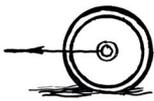


Простая наука для детей

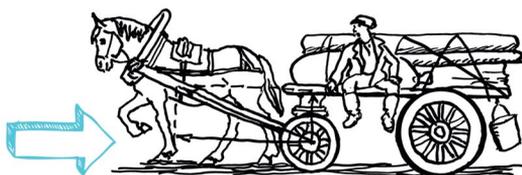
Яков Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ

ФИЗИКА 

И МЕХАНИКА

**Почему
переднее
колесо
выгодно делать
маленьким?**



**Сколько СИЛ
действует
на автомобиль?**



Что такое **ИНЕРЦИЯ**?

**Как
придать
ускорение?**



Кто лучше прыгает?

Автора

УДК 51
ББК 22.1я
П27

Перельман, Яков Исидорович.

П27 Занимательная физика и механика / Я. Перельман; Худ. Ю. Станишевский. — Москва: Издательство АСТ, 2019. — 237, [3] с.: ил. — (Простая наука для детей).

ISBN 978-5-17-098897-6.

Сколько сил действует на движущийся предмет? Ответить не сложно, если ты уже начал изучать физику и механику — один из ее разделов, посвященных изучению движения тел и их взаимодействия. Из этой книги ты узнаешь, что такое противодействие, как вычислить тягу, какой материал самый крепкий, что такое инерция, как измерить скорость дождя, почему деревья не растут до неба... и многое другое! Увлекательные задачи Якова Исидоровича Перельмана сделают науку простой и понятной.

Для среднего школьного возраста.

УДК 51
ББК 22.1я92



Глава первая ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

• Задача о двух яйцах

Держа в руках яйцо, вы ударяете по нему другим (рис. 1). Оба яйца одинаково прочны и сталкиваются одинаковыми частями. Которое из них должно разбиться: ударяемое или ударяющее?



Рис. 1. Которое яйцо сломается?

Вопрос поставлен был несколько лет назад американским журналом «Наука и изобретения».

Журнал утверждал, что, согласно опыту, разбивается чаще «то яйцо, которое *двигалось*», другими словами — яйцо *ударяющее*.

«Скорлупа яйца, — пояснялось в журнале, — имеет кривую форму, причем давление, приложенное при ударе к неподвижному яйцу, действует на его скорлупу снаружи; но известно, что, подобно всякому своду, яичная скорлупа хорошо противостоит давлению извне. Иначе обстоит дело, когда усилие приложено к яйцу *движущемуся*. В этом случае движущееся содержимое яйца напирает в момент удара на скорлупу *изнутри*. Свод противостоит такому давлению гораздо слабее, чем напору снаружи, и — проламывается».

Когда та же задача была предложена в распространенной ленинградской газете, решения поступили крайне разнообразные.

Одни из решающих доказывали, что разбиться должно непременно *ударяющее* яйцо; другие — что именно оно-то и уцелеет. Доводы казались одинаково правдоподобными, и тем не менее оба утверждения в корне ошибочны! Установить рассуждением, которое из соударяющихся яиц должно разбиться, вообще невозможно, потому что между яйцами ударяющим и ударяемым различия не существует. Нельзя сослаться на то, что ударяющее яйцо движется, а ударяемое неподвижно. Неподвижно — по отношению к чему? Если к земному шару, то ведь известно, что планета наша сама перемещается среди звезд, совершая десяток разнообразных движений; все эти движения «ударяемое» яйцо разделяет так же, как и «ударяющее», и никто не скажет, которое из них движет-

ся среди звезд быстрее. Чтобы предсказать судьбу яиц по признакам движения и покоя, понадобилось бы перевероршить всю астрономию и определить движение каждого из соударяющихся яиц относительно неподвижных звезд. Да и это не помогло бы, потому что отдельные видимые звезды тоже движутся, и вся их совокупность, Млечный Путь, перемещается по отношению к иным звездным вселенным.

