

Я.И. ПЕРЕЛЬМАН



НА КАЖДОМ  
ШАГУ

Веселые задачи.  
Простые, но каверзные.

# **Яков Исидорович Перельман**

## **Физика на каждом шагу**

*Текст предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=4560737](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=4560737)*

*Физика на каждом шагу / Я. И. Перельман.: АСТ, Астрель; Москва;*

*2013*

*ISBN 978-5-17-064875-7, 978-5-271-26970-7*

### **Аннотация**

Одно из лучших классических пособий по физике. Занимательные рассказы, поучительные опыты, интересные факты научат любознательного читателя замечать простейшие физические явления и понимать их природу.

# Содержание

Предисловие автора	4
Глава первая Немного механики	6
Скала Эдисона	6
От Москвы до Петербурга	12
От Земли до Солнца	15
Заглянуть внутрь отливки	17
Какой металл самый тяжелый?	20
Какой металл самый легкий?	21
Две бороны	22
Квашеная капуста	23
Трактор и лошадь	24
Шило и зубило	26
Давление небоскреба	27
В вагоне	30
На пароходе	31
Дорога	33
Две монеты	35
Из старинных книг	37
Конец ознакомительного фрагмента.	42

# Яков Исидорович Перельман Физика на каждом шагу

*Ловкость в производстве опытов не дается сама собою; она приобретается только трудом. Когда вы учитесь танцевать, ваши первые движения неуклюжи, и только путем упражнения 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 вступите 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.

Для второго издания текст книги пересмотрен и дополнен многочисленными вставками; все иллюстрации, помещенные в этом издании, – новые<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> То же касается и настоящего издания. – (Здесь и далее примеч. науч. ред.)

# 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:

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



Рис. 1. Томас Алва Эдисон (1847–1931), американский изобретатель и предприниматель

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 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 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.





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

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  $30 \times 5$ , т. е. на 150. Что же получится? Всего  $\frac{1}{150}$  м, или около 7 миллиметров.

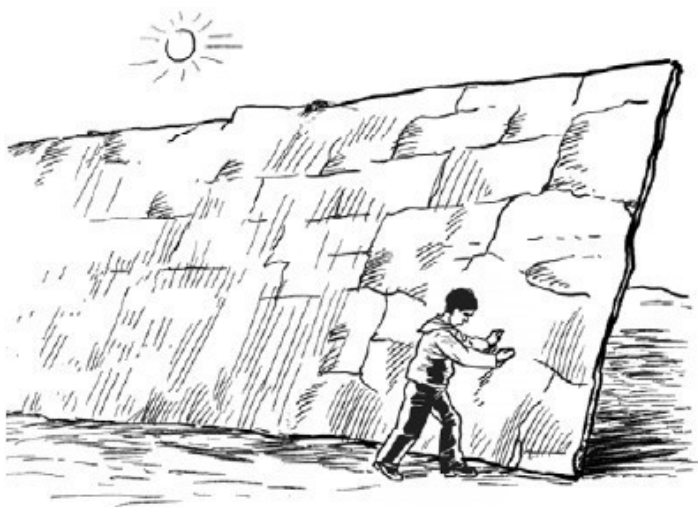


Рис. 3. Вот какова скала в задаче Эдисона

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 Петербурга

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 Петербургом? 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 сечения проволоки умножить на ее длину. Площадь сечения нашей проволоки есть

площадь кружка диаметром 4 мм, или 0,4 см. Она равна, как учит геометрия:

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

Длина же проволоки

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

Значит, объем проволоки

$$0,126 \times 65\,000\,000 = 8\,190\,000 \text{ см}^3,$$

а круглым счетом – 8 млн. см<sup>3</sup>. 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 Питером, 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 Зем-

ли 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 легкий. Удельный его вес, т. е. вес  $1 \text{ см}^3$ , составляет 1 г; значит, паутина тяжелее дубовой древесины, и только своей исключительной тонкости обязана она тем, что весит так ничтожно мало. 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.

$$3,14 \times 0,000\,025^2 = \text{около } 0,0000002 \text{ см}^2.$$

Длина паутиной нити:

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

Отсюда определяется объем всей нити:

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

Мы знаем, что  $1 \text{ см}^3$  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 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 воды и погружаем нашу статуэтку: по повышению уровня воды легко вычислить объем изделия. Пусть ширина банки 12 см, длина 15 м, а уровень воды поднялся на 1,5 см. Тогда объем воды, вытесненной изделием, равен  $12 \times 16 \times 1,5 = 270 \text{ см}^3$ . Но эта прибавка есть, конечно, объем статуэтки. 1 см<sup>3</sup> 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  $25 \frac{1}{2} \text{ см}^3$ .

