

Перельман Яков Исидорович

Физика на каждом шагу

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Я47

Я47 **Яков Исидорович П.**
Физика на каждом шагу / Перельман Яков Исидорович – М.: Книга по Требованию, 2023. –
192 с.

ISBN 978-5-521-27646-2

ISBN 978-5-521-27646-2

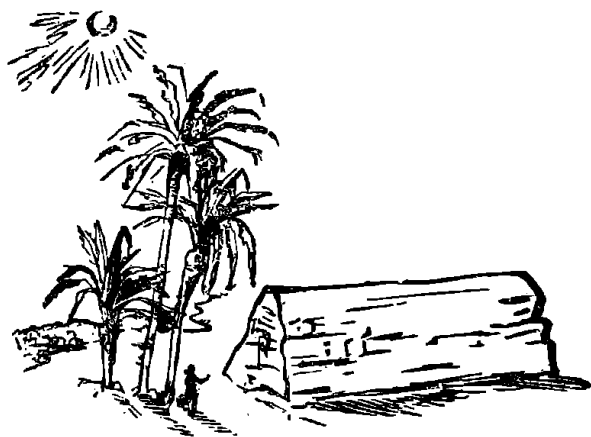
© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Задача Эдисона: как без орудий сдвинуть с места трехтонную гранитную скалу в 100 футов длины и 15 футов высоты.

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. Эти полсотни юношей подверглись 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:



Томас Эдисон (умер в 1931 г.).

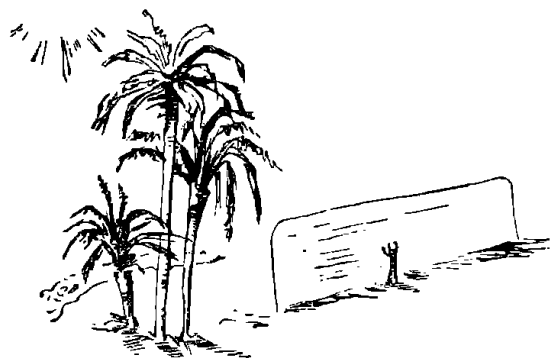
«Вообразите, что вы очутились на тропическом острове Тихого океана без всяких орудий. Как сдвинули бы вы там с места г уз

в 3 *т*, например гранитную глыбу в 100 футов длины и 15 футов высоты?»

Задача кажется неразрешимой. Что поделаешь голыми руками с грехотонной 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 об ее толщине в задаче ни слова не сказано. Почему Эдисон умолчал о ней? Не тут ли кроется разгадка?

Дознаемся же сами, какова должна быть толщина этой скалы. Прежде всего определим по весу ее объем. Скала гранитная, а сколько весит кубический метр гранита, мы можем узнать из спра-



Истинный вид скалы в задаче Эдисона.

вочника. В «таблице удельных весов» разных материалов находим, что удельный вес гранита 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 тонне — миллион граммов. Но если каждый кубический метр Эдисоновой глыбы весит 3 *т*, а в глыбе как раз 3 *т* веса, 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. 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 30×5 , т. е. на 150. Что же получится?

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: напереть 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 8 г, то вы сможете определить простым расчетом вес любого железного изделия, зная только его объем. Для этого вам не понадобится класть изделие на весы, а придется только умножить число кубических сантиметров его объема на 8. Часто даже и нельзя иначе узнать вес тела, как подобным расчетом, — например, когда требуется определить заранее, сколько будет весить изделие, еще не изготовленное, а только обозначенное на рабочем чертеже.

Или же 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! Найдем 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:

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

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 протянуть такой провод невозможно. Раз известно расстояние от Земли до Луны, задана толщина проволоки и имеется удельный вес материала, то все остальное можно просто выполнить 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 и равна 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 = 1 г; значит, паутина тяжелее дубовой древесины, и только своей исключительной тонкости обязана она тем, что почти ничего не весит. Теперь мы сообщили 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.

