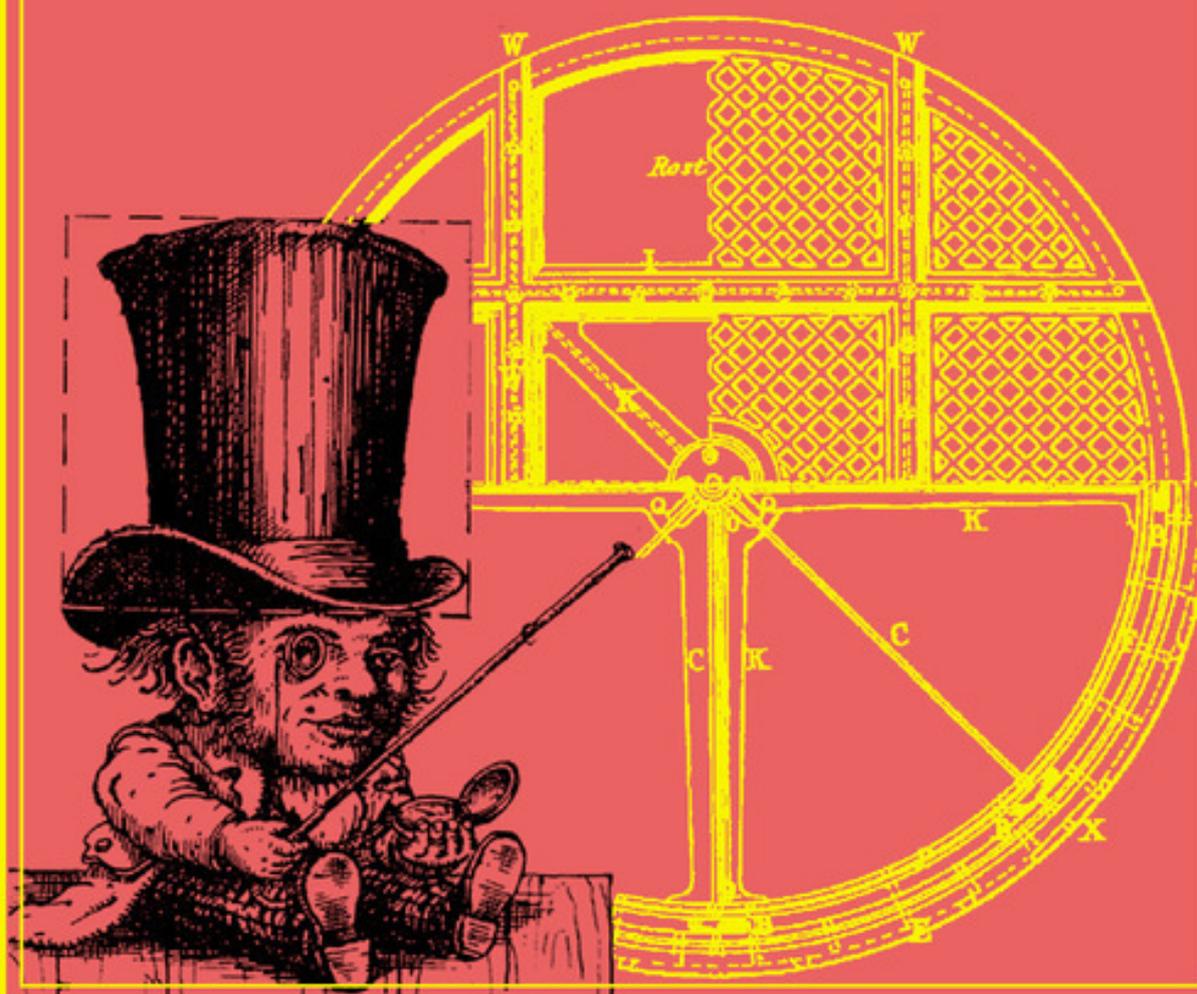


# ПЕРЕЛЪМАН

## Большая книга занимательных наук

Алгебра, геометрия, физика,  
головоломки, задачи, опыты



Яков Перельман

**Большая книга  
занимательных наук**

«Издательство АСТ»

2009

## **Перельман Я. И.**

Большая книга занимательных наук / Я. И. Перельман —  
«Издательство АСТ», 2009

ISBN 978-5-17-055460-7

«Большая книга занимательных наук» — это уникальный сборник книг Я.И. Перельмана, в котором собраны классические пособия по алгебре, геометрии, физике. В нем вы найдете занимательные задачи и опыты, нестандартные головоломки и необычные сюжеты. Увлекательные физические викторины научат логически рассуждать и нестандартно мыслить. А любопытные примеры вызовут интерес у любого читателя.

ISBN 978-5-17-055460-7

© Перельман Я. И., 2009  
© Издательство АСТ, 2009

## Содержание

Аннотация к книге	5
Предисловие	6
Из книги «Занимательная физика. Книга I»	9
В погоне за временем	9
Тысячная доля секунды	10
Лупа времени	14
Когда мы движемся вокруг Солнца быстрее – днем или ночью?	15
Загадка тележного колеса	17
Самая медленная часть колеса	19
Встаньте!	20
Ходьба и бег	24
Как надо прыгать из движущегося вагона?	27
Поймать боевую пулю руками	29
Почему заостренные предметы колючи?	30
Наподобие Левиафана	31
Пуля и воздух	32
Сверхдальняя стрельба	33
Бумеранг	36
«Вечные двигатели»	39
«Зацепочка»	44
Аккумулятор Уфимцева	45
«Чудо и не чудо»	46
Еще «вечные двигатели»	48
«Вечный двигатель» времен Петра I	51
Конец ознакомительного фрагмента.	52

# Яков Исидорович Перельман

## Большая книга занимательных наук

### Аннотация к книге

Я.И. Перельман (1882–1942) – известный отечественный популяризатор науки, талантливый педагог, выдающийся мастер слова, написавший с 1913 по 1940 гг. около сотни научно-популярных книг, адресованных самой широкой аудитории. Среди них такие знаменитые произведения, как «Занимательная физика», «Занимательная арифметика», «Живая математика», «Занимательная геометрия», «Занимательная алгебра» и многие другие. Несмотря на то что первые из них появились в начале XX века, они по сей день актуальны и интересны. Большинство книг Я. И. Перельмана выдержало более 20 (!) изданий, многие из них переведены на иностранные языки и имеют большую популярность за рубежом. Общий тираж его произведений в нашей стране превышает 15 миллионов экземпляров, и тем не менее многие его книги были в свое время библиографической редкостью, в библиотеках читатели стояли за ними в очереди.

Секрет такой притягательности перельмановских сочинений заключается в том, что автору блестяще удалось показать, насколько интересным, увлекательным, даже захватывающим может быть изучение естественных наук: физики, алгебры, геометрии, как правило, скучных, сложных и неинтересных в изложении школьных учебников и большинства школьных учителей, прививающих школьникам устойчивую неприязнь к этим наукам.

Я. И. Перельман – единственный автор в нашей стране (а возможно, и в мире), создавший столь удачные произведения научно-популярного жанра. Нынешние школьники и студенты, как правило, знают о них немного и подчас лишены радости общения с занимательной перельмановской наукой.

Предлагаемая хрестоматия представляет собой собрание наиболее ярких и важных (с точки зрения составителя) отрывков из различных книг Я.И. Перельмана. Хрестоматия может быть рекомендована школьникам и студентам в качестве вспомогательного и дополнительного материала к курсам физики, алгебры, геометрии (для школы), математики, логики, концепций современного естествознания и философии (для вузов). Эта хрестоматия призвана показать школьникам и студентам, что изучение различных наук может быть не только тяжелым и утомительным, но также приятным и увлекательным не в меньшей степени, чем те занятия, которым они посвящают часы отдыха и досуга.

Составитель Д.А. Гусев – кандидат философских наук, доцент Московского педагогического государственного университета (МПГУ), преподаватель философии, логики, концепций современного естествознания. Материалы хрестоматии с успехом используются автором в многолетней преподавательской практике в высших и средних учебных заведениях Москвы.

В книге использованы издания:

1. Перельман Я.И. Занимательная физика. 19-е изд. Кн. 1, 2. М.: Наука, 1976.
2. Перельман Я.И. Занимательная арифметика. Загадки и диковинки в мире чисел. М.: Издательство Детской Литературы, 1954.
3. Перельман Я.И. Живая математика. 10-е изд. Математические рассказы и головоломки. М.: Наука, 1974.
4. Перельман Я.И. Занимательная геометрия. 11-е изд. М.: Издательство физико-математической литературы, 1959.
5. Перельман Я.И. Занимательная алгебра. 11-е изд. М.: Наука, 1967.
6. Перельман Я.И. Занимательные задачи и опыты. М.: Детская литература, 1972.

## Предисловие

В своей многолетней преподавательской практике я часто спрашиваю студентов, – вчерашних школьников, – какой учебный предмет в школьные годы был у них самым нелюбимым. В подавляющем большинстве случаев говорят, что физика. На вопрос «почему», как правило, отвечают, что она была сложной и непонятной, скучной и неинтересной. На первый взгляд, такой ответ может показаться удивительным: как физика, окружающая нас на каждом шагу жизни, может быть непонятной и неинтересной? На самом же деле, когда собеседник говорит нам, что физика была самым нелюбимым школьным предметом, мы обычно несколько не удивляемся, потому что и у нас отношения с этой наукой, скорее всего, «не сложились». Помню, в самом начале изучения физики в школе (в 6–7 классах) она мне очень понравилась, и я даже решил тогда связать с ней свое будущее. Однако эта любовь осталась «неразделенной»: в старших классах физика захлопнула передо мной свои двери в лице учителей, которые ничего не могли объяснить, и учебников, в которых ничего не было понятно.

