



## → Содержание

**ВВЕДЕНИЕ** ..... 8

### **ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА К ТРИНАДЦАТОМУ**

**ИЗДАНИЮ**..... 9

#### **Глава 1. Скорость. Сложение движений** ..... 10

Как быстро мы движемся? ..... 10

В погоне за временем..... 13

Тысячная доля секунды ..... 15

Лупа времени ..... 19

Когда мы движемся вокруг Солнца быстрее —  
днем или ночью? ..... 20

Загадка тележного колеса..... 22

Самая медленная часть колеса ..... 24

Задача не шутка ..... 25

Откуда плыла лодка? ..... 27

#### **Глава 2. Тяжесть и вес. Рычаг. Давление**..... 30

Встаньте! ..... 30

Ходьба и бег ..... 34

Как надо прыгать из движущегося вагона? ..... 37

Поймать боевую пулю руками ..... 40

Арбуз-бомба ..... 41

На платформе весов..... 45

Где вещи тяжелее? ..... 46

Сколько весит тело, когда оно падает? ..... 48

Из пушки на Луну..... 51

Как Ж. Верн описал путешествие на Луну  
и как оно должно было бы происходить ..... 55

Верно взвесить на неверных весах ..... 60

Сильнее самого себя..... 62



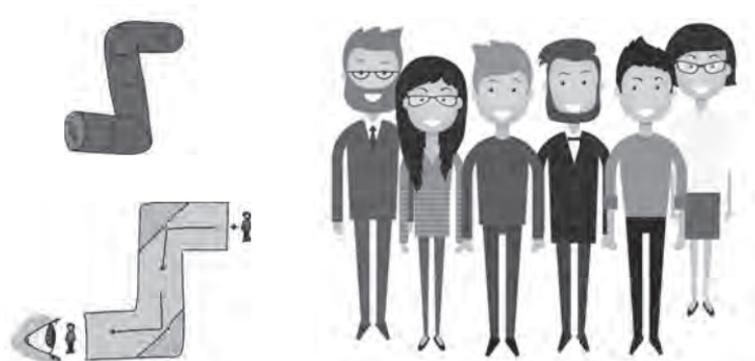
Почему заостренные предметы колючи? .....	64
Наподобие Левиафана.....	67
<b>Глава 3. Сопротивление среды .....</b>	<b>70</b>
Пуля и воздух .....	70
Сверхдальняя стрельба.....	71
Почему взлетает бумажный змей?.....	73
Живые планеры .....	75
Безмоторное летание у растений .....	76
Затяжной прыжок парашютиста.....	78
Бумеранг .....	80
<b>Глава 4. Вращение. Вечные двигатели .....</b>	<b>82</b>
Как отличить вареное яйцо от сырого? .....	82
«Колесо смеха» .....	84
Чернильные вихри .....	86
Обманутое растение .....	88
Вечные двигатели .....	89
«Зацепочка» .....	93
Аккумулятор Уфимцева .....	95
Чудо и не чудо .....	96
Еще вечные двигатели .....	98
Вечный двигатель времен Петра I.....	99
<b>Глава 5. Свойства жидкостей и газов .....</b>	<b>104</b>
Задача о двух кофейниках .....	104
Чего не знали древние .....	105
Жидкости давят... вверх!.....	106
Что тяжелее? .....	108
Естественная форма жидкости .....	110
Почему дробь круглая? .....	113
«Бездонный» бокал .....	114
Любопытная особенность керосина .....	116
Копейка, которая в воде не тонет.....	118
Вода в решетке.....	120
Пена на службе техники.....	122



Мнимый вечный двигатель.....	124
Мыльные пузыри.....	126
Что тоньше всего?.....	132
Сухим из воды.....	133
Как мы пьем? .....	135
Улучшенная воронка .....	136
Тонна дерева и тонна железа.....	137
Человек, который ничего не весил.....	138
Вечные часы .....	143
<b>Глава 6. Тепловые явления.....</b>	<b>146</b>
Когда Октябрьская железная дорога длиннее — летом или зимой?.....	146
Безнаказанное хищение.....	148
Высота Эйфелевой башни .....	149
От чайного стакана к водомерной трубке .....	150
Легенда о сапоге в бане .....	154
Как устраивались чудеса .....	156
Часы без завода .....	158
Поучительная папироса .....	162
Лед, не тающий в кипятке.....	163
На лед или под лед? .....	164
Почему дует от закрытого окна? .....	165
Таинственная вертушка .....	166
Греет ли шуба? .....	168
Какое время года у нас под ногами? .....	170
Бумажная кастрюля.....	172
Почему лед скользкий? .....	174
Задача о ледяных сосульках.....	177
<b>Глава 7. Лучи света .....</b>	<b>180</b>
Пойманные тени.....	180
Цыпленок в яйце.....	182
Карикатурные фотографии.....	183
Задача о солнечном восходе.....	186



<b>Глава 8. Отражение и преломление света</b> .....	<b>188</b>
Видеть сквозь стены.....	188
Говорящая «отрубленная» голова.....	190
Впереди или сзади?.....	192
Можно ли видеть зеркало?.....	193
Кого мы видим, глядя в зеркало?.....	194
Рисование перед зеркалом.....	196
Расчетливая поспешность.....	197
Полет вороны.....	199
Новое и старое о калейдоскопе.....	200
Дворцы иллюзий и миражей.....	203
Почему и как преломляется свет?.....	205
Когда длинный путь проходится быстрее, чем короткий?.....	208
Новые Робинзоны.....	214
Как добыть огонь с помощью льда?.....	220
С помощью солнечных лучей.....	224
Старое и новое о миражах.....	227
Зеленый луч.....	232
<b>Глава 9. Зрение одним и двумя глазами</b> .....	<b>236</b>
Когда не было фотографии.....	236
Чего многие не умеют?.....	239
Искусство рассматривать фотографии.....	242
На каком расстоянии надо держать фотографию?.....	244
Странное действие увеличительного стекла.....	246
Увеличение фотографий.....	248
Лучшее место в кинотеатре.....	250
Совет читателям иллюстрированных журналов.....	252
Рассматривание картин.....	255
Что такое стереоскоп?.....	257



Наш естественный стереоскоп.....	259
Одним и двумя глазами.....	262
Простой способ разоблачать подделки .....	264
Зрение великанов .....	265
Вселенная в стереоскопе .....	268
Зрение тремя глазами .....	270
Что такое блеск? .....	272
Зрение при быстром движении .....	275
Сквозь цветные очки.....	277
Чудеса теней.....	278
Неожиданные превращения окраски .....	280
Высота книги .....	282
Размеры башенных часов .....	283
Белое и черное.....	284
Какая буква чернее? .....	287
Живые портреты .....	289
Воткнутые линии и другие обманы зрения.....	291
Как видят близорукие .....	296
<b>Глава 10. Звук и слух .....</b>	<b>298</b>
Как разыскивать эхо? .....	298
Звук вместо мерной ленты .....	302
Звуковые зеркала .....	304
Звуки в театральном зале .....	306
Эхо со дна моря .....	309
Жужжание насекомых.....	311
Слуховые обманы .....	312
Где стрекочет кузнечик?.....	313
Курьезы слуха.....	315
Чудеса чрево вещания.....	316
<b>Заключение.....</b>	<b>318</b>



## → Введение

Есть книги, над которыми не властно время. Проходят годы, десятилетия, а они остаются неизменно интересными и увлекательными для читателя. К таким книгам можно отнести «Занимательную физику» Якова Исидоровича Перельмана. Эта книга, впервые изданная чуть менее столетия назад, будет интересна и взрослым, и детям. В ней автор стремился не столько донести до читателя новые знания, сколько помочь ему узнать то, что он знает, то есть углубить и оживить уже имеющиеся основные сведения из физики, научить сознательно ими распоряжаться и побудить к разностороннему их применению. Достигается это рассмотрением пестрого ряда головоломок, замысловатых вопросов, занимательных рассказов, забавных задач, парадоксов и неожиданных сопоставлений из области физики, относящихся к кругу повседневных явлений или черпаемых из многим известных научно-фантастических книг. Материалом последнего рода составитель пользовался особенно широко, считая его наиболее соответствующим целям сборника. В книге приведены отрывки из романов и рассказов Ж. Верна, Г. Уэллса, М. Твена и др. Описываемые в них фантастические опыты, по-



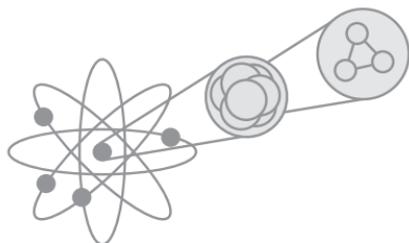
**Яков Исидорович Перельман**

мимо своей заманчивости, могут сыграть роль живых иллюстраций в процессе преподавания. Составитель старался придать изложению интересную форму, сделать предмет привлекательным. Он руководствовался той психологической установкой, что интерес к предмету повышает внимание, облегчает понимание и, следовательно, способствует более сознательному и прочному усвоению.

