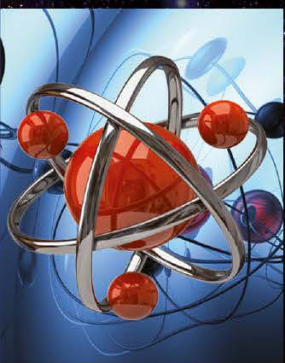
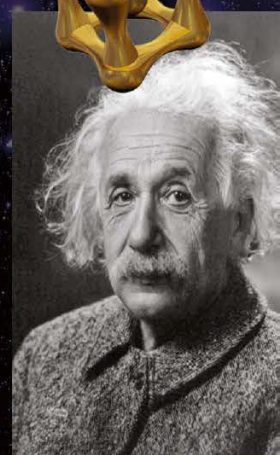


Я.И. Перельман



ИЛЛЮСТРИРОВАННАЯ
КНИГА
ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ НАУК



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ НАУКА
В ИЛЛЮСТРАЦИЯХ!



Аванта

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ИЛЛЮСТРИРОВАННАЯ КНИГА ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ НАУК



Аванта

УДК 087.5
ББК 92
П27

*Популярное издание
Для среднего школьного возраста*

Яков Исидорович Перельман
Иллюстрированная книга
занимательных наук

Ответственный редактор **М. А. Нянковский**
Художественное оформление **Е. В. Кабанова**
Художники **Душин М. В., Румянцев А. А.**
Корректор **Т. В. Чупина**

Подписано в печать 06.07.2015. Формат 84x108/16. Гарнитура SchoolBookC.
Усл. п. л. 33,60. Тираж экз. Заказ №.

ООО «Издательство АСТ»
129085 г. Москва, Звёздный бульвар, д. 21, строение 3, комната 5
Наш электронный адрес: malysh@ast.ru
Home page: www.ast.ru

«Баспа Аста» деген ООО
129085 г. Мәскеу, жұлдызды гүлзар, д. 21, 3 кұрылым, 5 бөлме
Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru
E - mail: malysh@ast.ru

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы»
ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1
Тел.: 8(727) 251 59 89, 90, 91, 92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген
Өндірген мемлекет: Ресей
Сертификация қарастырылған

Перельман, Я. И.

П27 Иллюстрированная книга занимательных наук / Я. И. Перельман.—
М.: Издательство АСТ, 2015. — 320 с.: ил.
ISBN 978-5-17-090659-8.

В издание вошли материалы из нескольких книг выдающегося популяризатора науки Я. И. Перельмана. Здесь вы найдете необычные научные сюжеты, интереснейшие опыты, занимательные задачи, нестандартные головоломки и фокусы. Книги Я. И. Перельмана — это не только занимательное чтение. Они помогают и детям, и взрослым увидеть, сколько необычных, казалось бы, привычных предметов и явления, которые нас окружают.

УДК 087.5
ББК 92



ISBN 978-5-17-090659-8.

© ООО «Издательство АСТ», 2015

Предисловие

В 1913 году на прилавках книжных магазинов появилась книга замечательного педагога Якова Исидоровича Перельмана «Занимательная физика». Книга эта быстро завоевала сердца читателей, в особенности молодежи, которая нашла в ней ответы на многие интересовавшие вопросы.

«Занимательная физика» не только была написана интересно по форме, но и содержала в себе огромный познавательный материал.

В предисловии к 11-му изданию Я. И. Перельман писал: «Главная цель „Занимательной физики“ — возбудить 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».

После «Занимательной физики» Я. И. Перельман стал создавать и другие книги, в которых показал себя замечательным популяризатором науки. Наиболее известны его книги «Занимательная арифметика», «Занимательная механика», «Занимательная геометрия», «Занимательная астрономия», «Живая математика», «Физика на каждом шагу», «Фокусы и развлечения» и др. Теперь эти книги знает каждый грамотный человек.

Он написал также несколько книг, посвященных вопросам межпланетных





путешествий («Межпланетные путешествия», «К звездам на ракете», «Мировые дали» и др.). Великий ученый К. Э. Циолковский высоко ценил талант и творчество Я. И. Перельмана. Он писал о нем в предисловии к книге «Межпланетные путешествия»: «Автор давно известен своими популярными, остроумными и вполне научными трудами по физике, астрономии и математике, написанными к тому же чудесным языком и легко воспринимаемыми читателями».

Я. И. Перельман является автором ряда учебников, а также разнообразных статей, которые он публиковал в журналах «Знание — сила», «Техника — молодежи» и др.

Он не только занимался педагогической, научной и литературной деятельностью. Много времени у него отнимала огромная редакционная работа, так как он был редактором журналов «Природа и люди» и «В мастерской природы».

Хотя с момента появления первой книги Я. И. Перельмана прошло более ста лет, интерес к его трудам не ослабевает, и новые поколения читателей с интересом знакомятся с его увлекательными книгами.

В настоящий сборник вошли материалы из разных книг Я. И. Перельмана, автором или составителем которых он был.

Юный читатель найдет здесь немало интересных опытов и задач, фокусов, головоломок и другие научные развлечения, которыми он сможет заняться в свободные часы.

Эти же материалы успешно могут использовать родители и педагоги в своей работе с детьми.