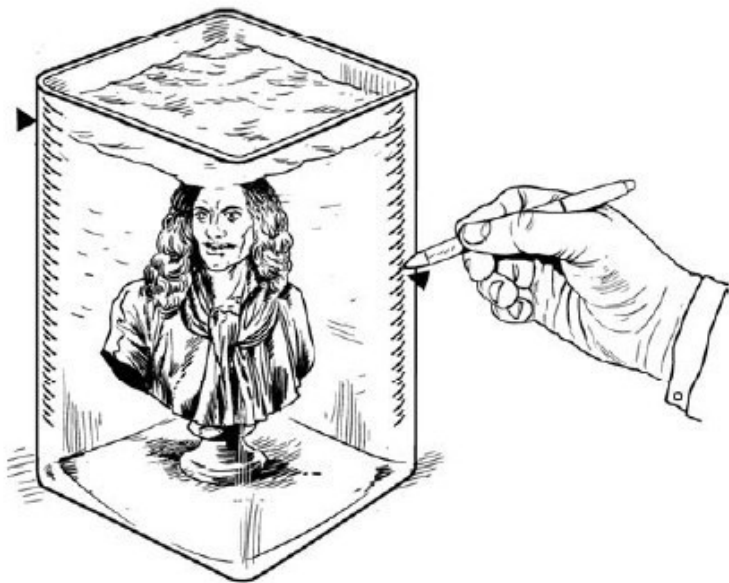


Рис. 4. Простой способ определить объем статуэтки

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  $25\text{ см}^3$ .

# 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 удельный вес 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 легковеснее металл магний: он легче алюминия в  $1\frac{1}{2}$  раза. В последнее время техника стала пользоваться для изделий сплавом алюминия с магнием, известным под названием «электрон». 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 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 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  $120/60$ , 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  $3,14 \times 10000 \times 12 \times 12 = 452$  см, и, значит, на  $1 \text{ см}^2$  приходится  $10\,000/452$ , т. е. около 22 г. Во второй кадке давление на  $1 \text{ см}^2$  составляет  $16000/804$ , т. е. менее 20 г. Следовательно, в первой кадке капуста сдавлена сильнее.

Следует отличать давление от силы давления. Давление есть та сила, с которой тело надавливает на один квадратный сантиметр опоры. В примере с капустой сила давления камней есть 10 кг и 16 кг, давление же –  $22 \text{ г/см}^2$  и  $20 \text{ г/см}^2$ . Зная это, вы сможете уже самостоятельно выполнять расчеты, относящиеся к давлению.

# Трактор и лошадь

*Тяжелый гусеничный трактор хорошо держится на таком рыхлом грунте, в котором увязают ноги лошадей и даже людей, гораздо более легких (рис. 5).*

*Чем это объяснить?*

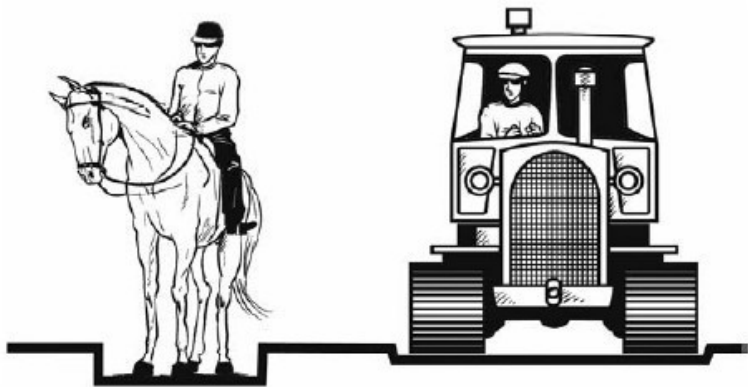


Рис. 5. Почему гусеничный трактор не проваливается там, где увязает лошадь?