Вопреки обычаю, установившемуся для подобного рода сборников, в «Занимательной физике» очень мало места отводится описанию забавных физических опытов. Эта книга имеет иное назначение, нежели сборники, предлагающие материал для экспериментирования. Главная цель «Занимательной физики» — пробудить деятельность научного воображения, приучить читателя мыслить в духе физической науки и создать в его памяти многочисленные ассоциации физических знаний с самыми разнородными явлениями жизни, со всем тем, с чем он обычно входит в соприкосновение.

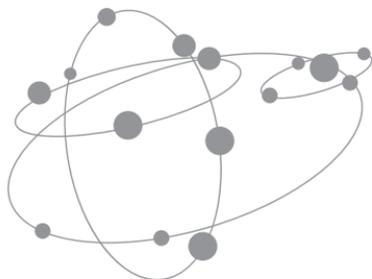
## → Из предисловия автора к тринадцатому изданию

Книга «Занимательная физика» стала первенцем в многочисленной книжной семье ее автора, насчитывающей несколько десятков членов. Ей посчастливилось проникнуть, как свидетельствуют письма читателей, в самые глухие уголки нашей родины. Значительное распространение книги говорит о живом интересе широких кругов к физическим знаниям, что наложило на автора серьезную ответственность за качество ее материала. С пониманием этой ответственности можно связать многочисленные изменения и дополнения в тексте «Занимательной физики» при повторных ее изданиях. Можно сказать, что эта книга писалась в течение 25 лет. В последнем издании от текста первого сохранена едва половина,

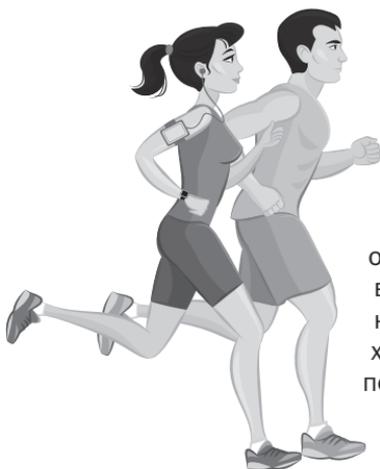


а от иллюстраций — почти ни одной.

«Занимательная физика» — не художественное произведение, а сочинение научное, хотя и популярное. Ее предмет — физика — даже в начальных своих основаниях непрестанно обогащается свежим материалом, и книга должна периодически включать его в свой текст. С другой стороны, нередко приходится слышать упреки в том, что «Занимательная физика» не уделяет места таким темам, как достижения радиотехники, расщепление атомного ядра, современные физические теории и т. п. Упреки такого рода — плод недоразумения. «Занимательная физика» имеет вполне определенную целевую установку, рассмотрение же этих вопросов — задача иных сочинений.



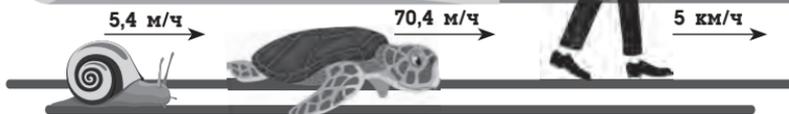
## → Как быстро мы движемся?



Спортивную дистанцию 1,5 км хороший бегун пробегает примерно за 3 мин 50 с (мировой рекорд 1998 г. — 3 мин 26 с). Для сравнения с обычной скоростью пешехода — 1,5 м/с — надо сделать маленькое вычисление; тогда окажется, что спортсмен пробегает в секунду 7 м. Впрочем, скорости эти не вполне сравнимы: пешеход может ходить долго, целые часы, делая по 5 км/ч, спортсмен же способен поддерживать значительную скорость своего бега только короткое время. Пехотная воинская часть

перемещается бегом втрое медленнее рекордсмена; она делает 2 м/с, или 7 (с лишним) км/ч, но имеет перед спортсменом то преимущество, что может совершать гораздо большие переходы.

Интересно сравнить нормальную поступь человека со скоростью таких вошедших в поговорку медленных животных, как улитка или черепаха. Улитка вполне оправдывает репутацию, приписываемую ей поговоркой: она проходит 1,5 мм/с, или 5,4 м/ч, — ровно в тысячу раз меньше человека! Другое классически медленное животное, черепаха, ненамного перегоняет улитку: ее обычная скорость — 70 м/ч.



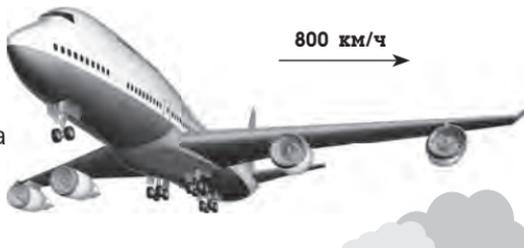
Проворный рядом с улиткой и черепахой, человек предстанет перед нами в ином свете, если сопоставить его движение с другими, даже не очень быстрыми движениями в окружающей природе. Правда, он легко перегоняет течение воды в большинстве равнинных рек и ненамного отстает от умеренного ветра. Но с мухой, пролетающей 5 м/с, человек может успешно состязаться разве только на лыжах. Зайца или охотничью собаку человек не перегонит даже на лошади карьером. Состязаться в скорости с орлом человек может лишь на самолете.



Машины, изобретенные человеком, делают его самым быстрым существом мира. В СССР был построен пассажирский теплоход с подводными крыльями, развивающий скорость 60–70 км/ч. На суше человек может двигаться быстрее, чем на воде. На некоторых участках пути скорость движения пассажирских поездов в СССР доходила до 100 км/ч. Легковая автомашина ЗИЛ-111 может развивать скорость до 170 км/ч, семиместный легковой автомобиль «Чайка» — до 160 км/ч.

Эти скорости превзошла авиация. На многих линиях гражданского воздушного флота СССР работали многоместные лайнеры ТУ-104 и ТУ-114. Средняя скорость их полета составляла около 800 км/ч. Еще не так давно перед авиаконструкторами ставилась задача перешагнуть звуковой барьер, превысить скорость звука

(330 м/с, то есть 1200 км/ч). Сейчас эта задача решена. Скорости небольших самолетов с мощными реактивными двигателями приближаются к 2000 км/ч.



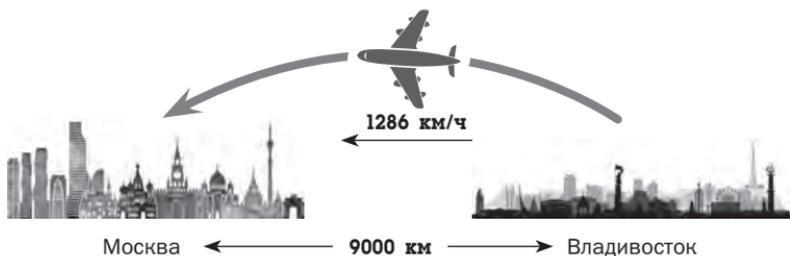


Читатель может посмотреть следующую таблицу скоростей:

Улитка	1,5 мм/с	5,4 м/ч
Черепаша	20 мм/с	70 м/ч
Рыба	1 м/с	3,6 км/ч
Пешеход	1,4 м/с	5 км/ч
Конница шагом	1,7 м/с	6 км/ч
Конница рысью	3,5 м/с	12 км/ч
Муха	5 м/с	18 км/ч
Лыжник	5 м/с	18 км/ч
Конница карьером	8,5 м/с	30 км/ч
Теплоход с подводными крыльями	16 м/с	58 км/ч
Заяц	18 м/с	65 км/ч
Орел	24 м/с	86 км/ч
Охотничья собака	25 м/с	90 км/ч
Поезд	28 м/с	100 км/ч
Автомобиль ЗИЛ-111	50 м/с	170 км/ч
Гоночный автомобиль (рекорд)	174 м/с	633 км/ч
ТУ-104	220 м/с	800 км/ч
Звук в воздухе	330 м/с	1200 км/ч
Легкий реактивный самолет	550 м/с	2000 км/ч
Земля по орбите	30 000 м/с	108 000 км/ч

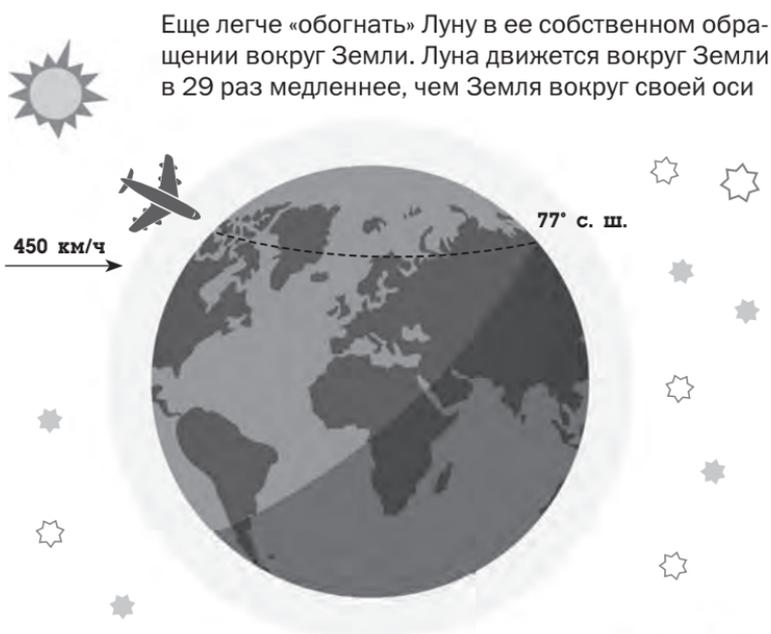
## → В погоне за временем

Можно ли в 8 ч утра вылететь из Владивостока и в 8 ч утра того же дня прилететь в Москву? Вопрос этот вовсе не лишен смысла. Да, можно. Чтобы понять этот ответ, нужно только вспомнить, что разница между поясным временем Владивостока и Москвы составляет 7 ч. И если самолет сможет пройти расстояние между Владивостоком и Москвой за это время, то он прибудет в Москву в час своего вылета из Владивостока.