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА



В ПОГОНЕ ЗА ВРЕМЕНЕМ

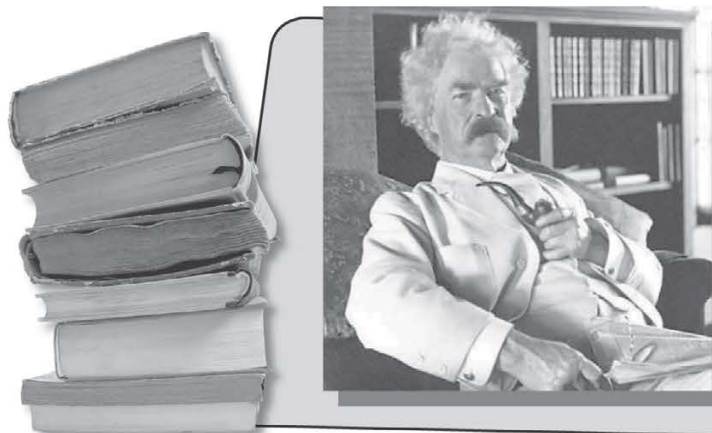


Можно ли в 8 часов утра вылететь из Владивостока и в 8 часов утра того же дня прилететь в Москву? Вопрос этот вовсе не лишен смысла. Да, можно. Чтобы понять этот ответ, нужно только вспомнить, что разница между поясным временем Владивостока и Москвы составляет девять часов. И если самолет сможет пройти 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

$9000 : 9 = 1000$ км/ч. Это вполне достижимая в современных условиях скорость.

Чтобы «перегнать Солнце» (или, точнее, Землю) в полярных широтах, нужна значительно меньшая скорость. На 77-й параллели (Новая Земля) самолет, обладающий скоростью 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



Марк Твен,
настоящее имя
Сэмюэл Лэнгхорн
Клеменс
(1835—1910)

Американский писатель,
журналист и общественный
деятель.

самолета Солнце остановится и будет неподвижно висеть на небе, не приближаясь к закату (при этом, конечно, самолет должен двигаться в подходящем направлении).

Еще легче «перегнать Луну» в ее собственном обращении вокруг Земли. Луна движется вокруг Земли в 29 раз медленнее, чем Земля вокруг своей оси

(сравниваются, конечно, так называемые угловые, а не линейные скорости). Поэтому обыкновенный пароход, делающий 25—30 км в час, может уже в средних широтах «перегнать Луну»*.



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 (рис. 1); 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 (рис. 2, 3).



Только с начала XVIII века стала появляться на циферблате минутная стрелка. А с начала XIX века появилась и секундная стрелка.

Что же может совершиться в тысячную долю секунды? Очень многое! Поезд, правда, может переместиться за этот



** О таком явлении упоминает Марк Твен в своих очерках «Простак 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 минут долготы к востоку, т. е. именно с такой скоростью, чтобы не отставать от Луны!».*



Рис. 1. Определение времени дня по положению Солнца на небе (слева) и по длине тени (справа)

промежуток времени всего сантиметра на три, звук — уже на 33 см, самолет — примерно на полметра; земной шар пройдет в своем движении вокруг Солнца в такую долю секунды 30 м, а свет — 300 км.

Мелкие существа, окружающие нас, если бы они 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 не способен 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 на-

шего 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 $2/5$ секунды, т. е. 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 раздельно 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 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.

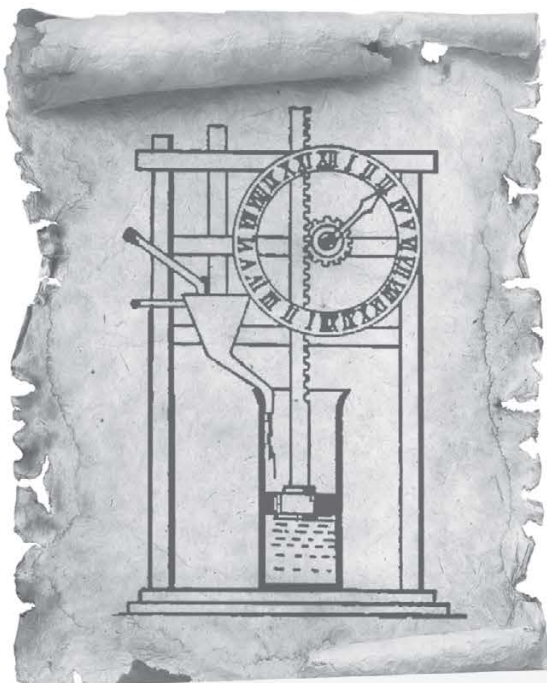


Рис. 2. Водяные часы, использовавшиеся в Древнем мире

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: он 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*. Это может вам дать понятие о силе моего „ускорителя“.

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

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

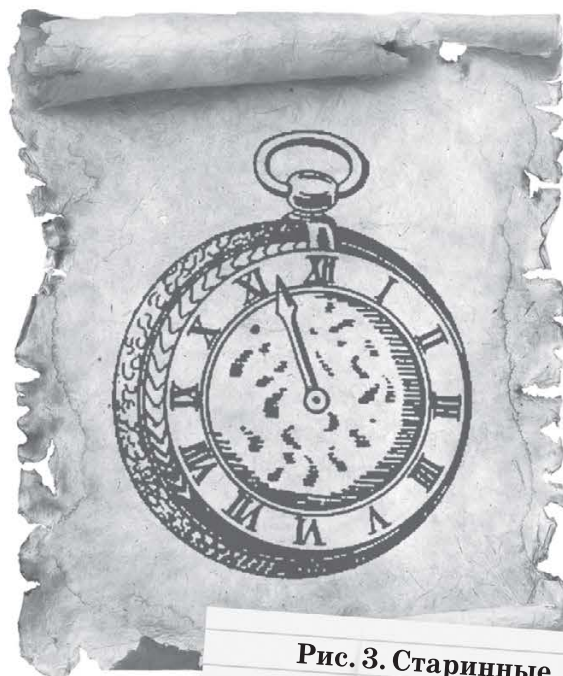


Рис. 3. Старинные карманные часы



* 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 $S = gt^2/2$), т.е. полмиллиметра, а в первую тысячную долю секунды — всего 1/200 мм.

