

**Я.И. ПЕРЕЛЬМАН**

**ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ  
ЭРУДИТА**

**ЧТО? ЗАЧЕМ? ПОЧЕМУ?**

Занимательная физика,  
механика, астрономия,  
математика, природа

Издательство АСТ  
Москва

УДК 087.5  
ББК 92  
П27

**Перельман, Яков Исидорович.**

П27 Занимательная энциклопедия эрудита = Что? Зачем? Почему? Занимательная физика, механика, астрономия, математика, природа / Я. И. Перельман. – Москва : Издательство АСТ, 2020. – 240 с. : ил.

ISBN 978-5-17-088392-9 (Занимательная энциклопедия эрудита)

ISBN 978-5-17-079397-6 (Что? Зачем? Почему?)

Юные читатели, перед вами замечательная книга, написанная специально для тех ребят, которые стремятся стать образованными, интересными и высокоэрудированными собеседниками. Издание откроет вам новое в мире естественных наук, а также объяснит явления, которые казались вам совершенно непонятными: что такое вечный двигатель, почему дует от закрытого окна, может ли лед не таять в кипятке, существует ли море, в котором нельзя утонуть, кто придумал слова «газ» и «атмосфера», сколько воздуха мы вдыхаем, что такое зрительный обман, как измерить глубину пруда без всяких приспособлений и многое-многое другое.

Кроме этого, в книге представлено большое количество развивающих задач и головоломок с подробным решением и объяснениями.

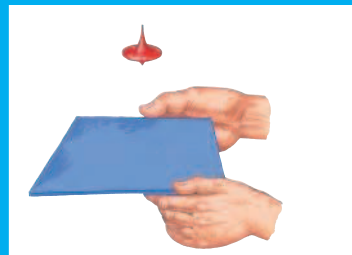
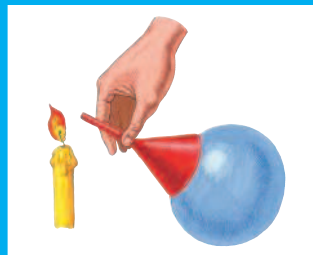
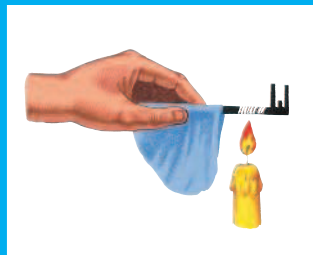
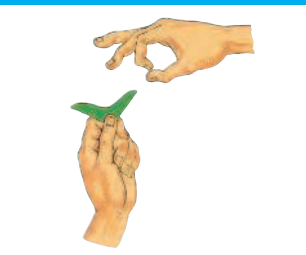
Это прекрасно иллюстрированное издание станет отличным подарком для любознательных читателей.

УДК 087.5  
ББК 92

ISBN 978-5-17-088392-9 (Занимательная энциклопедия эрудита)

ISBN 978-5-17-079397-6 (Что? Зачем? Почему?)

© Подготовка, оформление. ООО «Харвест», 2015  
© ООО «Издательство АСТ», 2020



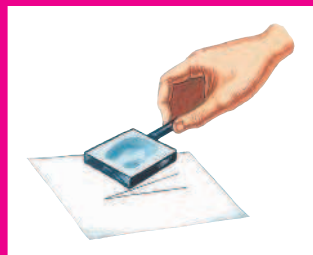
# Содержание

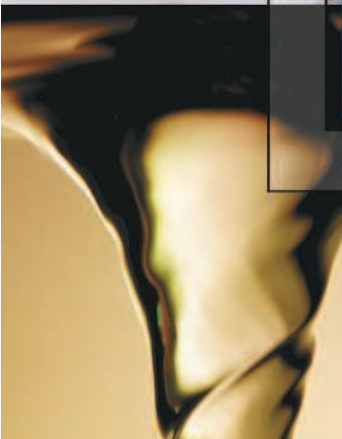
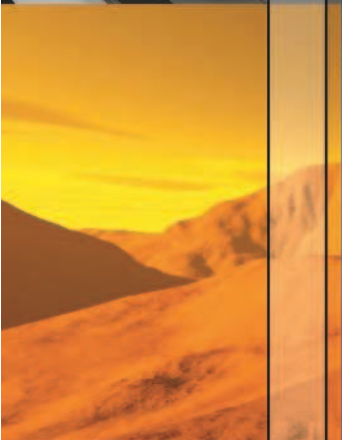
## ПРИРОДА . . . . . 5

Движение . . . . .	6
Силы . . . . .	21
Энергия . . . . .	57
Тепловая энергия . . . . .	69
Текучие среды . . . . .	91
Звук и слух . . . . .	124
Свет и зрение . . . . .	132