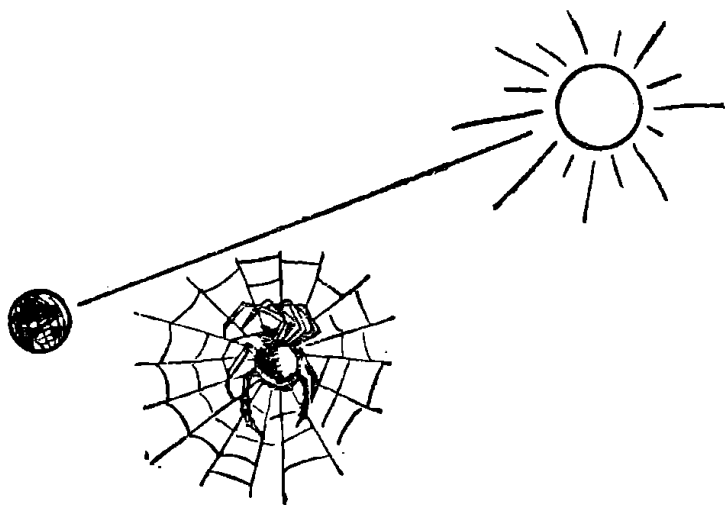
$$3,14 \times 0,0005^2 = 0,0000025 \text{ кв. см.}$$

Длина паутинной нити:

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

Отсюда определяется объем всей нити:

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



Сколько весила бы паутинная нить от Земли до Солнца?

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

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

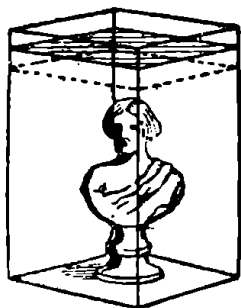
Итак, паутинная нить, протянутая от Земли до самого Солнца, весила бы только 3 т! Ее можно было бы увезти на хорошем грузовике.

ЗАГЛЯНУТЬ ВНУТРЬ 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 воду, замечаем высоту уровня и погружаем нашу статуэтку: по повышению уровня воды легко вычислить объем изделия. Пусть ширины банки 12 см, длина 15 см, а уровень воды поднялся на 1,5 см. Тогда объем воды, вытесненной изделием, равен $12 \times 15 \times 1,5 = 270$ куб. см. Но это есть конечно и объем статуэтки.



Как определить
объем изделия.

1 куб. см меди весит 9 г. Поэтому, если бы вещь была сплошная, она весила бы

$$270 \times 9 = 2430 \text{ г.}$$

Теперь вы обращаетесь к весам (без которых в данном случае обойтись нельзя) и узнаете, что в действительности статуэтка весит всего 2200 г. 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 $25\frac{1}{9}$.

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 считается тяжелым свинец. Он тяжелее цинка, олова, железа, меди, но все же его нельзя назвать самым тяжелым металлом. Ртуть, жидкий металл, тяжелее свинца; если бросить в ртуть сплошной 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 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.

Вот табличка 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, который легче алюминия в $1\frac{1}{2}$ 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 металл — 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 с 20 зубьях, другая с 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 большая 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 приходится всего $\frac{120}{60}$, т. е. 2 кг. Значит, хотя вторая борона в общем тяжелее первой, зубья ее должны уходить в почву мельче. Давление на каждый зуб у первой бороны больше, чем у второй.

КВАШЕНАЯ КАПУСТА

Рассмотрим еще один расчет давления.

Две кадки с квашеной капустой покрыты лежащими на капусте деревянными кругами с камнями. В одной кадке круг имеет в поперечнике 24 см и нагружен 10 кг; в другой поперечник круга равен 32 см, а груз — 16 кг. В какой кадке капуста находится под большим давлением?

Давление, очевидно, больше в той кадке, где на каждый квадратный сантиметр приходится больший груз. В первой кадке груз в 10 кг распределяется на площадь в $3,14 \times 12 \times 12 = 452$ см, и, значит, на 1 кв. см приходится $\frac{10\,000}{452}$, т. е. около 22 г. Во второй кадке давления на 1 кв. см составляет $\frac{16\,000}{804}$, т. е. менее 20 г.

Следовательно, в первой кадке капуста сдавлена сильнее.