Яичная задача, как видите, увлекла нас в бездны мироздания и все же не приблизилась к разрешению. Впрочем, нет, — приблизилась, если звездная экскурсия помогла нам понять ту важную истину, что движение тела без указания другого тела, к которому это движение относится, есть попросту бессмыслица. Одинокое тело, само по себе взятое, двигаться не может; могут перемещаться по крайней мере *два тела* — взаимно сближаться или взаимно удаляться. Оба соударяющихся яйца находятся в одинаковом состоянии движения: они взаимно сближаются, — вот все, что мы можем сказать об их движении. Результат столкновения не зависит от того, какое из них пожелаем мы считать неподвижным и какое — движущимся.

Триста лет назад впервые провозглашена была Галилеем относительность равномерного движения и покоя. Этот «принцип относительности классической механики» не следует смешивать с «принципом относительности Эйнштейна», выдвинутым только в начале этого столетия и представляющим дальнейшее развитие первого принципа.

• Путешествие на деревянном коне

Из сказанного следует, что состояние равномерного прямолинейного движения неотличимо от состояния неподвижности при условии обратного *равномерного* и прямолинейного движения окружающей обстановки. Сказать: «тело движется с постоянной скоростью» и «тело находится в покое, но все окружающее равномерно движется в обратную сторону» — значит утверждать одно и то же. Строго говоря, мы не должны говорить ни так, ни этак, а должны говорить, что тело и обстановка движутся одно относительно другого. Мысль эта еще и в наши дни усвоена далеко не всеми, кто имеет дело с механикой и физикой. А между тем она не чужда была уже автору «Дон-Кихота», жившему три столетия назад и не читавшему Галилея. Ею проникнута одна из забавных сцен произведения Сервантеса — описание путешествия прославленного рыцаря и его оруженосца на деревянном коне.

«— Садитесь на круп лошади, — объяснили Дон-Кихоту. — Требуется лишь одно: повернуть втулку, вделанную у коня на шее, и он унесет вас по воздуху туда, где ожидает вас Маламбумо. Но чтобы высота не вызвала головокружения, надо ехать с завязанными глазами.

Обоим завязали глаза, и Дон-Кихот дотронулся до втулки».

Окружающие стали уверять рыцаря, что он уже несется по воздуху «быстрее стрелы».

«— Готов клясться, — заявил Дон-Кихот оруженосцу, — что во всю жизнь мою не ездил я на коне с более спокойной поступью. Все идет, как должно идти, и ветер дует.

— Это верно, — сказал Санчо, — я чувствую такой свежий воздух, точно на меня дуют из тысячи мехов.

Так на самом деле и было, потому что на них дули из нескольких больших мехов».

Деревянный конь Сервантеса — прообраз многочисленных аттракционов, придуманных в наше время для развлечения публики на выставках и в парках. То и другое основано на полной невозможности отличить по механическому эффекту состояние покоя от состояния равномерного движения.

• **Здравый смысл и механика**

Многие привыкли противопоставлять покой движению, как небо — земле и огонь — воде. Это не мешает им, впрочем, устраиваться в вагоне на ночлег, ни мало не заботясь о том, стоит ли поезд, или мчится. Но в теории те же люди зачастую убежденно оспаривают право считать мчащийся поезд неподвижным, а рельсы, землю под ними и всю окрестность — движущимися в противоположном направлении.

«Допускается ли такое толкование здравым смыслом машиниста? — спрашивает Эйнштейн, излагая эту точку зрения. — Машинист возразит,

что он топит и смазывает не окрестность, а паровоз; следовательно, на паровозе должен сказаться и результат его работы, т. е. движение».

Довод представляется на первый взгляд очень сильным, едва ли не решающим. Однако вообразите, что рельсовый путь проложен вдоль экватора и поезд мчится на запад, против направления вращения земного шара. Тогда окрестность будет бежать навстречу поезду, и топливо будет расходоваться лишь на то, чтобы мешать паровозу быть увлекаемым назад, — вернее, чтобы помогать ему хоть немного отставать от движения окрестности на восток. Пожелай машинист удержать поезд совсем от участия во вращении Земли, он должен был бы топить и смазывать паровоз так, как нужно для скорости примерно две тысячи километров в час.

Впрочем, он бы и не нашел паровоза, подходящего для этой цели: только реактивные самолеты смогут развивать такую скорость.