Часто встречается мнение о том, что физика сама по себе – наука серьезная и сложная и по определению не может быть понятной и интересной для большинства людей.

Я думаю, что такое утверждение представляет собой стандартную отговорку тех горе-педагогов, которые не могут, не умеют, а может быть, и не хотят хорошо (т. е. доступно и интересно) преподавать физику. Скорее всего, дело не в том, **чем** занимается эта наука и **что** она говорит, а в том, **как** ее преподают, ведь ни для кого не секрет, что все на свете можно донельзя испортить плохим, бездарным преподаванием и в то же время любую науку можно сделать полезной и жизненной, интересной и увлекательной, если преподавать ее талантливо. К сожалению, последнее встречается очень редко, но, к счастью, – все же встречается.

В нашей стране был человек, которому удалось в своих книгах показать миллионам людей, насколько интересной и увлекательной, даже захватывающей может быть физика. Это Яков Исидорович Перельман – известный популяризатор науки, талантливый педагог, выдающийся мастер слова. Первое издание его знаменитой «Занимательной физики» увидело свет в 1913 году. Эта книга сразу же стала бестселлером, что, согласитесь, нечасто бывает (даже почти никогда не бывает) с сочинениями научно-популярного жанра. С тех пор это произведение выходило в нашей стране на протяжении всего XX века и выдержало более 20(!) изданий. Какие еще книги имеют столь завидную судьбу?

Несмотря на то, что первое издание «Занимательной физики» появилось почти 100 лет назад, она несколько не устаревает и сегодня является столь же полезной и интересной, как и в начале прошлого века. Чтение этой книги приятно изумляет читателя с первых же страниц: он отчетливо видит, что физика, оказывается, не скучная и безжизненная премудрость, а, по крупному счету, – то, что повседневно наполняет нашу жизнь и окружает нас на каждом шагу. Почему острый нож режет лучше, чем тупой? Какая борона глубже разрыхлит землю – та, у которой 20 зубьев, или та, у которой их 60? Можно ли, раздевшись, лежать на голой каменной поверхности, как на мягкой перине? Как проколоть иглой монету? Как вскипятить воду на открытом пламени в бумажной коробке? Как потушить огонь с помощью огня? Может ли лед быть горячим? Можно ли носить воду в решете? Почему древние римляне прокладывали свои водопроводы высоко над землей на высоких арочных сооружениях, ведь намного проще и дешевле было бы вести их под землей, как это делают сейчас? Смог бы Архимед действительно поднять Землю, если бы ему дали точку опоры? Кто раньше услышит первый звук оркестра: посетитель концертного зала, сидящий в 10 метрах от сцены, или радиослушатель, принимающий прямую трансляцию концерта у себя дома, в 100 километрах от оркестра? Когда железная дорога от Москвы до Петербурга короче: летом или зимой? Можно ли поймать боевую пулю руками? Как разжечь костер с помощью льда? Что ни сюжет, то парадокс, заставляющий нас в

привычном, на которое никто не обращает внимания, видеть необычное и удивительное. Если бы школьные учебники по физике были написаны именно так, а учителя могли бы ее таким образом преподавать, то, несомненно, школьники постигали бы эту науку с большим удовольствием и рвением и не питали бы к ней той неприязни, свидетелями которой мы являемся.

«Занимательная физика» была первенцем в многочисленной книжной семье ее автора. Позже появились такие известные произведения Я.И. Перельмана, как «Занимательная арифметика», «Живая математика», «Занимательная геометрия», «Занимательная алгебра» и многие другие. Каждая из этих книг также выдержала множество изданий и завоевала всеобщее признание и любовь. Я.И. Перельману с неизменным успехом удалось показать, что изучение естественных наук может быть не менее интересным и увлекательным занятием, чем те, которыми люди тешат себя в часы досуга и отдыха. Как молниеносно умножить любое трехзначное число на 999? Каким образом определить величину угла, не пользуясь никакими измерительными приборами? Как отгадать любое задуманное собеседником число? Когда дважды два – это не четыре, а десять плюс десять – не двадцать? Как измерить высоту дерева, не только не залезая на него, но даже не подходя вплотную? Как тремя любыми цифрами записать исполнинское число, не используя при этом никаких знаков математических действий? Можно ли в уме извлечь корень 31-й степени из 35-значного числа? Как по фотографии башни определить ее высоту? Какое шестизначное число при умножении на два, три, четыре, пять и шесть всего лишь переставляет местами свои цифры? Верно ли утверждение о том, что стол о трех ножках никогда не шатается, даже если они неравной длины? Как из тетрадного листочка вырезать дырку такого размера, чтобы в нее мог пролезть человек? Какое число (кроме нуля) делится на все на свете числа без остатка? Почему Луна у горизонта кажется нам большой, а в зените маленькой, так же как и Солнце? Как измерить количество осадков, выпадающих на землю в виде дождя и снега? За доказательство какой теоремы обещано 100 тысяч немецких марок?..

Помимо остроумных сюжетов, интересных размышлений, оригинальных задач и запоминающихся примеров, книги Я.И. Перельмана отличаются прекрасным языком. Их чтение – настоящее удовольствие: все просто, ясно, логично, ярко. Каким-либо образом улучшить или отредактировать перельмановский стиль невозможно, потому что он безупречен. Согласитесь, очень редко попадаются книги, написанные блестяще с языковой, литературной точки зрения: многие авторы не умеют правильно, последовательно и доходчиво выражать свои мысли, и именно поэтому чтение большинства учебных и научно-популярных книг превращается в тяжелый и неблагодарный труд.

Примечательно то, что Я.И. Перельман по образованию и профессии не был ни литератором, ни физиком, ни математиком. Он закончил Петербургский лесной институт по специальности «лесоведение». Человек, написавший около сотни блестящих произведений, которыми зачитывалось не одно поколение людей, совершивший настоящую революцию в области научно-популярной литературы, не имел никаких ученых степеней и званий. На лекциях к нему часто обращались: «Профессор». «Я не профессор», – говорил он. «Как же не профессор, – не верили удивленные слушатели, – вы написали столько полезных и нужных книг, так известны, и не профессор?!» На самом деле нет ничего удивительного в том, что Я.И. Перельман не был ни академиком, ни профессором, ни даже доцентом, ведь свою жизнь он посвятил не карьере, а делу – настоящему, большому и важному делу, которое живо и поныне, в силу чего автора «Занимательной физики» и многих других подобных ей книг знают и помнят миллионы людей.

Примечательно также и то, что, когда началась война, Я.И. Перельман отверг предложение об эвакуации и, оставшись в Ленинграде, читал солдатам и матросам лекции, посвященные практическому применению естественно-научных знаний в военном деле. На эти лекции он ходил пешком почти через весь полуразрушенный город до последних дней своей жизни. Тогда ему было 60 лет. Он умер от голода и холода в блокадном Ленинграде в марте 1942 года...

Чтение всех произведений Я.И. Перельмана заняло бы слишком много времени, да к тому же не у каждого есть возможность приобрести все его книги; однако если у юного (и не только юного) читателя все же есть желание познакомиться с творчеством этого выдающегося автора, то хрестоматия, которую вы держите в руках, наилучшим образом подходит для этой цели.

Пусть читателя не смущает, что он будет иметь дело именно с отрывками из различных сочинений Я.И. Перельмана, вследствие чего будто бы упустит общую картину и не получит цельного представления о тех вещах, которым посвящены эти сочинения. Спешу уверить читателя, что это не так: книги Я.И. Перельмана задуманы именно как собрания вполне автономных сведений из различных областей знания, в силу чего можно легко и непринужденно читать любую главу или статью из любой его книги, не обращая при этом к вышеизложенному материалу из-за боязни что-либо не понять. В заключении к «Занимательной физике» сам Я.И. Перельман говорит о своей книге: «...Если она возбудила в читателе желание поближе познакомиться с необъятной областью той науки, откуда почерпнута эта пестрая горсть простейших сведений, то задача автора выполнена...» Таким образом, мы видим, что Я.И. Перельман не ставил перед собой цели создать обстоятельное и систематическое изложение курса физики, напротив, он стремился сообщить читателю некий набор доступной и интересной информации из той науки, которую большинство людей считает неинтересной, скучной и сложной. Так и предлагаемая вашему вниманию книга представляет собой «пеструю горсть» увлекательных сведений из естествознания в изложении талантливого автора, с которыми можно знакомиться в любом порядке. Я уверен, что эта хрестоматия вам понравится и будет хорошим подспорьем в изучении различных наук в школе и вузе.

*Д.А. Гусев, кандидат философских наук, доцент Московского педагогического государственного университета*

## Из книги «Занимательная физика. Книга I»

### 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/час. 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/час, 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).

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».

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 минут долготы к востоку, т. е. 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 (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.



