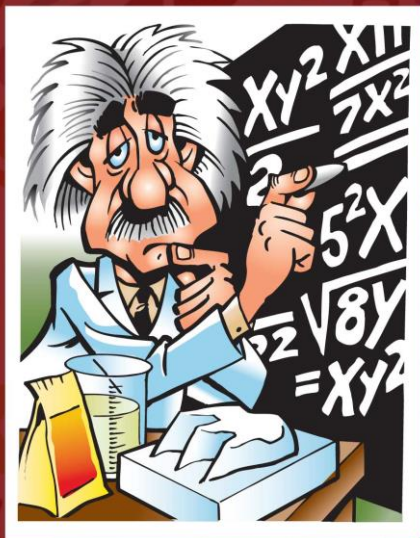


Занимательная ФИЗИКА



Яков Перельман



Яков Перельман вошел в историю как талантливый популяризатор науки, дар которого – интересно и доступно рассказывать о сложных вещах. Книга «Занимательная физика» содержит задачки, головоломки и вопросы, которые воспитывают живость и пытливость ума. Эта книга наверняка увлечет любого ребенка и непременно подтолкнет его к новым открытиям, улучшая его наблюдательность и понимание.

Яков Исидорович Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА К ТРИНАДЦАТОМУ ИЗДАНИЮ

В этой книге автор стремится не столько сообщить читателю новые знания, сколько помочь ему «узнать то, что он знает», т. е. углубить и оживить уже имеющиеся у него основные сведения из физики, научить сознательно ими распоряжаться и побудить к разностороннему их применению. Достигается это рассмотрением пестрого ряда головоломок, замысловатых вопросов, занимательных рассказов, забавных задач, парадоксов и неожиданных сопоставлений из области физики, относящихся к кругу повседневных явлений или черпаемых из общеизвестных произведений научно-фантастической беллетристики. Материалом последнего рода составитель пользовался особенно широко, считая его наиболее соответствующим целям сборника: приведены отрывки из романов и рассказов Жюль Верна, Уэллса, Марка Твена и др. Описываемые в них фантастические опыты, помимо их заманчивости, могут и при преподавании играть немаловажную

роль в качестве живых иллюстраций.

Составитель старался, насколько мог, придавать изложению внешне интересную форму, сообщать привлекательность предмету. Он руководился той психологической аксиомой, что интерес к предмету повышает внимание, облегчает понимание и, следовательно, способствует более сознательному и прочному усвоению.

Вопреки обычаю, установившемуся для подобного рода сборников, в «Занимательной физике» весьма мало места отводится описанию забавных и эффектных физических опытов. Эта книга имеет иное назначение, нежели сборники, предлагающие материал для экспериментирования. 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. Установка, которой составитель старался придерживаться при переработке книги, была дана В. И. Лениным в следующих словах: «Популярный писатель подводит читателя к глубокой мысли, к глубокому учению, исходя из самых простых и общеизвестных данных, указывая при помощи несложных рассуждений или удачно выбранных примеров

главные *выводы* из этих данных, наталкивая думающего читателя на дальнейшие и дальнейшие вопросы. Популярный писатель не предполагает не думающего, не желающего или не умеющего думать читателя, — напротив, он предполагает в неразвитом читателе серьезное намерение работать головой и *помогает* ему делать эту серьезную и трудную работу, ведет его, помогая ему делать первые шаги и *уча* идти дальше самостоятельно». ¹

Ввиду интереса, проявляемого читателями к истории этой книги, приводим некоторые библиографические данные о ней.

«Занимательная физика» «родилась» четверть века назад и была первенцем в многочисленной книжной семье ее автора, насчитывающей сейчас несколько десятков членов.

«Занимательной физике» посчастливилось проникнуть — как свидетельствуют письма читателей — в самые глухие уголки Союза.

Значительное распространение книги, свидетельствующее о живом интересе широких кругов к физическим знаниям, налагает на автора серьезную ответственность за качество ее материала. Сознанием этой ответственности объясняются многочисленные изменения и

¹ В. И. Ленин. Собр. соч., изд. 4, т. 5, стр. 285.

