

«Ловкость в производстве опытов не дается сама собою; она приобретается только трудом. Когда вы учитесь танцевать, ваши первые движения неуклюжи, и только путем упражнения вы научаетесь танцевать. Таков же и единственный путь научиться производить опыты. Поэтому не следует смущаться своею неловкостью на первых порах; повторяя и повторяя то же дело, вы скоро справитесь с ним и приобретете недостававшие вам навык и ловкость.

Идя таким путем, вы вступаете в прямое сношение с природой, вы будете размышлять не о том, что прочитали в книгах, а о том, что говорит вам сама природа. Мысли, порожденные этим источником, отличаются удивительною живостью, какой не может им дать одно книжное знание».

*Джон Тиндаль*

(«Уроки по электричеству»)

## ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Эта книга содержит сотню пестрых рассказов из области физики, расположенных в определенной системе, несмотря на непринужденную внешнюю форму. Предназначена она для тех, кто владеет лишь самыми начальными сведениями из физики или вовсе еще не приступал к ее изучению. Она заметно отличается, следовательно, от другой книги того же автора — «Занимательная физика» сходной по манере изложения, но имеющей в виду более сведущего читателя.

«Физика на каждом шагу» не стремится заменить собою школьный учебник. Ее цель — побудить читателя к сознательному наблюдению простейших физических явлений, научить замечать их в окружающей обстановке, в обиходе, в природе, в технике, незаметно накапливая тот запас фактов, систематическим изучением которых занимается физическая наука. Сведения из теории сообщаются лишь самые элементарные и в весьма скромном объеме; главное же внимание привлекается к фактам и опытам. Подбор опытов таков, что их можно выполнять и черпать из них поучения без всяких приборов. Отдельные страницы книги посвящены эпизодам из истории физики.

В этой книге встречаются следующие  
сокращенные обозначения:

*км* .....километр

*м* .....метр

*см* .....сантиметр

*мм* .....миллиметр

*т* .....тонна

*кг* .....килограмм

*г* .....грамм

*л* .....литр

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

# НЕМНОГО МЕХАНИКИ

### СКАЛА ЭДИСОНА

Незадолго до смерти знаменитый американский изобретатель Эдисон пожелал отличить самого сметливого юношу своей страны, назначив ему щедрую денежную поддержку для дальнейшего образования. Со всех концов республики были направлены к нему молодые люди, по одному от каждого штата, отобранные школьным начальством. Эта полсотня юношей подверглась в доме Эдисона письменному экзамену: они должны были ответить на 60 вопросов особой «викторины», составленной изобретателем и его сотрудниками. Судьями были сам Эдисон, «автомобильный король» Форд, прославленный летчик Линдберг и несколько видных американских педагогов. Один из вопросов Эдисоновой «викторины», который я хочу предложить и вам, состоял в следующем:

«Вообразите, что вы очутились на тропическом острове Тихого океана без всяких орудий. Как сдвинули бы вы там с места груз в 3 т, например, гранитную глыбу в 100 футов длины и 15 футов высоты?»

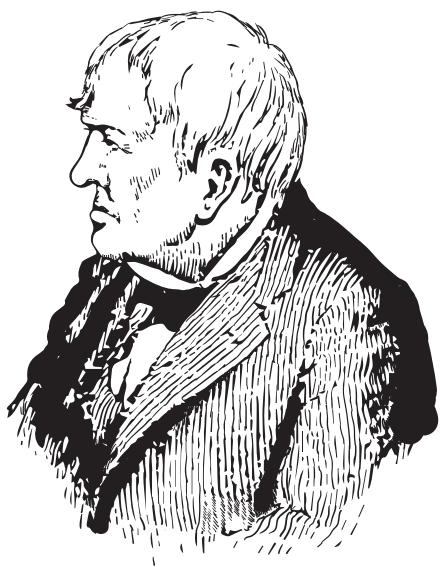


Рис. 1. Эдисон на склоне лет.  
Он умер в 1931 г.

Задача кажется неразрешимой. Что поделаешь голыми руками с трехтонной каменной глыбой таких внушительных размеров?