Расстояние Владивосток — Москва составляет примерно 9000 км. Значит, скорость самолета должна быть равна  $9000 : 7 \approx 1286$  км/ч. Это вполне достижимая в современных условиях скорость.

Чтобы «обогнать» Солнце (или, точнее, Землю) в полярных широтах, нужна значительно меньшая скорость. На 77-й параллели (Новая Земля) самолет, развивающий скорость около 450 км/ч, пролетает столько же, сколько успевает за тот же промежуток времени пройти точка земной поверхности при вращении Земли вокруг оси. Для пассажира такого самолета Солнце остановится и будет неподвижно висеть на небе, не приближаясь к закату (при этом, конечно, самолет должен двигаться в подходящем направлении).



(сравниваются, конечно, так называемые угловые, а не линейные скорости). Поэтому обыкновенный пароход, проходящий 2530 км/ч, может уже в средних широтах «обогнать» Луну.

**О таком явлении упоминает Марк Твен в своих очерках «Простаки за границей».**

Во время переезда по Атлантическому океану от Нью-Йорка к Азорским островам

“...стояла прекрасная летняя погода, а ночи были даже лучше дней. Мы наблюдали странное явление: Луну, появляющуюся каждый вечер в тот же час в той же точке неба. Причина этого оригинального поведения Луны сначала оставалась для нас загадочной, но потом мы сообразили, в чем дело: мы подвигались каждый час на 20 мин долготы к востоку, то есть именно с такой скоростью, чтобы не отставать от Луны!”

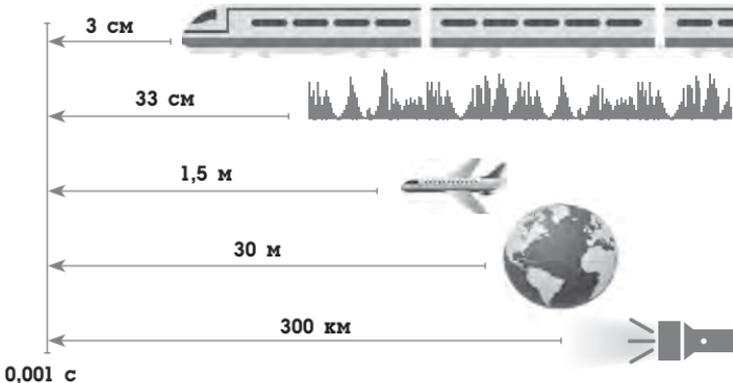
## → Тысячная доля секунды

Для нас, привыкших мерить время на свою человеческую мерку, тысячная доля секунды равнозначна нулю. Такие промежутки времени лишь недавно стали встречаться в нашей практике. Когда время определяли по высоте Солнца или длине тени, то не могло быть речи о точности даже до минуты; люди считали минуту слишком ничтожной величиной, чтобы стоило ее измерять. Древний человек жил такой неторопливой жизнью, что на его часах — солнечных, водяных, песочных — не было особых делений для минут. Только с начала XVIII века на циферблате стала появляться минутная стрелка. А с начала XIX века появилась и секундная.



**Что же может совершиться в тысячную долю секунды?**

Очень многое! Поезд, правда, может переместиться за этот промежуток времени всего на 3 см, звук — уже на 33 см, самолет — примерно на 1,5 м; земной шар пройдет в своем движении вокруг Солнца в такую долю секунды 30 м, а свет — 300 км.



Мелкие существа, окружающие нас, если бы умели рассуждать, вероятно, не считали бы тысячную долю секунды за ничтожный промежуток времени. Для насекомых, например, величина эта вполне ощутима. Комар в течение одной секунды делает 500–600 полных взмахов крылышками; значит, в тысячную долю секунды он успевает поднять их или опустить.



Человек неспособен перемещать свои члены так быстро, как насекомое. Самое быстрое наше движение — мигание глаз, мгновение ока, или миг, в первоначальном смысле этих слов. Оно совершается так быстро, что мы не замечаем даже временного затмения поля нашего зрения.

Немногие, однако, знают, что это движение — синоним невообразимой быстроты — протекает, в сущности, довольно медленно, если измерять его тысячными долями секунды. Полное мгновение ока длится, как обнаружили точные измерения, в среднем  $\frac{2}{5}$  секунды, то есть 400 тысячных долей ее. Оно распадается на следующие фазы: опускание века (75–90 тысячных секунды), состояние неподвижности опущенного века (130–170 тысячных) и поднятие его (около 170 тысячных).

Как видите, один миг в буквальном смысле этого слова — промежуток довольно значительный, в течение которого глазное веко успевает даже немного отдохнуть. И если бы мы могли отдельно воспринимать впечатления, длящиеся тысячную долю секунды, мы уловили бы в один миг два плавных движения глазного века, разделенных промежутком покоя.



При таком устройстве нашей нервной системы мы увидели бы окружающий нас мир преобразенным до неузнаваемости. Описание тех странных картин, какие представились бы тогда нашим глазам, дал английский писатель Г. Уэллс в рассказе «Новейший ускоритель».

Герои рассказа выпили фантастическую микстуру, которая действует на нервную систему так, что делает органы чувств восприимчивыми к раздельному восприятию быстрых явлений.

### Вот несколько примеров из рассказа.

“ — Видали ли вы до сих пор, чтобы занавеска прикреплялась к окну таким манером? Я посмотрел на занавеску и увидел, что она словно застыла и что угол у нее как загнулся от ветра, так и остался.

— Не видал никогда, — сказал я. — Что за странность!

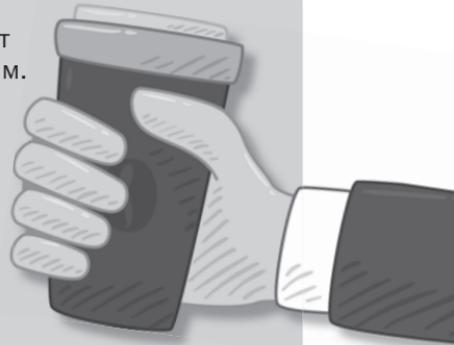
— А это? — сказал он и растопырил пальцы, державшие стакан.

Я ожидал, что стакан разобьется, но он даже не шевельнулся: повис в воздухе неподвижно.

— Вы, конечно, знаете, — сказал Гибберн, — что падающий предмет опускается в первую секунду на 5 м.

И стакан пробегает теперь эти 5 м, но вы понимаете, не прошло еще и сотой доли секунды<sup>1</sup>. Это может вам дать понятие о силе моего ускорителя.

Стакан медленно опускался. Гибберн провел рукой вокруг стакана, над ним и под ним...



<sup>1</sup> Надо иметь в виду к тому же, что в первую сотую долю первой секунды своего падения тело проходит не сотую часть от 5 м, а 10 000-ю (по формуле  $S = gt^2 : 2$ , то есть 0,5 мм, а в первую тысячную долю секунды — всего  $1/200$  мм).



Я глянул в окно. Какой-то велосипедист, замерший на одном месте, с застывшим облаком пыли позади догонял какую-то бричку, которая также не двигалась ни на один дюйм.

...Наше внимание было привлечено omnibusом, совершенно окаменевшим. Верхушка колес, лошадиные ноги, конец кнута и нижняя челюсть кучера (он только что начал зевать) — все это хотя и медленно, но двигалось; остальное же в этом неуклюжем экипаже совершенно застыло. Сидящие там люди были как статуи.

...Какой-то человек застыл как раз в тот момент, когда он делал нечеловеческие усилия сложить на ветру газету. Но для нас этого ветра не существовало.

...Все, что было сказано, подумано, сделано мной с той поры, как ускоритель проник в мой организм, было лишь мгновением ока для всех прочих людей и для всей Вселенной. ”



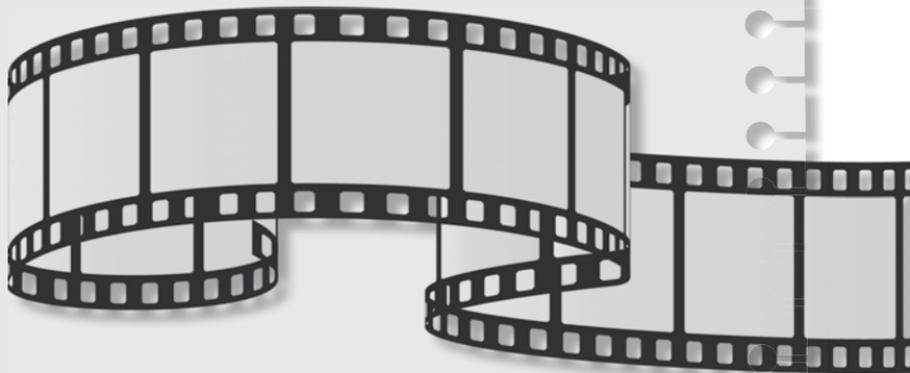
Вероятно, читателям интересно будет узнать, каков наименьший промежуток времени, измеримый средствами современной науки. Еще в начале XX века он равнялся 10 000-й доле секунды; теперь же физик в своей лаборатории способен измерить 100 000 000 000-ю долю секунды. Этот промежуток примерно во столько же раз меньше целой секунды, во сколько раз секунда меньше 3000 лет!