дополнения в тексте «Занимательной физики» при повторных изданиях. Книга, можно сказать, писалась в течение всех 25 лет ее существования. В последнем издании от текста первого сохранена едва половина, а от иллюстраций — почти ни одной.

К автору поступали от иных читателей просьбы воздерживаться от переработки текста, чтобы не вынуждать их «из-за десятка новых страниц приобретать каждое повторное издание». Едва ли подобные соображения могут освободить автора от обязанности всемерно улучшать свой труд. «Занимательная физика» не художественное произведение, а сочинение научное, хотя и популярное. Ее предмет — физика — даже в начальных своих основаниях непрестанно обогащается свежим материалом, и книга должна периодически включать его в свой текст.

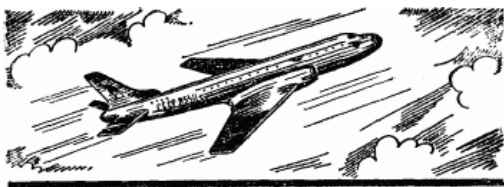
С другой стороны, приходится нередко слышать упреки в том, что «Занимательная физика» не уделяет места таким темам, как новейшие успехи радиотехники, расщепление атомного ядра, современные физические теории и т. п. Упреки такого рода — плод недоразумения. «Занимательная физика» имеет вполне определенную целевую установку; рассмотрение же этих вопросов — задача иных сочинений.

К «Занимательной физике», помимо второй ее

книги, примыкает и несколько других сочинений того же автора. Одно предназначено для сравнительно мало подготовленного читателя, еще не приступавшего к систематическому изучению физики, и озаглавлено «Физика на каждом шагу» (издание «Детиздата»). Два других, напротив, имеют в виду тех, кто уже закончил изучение среднешкольного курса физики. Это — «Занимательная механика» и «Знаете ли вы физику?». Последняя книга является как бы завершением «Занимательной физики».

1936 г. Я. Перельман.

Глава первая. СКОРОСТЬ. СЛОЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ



Как быстро мы движемся?

Спортивную дистанцию 1,5 км хороший бегун пробегает примерно за 3 мин. 50 сек. (мировой

рекорд 1958 г. — 3 мин. 36,8 сек.). Для сравнения с обычной скоростью пешехода — 1,5 м в секунду — надо сделать маленькое вычисление; тогда окажется, что спортсмен пробегает в секунду 7 м. Впрочем, скорости эти не вполне сравнимы: пешеход может ходить долго, целые часы, делая по 5 км в час, спортсмен же способен поддерживать значительную скорость своего бега только короткое время. Пехотная воинская часть перемещается бегом втрое медленнее рекордсмена; она делает 2 м в секунду, или 7 с лишком километров в час, но имеет перед спортсменом то преимущество, что может совершать гораздо большие переходы.

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

Проворный рядом с улиткой и черепахой, человек предстанет перед нами в ином свете, если сопоставить его движение с другими, даже не очень быстрыми движениями в окружающей природе. Правда, он легко перегоняет течение воды в

большинстве равнинных рек и не намного отстает от умеренного ветра. Но с мухой, пролетающей 5 м в секунду, человек может успешно состязаться разве только на лыжах. Зайца или охотничью собаку человек не перегонит даже на лошади карьером. Состязаться в скорости с орлом человек может лишь на самолете.

Машины, изобретенные человеком, делают его самым быстрым существом мира.

Сравнительно недавно в СССР был построен пассажирский теплоход с подводными крыльями, развивающий скорость 60–70 км/час. На суше человек может двигаться быстрее, чем на воде. На некоторых участках пути скорость движения пассажирских поездов в СССР достигает до 100 км/час. Новая легковая автомашинка ЗИЛ-111 (рис. 1) может развивать скорость до 170 км/час, семиместный легковой автомобиль «Чайка» — до 160 км/час.



Рис. 1. Автомобиль ЗИЛ-111.

Эти скорости далеко превзошла современная авиация. На многих линиях Гражданского воздушного флота СССР работают многоместные лайнеры ТУ-104 и ТУ-114 (рис. 2). Средняя

скорость их полета составляет около 800 км/час. Еще не так давно перед авиаконструкторами ставилась задача перешагнуть «звуковой барьер», превысить скорость звука (330 м/сек, т. е. 1200 км/час). Сейчас эта задача решена. Скорости небольших самолетов с мощными реактивными двигателями приближаются к 2000 км/час.