Пока движение поезда остается вполне равномерным, собственно, нет возможности определить, что именно находится в движении и что в покое: поезд или окрестность. Устройство материального мира таково, что всегда во всякий данный момент исключает возможность абсолютного решения вопроса о наличии равномерного движения или покоя и оставляет место только для изучения равномерного движения тел *относительно* друг друга, так как участие наблюдателя в равномерном движении не отражается на наблюдаемых явлениях и их законах.

• Поединок на корабле

Можно представить себе такую обстановку, к которой иные, пожалуй, затруднятся практически применить принцип относительности. Вообразите, например, на палубе движущегося судна двух стрелков, направивших друг в друга свое оружие (рис. 2). Поставлены ли оба противника в строго одинаковые условия? Не вправе ли стрелок, стоящий спиной к носу корабля, жаловаться на то, что пущенная им пуля летит медленнее, чем пуля противника?

Конечно, по отношению к поверхности моря пуля, пущенная против движения корабля, летит медленнее, чем на неподвижном судне, а пуля, направленная к носу, летит быстрее. Но это нисколько не нарушает условий поединка: пуля,

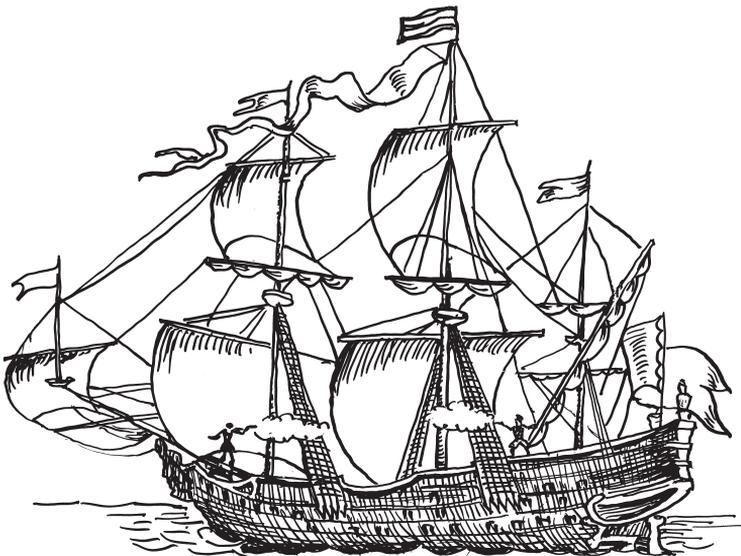


Рис. 2. Чья пуля раньше достигнет противника?

направленная к корме, летит к мишени, которая *движется ей навстречу*, так что при равномерном движении судна недостаток скорости пули как раз восполняется встречной скоростью мишени; пуля же, направленная к носу, *догоняет свою мишень*, которая удаляется от пули со скоростью, равной избытку скорости пули.

В конечном итоге обе пули по отношению к своим мишеням движутся совершенно так же, как и на корабле неподвижном.

Не мешает прибавить, что все сказанное относится только к такому судну, которое идет по прямой линии и притом с постоянной скоростью.

Здесь уместно будет привести отрывок из той книги Галилея, где был впервые высказан классический принцип относительности (книга эта едва не привела ее автора на костер инквизиции).

«Заключите себя с приятелем в просторное помещение под палубой большого корабля. Если движение корабля будет равномерным, то вы ни по одному действию не в состоянии будете судить, движется ли корабль, или стоит на месте. Прыгая, вы будете покрывать по полу те же самые расстояния, как и на неподвижном корабле. Вы не сделаете вследствие быстрого движения корабля больших прыжков к корме, чем к носу корабля, — хотя, пока вы находитесь в воздухе, пол под вами бежит к части, противоположной прыжку. Бросая вещь товарищу, вам не нужно с бóльшей силой кидать ее от кормы к носу, чем наоборот... Мухи будут летать во все стороны, не держась преимущественно той стороны, которая ближе к корме» и т. д.

Теперь понятна та форма, в которой обычно высказывается классический принцип относительности: «характер движения, совершающегося в какой-либо системе, не зависит от того, находится ли система в покое или перемещается прямолинейно и равномерно относительно земной поверхности».

