ ЖИДКОСТНЫЙ НАСОС

Насос, схематически изображенный на рисунке 130, состоит из цилиндра, внутри которого ходит вверх и вниз плотно прилегающий к стенкам поршень 1. В нижней части цилиндра и в самом поршне установлены клапаны 2, открывающиеся только вверх. При движении поршня вверх вода под действием атмосферного давления входит в трубу, поднимает нижний клапан и движется за поршнем.

При движении поршня вниз вода, находящаяся под поршнем, давит на нижний клапан и он закрывается. Одновременно под давлением воды открывается клапан внутри поршня и вода переходит в пространство над поршнем. При последующем движении поршня вверх вместе с ним поднимается и находящаяся над ним вода,

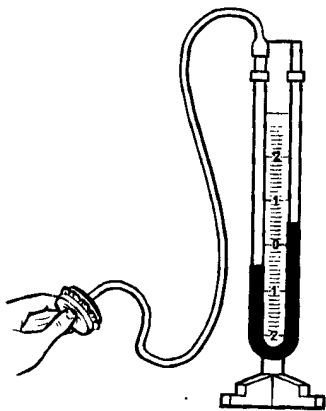
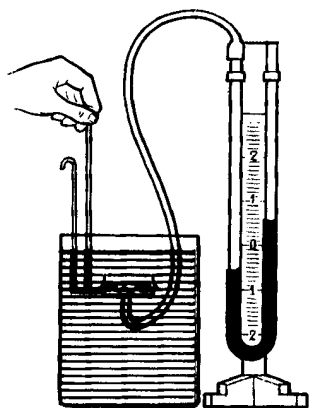


Рис. 126

Рассмотрим сначала устройство и действие *открытого жидкостного манометра*. Он состоит из двухколенной стеклянной трубки, в которую наливают какую-нибудь жидкость. Жидкость устанавливается в обоих коленах на одном уровне, так как на ее поверхность в коленах сосуда действует только атмосферное давление.

Чтобы понять, как работает такой манометр, его можно соединить резиновой трубкой с круглой плоской коробкой, одна сторона которой затянута резиновой пленкой (рис. 126). Если слегка надавить пальцем на пленку, то уровень жидкости в колене манометра, соединенном с коробкой, понизится, в другом же колене повысится. Чем это объясняется? При надавливании на пленку увеличивается давление воздуха в коробке. По закону Паскаля это увеличение давления передается и жидкости в том колене манометра, которое присоединено к коробке. Поэтому давление на жидкость в этом колене будет больше, чем в другом, где на жидкость действует атмосферное давление. Под действием силы этого избыточного давления жидкость начнет перемещаться: в колене со сжатым воздухом жидкость опустится, в другом — поднимется. Жидкость придет в равновесие (остановится), когда избыточное давление сжатого воздуха уравновесится давлением, которое производит избыточный столб жидкости в другом колене манометра.



Чем сильнее давить на пленку, тем выше избыточный столб жидкости, тем больше его давление. Следовательно, *об изменении давления можно судить по высоте этого избыточного столба*.

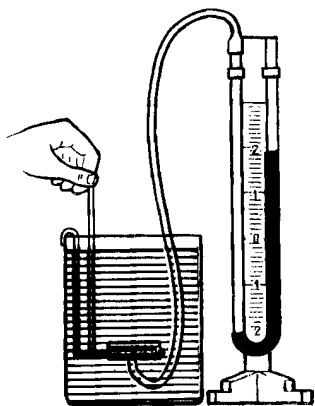


Рис. 127

На рисунке 127 показано, как таким манометром можно измерять давление внутри жидкости. Чем глубже погружают в жидкость коробочку, тем больше становится разность высот столбов жидкости в коленах манометра, тем, следовательно, и *большее давление производит жидкость*.

Если установить коробочку прибора на какой-нибудь глубине внутри жидкости и поворачивать ее пленкой вверх, вбок и вниз, то показания манометра при этом не будут меняться. Так и должно быть, ведь на *одном и том же уровне внутри жидкости давление по всем направлениям одинаково*.

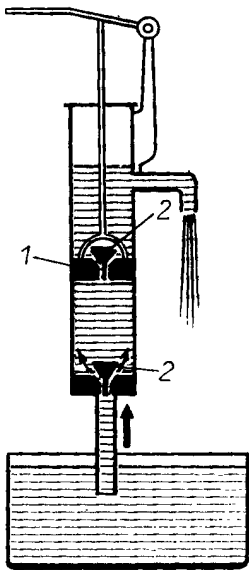


Рис. 130

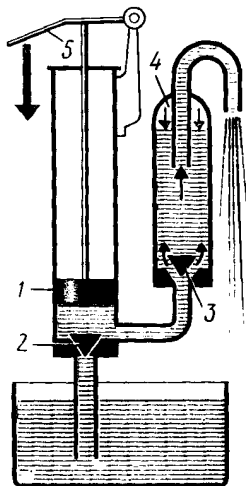


Рис. 131

которая и выливается в отводящую трубу. Одновременно за поршнем поднимается новая порция воды, которая при последующем опускании поршня окажется над ним, и т. д.

- ? 1. Какое явление используют в устройстве поршневого водяного насоса? 2. Как устроен и действует такой насос?

Упражнение 30

1. На какую предельную высоту можно поднять воду поршневым насосом (см. рис. 130) при нормальном атмосферном давлении?
2. На какую наибольшую высоту можно поднять спирт, ртуть поршневым насосом (см. рис. 130) при нормальном атмосферном давлении?
3. Объясните работу поршневого насоса с воздушной камерой (рис. 131), где 1 — поршень; 2 — всасывающий клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — воздушная камера; 5 — рукоятка.

Какую роль играет в этом насосе воздушная камера? Можно ли поднять этим насосом воду с глубины, большей 10,3 м?

47. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС

Закон Паскаля позволяет объяснить действие *гидравлической машины* (от греческого слова гидравликос — водяной). Это машины, действие которых основано на законах движения и равновесия жидкостей.

Основной частью гидравлической машины служат два цилиндра разного диаметра, снабженные поршнями и соединенные трубкой (рис. 132). Пространство под поршнями и трубку заполняют жидкостью (обычно минеральным маслом). Высоты столбов жидкости в обоих цилиндрах одинаковы, пока на поршни не действуют силы.

Допустим теперь, что F_1 и F_2 — силы, действующие на поршни, S_1 и S_2 — площади поршней. Давление под первым (малым) поршнем равно $\frac{F_1}{S_1}$, а под вторым (большим) $\frac{F_2}{S_2}$. По закону Паскаля давление во всех

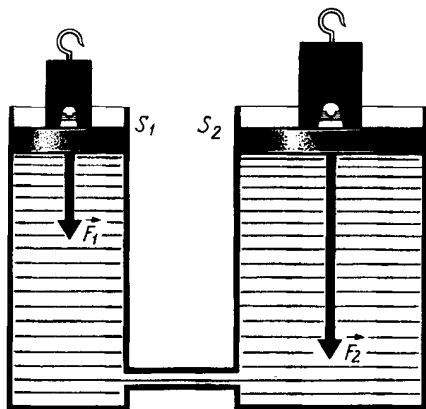


Рис. 132

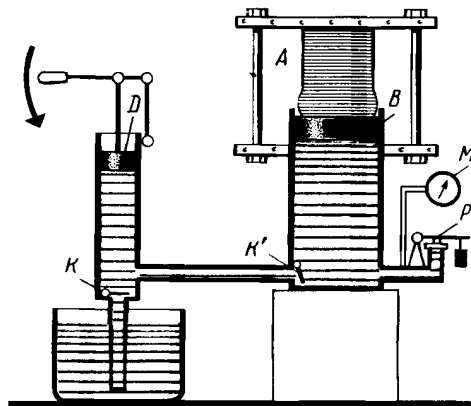


Рис. 133

точках покоящейся жидкости одинаково, т. е. $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$,
откуда:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Следовательно, сила F_2 во столько раз больше силы F_1 , во сколько раз площадь большого поршня больше площади малого. Например, если площадь большого поршня 500 см^2 , а малого 5 см^2 и на малый поршень действует сила 100 Н , то на большой поршень будет действовать сила, в 100 раз большая, т. е. $10\,000 \text{ Н}$.

Таким образом, с помощью гидравлической машины можно малой силой уравновесить большую силу.

Отношение $\frac{F_2}{F_1}$ показывает выигрыш в силе. Например, в приведенном примере выигрыш в силе равен $\frac{10\,000 \text{ Н}}{100 \text{ Н}} = 100$.

Гидравлическую машину, служащую для прессования (сдавливания), называют *гидравлическим прессом*.

Гидравлические прессы применяются там, где требуется большая сила, например для выжимания масла из семян на маслобойных заводах, для прессования фанеры, картона, сена. На металлургических заводах гидравлические прессы используют при изготовлении стальных

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

валов машин, железнодорожных колес и многих других изделий. Современные гидравлические прессы могут развивать силу в десятки и сотни миллионов ньютонов.

Устройство гидравлического пресса схематически показано на рисунке 133. Прессуемое тело A кладут на платформу, соединенную с большим поршнем B . При помощи малого поршня D создается большое давление на жидкость. Это давление без изменения передается в каждую точку жидкости, заполняющей цилиндры (закон Паскаля). Поэтому такое же давление действует и на поршень B . Но так как площадь поршня B больше площади поршня D , то и сила, действующая на него, будет больше силы, действующей на поршень D . Под действием этой силы поршень B будет подниматься. При подъеме поршня B тело упирается в неподвижную верхнюю платформу и сжимается. M — манометр, при помощи которого измеряют давление жидкости, P — предохранительный клапан, автоматически открывающийся, когда давление превышает допустимое значение.

Из малого цилиндра в большой жидкость перекачивается повторными движениями малого поршня D . Это осуществляется так. При подъеме малого поршня клапан K открывается и в пространство, находящееся под поршнем, засасывается жидкость. При опускании малого поршня под действием давления жидкости клапан K закрывается, а клапан K' открывается и жидкость переходит в большой сосуд.

? 1. Какой закон используют в устройстве гидравлических машин? 2. Какой выигрыш в силе

дает гидравлический пресс (при отсутствии трения)?

▲ Упражнение 31

1. На рисунке 134 изображена упрощенная схема гидравлического подъемника (гидравлического домкрата), где 1 — поднимаемое тело, 2 — малый поршень, 3 — клапаны, 4 — клапан для опускания груза, 5 — большой поршень. Груз какой массы можно поднять такой машиной, если известно, что площадь малого поршня $1,2 \text{ см}^2$, большого — 1440 см^2 , а сила, действующая на малый поршень, может достигать 1000 Н ? Трение не учитывать.

2. В гидравлическом прессе площадь малого

поршня 5 см^2 , площадь большого — 500 см^2 . Сила, действующая на малый поршень, 400 Н , на большой — 36 кН . Какой выигрыш в силе дает этот пресс? Почему пресс не дает максимального (наибольшего) выигрыша в силе? Какой выигрыш в силе должен был бы давать этот пресс при отсутствии силы трения между поршнем и стенками пресса?

3. Можно ли создать машину, подобную гидравлической, используя вместо воды воздух? Ответ обоснуйте.

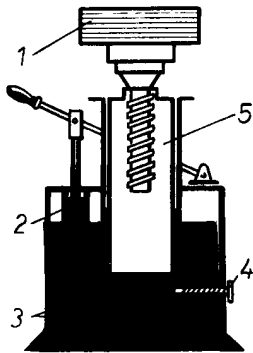


Рис. 134

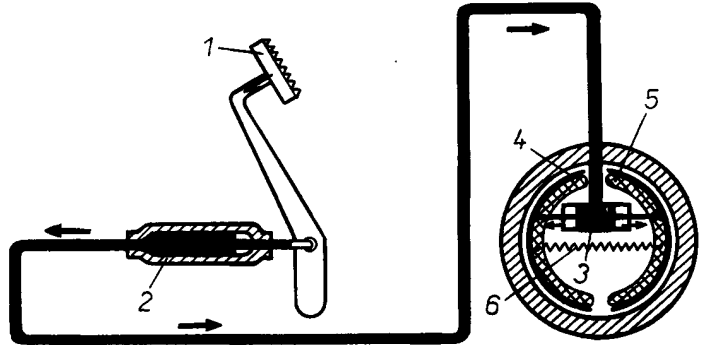


Рис. 135

Задание 19

1. На рисунке 135 изображена схема автомобильного гидравлического тормоза, где 1— тормозная педаль, 2— цилиндр с поршнем, 3— тормозной цилиндр, 4— тормозные колодки, 5— тормозные барабаны, 6— пружина.

жина. Цилиндры и трубки заполнены специальной жидкостью. Расскажите по этой схеме, как действует тормоз.

2. Прочитайте в конце учебника параграф «Пневматические машины и инструменты».

Под водой мы можем легко поднять камень, который с трудом поднимаем в воздухе. Если погрузить пробку под воду и выпустить ее из рук, то она всплывет. Как можно объяснить эти явления?

Мы знаем (§ 38), что жидкость давит на дно и стенки сосуда, а если внутрь ее поместить какое-нибудь твердое тело, то оно также будет подвергаться давлению.

Рассмотрим силы, которые действуют со стороны жидкости на погруженное в нее тело. Чтобы легче было рассуждать, выберем тело, которое имеет форму параллелепипеда с основаниями, параллельными поверхности жидкости (рис. 136). Силы, действующие на боковые грани тела, попарно равны и уравнивают друг друга. Под действием этих сил тело только сжимается. А вот силы, действующие на верхнюю и нижнюю грани тела, неодинаковы. На верхнюю грань давит сверху с силой F_1 столб жидкости высотой h_1 . На уровне нижней грани тела давление производит столб жидкости высотой h_2 . Это давление, как мы знаем (§ 37), передается внутри жидкости во все стороны. Следовательно, на нижнюю

48. ДЕЙСТВИЕ ЖИДКОСТИ И ГАЗА НА ПОГРУЖЕННОЕ В НИХ ТЕЛО

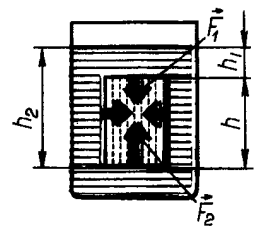


Рис. 136

грань тела снизу вверх с силой F_2 давит столб жидкости высотой h_2 . Но h_2 больше h_1 , следовательно, и модуль силы F_2 больше модуля силы F_1 . Поэтому тело выталкивается из жидкости с силой $F_{\text{выт}}$, равной разности сил $F_2 - F_1$, т. е.

$$F_{\text{выт}} = F_2 - F_1.$$

Рассчитаем эту выталкивающую силу. Силы F_1 и F_2 , действующие на верхнюю и нижнюю грани параллелепипеда, можно вычислить по их площадям (S_1 и S_2) и давлению жидкости на уровнях этих граней (p_1 и p_2). $F_1 = p_1 S_1$ и $F_2 = p_2 S_2$, где $p_1 = \rho_{\text{ж}} g h_1$, $p_2 = \rho_{\text{ж}} g h_2$, а $S_1 = S_2 = S$ — площадь основания параллелепипеда. Тогда $F_{\text{выт}} = F_2 - F_1 = \rho_{\text{ж}} g h_2 S - \rho_{\text{ж}} g h_1 S = \rho_{\text{ж}} g S (h_2 - h_1) = \rho_{\text{ж}} g S h$, где h — высота параллелепипеда. Но $Sh = V$ — объем параллелепипеда, а произведение $\rho_{\text{ж}} V = m_{\text{ж}}$ — масса жидкости в объеме параллелепипеда. Следовательно,

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

т. е. выталкивающая сила равна *весу жидкости в объеме погруженного в нее тела*.

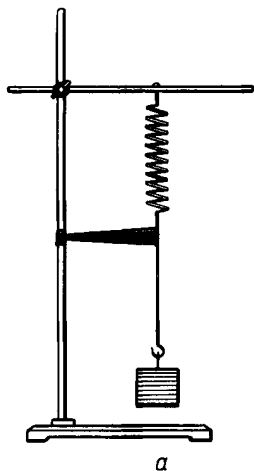
Существование силы, выталкивающей тело из жидкости, легко обнаружить на опыте.

На рисунке 137, а изображено тело, подвешенное к пружине со стрелкой-указателем на конце. Растяжение пружины отмечает на штативе стрелка. При опускании тела в воду пружина сокращается (рис. 137, б). Такое же сокращение пружины получится, если действовать на тело снизу вверх с некоторой силой, например нажать рукой.

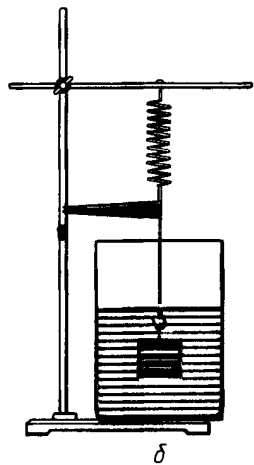
Следовательно, опыт подтверждает, что *на тело, находящееся в жидкости, действует сила, выталкивающая это тело из жидкости*.

К газам, как мы знаем, применим закон Паскаля. Поэтому и *на тела, находящиеся в газе, действует сила, выталкивающая их из газа*. Под действием этой силы воздушные шары поднимаются вверх. Существование силы, выталкивающей тело из газа, можно также наблюдать на опыте.

К укороченной чашке весов подвешивают стеклянный шар или большую колбу, закрытую пробкой. Весы урав-



а



б

Рис. 137

новешивают. Затем под колбу (или шар) ставят широкий сосуд так, чтобы он окружал всю колбу. Сосуд наполняют углекислым газом, плотность которого больше плотности воздуха. При этом равновесие весов нарушается. Чашка с подвешенной колбой поднимается вверх (рис. 138). На колбу, погруженную в углекислый газ, действует бóльшая выталкивающая сила по сравнению с той, которая действует на нее в воздухе.

Сила, выталкивающая тело из жидкости или газа, направлена противоположно силе тяжести, приложенной к этому телу, поэтому если какое-либо тело взвесить в жидкости или газе, то его вес окажется меньше веса в вакууме (пустоте).

Именно этим объясняется, что в воде мы иногда легко поднимаем тела, которые с трудом удерживаем в воздухе.

- ? 1. Какие известные вам из жизни явления указывают на существование выталкивающей силы? 2. Как доказать, основываясь на законе Паскаля, существование выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость? 3. Как показать на опыте, что на тело, находящееся в жидкости, действует выталкивающая сила? 4. Как на опыте показать, что и на тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила?

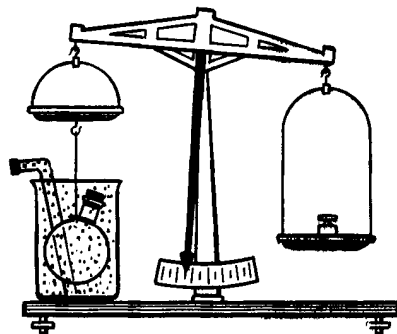
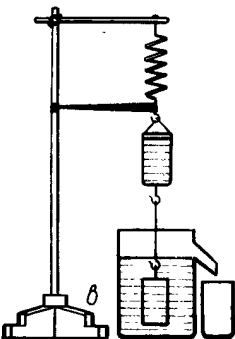
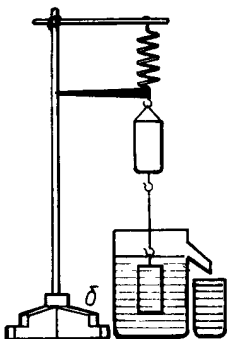
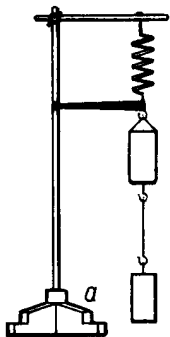


Рис. 138

Силу, с которой тело, находящееся в жидкости, выталкивается ею, можно рассчитать, как это сделано в § 48. А можно определить ее значение и на опыте, используя для этого прибор, изображенный на рисунке 139.

К пружине подвешивают небольшое ведерко и тело цилиндрической формы. Растяжение пружины отмечает стрелка на штативе (рис. 139, а), показывая вес тела в воздухе. Приподняв тело, под него подставляют отливной сосуд, наполненный жидкостью до уровня отливной трубки, и погружают тело целиком в жидкость (рис. 139, б). При этом часть жидкости, объем которой равен объему тела, выливается из отливного сосуда в стакан.

49. АРХИМЕДОВА СИЛА



Указатель пружины поднимается вверх, пружина сокращается, показывая уменьшение веса тела в жидкости. В данном случае на тело, кроме силы тяжести, действует еще и сила, выталкивающая его из жидкости. Если в ведро вылить жидкость из стакана (т. е. ту, которую вытеснило тело), то указатель пружины возвратится к своему начальному положению (рис. 139, в).

На основании этого опыта можно заключить, что сила, выталкивающая целиком погруженное в жидкость тело, равна весу жидкости в объеме этого тела. Такой же вывод мы получили и в § 48.

Если бы подобный опыт проделать с телом, погруженным в какой-либо газ, то он показал бы, что сила, выталкивающая тело из газа, также равна весу газа, взятого в объеме тела.

Силу, выталкивающую тело из жидкости или газа, называют *архимедовой силой*, в честь древнегреческого ученого Архимеда, который впервые указал на ее существование и рассчитал ее значение.

Итак, опыт подтвердил, что архимедова (или выталкивающая) сила равна весу жидкости в объеме тела, т. е. $F_A = P_{ж} = g m_{ж}$. Массу жидкости $m_{ж}$, вытесняемую телом, можно выразить через ее плотность ($\rho_{ж}$) и объем тела (V_T), погруженного в жидкость (так как $V_{ж}$ — объем вытесненной телом жидкости равен V_T — объему тела, погруженного в жидкость), т. е. $m_{ж} = \rho_{ж} V_T$. Тогда получим:

$$F_A = g \rho_{ж} V_T.$$

Следовательно, архимедова сила зависит от плотности жидкости, в которую погружено тело, и от объема этого тела. Но она не зависит, например, от плотности вещества тела, погружаемого в жидкость, так как эта величина не входит в полученную формулу.

Определим теперь вес тела, погруженного в жидкость (или в газ). Так как две силы, действующие на тело в этом случае, направлены в противоположные стороны (сила тяжести вниз, а архимедова сила вверх), то вес тела в жидкости P_1 будет меньше веса тела в вакууме $P = g m$ (m — масса тела) на архимедову силу $F_A = g m_{ж}$

$$F_A = g \rho_{ж} V_T$$

Рис. 139

($m_{ж}$ — масса жидкости (или газа), вытесненной телом), т. е.

$$P_1 = P - F_A, \text{ или } P_1 = gm - gm_{ж}.$$

Таким образом, если тело погружено в жидкость (или газ), то оно теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость (или газ).

Пример. Определить выталкивающую силу, действующую на камень объемом $1,6 \text{ м}^3$ в морской воде.

Дано:

$$V = 1,6 \text{ м}^3$$

$$\rho_{ж} = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_A = ?$$

Решение:

$$F_A = g\rho_{ж}V_T$$

$$F_A = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,6 \text{ м}^3 = \\ = 16\,480 \text{ Н} \approx 16,5 \text{ кН}.$$

$$\text{Ответ: } F_A = 16,5 \text{ кН}.$$



Архимед (287—212 гг. до нашей эры) — древнегреческий ученый, физик и математик. Установил правило рычага, открыл закон гидростатики.

- ? 1. Как можно на опыте определить, с какой силой тело, погруженное целиком в жидкость, выталкивается из жидкости? 2. Чему равна эта сила? 3. Как называют силу, которая выталки-

вает тела, погруженные в жидкости и газы? 4. Как подсчитать архимедову силу? 5. От каких величин зависит архимедова сила? От каких величин она не зависит?

Упражнение 32

1. К коромыслу весов подвешены два цилиндра одинаковой массы: свинцовый и алюминиевый. Весы находятся в равновесии. Нарушится ли равновесие весов, если оба цилиндра одновременно погрузить в воду? спирт? Ответ обоснуйте. Проверьте его на опыте. Как зависит выталкивающая сила от объема тела? 2. К коромыслу весов подвешены два одинаковых по объему алюминиевых цилиндра. Нарушится ли равновесие весов, если один

цилиндр погрузить в воду, другой — в спирт? Ответ обоснуйте. Проверьте его на опыте. Зависит ли выталкивающая сила от плотности жидкости? 3. Объем куска железа $0,1 \text{ дм}^3$. Какая выталкивающая сила будет на него действовать при полном его погружении в воду? в керосин? 4. Бетонная плита объемом 2 м^3 погружена в воду. Какую силу необходимо приложить, чтобы удержать ее в воде? в воздухе?

На тело, находящееся внутри жидкости, действуют две силы: сила тяжести, направленная вертикально вниз, и архимедова сила, направленная вертикально вверх. Под действием этих сил тело, если вначале оно было неподвижно, будет двигаться в сторону большей силы. При этом возможны три случая:

- 1) если сила тяжести больше архимедовой силы, то

50. ПЛАВАНИЕ ТЕЛ

тело будет опускаться на дно, тонуть, т. е. если $F > F_A$, то тело тонет;

2) если сила тяжести равна архимедовой силе, то тело может находиться в равновесии в любом месте жидкости, т. е. если $F = F_A$, то тело плавает внутри жидкости;

3) если сила тяжести меньше архимедовой силы, то тело будет подниматься из жидкости, всплывать, т. е. если $F < F_A$, то тело всплывает.

Рассмотрим последний случай подробнее.

Когда всплывающее тело достигнет поверхности жидкости, то при дальнейшем его движении вверх архимедова сила будет уменьшаться. Почему? Да потому, что будет уменьшаться объем части тела, погруженной в жидкость, а архимедова сила равна весу жидкости в объеме погруженной в нее части тела.

Когда архимедова сила станет равной силе тяжести, тело остановится и будет плавать на поверхности жидкости, частично погрузившись в нее.

Полученный вывод легко проверить на опыте.

В отливной сосуд наливают воду до уровня боковой трубки. После этого в сосуд погружают плавающее тело (рис. 140), предварительно взвесив его в воздухе. Опустившись в воду, тело вытесняет объем воды, равный объему погруженной в нее части тела. Взвесив эту воду, находят, что ее вес (архимедова сила) равен силе тяжести, действующей на плавающее тело, или весу этого тела в воздухе.