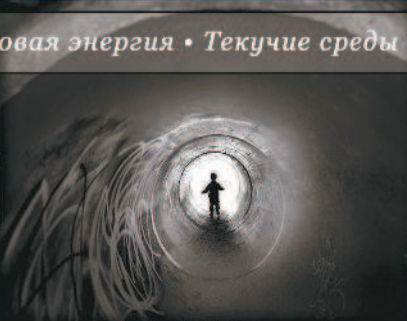
## МАТЕМАТИКА . . . . . 171

Числа . . . . .	172
Алгебра . . . . .	183
Геометрия . . . . .	208
Головоломки . . . . .	222
Игры . . . . .	228
Задачи на разные темы . . . . .	230





*Движение • Силы • Энергия • Тепловая энергия • Текучие среды • Звук и слух • Свет и зрение*

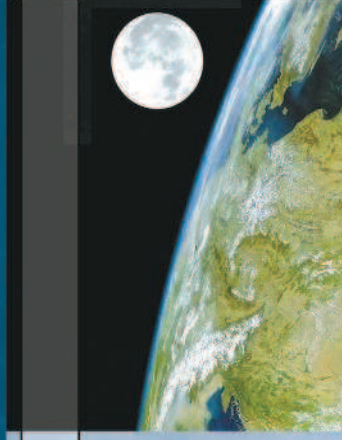




Движение • Силы • Энергия • Тепловая энергия • Текучие среды • Звук и слух • Свет и зрение



# ПРИРОДА



# Движение

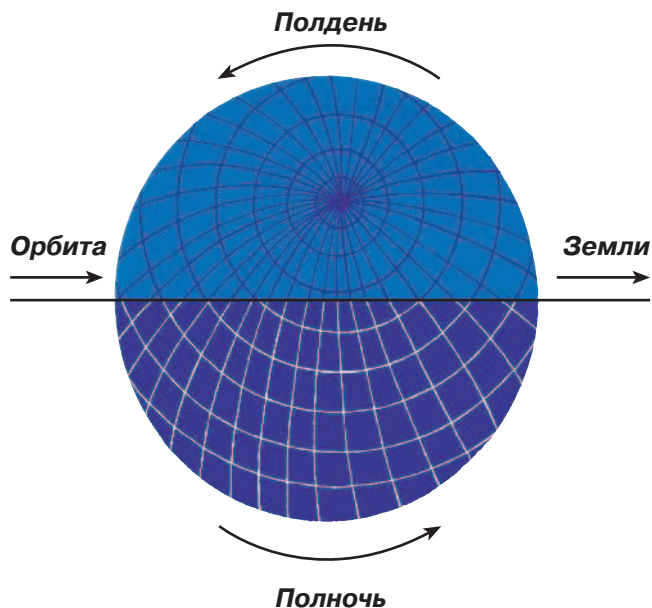
## 1. Когда мы движемся вокруг Солнца быстрее — днем или ночью?

В парижских газетах появилось однажды объявление, обещающее каждому за 25 сантимов указать способ путешествовать дешево и притом без малейшего утомления. Нашлись легковверные, которые прислали требуемые 25 сантимов. В ответ каждый из них получил по почте письмо следующего содержания:

«Оставайтесь, гражданин, спокойно в своей кровати и помните, что Земля наша вертится. На параллели Парижа — 49-й — вы пробегаете каждые сутки более 25 000 км.

А если вы любите живописные виды, откиньте оконную занавеску и восхищайтесь картиной звездного неба». Земля вертится. Благодаря этому, например, на параллели Парижа — 49-й — каждый житель перемещается в пространстве на расстояние более 25 000 км.

Привлеченный к суду за мошенничество, виновник этой затеи выслушал приговор, уплатил наложенный на него штраф и, говорят, став в театральную позу, торжественно повторил знаменитое восклицание Галилея:



**Рис. 1.** На ночной половине земного шара люди движутся вокруг Солнца быстрее, чем на дневной.

— А все-таки она вертится!

В известном смысле шутник был прав, потому что каждый обитатель земного шара не только «путешествует», вращаясь вокруг земной оси, но с еще большей скоростью переносится Землей при ее обращении вокруг Солнца. Ежесекундно планета наша со всеми своими обитателями перемещается в пространстве на 30 км, вращаясь одновременно и вокруг оси.

По этому поводу можно задать интересный вопрос: когда мы движемся вокруг Солнца быстрее — днем или ночью?

Вопрос способен вызвать недоумение: ведь всегда на одной стороне Земли день, на другой — ночь; какой же смысл имеет наш вопрос? По-видимому, никакого.