- **Аэродинамическая труба**

На практике иной раз оказывается чрезвычайно полезным заменять движение покоем и покой движением, опираясь на классический принцип относительности. Чтобы изучить, как действует на самолет или на автомобиль сопротивление воздуха, сквозь который они движутся, обычно исследуют «обращенное» явление: действие движущегося потока воздуха на покоящийся самолет.

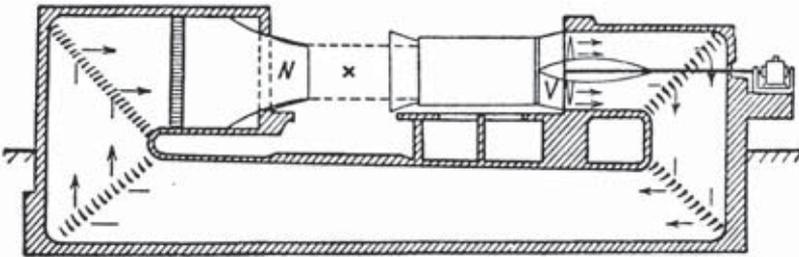


Рис. 3. Продольный разрез через аэродинамическую трубу. Модель крыла или самолета подвешивается в рабочем пространстве, отмеченном крестиком (x). Воздух, засасываемый вентилятором V, движется в направлении, указанном стрелками, выбрасывается в рабочее пространство через суживающийся насадок и затем опять засасывается в трубу.

В лаборатории устанавливают широкую аэродинамическую трубу (рис. 3), устраивают в ней ток воздуха и изучают его действие на неподвижно подвешенную модель аэроплана или автомобиля. Добытые результаты с успехом прилагают к практике, хотя в действительности явление протекает как раз наоборот: воздух неподвижен, а аэроплан или автомобиль прорезают его с большой скоростью.

В настоящее время существуют аэродинамические трубы настолько большого размера, что в них помещается не уменьшенная модель, а корпус самолета с пропеллером или автомобиль средней величины. Скорость воздуха в трубе можно довести до скорости звука.

• **На полном ходу поезда**

Другой пример плодотворного применения классического принципа относительности возьмем из железнодорожной практики. Тендер иногда пополняется водой на полном ходу поезда.

Достигается это остроумным «обращением» одного общеизвестного механического явления, а именно: если в поток воды погрузить отвесно трубку, нижний конец которой загнут против течения (рис. 4), то текущая вода проникает в эту так называемую «трубку Пито» и устанавливается в ней выше уровня реки на определенную величину H , зависящую от скорости течения. Железнодорожные инженеры «обратили» это явление: они двигают загнутую трубку в *стоячей* воде, — и вода

Направление движения поезда



Рис. 4. Как паровозы на полном ходу набирают воду. Между рельсами устроен длинный водоем, в который погружается из тендера труба. Вверху налево — трубка Пито. При погружении ее в текущую воду уровень в трубе поднимается выше, чем в водоеме. Вверху направо — применение трубки Пито для набора воды в тендер движущегося поезда.

в трубке поднимается выше уровня водоема. Движение заменяют покоем, а покой движением.

На станции, где тендер паровоза должен, не останавливаясь, запастись водой, устраивают между рельсами длинный водоем в виде канавы (рис. 4). С тендера спускают изогнутую трубу, обращенную отверстием в сторону движения. Вода, поднимаясь в трубе, подается в тендер быстро мчащегося поезда (рис. 4, вверху справа).

Как высоко может быть поднята вода этим оригинальным способом? По законам того отдела

механики, который носит название гидромеханики и занимается движением жидкостей, вода в трубке Пито должна подняться на такую же высоту, на какую взлетело бы вверх тело, подброшенное отвесно со скоростью течения воды; если пренебречь потерей энергии на трение, завихрения и т. д., то эта высота H определяется формулой

$$H = \frac{V^2}{2g},$$

где V — скорость воды, а g — ускорение силы тяжести, равное $9,8 \text{ м/с}^2$. В нашем случае скорость воды по отношению к трубе равна скорости поезда; взяв скромную скорость 36 км/час , имеем $V = 10 \text{ м/с}$; следовательно, высота поднятия воды

$$H = \frac{V^2}{2 \cdot 9,8} = \frac{100}{2 \cdot 9,8} \approx 5 \text{ м.}$$

Ясно, что каковы бы ни были потери, вызванные трением и другими, не принятыми во внимание обстоятельствами, высота поднятия достаточна для успешного наполнения тендера.

