

РЫЧАГИ

О ВЗВЕШИВАНИИ МАМОНТА



Прежде чем отправить мамонта в пункт назначения, его нужно взвесить. Мне посчастливилось лично наблюдать за этим процессом в одной из деревень. Ствол дерева положили на большой валун точно по центру. Затем один конец ствола опустили на землю, так чтобы на него уселся мамонт. Стоило мамонту устроиться на своем конце ствола поудобнее, как на другой конец начали карабкаться обитатели деревни. Мало-помалу их конец ствола начал опускаться, а озадаченный мамонт при этом поднялся в воздух. Как мне сказали, когда ствол установится горизонтально, общий вес участников в процессе людей будет равен весу мамонта. Это звучало вполне логично.

ЗАКОН РЫЧАГА

Ствол дерева выступает в роли рычага, то есть простой перекладины, установленной на точку опоры или ось поворота. Если приложить силу к одному концу рычага, потянув или толкнув его, рычаг будет вращаться относительно точки опоры для создания полезного действия в другой точке. Прилагаемая сила называется *усилием*. Рычаг двигается в другой точке, чтобы поднять вес или преодолеть сопротивление, — и в том и в другом случае это *нагрузка*.

Точка приведения рычага в действие столь же важна, как усилие, которое вы к нему прилагаете. Меньшее усилие может передвинуть большую нагрузку, если приложить его на большем расстоянии от оси поворота; но в этом случае усилие преодолевает большую дистанцию. Как и в случае с наклонной плоскостью, вы выигрываете в силе, но проигрываете в расстоянии. Некоторые рычаги действуют с противоположным эффектом — обеспечивают выигрыши в расстоянии за счет применения большей силы.

В рычагах расстояния, преодоленные усилием и нагрузкой, зависят от того, насколько далеко от точки опоры они располагаются. Закон рычага, который связывает нагрузку и усилие, гласит, что при равновесии произведение усилия на расстояние от точки его приложения до точки опоры равно произведению нагрузки на ее расстояние от точки опоры.

ТОЧКА ОПОРЫ В ЦЕНТРЕ

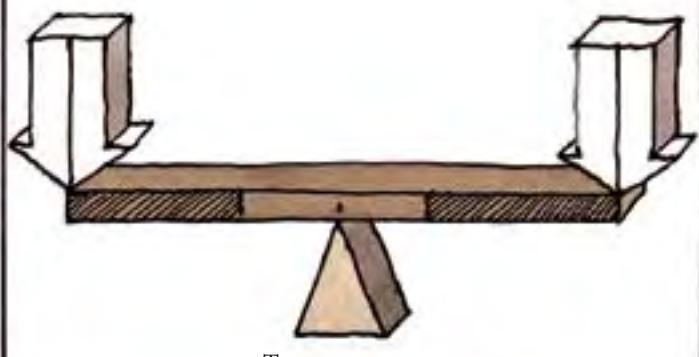
Усилие и нагрузка находятся на равном расстоянии от точки опоры. В этом случае нагрузка и усилие равны и преодолевают одинаковое расстояние вниз или вверх, пока рычаг уравновешивается.

НАГРУЗКА

Вес мамонта

УСИЛИЕ

Вес десяти человек



Точка опоры

Затем я заметил на площади второго, такого же крупного мамонта, которого собирались взвешивать, но людей в качестве противовеса в этот раз было гораздо меньше. Пока я наблюдал, подозревая, что сейчас случится катастрофа, валун перекатили ближе к тому концу ствола дерева, на котором, как предполагалось, будет сидеть мамонт. Как только мамонт занял свое место, на другой конец ствола вскарабкалась небольшая горстка людей. К моему удивлению, ствол дерева плавно принял горизонтальное положение. Как мне объяснили, длина ствола дерева от сидящих на нем людей до валуна, умноженная на их общий вес, равняется длине ствола дерева от мамонта до валуна, умноженной на его вес.

В самый разгар своих вычислений, имеющих целью подтвердить эту в высшей степени невероятную теорию, я услышал чей-то крик. Очевидно, не все обитатели деревни спрыгнули со ствола одновременно, и в результате один из них был невольно катапультирован. Я сделал для себя соответствующую пометку, думая, что однажды это может пригодиться.



РЫЧАГИ ПЕРВОГО РОДА

Существуют три основных типа рычагов. Все рычаги на этих двух страницах — первого рода. Это не значит, что они чем-то лучше остальных. Это просто такие рычаги, в которых точка опоры всегда располагается между точками приложения сил, то есть между нагрузкой и усилием.

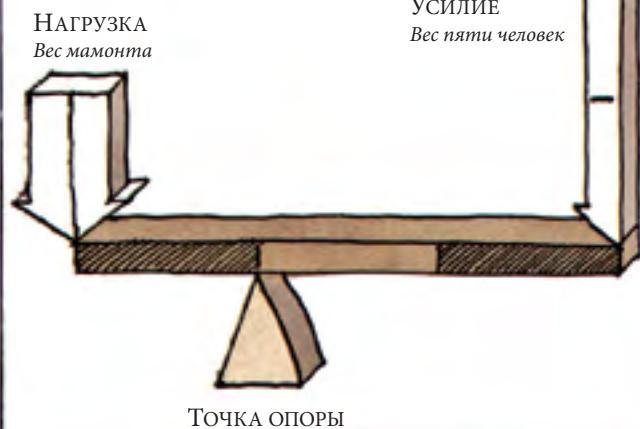
Если точка опоры расположена по центру — как на рисунке слева, — то точки приложения сил находятся на равном удалении от нее и прикладываемые силы равны. Вес людей такой же, как вес мамонта.

Однако если люди находятся от точки опоры в два раза дальше, чем мамонт — как на рисунке справа, — то, чтобы поднять мамонта, нужно в два раза меньше людей. А если бы люди находились от точки опоры в три раза дальше мамонта, то хватило бы в три раза меньше людей, и так далее, словно удлинение рычага увеличивает приложенную к нему силу.

Эти рычаги по взвешиванию мамонтов уравновешиваются, чтобы измерить вес, поэтому такой тип измерительных приборов называется весы. Когда рычаг опускается, сила, прикладываемая со стороны нагрузки, уравновешивает силу со стороны усилия, — это и есть вес. При действии многих других видов рычагов создается движение.

ТОЧКА ОПОРЫ СМЕЩЕНА ОТ ЦЕНТРА

Точка приложения усилия располагается в два раза дальше от точки опоры, чем нагрузка. Соответственно усилие преодолевает расстояние в два раза большее, чем нагрузка, но при этом оно в два раза меньше нагрузки.