** Единица измерения расстояния, принятая в англоговорящих странах. 1 дюйм = 25,4 мм. — Примеч. ред.

...Наше внимание было привлечено омнибусом, 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 этого 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!



Когда 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 не-



**Герберт Джордж Уэллс
(1866—1946)**

Английский писатель и публицист. Автор известных научно-фантастических романов «Машина времени», «Человек-невидимка», «Война миров» и др.



когда 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 так явление проектировать на экран, пуская ленту с обычной скоростью 24 кадра в секунду, то зрители увидят явление растянутым — совер-

шающимся в соответствующее число раз медленнее нормального. Читателю случилось, 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 Уэллса.



КОГДА МЫ ДВИЖЕМСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА БЫСТРЕЕ — ДНЕМ ИЛИ НОЧЬЮ?

В парижских газетах появилось однажды объявление, обещавшее каждому за 25 сантимов (сантим — мелкая денежная единица, принятая тогда во Франции. Название происходит от латинского слова centum — «сто». — *Примеч. ред.*) 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».

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:

— 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.

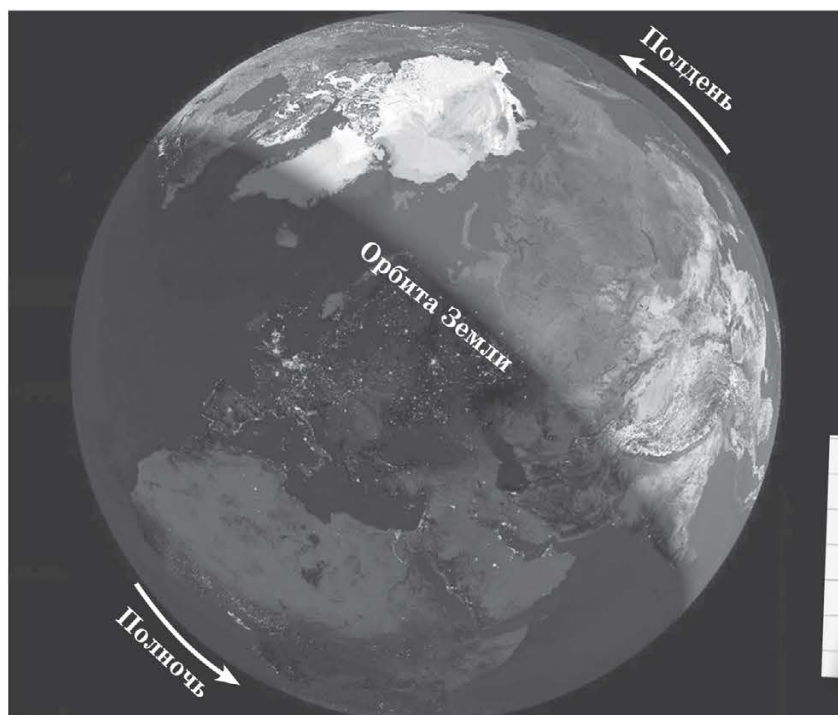


Рис. 4. На ночной половине земного шара люди движутся вокруг Солнца быстрее, чем на дневной

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 ли мы на дневной или ночной половине Земли. Взгляните на

рис. 4, 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 скоростью 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.



* Ленинград — так в советские годы назывался Санкт-Петербург. — Примеч. ред.



ЗАГАДКА ТЕЛЕЖНОГО КОЛЕСА

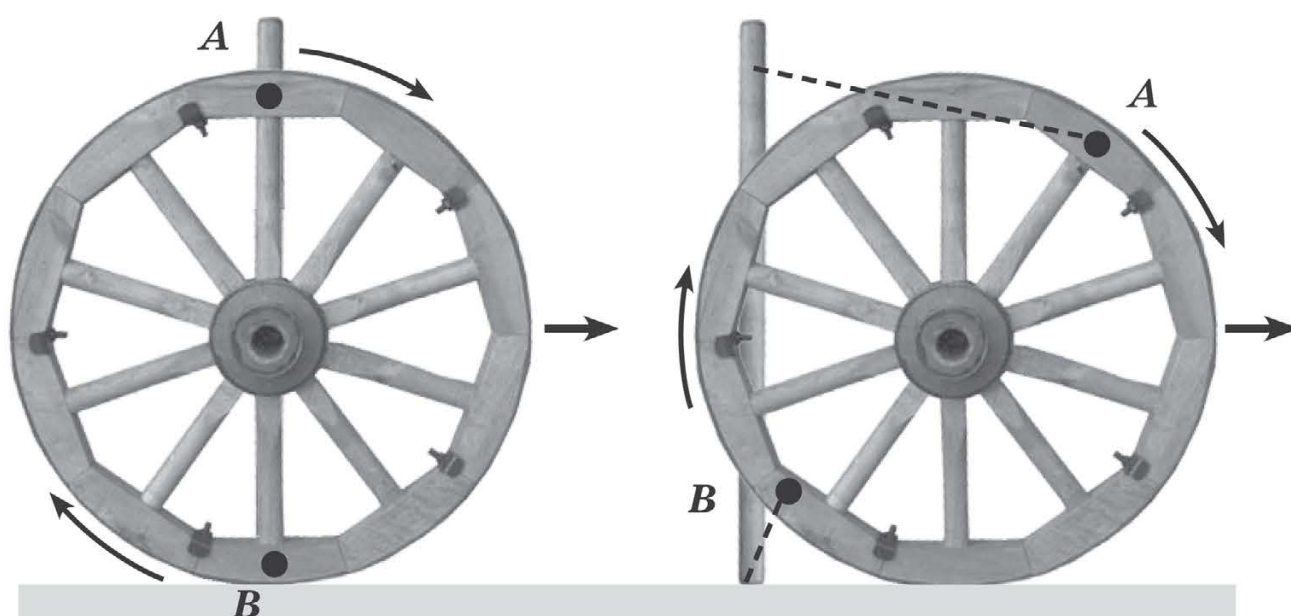
Прикрепите сбоку к ободу тележного колеса (или к шине велосипедного) цветную бумажку и наблюдайте за ней во время движения телеги (или велосипеда). Вы заметите странное явление: пока бумажка находится в нижней части катящегося колеса, она видна довольно отчетливо; в верхней же части она мелькает так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