Проделав такие же опыты с любыми другими телами, плавающими в разных жидкостях — в воде, спирте, в растворе соли, — можно убедиться, что если тело плавает в жидкости, то вес вытесненной им жидкости равен весу этого тела в воздухе.

Легко доказать, что если плотность сплошного твердого тела больше плотности жидкости, то тело в такой жидкости тонет. Тело с меньшей плотностью всплывает в этой жидкости. Тело же, плотность которого равна плотности жидкости, остается в равновесии внутри жидкости. Кусок железа, например, тонет в воде, но всплывает в ртути.

Плавают на поверхности воды и лед, так как его плотность меньше плотности воды (см. фото на с. 103).

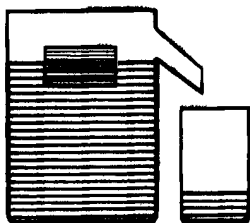
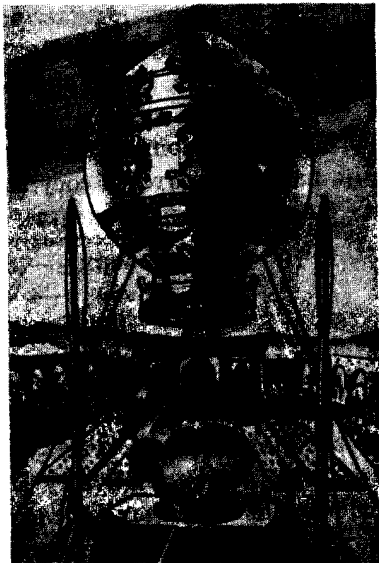


Рис. 140



Действие архимедовой силы в воздухе, на воде, под водой.

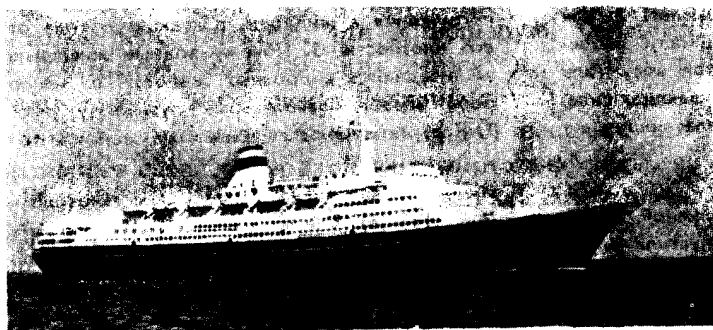
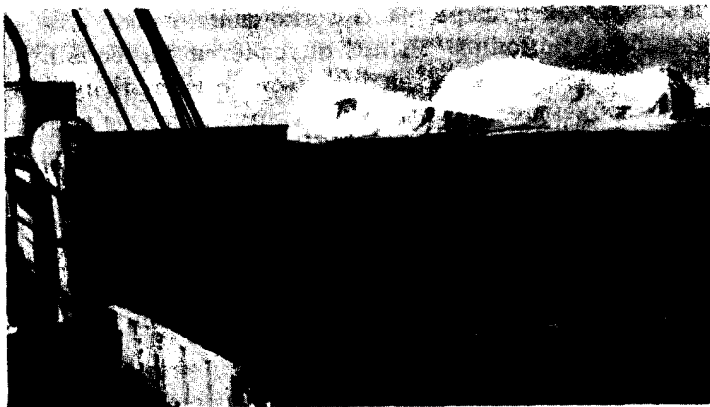




Рис. 141

Чем меньше плотность тела по сравнению с плотностью жидкости, тем меньшая часть тела погружена в жидкость (рис. 141). При равных плотностях тела и жидкости тело плавает внутри жидкости на любой глубине.

Две несмешивающиеся жидкости, например вода и керосин, располагаются в сосуде в соответствии со своими плотностями: в нижней части сосуда — более плотная вода ($\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), сверху — более легкий керосин ($\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

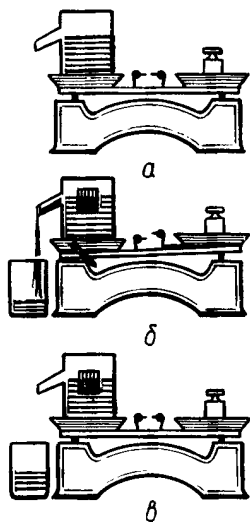


Рис. 142

Средняя плотность живых организмов, населяющих водную среду, мало отличается от плотности воды, поэтому их вес почти полностью уравнивается архимедовой силой. Благодаря этому водные животные не нуждаются в столь прочных и массивных скелетах, как наземные. По этой же причине эластичны стволы водных растений.

Плавательный пузырь рыбы легко меняет свой объем. Когда рыба с помощью мышц опускается на большую глубину и давление воды на нее увеличивается, пузырь сжимается, объем тела рыбы уменьшается и она не выталкивается вверх, а плавает в глубине. При подъеме плавательный пузырь и объем всего тела рыбы увеличиваются и она плавает уже на меньшей глубине. Таким образом рыба может в определенных пределах регулировать глубину своего погружения. Киты регулируют глубину своего погружения за счет уменьшения и увеличения объема легких.

1. При каком условии тело, находящееся в жидкости, тонет? плавает? всплывает?
2. Как показать на опыте, что вес жидкости, вытесненной плавающим телом, равен весу тела в воздухе?
3. Чему равна выталкивающая сила, которая действует на тело, плавающее на

- поверхности жидкости?
4. Как зависит глубина погружения в жидкость плавающего тела от его плотности?
5. Почему водные животные не нуждаются в прочных скелетах?
6. Какую роль играет плавательный пузырь у рыб?
7. Как регулируют глубину погружения киты?

Упражнение 33

1. На весах уравновесили отливной сосуд с водой (рис. 142, а). В воду опустили деревянный брусок. Равновесие весов сначала нарушилось (рис. 142, б). Но когда вся вода, вытесненная плавающим бруском, вытекла из

сосуда, равновесие весов восстановилось (рис. 142, в). Объясните это явление.

2. Почему плавает тяжелое судно, а гвоздь, упавший в воду, тонет?

3. На рисунке 143 изображено одно и то же тело, плавающее в двух разных жидкостях.

Плотность какой жидкости больше? Почему? Что можно сказать о силе тяжести, действующей на тело, и архимедовой силе в том и другом случае?

4. Яйцо (или картофелина) тонет в пресной воде, но плавает в соленой. Объясните почему. Пронаблюдайте это сами на опыте.

5. Изобразите графически силы, действующие на тело, плавающее на воде, всплывающее на поверхность воды, тонущее в воде.

6. Пользуясь таблицами плотности 2—4, определите, какие металлы будут плавать в ртути, а какие — тонуть.

Задание 20

1. Французский ученый Декарт (1596—1650) для демонстрации некоторых гидростатических явлений придумал прибор.

Высокий стеклянный сосуд (банку) наполняли водой, оставляя сверху сосуда небольшой объем воздуха. В этот сосуд опускали небольшую полую стеклянную фигурку. Фигурку заполняли частично водой и частично воздухом, так чтобы она только немного выходила из воды. Сверху стеклянный сосуд плотно закрывали куском тонкой кожи. Нажимая на

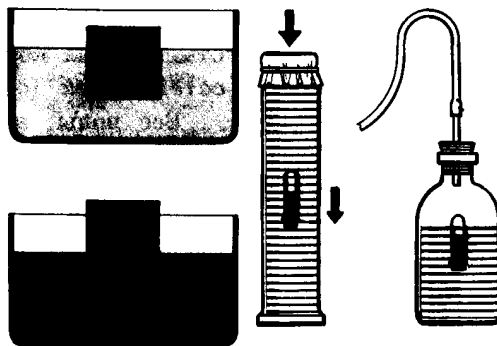


Рис. 143

Рис. 144

кожу, можно было заставить фигурку плавать в воде и на воде, а также тонуть.

Изготовьте такой прибор и проделайте с ним опыты. Фигурку замените небольшим поплавком, а сосуд закройте резиновой пленкой (рис. 144, справа изображен другой вариант этого прибора).

Объясните действие прибора. Продемонстрируйте на этом приборе законы плавания тел.

2. Прочитайте в конце учебника параграф «Легенда об Архимеде».

Суда, плавающие по рекам, озерам, морям и океанам, построены из разных материалов с различной плотностью. Корпус судов обычно делают из стальных листов. Все внутренние крепления, придающие судам прочность, также изготовляют из металлов. На постройку судов идут десятки других материалов, имеющих по сравнению с водой как большую, так и меньшую плотность.

Благодаря чему же суда держатся на воде, принимают на борт и перевозят большие грузы?

Опыт с плавающим телом (§ 50) показал, что тело вытесняет своей подводной частью столько воды, что вес этой воды равен весу тела в воздухе. Это справедливо и для любого судна. *Вес воды, вытесняемой подводной частью судна, равен весу судна с грузом в воздухе или силе тяжести, действующей на судно с грузом.*

Глубину, на которую судно погружается в воду,

51. ПЛАВАНИЕ СУДОВ

называют *осадкой*. Наибольшая допустимая осадка отмечена на корпусе судна красной линией, называемой *ватерлинией* (от голландского слова *ватер* — вода).

Вес воды, вытесняемой судном при погружении до ватерлинии, равный силе тяжести, действующей на судно с грузом, называется *водоизмещением судна*.

Сейчас для перевозки нефти строят суда водоизмещением 5 000 000 кН и больше, т. е. имеющие вместе с грузом массу 500 000 т и более.

Если из водоизмещения вычесть вес самого судна, то получим *грузоподъемность* этого судна. Грузоподъемность показывает вес груза, перевозимого судном.

В нашей стране много судоходных рек, больших озер и морей. Каналы, построенные в годы Советской власти, позволили соединить между собой пять морей: Черное, Азовское, Каспийское, Балтийское и Белое. Наше государство ведет большую торговлю с зарубежными странами. Водный транспорт — самый дешевый вид транспорта, особенно для перевозок различных грузов. С каждым годом растет наш речной и морской флот. Используя водоемы, надо сохранять их в чистоте. Отходы фабрик и заводов без предварительной очистки не должны попадать в водоемы. Надо также тщательно беречь и охранять растительность на берегах водоемов.

1. На чем основано плавание судов? 2. Что называют осадкой судна? 3. Что такое ватерлиния? 4. Что называют водоизмещением судна?

Упражнение 34

1. Как изменится осадка корабля при переходе из реки в море? Ответ объясните.
2. Сила тяжести, действующая на судно, 100 000 кН. Какой объем воды вытесняет это судно?
3. Плот, плывущий по реке, имеет площадь 8 м^2 . После того как на него поместили груз, его осадка увеличилась на 20 см. Каков вес помещенного на плот груза?

Задание 21

1. На рисунке 145 изображены два прибора, плавающие в воде, называемые ареометрами. Они применяются для измерения плотности

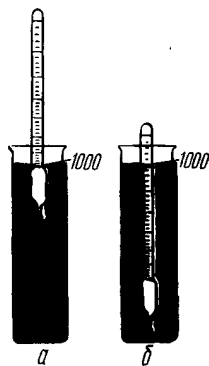


Рис. 145

жидкости. На рисунке 145, а показан ареометр для жидкостей, имеющих плотность меньшую, чем вода, а на рисунке 145, б — большую, чем вода. Цифрой 1000 обозначена плотность воды: $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

- 1) Объясните действие таких приборов.
- 2) Используя пробирку или деревянную па-

лочку и кусочки свинца, изготовьте ареометры для жидкостей, имеющих плотности большую и меньшую, чем вода.

2. Налейте в стакан воды, введите в воду конец пипетки и выпускайте из нее понемногу воздух. Затем наберите в пипетку немного жидкого масла и выпускайте его под водой по капле. Что вы наблюдаете? Сделайте вывод.

С давних времен люди мечтали о возможности летать над облаками, плавать в воздушном океане, как они плавали по морю. Для воздухоплавания используют воздушные шары. Чтобы шар поднимался в воздухе, его нужно наполнить газом, имеющим плотность меньшую, чем плотность воздуха.

Это может быть, например, водород, гелий или нагретый воздух. Первые воздушные шары наполняли нагретым воздухом, применяют такие шары и сейчас в научных экспедициях, для фотографирования поверхности земли и моря, скопления животных. Удобны они тем, что температуру воздуха в них, а значит, и выталкивающую силу можно регулировать при помощи газовой горелки, расположенной под отверстием, находящимся в нижней части шара. Можно подобрать такую температуру, при которой вес шара и кабины будет равен выталкивающей силе, тогда шар повисает в воздухе и с него легко проводить наблюдения.

Воздушный шар не только поднимается сам в воздухе, но может поднять и некоторый груз: оболочку шара, кабину, людей и приборы (рис. 146).

Пусть, например, в воздух запущен шар объемом 40 м^3 , наполненный гелием. Масса гелия, заполняющая оболочку шара, равна $0,180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \text{ м}^3 = 7,2 \text{ кг}$, а его вес равен $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 7,2 \text{ кг} = 71 \text{ Н}$. Выталкивающая же сила, действующая на этот шар в воздухе, равна весу воздуха объемом 40 м^3 , т. е. $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \text{ м}^3 = 520 \text{ Н}$. Значит, этот шар может поднять груз весом $520 \text{ Н} - 71 \text{ Н} = 449 \text{ Н}$, это и есть его *подъемная сила*.

Для удобства рассчитывают подъемную силу, отно-

52. ВОЗДУХО-ПЛАВАНИЕ

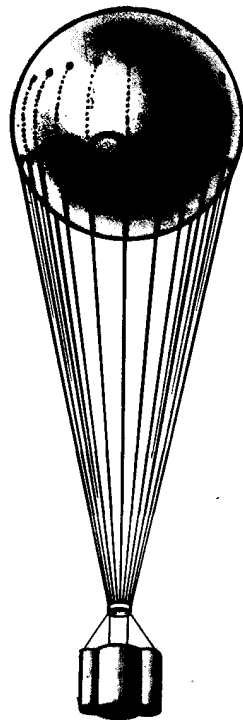


Рис. 146

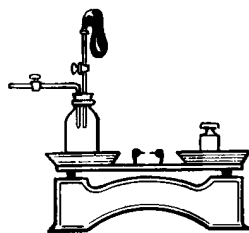
сящуюся к объему 1 м^3 газа. Например, водород объемом 1 м^3 весит при нормальном давлении $0,9 \text{ Н}$, тогда как воздух того же объема (1 м^3) весит 13 Н . Отсюда следует, что на шар объемом 1 м^3 , наполненный водородом, действует в воздухе выталкивающая сила, равная весу 1 м^3 воздуха, т. е. 13 Н ; тогда этот шар способен поднять в воздухе груз весом $13 \text{ Н} - 0,9 \text{ Н} = 12,1 \text{ Н}$.

Разность между весом 1 м^3 воздуха и весом такого же объема газа называется подъемной силой 1 м^3 газа.

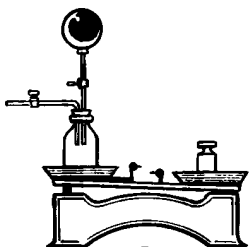
Следовательно, подъемная сила 1 м^3 водорода равна $12,1 \text{ Н}$, подъемная же сила 1 м^3 гелия равна $13 \text{ Н} - 1,8 \text{ Н} = 11,2 \text{ Н}$. Подъемная сила водорода больше подъемной силы гелия, но для наполнения воздушных шаров более удобен гелий, так как он не горит и поэтому безопаснее.

По мере поднятия шара вверх архимедова сила, действующая на него, уменьшается, так как плотность воздуха верхних слоев атмосферы меньше, чем у поверхности Земли. Чтобы подняться выше, с шара сбрасывают специально взятый для этой цели балласт (высыпают песок из мешков) и этим облегчают шар. В конце концов воздушный шар достигает своей предельной высоты подъема. Для спуска шара из его оболочки при помощи специального клапана выпускают часть газа.

Для исследования верхних слоев атмосферы в различных пунктах страны ежедневно запускают небольшие, диаметром $1-2 \text{ м}$, воздушные шары-зонды. Они поднимаются на высоту $35-40 \text{ км}$. Эти шары снабжены очень легкими приборами, посылающими по радио сигналы о высоте полета, о давлении, температуре и влажности воздуха. По направлению и скорости полета шара можно судить о направлении и силе ветра на различных высотах. Сведения, получаемые при помощи таких шаров-зондов, очень важны для предсказания погоды.



а



б

Рис. 147

▲ Упражнение 35

1. На весах уравновешена бутылка, внутри которой находится сжатый воздух. Через пробку бутылки пропущена стеклянная трубка с краном, на наружном конце которой привязана оболочка резинового шара (рис. 147, а).

Если часть воздуха из бутылки перейдет в оболочку и раздует ее (рис. 147, б), то равновесие весов нарушится. Прodelайте в классе такой опыт. Объясните наблюдаемое явление.

2. На весах уравновешен легкий стеклянный

шар. Если поместить весы под колокол воздушного насоса и откачать воздух, то равновесие весов нарушится (рис. 148). Почему?

3. Шар-зонд объемом 20 м^3 наполнен водородом. Вычислите подъемную силу этого шара, если он находится на высоте 10 км, где плотность атмосферы равна $0,414 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (изменение объема шара при подъеме не учитывать).

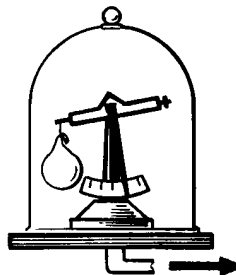


Рис. 148

Повторите темы «Атмосферное давление», «Архимедова сила».

1. По предметно-именному указателю найдите страницы, на которых написано об атмосферном давлении, опыте Торричелли, архимедовой силе, плавании тел, и повторите этот материал.

2. Пользуясь рисунками 124 и 125, объясните, как устроен и как действует барометр-анероид.

3. Рассмотрите рисунок 136. Ответьте на вопросы:

а) Почему силы давления жидкости, действующие на боковые грани тела, не приводят его в движение?

б) Почему сила F_2 , действующая на нижнюю грань тела, больше силы F_1 , действующей на верхнюю грань тела?

в) Почему тело выталкивается из жидкости?

4. Выпишите из § 49 формулу для расчета архимедовой силы. Напишите, какая величина обозначается каждой из букв, входящих в эту формулу, и в каких единицах эти величины выражаются.

5. Решите задачу:

В пруд опущен камень объемом 115 см^3 и массой 300 г. Чему равна выталкивающая сила, действующая на этот камень? Изменится ли выталкивающая сила при изменении атмосферного давления?

Какую силу нужно приложить, чтобы удержать этот камень в воде? (Ответ: 1,127 Н; 1,813 Н.)



РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

53. Механическая работа. Единицы работы
54. Мощность. Единицы мощности
55. Простые механизмы
56. Рычаг. Равновесие сил на рычаге
57. Момент силы
58. Рычаги в технике, быту и природе
59. Применение закона равновесия рычага к блоку
60. Равенство работ при использовании простых механизмов. «Золотое правило» механики
61. Коэффициент полезного действия механизма
62. Энергия
63. Потенциальная и кинетическая энергия
64. Превращение одного вида механической энергии в другой

53. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. ЕДИНИЦЫ РАБОТЫ

В обыденной жизни словом «работа» мы называем всякий полезный труд рабочего, инженера, ученого, учащегося.

Понятие работы в физике несколько иное, — это определенная физическая величина, для измерения которой служат специальные единицы. В физике изучают прежде всего *механическую работу*.

Рассмотрим примеры механической работы.

При подъеме камня руками механическая работа совершается мускульной силой рук. Поезд движется под действием силы тяги электровоза, при этом совершается механическая работа. При выстреле из ружья сила давления пороховых газов совершает работу — перемещает пулю вдоль ствола, скорость пули при этом увеличивается.

Из этих примеров видно, что механическая работа совершается, когда тело движется под действием силы.

Механическая работа совершается и в том случае, когда сила, действуя на тело (например, сила трения), уменьшает скорость его движения. Желая передвинуть шкаф, мы с силой на него надавливаем, но если он при этом в движение не приходит, то механической работы мы не совершаем.

Можно представить себе случай, когда тело движется без участия сил (по инерции), в этом случае механическая работа также не совершается.

Итак, *механическая работа совершается тогда, когда тело движется под действием приложенной к нему силы.*

Нетрудно понять, что чем большая сила действует на тело и чем длиннее путь, который проходит тело под действием этой силы, тем большая совершается работа.

Механическая работа прямо пропорциональна силе и прямо пропорциональна пройденному пути. Поэтому условились измерять механическую работу произведением силы на путь, пройденный по направлению силы:

$$A = Fs$$

работа = сила \times путь,

или

$$A = Fs,$$

где A — работа, F — сила и s — пройденный путь.

За единицу работы принимают работу, совершаемую силой в 1 Н, на пути, равном 1 м. Единицу работы называют джоулем (обозначается Дж) в честь английского ученого Джоуля (1818—1889).

$$1 \text{ джоуль} = 1 \text{ ньютон} \times 1 \text{ метр, или } 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Используются также и килоджоули.

В дальнейшем, говоря о механической работе, мы будем кратко называть ее одним словом — работа.

Пример 1. Вычислите работу, совершаемую при подъеме гранитной плиты объемом $0,5 \text{ м}^3$ на высоту 20 м.

Плотность гранита $2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Дано:

$$V = 0,5 \text{ м}^3$$

$$\rho = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$h = 20 \text{ м}$$

$A = ?$

Решение:

$$A = Fs,$$

где F — сила, которую нужно приложить, чтобы равномерно поднимать плиту вверх. Эта сила по модулю равна силе тяжести F_T , действующей на плиту. А силу тяжести можно определить по массе плиты: $F_T = = gm$. Массу плиты вычислим, зная ее объем и плотность гранита: $m = \rho V$; $s = h$, т. е. высота подъема.

$$\text{Итак, } m = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,5 \text{ м}^3 = 1250 \text{ кг}.$$

$$F = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1250 \text{ кг} \approx 12\,250 \text{ Н}.$$

$$A = 12\,250 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м} = 245\,000 \text{ Дж} = 245 \text{ кДж}.$$

Ответ: $A = 245 \text{ кДж}$.

Джоуль (ньютон-метр) —

$$1 \text{ Дж} (1 \text{ Н} \cdot \text{м})$$

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Дж} = 0,001 \text{ кДж}$$

1. Какие два условия необходимы для совершения механической работы? 2. От каких двух величин зависит совершенная работа? 3. Что

принимают за единицу работы? 4. Дайте определение единицы работы 1 Дж. Какие еще единицы работы вы знаете?

Упражнение 36

1. В каких из нижеперечисленных случаев совершается механическая работа: мальчик влезает на дерево; девочка играет на пианино; вода давит на стенку сосуда; вода падает с плотины?
2. По гладкому горизонтальному льду катится стальной шарик. Допустим, что сопротивление движению шарика (трение о лед, сопротивле-

ние воздуха) отсутствует. Совершается ли при этом работа?

3. При помощи подъемного крана подняли груз массой 2500 кг на высоту 12 м. Какая работа при этом совершена?
4. Какая работа совершается при подъеме гидравлического молота массой 20 т на высоту 120 см?

Задание 22

1. Вычислите механическую работу, которую вы совершаете, равномерно поднимаясь с первого на второй этаж здания школы. Все необходимые данные получите сами, результат запишите в тетрадь.
2. Рассчитайте, какую механическую работу вы совершаете, равномерно проходя 1 км

пути по горизонтальной дороге. Результаты запишите в тетрадь.

У к а з а н и е. Человек, равномерно идя по ровному горизонтальному пути, совершает примерно 0,05 той работы, которая требовалась бы для поднятия этого человека на высоту, равную длине пути.

54. МОЩНОСТЬ. ЕДИНИЦЫ МОЩНОСТИ

На совершение одной и той же работы различным двигателям требуется разное время. Например, подъемный кран на стройке за несколько минут поднимает на верхний этаж здания сотни кирпичей. Если бы эти кирпичи перетаскивал рабочий, то ему для этого потребовалось бы несколько часов. Другой пример. Гектар земли лошадь может вспахать за 10—12 ч, трактор же с многолемешным плугом эту работу выполнит за 40—50 мин.

Ясно, что подъемный кран ту же работу совершает быстрее, чем рабочий, а трактор — быстрее, чем лошадь. Быстроту выполнения работы в технике характеризуют особой величиной, называемой *мощностью*.

Мощность равна отношению работы ко времени, за которое она была совершена.

Чтобы вычислить мощность, надо работу разделить на время, в течение которого совершена эта работа:

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

$$\text{МОЩНОСТЬ} = \frac{\text{РАБОТА}}{\text{ВРЕМЯ}},$$

или

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

где N — мощность, A — работа, t — время выполнения работы.

Мощность — величина постоянная, когда за каждую секунду совершается одинаковая работа, в других случаях отношение $\frac{A}{t}$ определяет среднюю мощность:

$$N_{\text{ср}} = \frac{A}{t}.$$

За единицу мощности принимают такую мощность, при которой в 1 с совершается работа в 1 Дж.

Эту единицу называют ваттом (обозначается Вт) в честь английского ученого Уатта (1736—1819).

Итак,

$$1 \text{ ватт} = \frac{1 \text{ джоуль}}{1 \text{ секунда}}, \text{ или } 1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}.$$

В технике широко используют более крупные единицы мощности — киловатт (кВт), мегаватт (МВт).

Пример. Найти мощность потока воды, протекающей через плотину, если высота падения воды 25 м, а расход ее — 120 м³ в минуту.

Дано:

$$h = 25 \text{ м}$$

$$V = 120 \text{ м}^3$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t = 60 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$N = ?$$

Решение:

Масса падающей воды: $m = \rho V$,

$$m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 120 \text{ м}^3 = 120\,000 \text{ кг}.$$

Сила тяжести, действующая на воду:

$$F = gm,$$

$$F = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 120\,000 \text{ кг} \approx 1\,200\,000 \text{ Н}.$$

Работа, совершаемая потоком в минуту:

$$A = Fh,$$

$$A = 1\,200\,000 \text{ Н} \cdot 25 \text{ м} = 30\,000\,000 \text{ Дж}.$$

Мощность потока: $N = \frac{A}{t}$,

$$N = \frac{30\,000\,000 \text{ Дж}}{60 \text{ с}} = 500\,000 \text{ Вт} = 0,5 \text{ МВт}.$$

Ответ: $N = 0,5 \text{ МВт}$.