- **Как надо понимать закон инерции**

Теперь, после того как мы так подробно побеседовали об относительности движения, необходи-

¹ Здесь, как и в дальнейшем изложении, км/час обозначает километр в час, м/с соответственно обозначает метр в секунду, а м/с² — единицу ускорения, т. е. ускорение такого равнопеременного движения, при котором скорость изменяется на 1 м/с за 1 секунду.

мо сказать несколько слов о тех причинах, которые вызывают движение, — о силах. Прежде всего нужно указать на закон независимости действия сил. Он формулируется так: *действие силы на тело не зависит от того, находится ли тело в покое или движется по инерции, либо под влиянием других сил.*

Это — следствие так называемого «второго» из тех трех законов, которые положены Ньютоном в основу классической механики. Первый — закон инерции; третий — закон равенства действия и противодействия.

Второму закону Ньютона будет посвящена вся следующая глава, поэтому здесь мы скажем о нем всего лишь несколько слов. Смысл этого закона состоит в том, что изменение скорости, мерой которого служит ускорение, пропорционально действующей силе и имеет одинаковое с ней направление. Этот закон можно выразить формулой

$$F = m \cdot a,$$

где F — сила, действующая на тело; m — его масса и a — ускорение тела. Из трех величин, входящих в эту формулу, труднее всего понять, что такое масса. Нередко смешивают ее с весом, но в действительности масса и вес — совсем не одно и то же. Массы тел можно сравнивать по тем ускорениям, которые они получают под влиянием одной и той же силы. Как видно из только что написанной формулы, масса при этом должна быть тем больше, чем меньше ускорение, приобретенное телом под влиянием этой силы.

Закон *инерции*, хотя и противоречит привычным представлениям человека, не изучавшего физики, наиболее понятен из всех трех законов¹. Однако иные понимают его совершенно превратно. Именно, инерцию определяют нередко как свойство тел «сохранять свое *состояние*, пока внешняя причина не нарушит этого состояния». Такое распространенное толкование подменяет закон инерции законом причинности, утверждающим, что ничто не происходит (т. е. никакое тело не изменяет своего состояния) без причины. Подлинный закон инерции относится не ко всякому физическому состоянию тел, а исключительно к состояниям *покоя и движения*. Он гласит:

Всякое тело сохраняет свое состояние покоя или прямолинейного и равномерного движения до тех пор, пока действие сил не выведет его из такого состояния.

Значит, каждый раз, когда тело

- 1) приходит в движение;
- 2) меняет свое прямолинейное движение на непрямолинейное или вообще совершает криволинейное движение;
- 3) прекращает, замедляет или ускоряет свое движение, — мы должны заключить, что на тело действует *сила*.

¹ Противоречит он обыденным представлениям в той своей части, которая утверждает, что тело, движущееся равномерно и прямолинейно, не побуждается к этому никакой силой. Существует ошибочный взгляд, что раз тело движется, оно поддерживается в этом состоянии силой, а при отнятии силы движение должно прекратиться.

Если же ни одной из этих перемен в движении не наблюдается, то на тело никакая сила не действует, как бы стремительно оно ни двигалось. Надо твердо помнить, что тело, движущееся равномерно и прямолинейно, не находится вовсе под действием сил (или же все действующие на него силы уравниваются). В этом существенное отличие современных механических представлений от взглядов мыслителей древности и средних веков (до Галилея). Здесь обыденное мышление и мышление научное резко расходятся.

Сказанное объясняет нам, между прочим, почему *трение* о неподвижное тело рассматривается в механике как сила, хотя как будто никакого движения оно вызвать не может. Трение есть сила потому, что оно замедляет движение.