После сказанного раньше вы без труда разберетесь в этом. Увязание в грунте зависит не от веса вещи, а от ее давления, от той доли веса, которая приходится на квадратный санти-



метр 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 1 200 г, а у человека – 500 г, т. е. гораздо больше, чем у трактора. Даже тяжелый военный танк давит на квадратный сантиметр с силою, лишь немного большею, чем человек: около 600 граммов.

Неудивительно, что человек и лошадь вдавливаются в почву глубже, чем гусеничный трактор.

По той же причине не проваливается на рыхлом снегу человек, идущий 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 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  $1 \text{ мм}^2$ , а зубило – на пространстве в  $1 \text{ см}^2$ . Если напор на каждый инструмент равен 1 кг, то под лезвием зубила материал испытывает давление в 1 кг на  $1 \text{ см}^2$ , а под шилом – в  $1 : 0,01 = 100$ , т. е. 100 кг на  $1 \text{ см}^2$  (потому что  $1 \text{ мм}^2 = 0,01 \text{ см}^2$ ). А если давление под шилом в сотню 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 большое 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 острие бритвы давление в сотни килограммов на  $\text{см}^2$  – 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. 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 и 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  $6 \text{ см}^2$ . 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?

– Около  $13 \frac{1}{2}$  килограммов.

– Правильно. И нью-йоркские строительные городские правила запрещают нагружать фундаменты больше чем  $13 \frac{1}{2}$  килограммами на квадратный сантиметр.

– Но ведь невероятно, чтобы квадратный сантиметр такого большого здания давил на грунт с силой не более  $13 \frac{1}{2}$  килограммов?

– Здание опирается на фундамент, распределяющий общий вес на огромную массу бетона. Под зданием 70 бетонных площадок, каждая до 6 метров шириною. Общий же вес сооружения будет около 120 000 тонн... Мы далеко еще не дошли до предела. Вычислено, что на фундаменте в 3 600 квадратных метров может быть построено здание в 150 этажей и 600 метров высоты; оно будет весить около 520 000 тонн».

Шестисотметрового небоскреба, заметим от себя, американцы еще не построили, но рекорд, поставленный знаменитой Эйфелевой башней высотой 300 метров, уже превзошли; в Нью-Йорке высятся уже два готовых небоскреба, поднимающих свою верхушку выше этого сооружения – один на 20 метров, другой на 80 метров<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> На 2007 г. 1-е место в мире по высоте держит канадская CN Tower, высота

---

которой 553,33 м. С нее в ясную погоду можно увидеть Ниагарский водопад.О-  
станкинская железобетонная телебашня в Москве имеет высоту 539 м.

## В вагоне

*Поезд идет со скоростью 36 км в час. Находясь в вагоне, вы подпрыгнули вверх и продержались в воздухе одну секунду. Опуститесь ли вы на то же место, откуда подпрыгнули, или нет? Если в другое место, то куда оно ближе – к передней или к задней стенке вагона?*

Как ни странно, но вы опуститесь как раз в то же самое место, откуда подпрыгнули, и вот почему: отделившись от пола и держась в воздухе, вы продолжаете по инерции двигаться вперед вместе с поездом и притом с тою же скоростью; пол под вами уносится вперед, но и вы мчитесь с такою же быстротою, оставаясь все время над тем местом, с которого вы подпрыгнули.

# На пароходе

*Двое играют в мяч на идущем пароходе. Один стоит на корме, другой – у носа. Кому труднее добросить мяч до партнера – стоящему на корме или стоящему у носа?*

И здесь, как в предыдущем случае, ответ неожиданный: ни один из игроков не имеет выгоды перед другим: обоим одинаково легко (или одинаково трудно) добрасывать мяч.



## Рис. 6

Это кажется на первый взгляд неправдоподобным: ведь мяч, брошенный к носу парохода, должен догонять стоящего там игрока, который несется вперед вместе с пароходом, напротив, мяч, брошенный к корме, летит к игроку, который несется ему навстречу. Безусловно так; но надо помнить и то, что к скорости мяча, брошенного от кормы к носу, прибавляется скорость парохода, а от скорости мяча, брошенного к корме, скорость парохода отнимается. Поэтому невыгода первого мяча смягчается, а выгода второго понижается, и оба мяча оказываются в одинаковых условиях.

Если бы это было не так, то стрелок, стреляющий в восточном направлении, в сторону вращения Земли, имел бы огромную выгоду перед тем стрелком, который посылает пулю на запад, против вращения Земли. На самом деле ничего подобного не наблюдается.