Выходит как будто, что верхняя часть колеса 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.

Рис. 5. Как убедиться, что верхняя часть колеса движется быстрее нижней? Сравните расстояния точек *A* и *B* откатившегося колеса (правый чертеж) от неподвижной палки



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 не-

подвижного 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 в самой нижней его частях, сделайте пометки мелом или углем; пометки придутся, следовательно, как раз против палки. Теперь откатите телегу немного вправо (рис. 5), чтобы ось отошла от палки сантиметров на 20—30, и заметьте, как переместились ваши пометки. Окажется, что верхняя пометка А переместилась заметно больше, нежели нижняя В, которая только едва отступила от палки.



Итак, не все точки движущегося колеса телеги перемещаются одинаково быстро. Какая же часть катящегося колеса движется всего медленнее?

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.



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 рис. 6, т. е. держа туловище отвесно и не пододвигая ног под сиденье стула. А теперь попробуйте встать, не меняя положения ног и не нагибая корпуса вперед.

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



* *Маховое колесо, маховик — массивное вращающееся колесо, использующееся в машинах, имеющих неравномерное поступление или использование энергии. Накапливает энергию, когда поступление энергии выше, чем ее расход, и отдает ее, когда потребление превышает поступление энергии. Ось вращения маховика располагается параллельно направлению движения автомобиля. — Примеч. ред.*



Рис. 6. В таком положении невозможно подняться со стула

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 (рис. 7) 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 (рис. 8), в 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 основа-

ния (другая, второстепенная, причина та, что они углублены в землю своими фундаментами).

Стоящий человек не падает только до тех пор, пока отвесная линия из центра тяжести находится внутри площадки, ограниченной краями его ступней (рис. 9). Поэтому так трудно стоять на одной ноге; еще труднее стоять на канате: основание очень мало и отвесная линия легко может выйти за его пределы. Замечали ли вы, какой странной походкой отличаются старые «морские волки»?

Проводя всю жизнь на качающемся судне, где отвесная линия из центра тяжести их тела каждую секунду может выйти за пределы пространства, занятого ступнями, моряки вырабатывают привычку ступать так, чтобы основание их тела (т. е. 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 зем-

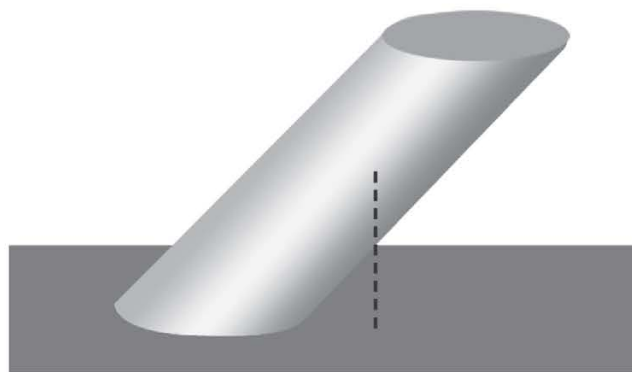


Рис. 7. Такой цилиндр должен опрокинуться, потому что отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит вне основания



**Рис. 8. «Падающая»
башня в Пизе**

ле. 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, сантиметров на 20 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 пододвинуть 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 мудрено, как вы и убеждаетесь на описанном опыте.



Рис. 9. Когда человек стоит, отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит внутри площадки, ограниченной ступнями



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*. 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, наклоня в то же время туловище вперед**. 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, т. е. перпендикуляр, попадает в площадь, образуемую линиями, которыми соединяются точки опоры обеих ног. Равновесие таким обра-

зом восстанавливается; человек ступил, сделал шаг.

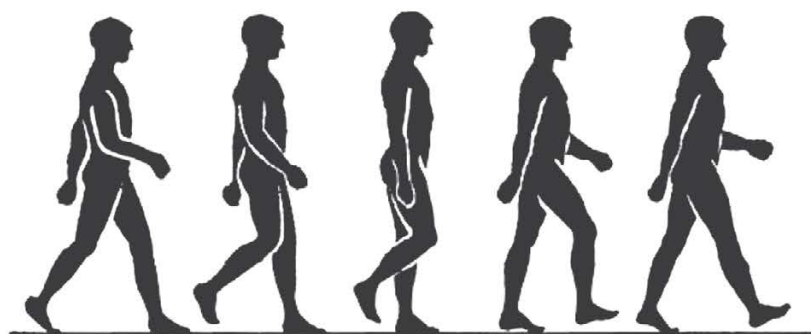
Он может и остановиться в этом довольно утомительном положении. Но если хочет идти дальше, то наклоняет свое тело еще более вперед, переносит перпендикуляр из центра тяжести за пределы площади опоры и в момент угрозы падения снова выдвигает вперед ногу, но уже не левую, а правую — новый шаг, и т. д. Ходьба поэтому есть не что иное, как ряд падений вперед, предупреждаемых вовремя поставленной опорой ноги, оставшейся до того позади.