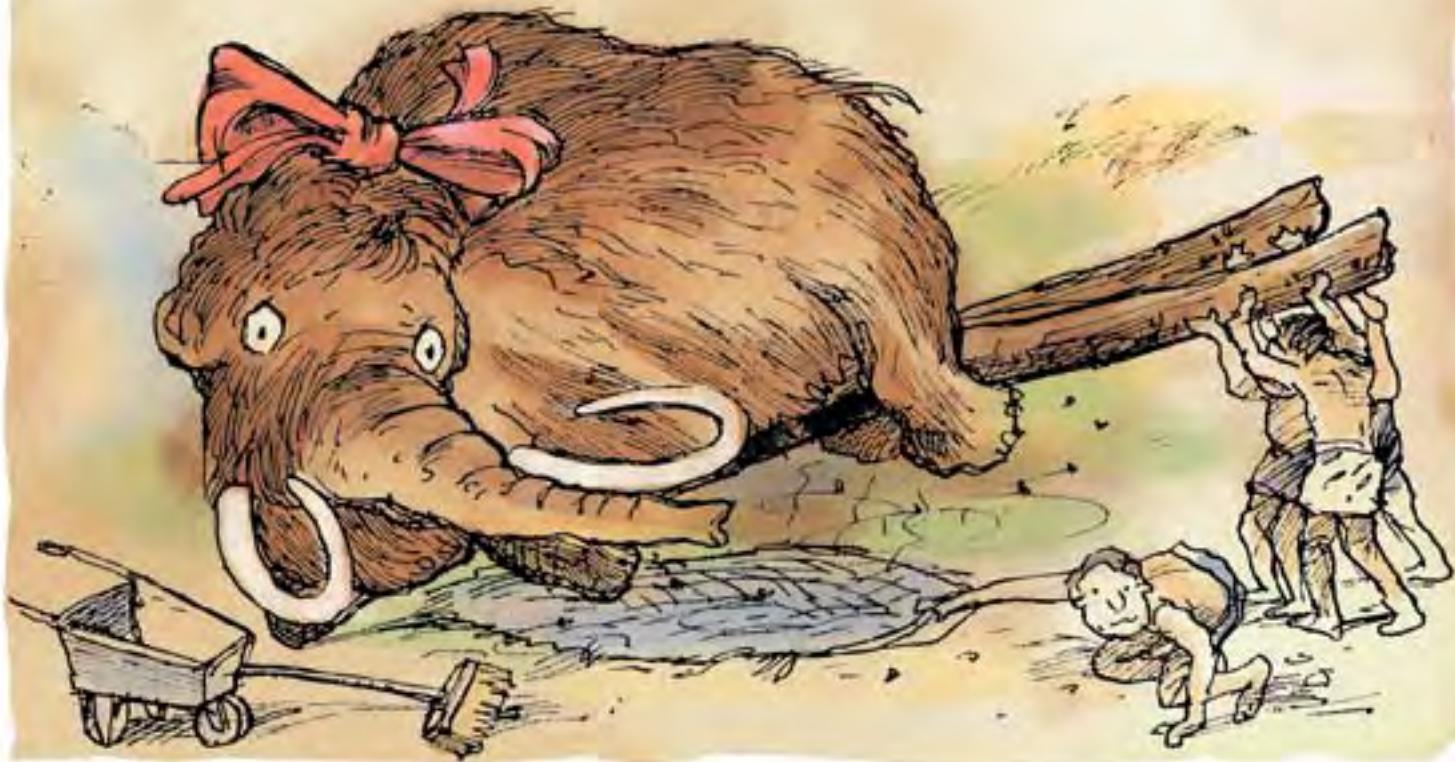
О МАМОНТАХ И ГИГИЕНЕ

В ходе своих исследований я обнаружил, что мамонты очень неприятно пахнут и этим запахом неизбежно пропитывается все вокруг них. Так что я с удовольствием наблюдал за тем, как служащие, следившие за загонами мамонтов, приучали своих подопечных к подстилкам и их регулярной смене.

Так как часто мамонт отказывался покидать подстилку, раз уж он на ней устроился, люди научились вытаскивать подстилки прямо из-под животных. Для

этого они аккуратно просовывали один конец срубленного ствола дерева под мамонта. Затем поднимали на достаточное расстояние другой конец ствола, благодаря чему мамонт приподнимался настолько, что из-под него можно было достать зловонную подстилку.

Легкость, с которой люди могли поднимать во столько раз превышающий их вес груз, была поразительной. Я также заметил, что во время процесса уборки неоценимую роль играют тачки.

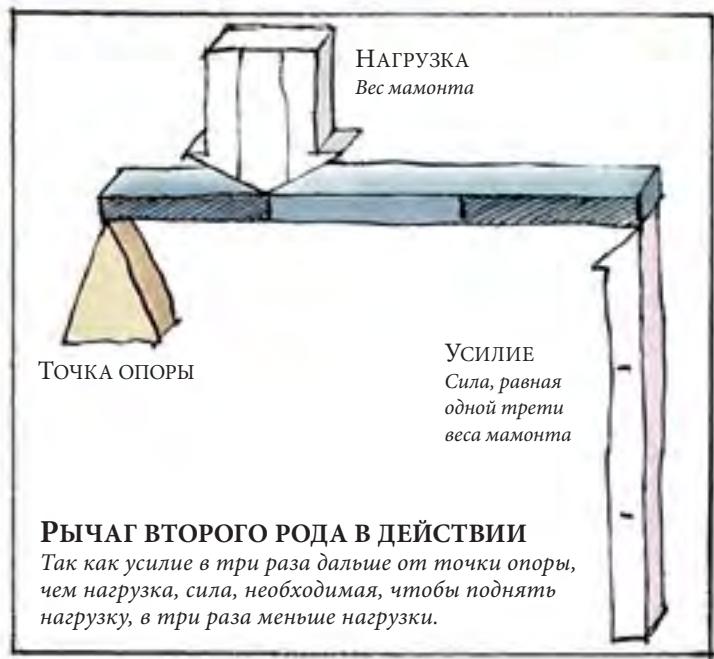


РЫЧАГИ ВТОРОГО РОДА

Как подъемник мамонта, так и тачка — это рычаги второго рода. В них точка опоры расположена на одном конце перекладины, а усилие прикладывается к другому концу. Нагрузка, которую необходимо поднять или преодолеть, находится между ними.

В рычаге этого типа усилие всегда прикладывается дальше от точки опоры, чем нагрузка. В результате нагрузка не может пройти то же расстояние, что и усилие, но сила, с которой она движется, всегда превышает усилие. Чем ближе к точке опоры расположена нагрузка, тем больше увеличивается ее сила и тем легче поднять груз. Рычаг второго рода всегда увеличивает силу, но уменьшает пройденное расстояние.

Принцип работы тачки такой же, как и у подъемника мамонта: она позволяет поднимать и перевозить тяжелый груз, при этом точкой опоры является ее колесо. Рычаги могут использоваться не только для поднятия предметов, но и для создания большого давления, прикладываемого к ним. В таком случае нагрузка — это сопротивление предмета давящей на него силе. Ножницы и щипцы для орехов (см. стр. 22) — примеры рычагов первого и второго рода. Это составные рычаги, то есть пары рычагов, соединенных в точке опоры.



РЫЧАГ ВТОРОГО РОДА В ДЕЙСТВИИ

Так как усилие в три раза дальше от точки опоры, чем нагрузка, сила, необходимая, чтобы поднять нагрузку, в три раза меньше нагрузки.