Вникнем, однако, поглубже в задачу и постараемся представить себе наглядно эту Эдисонову скалу. Мы знаем ее вес, длину, ширину, но о ее *толщине* в задаче ни слова не сказано. Почему Эдисон умолчал о ней? Не тут ли кроется разгадка?

Дознаемся же сами, какова должна быть тол-

щина этой скалы. Прежде всего определим по весу ее объем. Скала гранитная, а сколько весит кубический метр гранита, мы можем узнать из справочника. В «таблице удельных весов» разных материалов находим, что удельный вес гранита, круглым числом, 3. Это значит, что кубический сантиметр гранита весит 3 г, или кубический метр гранита весит 3 т. Одно вытекает из другого, потому что в кубическом метре миллион кубических сантиметров, а в одной тонне — миллион граммов. Но если каждый кубический метр Эдисоновой глыбы весит 3 т, а весу в глыбе как раз 3 т, то ясно, что объем ее — всего один кубический метр. При таком небольшом объеме глыба, однако, растянулась в длину на 100 футов, а в высоту — на 15 футов. Очевидно, она очень тонка. Прикинем, какой она толщины. Объем, как известно, получается умножением длины на ширину и на толщину. Следовательно, разделив объем на длину и на ширину, мы узнаем толщину.

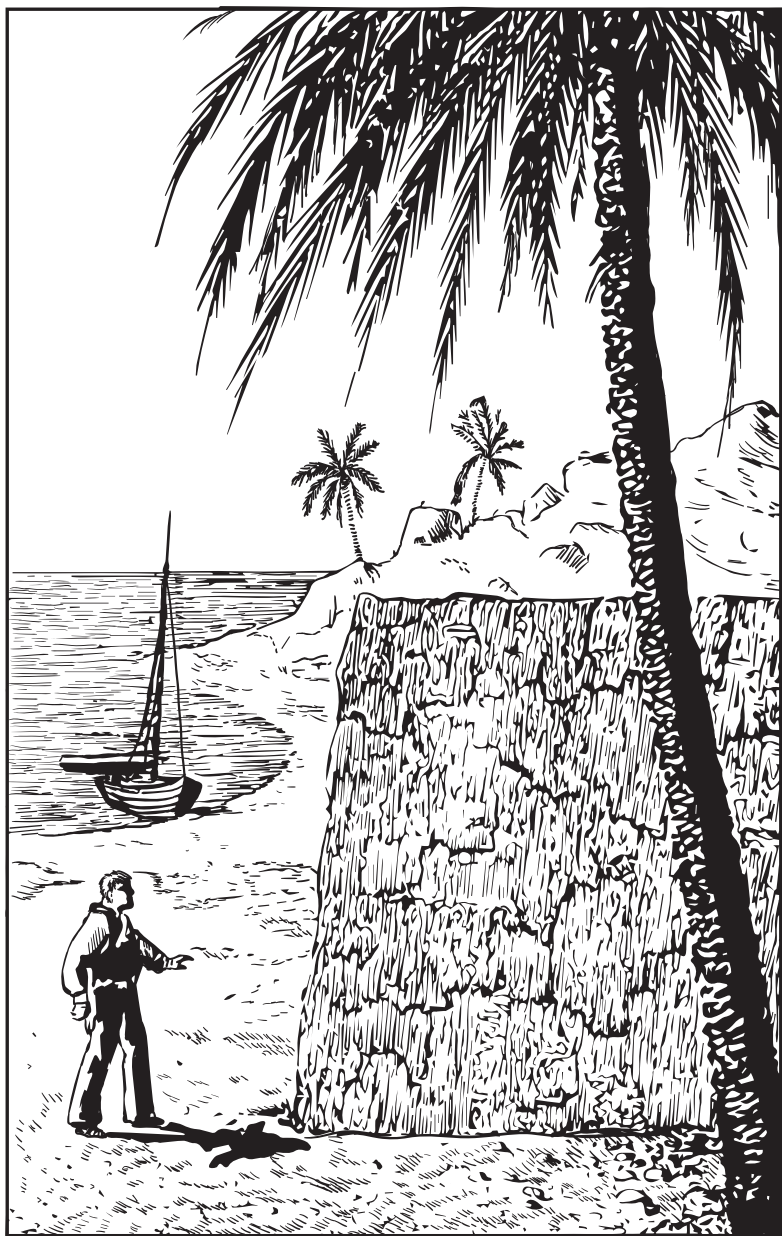


Рис. 2. Задача Эдисона: надо без всяких орудий сдвинуть с места трехтонную гранитную скалу в 100 футов длины и 15 футов высоты.