Однако это не так. Спрашивается ведь не о том, когда вся Земля перемещается скорее, а о том, когда мы, ее обитатели, движемся скорее среди звезд. А это уже вовсе не бессмысленный вопрос. В Солнечной системе мы совершаем два движе-



**Париж. Елисейские поля.**

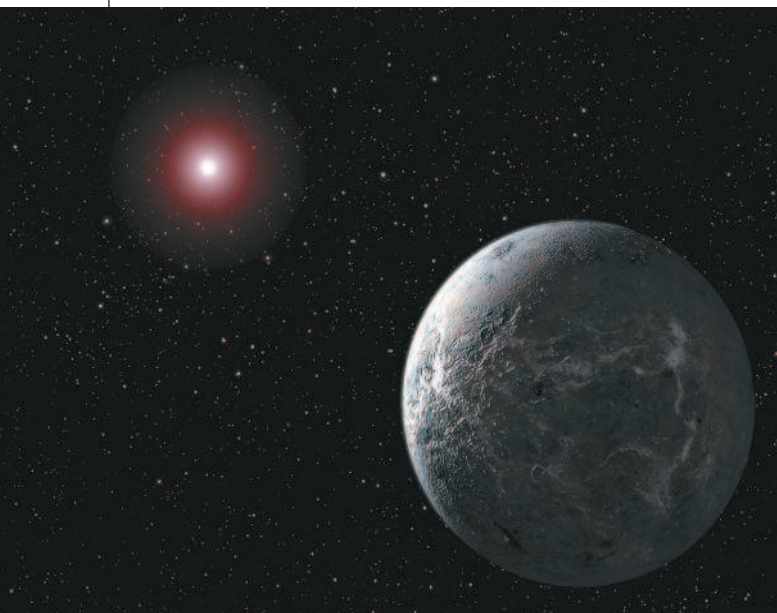
Земля вертится. Благодаря этому, например, на параллели, где находится Париж, каждый парижанин перемещается в пространстве каждые сутки на расстояние более 25 000 км.



# Движение

ния: вращаемся вокруг Солнца и в то же время обращаемся вокруг земной оси. Оба движения складываются, но результат получается различный, исходя из того, находимся ли мы на дневной или ночной половине Земли. Взгляните на рисунок 1, и вы поймете, что в полночь скорость вращения прибавляется к поступательной скорости Земли, а в полдень, наоборот, отнимается от нее. Значит, в полночь мы движемся в Солнечной системе быстрее, нежели в полдень.

Так как точки экватора пробегают в секунду около полукилометра, то для экваториальной полосы разница между полуденной и полуночной скоростями достигает целого километра в секунду. Знакомые с геометрией легко могут вычислить, что для Ленинграда (который находится на 60-й параллели) эта разница вдвое меньше: в полночь ленинградцы каждую секунду пробегают в Солнечной системе на полкилометра больше, нежели в полдень.



**Земля и Солнце.** Каждый обитатель земного шара не только «путешествует», вращаясь вокруг земной оси, но с еще большей скоростью переносится Землей при ее обращении вокруг Солнца. Ежесекундно наша планета со всеми своими обитателями перемещается в пространстве на 30 км, вращаясь одновременно и вокруг оси. Оба движения складываются, но результат получается различный, смотря по тому, находимся ли мы на дневной или ночной половине Земли.

## 2. Задача – не шутка

Вот одна любопытная задача: в поезде, идущем, скажем, из Ленинграда в Москву, существуют ли точки, которые по отношению к полотну дороги движутся обратно — от Москвы к Ленинграду?



**Кажется, что это парадокс, но в движущемся вперед поезде есть точки, которые по отношению к полотну дороги движутся не по ходу поезда (вперед), а назад!**

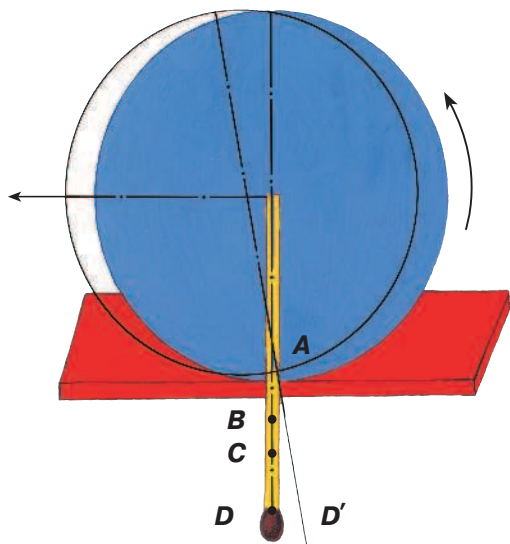
Оказывается, что в каждый момент на каждом колесе существуют такие точки. Где же они находятся?


Вы знаете, конечно, что железнодорожные колеса имеют на ободке выступающий край (реборду). И вот оказывается, что нижние точки этого края при движении поезда перемещаются вовсе не вперед, а назад!