Подчеркнем же еще раз, что тела не *стремятся* оставаться в покое, а просто *остаются* в покое. Разница тут та же, что между упорным домоседом, которого трудно извлечь из квартиры, и человеком, случайно находящимся дома, но готовым по малейшему поводу покинуть квартиру. Физические тела по природе своей вовсе не «домоседы»; напротив, они в высшей степени подвижны, так как достаточно приложить к свободному телу хотя бы самую ничтожную силу, — и оно приходит в движение. Выражение «тело *стремится* сохранять покой» еще и потому неуместно, что выведенное из состояния покоя тело само собой к нему не возвращается, а напротив, сохраняет навсегда сообщенное ему движение (при отсутствии, конечно, сил, мешающих движению).

Неудачным также является часто встречающийся термин «тело противодействует приложенной силе». Ведь с одинаковым основанием можно было бы сказать, что чай в стакане противодействует тому, чтобы стать сладким, когда в нем размешивают сахар.

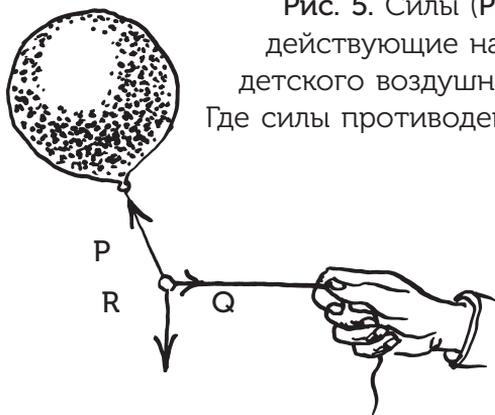
Немалая доля тех недоразумений, которые связаны с законом инерции, обусловлена этим неосторожным словом «стремится», вкравшимся в большинство учебников физики и механики. Не меньше трудностей для правильного понимания представляет *третий* закон Ньютона, к рассмотрению которого мы сейчас и переходим.

• **Действие и противодействие**

Желая открыть дверь, вы тянете ее за ручку к себе. Мышца вашей руки, сокращаясь, сближает свои концы: она с одинаковой силой влечет дверь и ваше туловище одно к другому. В этом случае совершенно ясно, что между вашим телом и дверью действуют две силы, приложенные одна к двери, другая — к вашему телу. То же самое, разумеется, происходит и в случае, когда дверь открывается не на вас, а от вас: силы расталкивают дверь и ваше тело.

То, что мы наблюдаем здесь для силы мускульной, верно для всякой силы вообще, независимо от того, какой она природы. Каждое усилие действует в две противоположные стороны; оно имеет, выражаясь образно, два конца (две силы): один приложен к телу, на которое, как мы говорим,

Рис. 5. Силы (P , Q , R), действующие на грузик детского воздушного шара. Где силы противодействующие?



сила действует; другой приложен к телу, которое мы называем *действующим*. Сказанное принято выражать в механике коротко — слишком коротко для ясного понимания — так: «*действие равно противодействию*».

Смысл этого закона состоит в том, что все силы природы — силы двойные. В каждом случае проявления действия силы вы должны представлять себе, что где-то в ином месте имеется другая сила, равная этой, но направленная в противоположную сторону. Эти две силы действуют непременно между двумя точками, стремясь их сблизить или растолкнуть.

Пусть вы рассматриваете (рис. 5) силы P , Q и R , которые действуют на грузик, подвешенный к детскому воздушному шару. Тяга P шара, тяга Q веревочки и вес R грузика — силы как будто одиночные. Но это лишь отвлечение от действительности; на самом деле для каждой из трех сил имеется равная ей, но противоположная по направлению сила. А именно, сила, противоположная силе P , приложена к нити, через которую

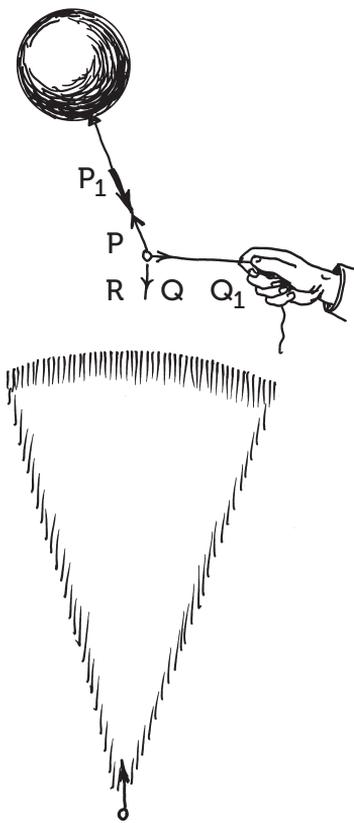


Рис. 6. Ответ на вопрос предыдущего рисунка: силы противодействующие: P_1 , Q_1 и R_1 .