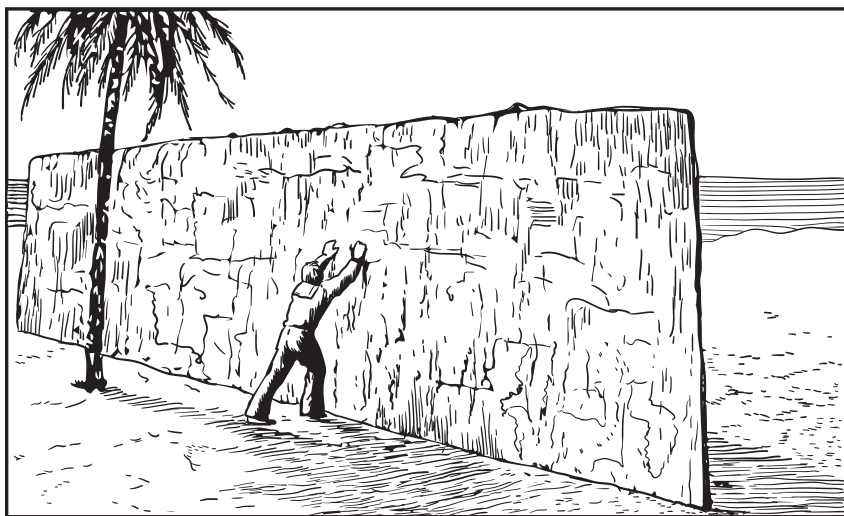


Рис. 3. Вот какова скала в задаче Эдисона.

Так и поступим с объемом нашей скалы: разделим 1 кубометр сначала на 100 футов (т. е. на 30 м), потом на 15 футов (т. е. примерно на 5 м), а еще лучше — сразу на  $30 \times 5$ , т. е. на 150. Что же получается? Всего  $\frac{1}{150}$  м, или около 7 мм.

Вот какова толщина Эдисоновой скалы: только 7 мм! На острове возвышается, мы видим, тонкая гранитная стенка, своего рода диковинка природы. Опрокинуть подобную стенку ничуть не трудно даже голыми руками: напирать на нее покрепче или навалиться на нее с разбегу — и она не устоит.

## ОТ МОСКВЫ ДО ЛЕНИНГРАДА

Вы сейчас убедились, как полезно знать то, что в физике и технике называется «удельным весом» материала, т. е. вес одного его кубического сантиметра (в граммах). Если вам известно, например, что удельный вес железа около 8,

то вы сможете определить простым расчетом вес любого железного изделия, зная только его объем. Для этого вам не понадобится класть изделие на весы, а достаточно только умножить число кубических сантиметров его объема на 8. Часто это единственный способ узнать вес тела; например, когда требуется определить заранее, сколько будет весить изделие, еще не изготовленное, а только обозначенное на рабочем чертеже.

Возьмем такую задачу: «Сколько весит железная телеграфная проволока, соединяющая Москву с Ленинградом? Толщина проволоки 4 мм, длина 650 км».