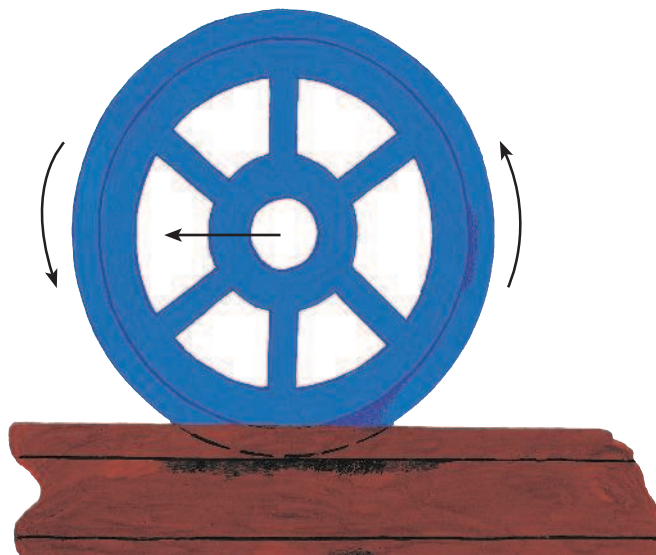
В этом легко удостовериться, проделав такой опыт. К небольшому кружку, например к монете или пуговице, прилепите воском спичку так, чтобы она прилегала к кружку по радиусу и далеко выступала за край. Если теперь упереть кружок (рис. 2) в край линейки в точке *A* и начать катить кружок справа налево, то точки *B*, *C* и *D* выступающей части отодвинутся не вперед, а назад. Чем дальше точка от края кружка, тем заметнее подается она назад при качении кружка (точка *D* перейдет в *D'*).


Точки реборды железнодорожного колеса движутся так же, как и выступающая часть спички в нашем опыте (рис. 3 и 4).

## Движение

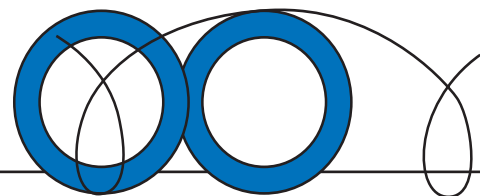
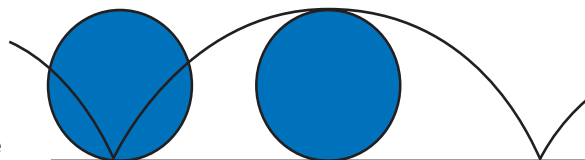



 Рис. 2. Когда колесо откатывается налево, точки *B, C, D* выступающей части спички отодвигаются в обратную сторону.




 Рис. 3. Когда железнодорожное колесо катится налево, нижние точки его выступающего края движутся направо.

Вас не должно удивлять теперь, что в поезде существуют точки, которые движутся *не вперед*, а *назад*. Правда, это движение длится лишь ничтожную долю секунды; но, как бы то ни было, обратное перемещение в движущемся поезде все же существует наперекор нашим обычным представлениям.



 Рис. 4. Кривая линия (циклоида), которую описывает каждая точка обода катящегося колеса телеги (вверху) и каждая точка выступающего края железнодорожного колеса (внизу).

 Железнодорожные колеса имеют на обode выступающий край (реборду). Нижние точки этого края при движении поезда перемещаются не вперед, а назад.

## Движение

### 3. Как отличить вареное яйцо от сырого?

Как быть, если нужно, не разбивая скорлупы, определить, сварено яйцо или же оно сырое? Знание механики поможет вам с успехом выйти из этого маленького затруднения.

Дело в том, что яйца вареные и сырые вращаются не одинаковым образом. Этим и можно воспользоваться для разрешения нашей задачи. Испытуемое яйцо кладут на плоскую тарелку и двумя пальцами сообщают ему вращательное движение (рис. 5). Сваренное (особенно вкрутую) яйцо вращается при этом *заметно быстрее и дольше* сырого. Последнее трудно даже заставить вращаться; меж-



Рис. 5. Как за-вертеть яйцо?

 **Как быть, если нужно, не разбивая скорлупы, определить, сварено яйцо или же оно сырое?**

ду тем круто сваренное яйцо вращается так быстро, что очертания его сливаются для глаз в белый сплюснутый эллипсоид.

Причина этих явлений кроется в том, что круто сваренное яйцо вращается как сплошное целое; в сыром же яйце жидкое его содержимое, не сразу получая вращательное движение, задерживает вследствие своей инерции движение твердой оболочки; оно играет роль тормоза.

Вареные и сырые яйца по-разному ведут себя и при остановке вращения. Если к вращающемуся вареному яйцу прикоснуться на мгновение пальцем, оно останавливается сразу. Сырое же яйцо, остановившись на мгновение, будет после отнятия руки еще немного вращаться. Происходит это опять-таки вследствие инерции: внутренняя жидкая масса в сыром яйце еще продолжает двигаться после того, как твердая оболочка пришла в покой; содержимое же вареного яйца останавливается одновременно с остановкой наружной скорлупы.