она передается воздушно-му шарикку (рис. 6, сила P_1); сила, противоположная силе Q , действует на руку (Q_1); сила, противоположная силе R , приложена к Земле (сила R_1 , рис. 6), потому что грузик не только притягивается Землей, но и сам ее притягивает.

Еще одно существенное замечание. Когда мы спрашиваем о величине натяжения веревки, которая растягивается двумя силами в 1 кг, приложенными к концам веревки, мы спрашиваем в сущности о цене 10-копеечной почтовой марки. Ответ содержится в самом вопросе: веревка натянута с силой 1 кг. Сказать «веревка растягивается двумя силами в 1 кг» или «веревка подвержена натяжению в 1 кг» — значит выразить буквально одну и ту же мысль. Ведь другого

натяжения в 1 кг быть не может, кроме такого, которое состоит из двух сил, направленных в противоположные стороны. Забывая об этом, впадают нередко в грубые ошибки, примеры которых мы сейчас приведем.

• Задача о двух лошадях

Две лошади растягивают пружинные весы с силой 100 кг каждая (рис. 7). Что показывает стрелка весов?

РЕШЕНИЕ

Многие отвечают: $100 + 100 = 200$ кг. Ответ неверен. Силы по 100 кг, с которыми тянут лошади, вызывают, как мы только что видели, натяжение не в 200, а только в 100 кг.

Поэтому, между прочим, когда магдебургские полушария растягивались восемью лошадьми, которые тянули в одну сторону, и восемью — в противоположную, то не следует думать, что они растягивались силой шестнадцати лошадей. При отсутствии противодействующих восьми лошадей остальные восемь не произвели бы на полушария ровно никакого действия. Одну восьмерку лошадей можно было бы заменить просто достаточно устойчивой стеной.

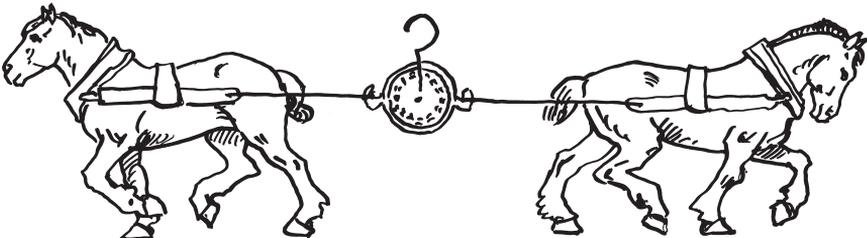


Рис. 7. Каждая лошадь тянет с силой 100 кг.
Сколько показывают пружинные весы?

• Задача о двух лодках

К пристани на озере приближаются две одинаковые лодки (рис. 8). Оба лодочника подтягиваются с помощью веревки. Противоположный конец веревки первой лодки привязан к тумбе на пристани; противоположный же конец веревки второй лодки находится в руках матроса на пристани, который также тянет веревку к себе.

Все трое прилагают одинаковые усилия.

Какая лодка причалит раньше?

РЕШЕНИЕ

На первый взгляд может показаться, что причалит раньше та лодка, которую тянут двое: двойная сила порождает большую скорость.

Но верно ли, что на эту лодку действует *двойная сила*?

Если и лодочник и матрос оба тянут к себе веревку, то *натяжение* веревки равно силе только *одного* из них — иначе говоря, оно такое же, как и для первой лодки. Обе лодки подтягиваются с равной силой и причалят *одновременно*¹.