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

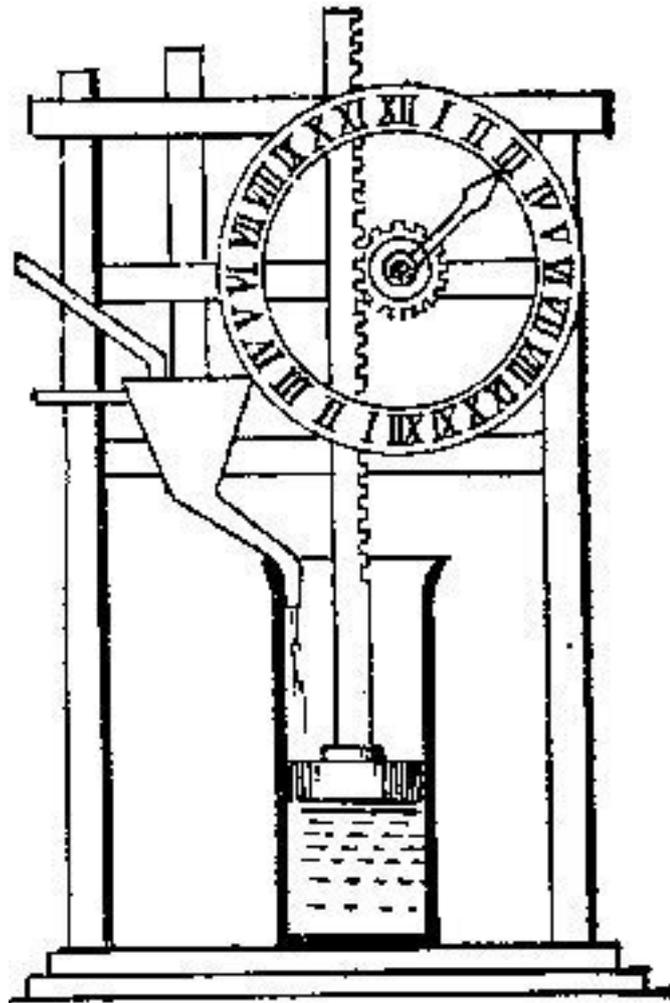


Рис. 2. Водяные часы, употреблявшиеся в Древнем мире



Рис. 3. Старинные карманные часы

Что же может совершиться в тысячную долю секунды? Очень многое! Поезд, правда, может переместиться за этот 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 крыльшками; 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, 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 разделять 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 рас-

сказа выпили фантастическую микстуру, которая действует на нервную систему так, что делает органы чувств восприимчивыми к разделному 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: 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<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...

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.

...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 этого века (имеется в виду XX век. – *Ред.*) 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!

---

<sup>1</sup> Надо иметь в виду, к тому же, что в первую сотую долю первой секунды своего падения тело проходит не сотую часть

## Лупа времени

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 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 так 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 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 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.

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.*

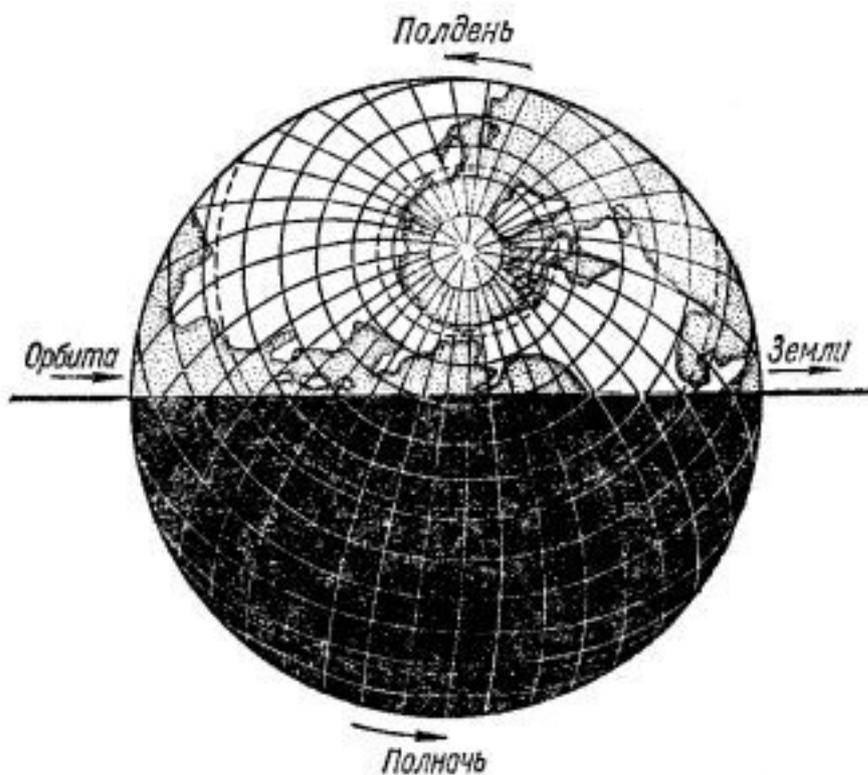


Рис. 4. На ночной половине земного шара люди движутся вокруг Солнца быстрее, чем на дневной

Так как точки экватора пробегают в секунду около полукилометра, то для экваториальной полосы разница между полуденной и полуночной скоростями достигает целого километра в секунду. Знакомые с геометрией легко могут вычислить, что для Ленинграда<sup>2</sup> (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.

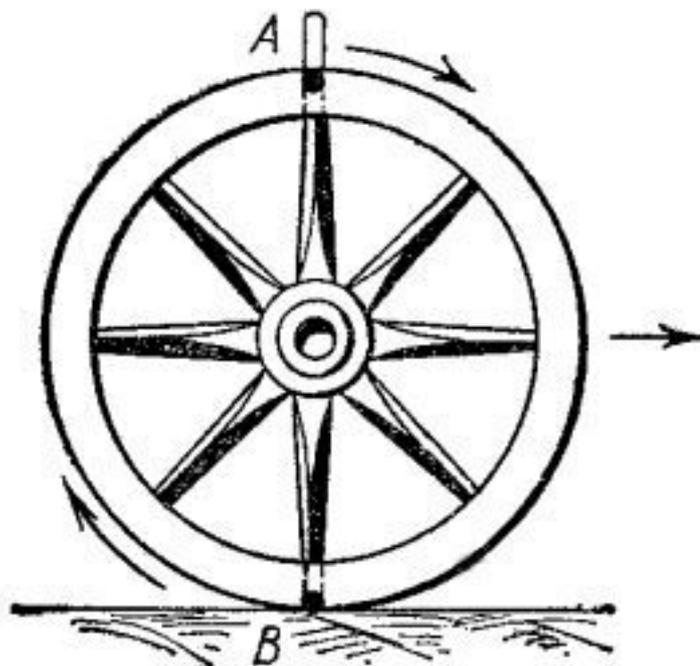
<sup>2</sup> Здесь и далее – Ленинград (по первым книгам Я.И. Перельмана); ныне Ленинград – Санкт-Петербург.

## 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.

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.



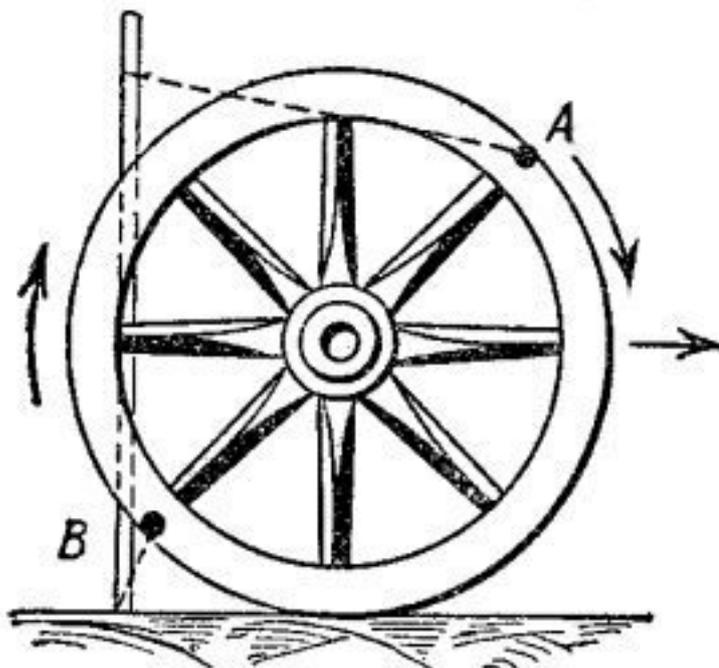


Рис. 5. Как убедиться, что верхняя часть колеса движется быстрее нижней. Сравните расстояния точек *A* и *B* откатившегося колеса (правый чертеж) от неподвижной палки

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 *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 всего медленнее?

Нетрудно сообразить, что *медленнее всех движутся те тонки 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.

## 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 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.



Рис. 6. В таком положении невозможно подняться со стула

Что, не удастся? Никаким усилием мускулов не удастся вам встать со стула, пока вы не пододвинете ног 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 (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, в Болонье или хотя бы «падающая колокольня» в Архангельске (рис. 8) 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 своими фундаментами).

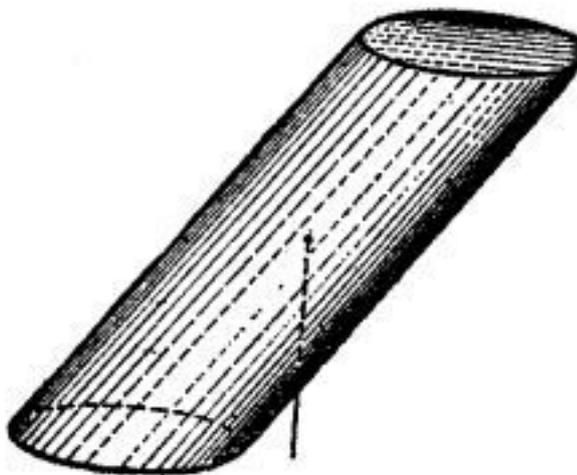


Рис. 7. Такой цилиндр должен опрокинуться, потому что отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит вне основания



Рис. 8. «Падающая» колокольня в Архангельске (со старинной фотографии)

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. Заметили 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 расстав-

ленные 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.