Аппараты, создаваемые человеком, могут достигать еще больших скоростей. Искусственные спутники Земли, летающие вблизи границы плотных слоев атмосферы, движутся со скоростью около 8 км/сек. Космические аппараты, направляющиеся к планетам солнечной системы, получают начальную скорость, превышающую вторую космическую скорость (11,2 км/сек, у поверхности Земли).



Рис. 2. Пассажирский реактивный самолет ТУ-104.

Читатель может просмотреть следующую таблицу скоростей:

Улитка	1,5	мм/сек	5.4	м/час
Черепаша	20	”	70	”
Рыба	1	м/сек	3,6	км/час
Пешеход	1,4	”	5	”
Конница шагом	1,7	”	6	”
Конница рысью	3,5	”	12,6	”
Муха	5	”	18	”
Лыжник	5	”	18	”
Конница карьером	8,5	”	30	”
Теплоход с подводными крыльями	16	”	58	”
Заяц	18	”	65	”
Орел	24	”	86	”
Охотничья собака	25	”	90	”
Поезд	28	”	100	”
Автомобиль ЗИЛ-111	50	”	170	”
Гоночный автомобиль (рекорд)	174	”	633	”
ТУ-104	220	”	800	”
Звук в воздухе	330	”	1200	”
Легкий реактивный самолет	550	”	2000	”
Земля по орбите	30000	”	108000	”

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. 3); 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. 4, 5). Только с начала XVIII века стала появляться на циферблате минутная стрелка. А с начала XIX века появилась и секундная стрелка.

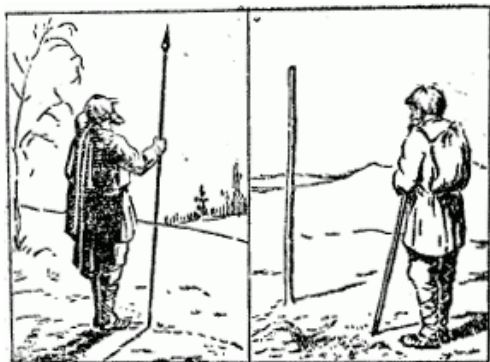


Рис. 3. Определение времени дня по положению Солнца на небе (слева) и по длине тени (справа).

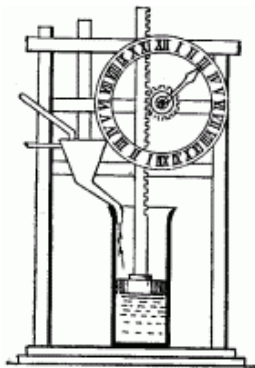


Рис. 4. Водяные часы. употреблявшиеся в древнем мире.



Рис. 5. 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 крылышками; значит, в тысячную долю секунды он успевает поднять их или опустить.

Человек неспособен перемещать свои члены так быстро, как насекомое. Самое быстрое наше движение — мигание глаз, «мгновение ока», или «миг», в первоначальном смысле этих слов. Оно

совершается так быстро, что мы не замечаем даже временного затмения поля нашего зрения. Немногие, однако, знают, что это движение — синоним невообразимой быстроты — протекает в сущности довольно медленно, если измерять его тысячными долями секунды. Полное «мгновение ока» длится, как обнаружили точные измерения, в среднем $2/5$ 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 отдельно воспринимать впечатления, длящиеся тысячную долю секунды, мы уловили бы «в один миг» два плавных движения глазного века, разделенных промежутком покоя.

При таком устройстве нашей нервной системы мы увидели бы окружающий нас мир преобразенным до неузнаваемости. Описание тех странных картин, какие представились бы тогда нашим глазам, дал английский писатель Уэллс в рассказе «Новейший ускоритель». Герои рассказа выпили фантастическую микстуру, которая действует на нервную систему так, что делает

органы чувств восприимчивыми к раздельному восприятию быстрых явлений.

Вот несколько примеров из рассказа:

«— Видали ли вы до сих пор, чтобы занавеска прикреплялась к окну таким манером?»

Я посмотрел на занавеску и увидел, что она словно застыла и что угол у нее как загнулся от ветра, так и остался.