Ватт (джоуль в секунду) —

$$1 \text{ Вт} = \left(1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}\right)$$

$$1 \text{ МВт} =$$

$$= 1\,000\,000 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ мВт} = 0,001 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Вт} =$$

$$= 0,000001 \text{ МВт}$$

$$1 \text{ Вт} = 0,001 \text{ кВт}$$

$$1 \text{ Вт} = 1\,000 \text{ мВт}$$

Различные двигатели имеют мощности от сотых и десятых долей киловатта (двигатель электрической бритвы, швейной машины) до сотен тысяч киловатт (водяные и паровые турбины).

Таблица 5

Мощность некоторых двигателей, кВт

Автомобиль «Волга» 3102	70	Атомная установка ледокола «Сибирь»	55 200
Самолет Аи-2	740	Ракета-носитель космического корабля	
Дизель тепловоза ТЭ10Л	2200	«Восток»	15 000 000
Вертолет Ми-8	2х 1100	«Энергия»	125 000 000

На каждом двигателе имеется табличка (паспорт двигателя), на которой указаны некоторые данные о двигателе, в том числе и его мощность.

Мощность человека при нормальных условиях работы в среднем равна 70—80 Вт. Совершая прыжки, взбегая по лестнице, человек может развивать мощность до 730 Вт, а в отдельных случаях и большую.

$$A = Nt$$

Зная мощность двигателя, можно рассчитать работу, совершаемую этим двигателем в течение какого-нибудь промежутка времени.

Из формулы $N = \frac{A}{t}$ следует, что

$$A = Nt.$$

Пример. Двигатель комнатного вентилятора имеет мощность 35 Вт. Какую работу он совершает за 10 мин?

Дано:	Решение:
$N = 35 \text{ Вт}$	$A = Nt,$
$t = 10 \text{ мин} =$	$A = 35 \text{ Вт} \cdot 600 \text{ с} = 21\,000 \text{ Вт} \cdot \text{с} =$
$= 600 \text{ с}$	$= 21\,000 \text{ Дж} = 21 \text{ кДж}.$
$A = ?$	Ответ: $A = 21 \text{ кДж}.$

1. Что показывает мощность? 2. Как вычислить мощность, зная работу и время? 3. Как называется единица мощности? 4. Какие едини-

цы мощности используют в технике? 5. Как, зная мощность и время работы, рассчитать работу?

Упражнение 37

1. С плотины высотой 22 м за 10 мин падает 500 т воды. Какая мощность развивается при этом?
2. Какова мощность человека при ходьбе, если за 2 ч он делает 10 000 шагов и за каждый шаг совершает 40 Дж работы?
3. Какую работу совершает двигатель мощностью 100 кВт за 20 мин?
4. Транспортёр за 1 ч поднимает 30 м^3 песка на высоту 6 м. Вычислите необходимую для

этой работы мощность двигателя. Плотность песка $1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

5. Выразите в киловаттах и мегаваттах следующие мощности: 2500 Вт; 100 Вт. Выразите в ваттах следующие мощности: 5 кВт; 2,3 кВт; 0,3 кВт; 0,05 МВт; 0,001 МВт.
6. Штангист поднял штангу массой 125 кг на высоту 70 см за 0,3 с. Какую среднюю мощность развил спортсмен при этом?

Задание 23

1. Вычислите мощность, которую вы развиваете, равномерно поднимаясь медленно и быстро с первого на второй или третий этаж школы. Все необходимые данные получите сами.
2. Установите по паспорту мощность электро-

двигателей у токарных и сверлильных станков в мастерских школы, а также у бытовых приборов, которые вы используете дома.

3. Установите, на какую мощность рассчитаны двигатели автомобилей и тракторов, которые вы знаете.

С незапамятных времен человек использует для совершения механической работы различные приспособления.

Каждому известно, что тяжелый предмет (камень, шкаф, станок), который невозможно передвинуть непосредственно, сдвигают с места при помощи достаточно длинной и прочной палки — рычага (рис. 149, 150).

С помощью рычагов три тысячи лет назад при строительстве пирамид в Древнем Египте передвигали и поднимали на большую высоту тяжелые каменные плиты (рис. 151).

Во многих случаях, вместо того чтобы поднимать тяжелый груз на некоторую высоту, его вкатывают или втаскивают на ту же высоту по наклонной плоскости (рис. 152) или поднимают с помощью блоков (рис. 153).

Приспособления, служащие для преобразования силы, называют механизмами. К простым механизмам относятся: рычаг и его разновидности — блок, ворот; наклонная плоскость и ее разновидности — клин, винт. В большинстве случаев простые механизмы применяют для того, чтобы получить выигрыш в силе, т. е. увеличить силу, действующую на тело, в несколько раз.

55. ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

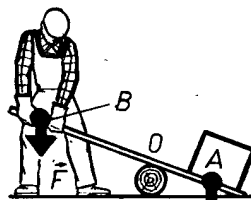


Рис. 149

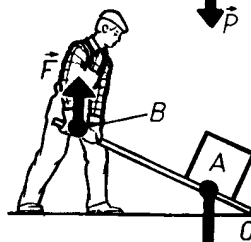


Рис. 150

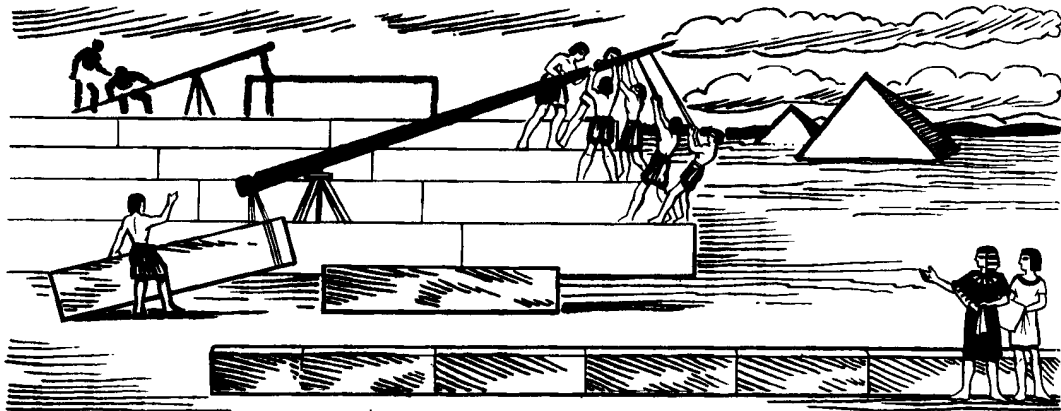


Рис. 151

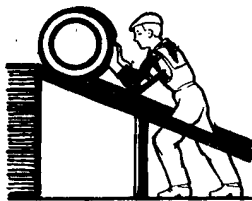


Рис. 152

Простые механизмы имеются и в бытовых, и во всех сложных заводских и фабричных машинах, которые режут, скручивают и штампуют большие листы стали или вытягивают тончайшие нити, из которых делают ткани. Эти же механизмы можно обнаружить и в современных сложных автоматах, печатных и счетных машинах.

1. Что называют простыми механизмами?
 2. Для какой цели применяют простые механизмы?
 3. Какой простой механизм применяли в Египте при строительстве пирамид?

56. РЫЧАГ. РАВНОВЕСИЕ СИЛ НА РЫЧАГЕ

Рычаг представляет собой твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.

На рисунках 149 и 150 показано, как рабочий для поднятия груза использует в качестве рычага лом. В первом случае рабочий с силой F нажимает на конец лома B , во втором — приподнимает конец B .

Рабочему нужно преодолеть вес груза P — силу, направленную вертикально вниз. Он поворачивает для этого лом вокруг оси, проходящей через единственную неподвижную точку лома — точку его опоры O . Сила F , с которой рабочий действует на рычаг, меньше силы P , т. е. рабочий получает выигрыш в силе. Таким образом, при помощи рычага можно поднять такой тяжелый груз, который без рычага поднять нельзя.

На рисунке 154 изображен рычаг, ось вращения кото-

рого O (точка опоры) расположена между точками приложения сил A и B , на рисунке 155 — схема этого рычага. Обе силы F_1 и F_2 , действующие на рычаг, направлены в одну сторону.

Кратчайшее расстояние между точкой опоры и прямой, вдоль которой действует на рычаг сила, называется плечом силы.

Чтобы найти плечо силы, надо из точки опоры опустить перпендикуляр на линию действия силы. Длина этого перпендикуляра и будет плечом данной силы. На рисунке 155 видно, что OA — плечо силы F_1 ; OB — плечо силы F_2 . Силы, действующие на рычаг, могут повернуть его вокруг оси в двух направлениях: по ходу или против хода часовой стрелки. Так, сила F_1 (см. рис. 154) вращает рычаг по ходу часовой стрелки, а сила F_2 вращает его против хода часовой стрелки.

Условие, при котором рычаг находится в равновесии под действием приложенных к нему сил, можно установить на опыте. При этом надо помнить, что результат действия силы зависит не только от ее числового значения (модуля), но и от того, в какой точке она приложена к телу и как направлена.

К рычагу (рис. 154) по обе стороны от точки опоры подвешивают различные грузы так, чтобы рычаг каждый раз оставался в равновесии. Действующие на рычаг силы равны весам этих грузов. Для каждого случая измеряют модули сил и их плечи. Из опыта, изображенного на рисунке 154, видно, что сила 2 Н уравнивает силу 4 Н. При этом, как видно из рисунка, плечо меньшей силы в 2 раза больше плеча большей силы.

На основании таких опытов было установлено условие (правило) равновесия рычага: рычаг находится в равновесии тогда, когда силы, действующие на него, обратно пропорциональны плечам этих сил.

Это правило можно записать в виде формулы:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1},$$

где F_1 и F_2 — силы, действующие на рычаг, l_1 и l_2 — плечи этих сил (см. рис. 155).

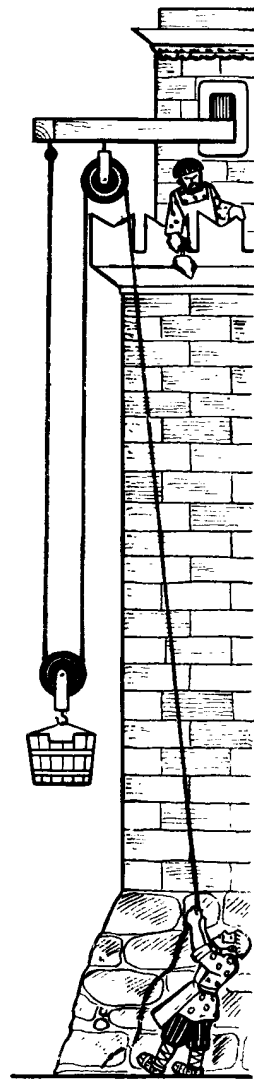


Рис. 153

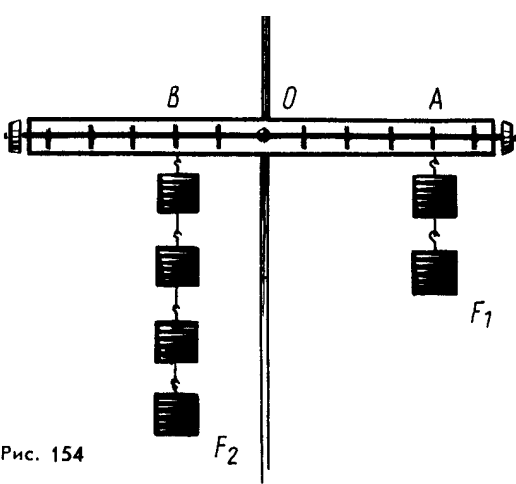


Рис. 154

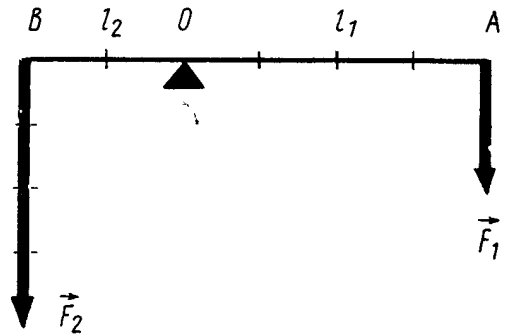


Рис. 155

Правило равновесия рычага было установлено Архимедом.

Из этого правила видно, что меньшей силой можно уравновесить при помощи рычага большую силу. Пусть одно плечо рычага в 3 раза больше другого (рис. 149), тогда, прикладывая в точке B силу, например в 400 Н, можно поднять камень весом 1200 Н. Чтобы поднять еще более тяжелый груз, нужно увеличить длину плеча рычага, на которое действует рабочий.

Пример. С помощью рычага рабочий поднимает плиту массой 240 кг (см. рис. 149). Какую силу прикладывает он к большему плечу рычага, равному 2,4 м, если меньшее плечо равно 0,6 м?

Дано:

$$m = 240 \text{ кг}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$l_1 = 2,4 \text{ м}$$

$$l_2 = 0,6 \text{ м}$$

$$F = ?$$

Решение:

По правилу равновесия рычага $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$,

откуда $F_1 = F_2 \frac{l_2}{l_1}$, где $F_2 = P$ — вес камня.

Вес камня $P = gm$, $P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 240 \text{ кг} \approx 2400 \text{ Н}$. Тогда

$$F_1 = 2400 \text{ Н} \cdot \frac{0,6 \text{ м}}{2,4 \text{ м}} = 600 \text{ Н}.$$

Ответ: $F_1 = 600 \text{ Н}$.

В нашем примере рабочий преодолевает силу 2400 Н, прикладывая к рычагу силу 600 Н, т. е. получает выигрыш в силе в 4 раза. Но при этом плечо, на которое действует рабочий, в 4 раза длиннее того, на которое действует вес камня ($l_1:l_2=2,4\text{ м}:0,6\text{ м}=4$).

Большую или меньшую силу должен приложить рабочий к рычагу, поднимая ту же плиту так, как показано на рисунке 150?

1. Что представляет собой рычаг? 2. Что называют плечом силы? 3. Как найти плечо силы? 4. Какое действие оказывают на рычаг силы? 5. В чем состоит правило равновесия рычага? 6. Кто установил правило равновесия рычага?

В § 56 было рассмотрено правило равновесия рычага: 57. МОМЕНТ СИЛЫ

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Оно установлено на опыте (рис. 154). Пользуясь свойством пропорции (произведение ее крайних членов равно произведению средних членов), запишем это правило в таком виде:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

В левой части равенства стоит произведение силы F_1 на ее плечо l_1 , а в правой — произведение силы F_2 на ее плечо l_2 .

Произведение модуля силы, вращающей тело, на ее плечо называется *моментом силы*; он обозначается буквой M . Следовательно,

$$M = Fl$$

$$M = Fl.$$

Значит, правило равновесия рычага можно сформулировать и так: *рычаг находится в равновесии под действием двух сил, если момент силы, вращающей его по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей его против часовой стрелки*. Это правило называется *правилом моментов*.

Действительно, в рассмотренном нами опыте (§ 56) действующие на рычаг силы были равны 2 и 4 Н, их плечи соответственно составляли 4 и 2 деления рычага, т. е. моменты этих сил одинаковы при равновесии рычага.

Момент силы, как и всякая физическая величина,

имеет единицу. Из выражения $M = Fl$ следует, что за единицу момента силы принимается момент силы в 1 Н, плечо которой равно 1 м. Эта единица называется ньютон-метр (обозначается Н·м).

Момент силы — одна из основных величин, изучаемых в физике. Эта величина характеризует действие силы, показывает, что оно зависит одновременно и от модуля силы, и от ее плеча. Действительно, мы уже знаем, например, что действие силы на дверь зависит и от модуля силы, и от того, где приложена сила: дверь тем легче повернуть, чем дальше от оси вращения приложена действующая на нее сила; гайку легче отвернуть длинным гаечным ключом, чем коротким; ведро тем легче поднять из колодца, чем длиннее ручка ворота, и т. д.

? 1. Из правила равновесия рычага, данного в § 56, получите правило равновесия рычага, выраженное через моменты сил. 2. Что называется моментом силы? Как выражается момент силы через модуль силы и ее плечо?

3. В чем состоит правило моментов? 4. Что принимают за единицу момента силы? Как называется эта единица? 5. Приведите примеры, показывающие, что момент силы характеризует ее вращающее действие на тело.

Задание 24

Положите под середину линейки карандаш так, чтобы линейка находилась в равновесии. Уравновесьте на полученном рычаге монеты в 5 и 1 к. Измерьте плечи и проверьте условие равновесия рычага. Подсчитайте моменты сил и проверьте, равны ли они.

Повторите работу, используя монеты в 2 и 3 к. Определите, пользуясь этим рычагом, массу спичечной коробки.

Примечание: монеты в 1, 2, 3 и 5 к. имеют массы соответственно 1, 2, 3 и 5 г.

58. РЫЧАГИ В ТЕХНИКЕ, БЫТУ И ПРИРОДЕ

Правило рычага (или правило моментов) лежит в основе действия различного рода инструментов и устройств, применяемых в технике и быту там, где требуется выигрыш в силе или в пути.

Выигрыш в силе мы имеем при работе с ножницами. *Ножницы — это рычаг* (рис. 156), ось вращения которого проходит через винт, соединяющий обе половины ножниц. Действующей силой F_1 является мускульная сила руки человека, сжимающего ножницы; противодействующей силой F_2 — сила сопротивления того материала, который режут ножницами. В зависимости от назначения ножниц их устройство бывает различным. Канторские ножницы, предназначенные для резки бумаги, имеют длинные лезвия и почти такой же длины ручки, так как для резки

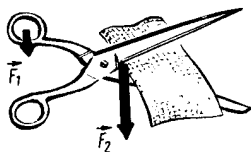
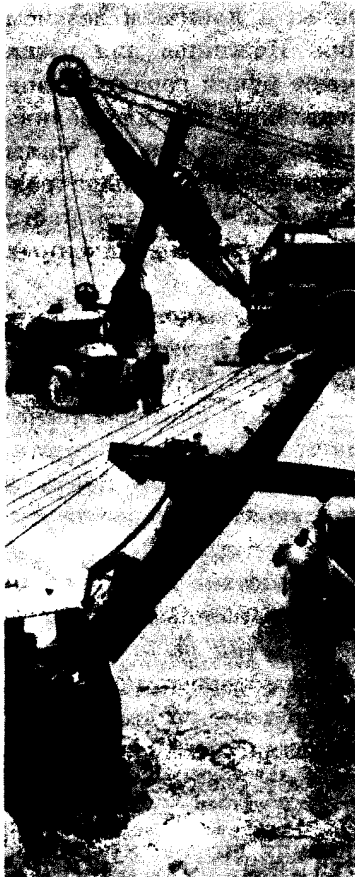
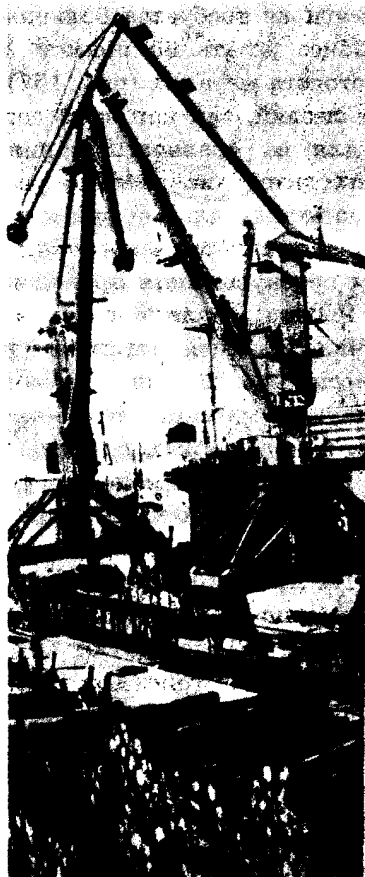


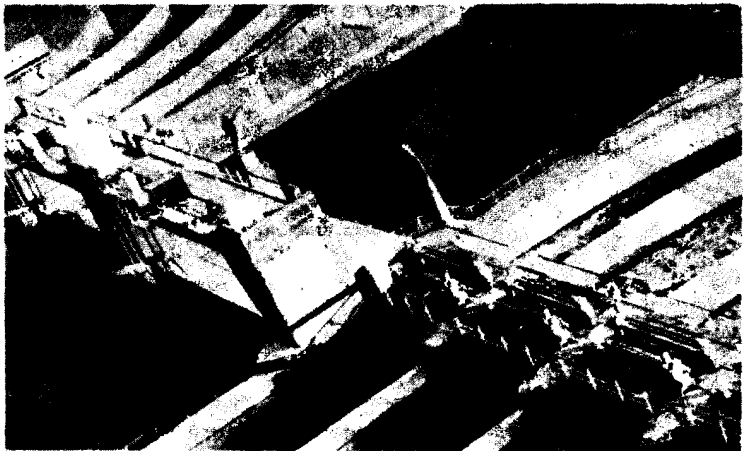
Рис. 156



1



2



3

1. Передвижные подъемные краны.

2. Портальные краны.

3. Плотина на реке Чу в Киргизской ССР.

4. Буровая установка «Уралмаш-6500».

4

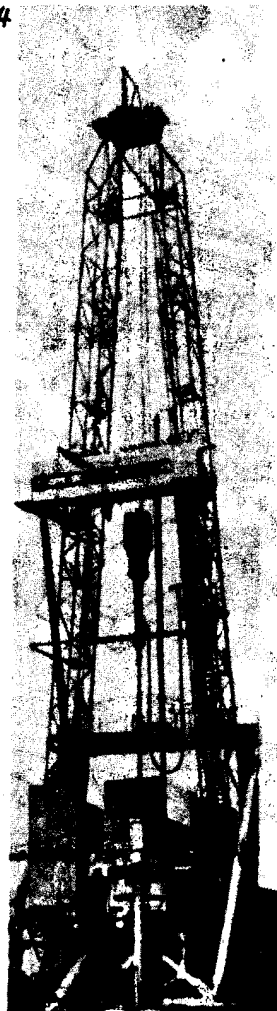




Рис. 157



Рис. 158

бумаги не требуется большой силы, а длинным лезвием удобнее резать по прямой линии. Ножницы для резки листового металла (рис. 157) имеют ручки гораздо длиннее лезвий, так как сила сопротивления металла велика и для ее уравновешивания плечо действующей силы приходится значительно увеличивать. Еще больше разница между длиной ручек и расстоянием режущей части от оси вращения в *кусачках* (рис. 158), предназначенных для перекусывания проволоки.

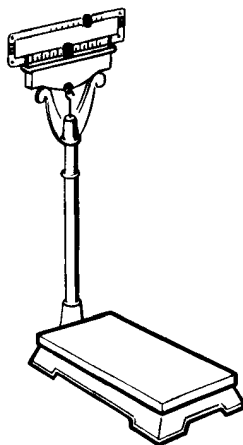
Рычаги различного вида имеются у многих машин. Ручка швейной машины, педали или ручной тормоз велосипеда, педали автомобиля и трактора, клавиши пишущей машинки и пианино — все это примеры рычагов, используемых в данных машинах и инструментах.

Примеры применения рычагов вы можете найти в своей школьной мастерской. Это рукоятки тисков и верстаков, рычаг сверлильного станка и т. д.

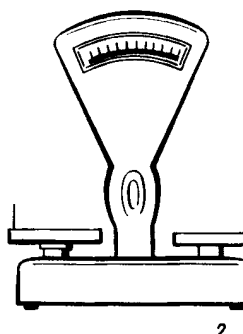
На принципе рычага основано действие и рычажных весов (рис. 159). Учебные весы, изображенные на рисунке 46 (с. 42), действуют как *равноплечий рычаг*. В *десятичных* весах (рис. 159, 4) плечо, к которому подвешена чашка с гирями, в 10 раз длиннее плеча, несущего груз. Это значительно упрощает взвешивание больших грузов. Взвешивая груз на десятичных весах, следует умножить массу гирь на 10.

Устройство весов для взвешивания грузовых вагонов, автомобилей и повозок также основано на законах рычага.

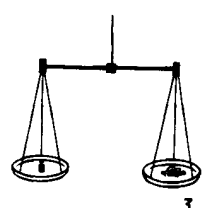
Рычаги встречаются также в разных частях тела животных и человека. Это, например, конечности, челюсти. Много рычагов можно указать в теле насекомых, птиц, в строении растений.



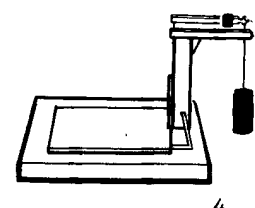
1



2

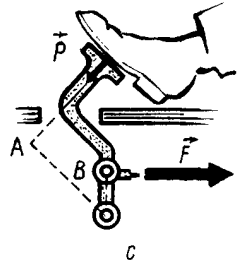
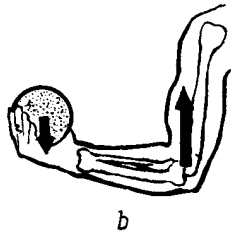
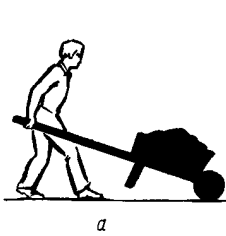


3



4

Рис. 159. Виды весов: 1— медицинские; 2— настольные торговые; 3— аптекарские; 4— десятичные



1. Пользуясь рисунком 156, объясните действие ножниц как рычага. 2. Объясните, почему ножницы для резки листового металла и кусачки (рис. 157 и 158) дают выигрыш в силе. 3. Приведите примеры применения рычагов в быту, в технике, в школьной мастерской, в природе.