О ПОДРЕЗАНИИ БИВНЕЙ И СОПУТСТВУЮЩИХ СЛОЖНОСТЯХ

С огромным любопытством я наблюдал за тем, как мамонту в качестве меры предосторожности подрезают бивни, прежде чем отправить его в плавание. Было очевидно, что животному совсем не нравится то, как ему пилили, подрезали и шлифовали их. И только мне на ум пришла

старая поговорка о том, что гнев раздраженного мамонта уступает лишь ярости оскорбленной



РЫЧАГИ ТРЕТЬЕГО РОДА

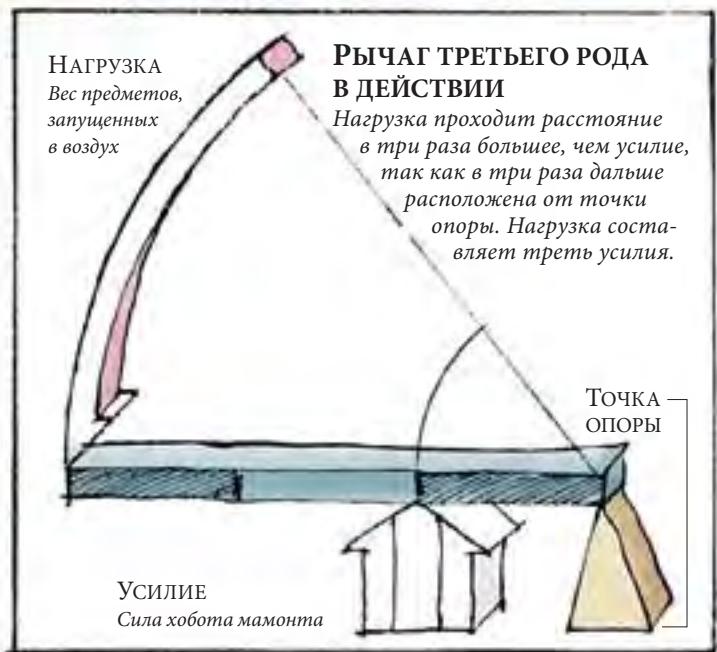
Увеличив свой хобот за счет бревна, мамонт стал в некотором роде напоминать такие безобидные устройства, как удочка или пинцет. Он стал гигантским рычагом третьего рода.

В данном случае точка опоры опять расположена на конце рычага, но теперь поменялись местами нагрузка и усилие. Нагрузка находится на самом большом расстоянии от точки опоры, а усилие прилагается между нагрузкой и точкой опоры. Так как нагрузка расположена дальше всего, она двигается с меньшей силой, чем усилие, но преодолевает пропорционально большее расстояние. Таким образом, рычаг третьего рода увеличивает расстояние, но уменьшает силу.

Точкой опоры здесь можно считать шею мамонта, и конец бревна проходит большее расстояние, чем хобот, удерживающий бревно. Сила, с которой бревно наносит удары, меньше, чем усилие хобота, но конец бревна движется быстрее, чем хобот, и этого достаточно, чтобы разбросать людей в разные стороны.

женщины, как неожиданно разозленное животное обхватило хоботом конец лежащего рядом бревна для взвешивания и начало размахивать им.

Во время последовавшего разрушения установки для подрезания бивней я успел отметить, что, хотя голова мамонта вращалась совсем немного, свободный конец бревна описывал гораздо более значительную траекторию, развивая потрясающую скорость.



РЫЧАГИ В ДЕЙСТВИИ



РЫЧАГИ ПЕРВОГО РОДА

<p>ВЕСЫ Предмет, вес которого нужно измерить, — это нагрузка, а гиря создает усилие. Они равны, так как находятся на одном расстоянии от точки опоры.</p>	<p>ГВОЗДОДЕР Усилие ручки увеличивается и вытаскивает гвоздь. Нагрузкой здесь является сопротивление гвоздя.</p>	<p>ПЛОСКОГУБЦЫ Плоскогубцы — это составной рычаг, то есть пара простых рычагов, соединенных в точке опоры. Нагрузка — сопротивление предмета захвату инструментом.</p>
<p>РЫЧАЖНЫЕ ВЕСЫ Точка опоры смешена относительно центра. Грузило передвигается по основанию, пока не уравновесит взвешиваемый объект.</p>	<p>РУЧНАЯ ТЕЛЕЖКА Небольшое усилие, прикладываемое к ручкам тележки, позволяет поднимать тяжелый груз.</p>	<p>НОЖНИЦЫ Ножницы — это составной рычаг первого рода. Они развивают мощное режущее действие очень близко к месту крепления. Нагрузка — сопротивление материала лезвиям.</p>

РЫЧАГИ ВТОРОГО РОДА

<p>ТАЧКА Небольшое усилие, приложенное к ручкам тачки, поднимает тяжелый груз, расположенный ближе к колесу.</p>	<p>ОТКРЫВАЛКА Давление на ручку преодолевает сопротивление крышки бутылки.</p>	<p>ЩИПЦЫ ДЛЯ ОРЕХОВ Щипцы для орехов — составной рычаг второго рода. Нагрузка — сопротивление скорлупы.</p>
---	---	--

РЫЧАГИ ТРЕТЬЕГО РОДА

МОЛОТОК



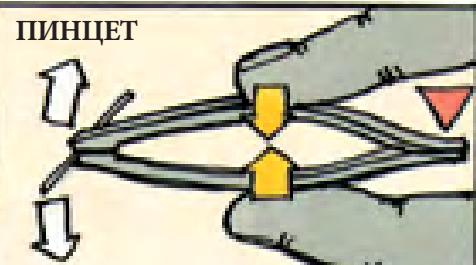
Молоток — рычаг третьего рода. Точка опоры здесь — плечевой сустав (рука — продолжение рукоятки), а нагрузка — сопротивление дерева. Во время удара по гвоздю головка молотка движется быстрее, чем рука с рукояткой.

УДОЧКА



Одна рука прикладывает усилие для движения удочки, вторая становится точкой опоры. Нагрузка — это вес рыбы, который поднимается на большую высоту легким движением руки.

ПИНЦЕТ



Пинцет — это составной рычаг третьего рода. На кончиках пинцета усилие меньше, чем со стороны пальцев, так что можно захватывать хрупкие предметы. Нагрузка — сопротивление предмета.

СОСТАВНЫЕ РЫЧАГИ

ЭКСКАВАТОР



Экскаватор — это комплекс из трех вращающихся рычагов — стрелы, ковша и рукояти, — установленный на гусеничную ленту. Весь комплекс поворачивается на платформе, а за счет совместной работы этих трех рычагов, приводимых в действие гидроцилиндрами (см. стр. 128–129), ковш

может занять любое положение. Стrelа экскаватора — это рычаг третьего рода, который поднимает или опускает рукоять. Рукоять — рычаг первого рода, который опускает и поднимает ковш. Сам ковш экскаватора — еще один рычаг первого рода, который роет яму и высыпает породу.