Подобные испытания можно производить и иным образом. Обтяните сырое и вареное яйца резиновыми колечками «по меридиану» и под-

весьте на двух одинаковых бечевках (рис. 6). Закрутите обе бечевки одинаковое число раз и отпустите. Сразу обнаружится различие между вареным и сырым яйцом. Вареное, придя в начальное положение, начнет по инерции закручивать бечевку в обратную сторону, затем снова раскрутит ее, — и так несколько раз, постепенно уменьшая число оборотов. Сырое же яйцо повернется раз, другой и остановится задолго до того, как успокоится круглое яйцо: движение тормозится жидким содержимым.



Рис. 6. Как отличить вареное яйцо от сырого по их вращению в подвешенном виде?

## 4. Почему не падает вращающийся волчок?

Из тысяч людей, забавлявшихся в детстве с волчком, не многие смогут правильно ответить на этот вопрос. Как, в самом деле, объяснить то, что вращающийся волчок, поставленный отвесно или даже наклонно, не опрокидывается, вопреки ожиданиям? Какая сила удерживает его в таком, казалось бы, неустойчивом положении? Разве сила тяжести на него не действует? Здесь имеет место весьма любопытное взаимодействие сил. Теория волчка не проста, и углубляться в нее мы не станем. Укажем лишь основную причину, вследствие которой вращающийся волчок не падает.

На рисунке 7 изображен волчок, вращающийся в направлении стрелок. Обратите внимание на часть *A* его ободка и на часть *B*, противоположную ей. Часть *A* стремится двигаться *от вас*, часть *B* — *к вам*. Проследите теперь, какое движение получают эти части, когда вы наклоняете ось волчка *к себе* (рис. 8). Толчком вы заставляете часть *A* двигаться вверх, часть *B* — вниз; обе части получают толчок под прямым углом к их собственному движению. Но так как при быст-

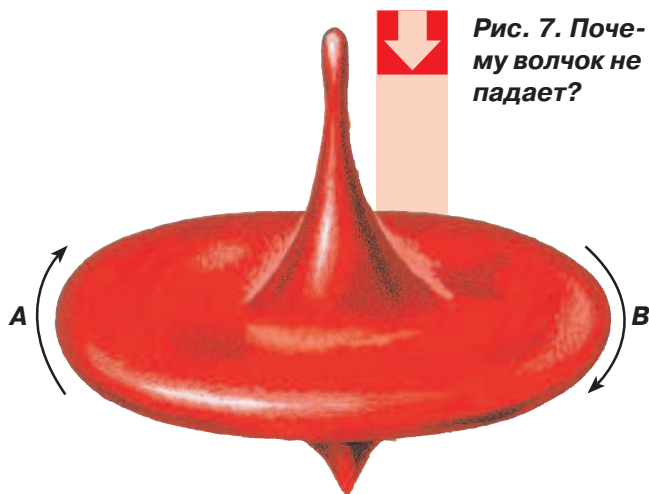


Рис. 7. Почему волчок не падает?

ром вращении волчка круговая скорость частей диска очень велика, то сообщаемая вами незначительная ско-

рость, складываясь с большой круговой скоростью точки, дает равнодействующую, весьма близкую к этой круговой, и движение волчка почти не меняется. Отсюда понятно, почему волчок как бы сопротивляется попытке его опрокинуть. Чем массивнее волчок и чем



↑ Как объяснить тот факт, что вращающийся волчок, поставленный отвесно или даже наклонно, не падает?



↑ Рис. 8. Вращающийся волчок, будучи подброшен, сохраняет первоначальное направление своей оси.

# Движение



**Чем больше волчок и чем быстрее он вращается, тем сильнее он противодействует опрокидыванию.**

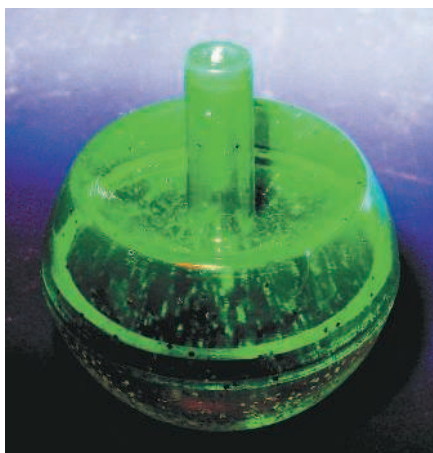
быстрее он вращается, тем упорнее противодействует он опрокидыванию.