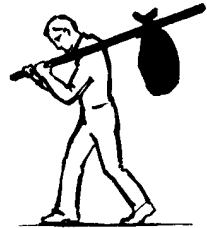


Рис. 160

Упражнение 38

1. Укажите точку опоры и плечи сил у рычагов, изображенных на рисунке 160.
2. Рассмотрите рисунки 160, *d* и *e*. При каком расположении груза на палке момент его силы тяжести больше? В каком случае груз легче нести? Почему?
3. Пользуясь рисунком 161, объясните, почему при гребле мы получаем проигрыш в силе и для чего это нужно.
4. На рисунке 162 изображен разрез предохранительного клапана. Рассчитайте, какой груз надо повесить на рычаг, чтобы пар через клапан не выходил. Давление в котле в 12 раз больше нормального атмосферного давления. Площадь клапана $S=3 \text{ см}^2$, вес клапана и вес рычага не учитывать. Плечи сил измерьте по рисунку. Куда нужно переместить груз, если давление пара в котле увеличится? уменьшится? Ответ обоснуйте.
5. На рисунке 163 изображена схема подъемного крана. Рассчитайте, какой груз можно поднимать при помощи этого крана, если масса противовеса 1000 кг. Сделайте расчет, пользуясь равенством моментов сил.



Рис. 161

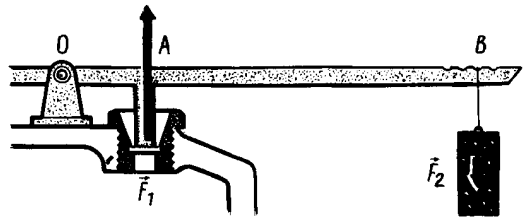


Рис. 162

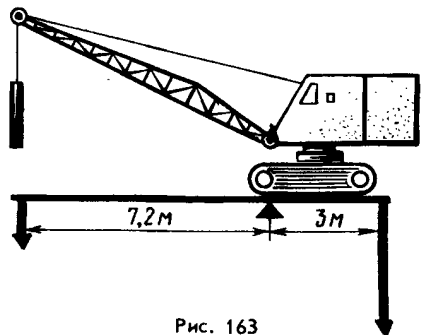


Рис. 163

Задание 25

1. Рассмотрите устройство плоскогубцев (или кусачек, щипцов для сахара, ножниц для

жести). Найдите у них ось вращения, плечо силы сопротивления и плечо действующей силы. Сделайте чертеж и укажите на нем силы и их плечи.

Подсчитайте, какой выигрыш в силе может дать данный инструмент.

2. Подготовьте доклад на тему «Рычаги в организмах человека, животных и насекомых».

59. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА РАВНОВЕСИЯ РЫЧАГА К БЛОКАМ

Блок представляет собой колесо с желобом, укрепленное в обойме. По желобу блока пропускают веревку, трос или цепь.

Неподвижным блоком называют такой блок, ось которого закреплена и при подъеме грузов не поднимается и не опускается (рис. 164).

Неподвижный блок можно рассматривать как равноплечий рычаг, у которого плечи сил равны радиусу колеса (рис. 165): $OA = OB = r$. Такой блок не дает выигрыша в силе ($P = F$), но позволяет менять направление действия силы.

На рисунке 166 изображен *подвижный блок* (ось блока поднимается и опускается вместе с грузом), а на рисунке 167 — соответствующий ему рычаг: O — точка опоры рычага, OA — плечо силы P и OB — плечо силы F . Так как плечо OB в 2 раза больше плеча OA , то сила F в 2 раза меньше силы P :

$$F = \frac{P}{2}.$$

Таким образом, *подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза*.

Это можно доказать и пользуясь понятием момента силы. При равновесии блока моменты сил F и P равны друг другу. Но плечо силы F равно диаметру блока OB , а плечо силы P — его радиусу OA . При равенстве моментов силы имеют неравные плечи. Значит, меньше та сила, плечо которой больше, а так как плечо силы F в два раза больше плеча силы P , то сама сила F в два раза меньше силы P .

Обычно на практике применяют комбинацию неподвижного блока с подвижным (рис. 168). Неподвижный блок применяется только для удобства. Он не дает выигрыша в силе, но изменяет направление действия силы, например, позволяет поднимать груз, стоя на земле.

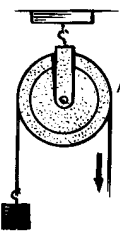


Рис. 164

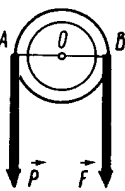


Рис. 165

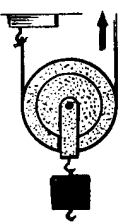


Рис. 166

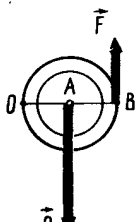


Рис. 167

- ? 1. Какой блок называют неподвижным и какой подвижным? 2. Для какой цели применяют неподвижный блок? 3. Какой выигрыш в силе дает подвижный блок? 4. Можно ли рассматривать неподвижный и подвижный блоки как рычаги? Начертите схемы таких рычагов. 5. Назовите примеры применения блока.

Задание 26

Рассмотрите машины, изображенные на фотографиях (см. с. 121), и укажите в них простые механизмы, известные вам.

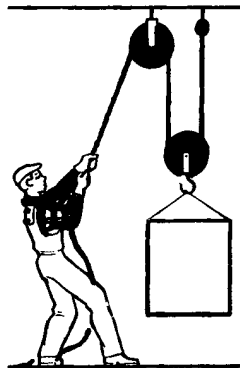


Рис. 168

Рассмотренные нами простые механизмы применяют при совершении работы в тех случаях, когда надо действием одной силы уравновесить другую силу.

Естественно, возникает вопрос: давая выигрыш в силе или в пути, не дают ли простые механизмы выигрыша и в работе? Ответ на поставленный вопрос можно получить из опыта.

Уравновесив на рычаге две какие-нибудь разные по модулю силы F_1 и F_2 (рис. 169), приводят рычаг в движение. При этом оказывается, что за одно и то же время точка приложения меньшей силы F_2 проходит больший путь s_2 , а точка приложения большей силы F_1 — меньший путь s_1 . Измерив эти пути и модули сил, находят, что *пути, пройденные точками приложения сил на рычаге, обратно пропорциональны силам:*

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{F_2}{F_1}.$$

Таким образом, *действуя на длинное плечо рычага, мы выигрываем в силе, но при этом во столько же раз проигрываем в пути.*

Произведение силы на путь есть работа. Наши опыты показывают, что работы, совершаемые силами, приложенными к рычагу, равны друг другу:

$$F_1 s_1 = F_2 s_2, \quad \text{т. е. } A_1 = A_2.$$

Итак, *при использовании рычага выигрыша в работе*

60. РАВЕНСТВО РАБОТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОСТЫХ МЕХАНИЗМОВ. «ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО» МЕХАНИКИ

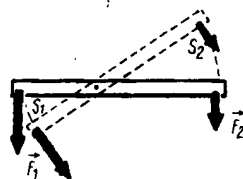


Рис. 169

не получают. Пользуясь рычагом, мы можем выиграть или в силе, или в расстоянии. Если мы силу приложим к длинному плечу, то выиграем в силе, но во столько же раз проиграем в расстоянии. Действуя же силой на короткое плечо рычага, мы выиграем в расстоянии, но во столько же раз проиграем в силе.

Существует легенда, что Архимед, восхищенный открытием правила рычага, воскликнул: «Дайте мне точку опоры, и я подниму Землю!»

Конечно, Архимед не мог бы справиться с такой задачей, если бы даже ему и дали точку опоры (которая должна была бы находиться вне Земли) и рычаг нужной длины.

Для подъема Земли всего на 1 см длинное плечо рычага должно было бы описать дугу огромной длины. Для перемещения длинного конца рычага по этому пути, например со скоростью 1 м/с, потребовались бы миллионы лет.

Не дает выигрыша в работе и неподвижный блок, в чем легко убедиться на опыте (см. рис. 165). Пути, проходимые точками приложения сил P и F , одинаковы, одинаковы и силы, а значит, одинаковы и работы.

Можно измерить и сравнить между собой работы, совершаемые с помощью подвижного блока. Чтобы при помощи подвижного блока поднять груз на высоту h , необходимо конец веревки, к которому прикреплен динамометр, как показывает опыт (рис. 170), переместить на высоту $2h$. Таким образом, получая выигрыш в силе в 2 раза, проигрывают в 2 раза в пути, следовательно, и подвижный блок не дает выигрыша в работе.

Многовековая практика показала, что ни один из механизмов не дает выигрыша в работе. Применяют же различные механизмы для того, чтобы в зависимости от условий работы выиграть в силе или в пути.

Уже древним ученым было известно правило, применимое ко всем механизмам: во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии. Это правило называли «золотым правилом» механики.

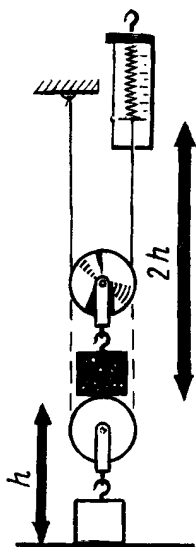


Рис. 170

1. Какое соотношение существует между силами, действующими на рычаг, и плечами

этих сил (см. рис. 154)? 2. Какое соотношение существует между путями, пройденными точ-

ками приложения сил на рычаге, и этими силами? 3. В чем проигрывают, пользуясь рычагом, дающим выигрыш в силе? 4. Во

сколько раз проигрывают в пути, используя для поднятия грузов подвижный блок? 5. В чем состоит «золотое правило» механики?

Упражнение 39

1. С помощью подвижного блока груз подняли на высоту 1,5 м. На какую длину при этом был вытянут свободный конец веревки?
2. Рабочий с помощью подвижного блока поднял груз на высоту 7 м, прилагая к свободному концу веревки силу 160 Н. Какую работу он совершил?

3. Как применить блок для выигрыша в расстоянии?
4. Как можно соединить друг с другом неподвижные и подвижные блоки, чтобы получить выигрыш в силе в 4 раза? в 6 раз?
5. Решите задачу 2, учитывая вес блока, равный 20 Н.

Задание 27

Докажите, что закон равенства работ («золотое правило» механики) применим к гидравлической машине. Трение между поршнями и стенками сосудов не учитывайте.
У к а з а н и е. Используйте для доказательства

рисунок 132. Когда малый поршень под действием силы F_1 опускается вниз на расстояние h_1 , он вытесняет некоторый объем жидкости. На столько же увеличивается объем жидкости под большим поршнем, который при этом поднимается на высоту h_2 .

Рассматривая устройство и действие рычага, мы не учитывали трение, а также вес рычага. В этих идеальных условиях работа, совершенная приложенной силой (эту работу мы будем называть *полной*), равна *полезной* работе по подъему грузов или преодолению какого-либо сопротивления.

На практике совершенная с помощью механизма *полная работа всегда несколько больше полезной работы*. Часть работы совершается против силы трения в механизме и по перемещению его отдельных частей. Так, применяя подвижный блок, приходится дополнительно совершать работу по подъему самого блока, веревки и по преодолению силы трения в оси блока.

Какой бы механизм мы ни взяли, полезная работа, совершенная с его помощью, всегда составляет лишь часть полной работы. Следовательно, обозначив полезную работу буквой A_n , а полную (затраченную) — буквой A_s , можно записать

$$A_n < A_s, \text{ или } \frac{A_n}{A_s} < 1.$$

Отношение полезной работы к полной работе называется коэффициентом полезного действия механизма.

61. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЗМА

Сокращенное обозначение коэффициента полезного действия — КПД.

$$\text{КПД} = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}}.$$

КПД обычно выражают в процентах и обозначают греческой буквой η (читается «эта»):

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

Пример. На коротком плече рычага подвешен груз массой 100 кг. Для его подъема к длинному плечу приложили силу 250 Н. Груз подняли на высоту $h_1 = 0,08$ м, при этом точка приложения движущей силы опустилась на высоту $h_2 = 0,4$ м. Найти КПД рычага.

Дано:

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F = 250 \text{ Н}$$

$$h_1 = 0,08 \text{ м}$$

$$h_2 = 0,4 \text{ м}$$

$$\eta = ?$$

Решение:

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

Полная работа

$$A_{\text{з}} = Fh_2.$$

Полезная работа

$$A_{\text{п}} = Ph_1.$$

$$P = gm$$

$$P = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 100 \text{ кг} \approx$$

$$\approx 1000 \text{ Н.}$$

$$A_{\text{п}} = 1000 \text{ Н} \cdot 0,08 \text{ м} =$$

$$= 80 \text{ Дж.}$$

$$A_{\text{з}} = 250 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} =$$

$$= 100 \text{ Дж.}$$

$$\eta = \frac{80 \text{ Дж}}{100 \text{ Дж}} \cdot 100\% = 80\%.$$

Ответ: $\eta = 80\%$.

Но «золотое правило» механики выполняется и в этом случае. Часть полезной работы — 20% ее — расходуется на преодоление трения в оси рычага и сопротивления воздуха, а также на движение самого рычага.

КПД любого механизма всегда меньше 100%. Конструируя механизмы, стремятся увеличить их КПД. Для этого уменьшают трение в осях механизмов и их вес.

? 1. Какую работу называют полезной, какую — полной? 2. Почему при применении механизмов для подъема грузов и преодоления других сопротивлений полезная работа не равна

полной? 3. Что такое коэффициент полезного действия механизма? 4. Может ли КПД быть больше единицы? Ответ обоснуйте. 5. Как можно увеличить КПД?

Чтобы на заводах и фабриках могли работать станки и машины, их приводят в движение электродвигатели, которые расходуют при этом электрическую энергию.

Автомобили и самолеты, тепловозы и теплоходы работают, расходуя энергию сгорающего топлива, гидротурбины — энергию падающей с высоты воды. Да и сами мы, чтобы жить и работать, возобновляем запас своей энергии при помощи пищи.

Слово «энергия» употребляется нередко и в быту. Так, например, людей, которые могут быстро выполнять большую работу, называют энергичными, обладающими большой энергией. Что же такое энергия? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим примеры.

Сжатая пружина (рис. 171), распрямляясь, может совершить работу, например поднять на высоту груз (рис. 172) или заставить двигаться тележку.

Поднятый над землей неподвижный груз не совершает работы, но если этот груз упадет, то он совершит работу (например, может забить в землю сваю).

Способностью совершить работу обладает и всякое движущееся тело. Так, скатившийся с наклонной плоскости стальной шарик *A* (рис. 173), ударившись о деревянный брусок *B*, передвигает его на некоторое расстояние. При этом совершается работа.

Если тело или несколько взаимодействующих между собой тел (система тел) могут совершить работу, то говорят, что они обладают энергией.

Энергия — физическая величина, показывающая, какую работу может совершить тело (или несколько тел). Энергию выражают в тех же единицах, что и работу, т. е. в джоулях.

Чем большую работу может совершить тело, тем большей энергией оно обладает.

При совершении работы энергия тел изменяется
Совершенная работа равна изменению энергии.

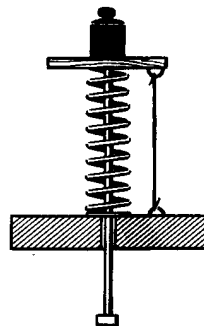


Рис. 171

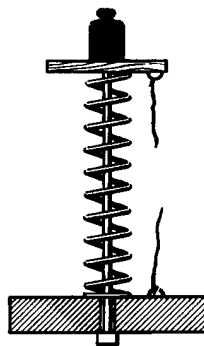


Рис. 172

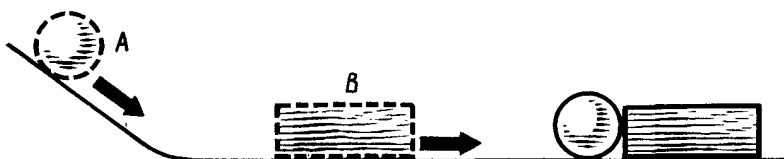


Рис. 173

? 1. На каких примерах можно показать, что работа и энергия — физические величины, связанные друг с другом? 2. В каком случае мож-

но сказать, что тело обладает энергией? 3. Назовите единицы, в которых выражают работу и энергию.

63. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Потенциальной (от латинского слова *потенция* — возможность) энергией называется энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

Потенциальной энергией, например, обладает тело, поднятое относительно поверхности Земли, потому что энергия тела зависит от взаимного положения его и Земли и их взаимного притяжения. Если считать потенциальную энергию тела, лежащего на Земле, равной нулю, то потенциальная энергия тела, поднятого на некоторую высоту, определится работой, которую совершит сила тяжести при падении тела на Землю. А работа, как мы знаем, равна произведению силы на путь, т. е.

$$A = Fh,$$

где F — сила тяжести.

Значит, в этом случае и потенциальная энергия E_p равна:

$$E_p = Fh,$$

или

$$E_p = gmh.$$

Огромной потенциальной энергией обладает вода в реках, удерживаемая плотинами (см. фото на с. 121). Падая вниз, вода совершает работу, приводя в движение мощные турбины электростанций.

Потенциальную энергию молота копра (рис. 174) используют в строительстве для совершения работы по забиванию свай.

Открывая дверь с пружиной, совершают работу по растяжению (или сжатию) пружины. За счет приобретенной энергии пружина, сокращаясь (или распрямляясь), совершает работу, закрывая дверь.

Энергию сжатых и закрученных пружин используют, например, в ручных часах и разнообразных заводных игрушках.

Потенциальной энергией обладает всякое упругое деформированное тело. Потенциальную энергию сжатого газа используют в работе тепловых двигателей, в отбойных молотках, которые широко применяют в горной промышленности, при строительстве дорог, выемке твердого грунта и т. д.

Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения, называется кинетической (от греческого слова *кинема* — движение) энергией.

Движущаяся вода, приводя во вращение турбины гидроэлектростанций, расходует свою кинетическую энергию и совершает работу. Кинетической энергией обладает и движущийся воздух — ветер.

От чего зависит кинетическая энергия? Обратимся к опыту (см. рис. 173). Если скатывать шарик *A* с разных высот, то можно заметить, что, чем с большей высоты скатывается шарик, тем больше его скорость и тем дальше он передвигает брусок, т. е. совершает большую работу. Значит, кинетическая энергия тела зависит от его скорости.

За счет скорости большой кинетической энергией обладает летящая пуля.

Кинетическая энергия тела зависит и от его массы. Еще раз обратимся к опыту (см. рис. 173), но будем скатывать с наклонной плоскости другой шарик — большей массы. Брусок *B* передвинется дальше, т. е. будет совершена большая работа. Значит, и кинетическая энергия второго шарика больше, чем первого.

Чем больше масса тела и скорость, с которой оно движется, тем больше его кинетическая энергия.

Кинетическую энергию тел используют в технике. Удерживаемая плотиной вода обладает, как было уже сказано, большой потенциальной энергией. При падении с плотины вода движется и имеет такую же большую кинетическую энергию. Она приводит в движение турбину, соединенную с генератором электрического тока. За счет кинетической энергии воды вырабатывается электрическая энергия.

Энергия движущейся воды имеет большое значение в народном хозяйстве. Эту энергию используют с помощью мощных гидроэлектростанций. Строительство гид-



Рис. 174. Копер для забивания свай

роэлектростанций — очень важная задача народного хозяйства страны. В настоящее время у нас действует ряд крупнейших гидроэлектростанций: Днепровская ГЭС им. В. И. Ленина мощностью 648 тыс. кВт; Волжская ГЭС им. В. И. Ленина мощностью 2,3 млн. кВт; Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС мощностью 2,53 млн. кВт; Братская ГЭС им. 50-летия Великого Октября на Ангаре мощностью 4,5 млн. кВт. Построены на Енисее Красноярская ГЭС им. 50-летия СССР мощностью 6 млн. кВт и Саяно-Шушенская ГЭС мощностью 6,4 млн. кВт — самая мощная в СССР.

Энергия падающей воды является экологически чистым источником энергии в отличие от энергии топлива.

Все тела в природе относительно условного нулевого значения обладают либо потенциальной, либо кинетической энергией, а иногда той и другой вместе. Например, летящий самолет обладает относительно Земли и кинетической и потенциальной энергией.

Мы ознакомились с двумя видами механической энергии. Иные виды энергии (электрическая, внутренняя и др.) будут рассмотрены в других разделах курса физики.

- ?
1. Какую энергию называют потенциальной?
 2. Приведите примеры тел, обладающих потенциальной энергией.
 3. Как показать, что деформированная пружина обладает потенциальной энергией?
 4. Какую энергию называют кинетической? От каких величин она зависит?
 5. В каком случае кинетическую энергию тела считают равной нулю?
 6. Назо-

вите случаи, когда тела обладают кинетической энергией.

7. Какой энергией обладает летящий самолет относительно Земли?
8. Какой энергией обладает вода, удерживаемая плотиной, и какой энергией обладает вода, падающая с плотины?
9. Где используют кинетическую энергию текущей воды?
10. Какие мощные ГЭС построены в СССР?

Упражнение 40

1. Какой потенциальной энергией относительно Земли обладает тело массой 100 кг на высоте 10 м?
2. Молот копра для забивания свай (рис. 174) массой 500 кг падает с высоты 10 м. Чему будет равна потенциальная энергия молота на высоте 4 м? Чему равна совершенная им работа?
3. В каких местах реки — у истоков или в устье — каждый кубический метр воды обладает большей потенциальной энергией? Ответ обоснуйте.

4. В какой реке — горной или равнинной — каждый кубический метр текущей воды обладает большей кинетической энергией? Почему?

5. Высота падения воды на Нурекской ГЭС равна 275 м. Каждую секунду через одну турбину ГЭС проходит 155 м^3 воды. Какая энергия в 1 с расходуется в турбине? Чему равен КПД турбины, если электрическая мощность ее равна 300 МВт? Сравните мощность Нурекской ГЭС с мощностью первой советской ГЭС (ее мощность составляла 60 тыс. кВт).

64. ПРЕВРАЩЕНИЕ ОДНОГО ВИДА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ДРУГОЙ

В природе, технике и быту можно часто наблюдать превращение одного вида механической энергии в другой: потенциальной в кинетическую и кинетической в потенциальную, например, при падении воды с плотины ее потенциальная энергия превращается в кинетическую. В качающемся маятнике периодически эти виды энергии переходят друг в друга.

Явление превращения одного вида механической энергии в другой очень удобно наблюдать на приборе, изображенном на рисунке 175. Накручивая на ось нить, поднимают диск прибора. Диск, поднятый вверх, обладает некоторой потенциальной энергией. Если его отпустить, то он, вращаясь, начнет падать. По мере падения потенциальная энергия диска уменьшается, но вместе с тем возрастает его кинетическая энергия. В конце падения диск обладает таким запасом кинетической энергии, что может опять подняться почти до прежней высоты. (Часть энергии расходуется на работу против силы трения, поэтому диск не достигает первоначальной высоты.) Поднявшись вверх, диск снова падает, а затем снова поднимается. В этом опыте при движении диска вниз его потенциальная энергия превращается в кинетическую, а при движении вверх кинетическая энергия превращается в потенциальную.

Превращение энергии из одного вида в другой происходит также при ударе двух каких-нибудь упругих тел, например резинового мяча о пол или стального шарика о стальную плиту.

Если поднять над стальной плитой стальной шарик (рис. 176) и выпустить затем его из рук, то он будет падать. По мере падения шарика его потенциальная энергия убывает, а кинетическая растет, так как увеличивается скорость движения шарика. При ударе шарика о плиту произойдет сжатие как шарика, так и плиты, и кинетическая энергия, которой шарик обладал, превратится в потенциальную энергию сжатой плиты и сжатого шарика. Затем благодаря действию упругих сил плита и шарик примут почти первоначальную форму, шарик отскочит от плиты, а их потенциальная энергия вновь

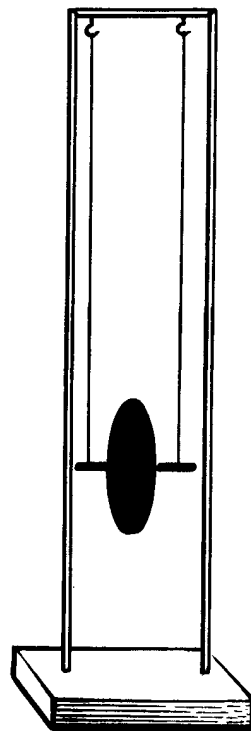


Рис. 175

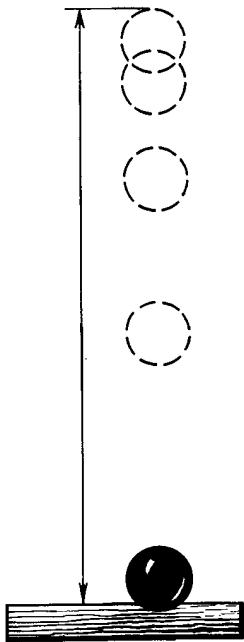


Рис. 176

превратится в кинетическую энергию шарика: шарик отскочит вверх со скоростью, почти равной скорости, которой обладал в момент удара о плиту. При подъеме вверх скорость шарика, а следовательно, и его кинетическая энергия уменьшаются, потенциальная энергия растет. Отскочив от плиты, шарик поднимается почти до той же высоты, с которой начал падать. В верхней точке подъема вся его кинетическая энергия вновь превратится в потенциальную.

Явления природы обычно сопровождаются превращением одного вида энергии в другой.

Энергия может и передаваться от одного тела к другому. Так, например, при стрельбе из лука потенциальная энергия натянутой тетивы переходит в кинетическую энергию летящей стрелы.

1. Как на опыте можно показать превращение одного вида механической энергии в другой?
2. Какие превращения энергии происходят

при падении воды с плотины? 3. Какие превращения энергии происходят при ударе стального шарика о стальную плиту?

Упражнение 41

1. Укажите превращение одного вида энергии в другой в следующих случаях: а) при падении воды водопада; б) при бросании мяча вертикально вверх; в) при закручивании пружины наручных часов; г) на примере дверной пружины.
2. Массы падающих тел одинаковы. Одина-

ковы ли значения потенциальной энергии тел на одной и той же высоте и одинаковы ли значения кинетической энергии на этой высоте?

3. Приведите примеры тел, обладающих одновременно кинетической и потенциальной энергией.

Задание 28

1. Изготовьте нитяной и пружинный маятники. Пронаблюдайте за их колебаниями. Кратко опишите превращения энергии, происходящие при колебании этих маятников.
Указание. Нитяной маятник состоит из нити, на конце которой укреплен груз. Пружинный маятник представляет собой пружину, к концу которой подвешен груз. Во

время опыта верхний конец пружины укрепляют или держат в руке, груз слегка оттягивают вниз и отпускают.

2. Прочитайте в конце учебника параграф «Энергия движущейся воды и ветра. Гидравлические и ветряные двигатели». Подготовьте доклады на темы: «От водяных колес до современных гидротурбин», «Ветряные двигатели и их применение».