КУСАЧКИ ДЛЯ МАНИКЮРА

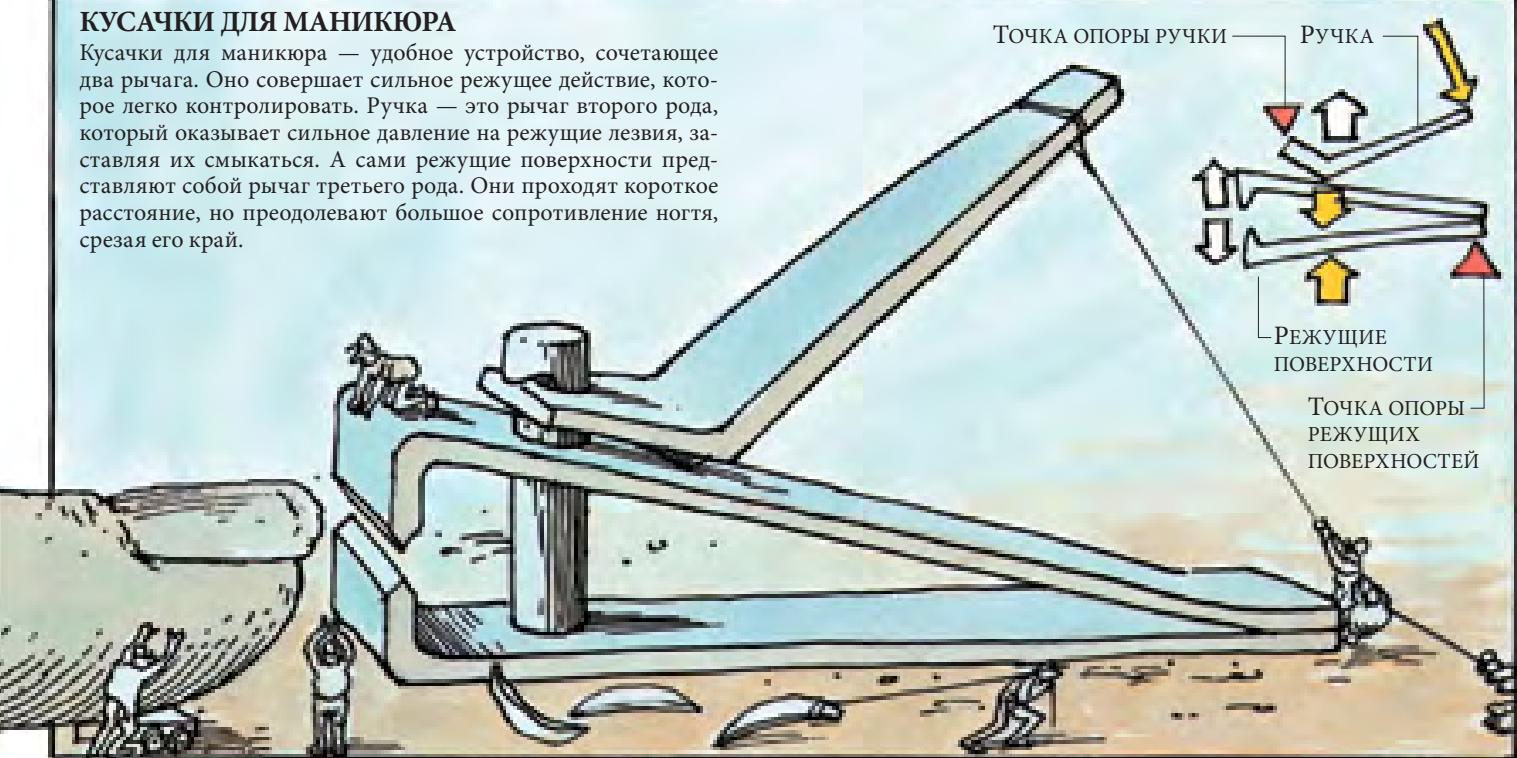
Кусачки для маникюра — удобное устройство, сочетающее два рычага. Оно совершает сильное режущее действие, которое легко контролировать. Ручка — это рычаг второго рода, который оказывает сильное давление на режущие лезвия, заставляя их смыкаться. А сами режущие поверхности представляют собой рычаг третьего рода. Они проходят короткое расстояние, но преодолевают большое сопротивление ногтя, срезая его край.

ТОЧКА ОПОРЫ РУЧКИ

РУЧКА

Режущие поверхности

ТОЧКА ОПОРЫ РЕЖУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ



УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕСА

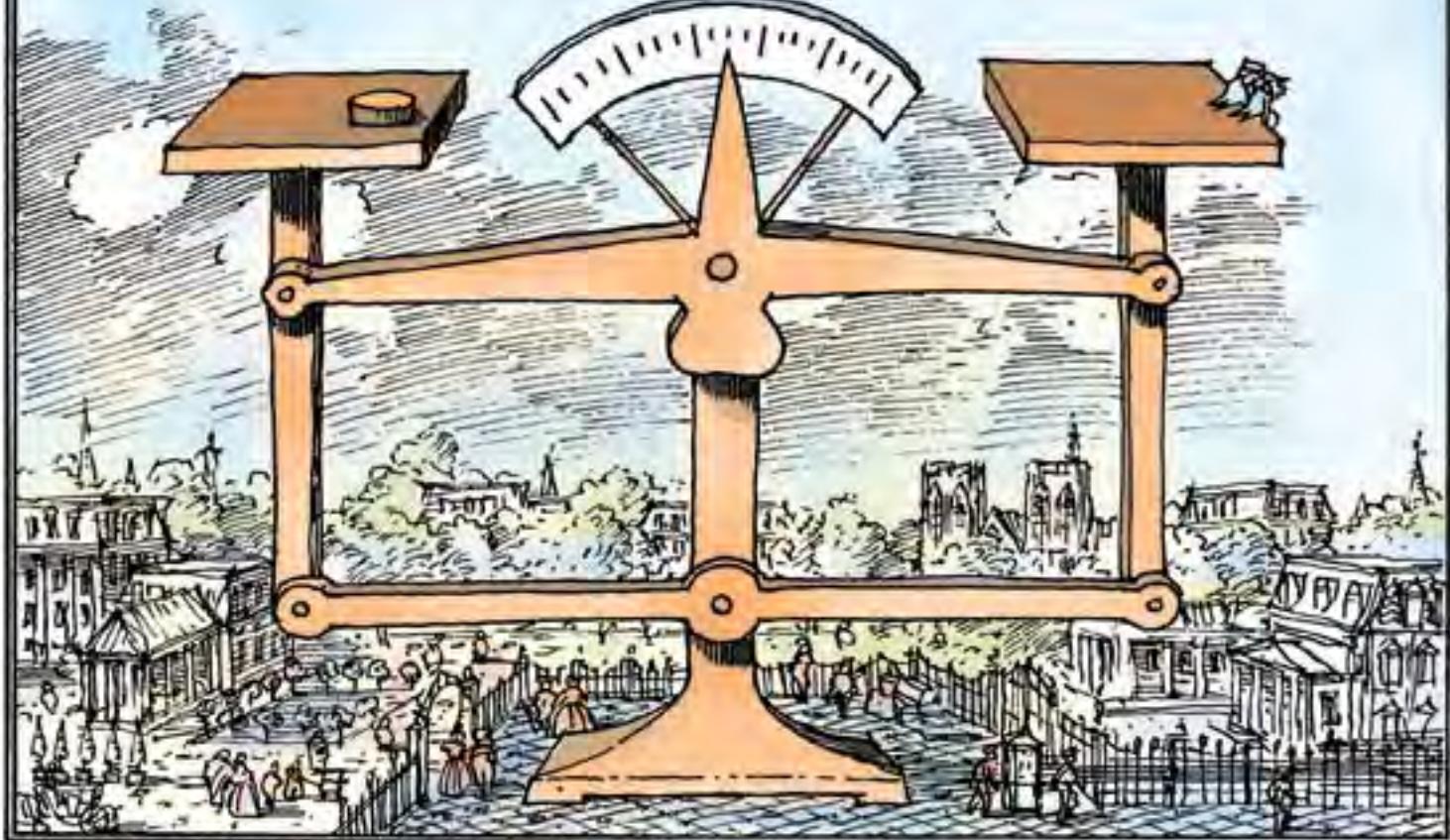
ЗАГАДКА РОБЕРВАЛЯ

В основе принципа действия обычных кухонных весов лежит загадка Робервала. В 1669 году французский математик Жиль Роберваль создал весы, состоящие из системы параллельных рычагов. В них чаши весов оставались в горизонтальном положении, а предметы, вес которых требовалось определить, можно было положить в любое место чаши весов, что никак не влияло на точность измерений.