## → Лупа времени

Когда Г. Уэллс писал свой «Новейший ускоритель», он едва ли думал, что нечто подобное когда-нибудь осуществится в действительности. Ему довелось, однако, дожить до этого: он мог собственными глазами увидеть — правда, только на экране — те картины, которые создало некогда его воображение. Так называемая лупа времени показывает нам на экране в замедленном темпе многие явления, протекающие обычно очень быстро.



Лупа времени — это кинематографический фотоаппарат, делающий в секунду не 24 снимка, как обычные киноаппараты, а во много раз больше. Если заснятое таким образом явление проектировать на экран, пуская ленту с обычной скоростью 24 кадра в секунду, то зрители увидят явление растянутым — совершающимся в соответствующее число раз медленнее нормального. Читателю случалось, вероятно, видеть на экране такие неестественно плавные прыжки и другие замедленные явления. С помощью более сложных аппаратов того же рода достигается замедление еще более значительное, почти воспроизводящее то, что описано в рассказе Г. Уэллса.



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

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

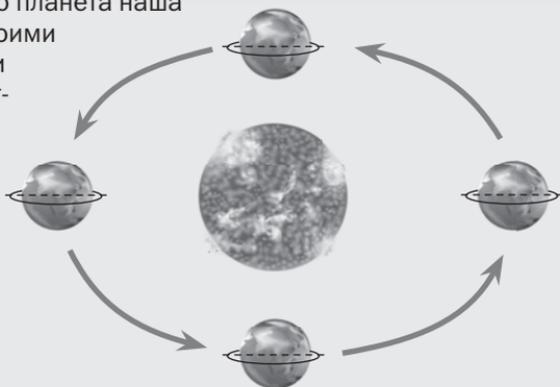
“ Оставайтесь, гражданин, спокойно в своей кровати и помните, что Земля наша вертится. На параллели Парижа — 49-й — вы пробегаете каждые сутки более 25 000 км. А если вы любите живописные виды, откиньте оконную занавеску и восхищайтесь картиной звездного неба. ”

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

— А все-таки она вертится!

В известном смысле обвиняемый был прав, потому что каждый обитатель земного шара не только «путешествует», вращаясь вокруг земной оси, но с еще большей скоростью переносится Землей в ее обращении вокруг Солнца.

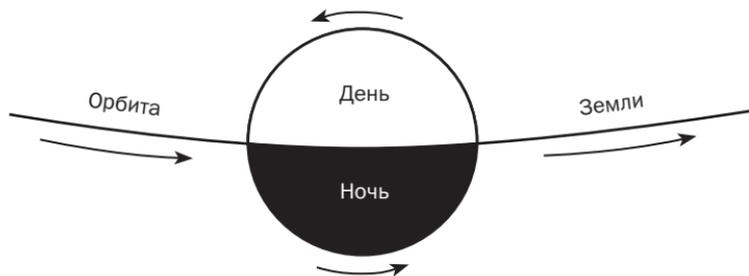
Ежесекундно планета наша со всеми своими обитателями перемещается в пространстве на 30 км, вращаясь одновременно и вокруг оси.





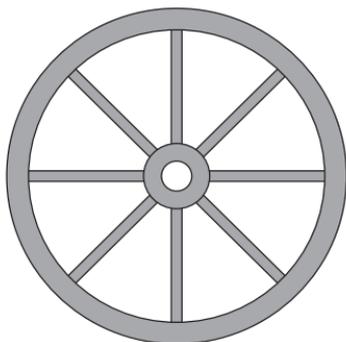
**По этому поводу можно задать интересный вопрос: когда мы движемся вокруг Солнца быстрее — днем или ночью?**

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 движения: вращаемся вокруг Солнца и в то же время обращаемся вокруг земной оси. Оба движения складываются, но результат получается различный, смотря по тому, находимся мы на дневной или ночной половине Земли.



Взгляните на рисунок, 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 0,5 км, то для экваториальной полосы разница между полуденной и полуночной скоростью достигает 1 км/с. Знакомые с геометрией легко могут вычислить, что для Санкт-Петербурга (который находится на 60-й параллели) эта разница вдвое меньше: в полночь петербуржцы каждую секунду пробегают в Солнечной системе на полкилометра больше, нежели в полдень.

## → Загадка тележного колеса



Прикрепите сбоку к ободу тележного колеса (или к шине велосипедного) цветную бумажку и наблюдайте за ней во время движения телеги (или велосипеда). Вы заметите странное явление: пока бумажка находится в нижней части катящегося колеса, она видна довольно отчетливо; в верхней же части она мелькает так быстро, что вы не успеваете ее разглядеть.

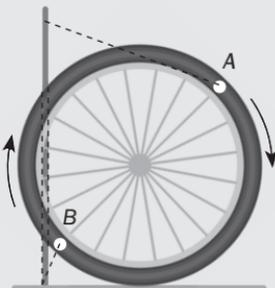
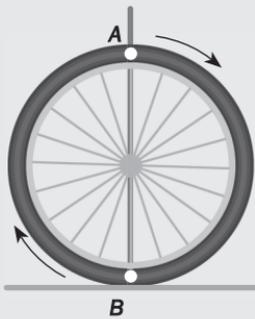
Выходит, что верхняя часть колеса будто бы движется быстрее, чем нижняя. То же наблюдение можно сделать, если сравнить между собой верхние и нижние спицы катящегося колеса какого-нибудь экипажа. Будет заметно, что верхние спицы сливаются в одно сплошное целое, нижние же видимы раздельно. Дело опять-таки происходит так, словно верхняя часть колеса быстрее движется, чем нижняя.





### В чем же разгадка этого странного явления?

Да просто в том, что верхняя часть катящегося колеса *действительно движется быстрее, чем нижняя*. Факт представляется с первого взгляда невероятным, а между тем простое рассуждение убедит нас в этом. Ведь каждая точка катящегося колеса совершает сразу *два* движения: обращается вокруг оси и в то же время подвигается вперед вместе с этой осью. Происходит — как в случае земного шара — сложение двух движений, и результат для верхней и нижней частей колеса получается разный. Вверху вращательное движение колеса *прибавляется* к поступательному, так как оба движения направлены в одну и ту же сторону. Внизу же вращательное движение направлено в обратную сторону и, следовательно, *отнимается* от поступательного. Вот почему верхние части колеса перемещаются относительно неподвижного наблюдателя быстрее, чем нижние.



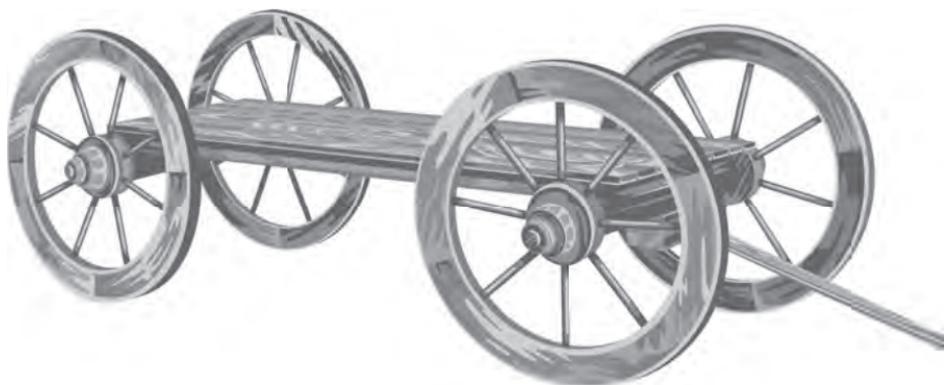
То, что это действительно так, легко понять на простом опыте, который следует проделать при удобном случае. Воткните в землю палку рядом с колесом стоящей телеги так, чтобы палка приходилась против оси.

На ободе колеса, в самой верхней и самой нижней его частях, сделайте пометки мелом или углем; пометки придется, следовательно, как раз против палки.

Теперь откатите телегу немного вправо, чтобы ось отошла от палки на 20–30 см, и заметьте, как переместились ваши пометки. Окажется, что верхняя пометка *A* переместилась заметно больше, нежели нижняя *B*, которая только едва отступила от палки.

## → Самая медленная часть колеса

Итак, не все точки движущегося колеса телеги перемещаются одинаково быстро.



**Какая же часть катящегося колеса движется медленнее всего?**

Нетрудно сообразить, что медленнее всех движутся те точки колеса, которые в данный момент соприкасаются с землей. Строго говоря, в момент соприкосновения с почвой эти точки колеса совершенно неподвижны.