**Повторите тему
«Работа и мощность. Энергия».**

1. Прочитайте § 55, 56, 58, 59, ответьте на вопросы к этим параграфам.

2. Решите задачу:

Линейка длиной 1 м используется как рычаг. Как для этого нужно ее подвесить? Как расположить на ней грузы массой 300 и 700 г, чтобы линейка находилась в равновесии?

3. Приведите примеры, показывающие, что при использовании рычага выполняется «золотое правило» механики.

4. Ответьте письменно на вопросы 1, 4 и 7 к § 63.

5. Перечертите в тетрадь таблицу и заполните ее:

Наименование физической величины	Ее буквенное обозначение	Единица физической величины		Формула для расчета
		Наименование	Обозначение	
Момент силы Работа Мощность				

6. Перечислите все физические величины и их единицы, о которых вы узнали, изучая физику в VII классе.

7. Составьте список измерительных приборов, с которыми вы ознакомились при изуче-

нии физики в VII классе, и физических величин, измеряемых этими приборами, по образцу: мензурка (объем, вместимость); динамометр (сила); рычажные весы (масса) и т. д.



ПРИЛОЖЕНИЕ

*Лабораторные работы
Материал для дополнительного
чтения*

1. Броуновское движение
 2. Невесомость
 3. Сила тяжести на других планетах
 4. Гидростатический парадокс. Опыт Паскаля
 5. Давление на дне морей и океанов. Исследование морских глубин
 6. Пневматические машины и инструменты
 7. История открытия атмосферного давления
 8. Легенда об Архимеде
 9. Энергия движущейся воды и ветра. Гидравлические и ветряные двигатели
- Задачи для повторения
Ответы к упражнениям и задачам для повторения
Предметно-именной указатель*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Цель работы — определить цену деления измерительного цилиндра (мензурки), научиться пользоваться им и определять с его помощью объем жидкости.

Приборы и материалы: измерительный цилиндр (мензурка), стакан с водой, небольшая колба и другие сосуды.

Указания к работе

1. Рассмотрите измерительный цилиндр, обратите внимание на его деления. Ответьте на следующие вопросы:

1) Какой объем жидкости вмещает измерительный цилиндр, если жидкость налита:

а) до верхнего штриха; б) до первого снизу штриха, обозначенного цифрой, отличной от нуля?

2) Какой объем жидкости помещается: а) между 2-м и 3-м штрихами, обозначенными цифрами; б) между соседними (самыми близкими) штрихами мензурки?

2. Как называется последняя вычисленная вами величина? Как определяют цену деления шкалы измерительного прибора?

Запомните: прежде чем проводить измерения физической величины с помощью измерительного прибора, определите цену деления его шкалы.

3. Рассмотрите рисунок 7 учебника и определите цену деления изображенной на нем мензурки.

4. Налейте в измерительный цилиндр воды, определите и запишите, чему равен объем налитой воды.

Примечание. Обратите внимание на правильное положение глаза при отсчете объема жидкости. Вода у стенок сосуда немного приподнимается, в средней же части сосуда поверхность жидкости почти плоская. Глаз следует направить на деление, совпадающее с плоской частью поверхности (рис. 177).

5. Налейте полный стакан воды, потом осторожно перелейте воду в измерительный цилиндр. Определите и запишите, чему равен объем налитой воды, такова же вместимость стакана.

6. Таким же образом определите вместимость колбы, аптечных склянок и других сосудов, которые находятся на вашем столе.

7. Результаты измерений запишите в таблицу:

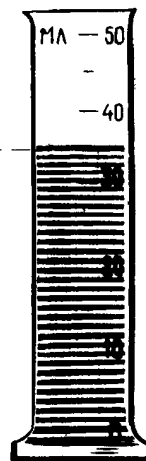


Рис. 177

№ опыта	Название сосуда	Объем жидкости, см ³	Вместимость сосуда, см ³
1	Стакан		
2	Колба		
3	Пузырек		

2. ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ МАЛЫХ ТЕЛ

Цель работы — научиться выполнять измерения способом рядов.

Приборы и материалы: линейка, дробь (или горох), иголка.

Указания к работе

1. Положите вплотную к линейке несколько (20—25 штук) дробинок (или горошин) в ряд. Измерьте длину ряда и вычислите диаметр одной дробинки.

2. Определите таким же способом размер крупинки пшена (или зернышка мака). Чтобы удобнее было укладывать и пересчитывать крупинки, воспользуйтесь иголкой.

Способ, которым вы определили размер тела, называют способом рядов.

3. Определите способом рядов диаметр молекулы по фотографии (рис. 178, увеличение равно 70 000).

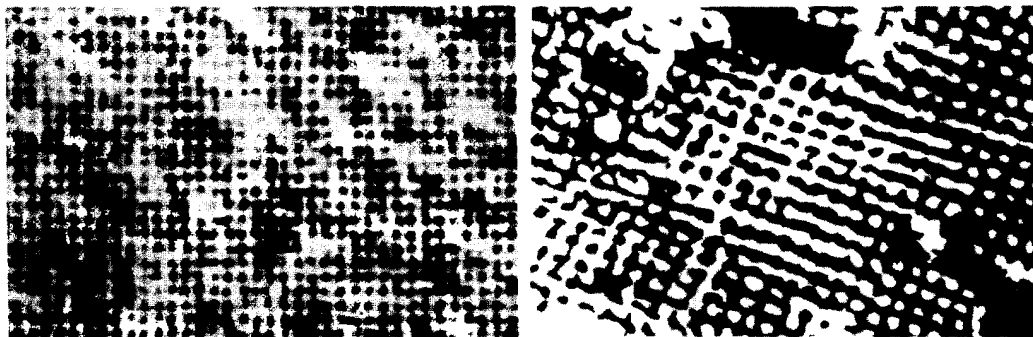


Рис. 178. Расположение атомов твердого золота (слева); фотография наиболее крупных молекул (справа, снимки сделаны при помощи электронного микроскопа)

Данные всех опытов и полученные результаты занесите в таблицу:

№ опыта	Число частиц в ряду	Длина ряда, мм	Размер одной частицы, мм	
			на фотографии	истинный размер
1 (горох) 2 (пшено)				
3 (молекула)				

3. ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА НА РЫЧАЖНЫХ ВЕСАХ

Цель работы — научиться пользоваться рычажными весами и с их помощью определять массу тел.

Приборы и материалы: весы, гири, несколько небольших тел разной массы.

Указания к работе

1. Придерживаясь правил взвешивания, измерьте массу нескольких твердых тел с точностью до 0,1 г.

2. Результаты измерений запишите в таблицу:

№ опыта	Масса тела, г
1	
2	
3	

Правила взвешивания

1. Перед взвешиванием необходимо убедиться, что весы уравновешены. При необходимости для установления равновесия на более легкую чашку нужно положить полоски бумаги, картона и т. п.

2. Взвешиваемое тело кладут на левую чашку весов, а гири — на правую.

3. Во избежание порчи весов взвешиваемое тело и гири нужно опускать на чашки осторожно, не роняя их даже с небольшой высоты.

4. Нельзя взвешивать тела более тяжелые, чем указанная на весах предельная нагрузка.

5. На чашки весов нельзя класть мокрые, грязные, горячие тела, насыпать без использования подкладки порошки, наливать жидкости.

6. Мелкие гири нужно брать только пинцетом (рис. 179).

Положив взвешиваемое тело на левую чашку, на правую кладут гирю, имеющую массу, немного большую, чем масса взвешиваемого тела (подбирают на глаз с последующей проверкой). При несоблюдении этого правила нередко случается, что мелких гирь не хватает и приходится взвешивание начинать сначала.

Если гиря перетянет чашку, то ее ставят обратно в футляр, если же не перетянет — оставляют на чашке. Затем то же проделывают со следующей гирей меньшей массы и т. д., пока не будет достигнуто равновесие.

Уравновесив тело, подсчитывают общую массу гирь, лежащих на чашке весов. Затем переносят гири с чашки весов в футляр.

Проверяют, все ли гири положены в футляр, находится ли каждая из них на предназначенном для нее месте.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА ТЕЛА

Цель работы — научиться определять объем тела с помощью измерительного цилиндра.

Приборы и материалы: измерительный цилиндр (мензурка), тела неправильной формы небольшого объема (гайки, фарфоровые ролики, кусочки металла и др.), нитки.

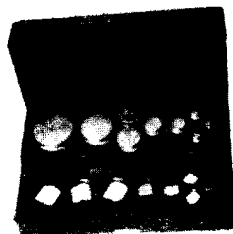


Рис. 179

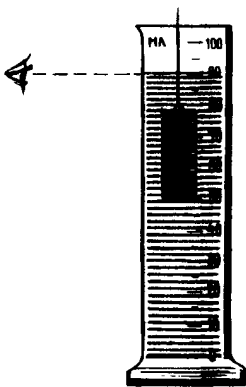


Рис. 180

Указания к работе

1. Определите цену деления мензурки.
2. Налейте в мензурку столько воды, чтобы тело можно было полностью погрузить в воду, и измерьте ее объем.
3. Опустите тело, объем которого надо измерить, в воду, удерживая его за нитку (рис. 180), и снова измерьте объем жидкости.
4. Проведите опыты, описанные в пунктах 2 и 3, с некоторыми другими имеющимися у вас телами.
5. Результаты измерений запишите в таблицу:

№ опыта	Название тела	Начальный объем жидкости в мензурке V_1 , см ³	Объем жидкости и тела V_2 , см ³	Объем тела $V = V_2 - V_1$, см ³

Дополнительное задание

Если тело неправильной формы не входит в мензурку, то его объем можно определить с помощью отливного сосуда (рис. 181). Перед измерением сосуд наполняют водой до отверстия отливной трубки. При погружении в него тела часть воды, равная объему тела, выливается. Измерив мензуркой ее объем, определяют объем погруженного в жидкость тела.

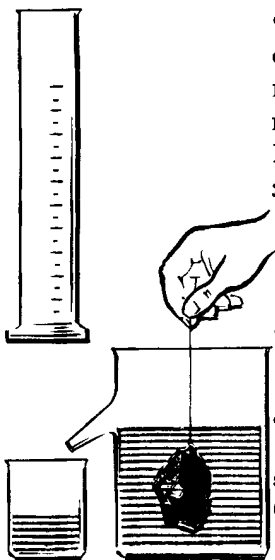


Рис. 181

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Цель работы — научиться определять плотность твердого тела с помощью весов и измерительного цилиндра.

Приборы и материалы: весы, гири, измерительный цилиндр (мензурка), твердое тело, плотность которого надо определить, нитка (рис. 182).

Указания к работе

1. Повторите по учебнику § 21. Плотность вещества.
2. Измерьте массу тела на весах (см. лабораторную работу 3).



Рис. 182

3. Измерьте объем тела с помощью мензурки (см. лабораторную работу 4).

4. Рассчитайте по формуле $\rho = \frac{m}{V}$ плотность данного тела.

5. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

Название вещества	Масса тела m , г	Объем тела V , см ³	Плотность вещества, ρ	
			$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

6. ГРАДУИРОВАНИЕ ПРУЖИНЫ И ИЗМЕРЕНИЕ СИЛ ДИНАМОМЕТРОМ

Цель работы — научиться градуировать пружину, получить шкалу с любой (заданной) ценой деления и с ее помощью измерять силы.

Приборы и материалы: динамометр, шкала которого закрыта бумагой, набор грузов массой по 102 г, штатив с муфтой, лапкой и кольцом.

Указания к работе

1. Прочитайте в учебнике § 27. Динамометр.
2. Укрепите динамометр с закрытой шкалой вертикально в лапке штатива. Отметьте горизонтальной чертой

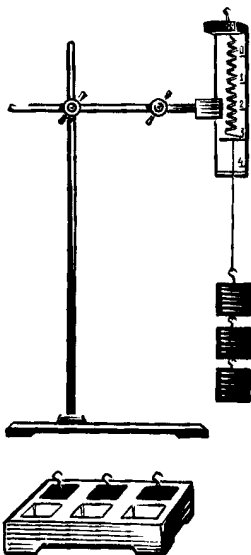


Рис. 183

начальное положение указателя динамометра, — это будет нулевое деление шкалы.

3. Подвесьте к крючку динамометра груз, масса которого 102 г. На этот груз действует сила тяжести, равная 1 Н. С такой же силой груз растягивает пружину динамометра. Эта сила уравнивается силой упругости, возникающей в пружине при ее растяжении (деформации).

Новое положение указателя динамометра также отметьте горизонтальной чертой на бумаге.

Примечание. Грузы массой 102 г можно получить, прибавив 2 г (колечко из проволоки) к имеющимся грузам массой 100 г.

4. Затем подвешивайте к динамометру второй, третий, четвертый грузы той же массы (102 г), каждый раз отмечая черточками на бумаге положение указателя (рис. 183).

5. Снимите динамометр со штатива и против горизонтальных черточек, начиная с верхней, проставьте числа 0, 1, 2, 3, 4, ... Выше числа 0 напишите: «ньютон».

6. Измерьте расстояния между соседними черточками. Одинаковы ли они? Почему (см. § 27)? На основании сделанного вывода скажите, с какой силой растянет пружину груз массой 51 г; 153 г.

7. Не подвешивая к динамометру грузы, получите шкалу с ценой деления 0,1 Н.

8. Измерьте проградуированным динамометром вес какого-нибудь тела, например кольца от штатива, лапки штатива, груза.

9. Нарисуйте проградуированный динамометр.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПОГРУЖЕННОЕ В ЖИДКОСТЬ ТЕЛО

Цель работы — обнаружить на опыте выталкивающее действие жидкости на погруженное в нее тело и определить выталкивающую силу.

Приборы и материалы: динамометр, штатив с муфтой и лапкой, два тела разного объема, стаканы с водой и насыщенным раствором соли в воде.

Указания к работе

1. Повторите по учебнику § 49. Архимедова сила.
2. Укрепите динамометр на штативе и подвесьте к

нему на нити тело. Отметьте и запишите в таблицу показание динамометра. Это будет вес тела в воздухе.

3. Подставьте стакан с водой и опускайте муфту с лапкой и динамометром, пока все тело не окажется под водой. Отметьте и запишите в таблицу показание динамометра. Это будет вес тела в воде.

4. По полученным данным вычислите выталкивающую силу, действующую на тело.

5. Вместо чистой воды возьмите насыщенный раствор соли и снова определите выталкивающую силу, действующую на то же тело.

6. Подвесьте к динамометру тело другого объема и определите указанным способом (см. пункты 2 и 3) выталкивающую силу, действующую на него в воде.

7. Результаты запишите в таблицу:

Жидкость	Вес тела в воздухе P , Н		Вес тела в жидкости P_1 , Н		Выталкивающая сила $F = P - P_1$, Н	
	P_{V_1}	P_{V_2}	P_{1V_1}	P_{1V_2}	F_{V_1}	F_{V_2}
Вода Насыщенный раствор соли в воде						

На основе выполненных опытов сделайте выводы. От каких величин зависит значение выталкивающей силы?

8. ВЫЯСНЕНИЕ УСЛОВИЙ ПЛАВАНИЯ ТЕЛА В ЖИДКОСТИ

Цель работы — на опыте выяснить условия, при которых тело плавает и при которых тонет.

Приборы и материалы: весы, гири, измерительный цилиндр (мензурка), пробирка-поплавок с пробкой, проволочный крючок, сухой песок, фильтровальная бумага или сухая тряпка.

Указания к работе

1. Повторите по учебнику § 50. Плавание тел.
2. Насыпьте в пробирку столько песка, чтобы она, закрытая пробкой, плавала в мензурке с водой в верти-

кальном положении и часть ее находилась над поверхностью воды.

3. Определите выталкивающую силу, действующую на пробирку. Она равна весу воды, вытесненной пробиркой. Для нахождения этого веса определите сначала объем вытесненной воды. Для этого отметьте уровни воды в мензурке до и после погружения пробирки в воду. Зная объем вытесненной воды и плотность, вычислите ее вес.

4. Выньте пробирку из воды, протрите ее фильтровальной бумагой или тряпкой. Определите на весах массу пробирки с точностью до 1 г и рассчитайте силу тяжести, действующую на нее, она равна весу пробирки с песком в воздухе.

5. Насыпьте в пробирку еще немного песка. Вновь определите выталкивающую силу и силу тяжести. Проделайте это несколько раз, пока пробирка, закрытая пробкой, не утонет.

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу. Отметьте, когда пробирка плавает и когда тонет или всплывает.

№ опыта	Выталкивающая сила, действующая на пробирку, Н $F = g\rho_{ж}V$	Вес пробирки с песком, Н $P = gt$	Поведение пробирки в воде (плавает пробирка или тонет)
1			
2			
3			

7. Сделайте вывод об условии плавания тел в жидкости.

9. ВЫЯСНЕНИЕ УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ РЫЧАГА

Цель работы — проверить на опыте, при каком соотношении сил и их плеч рычаг находится в равновесии. Проверить на опыте правило моментов.

Приборы и материалы: рычаг на штативе, набор грузов, масштабная линейка, динамометр (рис. 184).

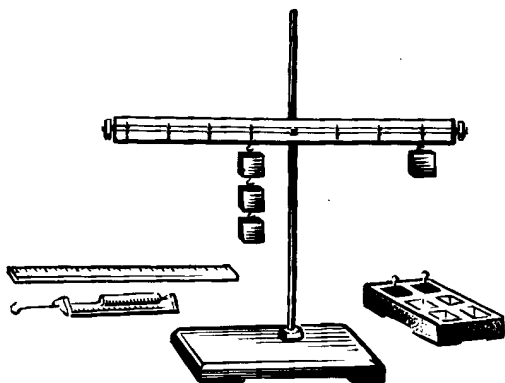


Рис. 184

Указания к работе

1. Повторите по учебнику § 56. Рычаг. Равновесие сил на рычаге.

2. Уравновесьте рычаг, вращая гайки на его концах так, чтобы он расположился горизонтально.

3. Подвесьте два груза на левой части рычага на расстоянии, равном примерно 12 см от оси вращения. Опытным путем установите, на каком расстоянии вправо от оси вращения надо подвесить: а) один груз; б) два груза; в) три груза, чтобы рычаг пришел в равновесие.

4. Считая, что каждый груз весит 1 Н, запишите данные и измеренные величины в таблицу:

№ опыта	Сила F_1 на левой части рычага, Н	Плечо l_1 , см	Сила F_2 на пра- вой час- ти ры- чага, Н	Плечо l_2 , см	Отношение сил и плеч	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$
1						
2						
3						

5. Вычислите отношение сил и отношение плеч для каждого из опытов и полученные результаты запишите в последний столбик таблицы.

6. Проверьте, подтверждают ли результаты опытов условие равновесия рычага под действием приложенных к нему сил и правило моментов сил (§ 57).

Дополнительное задание

Подвесьте три груза справа от оси вращения рычага на расстоянии 5 см.

С помощью динамометра определите, какую силу нужно приложить на расстоянии 15 см от оси вращения правее грузов, чтобы удерживать рычаг в равновесии (см. рис. 184).

Как направлены в этом случае силы, действующие на рычаг? Запишите плечи этих сил. Вычислите отношение сил $\frac{F_1}{F_2}$ и плеч $\frac{l_2}{l_1}$ для этого случая и сделайте соответствующий вывод.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ПРИ ПОДЪЕМЕ ТЕЛА ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

Цель работы — убедиться на опыте в том, что полезная работа, выполненная с помощью простого механизма (наклонной плоскости), меньше полной.

Приборы и материалы: доска, динамометр, измерительная лента или линейка, брусок, штатив с муфтой и лапкой.

Применим «золотое правило» механики к наклонной плоскости (рис. 185).

Работа, совершаемая при подъеме тела вверх по вертикали, равна произведению силы тяжести F_1 на высоту h :

$$A_1 = F_1 h.$$

На такую же высоту h можно поднять тело, равномерно перемещая его вдоль наклонной плоскости длиной l , прилагая к телу силу F_2 . Совершенная при этом работа определится по формуле:

$$A_2 = F_2 l.$$

Согласно «золотому правилу» механики, при отсутствии трения обе названные выше работы равны между собой:

$$A_1 = A_2, \text{ или } F_1 h = F_2 l.$$

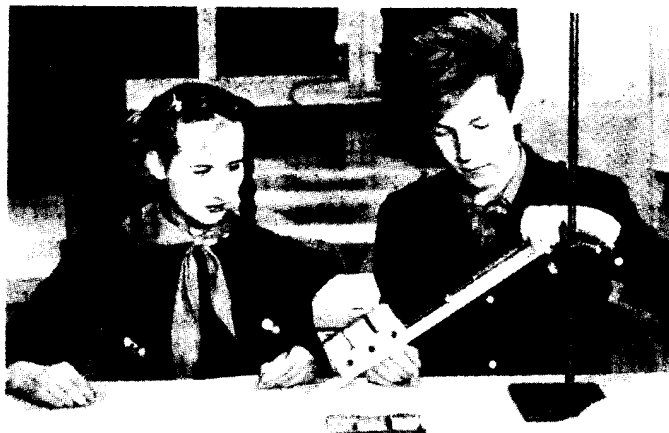
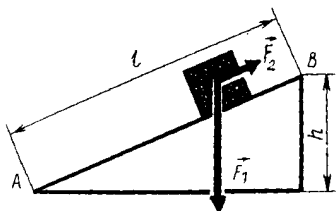


Рис. 185

При наличии трения работа A_2 больше работы A_1 :

$$A_2 > A_1.$$

A_2 — полная работа, A_1 — полезная работа. Разделив полезную работу на полную работу, получим КПД наклонной плоскости и выразим его в процентах:

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%.$$

Указания к работе

1. Начертите в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	Высота наклонной плоскости h , м	Сила тяжести F_1 , Н	Работа, совершаемая при поднятии бруска по вертикали (полезная работа), $A_1 = F_1 h$, Дж	Длина наклонной плоскости l , м	Сила тяги F_2 , Н	Работа, совершаемая при движении бруска по наклонной плоскости (полная работа), $A_2 = F_2 l$, Дж	$\eta = \frac{A_1}{A_2} \times 100\%$

2. Установите доску наклонно (см. рис. 185).
3. Измерьте высоту h и длину l наклонной плоскости.
4. Динамометром измерьте силу тяжести бруска F_1 .
5. Прицепив к бруску динамометр, равномерно двигайте брусок вверх по наклонной плоскости. Измерьте силу тяги F_2 .
6. Вычислите работу при подъеме бруска на высоту h по вертикали и работу при подъеме этого бруска на ту же высоту по наклонной плоскости длиной l .
7. Вычислите КПД наклонной плоскости.
8. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

Дополнительное задание

1. Используя «золотое правило» механики, рассчитайте, какой выигрыш в силе дает наклонная плоскость, если не учитывать трение.
2. Измените высоту наклонной плоскости и для нее определите полезную, полную работу и КПД.

МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЧТЕНИЯ

1. БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

К числу основных опытных доказательств того, что молекулы движутся, относится явление, которое первым наблюдал в 1827 г. английский ботаник Броун, рассматривая в микроскоп споры растений, находящиеся в жидкости.

Подобный опыт можно проделать, пользуясь краской или тушью, предварительно растертой до таких мельчайших крупинок, которые видны лишь в микроскоп. Размешав краску в воде, рассматривают полученную смесь в микроскоп.

Можно увидеть, что крупинки краски непрерывно движутся. Самые мелкие из них беспорядочно перемещаются с одного места в другое, более крупные лишь беспорядочно колеблются. Такое перемещение спор растений в жидкости и наблюдал Броун. Поэтому дви-

жение очень мелких твердых частиц, находящихся в жидкости, и называют *броуновским движением*.

Наблюдения показывают, что броуновское движение никогда не прекращается. В капле воды (если не давать ей высохнуть) движение крупинок можно наблюдать в течение многих дней, месяцев, лет. Оно не прекращается ни летом, ни зимой, ни днем, ни ночью. В кусках кварца, пролежавших в земле тысячи лет, попадаются иногда капельки воды, замурованные в нем. В этих капельках тоже наблюдали броуновское движение плавающих в воде частиц.

Причина броуновского движения заключается в непрерывном, никогда не прекращающемся движении молекул той жидкости, в которой находятся крупинки твердого тела. Конечно, эти крупинки во много раз крупнее самих молекул, и когда мы видим под микроскопом движение крупинок, то не следует думать, что мы видим движение самих молекул. Молекулы нельзя видеть в обычный микроскоп, но об их существовании и движении мы можем судить по тем ударам, которые они производят, толкая крупинки краски и заставляя их двигаться.

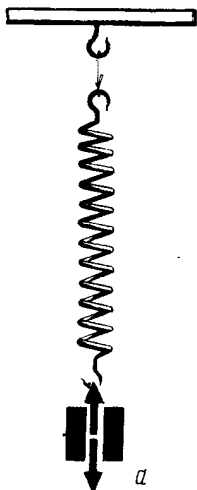
Можно привести такое сравнение. Группа людей играет на воде в огромный мяч. Они толкают мяч, и от толчков мяч движется то в одном, то в другом направлении. Если наблюдать эту игру издали, то людей не видно, а беспорядочное движение мяча происходит как будто без причины.

Так же мы не видим молекул, но понимаем, что от их толчков непрерывно и беспорядочно двигаются крупинки краски.

Открытие броуновского движения имело большое значение для изучения строения вещества. Оно показало, что *тела действительно состоят из отдельных частиц — молекул и что молекулы находятся в непрерывном беспорядочном движении.*

Мы живем в век начала освоения космоса, в век полетов космических кораблей вокруг Земли, на Луну и на другие планеты Солнечной системы. Нам часто приходится слышать и читать о том, что летчики-космонавты и все предметы на космическом корабле во время его

2. НЕВЕСОМОСТЬ



свободного полета находятся в особом состоянии, называемом *состоянием невесомости*. Что же это за состояние и можно ли его наблюдать на Земле?

Невесомость — сложное физическое явление. Однако некоторые представления о состоянии невесомости можно получить и в начале изучения физики.

Напомним, что под весом тела мы понимаем силу, с которой тело вследствие притяжения к Земле давит на подставку или растягивает подвес.