Решить эту задачу можно, конечно, только расчетом, — не сматывать же проволоку с телеграфных столбов! Найдём сначала объем проволоки. Для этого, по правилам геометрии, нужно величину поперечного разреза проволоки умножить на ее длину. Площадь разреза нашей проволоки есть площадь кружка диаметром 4 мм, или 0,4 см. Она равна, как учит геометрия:

$$3,14 \times 0,2^2 = 0,126 \text{ кв. см.}$$

Длина же проволоки:

$$650 \text{ км} = 650\,000 \text{ м} = 65\,000\,000 \text{ см.}$$

Значит, объем проволоки:

$$0,126 \times 65\,000\,000 = 8\,190\,000 \text{ куб. см,}$$

а круглым счетом — 8 млн. куб. см. Так как каждый кубический сантиметр железа весит, мы знаем, 8 г, то вес провода Москва — Ленинград равен:

$$8 \times 8\,190\,000 = 64\,000\,000 \text{ г} = 64 \text{ т.}$$

Это примерно вес паровоза. Если бы на одну чашку весов можно было положить моток телеграфной проволоки, соединяющей Москву с Ленинградом, то на другую чашку надо было бы для равновесия вкатить целый паровоз.



Сходным расчетом могли бы вы узнать, сколько тонн проволоки понадобилось бы для телеграфного соединения земли с луной, — нужды нет, что на деле протянуть такой провод невозможно. Раз известно расстояние от земли до луны, задана толщина проволоки, и имеется удельный вес материала, то все остальное можно выполнить просто карандашом на бумаге.

Сейчас мы сделаем еще более удивительный расчет в этом роде.

## ОТ ЗЕМЛИ ДО СОЛНЦА

Что может быть нежнее и тоньше паутинной нити? Тонкость ее вошла в поговорку, и недаром: нить паутины в десять раз тоньше волоса; поперечник ее равен только 0,005 мм. Этой необычайной тонкостью объясняется легкость паутины, потому что сам по себе материал ее не так уж легок. Удельный его вес, т. е. вес 1 куб. см, составляет 1 г; значит, паутина тяжелее дубовой древесины, и только своей исключительной тонкости обязана она тем, что весит так ничтожно мало. Теперь мы сообщали читателю все данные для решения следующей интересной задачи (придуманной нашим известным физиком А. В. Цингером):

«Сколько весила бы паутина, протянутая от земли до солнца, т. е. на расстоянии 150 млн. км?»

Ответить, даже приблизительно, на этот вопрос, не производя расчета, едва ли кому удастся: расстояние до солнца слишком огромно, а паутина чересчур тонка, чтобы возможно было предугадать ответ. Произведем же выкладки; они те же, что и для телеграфной проволоки предыдущей задачи.

Найдем площадь разреза паутины, зная, что диаметр ее равен 0,005 мм, или 0,0005 см.



Рис. 4. Можете ли вы рассчитать, сколько должна весить паутинная нить, протянутая от земли до солнца?

$$3,14 \times 0,00025^2 = \text{около } 0,0000002 \text{ кв. см.}$$

Длина паутиной нити:

$$150\,000\,000 \text{ км} = 15\,000\,000\,000\,000 \text{ см.}$$

Отсюда определится объем всей нити:

$$0,0000002 \times 15\,000\,000\,000\,000 = 3\,000\,000 \text{ куб. см.}$$

Мы знаем, что 1 куб. см материала паутиной нити весит 1 г; поэтому вес нашей воображаемой паутины

$$3\,000\,000 \text{ г} = 3\,000 \text{ кг} = 3 \text{ т.}$$

Итак, паутиная нить, протянутая от земли до самого солнца, весила бы только 3 т! Ее можно было бы увезти на хорошем грузовике.

## ЗАГЛЯНУТЬ ВНУТРИ ОТЛИВКИ

Знание удельного веса дает возможность, не распиливая изделия, как бы заглянуть внутрь него и установить, есть ли в нем пустоты, или же оно сплошное. Приведем пример.

Пусть у вас в руках медное изделие, — скажем статуэтка, — и вы желаете узнать: сплошная она или внутри нее имеется полость? Просверливать, вообще повреждать статуэтку вы не желаете, конечно. Как поступить?