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

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.

## 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>3</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>4</sup>. При таком положении перпендикуляр из центра тяжести, понятно, выйдет из площади основания опоры, и человек должен упасть вперед.

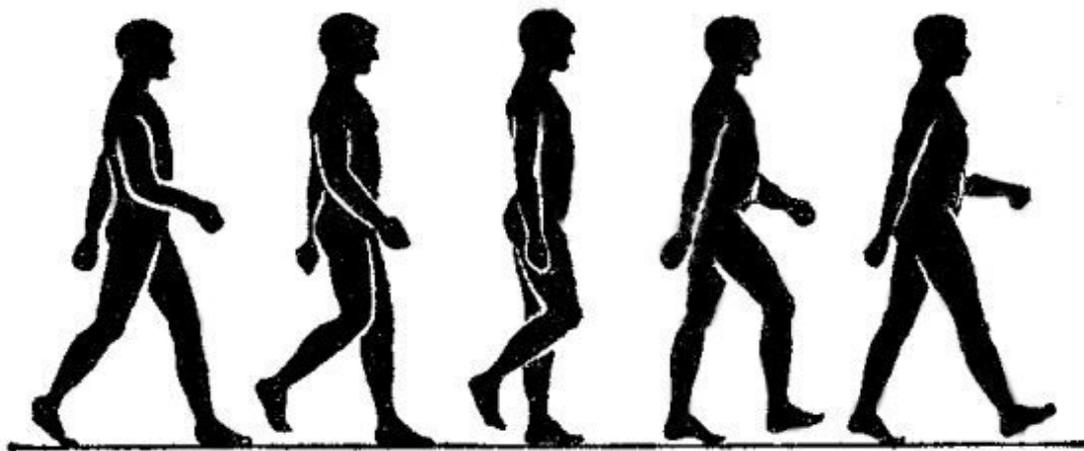
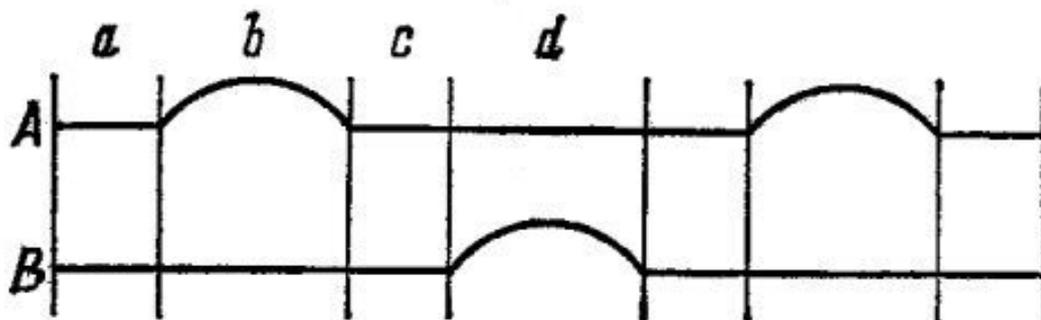


Рис. 10. Как человек ходит.

Последовательные положения тела при ходьбе

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 образом, восстанавливается; человек ступил, сделал шаг.



<sup>3</sup> Текст отрывка заимствован из «Лекций по зоологии» проф. Поля Бера; иллюстрации прибавлены составителем.

<sup>4</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.

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)

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.

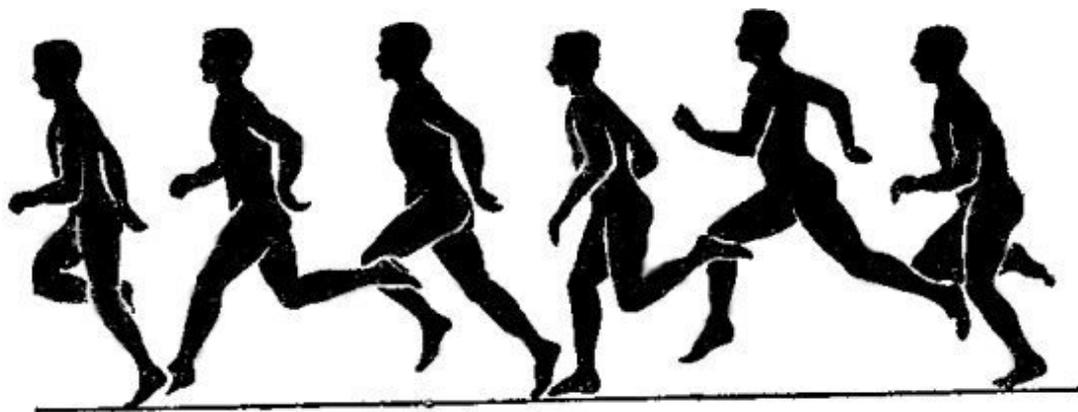


Рис. 12. Как человек бежит.

Последовательные положения тела при беге (есть моменты, когда обе ноги находятся без опоры)

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 ногой продвигнуться 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.

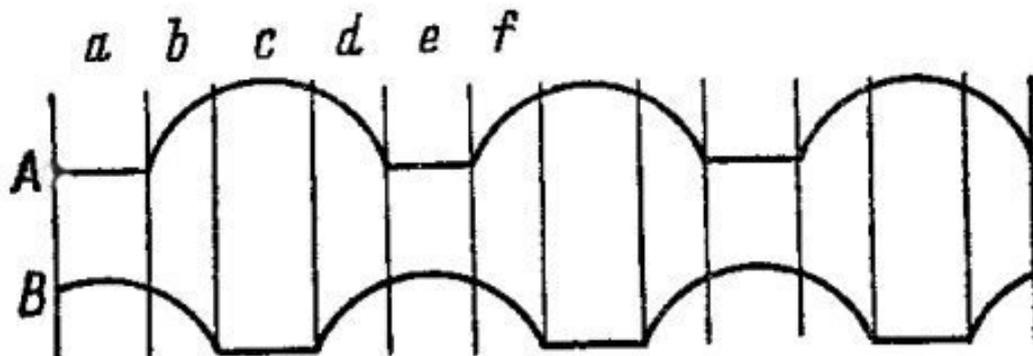


Рис. 13. Графическое изображение движения ног в беге (ср. с рис. 11).

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

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.

## 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 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<sup>5</sup>. 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, 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, 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 двоякая выгода: уменьшается скорость, приобретенная нашим телом по инерции, и, кроме того, предупреждается опасность

---

<sup>5</sup> 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?»).

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 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 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 в секунду. Из-за сопротивления воздуха она постепенно замедляет свой полет и к концу пути – на излете – делает всего метров 40 в секунду. Атакую 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 стоить 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 борона с 20 зубьями глубже разрыхлит землю, чем борона 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 подошв, 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, несколько не жестко? Почему мягко лежать в веревочном гамаке, который сплетен из довольно твердых шнурков? Почему не жестко лежать на проволочной 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 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 уподобитесь легендарному Левиафану, о котором читаем в стихотворении Ломоносова:

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

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

## Пуля и воздух

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.

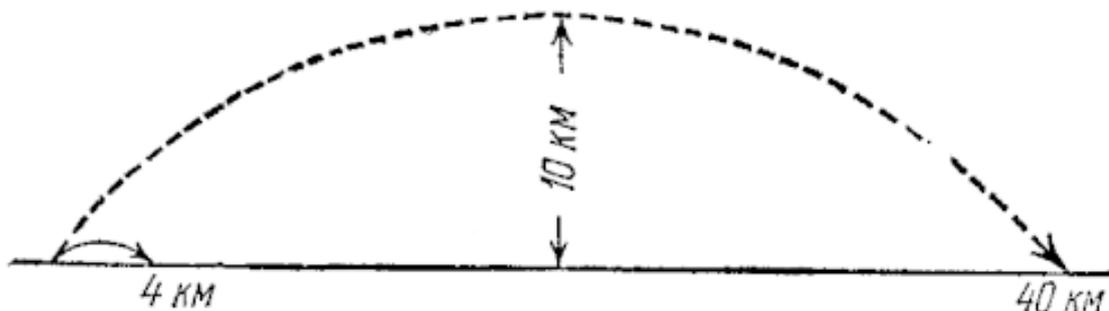


Рис. 14. Полет пули в пустоте и в воздухе.

Большая дуга изображает путь, какой описала бы пуля, если бы не существовало атмосферы.

Маленькая дуга слева – действительный путь пули в воздухе

Но взгляните на рис. 14, и вы поймете, что воздух является для пули препятствием чрезвычайно серьезным. Большая дуга на этом чертеже изображает путь, который пролетела бы пуля, если бы не существовало атмосферы. Покинув ствол ружья (под углом  $45^\circ$ , с начальной скоростью 620 м/сек), 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.