Представим себе такой случай: опора или подвес вместе с телом свободно падают. Ведь опора и подвес тоже тела, и на них также действует сила тяжести. Каков в этом случае будет вес тела, т. е. с какой силой тело будет действовать на опору или подвес?

Обратимся к опыту. Для опыта берут небольшое тело и подвешивают его к пружине (рис. 186, а), другой конец которой прикреплен к неподвижной опоре. Под действием силы тяжести тело начинает двигаться вниз, поэтому пружина растягивается до тех пор, пока возникшая в ней сила упругости не уравнивает силу тяжести. Затем пережигают нить, удерживающую пружину с телом, пружина вместе с телом падает. Наблюдая за пружиной, замечают, что растяжение ее исчезло (рис. 186, б). И пока пружина с телом падает, она остается нерастянутой. Следовательно, падающее тело не действует на падающую вместе с телом пружину. В этом случае вес тела равен нулю, но сила тяжести не равна нулю, она по-прежнему действует на тело и заставляет его падать. Точно так же если тело и подставка, на которой оно лежит, будут свободно падать, то такое тело перестанет давить на подставку. Следовательно, в этом случае вес тела будет равен нулю.

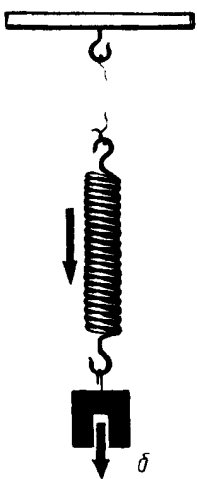


Рис. 186

Подобные явления наблюдаются и на спутнике, обращающемся вокруг Земли. Сам спутник и все находящиеся в нем тела, включая космонавта, обращаясь вокруг Земли, как бы непрерывно свободно падают на Землю. Вследствие этого все находящиеся в спутнике тела не давят на подставки, а подвешенные к пружине не растягивают ее. Про такие тела говорят, что они находятся в *состоянии невесомости*.

Не закрепленные в корабле-спутнике тела свободно

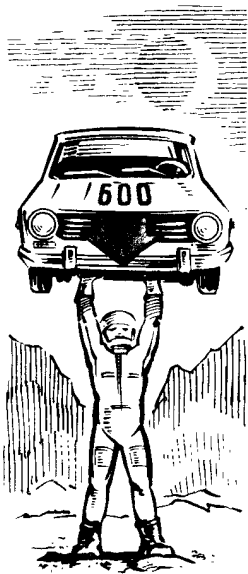


Рис. 188

Солнца движется группа очень маленьких планет, которые называют *астероидами*. Даже самая большая из этих планет — Церера — по радиусу почти в 20 раз, а по массе в 7 500 раз меньше Земли. Сила тяжести на этих планетах так мала, что человек, оттолкнувшись от поверхности такой планеты, мог бы улететь с нее.

Вот как описывает К. Э. Циолковский в одном из рассказов условия пребывания человека на астероиде Веста, который имеет массу в 60 000 раз меньшую массы Земли: «На Земле я могу свободно нести еще одного человека такого же веса, как я. На Весте с такую же легкостью могу нести в 30 раз больше, т. е. 60 человек. На Земле я могу подпрыгнуть на 50 см. На Весте такое же усилие дает прыжок на 30 м. Это — высота десятиэтажного дома или огромнейшей сосны. Там легко перепрыгивать через рвы и ямы шириной в порядочную реку. Можно перепрыгивать через 15-метровые деревья и дом. И это без разбега».

4. ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС. ОПЫТ ПАСКАЛЯ

Свойством жидкости передавать во все стороны производимое на нее давление объясняется явление, известное в физике под названием **гидростатический парадокс** (этим словом называют неожиданное явление, не соответствующее обычным представлениям). Рассмотрим его.

На рисунке 189 изображено три сосуда различной формы, но с одинаковой площадью дна и одинаковой

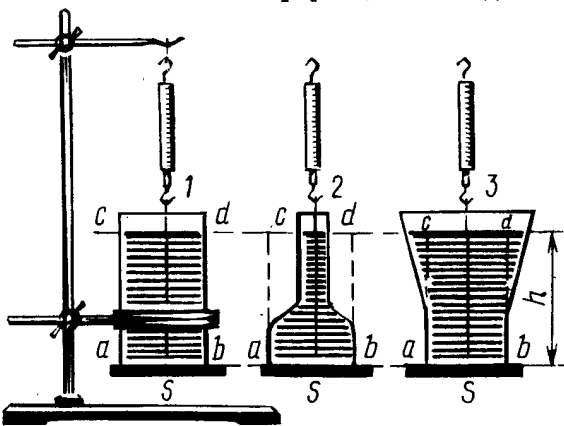


Рис. 189

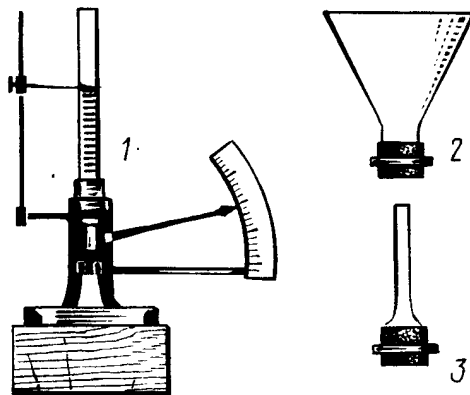


Рис. 190

высотой столба жидкости в них. Масса жидкости в этих сосудах различна, но давление на дно во всех трех сосудах одинаково, его можно рассчитать по формуле: $p = g\rho h$.

А так как площадь дна у всех сосудов одинакова, то и сила, с которой жидкость давит на дно этих сосудов, одна и та же. Она равна весу вертикального столба $abcd$ жидкости: $P = g\rho hS$, здесь S — площадь дна.

Этот вывод легко проверить на опыте с прибором, изображенным на рисунке 190. Дном трех сосудов (1, 2, 3, рис. 190) служит резиновая пленка, укрепленная в стойке прибора. Сосуды поочередно ввинчивают в стойку прибора и наливают в них воду, дно при этом прогибается и его движение передается стрелке. Опыт показывает, что при одинаковых высотах столбов воды в сосудах стрелка отклоняется на одно и то же число делений шкалы. А это означает, что сила, с которой жидкость давит на дно сосуда, не зависит от формы сосуда, она равна весу вертикального столба, основанием которого является дно сосуда, а высотой — высотой столба жидкости.

Это утверждение, хотя оно нами обосновано и подтверждено опытом, все же кажется неправдоподобным — парадоксальным. Однако ничего парадоксального в нем нет и его можно объяснить законом Паскаля.

Рассмотрим рисунок 191. На площадку mn дна сосуда действует сила, равная весу столба жидкости $kmnl$, которая производит давление ρgh . По закону Паскаля такое давление передается и на площадки am и nb . Тогда сила, действующая на все дно ab , будет равна весу вертикального столба жидкости $abcd$. Эта сила больше веса жидкости в сосуде 3 (рис. 190), меньше веса жидкости в сосуде 2 и равна весу жидкости в сосуде 1.

Представьте себе, что суженную часть сосуда (см. рис. 191) мы сделаем еще тоньше и длиннее. Тогда совсем небольшим количеством воды мы сможем создать большое давление на дно. Таким опытом поразил своих современников в 1648 г. Паскаль. В прочную, наполненную водой и закрытую со всех сторон бочку он вставил узкую трубку (рис. 192) и, поднявшись на балкон второго этажа дома, вылил в эту трубку кружку воды. Давление на стенки бочки так возросло, что планки (клепки) бочки разошлись и вода из бочки стала выливаться.

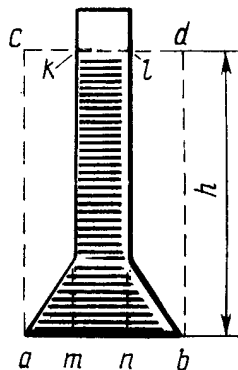


Рис. 191

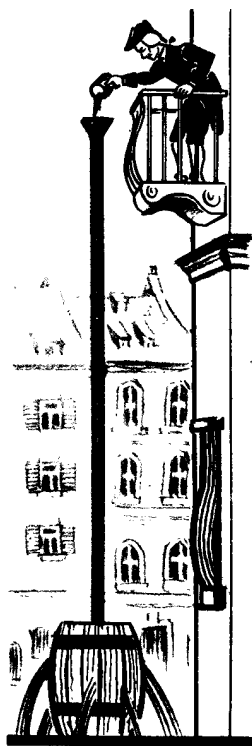


Рис. 192

Б. ДАВЛЕНИЕ
НА ДНЕ МОРЕЙ
И ОКЕАНОВ.
ИССЛЕДОВАНИЕ
МОРСКИХ ГЛУБИН

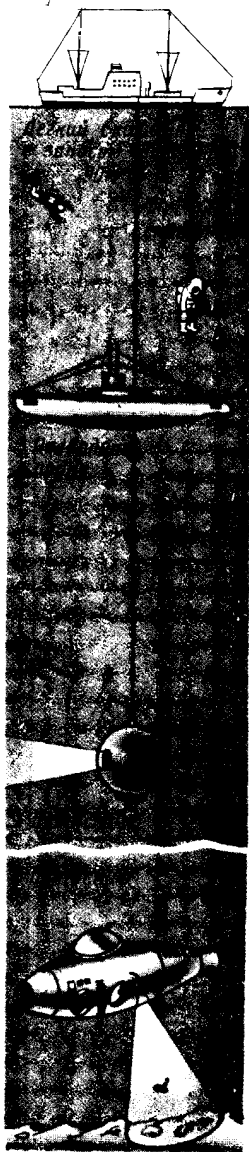


Рис. 193

Глубина океанов достигает нескольких километров. Поэтому на дне океана огромное давление. Так, например, на глубине 10 км (а есть и большие глубины) давление составляет около 100 000 000 Па (100 000 кПа).

Несмотря на это, вследствие малой сжимаемости воды, плотность ее на дне океанов лишь немного больше, чем вблизи поверхности.

Как показывают специальные исследования, и на таких больших океанских глубинах живут рыбы и некоторые другие живые существа. Организм этих рыб приспособлен к существованию в условиях большого давления. Их тела способны выдержать давление в миллионы паскалей. Понятно, что такое же давление существует и внутри самих рыб.

Человек при специальной тренировке может без особых предохранительных средств погружаться на глубины до 80 м, давление воды на таких глубинах около 800 кПа. На больших глубинах, если не принять специальных мер защиты, грудная клетка человека может не выдержать давления воды.

При очистке дна рек, ремонте подводных частей кораблей, плотин, при подъеме затонувших судов людям приходится работать под водой на разной глубине. Для этого применяют специальные *водолазные костюмы* (рис. 193). Водолазный костюм изготовляют из прорезиненной ткани и надевают его поверх теплой одежды. На верхнюю часть костюма навинчивают металлический шлем с окошками из толстого стекла. Ботинки водолаза имеют свинцовые подошвы, а на его грудь и спину надевают свинцовые грузы, иначе водолаз в своем костюме не погрузится в воду. В шлем по шлангу непрерывно подают воздух для дыхания. Однако шланг стесняет движения водолаза под водой и уменьшает расстояние, на которое он может удаляться от места погружения. На глубину до 90 м водолазы могут опускаться под воду, беря с собой запас сжатого воздуха, накачанного в прочные стальные баллоны. Такое снаряжение называют *аквалангом* (см. рис. 193). Аквапангом пользуются и спортсмены-пловцы.

Для исследования моря на больших глубинах используют *батисферы* и *батискафы* (см. рис. 193). Батисферу

опускают в море на стальном тросе со специального корабля. Батискаф не связан тросом с кораблем, он имеет собственный двигатель и может передвигаться на большой глубине в любом направлении.

Свойство газов передавать давление используют в технике при устройстве различных *пневматических* машин (от латинского слова *пневматикос* — воздушный; это машины, работающие посредством сжатого воздуха) и инструментов.

Сжатый воздух, например, применяют в работе *заклепочных и отбойных молотков* (рис. 194).

На рисунке 194 (слева) показана схема устройства отбойного молотка. Сжатый воздух подают по шлангу 1. Особое устройство 2, называемое *золотником*, направляет его поочередно то в верхнюю, то в нижнюю часть цилиндра. Поэтому воздух давит на поршень 3 то с одной, то с другой стороны, что вызывает быстрое возвратно-поступательное движение поршня и пики молота 4. Последняя наносит быстро следующие друг за другом удары, внедряется в грунт или в уголь и откалывает его куски.

Существуют *пескоструйные аппараты*, которые дают сильную струю воздуха, смешанного с песком. Их исполь-

6. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

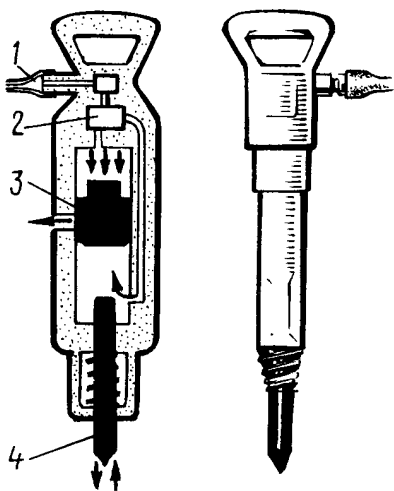


Рис. 194

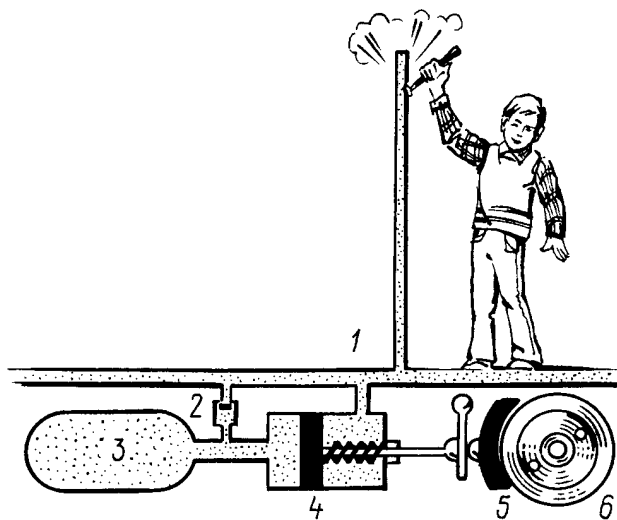


Рис. 195

зуют для очистки стен. Нередко можно видеть работу специальных аппаратов, применяемых для окраски стен, где краску распыляет сжатый воздух.

Сжатым воздухом открывают двери вагонов поездов метро и троллейбусов.

На рисунке 195 изображена схема устройства пневматического тормоза железнодорожного вагона. Когда магистраль 1, тормозной цилиндр 4 и резервуар 3 заполнены сжатым воздухом, его давление на поршень тормозного цилиндра справа и слева одинаково, тормозные колодки 5 при этом не касаются колес 6.

При открывании стоп-крана сжатый воздух выпускается из магистральной трубы, вследствие чего давление в правой части тормозного цилиндра уменьшается. Сжатый же воздух, находящийся в левой части тормозного цилиндра и в резервуаре, выйти не может, этому мешает клапан 2. Под действием сжатого воздуха поршень тормозного цилиндра перемещается вправо, прижимая тормозную колодку к ободу колеса, отчего и происходит торможение.

При наполнении магистральной трубы сжатым воздухом тормозные колодки отжимаются пружинами от колес.

7. ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Изучение атмосферного давления имеет большую и поучительную историю. Как и многие другие научные открытия, оно тесно связано с практическими потребностями людей.

Устройство насоса было известно еще в глубокой древности. Однако и древнегреческий ученый Аристотель, и его последователи объясняли движение воды за поршнем в трубе насоса тем, что «природа боится пустоты». Истинная же причина этого явления — давление атмосферы — и в то время была неизвестна.

В конце первой половины XVII в. во Флоренции — богатом торговом городе Италии — строили так называемые всасывающие насосы. Устройство такого насоса несложно: он состоит из вертикально расположенной трубы, внутри которой имеется поршень. При подъеме поршня вверх за ним поднимается вода, как в опыте, изображенном на рисунке 112. При помощи этих насосов

хотели поднимать воду на большую высоту, но насосы «отказывались» это делать.

Обратились за советом к Галилею. Галилей исследовал насосы и нашел, что они исправны. Занявшись этим вопросом, он указал, что насосы не могут поднять воду выше, чем на 18 итальянских локтей (приблизительно 10 м). Но разрешить вопрос до конца он не успел.

После смерти Галилея эти научные исследования продолжил его ученик — Торричелли. Торричелли занялся и изучением явления поднятия воды за поршнем в трубе насоса. Для опыта он предложил использовать длинную стеклянную трубку, а вместо воды взять ртуть. Впервые такой опыт (§ 42) был проделан его учеником Вивiani в 1643 г.

Раздумывая над этим опытом, Торричелли пришел к заключению, что истинной причиной поднятия в трубке ртути является давление воздуха, а не «боязнь пустоты». Это давление производит воздух своим весом. (А что воздух имеет вес — было уже доказано Галилеем.)

Об опытах Торричелли узнал французский ученый Паскаль. Он повторил опыт Торричелли с ртутью и водой. Однако Паскаль считал, что для окончательного доказательства факта существования атмосферного давления необходимо проделать опыт Торричелли один раз у подножия какой-нибудь горы, а другой раз на вершине ее и измерить в обоих случаях высоту ртутного столба в трубке. Если бы на вершине горы столб ртути оказался ниже, чем у подножия ее, то отсюда следовало бы заключить, что ртуть в трубке действительно поддерживается атмосферным давлением.

«Легко понять, — говорил Паскаль, — что у подножия горы воздух оказывает большее давление, чем на вершине ее, меж тем как нет никаких оснований предполагать, чтобы природа испытывала большую боязнь пустоты внизу, чем вверху».

Такой опыт был проведен, он показал, что давление воздуха на вершине той горы, где проводились опыты, было почти на 100 мм рт. ст. меньше, чем у подножия горы. Но Паскаль этим опытом не ограничился. Чтобы еще раз доказать, что ртутный столб в опыте Торричелли удерживается атмосферным давлением, Паскаль поста-

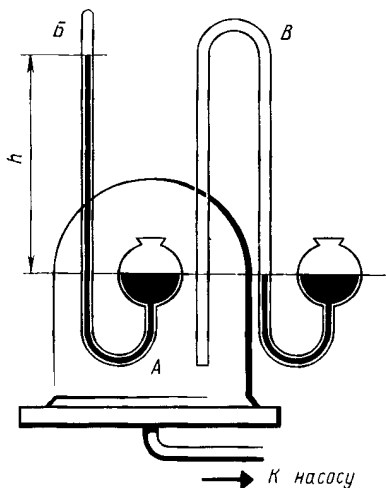


Рис. 196

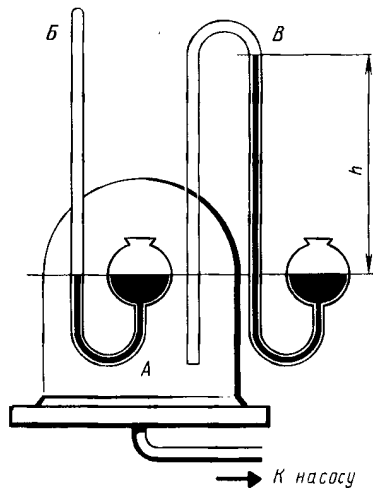


Рис. 197

вил другой опыт, который он образно назвал доказательством пустоты в пустоте.

Опыт Паскаля можно осуществить с помощью прибора, изображенного на рисунке 196, где *A* — прочный полый стеклянный сосуд, в который пропущены и впаяны две трубки: одна — от барометра *B*, другая (трубка с открытыми концами) — от барометра *B*.

Прибор устанавливают на тарелку воздушного насоса. В начале опыта давление в сосуде *A* равно атмосферному, оно измеряется разностью высот h столбов ртути в барометре *B*. В барометре же *B* ртуть стоит на одном уровне. Затем из сосуда *A* воздух выкачивают насосом. По мере удаления воздуха уровень ртути в левом колене барометра *B* понижается, а в левом колене барометра *B* повышается. Когда воздух будет полностью удален из сосуда *A*, уровень ртути в узкой трубке барометра *B* упадет и сравняется с уровнем ртути в его широком колене. В узкой же трубке барометра *B* ртуть под действием атмосферного давления поднимется на высоту h (рис. 197). Этим опытом Паскаль еще раз доказал существование атмосферного давления.

Опыты Паскаля окончательно опровергли теорию Аристотеля о «боязни пустоты» и подтвердили существование атмосферного давления.

Существует легенда о том, как Архимед пришел к открытию, что выталкивающая сила равна весу жидкости в объеме тела. Он размышлял над задачей, заданной ему сиракузским царем Гиероном (250 лет до н. э.).

Царь Гиерон поручил ему проверить честность мастера, изготовившего золотую корону. Хотя корона весила столько, сколько было отпущено на нее золота, царь заподозрил, что она изготовлена из сплава золота с другими, более дешевыми металлами. Архимеду было поручено узнать, не ломая короны, есть ли в ней примесь.

Достоверно неизвестно, каким методом пользовался Архимед, но можно предположить следующее. Сначала он нашел, что кусок чистого золота в 19,3 раза тяжелее такого же объема воды. Иначе говоря, плотность золота в 19,3 раза больше плотности воды.

Архимеду надо было найти плотность вещества короны. Если эта плотность оказалась бы больше плотности воды не в 19,3 раза, а в меньшее число раз, значит, корона была изготовлена не из чистого золота.

Взвесить корону было легко, но как найти ее объем? Вот что затрудняло Архимеда, ведь корона была очень сложной формы. Много дней мучила Архимеда эта задача. И вот однажды, когда он, находясь в бане, погрузился в наполненную водой ванну, его внезапно осенила мысль, давшая решение задачи. Лиюющий и возбужденный своим открытием, Архимед воскликнул: «Эврика! Эврика!», что значит: «Нашел! Нашел!».

Архимед взвесил корону сначала в воздухе, затем в воде. По разнице в весе он рассчитал выталкивающую силу, равную весу воды в объеме короны. Определив затем объем короны, он смог уже вычислить ее плотность, а зная плотность, ответить на вопрос царя: нет ли примесей дешевых металлов в золотой короне?

Легенда говорит, что плотность вещества короны оказалась меньше плотности чистого золота. Тем самым мастер был изобличен в обмане, а наука обогатилась замечательным открытием.

Историки рассказывают, что задача о золотой короне побудила Архимеда заняться вопросом о плавании тел. Результатом этого было появление замечательного сочинения «О плавающих телах», которое дошло до нас.

Седьмое предложение (теорема) этого сочинения сформулировано Архимедом следующим образом:

Тела, которые тяжелее жидкости, будучи опущены в нее, погружаются все глубже, пока не достигают дна, и, пребывая в жидкости, теряют в своем весе столько, сколько весит жидкость, взятая в объеме тел.

Задание 29

Предположив, что золотая корона царя Гиерона в воздухе весит 20 Н, а в воде 18,75 Н, вычислите плотность вещества короны.

Полагая, что к золоту было подмешано только серебро, определите, сколько в короне было золота и сколько серебра.

При решении задачи плотность золота считайте равной округленно $20\,000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность серебра — $10\,000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Каков был бы объем короны из чистого золота?

9. ЭНЕРГИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ВОДЫ И ВЕТРА. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ВЕТРЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Всякое тело, поднятое над Землей, обладает потенциальной энергией. Это в равной степени относится и к воде. Например, вода объемом 1 м^3 на высоте 50 м обладает потенциальной энергией:

$$E_p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1\,000 \text{ кг} \cdot 50 \text{ м} \approx 500\,000 \text{ Дж} = 500 \text{ кДж.}$$

При падении воды с этой высоты совершится работа $A = 500 \text{ кДж}$.

Но в природе сравнительно редко встречаются большие водопады. Чаще всего русла рек имеют небольшой уклон. В этих случаях для создания давления (*напора*), необходимого для работы гидравлических двигателей, приходится поднимать уровень воды в реке искусственно, при помощи плотин. За счет энергии поднятой воды гидравлические двигатели могут совершать механическую работу.

Один из простейших и древнейших двигателей — *водяное колесо*. Наиболее совершенные гидравлические двигатели — *водяные турбины*. В таких турбинах вода отдает энергию колесу, приводя в движение лопасти турбины. Рабочее колесо турбины соединено с валом электрического генератора, дающего электрический ток.

Ветряные двигатели используют энергию движущегося воздуха — ветра. Энергию ветра иногда называют энергией «голубого угля».

Ветер представляет собой источник дешевой энергии, но этот источник энергии обладает большим непостоянством, — в этом его неудобство.

Ветряные двигатели известны с древнейших времен. Современный довольно мощный ветряной двигатель изображен на рисунке 198.

Движущиеся массы воздуха оказывают давление на наклонные плоскости крыльев ветряных двигателей и приводят их в движение. Вращательное движение крыльев при помощи системы передач передается механизмам, выполняющим какую-либо работу.

Ветряные двигатели применяют для подъема воды из колодцев, для подачи воды в водонапорные башни; в совхозах, колхозах, на железнодорожных станциях — для получения электрической энергии и т. д. Для этих целей мощность ветряных двигателей достаточна. При скорости ветра 5 м/с ветряной двигатель с диаметром колеса 12 м развивает мощность 3 300 Вт (при КПД 35%). Если же скорость ветра равна 10 м/с, а диаметр колеса 30 м, то развиваемая двигателем мощность составит 110 000 Вт.

Конечно, экономически целесообразно использовать ветродвигательные установки там, где ветры дуют часто и сильно. Например, в Поволжье, Казахстане, на Алтае такие установки эффективно работают 200—300 дней в году. Удобно их использовать и в отдаленных районах, куда не поступает энергия от электростанций, куда трудно подвозить топливо, например в дальних или высокогорных экспедициях.

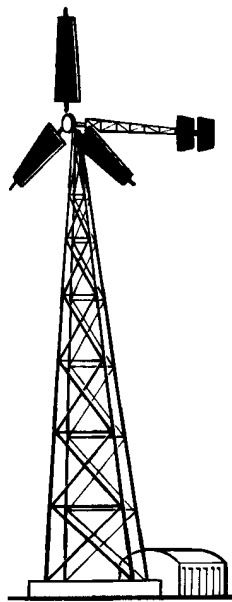


Рис. 198

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

1. На каком явлении основано вымачивание соленой сельди? Объясните, как происходит переход соли из сельди в воду.