# Дорога

Телега вместе с кладью весит 500 кг. С какой силой должна тянуть лошадь, чтобы двигать эту телегу?

Конечно, необходимое усилие прежде всего зависит от скорости телеги: чем быстрее надо везти телегу, тем большая сила должна быть к ней приложена. Но это не значит, что самая слабая тяга достаточна для приведения телеги хотя бы в очень медленное движение.

Всем известно, что ребенок, как бы долго он ни тянул тяжело нагруженную телегу, не в силах сдвинуть ее с места. Какая же наименьшая сила необходима, чтобы привести телегу в движение и поддерживать это движение?

Опыт показывает, что необходимое усилие зависит от веса телеги и от состояния дороги. На хорошей асфальтовой мостовой надо тянуть телегу с силой, составляющей всего сотую долю веса телеги; на плохой же булыжной мостовой сила тяги должна составлять около одной тридцатой веса телеги. Поэтому, если вес нагруженной телеги 500 кг, то, чтобы ее везти по ровной асфальтовой дороге, достаточно усилия

$$500 \times 0,01 = 5 \text{ кг};$$

между тем, чтобы везти ту же телегу по ровной булыжной мостовой, потребуется сила примерно втрое больше – 15 кг.

Это значит, что на асфальтовой мостовой одна и та же лошадь может везти втрое больший груз, чем на булыжной.

Еще больше свезет та же лошадь на рельсовом пути – в 6 раз больший груз, чем на булыжной мостовой.

Отсюда ясно, какое большое хозяйственное значение имеет исправное состояние дорог в стране: хорошая дорога дает большую экономию сил.

Самой экономной дорогой является вода, даже тогда, когда мы не пользуемся ее течением.

## Две монеты

*Вы подняли вверх на одинаковую высоту две монеты – копеечную и пятикопеечную – и одновременно выпустили их из рук. Какая раньше ударится о пол? Монеты падают у вас ребром, легко разрезая воздух, поэтому его сопротивлением вы можете пренебречь.*

Принято думать, что тяжелые вещи падают быстрее легких (даже в пустоте). Поэтому на вопрос нашей задачи чаще всего отвечают так, что пятикопеечная монета достигнет пола раньше копеечной. Однако можно, даже и не делая опыта, показать, что этот ответ неверен.

Допустим в самом деле, что тяжелые вещи падают быстрее легких, и посмотрим, куда нас заведет такая мысль. Раз пятикопеечная монета падает быстрее копеечной, то как будут падать эти монеты, если их вместе склеить (например воском)? Вспомните, как вы ходите, когда ведете за руку своего малолетнего братишку: ваша ходьба замедляется медленным движением брата. Точно так же и копеечная монета будет замедлять падение пятикопеечной, и склеенные монеты должны падать медленнее, чем пятикопеечная сама по себе.

Что же получается? Шесть копеек падают медленнее пяти, тяжелая вещь медленнее легкой! А ведь начали, мы с того, что тяжелые вещи падают быстрее легких. Произошла пута-

ница, которая доказывает, что мы начали с ошибочной мысли.

Итак, неверно, будто тяжелые вещи падают скорее легких. Неужели же они падают медленнее? Посмотрим, куда заведет нас эта мысль. Опять вообразим, что мы склеили обе монеты. На этот раз копеечная, по-нашему быстрее падающая, должна будет уже не замедлять, а ускорять падение пятикопеечной, и обе вместе поэтому упадут быстрее, чем пятикопеечная сама по себе. Что же? Шесть копеек падают быстрее пяти, тяжелая вещь быстрее легкой! Опять путаница: ведь начали мы с того, что тяжелые вещи, наоборот, падают медленнее...

Вы видите, что одинаково ошибочно считать тяжелые вещи падающими быстрее или падающими медленнее, нежели легкие. Остается только одна возможность: и тяжелые и легкие вещи падают одинаково. Это и есть правильная мысль: все вещи падают с одинаковой быстротой (если воздух не мешает их свободному падению).

Значит, монеты наши упадут на пол одновременно. Легко убедиться в этом, проделав простой опыт; подняв обе монеты на одинаковую высоту, выроните их из рук одновременно: вы услышите не два удара, а один слитный звук (для отчетливости опыта необходимо, чтобы монеты падали на что-нибудь твердое).