Все сказанное справедливо только для колеса катящегося, а не для такого, которое вращается на неподвижной оси. В маховом колесе, например, верхние и нижние точки обода движутся с одинаковой скоростью.

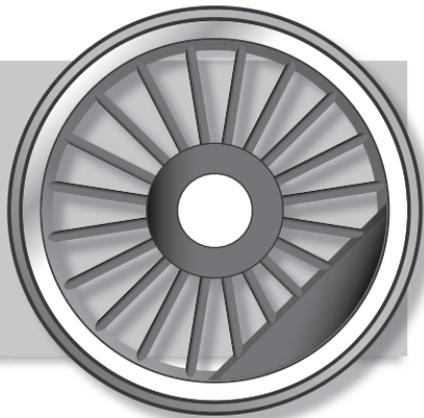
## → Задача не шутка

Вот еще одна не менее любопытная задача: в поезде, идущем, скажем, из Санкт-Петербурга в Москву, существуют ли точки, которые по отношению к полотну дороги движутся обратно — от Москвы к Санкт-Петербургу?



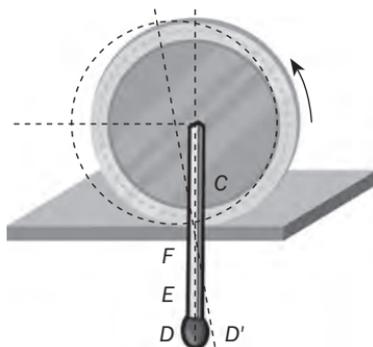
?

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



Вы знаете, конечно, что железнодорожные колеса имеют на ободе 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 кружочку, например к монете или пуговице, прилепите воском спичку так, чтобы она прилегалась к кружку по радиусу и далеко выступала за край. Если теперь упереть кружок в край линейки в точке  $C$  и начать катить его справа налево, то точки  $F$ ,  $E$  и  $D$  выступающей части отодвинется не вперед, а назад. Чем дальше точка от края кружка, тем заметнее подается она назад при качении кружка (точка  $D$  перейдет в  $D'$ ).

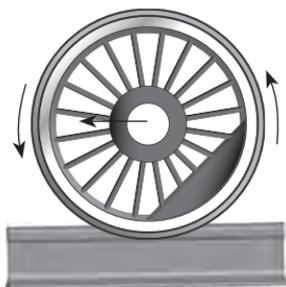


- ▲ Когда колесо откатывается налево, точки  $F$ ,  $E$ ,  $D$  выступающей части спички подвигаются в обратную сторону

Точки реборды железнодорожного колеса движутся так же, как и выступающая часть спички в нашем опыте.

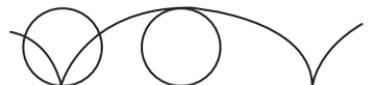
Вас не должно удивлять теперь, что в поезде существуют точки, которые движутся *не вперед, а назад*.

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. Все сказанное поясняют рисунки ниже.

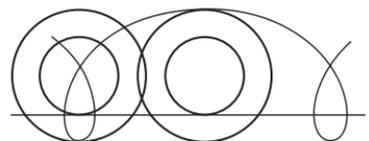


Когда железнодорожное колесо катится налево, нижние части его выступающего края движутся направо, то есть в обратную сторону

Циклоида (кривая линия), которую описывает каждая точка обода катящегося колеса ▼



Кривая линия, описываемая каждой точкой выступающего края колеса ▼



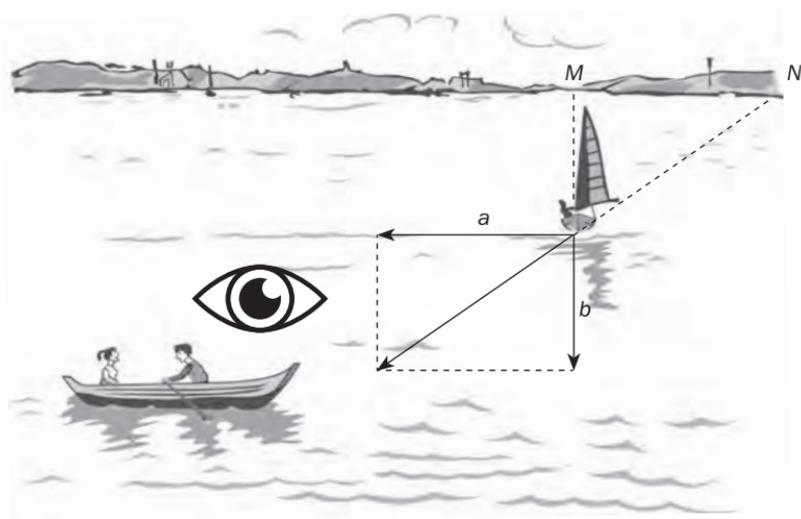
## → Откуда плыла лодка?

Вообразите, что весельная лодка плывет по озеру. Наперерез идет парусная лодка (направления их движения указаны на рисунке ниже). Если вас, читатель, спросят, откуда эта лодка отчалила, вы, конечно, сразу укажете пункт  $M$  на берегу. Но если с тем же вопросом обратиться к пассажирам весельной лодки, они указали бы совершенно другую точку. Почему?



Происходит это оттого, что пассажиры видят лодку движущейся вовсе не под прямым углом к пути своей лодки. Они ведь не чувствуют собственного движения: им кажется, что сами они стоят на месте, а все кругом движется с их собственной скоростью, но в обратном направлении. Поэтому для них парусная лодка движется не только по направлению стрелки  $b$ , но и по направлению пунктирной линии  $a$  (см. рисунок на с. 28), обратно движению весельной лодки.

Оба движения парусной лодки — действительное и кажущееся — складываются по правилу параллелограмма. В результате пассажирам шлюпки кажется, будто парусная лодка движется по диагонали параллелограмма, построенного на  $b$  и  $a$ . Вот почему пассажирам представляется, что парусная лодка отчалила от берега вовсе не в точке  $M$ , а в некоторой точке  $N$ , далеко впереди по движению весельной шлюпки.



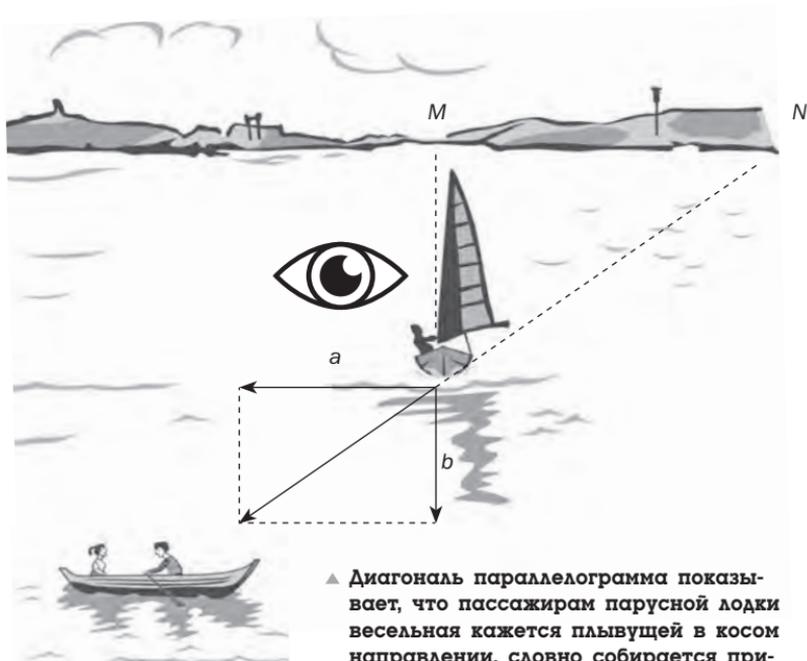
▲ Гребцам кажется, что парусная лодка идет не наперез им, а косо, от точки  $N$ , а не от  $M$

Двигаясь вместе с Землей по ее орбите и встречая лучи звезд, мы судим о положении источников этих лучей так же неправильно, как пассажиры весельной лодки ошибочно определяют место отплытия парусной. Поэтому звезды представляются нам немного смещенными вперед по пути движения Земли. Конечно, скорость движения Земли ничтожна по сравнению со скоростью света (в 10 000 раз меньше), поэтому кажущееся смещение звезд незначительно. Но оно может быть обнаружено с помощью астрономических приборов. Явление это называется абберацией света.

**Если подобные вопросы заинтересовали вас, попробуйте, не изменяя условий нашей задачи о лодке, сказать:**

- 1) по какому направлению движется весельная лодка для пассажиров парусной;
- 2) куда направляется весельная лодка, по мнению пассажиров парусной?

Чтобы ответить на эти вопросы, вам нужно на линии  $a$  построить параллелограмм скоростей (рисунок внизу); диагональ его покажет, что пассажирам парусной лодки весельная кажется плывущей в косом направлении, словно собирается причалить к берегу.



▲ Диагональ параллелограмма показывает, что пассажирам парусной лодки весельная кажется плывущей в косом направлении, словно собирается причалить к берегу

## → Встаньте!

Если я скажу вам: «Сейчас вы сядете на стул так, что не сможете встать, хотя и не будете привязаны», — вы примете это, конечно, за шутку.