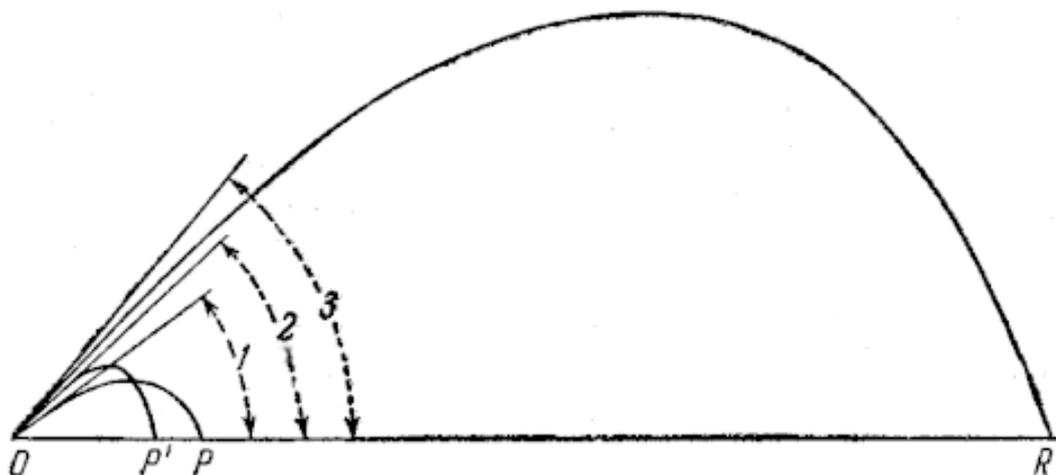


Рис. 15. Как изменяется дальность полета снаряда с изменением угла наклона сверхдальнобойного орудия, при угле 1 снаряд падает в  $P$ , при угле 2 – в  $P'$ ; при угле же 3 дальность стрельбы сразу возрастает во много раз, так как снаряд залетает в слой разреженной атмосферы

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.

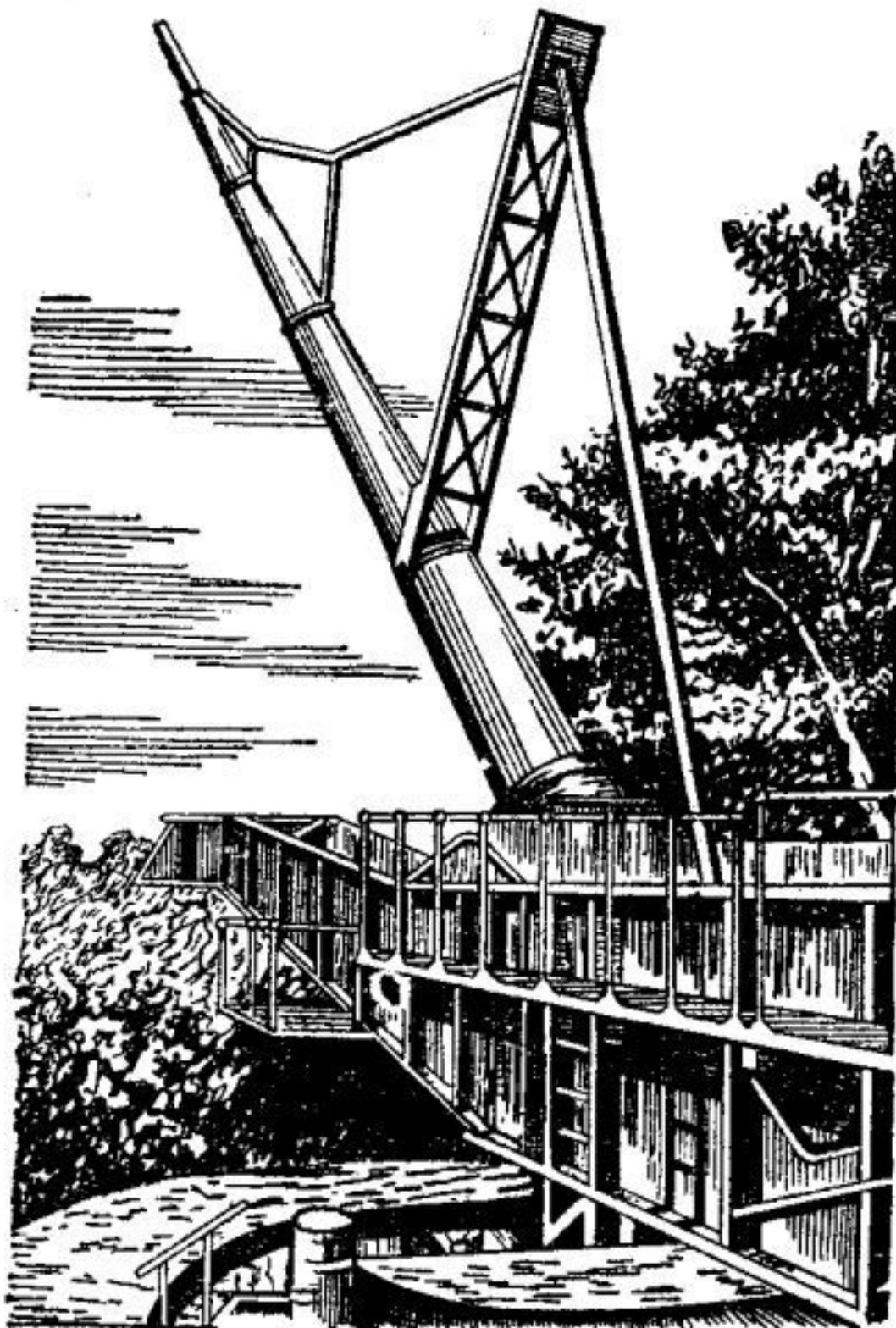


Рис. 16. Немецкая пушка «Колоссаль». Внешний вид

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 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/сек. Стрельба велась под углом возвышения  $52^\circ$ ; 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.

## Бумеранг

Это оригинальное оружие – самое совершенное произведение техники первобытного человека – долгое время вызывало изумление ученых. Действительно, странные, запутанные фигуры, описываемые бумерангом в воздухе (рис. 17), способны озадачить каждого.

В настоящее время теория полета бумеранга разработана весьма подробно и чудеса перестали быть чудесами. Вдаваться в эти интересные подробности мы не станем. Скажем лишь, что необычайные пути полета бумеранга являются результатом взаимодействия трех обстоятельств: 1) первоначального броска, 2) вращения бумеранга и 3) сопротивления воздуха. Австралиец инстинктивно умеет сочетать эти три фактора; он искусно изменяет угол наклона бумеранга, силу и направление броска, чтобы получить желаемый результат.



Рис. 17. Как австралийцы пользуются бумерангом на охоте, чтобы поражать жертву из-за прикрытия.

Путь полета бумеранга (в случае промаха) показан пунктирной линией

Впрочем, некоторую сноровку в этом искусстве может приобрести каждый.

Для упражнения в комнатах приходится довольствоваться бумажным бумерангом, который можно вырезать хотя бы из почтовой карточки в форме, указанной на рис. 18. Размеры каждой ветви – около 5 см в длину и немного меньше 1 см в ширину. Зажмите такой бумажный бумеранг под ногтем большого пальца и щелкните по его кончику так, чтобы удар направлен был вперед и немного вверх. Бумеранг полетит метров на пять, плавно опишет кривую, иногда довольно затейливую, и если не заденет какого-нибудь предмета в комнате, то упадет у ваших ног.

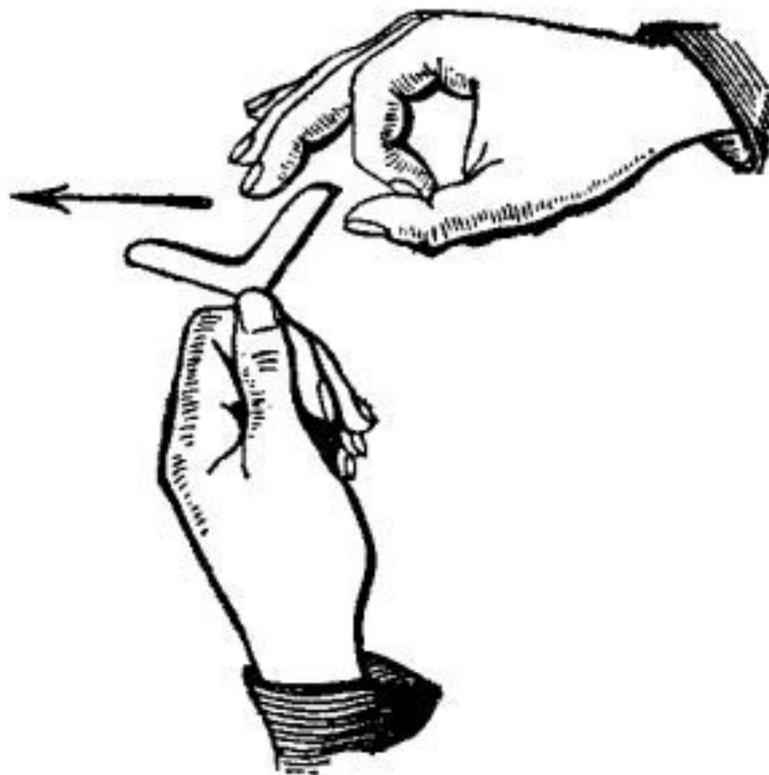


Рис. 18. Бумажный бумеранг и способ его метания

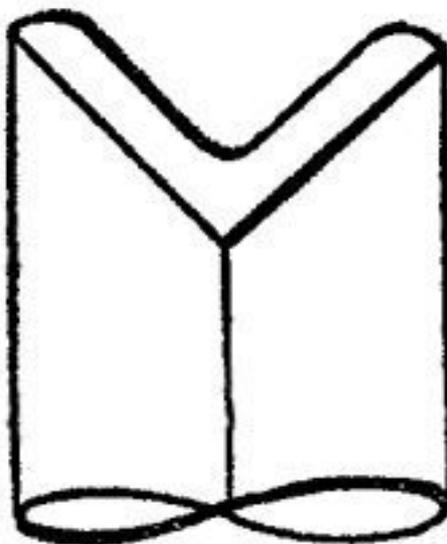


Рис. 19. Другая форма бумажного бумеранга (в натуральную величину)

Еще лучше удастся опыт, если придать бумерангу размеры и форму, показанные на рис. 19 в натуральную величину. Полезно слегка изогнуть ветви бумеранга винтообразно (рис. 19, внизу). Такой бумеранг можно, при некотором навыке, заставить описывать в воздухе сложные кривые и возвращаться в место его вылета.