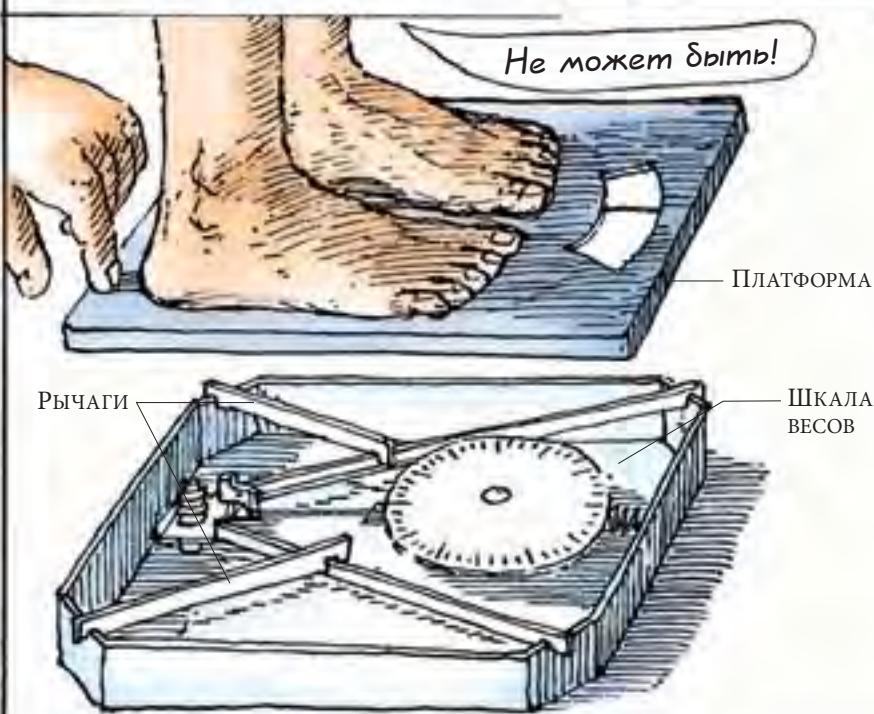
На первый взгляд кажется, что это противоречит закону рычага, — отсюда и «загадка». Но точкой приложения веса на рычаг здесь является точка основания чаши весов, а она постоянна.

Такие весы — это рычаг первого рода. Поскольку центры обеих чащ расположены на равном расстоянии от оси вращения, они уравновешиваются, когда вес на одной чаше равен весу на другой.

Принцип действия весов с подвесными чащами такой же.



Не может быть!

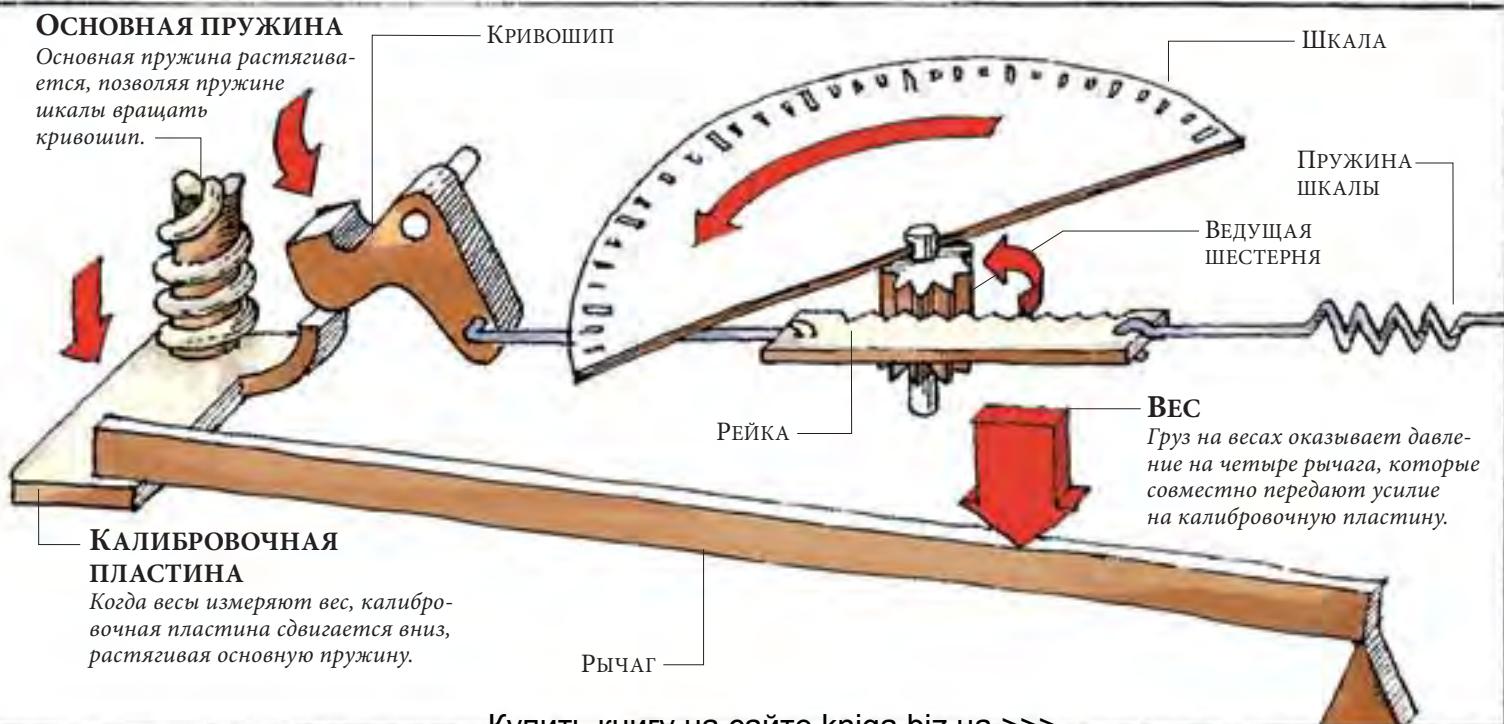
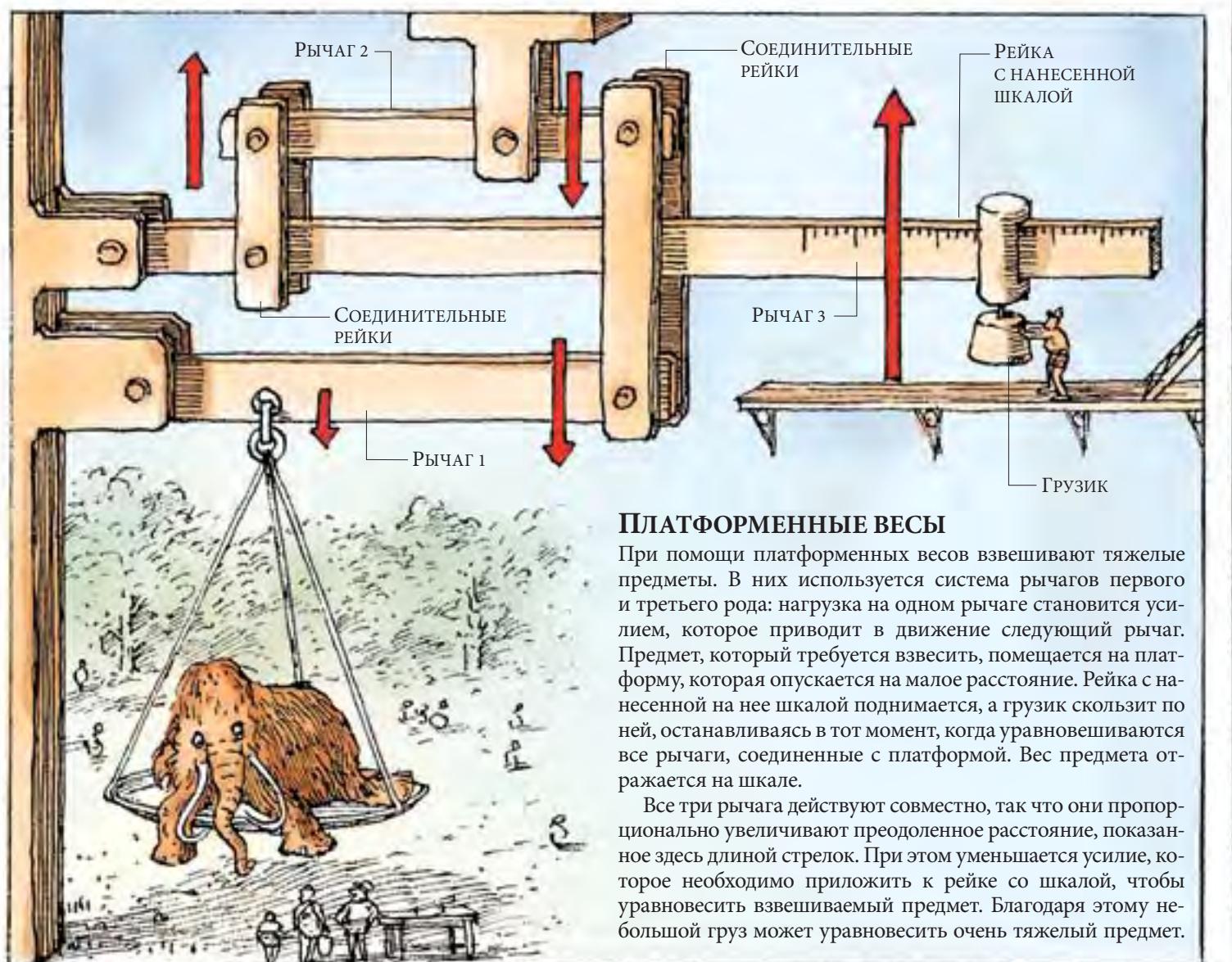