Хорошо. Сядьте же так, как сидит человек, изображенный на рисунке, то есть держа туловище отвесно и не пододвигая ног под сиденье стула. А теперь попробуйте

встать, не меняя положения ног и не нагибая корпус вперед.

Что, не получается? Никаким усилием мышц не удастся вам встать со стула, пока вы не пододвинете ноги под сиденье или не подадитесь корпусом вперед.

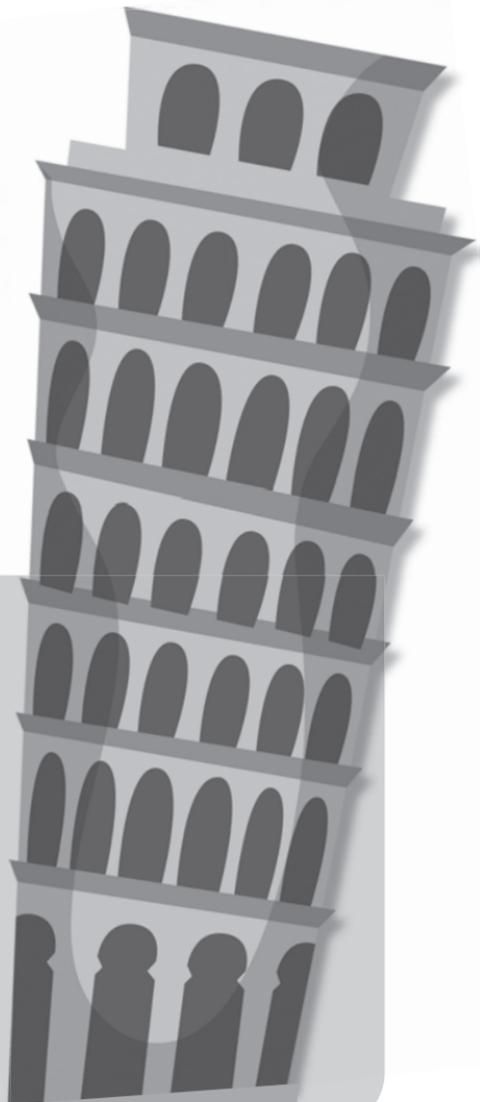
Чтобы понять, почему это так, нам придется побеседовать немного о *равновесии* тел вообще и человеческого в частности.

Стоящий предмет не опрокидывается только тогда, когда отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит внутри основания вещи. Поэтому наклонный цилиндр (на рисунке внизу) должен непременно опрокинуться; но если бы он

был настолько широк, что отвесная линия, проведенная из его центра тяжести, проходила бы в пределах его основания, цилиндр не опрокинулся бы.



Так называемые падающие башни — в Пизе, Болонье или хотя бы падающая колокольня в Архангельске — не падают, несмотря на свой наклон, также потому, что отвесная линия из их центра тяжести не выходит за пределы основания (другая, второстепенная, причина та, что они углублены в землю своим фундаментом).

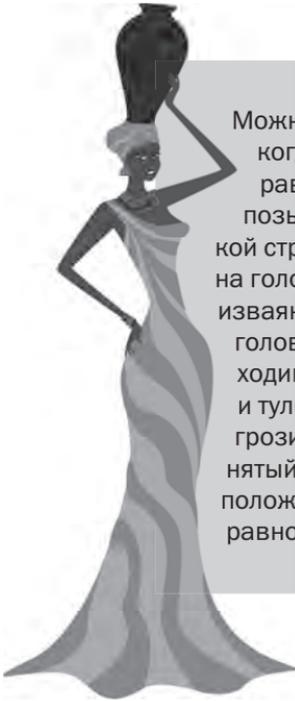




Стоящий человек не падает только до тех пор, пока отвесная линия из центра тяжести находится внутри площадки, ограниченной краями его ступней (см. рисунок вверху). Поэтому так трудно стоять на одной ноге; еще труднее стоять на канате: основание очень мало и отвесная линия легко может выйти за его пределы.



Заметили ли вы, какой странной походкой отличаются старые морские волки? Проводя всю жизнь на качающемся судне, где отвесная линия из центра тяжести их тела ежесекундно может выйти за пределы пространства, занятого ступнями, моряки вырабатывают привычку ступать так, чтобы основание их тела (то есть широко расставленные ноги) захватывало возможно большее пространство. Это придает морякам необходимую устойчивость на колеблющейся палубе; естественно, что та же привычка сохраняется при ходьбе по твердой земле.

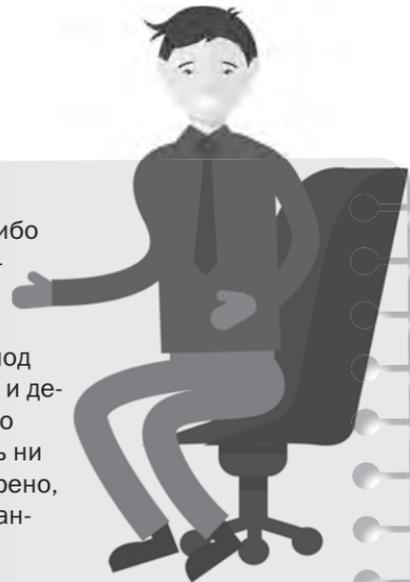


Можно привести и обратный пример, когда необходимость поддерживать равновесие обуславливает красоту позы. Обращали вы внимание на то, какой стройный вид имеет человек, несущий на голове груз? Всем известны изящные изваяния женских фигур с кувшином на голове. Неся на голове груз, по необходимости приходится держать голову и туловище прямо. Малейшее уклонение грозит вывести центр тяжести (приподнятый в таких случаях выше обычного положения) из контура основания, и тогда равновесие фигуры будет нарушено.

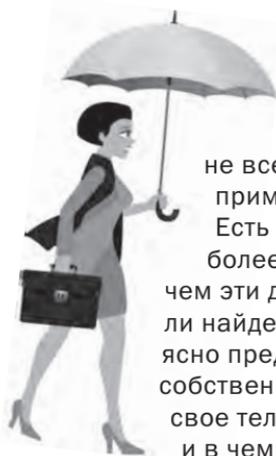
Теперь вернемся к опыту с вставанием сидящего человека. Центр тяжести туловища сидящего человека находится внутри тела, близ позвоночника, приблизительно на 20 см выше уровня пупка.

Проведите отвесную линию из этой точки вниз: она пройдет под стулом, позади ступней. А чтобы человек мог стоять, линия эта должна проходить между ступнями.

Значит, вставая, мы должны либо податься грудью вперед, перемещая этим центр тяжести, либо же отодвинуть ноги назад, чтобы подвести опору под центр тяжести. Обычно мы так и делаем, когда встаем со стула. Но если нам не разрешают делать ни того, ни другого, то встать мудро, как вы и убеждаетесь на описанном опыте.



## → Ходьба и бег



То, что вы делаете десятки тысяч раз в день в течение всей жизни, должно быть вам прекрасно известно.

Так принято думать, но это далеко

не всегда верно. Лучший пример — ходьба и бег.

Есть ли что-нибудь более нам знакомое, чем эти движения? А много ли найдется людей, которые ясно представляют себе, как, собственно, передвигаем мы свое тело при ходьбе и беге и в чем разнятся эти два рода движений? Послушаем

же, что говорит о ходьбе и беге физиология<sup>1</sup>.

Для большинства, я уверен, это описание будет совершенно ново.



«Предположим, что человек стоит на одной ноге, например на правой. Вообразим себе, что он приподнимает пятку, наклоняя в то же время туловище вперед<sup>2</sup>.

При таком положении перпендикуляр из центра тяжести, понятно, выйдет из площади основания опоры, и человек должен упасть вперед. Но едва начинается это падение, как левая нога его, оставшаяся в воздухе, быстро подвигается вперед и становится на землю впереди перпендикуляра из центра тяжести, так что последний, то есть перпендикуляр, попадает в площадь, образуемую линиями, которыми соединяются точки опоры обеих ног. Равновесие таким образом восстанавливается; человек ступил, сделал шаг. Он может и остановиться в этом довольно уютном положении. Но если хочет идти дальше, то наклоняет свое тело еще более вперед, переносит перпендикуляр из центра

<sup>1</sup> Текст отрывка заимствован из «Лекций по зоологии» проф. П. Бера.

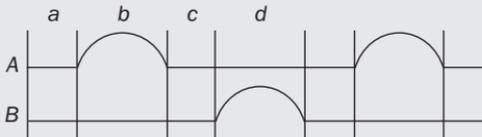
<sup>2</sup> При этом идущий человек, отталкиваясь от опоры, оказывает на нее добавочное к весу давление — около 20 кг. Отсюда, между прочим, следует, что идущий человек сильнее давит на землю, чем стоящий. — Я. П.

тяжести за пределы площади опоры и в момент угрозы падения снова выдвигает вперед ногу, но уже не левую, а правую — новый шаг и т. д. Ходьба поэтому есть не что иное, как *ряд падений вперед*, предупреждаемых вовремя поставленной опорой ноги, оставшейся до того позади.