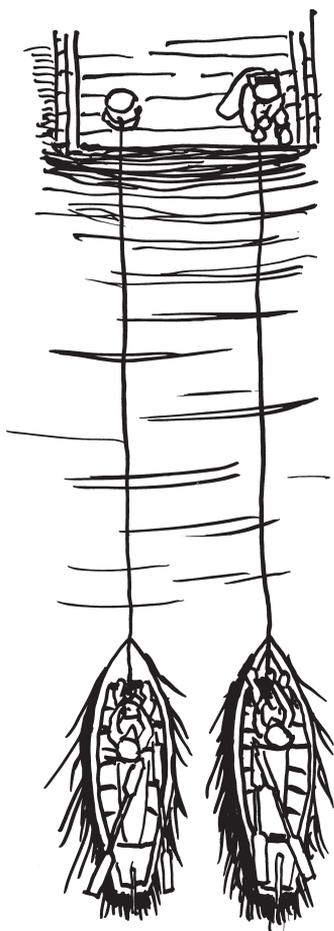


Рис. 8. Которая из лодок причалит раньше?

Содержание

Глава первая. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Задача о двух яйцах	3
Путешествие на деревянном коне	6
Здравый смысл и механика	7
Поединок на корабле	9
Аэродинамическая труба	11
На полном ходу поезда	12
Как надо понимать закон инерции	14
Действие и противодействие	18
Задача о двух лошадях	21
Задача о двух лодках	22
Загадка пешехода и паровоза	23
Странный карандаш	26
Что значит «преодолеть инерцию»	28
Железнодорожный вагон	29

Глава вторая. СИЛА И ДВИЖЕНИЕ

Справочная таблица по механике	30
Отдача огнестрельного оружия	33
Повседневный опыт и научное знание	36
Пушка на Луне	38
Выстрел на дне океана	40
Сдвинуть земной шар	43
Ложный путь изобретательства	47
Где центр тяжести летящей ракеты?	51

Глава третья. ТЯЖЕСТЬ

Свидетельства отвеса и маятника	53
Маятник в воде	60

На наклонной плоскости	61
Когда «горизонтальная» линия не горизонтальна . . .	63
Магнитная гора	68
Реки, текущие в гору	69
Задача о железном пруте	72

Глава четвертая. ПАДЕНИЕ И БРОСАНИЕ

Семимильные сапоги	74
Человек-снаряд	79
Рекорд бросания мяча	85
По хрупкому мосту	87
Три пути	90
Задача о четырех камнях	93
Задача о двух камнях	94
Игра в мяч	95

Глава пятая. КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Центростремительная сила	96
Первая космическая скорость	100
Простой способ прибавиться в весе	103
Небезопасный аттракцион	106
На железнодорожном закруглении	108
Дорога не для пешеходов	111
Наклонная Земля	112
Почему реки извиваются	114

Глава шестая. УДАР

Почему важно изучать явление удара	119
Механика удара	120
Изучите свой мяч	124
На крокетной площадке	129
«От скорости — сила»	131
Человек-наковальня	133

Глава седьмая. КОЕ-ЧТО О ПРОЧНОСТИ

Об измерении океанских глубин	136
Самые длинные отвесы	138
Самый крепкий материал	140
Что крепче волоса?	142
Почему велосипедная рама делается из трубок	143
Притча о семи прутьях	147

Глава восьмая. РАБОТА, МОЩНОСТЬ, ЭНЕРГИЯ

Чего многие не знают о единице работы	149
Как произвести килограммометр работы	151
Как вычислять работу	152
Тяга трактора	154
Живые и механические двигатели	154
Сто зайцев и один слон	158
Машинные рабы человечества	159
Отвешивание с «походом»	164
Задача Аристотеля	165
Упаковка хрупких вещей	168
Чья энергия?	169
Самозаводящиеся механизмы	172
Добывание огня трением	175
Энергия растворенной пружины	180

Глава девятая. ТРЕНИЕ И СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕДЫ

С ледяной горы	184
С выключенным мотором	186
Тележные колеса	187
На что расходуется энергия паровозов и пароходов?	188
Камни, увлекаемые водой	190

Скорость дождевых капель	193
Загадка падения тел.	198
Вниз по течению	202
Как руль управляет судном.	205
Когда дождь промочит сильнее?	206

Глава *десятая*. МЕХАНИКА В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Гулливер и великаны	210
Почему бегемот неуклюж	212
Строение наземных животных	214
Судьба вымерших чудовищ.	215
Кто лучше прыгает?	217
Кто лучше летает?	220
Безвредное падение.	222
Почему деревья не растут до неба.	223
Из книги Галилея	225