НАПОЛЬНЫЕ ВЕСЫ

Из соображений безопасности напольные весы лишь слегка опускаются, когда вы на них встаете. Их механизм усиливает это небольшое движение и поворачивает шкалу, которая показывает ваш вес.

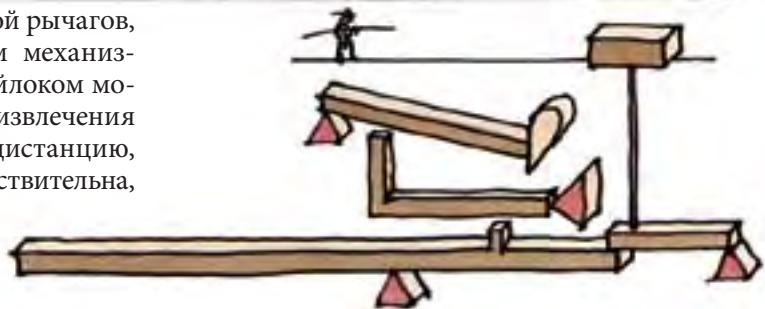
Система рычагов третьего рода, вращающаяся под платформой, передает ее движение на калибровочную пластину, опуская ее. Соединенная с ней мощная основная пружина растягивается прямо пропорционально вашему весу (см. стр. 78–79). Другая пружина, соединенная с механизмом шкалы, тянет кривошип — рычаг первого рода, и он поворачивается. Этот механизм имеет рейку и ведущую шестерню (см. стр. 37), которая поворачивает шкалу, показывающую ваш вес в окошке платформы.

Когда вы сходите с весов, основная пружина сжимается. За счет этого платформа приподнимается, а кривошип поворачивается, возвращая шкалу в исходное положение к нулю.



РОЯЛЬ

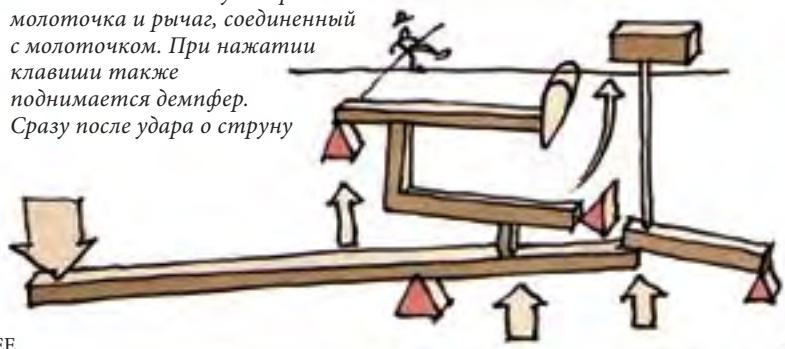
Каждая клавиша рояля соединена со сложной системой рычагов, которая называется фортепианным молоточковым механизмом. Рычаги передают движение пальцев на обитый войлоком молоточек, который ударяет по натянутой струне для извлечения звука. При этом молоточек проходит более длинную дистанцию, чем кончик пальца пианиста. Система рычагов очень чувствительна, что позволяет музыканту играть в быстром темпе и извлекать звуки в большом диапазоне частот.



ФОРТЕПИАННЫЙ МОЛОТОЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ В ДЕЙСТВИИ

При нажатии клавиши поднимает фигуру — промежуточный горизонтальный рычаг с насаженным на ось толкателем — шпиллером. Шпиллер заставляет подниматься стойку под роликом молоточка и рычаг, соединенный с молоточком. При нажатии клавиши также поднимается демпфер. Сразу после удара о струну

молоточек возвращается в исходное положение, позволяя струне вибрировать. После отпускания клавиши демпфер вновь падает на струну, прекращая звук.