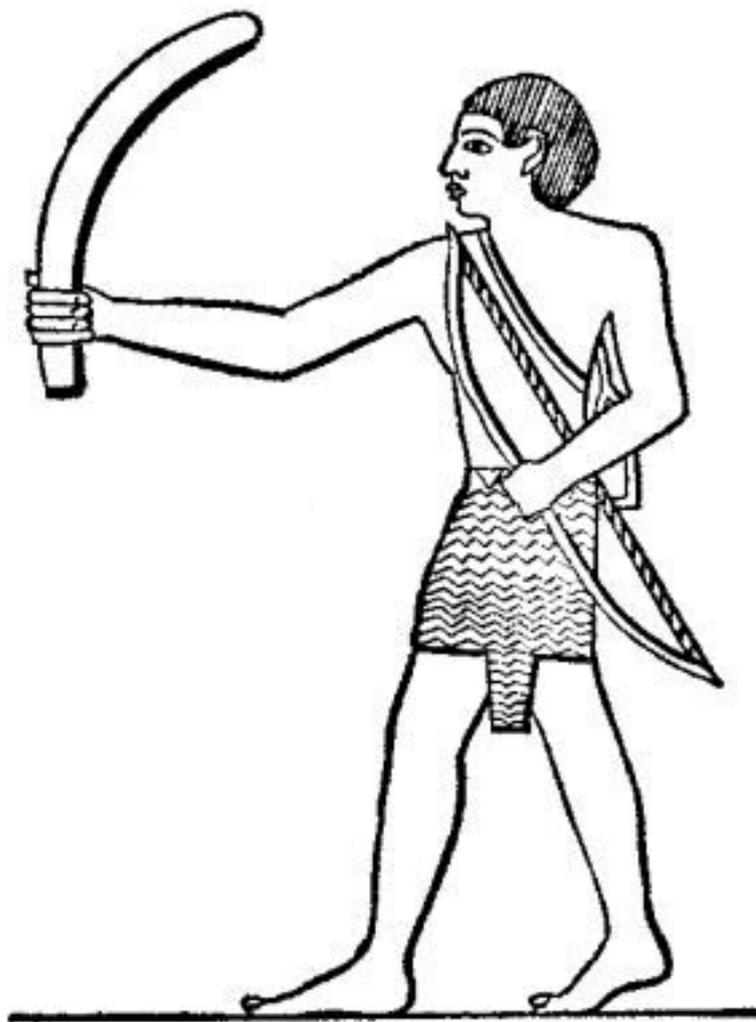


Рис. 20. Древнеегипетское изображение воина, мечущего бумеранг

В заключение заметим, что бумеранг вовсе не составляет, как обычно думают, исключительной особенности вооружения обитателей Австралии. Он употребляется в различных местах Индии и, судя по остаткам стенной живописи, был некогда обычным вооружением ассирийских воинов. В Древнем Египте и Нубии бумеранг также был известен. Единственное, что свойственно исключительно Австралии, – это слегка винтообразный изгиб, придаваемый бумерангу. Вот почему австралийские бумеранги описывают замысловатые кривые и – в случае промаха – возвращаются обратно к ногам мечущего.

## «Вечные двигатели»

О «вечном двигателе», «вечном движении» часто говорят и в прямом и в переносном смысле слова, но не все отдают себе отчет, что, собственно, надо подразумевать под этим выражением. Вечный двигатель – это такой воображаемый механизм, который безостановочно движет сам себя и, кроме того, совершает еще какую-нибудь полезную работу (например, поднимает груз). Такого механизма никто построить не смог, хотя попытки изобрести его делались уже давно. Бесплодность этих попыток привела к твердому убеждению в невозможности вечного двигателя и к установлению закона сохранения энергии – фундаментального утверждения современной науки. Что касается вечного движения, то под этим выражением подразумевается непрерывающееся движение без совершения работы.

На рис. 21 изображен мнимый самодвижущийся механизм – один из древнейших проектов вечного двигателя, иногда и теперь возрождаемый неудачливыми фанатиками этой идеи. К краям колеса прикреплены откидные палочки с грузами на концах. При всяком положении колеса грузы на правой его стороне будут откинуты дальше от центра, нежели на левой; эта половина, следовательно, должна всегда перетягивать левую и тем самым заставлять колесо вращаться. Значит, колесо должно вращаться вечно, по крайней мере до тех пор, пока не перетрется его ось. Так думал изобретатель. Между тем, если сделать такой двигатель, то он вращаться не будет. Почему же расчет изобретателя не оправдывается?

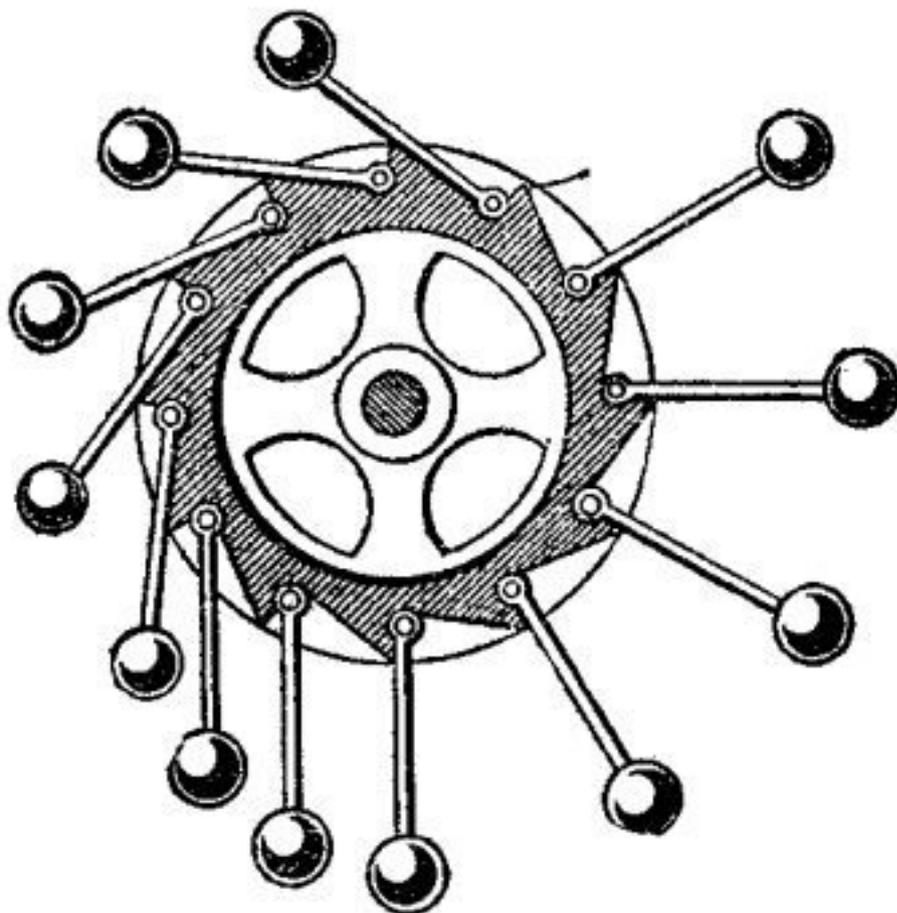


Рис. 21. Мнимое вечно движущееся колесо, придуманное в Средние века

Вот почему: хотя грузы на правой стороне всегда дальше от центра, но неизбежно такое положение, когда число этих грузов меньше, чем на левой. Взгляните на рис. 21: справа всего 4 груза, слева же – 8.

Оказывается, что вся система уравнивается; естественно, что колесо вращаться не станет, а, сделав несколько качаний, остановится в таком положении.

Теперь доказано непреложно, что нельзя построить механизм, который вечно двигался бы сам собой, выполняя еще при этом какую-нибудь работу. Совершенно безнадежно трудиться над такой задачей. В прежнее время, особенно в Средние века, люди безуспешно ломали головы над ее разрешением и потратили на изобретение «вечного двигателя» (по латыни *perpetuum mobile*) много времени и труда. Обладание таким двигателем представлялось даже более заманчивым, чем искусство делать золото из дешевых металлов.

У Пушкина в «Сценах из рыцарских времен» выведен такой мечтатель в лице Бертольда.

«– Что такое *perpetuum mobile*? – спросил Мартын.

– *Perpetuum mobile*, – отвечает ему Бертольд, – есть вечное движение. Если найду вечное движение, то я не вижу границ творчеству человеческому... Видишь ли, добрый мой Мартын! Делать золото – задача заманчивая, открытие, может быть, любопытное и выгодное, но найти *perpetuum mobile*... О!..»

Были придуманы сотни «вечных двигателей», но ни один не двигался. В каждом случае, как и в нашем примере, изобретатель упускал из виду какое-нибудь обстоятельство, которое и разрушало все планы.

Вот еще образчик мнимого вечного двигателя: колесо с перекатывающимися в нем тяжелыми шариками (рис. 22). Изобретатель воображал, что шары на одной стороне колеса, находясь всегда ближе к краю, своим весом заставят колесо вертеться.