Сущность этого явления непосредственно связана с законом инерции. Каждая частица волчка движется по окружности в плоскости, перпендикулярной к оси вращения. По закону инерции частица в каждый момент стремится сойти с окружности на прямую линию, касательную к окружности. Но всякая касательная расположена в той же плоскости,



**Легендарные ученые XX века Нильс Бор и Вольфганг Паули наблюдают за «китайским» волчком.**

что и сама окружность; поэтому каждая частица стремится двигаться так, чтобы все время оставаться в плоскости, перпендикулярной к оси вращения. Отсюда следует, что все плоскости в волчке, перпендикуляр-



**Существует множество типов волчков. Один из самых интересных показан на этом рисунке. Спустя некоторое время после запуска он самопроизвольно переворачивается и становится «на голову». Этот волчок называется «китайским» или «волчком Паули» — по фамилии знаменитого физика, который первым объяснил такое его поведение.**



**Гиро-скоп.**

Гиро-скопом называют быстро вращающееся тело, ось вращения которого может изменять свое направление в пространстве. Гиро-скоп обладает рядом интересных свойств, наблюдаемых у вращающихся небесных тел, у артиллерийских снарядов, у детского волчка, у роторов турбин, установленных на судах, и других объектов. На свойствах гиро-скопа основаны разнообразные устройства и приборы, широко применяемые в современной технике для автоматического управления движением самолетов, морских судов, ракет, торпед и других объектов, для определения горизонта или географического меридиана, для измерения поступательных или угловых скоростей движущихся объектов (например, ракет) и др.



ные к оси вращения, стремятся сохранить свое положение в пространстве, а поэтому и общий перпендикуляр к ним, т. е. сама ось вращения, также стремится сохранить свое направление.

Не будем рассматривать всех движений

волчка, которые возникают при действии на него посторонней силы. Это потребовало бы чересчур подробных объяснений. Я хотел лишь разъяснить причину стремления всякого вращающегося тела сохранять неизменным направле-

# Движение



**Гирокомпас.** Прибор, указывающий направление на земной поверхности; в его состав входит один или несколько гироскопов. Используется почти повсеместно в системах навигации и управления крупных морских судов. В отличие от магнитного компаса его показания связаны с направлением на истинный географический (а не магнитный) Северный полюс.

ние оси вращения. Этим свойством широко пользуются в технике. Различные гироскопические (основанные на свойстве волчка) приборы — компасы, стаби-

лизаторы и др. — устанавливаются на кораблях и самолетах.

Таково полезное использование простейшей, казалось бы, игрушки.

## 5. «Чертova петля»

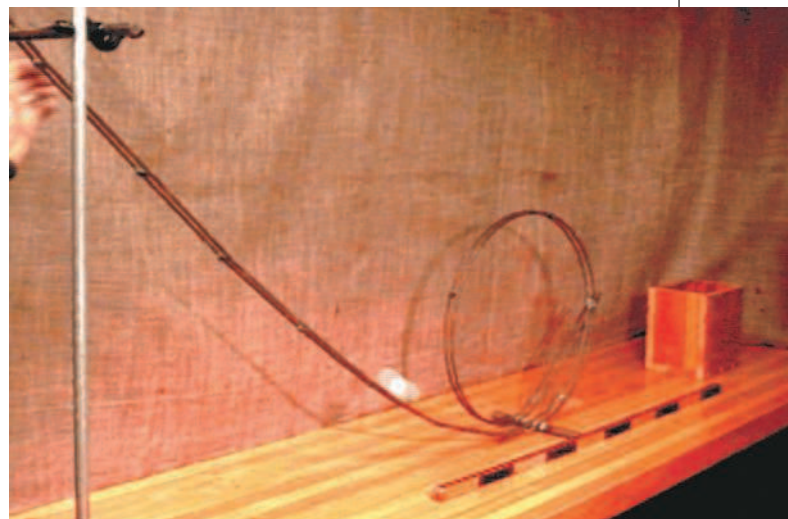
Быть может, вам знаком головокружительный велосипедный трюк, иногда исполняемый в цирках: велосипедист едет в петле снизу вверх и описывает полный круг, несмотря на то что по верхней части круга ему приходится ехать *вниз* головой. На арене устраивают деревянную дорожку в виде петли с одним или несколькими завитками, как изображено на рисунке 9. Артист спускается на велосипеде по наклонной части петли, затем быстро взлетает на своем стальном коне вверх, по круговой ее части, совершает полный оборот, буквально



**Аттракцион «Чертova петля».**

вниз головой, и благополучно съезжает на землю.

Этот головоломный велосипедный фокус кажется зрителям верхом акробатического искусства. Озадаченная публика в недоумении спрашивает себя: какая таинственная сила удерживает смельчака вниз головой? Не доверчиво настроен-