- ЧАСТИ ФОРТЕПИАННОЙ МЕХАНИКИ**
1. Клавиша
 2. Фигура
 3. Шпиллер
 4. Ролик молоточка
 5. Повторяющий рычаг
 6. Молоточек
 7. Струна
 8. Демпфер
 9. Фенгер (останавливающее устройство)

РЫЧАГ С ЛИТЕРОЙ

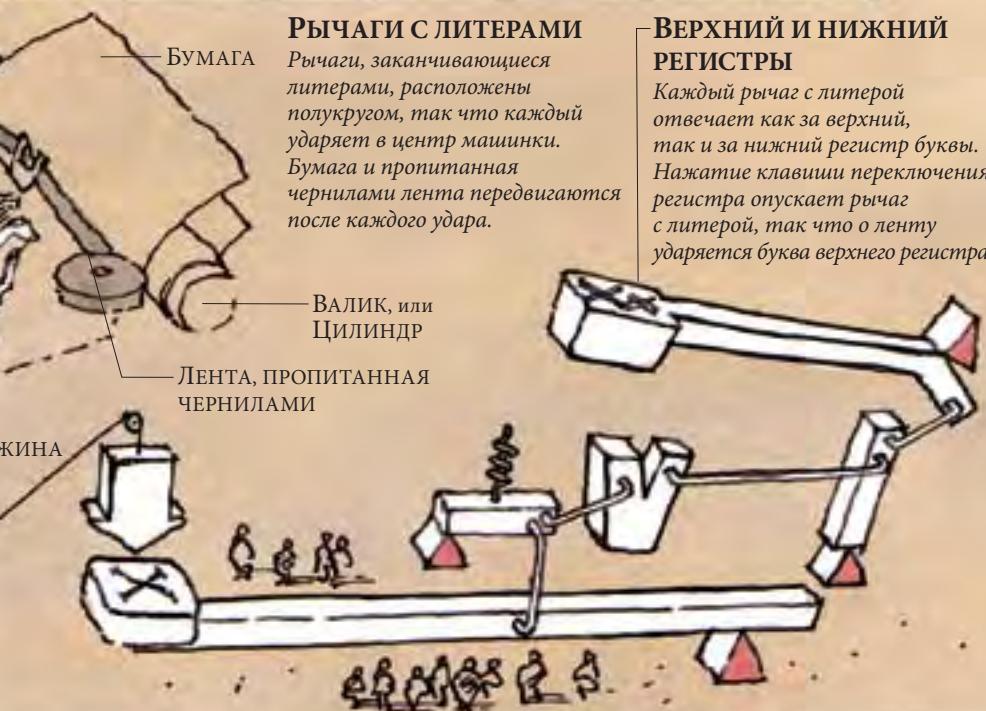


РЫЧАГИ С ЛИТЕРАМИ

Рычаги, заканчивающиеся литерами, расположены полукругом, так что каждый ударяет в центр машинки. Бумага и пропитанная чернилами лента передвигаются после каждого удара.

ВЕРХНИЙ И НИЖНИЙ РЕГИСТРЫ

Каждый рычаг с буквой отвечает как за верхний, так и за нижний регистр буквы. Нажатие клавиши переключения регистра опускает рычаг с буквой, так что одна буква ударяется в верхнем регистре.