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 короткий, правая пятка должна была приподняться, так как именно это-то приподнимание пятки и позволяет телу наклониться впе-



** Текст отрывка заимствован из «Лекций по зоологии» проф. Поля Бера; иллюстрации прибавлены составителем.*

Рис. 10. Как человек ходит. Последовательные положения тела при ходьбе



ред 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 по-

лусогнутой 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.

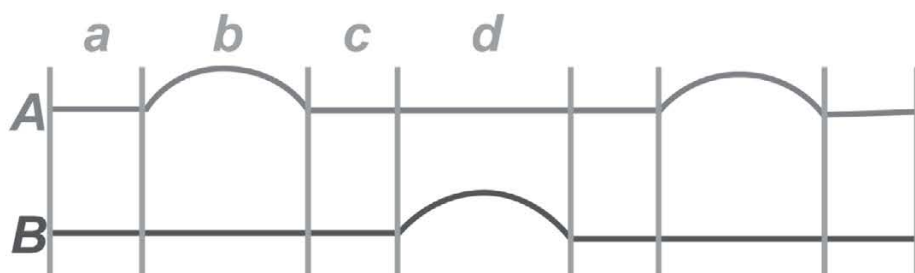
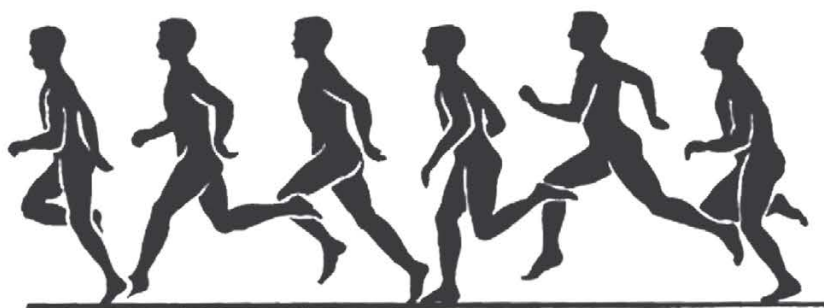


Рис. 11. Графическое изображение движений ног при ходьбе. Верхняя линия (A) относится к одной ноге, нижняя (B) — к другой. Прямые линии отвечают моментам опоры о землю, дуги — моментам движения ног без опоры. Из графика видно, что в течение промежутка времени *a* обе ноги опираются о землю; в течение *b* — нога A в воздухе, B продолжает опираться; в течение *c* — вновь обе ноги опираются о землю. Чем быстрее ходьба, тем короче становятся промежутки *a*, *c* (ср. с графиком бега, рис. 13)



**** 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.**

Рис. 12. Как человек бежит. Последовательные положения тела при беге (есть моменты, когда обе ноги находятся без опоры)



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».

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 одной пятнадцатой доли работы поднятия тела пешехода на высоту, равную пройденному пути*.

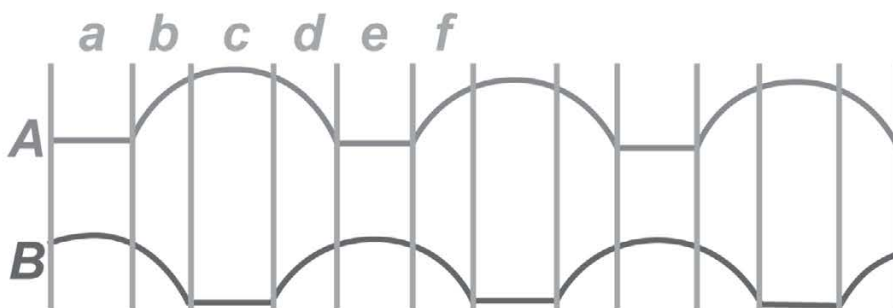


Рис. 13. Графическое изображение движения ног в беге (ср. с рис. 11). Из графика видно, что для бегущего человека существуют моменты (b, d, f), когда обе ноги витают в воздухе. Этим и отличается бег от ходьбы



* Расчет можно найти в брошюре проф. В. П. Горячкина «Работа живых двигателей», 1914.





Задав кому-нибудь этот вопрос, вы, конечно, получите ответ: «Вперед, по движению, согласно закону инерции». Попросите, однако, объяснить подробнее, при чем 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 на-

правлению 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 с 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 дви-



* Можно объяснить падение в этом случае также и с иной точки зрения (см. об этом «Занимательную механику», главу третью, статью «Когда горизонтальная линия не горизонтальна?»).



но 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, сле-

дует кидать багаж назад, самим же прыгать вперед.

жения 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 выставлением ноги. При падении же назад нет этого спасительного движения ног, и оттого здесь опасность гораздо больше. Наконец, важ-

дует кидать багаж назад, самим же прыгать вперед.

Люди опытные — кондукторы трамвая, контролеры — часто поступают так: прыгают назад, обратившись спиной по направлению прыжка. Этим достигается двоякая 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.