**Макет чертовой петли.**

# Движение

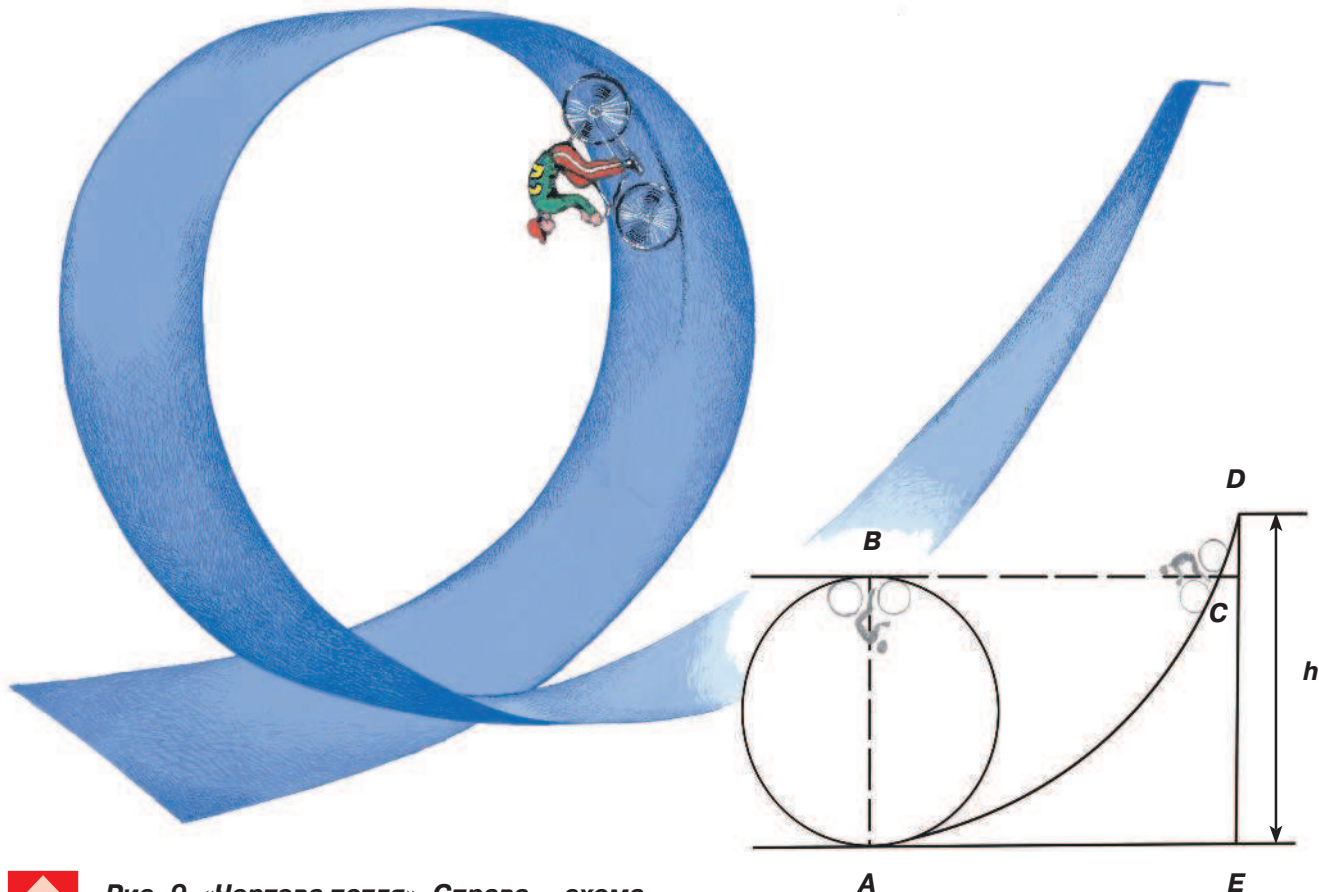


Рис. 9. «Чертова петля». Справа — схема для расчета.

ные готовы подозревать здесь ловкий обман, а между тем в трюке нет ничего сверхъестественного. Он всецело объясняется законами механики. Биллиардный шар, пущенный по этой дорожке, выполнил бы то же с неменьшим успехом.

Знаменитый исполнитель и изобретатель этого трюка артист «Мефисто» для испытания прочности «чертовой петли» имел тяжелый шар, масса которого равнялась массе артиста вместе с велосипедом. Шар этот пускали по дорожке петли, и если он благополучно пробегал ее, то артист решался проделать петлю сам.

Читатель, конечно, догадывается, что причина странного явления — та же, которая объясняет общеизвестный опыт с вращающимся ведром с водой. Однако трюк удастся не всегда; необходимо в точности рассчитать высоту, с которой велосипедист должен начать свое движение: иначе трюк окончится катастрофой.

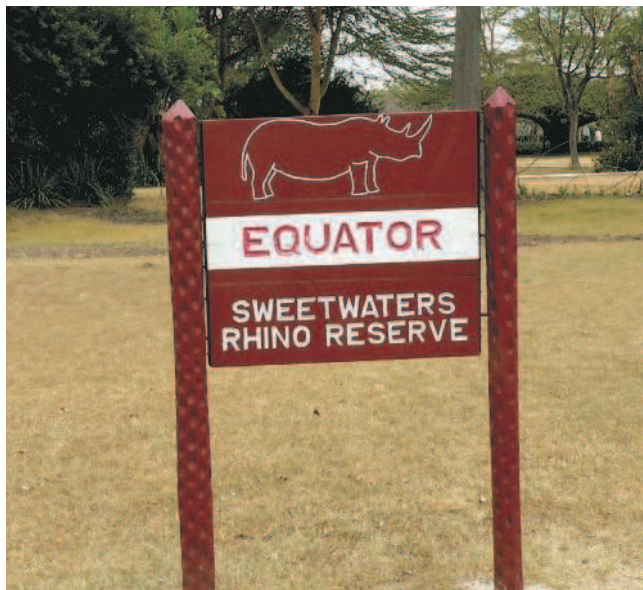
## 6. Нехватка в весе

Какой-то шутник объявил однажды, что знает способ без обмана обвешивать покупателей. Секрет состоит в том,