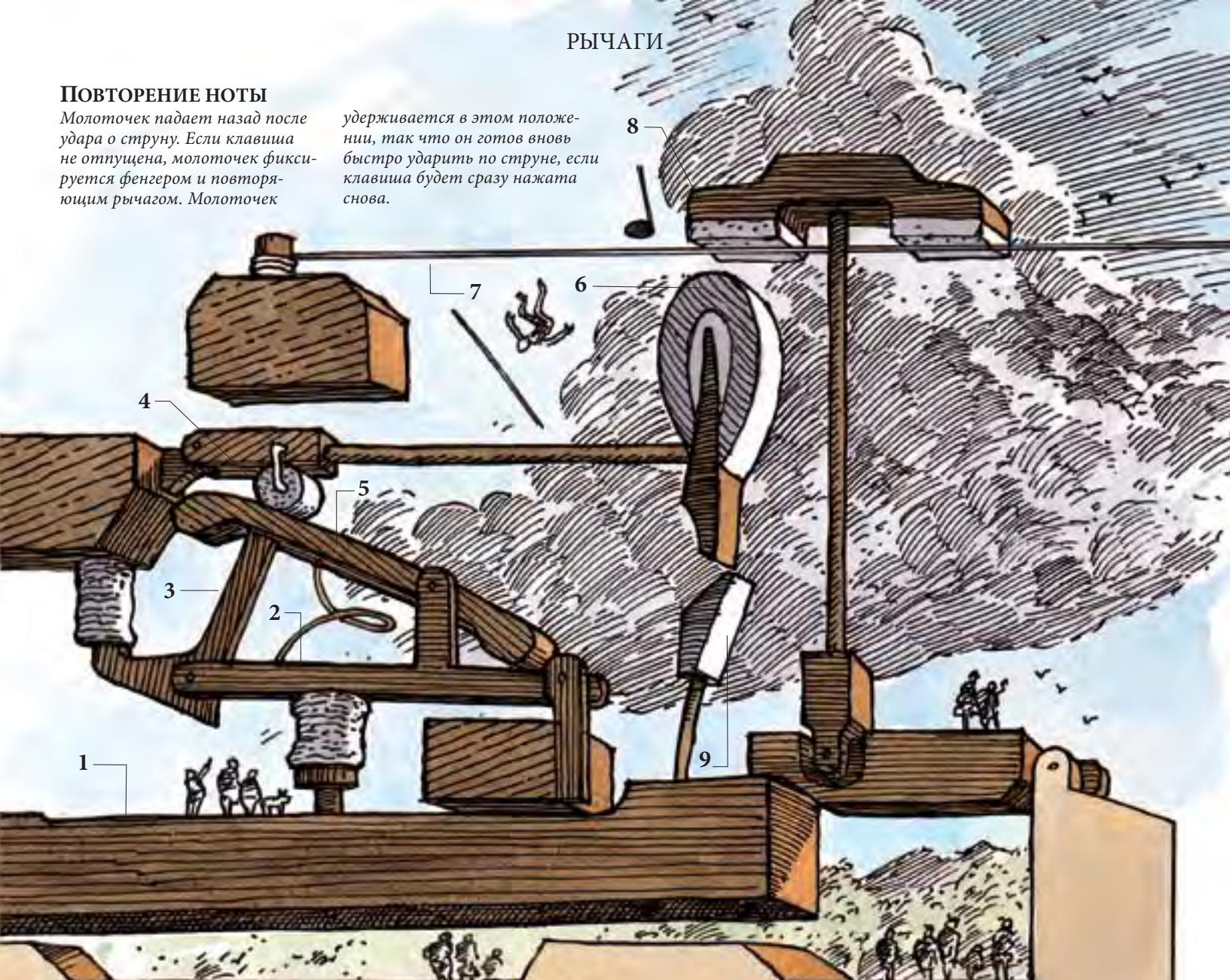


РЫЧАГИ

ПОВТОРЕНИЕ НОТЫ

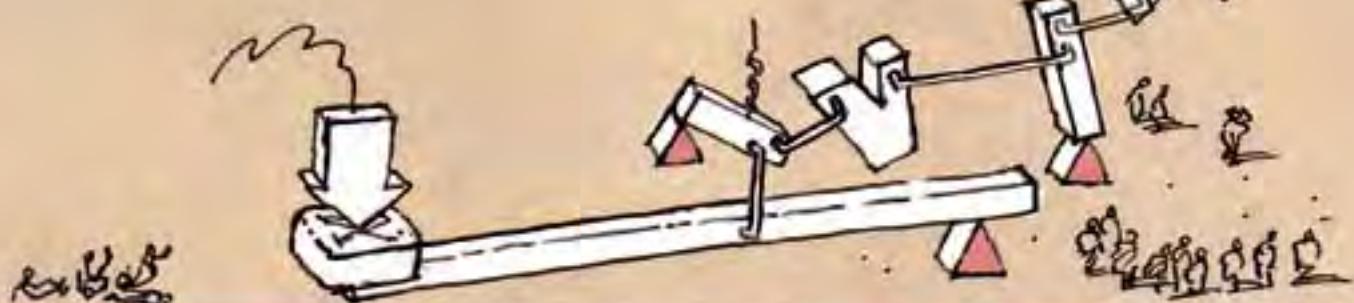
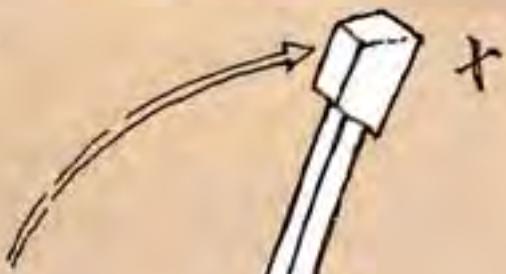
Молоточек падает назад после удара о струну. Если клавиша не отпущена, молоточек фиксируется фенгером и повторяющим рычагом. Молоточек

удерживается в этом положении, так что он готов вновь быстро ударить по струне, если клавиша будет сразу нажата снова.



ПИШУЩАЯ МАШИНКА

Как и фортепиано, механическая печатная машинка (ставшая теперь редкостью) имеет систему рычагов, которая преобразует легкий удар пальца по клавише в длинное движение вверх на конце рычага с литерой. Так как печатающий на машинке всегда играет *fortissimo*, сильно нажимая на клавиши, для соединения клавиши и литеры достаточно простой системы рычагов — в большинстве печатных машинок между клавишей и литературой использовалось по крайней мере пять рычагов.



ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ТОРМОЗ

Небольшое усилие рук может быстро свести на нет работу ног, когда вы едете на велосипеде. Тормоз на велосипеде состоит из системы трех рычагов. Они передают усилие, с которым рука сжимает тормозной рычаг, на тормозные колодки, а те, в свою очередь, сжимают обод велосипедных колес. Каждая ручка увеличивает усилие в несколько раз. Обычно два тормозных рычага прижимают тормозные колодки к ободу колеса, что создает трение (см. стр. 82), достаточное для замедления и остановки велосипеда.

Точка вращения

Тормозной тросик

ТОРМОЗНАЯ РУЧКА

Тормозная ручка тянет тросик, соединяющий ее с механизмом тормоза. Это рычаг второго рода. Конец ручки преодолевает расстояние большее, чем тросик, который натягивается с большей силой, чем усилие, прикладываемое рукой.

Тормозной рычаг

Точка вращения

Покрышка колеса

Тормозной рычаг

ТОРМОЗНЫЕ РЫЧАГИ

Тросик поднимается и притягивает два рычага (третьего и первого рода) друг к другу. Они передают увеличенную силу на тормозные колодки.

Тормозная колодка

Обод колеса

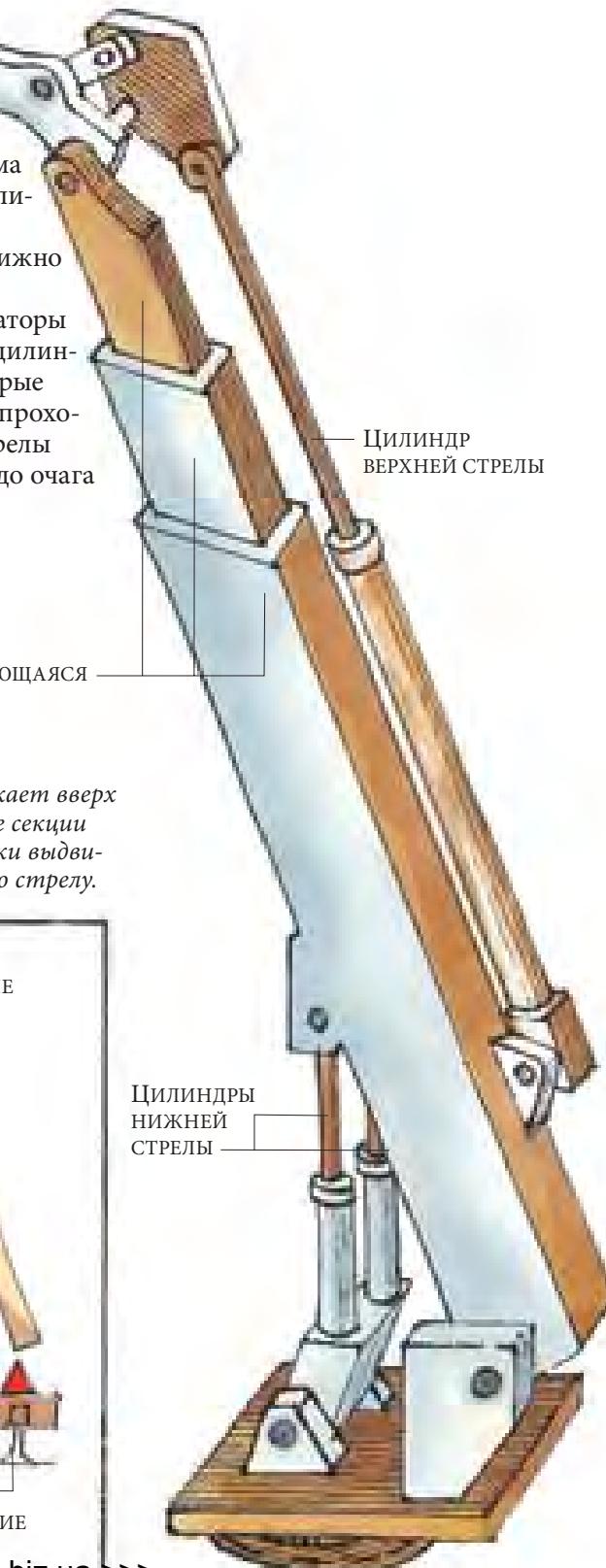
ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА



Иногда пожарные должны бороться с огнем на верхних этажах высоких зданий, а порой и спасать людей. Для подъема на большую высоту они используют гидравлическую платформу. Она состоит из кабины, закрепленной на конце системы из двух подвижно скрепленных стрел. Транспортное средство, несущее платформу, сначала опускает стабилизаторы для придания системе устойчивости. Затем гидроцилиндры (см. стр. 129) приводят в действие стрелы, которые являются рычагами третьего рода. Верхние концы проходят большее расстояние, чем цилиндры, так что стрелы могут телескопически выдвигаться, чтобы достать до очага пожара или людей, нуждающихся в помощи.

ВЕРХНЯЯ СТРЕЛА

Цилиндр, установленный на нижней стреле, втягивается и тянет за собой основание верхней стрелы. За счет этого усилия конец верхней стрелы идет вверх, поднимая кабину и пожарного на нужную высоту.



НИЖНЯЯ СТРЕЛА

Пара мощных цилиндров толкает вверх основание стрелы. Подвижные секции нижней стрелы телескопически выдвигаются и поднимают верхнюю стрелу.