** На самом деле, конечно, прыгать на ходу из вагона НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕЛЬЗЯ ни в какую сторону — ни вперед, ни назад. Это очень опасно. Так что рассуждение это чисто теоретическое. — Примеч. ред.*

ПОЙМАТЬ БОЕВУЮ ПУЛЮ РУКАМИ



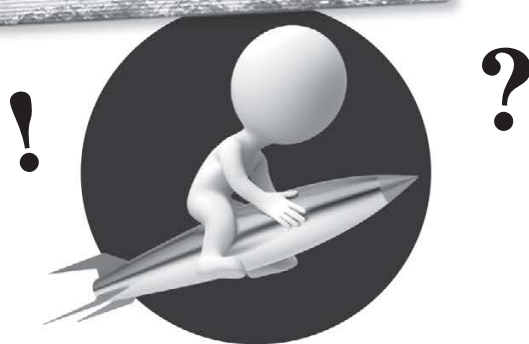
Во время империалистической войны (в годы, когда создавалась эта книга, так называли Первую мировую войну. — *Ред.*), как сообщали газеты, с французским летчиком произошел совершенно необыкновенный случай. Летая на вы-



соте двух километров, летчик заметил, что близ его лица движется какой-то мелкий предмет. Думая, что это насекомое, летчик проворно схватил его рукой. Представьте изумление летчика, когда оказалось, что он поймал... германскую боевую пулю!

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

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



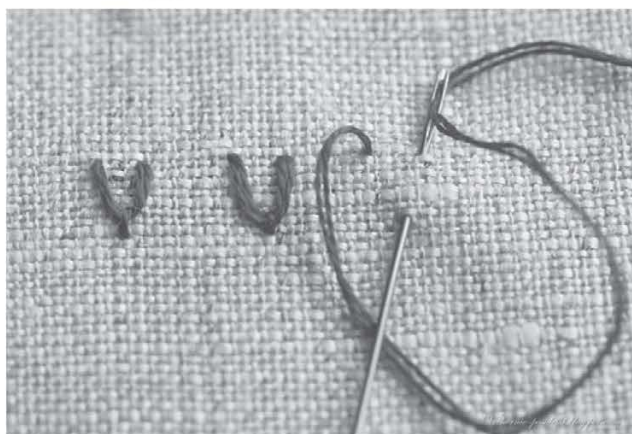
Пуля ведь не все время движется со своей начальной скоростью 800—900 м в секунду. Из-за сопротивления воздуха она постепенно замедляет свой полет и к концу пути — на излете — делает всего метров 40 в секунду. А такую скорость развивает и самолет. Значит, легко может случиться, что пуля и самолет будут 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.



ПОЧЕМУ ЗАОСТРЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ КОЛЮЧИ?



Задумывались ли вы над вопросом: отчего игла так легко пронизывает предмет насквозь? Отчего сукно или картон легко проткнуть тонкой иглой и трудно пробить тупым гвоздем? В обоих случаях действует, казалось бы, одинаковая сила.

Сила одинакова, но давление все же не одинаково. В первом случае вся сила сосредоточивается на острие иглы; во втором — та же сила распределяется на большую площадь конца гвоздя; следовательно, давление иглы гораздо больше, нежели давление тупого стержня при одном и том же усилии наших рук.

Каждый скажет, что борода с 20 зубьями глубже разрыхлит землю, чем борода того же веса, но с 60 зубьями. Почему? Потому что нагрузка на каждый зуб в первом случае больше, чем во втором.

Когда речь идет о давлении, всегда необходимо, кроме силы, принимать во внимание также и площадь, на которую эта сила действует. Когда нам говорят, что кто-либо получает 1000 рублей зарплаты,



то мы не знаем еще, много это или мало: нужно знать — в год или в месяц? Точно так же и действие силы зависит от того, распределяется ли она на квадратный сантиметр или сосредоточивается на сотой доле квадратного миллиметра.

Человек на лыжах ходит по рыхлому снегу, а без лыж проваливается. Почему? Потому что в первом случае давление его тела распределяется на гораздо большую поверхность, чем во втором. Если поверхность лыж, например, в 20 раз больше поверхности наших по-



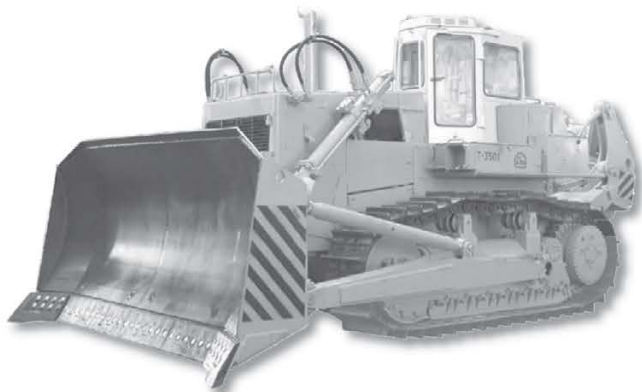


дошв, то на лыжах мы давим на снег в 20 раз слабее, чем стоя на снегу прямо ногами. Рыхлый снег выдерживает первое давление, но не выдерживает второго.

По той же причине лошадям, работающим на болоте, подвязывают особые «башмаки» к копытам, чтобы увеличить площадь опоры ног и тем уменьшить давление на болотистую почву: ноги лошадей при этом не увязают в болоте. Так же поступают и люди в некоторых болотистых местностях.

По тонкому льду люди передвигаются ползком, чтобы распределить вес своего тела на большую площадь.

Наконец, характерная особенность танков и гусеничных тракторов не увязать в рыхлом грунте, несмотря на свой значительный вес, объясняется опять-таки



распределением веса на большую поверхность опоры. Гусеничная машина весом 8 и более тонн оказывает на 1 кв. см грунта давление не более 600 г. С этой точки зрения интересен автомобиль на гусеничном ходу для перевозки грузов на болотах. Такой грузовик, везущий 2 тонны груза, оказывает на грунт давление всего 160 г на 1 кв. см; благодаря этому он хорошо ходит на торфяном болоте и по топким или песчаным местностям.