#### ▼ Последовательные движения тела при ходьбе



#### Графическое изображение движения ног при ходьбе



Верхняя линия (A) относится к одной ноге, нижняя (B) — к другой. Прямые линии отвечают моментам опоры о землю, дуги — моментам движения ног без опоры. Из графика видно, что в течение промежутка времени *a* обе ноги опираются о землю; в течение *b* — нога A в воздухе, B продолжает опираться; в течение *c* — вновь обе ноги опираются о землю. Чем быстрее ходьба, тем короче промежутки *a*, *c* (ср. с графиком бега).

Рассмотрим дело несколько ближе. Предположим, что первый шаг сделан. В этот момент правая нога еще касается земли, а левая уже ступает на землю.

Но если только шаг не очень короток, правая пятка должна была приподняться, так как именно это-то приподнимание пятки и позволяет телу наклониться вперед и нарушить равновесие. Левая нога ступает на землю прежде всего пяткой. Когда вслед за тем вся подошва ее становится на землю, правая нога поднимается совершенно на воздух. В то же время левая нога, несколько согнутая в колене, выпрямляется сокращением трехглавой

бедренной мышцы и становится на мгновение вертикальной. Это позволяет полусогнутой правой ноге продвинуться вперед, не касаясь земли, и, следуя за движением тела, поставить на землю свою пятку как раз вовремя для следующего шага.

Подобный же ряд движений начинается затем для левой ноги, которая в это время опирается на землю только пальцами и вскоре должна подняться на воздух.

Бег отличается от ходьбы тем, что нога, стоящая на земле, внезапным сокращением ее мышц энергично вытягивается и отбрасывает тело вперед, так что последнее *на одно мгновение совсем отделяется от земли*. Затем оно снова падает на землю на другую ногу, которая, пока тело было на воздухе, быстро передвинулась вперед. Таким образом, бег состоит из *ряда скачков с одной ноги на другую*.

▼ **Последовательные положения тела при беге: есть моменты, когда обе ноги находятся без опоры**



**Графическое изображение движения ног в беге**



◀ Из графика видно, что для бегущего человека существуют моменты *b, d, f*, когда обе ноги витают в воздухе. Этим и отличается бег от ходьбы

Что касается энергии, затрачиваемой человеком при ходьбе по горизонтальной дороге, то она не равна нулю, как иные думают: центр тяжести тела пешехода при каждом шаге поднимается на несколько сантиметров. Можно рассчитать, что работа при ходьбе по горизонтальному пути составляет около  $\frac{1}{15}$  доли работы поднятия тела пешехода на высоту, равную пройденному пути<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Расчет можно найти в брошюре проф. В. П. Горячкина «Работа живых двигателей», 1914.

## → Как надо прыгать из движущегося вагона?

Задав кому-нибудь этот вопрос, вы, конечно, получите ответ: «Вперед, по движению, согласно закону инерции». Попросите, однако, объяснить подробнее, причем тут закон инерции. Можно предсказать, что при этом произойдет: ваш собеседник начнет уверенно доказывать свою мысль; но если не перебивать его, он скоро сам остановится в недоумении: выйдет, что именно вследствие инерции надо прыгать как раз наоборот — назад, против движения!



И в самом деле, закон инерции играет здесь роль второстепенную — главная причина совсем другая. И если эту главную причину забыть, то мы действительно придем к выводу, что надо прыгать назад, а никак не вперед.

Пусть вам необходимо выпрыгнуть на ходу. Что произойдет при этом?

Когда мы прыгаем из движущегося вагона, то тело наше, отделившись от вагона, обладает скоростью вагона (оно движется по инерции) и стремится двигаться вперед. Делая прыжок вперед, мы, конечно, не только не уничтожаем этой скорости, но, наоборот, еще увеличиваем ее.

Отсюда следует, что надо было бы прыгать *назад*, а вовсе не вперед, по направлению движения вагона. Ведь при прыжке назад скорость, сообщаемая прыжком, *отнимается* от скорости, с которой наше тело движется по инерции, вследствие этого, коснувшись земли, тело наше с меньшей силой будет стремиться опрокинуться.

Однако если уж и приходится прыгать из движущегося экипажа, то все прыгают вперед, по движению. Это действительно лучший способ и настолько проверенный, что мы настойчиво предостерегаем читателей от попыток проверить неудобство прыгания назад из движущегося экипажа.

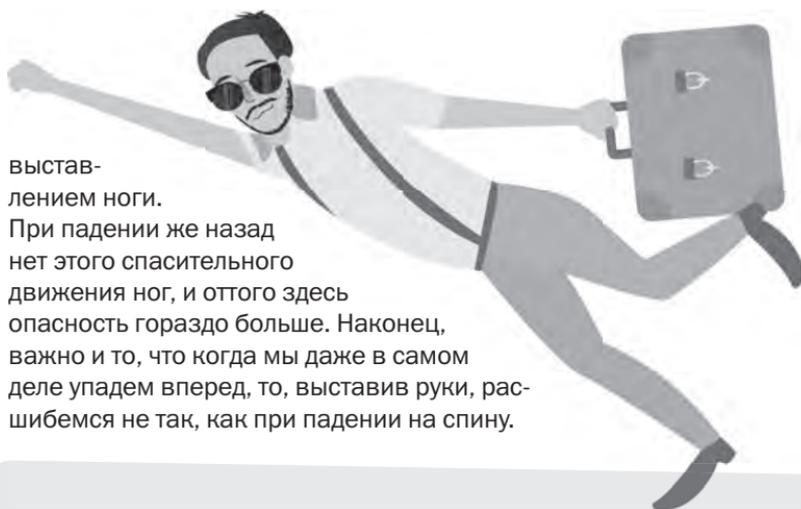


### Так в чем же дело?

В неверности объяснения, в его недоговоренности. Будем ли прыгать вперед, будем ли прыгать назад — в том и другом случае нам грозит опасность упасть, так как верхняя часть туловища будет еще двигаться, когда ноги, коснувшись земли, остановятся. Скорость этого движения при прыжке вперед

даже больше, чем при прыжке назад. Но существенно важно то, что вперед падать гораздо безопаснее, чем падать назад. В первом случае мы привычным движением выставляем ногу вперед (а при большой скорости вагона — пробегаем несколько шагов) и тем предупреждаем падение. Это движение привычно, так как мы всю жизнь совершаем его при ходьбе, ведь с точки зрения механики, как мы узнали из предыдущей статьи, ходьба есть не что иное, как ряд падений нашего тела вперед, предупреждаемых





выстав-  
лением ноги.

При падении же назад нет этого спасительного движения ног, и оттого здесь опасность гораздо больше. Наконец, важно и то, что когда мы даже в самом деле упадем вперед, то, выставив руки, расшибемся не так, как при падении на спину.

Итак, причина того, что безопаснее прыгать из вагона вперед, кроется не столько в законе инерции, сколько в нас самих. Ясно, что для предметов *неживых* правило это неприменимо: бутылка, брошенная из вагона вперед, скорее может разбиться при падении, нежели брошенная в обратном направлении. Поэтому если вам придется почему-либо прыгать из вагона, выбросив предварительно свой багаж, следует кидать багаж *назад*, самим же прыгать *вперед*. Люди опытные — кондукторы трамвая, контролеры — часто поступают так: прыгают *назад*, *обратившись спиной по направлению прыжка*. Этим достигается двойная выгода: уменьшается скорость, приобретенная нашим телом по инерции, и, кроме того, предупреждается опасность падения на спину, так как прыгающий обращен передней стороной тела по направлению возможного падения.

## → Поймать боевую пулю руками

Во время империалистической войны, как сообщали газеты, с французским летчиком произошел совершенно необыкновенный случай.



Летая на высоте 2 км, летчик заметил, что близ его лица движется какой-то мелкий предмет. Думая, что это насекомое, летчик правильно схватил его рукой. Представьте изумление летчика, когда оказалось, что он поймал... германскую боевую пулю!

**Не правда ли, это напоминает рассказы легендарного барона Мюнхгаузена, будто бы ловившего пушечные ядра руками?**

А между тем в сообщении о летчике, поймавшем пулю, нет ничего невозможного.



Пуля ведь не все время движется со своей начальной скоростью

800–900 м/с. Из-за сопротивления воздуха она постепенно замедляет свой полет и к концу пути — на излете — делает всего около 40 м/с. А такую скорость развивает и самолет. Значит, легко может случиться, что пуля и самолет будут иметь одинаковую скорость; тогда по отношению к летчику пуля будет неподвижна или будет двигаться едва заметно. Ничего не будет стоять тогда схватить ее рукой, особенно в перчатке, потому что пуля, движущаяся в воздухе, сильно разогревается.

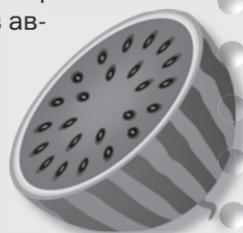
## → Арбуз-бомба

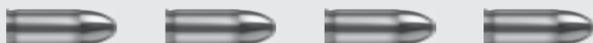
Если при известных условиях пуля может стать безвредной, то возможен и обратный случай: «мирное тело», брошенное с незначительной скоростью, произведет разрушительное действие.