2. Поместив под микроскоп каплю молока, можно увидеть в ней мелкие шарики масла. Почему эти шарики беспорядочно двигаются? Почему при повышении температуры молока движение их усиливается?

3. Почему сливки на молоке быстрее отстаиваются в холодном помещении, чем в теплом?

4. Чтобы плотно закрыть стеклянный флакон, пользуются притертыми пробками. Пробку и часть горлышка флакона гладко отшлифовывают в том месте, где они соприкасаются. На чем основано применение притертых пробок?

5. Мокрое белье вывесили на улицу. Почему после замерзания его трудно разогнуть, сложить?

6. При одной и той же температуре диффузия в газах происходит быстрее, чем в жидкостях. Объясните почему.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

7. Трактор движется по грунту. Как перемещаются относительно грунта верхняя и нижняя части гусениц трактора?

8. Путь 60 км заяц-русак пробегает за 1 ч, а волк — за 1 ч 20 мин. Рассчитайте и сравните скорости животных.

9. Самое быстроходное млекопитающее животное — гепард. На коротких дистанциях он может развивать скорость $112 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Сравните скорость гепарда со скоростью автомобиля, равной $30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

10. Первая космическая скорость (скорость, которую должно иметь тело, чтобы стать искусственным спутником Земли) равна $8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Какое расстояние пройдет за 1 мин ракета, летящая с такой скоростью?

11. В 1937 г. советский самолет АНТ-25 (экипаж В. П. Чкалова) совершил беспосадочный перелет из Москвы в США. За 63 ч 16 мин он прошел 9 130 км. Найдите среднюю скорость полета.

12. Советская космическая ракета в полете от Земли до Луны прошла путь, равный 410 000 км, за 38,5 ч. Определите среднюю скорость ракеты.

13. Первый космонавт мира Ю. А. Гагарин совершил на корабле «Восток» полет, продолжавшийся 89,1 мин. Какой путь прошел за это время корабль, если он двигался со скоростью $28\,000 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$?

14. Через сколько минут ракета, запущенная с поверхности Земли со скоростью $V \frac{\text{км}}{\text{с}}$, отлетит от нее на расстояние 480 км?

Какое время потребуется на преодоление такого же расстояния самолету Ил-18?

15. Чтобы столбик ртути в медицинском термометре опустился, термометр «встряхивают» — двигают вниз, а затем резко останавливают. Какова причина опускания столбика ртути?

16. Все крупинки точильного камня двигаются вместе с ним по окружности. Но как только крупинка отрывается от камня, ее движение становится прямолинейным (рис. 199). Почему?

17. Для чего делают разбег при прыжках в длину?

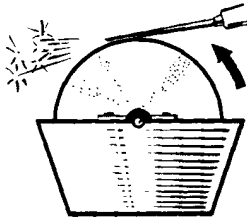


Рис. 199

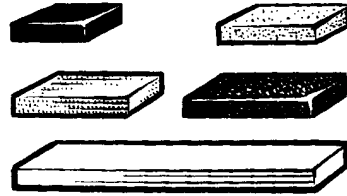


Рис. 200

18. Почему при быстрой остановке мотоцикл тормозит обоими колесами? Что может произойти, если затормозить только передним колесом?

19. Пуля массой 10 г вылетела из автомата со скоростью $700 \frac{м}{с}$. Вследствие отдачи автомат приобрел скорость $1,6 \frac{м}{с}$. Какова масса автомата?

20. Молекула водорода столкнулась с молекулой водяного пара. У какой молекулы при этом скорость изменилась больше? Во сколько раз?

21. На рисунке 200 изображены бруски одинаковой массы, изготовленные из меди, алюминия, олова, золота, свинца. Пользуясь таблицей плотностей, определите, из какого вещества изготовлен каждый брусок.

22. В мензурку налита вода массой 100 г. При помощи этой же мензурки отмеряли такие же массы керосина, машинного масла, серной кислоты. Сделайте рисунок и отметьте на нем уровни, до которых наливали эти жидкости в мензурку.

23. Длина точильного бруска равна 30 см, ширина — 5 см и толщина — 2 см. Масса

бруска 1,2 кг. Определите плотность вещества, из которого сделан брусок $\left(\frac{кг}{м^3} \text{ и } \frac{г}{см^3} \right)$.

24. В аквариум длиной 40 см и шириной 20 см налита вода до высоты 35 см. Определите массу налитой воды. Какую массу имеет такой же объем машинного масла?

25. Сколько железнодорожных цистерн потребуется для перевозки нефти массой 200 т, если объем каждой цистерны $50 м^3$?

26. стакан вмещает 250 г воды. Какова масса налитого в этот стакан меда?

27. Масса пустой бутылки 460 г. Масса этой же бутылки, наполненной водой, 960 г, а наполненной подсолнечным маслом — 920 г. Определите по этим данным плотность подсолнечного масла. (Плотность воды считать известной.)

28. Масса алюминиевой детали 300 г, ее объем $150 см^3$. Есть ли в этой детали пустоты?

29. Определите цену деления каждой мензурки, изображенной на рисунке 201, если их вместимость выражена в миллилитрах. Каковы объемы воды, налитой в каждую мензурку? Чему равна масса воды в мензурках?

30. При изготовлении электрической лампы из нее откачали воздух так, что масса

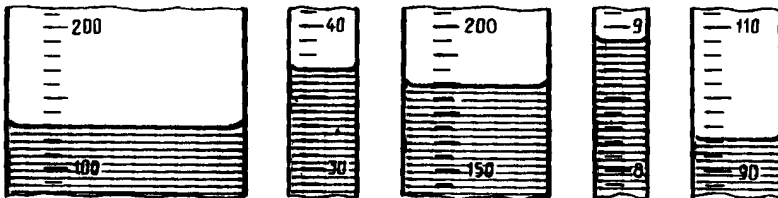


Рис. 201

оставшегося в лампе воздуха стала в 8 млн. раз меньше первоначальной. Как изменилась плотность воздуха? Как изменилось число молекул в единице его объема?

31. Поверхность жидкого воска, налитого в банку, горизонтальна. После отвердевания в нем образовалась воронка. Как изменился при этом объем воска, его масса и плотность? Как изменилось число молекул воска в единице объема?

32. Масса одного из самых больших китов, обнаруженных человеком, 150 т. Какова сила тяжести, действующая на такого кита¹?

33. Самая крупная в мире птица — африканский страус; его масса достигает 90 кг. Определите вес страуса и сравните его с весом самой маленькой птицы — колибри, масса которой 2 г.

34. Девочка купила 0,75 л подсолнечного масла. Какова масса масла и его вес? (Плотность подсолнечного масла $0,930 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.)

35. Изобразите графически силы, действующие на доску (рис. 58), если масса сидящего на ней мальчика равна 40 кг.

36. Кирпич массой 4 кг лежит на столе. Вычислите действующую на кирпич силу тяжести. Изобразите графически силу тяжести, вес кирпича и силу упругости стола в масштабе 1 см — 10 Н. Какая из этих трех сил изменится, если на кирпич сверху надавить рукой?

37. Сила тяги автомобиля 1 000 Н, сила сопротивления его движению 700 Н. Определите равнодействующую этих сил.

38. Рабочий, масса которого 70 кг, держит груз массой 40 кг. С какой силой он давит на землю? Изобразите эту силу графически.

39. Каково назначение насечек на губках тисков и плоскогубцев?

40. Почему в процессе шлифовки трущихся поверхностей трение между ними сначала уменьшается, а потом снова возрастает?

41. Почему колеса нагруженного автомобиля буксуют на скользкой дороге меньше, чем порожнего?

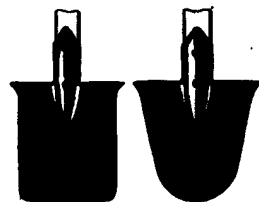


Рис. 202

42. Почему нужно беречь тормоза автомобиля или мотоцикла от попадания в них масла?

43. Известно, что между молекулами действуют силы притяжения. Почему же две молекулы газа, столкнувшись, не слипаются, а разлетаются в разные стороны?

44. Почему в качестве припоя или клея применяют вещества в жидком состоянии?

45. Укажите, какая из сил (сила тяготения, сила упругости, сила трения) действует в следующих случаях: а) вода падает с плотины, б) автомобиль останавливается при торможении, в) резиновый мяч отскакивает от стенки, г) вода в реке течет, д) на пальце человека остается след от кнопки, которую он вкалывал в стенку, е) подошвы ботинок изнашиваются, ж) пружина динамометра растягивается, когда к ней подвешивают груз.

ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

46. Два человека вскапывают землю лопатами разной формы (рис. 202). Какой лопатой легче копать?

47. Для чего у рюкзака делают широкие лямки?

48. На чем основан способ спасения человека, провалившегося под лед, изображенный на рисунке 203?

49. Чему равно давление на рельсы четырехосного вагона массой 60 т, если площадь соприкосновения одного колеса с рельсом 10 см²?

¹ При расчетах принимать $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



Рис. 203

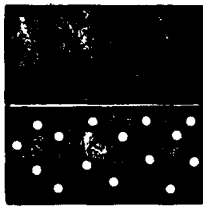


Рис. 204

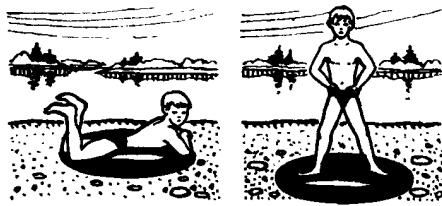


Рис. 205

50. Спортсмен, масса которого 80 кг, скользит на коньках. Какое давление оказывает он на лед, если длина одного конька 40 см, а ширина его лезвия 3 мм?

51. Тяжелый танк, идущий по асфальтовой дороге, не разрушает асфальт. Почему же он раздавливает кирпич, попавший под его гусеницу?

52. Оса вонзает свое жало с силой 0,00001 Н. Почему, действуя такой маленькой силой, она прокалывает кожу животного? Какое давление производит жало на кожу, если площадь его острия равна 0,00000000003 см²?

53. Сосуд разделен перегородкой пополам (рис. 204). В нижней части его находится газ. Что произойдет с газом, если в перегородке появится отверстие? Как изменится при этом масса газа, его плотность и давление?

54. Человек может лежать на автомобильной камере, наполненной воздухом. Однако если тот же человек встанет на камеру, то она может лопнуть (рис. 205). Почему? Обязательно ли камера лопнет в том месте, где на нее давит нога человека?

55. Одинаковое или различное давление испытывают два водолаза (рис. 206)?

56. Высота мензурки 20 см. Ее наполняют поочередно водой, керосином, машинным маслом. Определите для каждой жидкости давление на дно мензурки.

57. Высота здания Московского университета 180 м. Какова разница давления воды в водопроводных кранах, находящихся в самом нижнем и самом верхнем этажах?

58. При глубоком вдохе в легкие взрослого человека входит около 4 дм³ воздуха. Определите массу этого воздуха.

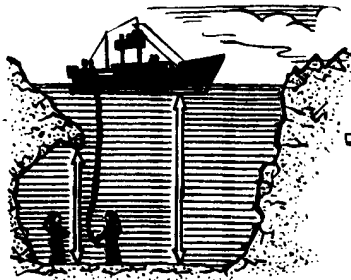


Рис. 206



Рис. 207

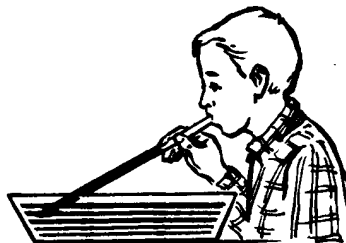


Рис. 208

59. Определите массу воздуха в объеме вашей жилой комнаты. Каков вес этого воздуха?

60. Можно ли осуществить опыт Торричелли со стеклянной трубкой, длина которой меньше 1 м? больше 1 м?

61. Приложенный плотно к губам кленовый лист разрывается, если вдохнуть быстро воздух. Какая сила разрывает лист?

62. Чтобы масло потекло из масленки, на ее доньшко нужно нажать пальцем (рис. 207). Почему? Какую роль здесь играет атмосферное давление? Применяется ли здесь закон Паскаля?

63. На чем основано отсасывание воды стеклянной трубкой (рис. 208)?

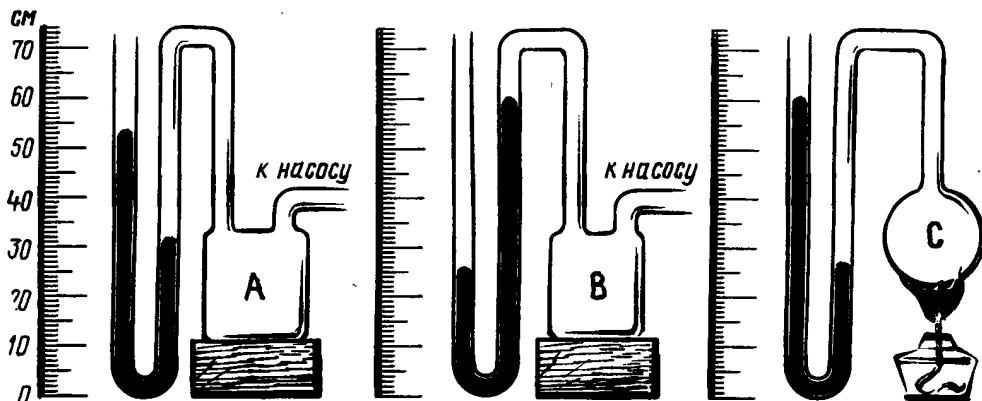


Рис. 209

64. У самолетов, летающих на больших высотах, и у космических кораблей двери и окна не пропускают воздух (герметичны). Для чего необходима при таких полетах герметичность?

65. Определите по рисунку 209, на сколько давление газа в сосудах А, В и С, измеренное ртутным манометром, отличается от атмосферного давления. Укажите возможные причины того, что давление в сосудах не равно атмосферному. Дайте объяснения, используя знания о молекулярном строении вещества.

66. Вычислите примерную высоту телевизионной башни в Останкино. Атмосферное давление у ее подножия и у вершины определите по рисунку 210.

67. Два равных по объему тела находятся в жидкости на разной глубине. Одинаковы ли выталкивающие силы, действующие на эти тела? (Плотность жидкости вследствие ее ничтожной сжимаемости считать одинаковой на всей глубине.)

68. На дне аквариума находится камень, полностью погруженный в воду. Изменится ли действующая на камень выталкивающая сила при доливании воды в аквариум (рис. 211)? Ответ поясните.

69. Кусок стального рельса находится на дне реки. Его приподняли и поставили вертикально (рис. 212).

Изменилась ли при этом действующая на

него выталкивающая сила? Изменится ли она, если при подъеме часть рельса окажется над водой?

70. Тело плавает в пресной воде, полностью погрузившись в нее. Как будет вести себя это тело в керосине? в соленой воде? в спирте?

71. На рисунке 213 изображены три бруска, плавающие в пресной воде. Определите, какой из этих брусков изготовлен из пробки, какой — из льда, какой — из дерева. Ответ обоснуйте.

72. Поплавок изготовлен из древесины, плотность которой в два раза меньше плотности воды. Как будет располагаться поплавок в воде? Сделайте рисунок.

73. Массы кирпича и куска железа одинаковы. Какое тело легче удержать в воде? Почему?

74. Определите выталкивающую силу, действующую на тело объемом 10 см^3 , погруженное в воду, в керосин, в ртуть.

75. Цепь выдерживает нагрузку 70 кН . Можно ли на этой цепи удержать под водой гранитную плиту объемом 4 м^3 ?

76. Пользуясь таблицей плотностей, укажите, какие вещества плавают в воде и какие тонут. Ответ обоснуйте.

77. Площадь сечения теплохода на уровне воды в реке 5400 м^2 . От принятого груза осадка парохода увеличилась на 40 см . Определите вес груза.

РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

78. В каком случае альпинист (рис. 214) производит механическую работу, в каком — нет? Ответ обоснуйте.

79. Резец строгального станка действует на деталь с силой 750 Н. Чему равна работа, совершаемая резцом при перемещении его на 120 см?

80. При подъеме тела массой 15 кг совершена работа 60 Дж. На какую высоту было поднято тело?

81. Спортсмен, масса которого 70 кг, совершает прыжок на высоту 200 см за 0,4 с. Какую среднюю мощность он при этом развивает?

82. Мальчик, масса которого 40 кг, поднялся на второй этаж дома (рис. 215), расположенный на высоте 8 м. Чему равна работа, совершенная мальчиком? Зависит ли совершенная им работа от того, поднимается он шагом или бегом? Зависит ли от этого развиваемая им мощность?

83. Мощный башенный кран может поднимать груз массой 5 т. Если для подъема груза двигатель крана развивает мощность 30 кВт, то в течение какого времени груз будет поднят на высоту 20 м?

84. Рычаг, изображенный на рисунке 216, а, находится в равновесии. Останется ли он в равновесии, если к нему подвесить еще два равных груза, как показано на рисунке 216, б? Останется ли рычаг в равновесии, если эти два добавочных груза подвесить так, как показано на рисунке 216, в?

85. В стогометателе сноп сена массой 200 кг поднимают с помощью подвижного блока. Какая сила прилагается к концу подъемного троса? Сколько метров троса наматывается на барабан при подъеме сена на высоту 7,5 м? Трение не учитывать.

86. Ведра с водой подвешены на блоках, как показано на рисунке 217. Одинаковы ли массы воды в ведрах, если они находятся в равновесии?

87. Какими видами механической энергии обладают следующие тела: заведенная пружина часов; сани, катящиеся с горы; водяной

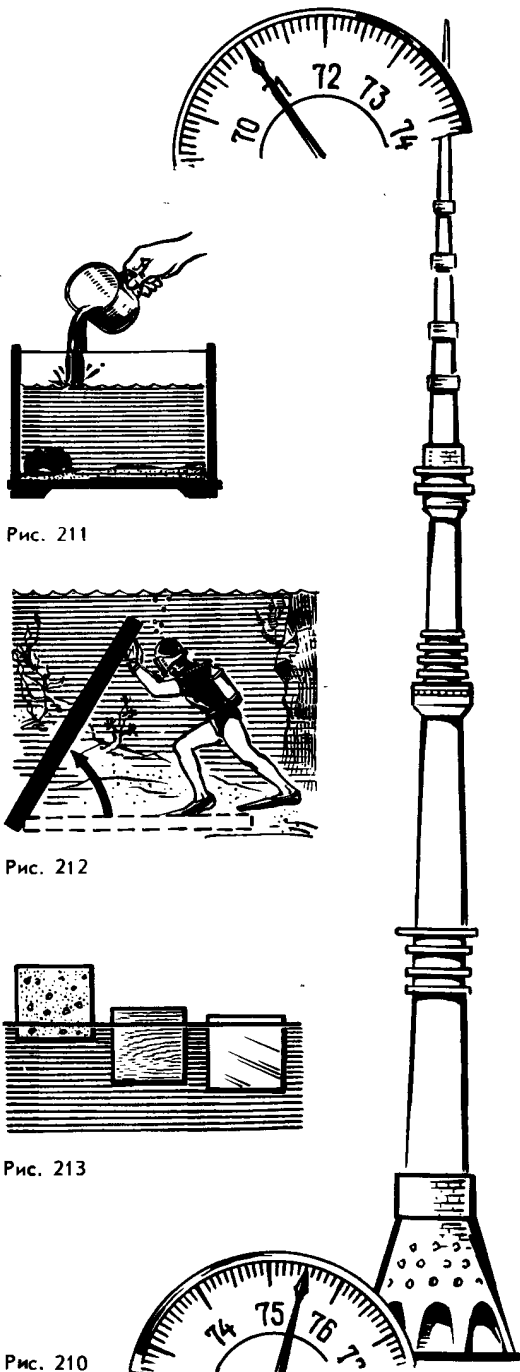


Рис. 211

Рис. 212

Рис. 213

Рис. 210



Рис. 214



Рис. 215

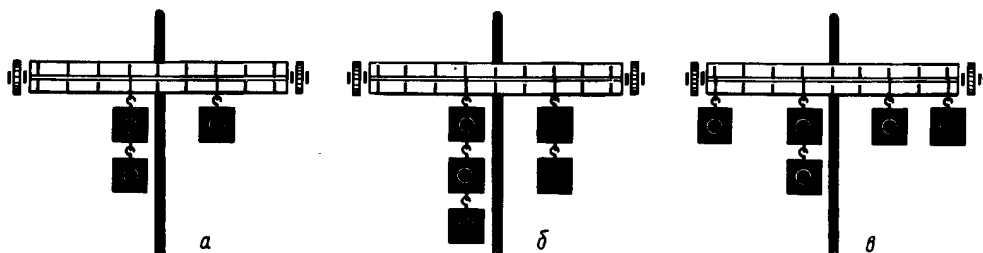


Рис. 216

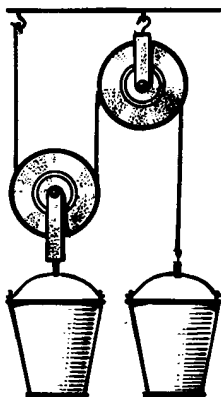


Рис. 217

поток, падающий с плотины; движущийся лифт; струя воды, вытекающая из шланга?

88. На одной и той же высоте находятся деревянный и железный бруски одинакового размера. Какой из брусков обладает большей потенциальной энергией?

89. Могут ли два тела разной массы обладать одинаковой кинетической энергией? При каком условии?

90. За счет какой энергии работают стенные часы с пружинным заводом?

91. Ковочный молот массой 5 т поднимают на 2 м. Какая работа совершается при подъеме молота? Каким видом энергии обладает он вверху и в момент удара по детали и чему равна его энергия в эти моменты?

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

1. В аквариум длиной 30 см и шириной 20 см налита вода до высоты 25 см. Определите силу давления и давление воды на дно аквариума.

2. Какую массу керосина можно налить

в прямоугольный бак длиной 1,2 м, шириной 70 см и высотой 50 см? Каково давление керосина на стенку бака на глубине 40 см?

3. Прицеп с грузом имеет массу 500 кг. На прицеп со стороны трактора действует сила 1200 Н. Изобразите графически все силы, действующие на прицеп. Масштаб выберите сами.

4. Трактор оказывает на почву давление $4 \cdot 10^4$ Па. Опорная площадь обеих его гусениц равна $1,3 \text{ м}^2$. Определите массу трактора.

5. Азот, заключенный в сосуд, производит на внутренние стенки сосуда давление, равное 9 кПа. Такое же давление можно произвести, например, нажав рукой на крышку стола. Объясните, в чем состоит различие причин, создающих эти равные по величине давления.

6. Рассчитайте силу, с которой атмосферный воздух давит на обложку лежащей на столе тетради. Тело какой массы нужно положить на тетрадь, чтобы оно с такой же силой давило на эту тетрадь?

7. Чему равна архимедова сила, действующая в воде на тела объемом 100 см^3 , сделанные одно из пробки, другое из свинца? Чему для каждого из этих тел равна равнодействующая двух сил — силы тяжести и архимедовой силы? Как она направлена? Почему одно из этих тел всплывает, а другое тонет в воде?

8. Пробковый спасательный круг имеет массу 4 кг. Определите вес груза, который может удерживать этот круг в пресной воде.

9. Брусок, длина которого 20 см, ширина 20 см и высота 5 см, имеет массу 1,8 кг. Определите вес этого бруска в воде.

10. Кусок угля прикреплен к крючку динамометра и опущен сначала в воду, а потом в керосин. В воде его вес оказался равным 10 Н, а в керосине 12,5 Н. Определите плотность угля. Сделайте чертёж.

11. Воздушный шар имеет объем 1600 м^3 .

Шар заполнен гелием. снаряжение воздушно-го шара (оболочка, сетка, корзина) весит 4500 Н. Вычислите подъемную силу шара. Какова будет подъемная сила, если этот шар заполнить теплым воздухом, плотность которого $0,16 \text{ кг/м}^3$?

12. Какую работу нужно совершить, чтобы равномерно поднять на высоту 2 м в воде бетонную плиту, длина которой 1,5 м, ширина 0,8 м и высота 40 см?

13. Трактор, работая на вспашке, развивал мощность на крюке 25,8 кВт при скорости движения 25 м/с. Как велика сила сопротивления почвы при вспашке?

14. При помощи лебедки равномерно поднят груз на высоту 10 м в течение 0,8 мин, причем совершена работа 120 кДж. Вычислите массу груза, его вес и развиваемую при его подъеме мощность.

15. На рычаге уравновешены две железные гири, массами 100 и 200 г. Нарушится ли равновесие рычага, если гирьки погрузить в воду? Почему?

16. Вычислите работу, произведенную при подъеме тяжелого ящика на высоту 12 см при помощи рычага, одно плечо которого в 10 раз длиннее другого, если сила, действовавшая на длинное плечо, равна 150 Н (трение и вес рычага не учитывать).

17. С помощью подвижного блока равномерно поднимают в течение 0,5 мин ящик с кирпичами на высоту 12 м, действуя силой 320 Н. Как велика мощность, развиваемая при подъеме ящика?

18. При помощи подвижного блока равномерно поднимают груз, прилагая к концу веревки силу 100 Н. Определите силу трения, если масса самого блока равна 2 кг, а масса груза 16,5 кг. Какова будет полезная и затраченная работа и КПД установки, если высота подъема груза 4 м?

19. Мраморную плиту массой 50 кг равномерно поднимают из воды с глубины 2 м на поверхность с помощью подвижного блока. Подъем продолжается 40 с. Определите мощность, развиваемую при подъеме плиты. Сделайте чертёж.

ОТВЕТЫ К УПРАЖНЕНИЯМ И ЗАДАЧАМ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

ОТВЕТЫ К УПРАЖНЕНИЯМ

Упр. 2. 2. В 10 000 раз. 3. В 4 500 000 000 000 (в $4,5 \cdot 10^{12}$) раз.

Упр. 7. 3. Траекторию, имеющую форму окружности.

Упр. 8. 2. 0,5 м/с. 3. В 2,2 раза. 4. 13,3 м/с.

Упр. 9. 1. 13 м; 130 м; 280 м. 2. 4500 км. 3. 100 с; ≈ 22 с.