В этом случае большая площадь опоры так же выгодна технически, как малая площадь в случае иглы.



Из сказанного ясно, что острое прокалывает лишь благодаря незначительности площади, по которой распределяется действие силы. Совершенно по той же причине острый нож лучше режет, нежели тупой: сила сосредоточивается на меньшем пространстве.

Итак, заостренные предметы оттого хорошо колют и режут, что на их остриях и лезвиях сосредоточивается большое давление.



НАПОДОБИЕ ЛЕВИАФАНА



Почему на простом табурете сидеть жестко, в то время как на стуле, тоже деревянном, нисколько не жестко? Почему мягко лежать в веревочном гамаке, который сплетен из довольно твердых шнурков? Почему не жестко лежать на проволоочной сетке, устраиваемой в кроватях взамен пружинных матрасов?

Нетрудно догадаться. Сиденье простого табурета плоско; наше тело соприкасается с ним лишь по небольшой поверхности, на которой и сосредоточивается вся тяжесть туловища. У стула же сиденье вогнутое; оно соприкасается с телом по большей поверхности; по этой поверхности и распределяется вес туловища: на единицу поверхности приходится меньший груз, меньшее давление.

Итак, все дело здесь в более равномерном распределении давления. Когда мы нежмемся на мягкой постели, в ней образуются углубления, соответствующие неровностям нашего тела. Давление распределяется здесь по нижней поверхности тела довольно равномерно, так что на каждый квадратный сантиметр

приходится всего несколько граммов. Неудивительно, что в этих условиях мы чувствуем себя хорошо.

Легко выразить это различие и в числах. Поверхность тела взрослого человека составляет около 2 кв. м, или 20 000 кв. см. Допустим, что, когда мы лежим в постели, с ней соприкасается, опираясь на нее, приблизительно $1/4$ всей поверхности нашего тела, т. е. 0,5 кв. м, или 5000 кв. см. Вес же нашего тела — около 60 кг (в среднем), или 60 000 г. Значит, на каждый квадратный сантиметр приходится всего 12 г. Когда же мы лежим на голых досках, то соприкасаемся с опорной плоскостью лишь в немногих маленьких участках, общей площадью в какую-нибудь сотню квадратных сантиметров. На каждый квадратный сантиметр приходится, следовательно, давление в полкилограмма, а не в десяток граммов. Разница заметная, и мы сразу ощущаем ее на своем теле, говоря, что нам «очень жестко».



Но даже на самом твердом ложе нам может быть вовсе не жестко, если давление распределяется равномерно на большую поверхность. Вообразите, что вы легли на мягкую глину и в ней отпечатались формы вашего тела. Покинув глину, оставьте ее сохнуть (высыхая, глина «садится» на 5—10 %, но предположим, что этого не происходит). Когда она сделается твердой как камень, сохранив оставленные вашим телом вдавленности, лягте на нее опять, заполнив собой эту каменную форму. Вы почувствуете себя как на нежном пуховике, не ощущая жесткости, хотя лежите буквально на камне. Вы уподоби-

тесь легендарному Левиафану, о котором читаем в стихотворении Ломоносова:

*На острых камнях возлегает
И твердость оных презирает
Для крепости великих сил,
Считая их за мягкий ил.*

Но причиной нашей нечувствительности к жесткости ложа будет не «крепость великих сил», а распределение веса тела на весьма большую опорную поверхность.



Что воздух мешает полету пули, знают все, но лишь немногие представляют себе ясно, насколько велико это тормозящее действие воздуха. Большинство людей склонно думать, что такая нежная среда, как воздух, которого мы обычно даже и не чувствуем, не может сколько-нибудь заметно мешать стремительному полету ружейной пули.

Но взгляните на рис. 14, и вы поймете, что воздух является для пули

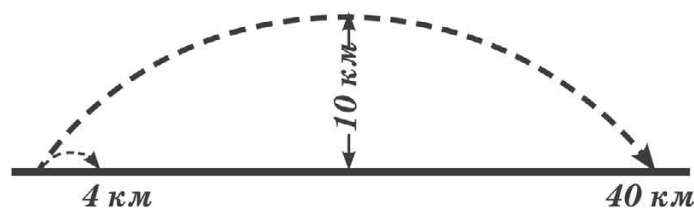


Рис. 14. Полет пули в пустоте и в воздухе. Большая дуга изображает путь, какой описала бы пуля, если бы не существовало атмосферы. Маленькая дуга слева — действительный путь пули в воздухе

препятствием чрезвычайно серьезным. Большая дуга на этом чертеже изображает путь, который пролетела бы пуля, если бы не существовало атмосферы. Покинув ствол ружья (под углом 45° , с начальной скоростью 620 м/с), пуля описала бы огромную дугу в 10 км высотой; дальность полета пули составила бы почти 40 км. В действительности же пуля при указанных условиях описывает сравнительно небольшую дугу и дальность ее полета составляет 4 км.

Изображенная на том же чертеже дуга эта почти незаметна рядом с первой; таков результат противодействия воздуха! Не будь воздуха, из винтовки можно было бы обстреливать неприятеля с расстояния 40 км, взметая свинцовый дождь на высоту 10 км!



? СВЕРХДАЛЬНЯЯ СТРЕЛЬБА

Обстреливать противника с расстояния в сотню и более километров впервые начала германская артиллерия к концу империалистической войны (1918 г.), когда успехи французской и английской авиации положили конец воздушным налетам немцев. Германский штаб избрал другой, артиллерийский, способ поражать столицу Франции, удаленную от фронта не менее чем на 110 км.