Как различают вес и удельный вес, так следует отличать давление от удельного давления. Давление есть та сила, с которой тело надавливает на всю свою опору. «Удельное давление» есть давление на один квадратный сантиметр опоры. В примере с капустой давление камней есть 10 кг и 16 кг, удель-

ное же давление — 22 г и 20 г. Правило вычисления удельного давления очень просто: надо вес вещи разделить на число квадратных сантиметров в площади опоры. Зная это, вы сможете уже самостоятельно выполнять расчеты, относящиеся к давлению.

ТРАКТОР И ЛОШАДЬ

Известно, что тяжелый гусеничный трактор хорошо держится на таком рыхлом грунте, в котором увязают ноги лошадей и даже людей, гораздо более легких. Чем это объяснить?

После сказанного раньше вы без труда разберетесь в этом. Увязание в грунте зависит не от веса вещи, а от ее удельного давления, от той доли веса, которая приходится на квадратный сантиметр опоры. Огромный вес трактора распределяется на довольно большую поверхность его «гусениц», надетых на колеса. Поэтому на один квадратный сантиметр опоры трактора приходится сравнительно небольшой вес — около сотни граммов, не больше. Напротив, вес лошади и человека распределяется на небольшую площадь копыт или ступней, так что на квадратный их сантиметр приходится у лошади около 1200 г, а у человека — 500 г, т. е. гораздо больше, чем для трактора. Неудивительно, что человек и лошадь вдавливаются в почву глубже, чем тяжелый гусеничный трактор.

По той же причине не проваливается на рыхлом снегу человек на лыжах, хотя без лыж он на том же снегу удержаться не может.

ШИЛО И ЗУБИЛО

Почему шило вонзается глубже, чем зубило, когда на оба орудия напирают одинаково?

Причина — различие удельного давления. При напоре на шило вся сила сосредоточивается на очень небольшом пространстве его острия. При надавливании же на тупое зубило та же самая сила распределяется на гораздо большую поверхность. Пусть, например, шило соприкасается с материалом по поверхности в 1 кв. мм, а зубило — на пространстве в 1 кв. см. Если напор на каждый инструмент равен 1 кг, то под лезвием зубила материал испытывает давление в 1 кг на 1 кв. см, а под шилом — в $1:0,01=100$, т. е. 100 кг на 1 кв. см (потому что 1 кв. мм = 0,01 кв. см). А если

Давление под шилом в сотни раз сильнее, чем под зубилом, то ясно, почему шило вонзится глубже, чем зубило.

Вы поймете теперь, что, надавливая пальцем на иглу при шитье, вы производите очень сильное давление, несколько не меньшее, чем давление пара в ином паровом котле. В этом же и секрет режущего действия бритвы: легкий напор руки создает на тонком острей бритвы удельное давление в сотни килограммов — и волос срезается.

ДАВЛЕНИЕ НЕБОСКРЕБА

Высочайшая в Европе башня — Эйфелева в Париже — хотя и сооружена целиком из железа, весит много меньше, чем прославленные американские небоскребы, большею частью не столь высокие, как она. Причина та, что башня Эйфеля сквозная, ажурная, между тем как небоскребы — сплошные, массивные. Можно себе представить, какой чудовищный вес имеет подобное здание. Но если вы думаете, что и давление его на почву невообразимо велико, то ошибаетесь, — оно довольно умеренное. Мы имеем здесь в виду не общее давление всего здания, а, как и в прежних случаях, давление на 1 кв. см, т. е. удельное. Оно для небоскреба неожиданно мало. Вы поймете, в чем здесь дело, если прочтете следующий отрывок из книги американского писателя Бонда «Герои техники».

Описывается посещение строящегося небоскреба в Америке. Один из посетителей задает мастеру вопрос:

«— Какой предел высоты существует для небоскреба? В конце концов фундамент может ведь не выдержать его веса!

— Безусловно выдержит, — ответил мастер и стал искать наглядный пример. Вытащив из кармана маленький болт, он отвинтил гайку, измерил ее поверхность и нашел, что она равна около 6 кв. см. Тогда он положил гайку на землю и наступил на нее.

— Так. Теперь я оказываю на грунт не меньшее давление, чем весь небоскреб.

Мы смотрели на него с недоумением.

— Именно так, — продолжал он. — Я вешу 82 килограмма. Нагрузка в 82 килограмма на 6 квадратных сантиметров, сколько это составит на один квадратный сантиметр?