Упр. 11. 1. Скорость лодки будет составлять $\frac{2}{3}$ от скорости человека.

Упр. 12. 3. 100 г 80 мг; 100,08 г; 0,10008 кг.

Упр. 13. 2. В 8,4 раза. 4. $0,12 \text{ г/см}^3$; 120 кг/м^3 . 5. 500 кг/м^3 .

Упр. 14. 1. 10 кг; 7 кг; 136 кг. 2. 64 г. 3. 15,6 кг. 4. 120 листов.

Упр. 16. 1. $\approx 25 \text{ Н}$; 8 Н; $\approx 12\,000 \text{ Н}$; $\approx 0,5 \text{ Н}$. 2. $\approx 100 \text{ Н}$; $\approx 2 \text{ Н}$. 3. $\approx 80 \text{ кг}$. 5. $\approx 2400 \text{ Н}$.

Упр. 17. 1. Сила тяжести груза, действующего на первый динамометр, 120 Н, на второй — 9 Н. 2. 2 Н; 3 Н.

Упр. 18. 3. $\approx 30\,000 \text{ Н}$.

Упр. 19. 1. $\approx 900 \text{ Н}$. 2. 10 Н. 3. 700 Н.

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

В. 60 км/ч; 45 км/ч. 9. Скорость гепарда $\approx 31 \text{ м/с}$. 11. $\approx 144 \text{ км/ч}$. 12. $\approx 11\,000 \text{ км/ч}$. 13. 41 600 км. 14. 1 мин; $\approx 44,4 \text{ мин}$. 19. $\approx 4,4 \text{ кг}$. 20. Изменение скорости молекулы водорода в 9 раз больше, чем молекулы воды. 23. 4000 кг/м^3 . 24. 28 кг; 25,2 кг. 25. 5. 26. 337,5 г. 27. $0,92 \text{ г/см}^3$. 28. Есть. 30. Уменьшилась в 8 000 000 раз. 32. $\approx 1500 \text{ кН}$. 33. $\approx 900 \text{ Н}$; $\approx 0,02 \text{ Н}$. 34. 697,5 г; $\approx 7 \text{ Н}$. 36. $\approx 40 \text{ Н}$; изменится сила упругости.

ОТВЕТЫ К КОМБИНИРОВАННЫМ ЗАДАЧАМ

1. $\approx 150 \text{ Н}$; 2,5 кПа. 2. 336 кг; 3,2 кПа. 4. 5,2 т. 7. $\approx 1 \text{ Н}$; 1 Н; 0,76 Н; 10,3 Н. 8. 160 Н. 9. 8 Н. 10. 1800 кг/м^3 . 11. $\approx 17,8 \text{ кН}$; $\approx 18 \text{ кН}$. 12. $\approx 12,48 \text{ кДж}$. 13. $\approx 1 \text{ кН}$.

Упр. 20. 2. $\approx 47 \text{ кПа}$; \approx в 3 раза. 3. 6000 кПа.

4. $\approx 1500 \text{ Па}$; в 10 раз меньше.

Упр. 22. 3. Изменилось. Одинаково.

Упр. 23. 1. $\approx 6 \text{ кПа}$; $\approx 4,8 \text{ кПа}$; $\approx 82 \text{ кПа}$. 2. $\approx 112\,000 \text{ кПа}$. 3. 50 см^2 .

Упр. 27. 1. $\approx 10,3 \text{ м}$. 2. 28,4 кН.

Упр. 28. г) 1000 гПа, 750 мм рт. ст.

Упр. 29. 2. $\approx 460 \text{ м}$. 3. $\approx 1013 \text{ гПа}$. 4. $\approx 162 \text{ кН}$.

Упр. 30. 1. $\approx 10,3 \text{ м}$. 2. $\approx 13 \text{ м}$; $\approx 76 \text{ см}$.

Упр. 31. 1. 120 т. 2. В 90 раз, в 100 раз.

Упр. 32. 3. 0,98 Н; 0,784 Н. 4. $\approx 45 \text{ кН}$; $\approx 25,5 \text{ кН}$.

Упр. 34. 1. Уменьшится. 2. $\approx 10\,000 \text{ м}^3$. 3. $\approx 16 \text{ кН}$.

Упр. 35. 3. $\approx 70 \text{ Н}$.

Упр. 36. 3. $\approx 300 \text{ кДж}$. 4. $\approx 240 \text{ кДж}$.

Упр. 37. 1. $\approx 180 \text{ кВт}$. 2. $\approx 55 \text{ Вт}$. 3. 120 000 кДж. 4. 750 Вт. 6. $\approx 2,9 \text{ кВт}$.

Упр. 38. 5. $\approx 416 \text{ г}$.

Упр. 39. 1. 3 м. 2. 2240 Дж. 5. 2380 Дж.

Упр. 40. 1. $\approx 10 \text{ кДж}$. 2. $\approx 20 \text{ кДж}$; $\approx 50 \text{ кДж}$. 5. $\approx 4,26 \cdot 10^5 \text{ кДж}$; 70%.

37. 300 Н. 38. $\approx 1,1 \text{ кН}$. 49. 75 000 кПа. 50. $\approx 670 \text{ кПа}$. 52. $\approx 3 \cdot 10^{10} \text{ Па}$. 56. 2 кПа; 1,6 кПа; 1,8 кПа. 57. 1800 кПа. 58. 5 г. 66. 540 м. 72. Половина объема поплавок будет находиться в воде. 73. Кирпич. 74. $\approx 0,1 \text{ Н}$; $\approx 0,08 \text{ Н}$; $\approx 1,36 \text{ Н}$. 75. Можно, вес плиты в воде 64 кН. 77. $\approx 21\,600 \text{ кН}$. 79. 900 Дж. 80. $\approx 40 \text{ см}$. 81. $\approx 3,5 \text{ кВт}$. 83. $\approx 33 \text{ с}$. 84. Не останется. Останется. 85. $\approx 1000 \text{ Н}$; 15 м. 86. Неодинаковы. 88. Железный. 91. $\approx 100 \text{ кДж}$.

14. $\approx 1200 \text{ кг}$; $\approx 12 \text{ кН}$; $\approx 2,5 \text{ кВт}$. 15. Нарушится. 16. 180 Дж. 17. $\approx 260 \text{ Вт}$. 18. 7,5 Н; 82,5%.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акваланг 154
Ариометр 106
Аристотель 5, 156
Архимед 5, 100, 101, 118, 126, 159
Атмосфера 82, 83
Атом 17
- Барометр-аиероид 89
— водяной 87
— ртутный 87
Батискаф 154
Батисфера 154
Блок 115, 124
— неподвижный 124, 126
— подвижный 124, 126
Брун 148
- Вавилов С. И.* 10, 11
Ватерлиния 106
Вес 51, 52, 150
— воздуха 82
Весы 42, 138
Вещество 6, 14, 24
Взаимодействие тел 38
Винт 115
Водоизмещение 106
Воздухоплавание 107
Ворот 115
Высотомер 91
- Гагарин Ю. А.* 6, 11, 162
Галилей 37, 157
Герике 87
Гипотеза 15
Грузоподъемность 106
- Давление 66, 67
— атмосферное 82, 83, 87
— газа 71
— жидкости 77
— нормальное атмосферное 91
Двигатели ветряные 160, 161
— гидравлические 160
Движение броуновское 148, 149
— механическое 29
— молекул 19, 126
— неравномерное 30, 31
— равномерное 30, 31
Декарт 105
Деформация 49, 51
Джоуль 111
Динамометр 54, 241
— тяговый 55
Диффузия 18, 19
- Единицы веса 52, 54
— давления 67
— атмосферного 87
— массы 41
— момента силы 120
— мощности 113
— плотности 44
— пути 30
— работы 111
— силы 52
— скорости 32
— температуры 20
— энергии 129
- Жуковский Н. Е.* 10, 11
- Закон Паскаля 74
«Золотое правило» механики 125, 126
- Инерция 36, 37
- Кеплер* 5
Клапан предохранительный 96, 123
Клин 115
Коперник 5
Королев С. П. 11, 12
Коэффициент полезного действия 127, 146
Курчатов И. В. 12

- Лодыгин А. Н.* 11
Ломоносов М. В. 2, 5, 27
 Ливер 84
- Манометр 91
 — жидкостный 92
 — металлический 93
- Масса 40, 138
 — молекулы 41
- Материя 6
- Машина гидравлическая 94
 — пневматическая 97, 155
- Международный эталон килограмма 41
- Механизмы простые 115
- Молекула 16, 17, 21
- Момент силы 119
- Мощность 112
- Наблюдения 6, 7
- Насос жидкостный поршневой 93, 156
- Невесомость 149, 150
- Ньютон* 52, 53
- Объем тела 139
- Опыты 6, 7
 — Герике 87
 — Паскаля 152, 153, 158
 — с шаром Паскаля 74
 — Торричелли 86
- Осадка 106
- Парадокс гидростатический 152
- Паскаль* 74, 87, 157
- Пипетка 84
- Плавание судов 105
 — тел 101, 143
- Плечо силы 117
- Плоскость наклонная 115, 146
- Плотность 43, 44, 140
- Подшипник 64
- Попов А. С.* 10, 11
- Пресс гидравлический 92, 95
- Природа 5
- Путь пройденный 30, 111
 — тормозной 37
- Работа механическая 110, 125
 — — полезная 127
- — полная 127
- Рычаг 115, 116, 120, 125
 — равновесия 117, 119, 144
- Сила 48, 49, 56
 — архимедова 100, 112
 — взаимодействия молекул 21, 2
 — выталкивающая 98
 — подъемная 107, 108
 — равнодействующая 58
 — трения 60
 — — качения 61
 — — покоя 62
 — — скольжения 61
 — тяжести 50, 151
 — упругости 51
- Силомер 55
- Скорость 31, 32
 — средняя 33
- Сложение сил 58
- Смачивание 22
- Сосуды сообщающиеся 79, 80
- Тело кристаллическое 26
 — физическое 5
- Торричелли* 86, 157
- Траектория 29
- Турбина водяная 160
- Уатт* 113
- Физика 3, 5, 9
- Физическая величина 7
- Физическое явление 3
- Цена деления 9, 136
- Циолковский К. Э.* 11, 152
- Шкала 8
- Шлюзы 81
- Энергия 129
 — ветра 160, 161
 — воды 131, 160
 — кинетическая 130, 131
 — потенциальная 130
 — превращения 133, 134
- Яблочков П. Н.* 11

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. Что изучает физика	3
2. Некоторые физические термины	5
3. Наблюдения и опыты	6
4. Физические величины. Измерение физических величин	7
5. Физика, техника, природа	9

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

6. Строение вещества	14
7. Молекулы	16
8. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах . . .	18
9. Скорость движения молекул и температура тела . . .	20
10. Взаимное притяжение и отталкивание молекул . . .	21
11. Три состояния вещества	24
12. Различие в молекулярном строении твердых тел, жидко- стей и газов	25

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

13. Механическое движение	29
14. Равномерное и неравномерное движение	30
15. Скорость. Единицы скорости	31
16. Расчет пути и времени движения	34
17. Инерция	36
18. Взаимодействие тел	38
19. Масса тела. Единицы массы	40
20. Измерение массы тела на весах	42
21. Плотность вещества	43
22. Расчет массы и объема тела по его плотности	47
23. Сила	48
24. Явление тяготения. Сила тяжести	50
25. Сила упругости. Вес тела	51
26. Единицы силы. Связь между силой тяжести и массой тела	52
27. Динамометр	54
28. Сила — векторная величина	56
29. Сложение двух сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил	58
30. Сила трения	60
31. Трение покоя	62
32. Трение в природе и технике	63

ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

33. Давление. Единицы давления	66
34. Способы уменьшения и увеличения давления	68
35. Давление газа	71
36. Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля	73
37. Давление в жидкости и газе	75

38. Расчет давления жидкости на дно и стенки сосуда	77
39. Сообщающиеся сосуды	79
40. Вес воздуха. Атмосферное давление	82
41. Почему существует воздушная оболочка Земли	84
42. Измерение атмосферного давления. Опыт Торричелли	86
43. Варометр-анероид	89
44. Атмосферное давление на различных высотах	90
45. Манометры	91
46. Поршневой жидкостный насос	93
47. Гидравлический пресс	94
48. Действие жидкости и газа на погруженное в них тело	97
49. Архимедова сила	99
50. Плавание тел	101
51. Плавание судов	105
52. Воздухоплавание	107

РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

53. Механическая работа. Единицы работы	110
54. Мощность. Единицы мощности	112
55. Простые механизмы	115
56. Рычаг. Равновесие сил на рычаге	116
57. Момент силы	119
58. Рычаги в технике, быту и природе	120
59. Применение закона равновесия рычага к блоку	124
60. Равенство работ при использовании простых механизмов. «Золотое правило» механики	125
61. Коэффициент полезного действия механизма	127
62. Энергия	129
63. Потенциальная и кинетическая энергия	130
64. Превращение одного вида механической энергии в другой	133

ПРИЛОЖЕНИЕ

<i>Лабораторные работы</i>	136
<i>Материал для дополнительного чтения</i>	148
1. Броуновское движение	—
2. Невесомость	149
3. Сила тяжести на других планетах	151
4. Гидростатический парадокс. Опыт Паскаля	152
5. Давление на дне морей и океанов. Исследование морских глубин	154
6. Пневматические машины и инструменты	155
7. История открытия атмосферного давления	156
8. Легенда об Архимеде	159
9. Энергия движущейся воды и ветра. Гидравлические и ветряные двигатели	160
<i>Задачи для повторения</i>	162
<i>Ответы к упражнениям и задачам для повторения</i>	170
<i>Предметно-именной указатель</i>	171

Учебное издание
Перышкин Александр Васильевич
Родина Надежда Александровна

ФИЗИКА

Учебник для 7 класса средней школы

Зав. редакцией

В. А. ОВМЕНИНА

Редактор

Л. С. МОРДОВЦЕВА

Художники

В. А. САЙЧУК, С. Г. БЕССОНОВ, В. Я. СИДНИН,
М. С. СЕРЕВРЯКОВ

Художественный редактор

В. М. ПРОКОФЬЕВ

Макет издания

В. П. БОГДАНОВА

Технический редактор

Г. В. СУВОЧЕВА

Корректоры

И. А. КОРОГОДИНА, Е. В. ТУЛЬПО



ИВ № 11396

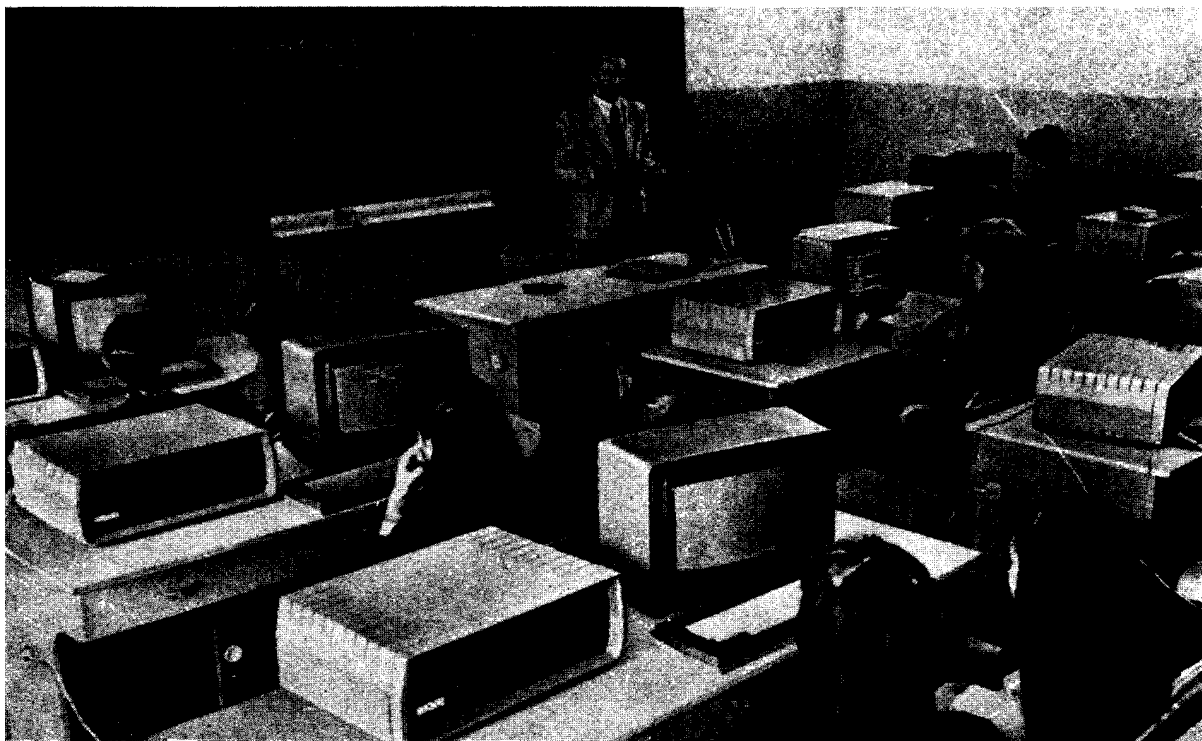
Сдано в набор 03.05.88. Подписано к печати 14.09.88. Формат $70 \times 90^{1/16}$. Бум. офсетная № 2. Гарнит. школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,87 + форз. 0,44. Усл. кр.-отт. 26,98. Уч.-изд. л. 10,36 + форз. 0,45. Тираж 3 952 000 экз. (1-й завод 1—2 452 000 экз.). Заказ 1808. Цена 45 к. Цена с припрессовкой пленки 55 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Смоленский полиграфкомбинат Росглавополиграфпрома Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

Сведения о пользовании учебником

№	Фамилия и имя ученика	Учебный год	Состояние учебника	
			в начале года	в конце года
1				
2				
3				
4				
5				



Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц

Наименование приставки	Обозначение приставки	Множитель	Наименование множителя
экса	Э	$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	квинтиллион
пета	П	$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	квадриллион
тера	Т	$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	триллион
гига	Г	$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	миллиард
мега	М	$1\ 000\ 000 = 10^6$	миллион
кило	к	$1\ 000 = 10^3$	тысяча
гекто	г	$100 = 10^2$	сто
дека	да	$10 = 10^1$	десять
деци	д	$0,1 = 10^{-1}$	одна десятая
санти	с	$0,01 = 10^{-2}$	одна сотая
милли	м	$0,001 = 10^{-3}$	одна тысячная
микро	мк	$0,000\ 001 = 10^{-6}$	одна миллионная
нано	н	$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	одна миллиардная
пико	п	$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	одна триллионная
фемто	ф	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	одна квадриллионная
атто	а	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	одна квинтиллионная

Гидростатический парадокс

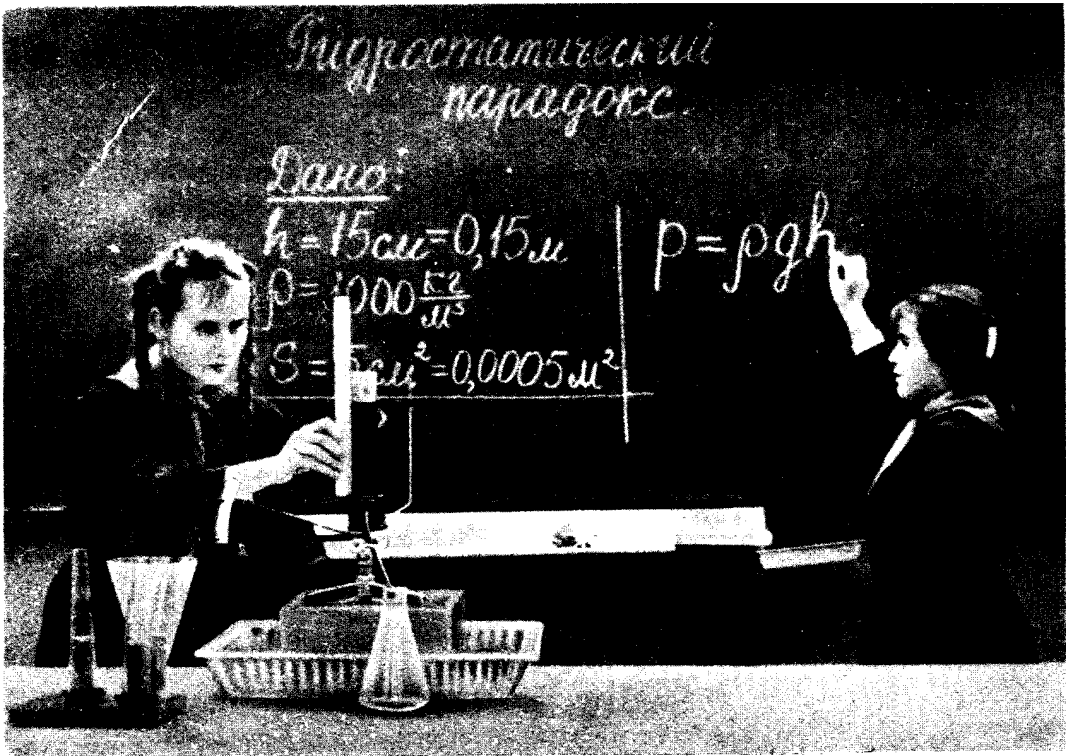
Дано:

$$h = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$S = 5 \text{ см}^2 = 0,0005 \text{ м}^2$$

$$p = \rho g h$$



Единицы силы

1 ньютон (1 Н)

1 килоньютон (1 кН), 1 кН = 1000 Н

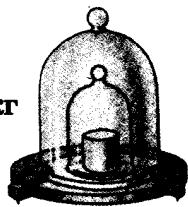
Единицы массы

1 килограмм (1 кг)

1 тонна (1 т), 1 т = 1000 кг

1 грамм (1 г), 1 г = 0,001 кг

1 миллиграмм (1 мг), 1 мг = 0,000 001 кг



Эталон массы

Единицы плотности

1 килограмм на кубический метр ($1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

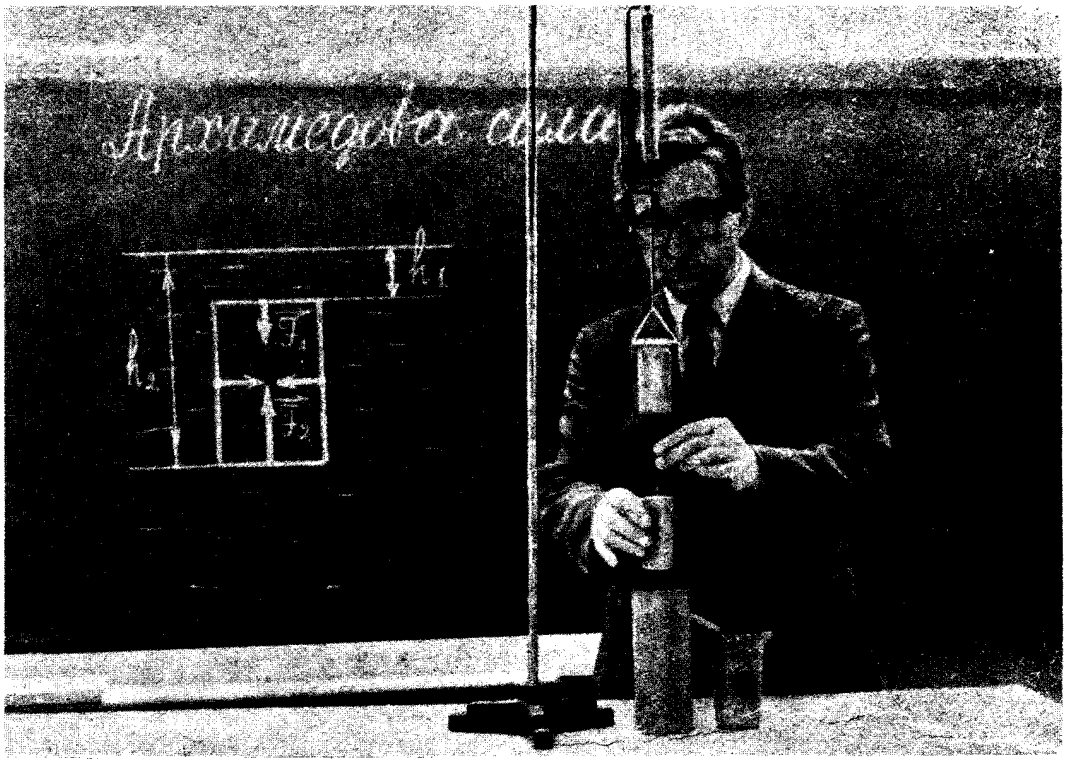
1 килограмм на кубический дециметр ($1 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}$),

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

1 грамм на кубический сантиметр ($1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$),

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$



1 паскаль (1 Па)

1 килопаскаль (1 кПа), 1 кПа = 1000 Па

1 гектопаскаль (1 гПа), 1 гПа = 100 Па

1 миллиметр ртутного столба (1 мм рт. ст.),

1 мм рт. ст. \approx 133 Па

Единицы
давления

$$p = \rho g h$$

1 джоуль (1 Дж)

1 килоджоуль (1 кДж), 1 кДж = 1000 Дж

Единицы
работы и энергии

1 ватт (1 Вт)

1 киловатт (1 кВт), 1 кВт = 1000 Вт

Единицы
мощности

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



**Единицы
длины**

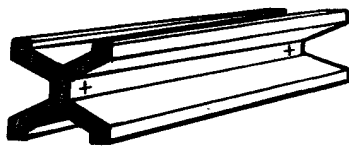
1 метр (1 м)

1 километр (1 км), 1 км = 1000 м

1 дециметр (1 дм), 1 дм = 0,1 м

1 сантиметр (1 см), 1 см = 0,01 м

1 миллиметр (1 мм), 1 мм = 0,001 м



Эталон метра

**Единицы
площади**

1 квадратный метр (1 м²)

1 квадратный километр (1 км²), 1 км² = 1 000 000 м²

1 гектар (1 га), 1 га = 10 000 м²

1 ар (1 ар), 1 ар = 100 м²

1 квадратный дециметр (1 дм²), 1 дм² = 0,01 м²

1 квадратный сантиметр (1 см²), 1 см² = 0,0001 м²

1 квадратный миллиметр (1 мм²), 1 мм² = 0,000 001 м²

$$S = lb$$