## Из старинных книг

Рассуждение, за которым вы сейчас проследили, принадлежит гениальному ученому XVII века Галилею, тому самому, который первый доказал, что наша Земля не стоит на месте, а, подобно другим планетам, кружится вокруг своей оси и вокруг Солнца. Галилей был не только великий астроном, но и величайший физик, отец физической науки.

Вероятно, вам интересно будет прочитать подлинный отрывок из его книги, где он говорит о падении тел и где мысли, сейчас изложенные, установлены были впервые. Отрывок представляет спор между двумя учеными. Один держится старинного взгляда на падение вещей, взгляда, установленного древним мыслителем Аристотелем; учения Аристотеля слепо придерживались все ученые, жившие во времена Галилея. Другой участник спора – сам Галилей.



Рис. 7. Галилей, основатель физики

Итак, раскроем книгу великого основателя физики в про-

чем из нее две страницы:

«— Аристотель утверждает, что различные тела в одной и той же среде движутся с разной скоростью и так, что груз, больший в десять раз, движется вдесятеро скорее.

— Очень сомневаюсь в том, чтобы Аристотель когда-нибудь проверил на опыте, действительно ли два камня, из которых один вдесятеро тяжелее другого, если пустить их в одно и то же мгновение, например с высоты 100 локтей, — что такие два камня получают настолько различное движение, что по прибытии большего на место меньший пройдет лишь 10 локтей.

— По вашим словам, можно думать, что вы производили подобные опыты, иначе вы не говорили бы таким образом.

— Не производя таких опытов, мы можем путем одного лишь краткого рассуждения доказать невозможность того, чтобы больший груз двигался скорее, нежели меньший, если они состоят из одного и того же вещества. Если у нас имеются два тела, обладающие разными скоростями, и если мы их соединим, то ясно, что движущееся скорее получит замедление, а движущееся медленнее — ускорение. Согласны вы с этим?

— Этот вывод я нахожу совершенно правильным.

— Но если это верно и если бы было справедливо, что больший камень движется, например, со скоростью 8 локтей, а малый со скоростью 4 локтей, то оба вместе должны были бы, если их соединить,

обладать скоростью меньше, чем в 8 локтей. Но ведь оба камня вместе, конечно, больше, чем большой камень, обладавший скоростью в 8 локтей; и, стало быть, выходит, что больший камень (происшедший от соединения двух) будет двигаться медленнее, чем меньший, – а это противоречит вашему предположению. Вы видите, что из допущения, будто большее тело обладает большей скоростью, чем меньшее, я вас могу привести к выводу, что большее тело движется медленнее, чем меньшее.

– Я совсем смущен, потому что мне все-таки кажется, что меньший камень, соединенный с большим, увеличивает его вес, а потому должен увеличить также и его скорость или, по крайней мере, не уменьшать ее.

– Вы впадаете в новую ошибку: неверно, будто меньший камень увеличивает вес большего.

– Вот как? Это выходит за границы моего понимания!

– Вы все поймете, если я вас высвобожу из того заблуждения, в котором вы находитесь. Заметьте хорошо, что в данном вопросе надо различать, движется ли уже тело или находится в покое. Если мы положим камень на одну чашку весов, то от прибавки еще одного камня вес увеличится; даже от прибавления куска пакли он возрастает. Но если вы возьмете камень, связанный с паклей, и дадите ему возможность свободно падать с большой высоты, то, как вы думаете, будет ли пакля во время движения давить на камень и ускорять его движение, или же камень будет задерживаться в своем



движении, как бы поддерживаемый куском пакли? Мы ощущаем груз на наших плечах, если стараемся мешать его движению. Но если мы станем двигаться (вниз) с такую же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как может он давить и обременять нас? Не согласны ли вы, что это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-либо, кто бежит впереди нас с такую же скоростью, как и мы? Итак, вы должны вывести заключение, что при свободном падении малый камень не давит на большой и не увеличивает его веса, как это бывает при покое.

– Ну, а если бы большой камень покоился на меньшем?

– Тогда он должен был бы увеличить его вес, если бы скорость его была больше. Но мы уже нашли, что если бы меньший груз падал медленнее, то уменьшил бы скорость большого груза; следовательно, составная масса двигалась бы медленнее своей части, что противоречит вашему допущению. Итак, разрешите принять, что большие и малые тела равного удельного веса движутся с одинаковой скоростью».

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.