Прежде всего нужно определить *объем* статуэтки. Для этого наливаем в прямоугольную банку воды, замечаем высоту уровня и погружаем нашу статуэтку: по повышению уровня воды легко вычислить объем изделия. Пусть ширина банки 12 см, длина 15 см, а уровень воды поднялся на 1,5 см. Тогда объем воды, вытесненной изделием, равен  $10 \times 15 \times 1,5 = 270$  куб. см. Но эта прибавка есть, конечно, объем статуэтки. 1 куб. см меди весит около 9 г. Поэтому, если бы вещь была сплошная, она весила бы примерно

$$270 \times 9 = 2\,430 \text{ г.}$$

Теперь вы обращаетесь к весам (без которых в данном случае обойтись нельзя) и узнаете, что в действительности статуэтка весит всего 2 200 г, т. е. на 230 г меньше. Это показывает, что внутри нее имеется одна или несколько полостей, общий объем которых равен объему недостающих 230 г меди. Какой объем занимают 230 г меди? Мы узнаем это, разделив 230 на 9. Получим  $25\frac{1}{2}$  куб. см.



Рис. 5. Простой способ определить объем статуэтки.

Таким образом, не повреждая статуэтки, мы узнали не только то, что статуэтка заключает внутри себя полость или несколько полостей, но определили даже и объем этих пустот — около 25 куб. см.

## КАКОЙ МЕТАЛЛ САМЫЙ ТЯЖЕЛЫЙ?

В обиходе свинец считается тяжелым металлом. Он тяжелее цинка, олова, железа, меди, но все же его нельзя назвать самым тяжелым металлом. Ртуть, жидкий металл,

тяжелее свинца; если бросить в ртуть кусок свинца, он не потонет в ней, а будет держаться на поверхности. Литровую бутылку ртути вы с трудом поднимете одной рукой: она весит без малого 14 кг. Однако и ртуть — не самый тяжелый металл: золото и платина тяжелее ртути раза в полтора.

Рекорд же тяжеловесности побивают редкие металлы — иридий и осмий: они почти втрое тяжелее железа и более чем в сто раз тяжелее пробки; понадобилось бы 110 обыкновенных пробок, чтобы уравновесить одну иридиевую или осмиевую пробку таких же размеров.

Приводим для справок табличку удельных весов некоторых металлов:

Цинк .....	7,1
Олово .....	7,3
Железо .....	7,8
Медь.....	8,9
Свинец.....	11,3
Ртуть.....	13,6
Золото.....	19,3
Платина.....	21,5
Иридий.....	22,4
Осмий.....	22,5

## КАКОЙ МЕТАЛЛ САМЫЙ ЛЕГКИЙ?

Техники называют «легкими» все те металлы, которые легче железа в два и более раз. Самый распространенный легкий металл, применяемый в технике, — алюминий, который легче железа втрое. Еще легче металл *магний*: он легче алюминия в 1½ раза. В последнее время техника стала пользоваться для изделий сплавом алюминия с магнием, известным под названием «электрона». Этот сплав,

по прочности не уступающий стали, легче ее в четыре раза. Самый же легкий из всех металлов — литий — в технике пока еще не применяется. Литий не тяжелее еловой древесины; брошенный в воду, он не тонет.

Если сравнить между собою самый тяжелый и самый легкий металлы — *иридий* и *литий*, то окажется, что первый весит больше второго в 40 с лишком раз.

Вот удельные веса некоторых легких металлов:

Литий.....	0,53
Калий.....	0,9
Натрий .....	1,0
Магний .....	1,7
Алюминий .....	2,7

## ДВЕ БОРОНЫ

Часто смешивают *вес* и *давление*, между тем это вовсе не одно и то же. Вещь может обладать значительным *весом* и все же оказывать на свою опору ничтожное *давление*. Наоборот, иная вещь при малом весе производит на опору большое давление. Из следующего примера вы сможете уяснить себе различие между весом и давлением, а заодно поймете и то, как нужно рассчитывать давление, производимое предметом на свою опору.

В поле работают две бороны одинакового устройства — одна о 20 зубьях, другая о 60. Первая весит вместе с грузом 60 кг, вторая — 120 кг. Какая борона работает глубже?

Легко сообразить, что глубже должны проникать в землю зубья той бороны, на которые напирает бóльшая сила. В первой бороне общая нагрузка в 60 кг распределяется на 20 зубьев; следовательно, на каждый зуб приходится нагрузка в 3 кг. Во второй бороне на каждый зуб приходит-