Способ этот был совершенно новый, никем еще не испытанный. Наткнулись на него немецкие артиллеристы случайно. При стрельбе из крупнокалиберной пушки под большим углом возвышения неожиданно обнаружилось, что вместо дальности в 20 км достигается дальность в 40 км. Оказалось, что снаряд, посланный круто вверх с большой начальной скоростью, достигает тех высоких разреженных слоев атмосферы, где сопротивление воздуха весьма незначительно; в такой слабо сопротивляющейся среде



снаряд пролетает значительную часть своего пути и затем круто опускается на землю. Рис. 15 наглядно показывает, как велико различие в путях снарядов при изменении угла возвышения.

Это наблюдение и положено было немцами в основу проекта сверхдальнобойной пушки для обстрела Парижа с расстояния 115 км. Пушка была успешно изготовлена и в течение лета 1918 г. выпустила по Парижу свыше трехсот снарядов.

Вот что стало известно об этой пушке впоследствии. Это была огромная стальная труба в 34 м длиной и в целый метр толщиной; толщина стенок в казенной

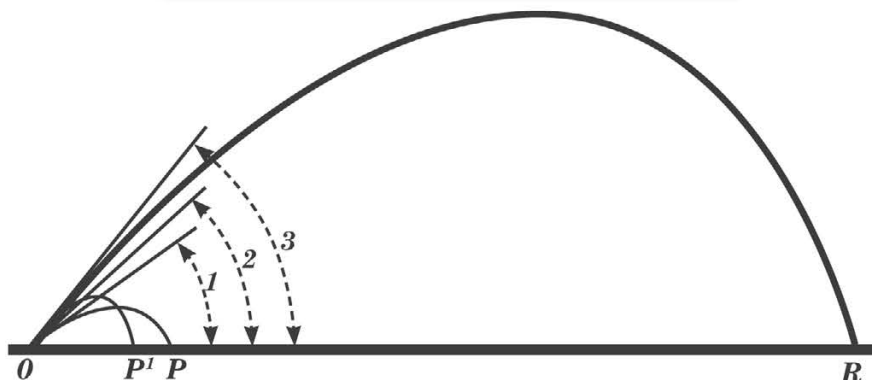


Рис. 15. Как изменяется дальность полета снаряда с изменением угла наклона сверхдальнобойного орудия; при угле 1 снаряд падает в Р, при угле 2 — в Р', при угле же 3 дальность стрельбы сразу возрастает во много раз, так как снаряд залетает в слои разреженной атмосферы

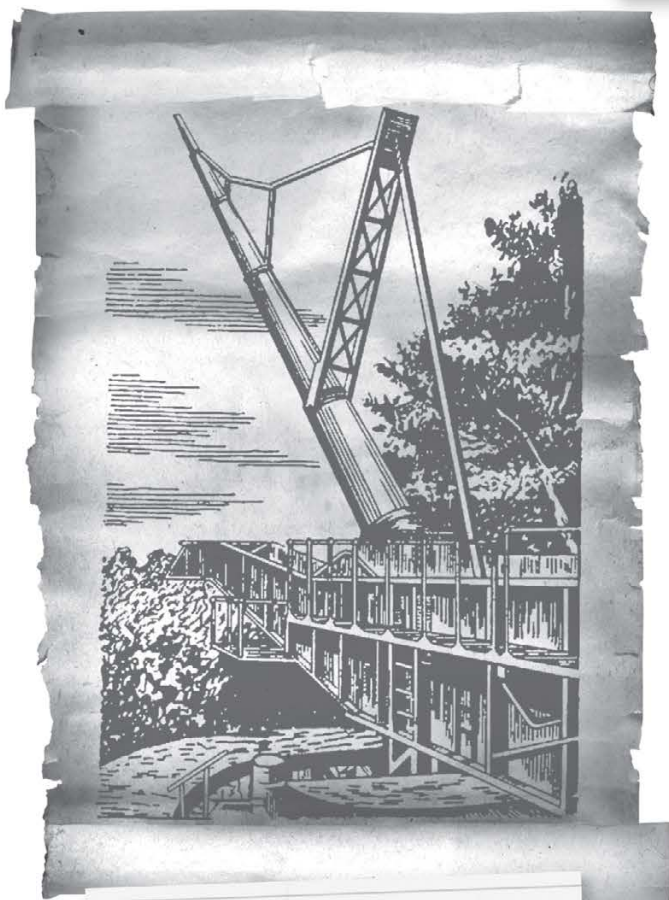


Рис. 16. Немецкая пушка «Колоссаль». Внешний вид

части 40 см. Весило орудие 750 тонн. Его 120-килограммовые снаряды имели метр в длину и 21 см в толщину. Для заряда употреблялось 150 кг пороха; развивалось давление в 5000 атмосфер, которое и выбрасывало снаряд с начальной скоростью 2000 м/с. Стрельба велась под углом возвышения 52° ; снаряд описывал огромную дугу, высшая точка которой лежала на уровне 40 км над землей, т. е. далеко в стратосфере. Свой путь от позиции до Парижа — 115 км — снаряд проделывал в 3,5 минуты, из которых 2 минуты он летел в стратосфере.

Такова была первая сверхдальнобойная пушка, прародительница современной сверхдальнобойной артиллерии.

Чем больше начальная скорость пули (или снаряда), тем сопротивление воздуха значительнее: оно возрастает не пропорционально скорости, а быстрее, пропорционально второй и более высокой степени скорости, в зависимости от величины этой скорости.