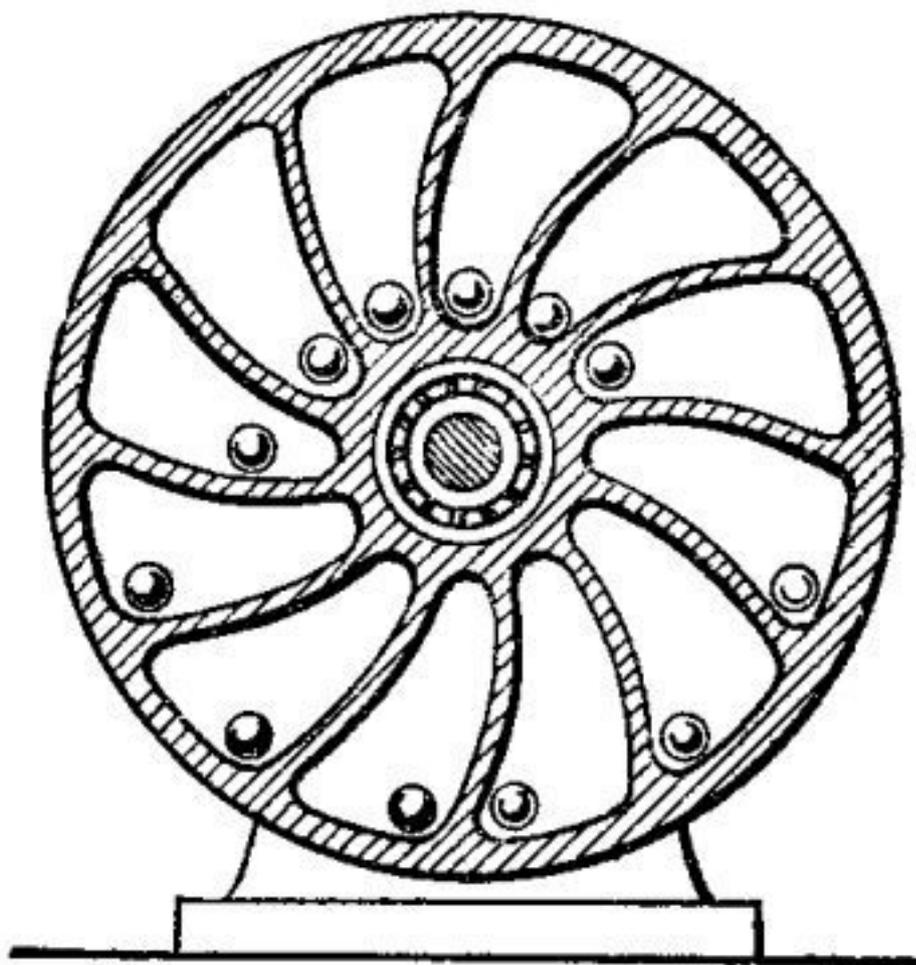


Рис. 22. Мнимый вечный двигатель с перекатывающими шариками

Разумеется, этого не произойдет – по той же причине, как и с колесом, изображенным на рис. 21. Тем не менее в одном из городов Америки устроено было ради рекламных целей, для привлечения внимания публики к кафе, огромное колесо именно подобного рода (рис. 23). Конечно, этот «вечный двигатель» незаметно приводился в действие искусно скрытым посторонним механизмом, хотя зрителям казалось, что колесо двигают перекатывающиеся в прорезах тяжелые шары. В том же роде были и другие мнимые образцы вечных двигателей, выставлявшиеся одно время в витринах часовых магазинов для привлечения публики: все они незаметно приводились в движение электрическим током.



Рис. 23. Мнимый вечный двигатель в городе Лос-Анджелесе (Калифорния), устроенный ради рекламы

Один рекламный «вечный двигатель» доставил мне однажды немало хлопот. Мои ученики-рабочие были им настолько поражены, что оставались холодны к моим доказательствам невозможности вечного двигателя. Вид шариков, которые, перекатываясь, вращали колесо и тем же колесом поднимались вверх, убеждал их сильнее моих доводов; они не хотели верить, что мнимое механическое чудо приводится в действие электрическим током от городской сети.

Выручило меня то, что в выходные дни ток тогда не подавался. Зная это, я посоветовал слушателям наведаться к витрине в эти дни. Они последовали моему совету.

– Ну, что, видели двигатель? – спросил я.

– Нет, – ответили мне сконфуженно. – Его не видно: прикрыт газетой...

Закон сохранения энергии вновь завоевал у них доверие и более уже не утрачивал его.

## «Зацепочка»

Немало русских изобретателей-самоучек трудилось над разрешением заманчивой проблемы «вечного двигателя». Один из них, крестьянин-сибиряк Александр Щеглов, описан у М.Е. Щедрина в повести «Современная идиллия» под именем «мещанина Презентова». Вот как рассказывает Щедрин о посещении мастерской этого изобретателя:

«Мещанин Презентов был человек лет тридцати пяти, худой, бледный, с большими задумчивыми глазами и длинными волосами, которые прямыми прядями спускались к шее. Изба была у него достаточно просторная, но целая половина ее была занята большим маховым колесом, так что наше общество с трудом в ней разместилось. Колесо было сквозное, со спицами. Обод его, довольно объемистый, сколочен был из тесин, наподобие ящика, внутри которого была пустота. В этой-то пустоте и помещался механизм, составлявший секрет изобретателя. Секрет, конечно, не особенно мудрый, вроде мешков, наполненных песком, которым предоставлялось взаимно друг друга уравнивать. Сквозь одну из спиц была продета палка, которая удерживала колесо в состоянии неподвижности.

– Слышали мы, что вы закон вечного движения к практике применили? – начал я.

– Не знаю, как доложить, – ответил он сконфуженно, – кажется, словно бы...

– Можно взглянуть?

– Помилуйте! За счастье...

Он подвел нас к колесу, потом обвел кругом. Оказалось, что и спереди и сзади – колесо.

– Вертится?

– Должно бы, кажется, вертеться. Капризится будто...

– Можно отнять запорку?

Презентов вынул палку – колесо не шелохнулось.

– Капризится! – повторил он, – надо импульс дать.

Он обеими руками схватился за обод, несколько раз повернул его вверх и вниз и, наконец, с силой раскачал и пустил, – колесо завертелось. Несколько оборотов оно сделало довольно быстро и плавно, – слышно было, однако ж, как внутри обода мешки с песком то напирать на перегородки, то отваливаются от них; потом начало вертеться тише, тише; послышался треск, скрип, и, наконец, колесо совсем остановилось.

– Зацепочка, стало быть, – сконфуженно объяснил изобретатель и опять напрягся и размахал колесо. Но во второй раз повторилось то же самое.

– Трения, может быть, в расчет не приняли?

– И трение в расчете было... Что трение? Не от трения это, а так... Иной раз словно порадуется, а потом вдруг... закапризничает, заупрямится – и шабаш. Кабы колесо из настоящего материала было сделано, а то так, обрезки кой-какие».

Конечно, дело тут не в «зацепочке» и не в «настоящем материале», а в ложности основной идеи механизма. Колесо немного вертелось от «импета» (толчка), который дан был ему изобретателем, но неизбежно должно было остановиться, когда сообщенная извне энергия истощилась на преодоление трения.

## **Аккумулятор Уфимцева**

Насколько легко впасть в ошибку, если о «вечном» движении судить только по внешнему виду, показывал так называемый аккумулятор механической энергии Уфимцева. Курский изобретатель А. Г. Уфимцев создал новый тип ветросиловой станции с дешевым «инерционным» аккумулятором, устроенным по типу махового колеса. В 1920 г. Уфимцевым построена была модель его аккумулятора в виде диска, вращающегося на вертикальной оси с шариковым подшипником, в кожухе, из которого выкачан воздух. Будучи разогнан до 20 000 оборотов в минуту, диск сохранял вращение в течение пятнадцати суток! Глядя на вал такого диска, целыми днями вращающийся без притока энергии извне, поверхностный наблюдатель мог заключить, что перед ним реальное осуществление вечного движения.

## «Чудо и не чудо»

Безнадежная погоня за «вечным» двигателем многих людей сделала глубоко несчастными. Я знал рабочего, тратившего все свои заработки и сбережения на изготовление модели «вечного» двигателя и дошедшего вследствие этого до полной нищеты. Он сделался жертвой своей неосуществимой идеи. Полуодетый, всегда голодный, он просил у всех дать ему средства для постройки «окончательной модели», которая уже «непременно будет двигаться». Грустно было сознавать, что этот человек подвергся лишениям единственно лишь вследствие плохого знания элементарных основ физики.

Любопытно, что если поиски «вечного» двигателя всегда оказывались бесплодными, то, напротив, глубокое понимание его невозможности приводило нередко к плодотворным открытиям.

Прекрасным примером может служить тот способ, с помощью которого Стевин, замечательный голландский ученый конца XVI и начала XVII века, открыл закон равновесия сил на наклонной плоскости. Этот математик заслуживает гораздо большей известности, нежели та, какая выпала на его долю, потому что он сделал много важных открытий, которыми мы теперь постоянно пользуемся: изобрел десятичные дроби, ввел в алгебру употребление показателей, открыл гидростатический закон, впоследствии вновь открытый Паскалем.