**Чтобы без обмана обвесить покупателя, продавец должен приобретать вещи в экваториальных странах, а продавать — ближе к полюсам и при этом пользоваться не рычажными весами, а пружинными, изготовленными (градуированными) на экваторе, иначе никакой выгоды не получится.**



## Движение



**Экватор.** Можно неплохо заработать, если покупать товары в странах экваториальных, а продавать — поближе к полюсам. Секрет этого обусловлен вращением Земли; оно уменьшает вес тела близ экватора на  $\frac{1}{290}$  долю по сравнению с весом того же тела у полюсов.

чтобы покупать товары в странах экваториальных, а продавать — поближе к полюсам. Давно известно, что близ экватора вещи имеют меньший вес, нежели близ полюсов: гиря массой 1 кг, перенесенная с экватора на полюс, прибавится в весе на 5 гс. Надо пользоваться, однако, не рычажными весами, а пружинными, притом изготовленными (градуированными) на экваторе, иначе ни-

какой выгоды не получится: товар станет тяжелее, и на столько же тяжелее сделаются гири. Если купить золото где-нибудь в Перу, а сбывать его, скажем, в Исландии, то можно, пожалуй, на этом кое-что заработать — при бесплатном провозе, разумеется.

Не думаю, что подобная торговля могла бы кого-нибудь обогатить, но по существу шутник прав: сила тяжести действительно увеличивается с удалением от экватора. Происходит это оттого, что тела на экваторе описывают при вращении Земли самые большие круги, а также и оттого, что земной шар как бы вздут у экватора.

Главная доля недостатка веса обусловлена вращением Земли; оно уменьшает вес тела близ экватора на  $\frac{1}{290}$

долю по сравнению с весом того же тела у полюсов.

Разница в весе при переносе тела с одной широты на другую для легких тел ничтожна. Но для тяжелых грузов она может достигнуть величины довольно солидной. Паровоз, весящий в Москве 60 тс, по прибытии в Архангельск становится на 60 кгс тяжелее, а по прибытии в Одессу — на столько же легче. В свое время с острова Шпицберген ежегодно вывозили в более южные порты до 300 000 т угля. Если бы это количество было доставлено в какой-нибудь экваториальный порт, то там была бы обнаружена недостача в весе 1200 тс, будь груз перевешен при приемке на пружинных весах, вывезенных со Шпицбергена. Линкор, весивший в Архангельске 20 000 тс, по прибытии в экваториальные воды становится легче на 80 тс; но это остается неощутимым, так как соответственно становятся легче и все другие тела, не исключая, конечно, и воды в океане.

**Судно сидит в экваториальных водах столь же глубоко, как и в полярных; оно хотя и делается легче, но на столько же легче становится и вытесняемая им вода.**

Если бы земной шар вращался вокруг своей оси быстрее (например, если бы сутки длились не 24, а, скажем, 4 часа), то разница в весе тел на экваторе и полюсах была бы заметна резче. При четырехчасовых сутках, например, гиря, весящая на полюсе 1 кгс, весила бы на экваторе всего 875 гс. Именно таковы приблизительно условия тяжести на Сатурне: близ полюсов этой планеты все тела на  $\frac{1}{6}$  долю тяжелее, чем на экваторе.

Так как центростремительное ускорение возрастает пропорционально квадрату скорости, то нетрудно вычислить, при какой скорости вращения оно на земном экваторе должно стать в 290 раз больше, т. е. сравняться с ускорением свободного падения. Это наступит при скорости в 17 раз большей, нежели нынешняя ( $17^2 \approx 290$ ). В таком состоянии тела перестанут оказывать давление на свои опоры. Другими словами, если бы Земля вращалась в 17 раз быстрее, тела на экваторе *совсем не имели бы веса!* На Сатурне это наступило бы при скорости вращения всего в 2,5 раза большей, чем нынешняя.

## 7. Путешествие на деревянном коне

Известно, 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 Малабумо. 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.



**Дон Кихот.** В одной из забавных сцен произведения Сервантеса описано путешествие прославленного рыцаря и его оруженосца на деревянном коне. В ней писатель демонстрирует принцип относительности Галилея, о котором в то время никто не имел понятия.

## 8. 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, нимало не заботясь о том, стоит 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 возра-