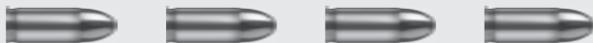
Во время автомобильного пробега Ленинград — Тифлис (в 1924 г.) крестьяне кавказских селений приветствовали проносящиеся мимо них автомобили, кидая пассажирам арбузы, дыни, яблоки. Действие этих невинных подарков оказывалось вовсе не приятным: арбузы и дыни вдавливали, сминали и ломали кузов машины, а яблоки, попав в пассажира, причиняли серьезные увечья. Причина понятна: собственная скорость автомобиля складывалась со скоростью брошенного арбуза или яблока и превращала их в опасные, разрушительные снаряды. Нетрудно рассчитать, что пуля в 10 г весом обладает такой же энергией движения, как арбуз в 4 кг, брошенный в автомобиль, который мчится со скоростью 120 км/ч.

Пробивное действие арбуза при таких условиях не может, однако, сравниться с действием пули, так как арбуз не обладает ее твердостью.





Когда разовьется скоростная авиация в высших слоях атмосферы (в так называемой стратосфере) и самолеты будут иметь скорость около 3000 км/ч, то есть скорость пуль, летчикам придется иметь дело с явлениями, напоминающими рассмотренное сейчас. А именно: каждый предмет, попадающий на пути такого сверхбыстроходного самолета, превратится для него в разрушительный снаряд. Наткнуться на горсть пуль, просто уроненных с другого самолета, даже не летящего навстречу, будет все равно что подвергаться обстрелу из пулемета. Падающие пули ударятся об аэроплан с такой же силой, с какой вонзились бы в эту машину пули из пулемета. Так как относительные скорости в обоих случаях одинаковы (самолет и пуля сближаются со скоростью около 800 м/с), то разрушительные последствия столкновений будут одинаковы.





Наоборот, если пуля летит вслед аэроплану, несущемуся с равной скоростью, то для летчика она, как мы уже знаем, безвредна. Тем, что тела, движущиеся с почти одинаковой скоростью в одном направлении, приходят в соприкосновение без удара, искусно воспользовался в 1935 г. машинист Борщев, приняв движущийся состав из 36 вагонов на свой поезд без удара и предотвратив тем самым железнодорожную катастрофу. Произошло это на Южной дороге, на перегоне Ельники — Ольшанка, при следующих обстоятельствах. Впереди поезда, который вел Борщев, шел другой. За недостатком паров передний поезд остановился; его машинист с паровозом и несколькими вагонами отправился

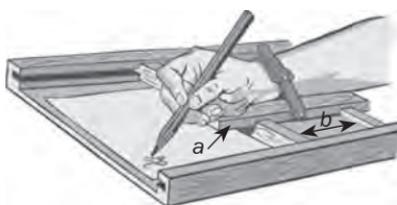


вперед, на станцию, оставив остальные 36 вагонов на пути. Вагоны, под которые не было подложено башмаков, покатались под уклон назад со скоростью 15 км/ч, грозя налететь на поезд Борщева. Заметив опасность, находчивый машинист остановил свой поезд и повел его назад, постепенно развив скорость также 15 км/ч. Благодаря такому маневру ему удалось весь 36-вагонный состав принять на свой поезд без малейшего повреждения.



Наконец, на том же принципе основан прибор, чрезвычайно облегчающий письмо в движущемся поезде. Писать в вагоне на ходу поезда трудно лишь потому, что толчки на стыках рельсов передаются бумаге и кончику пера не одновременно. Если устроить так, чтобы бумага и перо получали сотрясение в одно и то же время, они друг относительно друга будут в покое и письмо на ходу поезда не составит нового затруднения.

Это и достигается благодаря прибору, изображенному на рисунке. Рука с пером пристегивается к дощечке *a*, которая передвигается в пазах по планке *b*; последняя, в свою очередь, может перемещаться в пазах дощечки, лежащей на столике в вагоне. Рука, как видим, достаточно подвижна, чтобы писать букву за буквой, строку за строкой; вместе с тем каждый толчок, получаемый бумагой на дощечке, в тот же самый момент и с такой же силой передается руке, держащей перо. При таких условиях пись-



▲ Приспособление, позволяющее удобно писать в движущемся поезде

мо на ходу поезда становится столь же удобным, как и в неподвижном вагоне; мешает лишь то, что взгляд скользит по бумаге рывками, так как голова и рука получают толчки не одновременно.



## → На платформе весов

Десятичные весы только в том случае верно показывают вес вашего тела, когда вы стоите на их платформе совершенно неподвижно. Вы нагибаетесь — и весы в момент сгибания показывают уменьшенный вес. Почему? Потому что мускулы, пригибающие верхнюю часть туловища, подтягивают в то же время нижнюю часть тела

вверх, уменьшая давление, оказываемое ею на опору. Напротив, в тот момент, когда вы прекращаете сгибание туловища усилием мышц, расталкивающих обе части тела врозь, весы показывают заметно увеличенный вес соответственно усиленному давлению нижней части тела на платформу.

Даже поднятие руки должно вызвать колебание чувствительных весов, соответствующее небольшому увеличению кажущегося веса вашего тела. Мускулы, поднимающие руку вверх, опираются на плечо и, следовательно, отталкивают его вместе с туловищем вниз: давление на платформу возрастает. Останавливая поднимаемую руку, мы приводим в действие противоположные мышцы, которые подтягивают плечо вверх, стремясь сблизить его с концом руки, — и вес тела, его давление на опору уменьшаются.



Наоборот, опуская руку вниз, мы во время этого движения вызываем уменьшение веса своего тела, а в момент остановки руки — увеличение веса. Словом, действием внутренних сил мы можем увеличивать или уменьшать вес нашего тела, разумея под весом давление на опору.

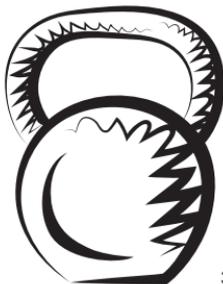
## → Где вещи тяжелее?

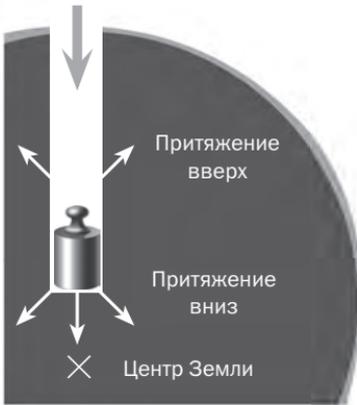
Сила, с которой тела притягиваются земным шаром, убывает по мере возвышения над земной поверхностью. Если

бы мы подняли килограммовую гиру на высоту 6400 км, то есть удалили ее от центра земного шара на два его радиуса, то сила притяжения ослабела бы в  $2^2$ , то есть в 4 раза, и гирия на пружинном безмене вытянула бы всего 250 г вместо 1000. Согласно закону тяготения, земной шар притягивает внешние тела

так, как если бы вся его масса сосредоточена была в центре, а сила этого притяжения убывает обратно квадрату

расстояния. В нашем случае расстояние гири от центра Земли удвоилось, и оттого притяжение ослабело в  $2^2$ , то есть вчетверо. Удалив гирию на 12 800 км от земной поверхности, то есть на тройное расстояние от центра Земли, мы ослабили бы притяжение в  $3^2$ , то есть в 9 раз; 1000-граммовая гирия весила бы тогда всего 111 г и т. д.





Естественно, рождается мысль, что, углубляясь с гирей в недра Земли, то есть приближая тело к центру нашей планеты, мы должны наблюдать усиление притяжения: гиря в глубине Земли должна весить больше. Эта догадка неверна: с углублением в Землю тела не увеличиваются в весе, а, напротив, уменьшаются.

#### ▲ Почему с углублением в Землю сила тяжести ослабевает?

Объясняется это тем, что в таком случае притягивающие частицы Земли расположены уже не по одну сторону тела, а по разные его стороны. Взгляните на рисунок. Вы видите, что гиря, помещенная в глубине Земли, притягивается вниз частицами, расположенными ниже гири, но в то же время притягивается вверх теми частицами, которые лежат выше нее. Можно доказать, что в конечном счете имеет значение притягивающее действие только шара, радиус которого равен расстоянию от центра Земли до местонахождения тела. Поэтому вес тела по мере углубления в Землю должен быстро уменьшаться. Достигнув центра Земли, тело совсем утратит вес, сделается невесомым, так как окружающие частицы влекут его там во все стороны с одинаковой силой. Итак, всего больше тело весит на самой поверхности Земли; с удалением от нее ввысь или вглубь вес его уменьшается<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Так происходило бы, если бы земной шар был вполне однороден по плотности; в действительности плотность Земли возрастает с приближением к центру, поэтому сила тяжести при углублении в Землю сначала на некотором расстоянии растет и лишь затем начинает ослабевать.

## → Сколько весит тело, когда оно падает?

Заметили ли вы, какое странное ощущение испытываете вы в тот момент, когда начинаете опускаться на лифте? Ненормальная легкость вроде той, какую испытывает человек, летящий в пропасть... Это не что иное, как ощущение невесомости в первый момент движения, когда пол под вашими ногами уже опускается, а вы сами не успели еще приобрести той же скорости, тело ваше почти не давит на пол и, следовательно, весьма мало весит. Проходит мгновение, и странное ощущение прекращается; ваше тело, стремясь падать быстрее, чем равномерно движущийся лифт, давит на его пол и, значит, снова приобретает свой полный вес.