Закон равновесия сил на наклонной плоскости он открыл, не опираясь на правило параллелограмма сил, единственно лишь с помощью чертежа, который здесь воспроизведен (рис. 24). Через трехгранную призму перекинута цепь из 14 одинаковых шаров. Что произойдет с этой цепью? Нижняя часть, свисающая гирляндой, уравнивается сама собой. Но остальные две части цепи – уравнивают ли друг друга? Иными словами: правые два шара уравниваются ли левыми четырьмя? Конечно, да, – иначе цепь сама собой вечно бежала бы справа налево, потому что на место соскользнувших шаров всякий раз помещались бы другие и равновесие никогда бы не восстанавливалось. Но так как мы знаем, что цепь, перекинута указанным образом, вовсе не движется сама собой, то, очевидно, два правых шара действительно уравниваются четырьмя левыми. Получается словно чудо: два шара тянут с такой же силой, как и четыре.

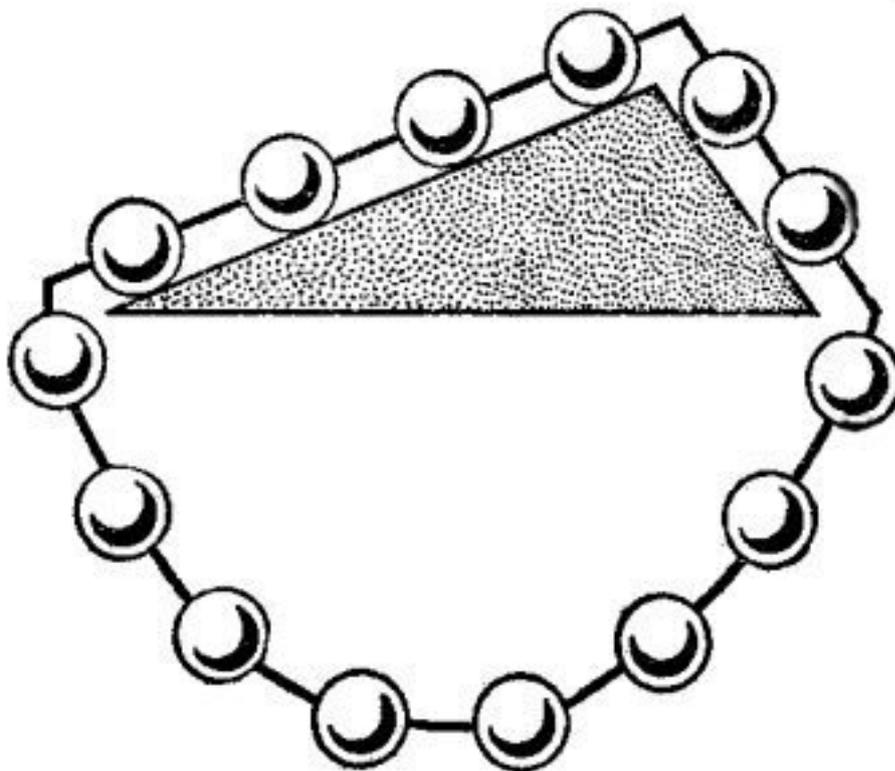


Рис. 24. «Чудо и не чудо»

Из этого мнимого чуда Стевин вывел важный закон механики. Он рассуждал так. Обе цепи – и длинная и короткая – весят различно: одна цепь тяжелее другой во столько же раз, во сколько раз длинная грань призмы длиннее короткой. Отсюда вытекает, что и вообще два груза, связанных шнуром, уравнивают друг друга на наклонных плоскостях, если веса их пропорциональны длинам этих плоскостей.

В частном случае, когда короткая плоскость отвесна, мы получаем известный закон механики: чтобы удержать тело на наклонной плоскости, надо действовать в направлении этой плоскости силой, которая во столько раз меньше веса тела, во сколько раз длина плоскости больше ее высоты.

Так, исходя из мысли о невозможности вечного двигателя, сделано было важное открытие в механике.

## Еще «вечные двигатели»

На рис. 25 вы видите тяжелую цепь, перекинутую через колеса так, что правая ее половина при всяком положении должна быть длиннее левой.

Следовательно, – рассуждал изобретатель, – она должна перевешивать и безостановочно падать вниз, приводя в движение весь механизм. Так ли это?

Конечно, нет. Мы сейчас видели, что тяжелая цепь может уравновешиваться легкой, если силы увлекают их под разными углами. В рассматриваемом механизме левая цепь натянута отвесно, правая же расположена наклонно, а потому она, хотя и тяжелее, все же не перетягивает левую. Ожидаемого «вечного» движения здесь получиться не может.

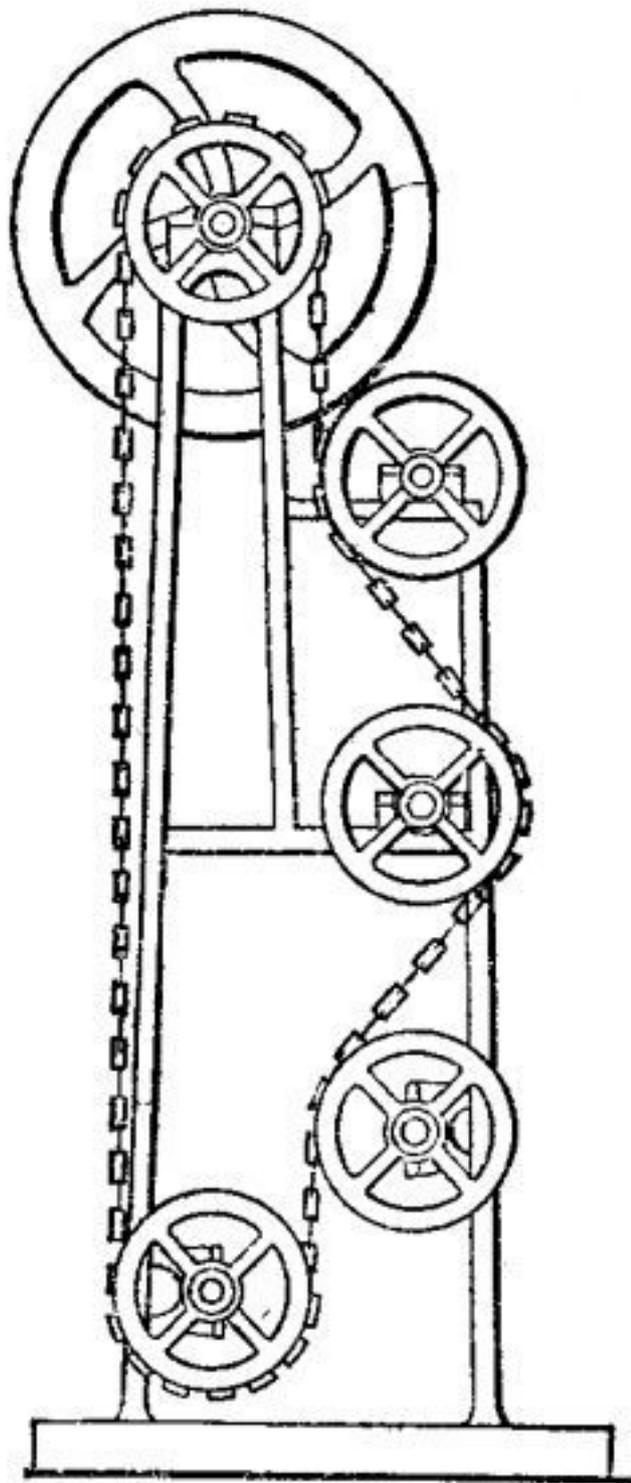


Рис. 25. Вечный ли это двигатель?

Пожалуй, остроумнее всех поступил некий изобретатель «вечного» двигателя, показывавший свое изобретение в шестидесятих годах XIX века на Парижской выставке. Двигатель состоял из большого колеса с перекатывавшимися в нем шарами, причем изобретатель утверждал, что никому не удастся задержать движение колеса. Посетители один за другим пытались остановить колесо, – но оно немедленно же возобновляло вращение, как только отнимали руки.

Никто не догадывался, что колесо вращается именно благодаря стараниям посетителей остановить его; толкая его назад, они тем самым заводили пружину искусно скрытого механизма...

## «Вечный двигатель» времен Петра I

Сохранилась оживленная переписка, которую вел в 1715–1722 гг. Петр I по поводу приобретения в Германии вечного двигателя, придуманного неким доктором Орфиреусом. Изобретатель, прославившийся на всю Германию своим «самодвижущимся колесом», соглашался продать царю эту машину лишь за огромную сумму. Ученый библиотекарь Шумахер, посланный Петром на Запад для собирания редкостей, так доносил царю о притязаниях Орфиреуса, с которым он вел переговоры о покупке:

«Последняя речь изобретателя была: на одной стороне положите 100 000 ефимков<sup>6</sup>, а на другой я положу машину».

О самой же машине изобретатель, по словам библиотекаря, говорил, что она «верна есть, и никто же оную похулить может, разве из злонравия, и весь свет наполнен злыми людьми, которым верить весьма невозможно».

В январе 1725 г. Петр собирался в Германию, чтобы лично осмотреть «вечный двигатель», о котором так много говорили, но смерть помешала царю выполнить его намерение.

Кто же был этот таинственный доктор Орфиреус и что представляла собой его «знатная машина»? Мне удалось разыскать сведения и о том и о другой.

Настоящая фамилия Орфиреуса была Беслер. Он родился в Германии в 1680 г., изучал богословие, медицину, живопись и, наконец, занялся изобретением «вечного» двигателя. Из многих тысяч таких изобретателей Орфиреус – самый знаменитый и, пожалуй, самый удачливый. До конца дней своих (умер в 1745 г.) он жил в довольстве на доходы, которые получал, показывая свою машину.

---

<sup>6</sup> Ефимок (Joachimsthaler) – около рубля.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.