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

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

Я ожидал, что стакан разобьется, но он даже не шевельнулся: 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.² Это может вам дать понятие о силе моего „ускорителя“.

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

² 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 10000-ю (по формуле $S = gt^2/2$, т. е. полмиллиметра, а в первую тысячную долю секунды — всего 1/200 мм.

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 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 10000-й доле секунды; теперь же физик в своей лаборатории способен измерить 100000000000-ю долю секунды. Этот промежуток примерно во столько же раз меньше целой секунды, во сколько раз секунда меньше 3000 лет!

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 а 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.

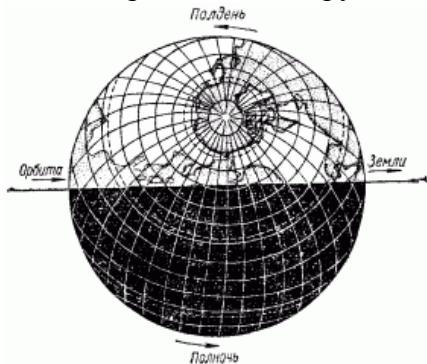


Рис. 6. На ночной половине земного шара люди движутся вокруг Солнца быстрее, чем на дневной.

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. 6, 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.

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.

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. 7), 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.

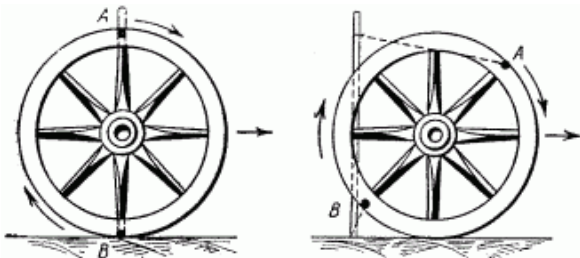


Рис. 7. Как убедиться, что верхняя часть колеса движется быстрее нижней. Сравните расстояния точек *A* и *B* откатившегося колеса (правый чертеж) от неподвижной палки.

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 точки колеса, которые в данный момент соприкасаются с землей*. Строго говоря, в момент соприкосновения с почвой эти точки колеса совершенно неподвижны.

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

Задача не шутка

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

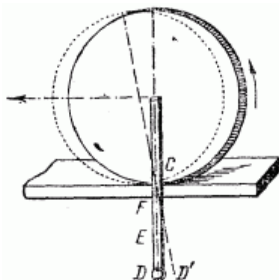


Рис. 8. Опыт с кружком и спичкой. Когда колесо откатывается налево, точки F, E, D выступающей части спички подвигаются в обратную сторону.

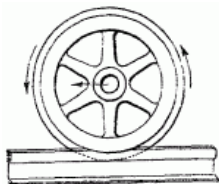


Рис. 9. Когда железнодорожное колесо катится налево, нижние части его выступающего края движутся направо, т. е. в обратную сторону.

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

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

В этом легко удостовериться, проделав такой опыт. К небольшому кружочку, например к монете или пуговице, прилепите воском спичку так, чтобы она прилегала к кружку по радиусу и далеко выступала за край. Если теперь упереть кружок (рис. 8) в край линейки в точке С и начать катить его справа налево, то точки F, E и D выступающей части отодвинутся не вперед, а назад. Чем дальше точка от края кружка, тем заметнее подастся она назад при качении кружка (точка D перейдет в D').

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

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

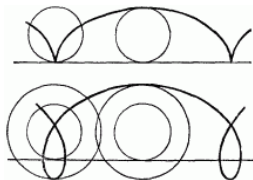


Рис. 10. Вверху изображена та кривая линия («циклоида»), которую описывает каждая точка обода катящегося колеса телеги. Внизу — кривая линия, описываемая каждой точкой выступающего края железнодорожного колеса.

Правда, это движение длится лишь ничтожную долю секунды; но, как бы то ни было,

обратное перемещение в движущемся поезде все же существует наперекор нашим обычным представлениям. Сказанное поясняется рисунками 9 и 10.

Откуда плыла лодка?

Вообразите, что весельная лодка плывет по озеру, и пусть стрелка *a* на нашем рис. 11 изображает направление и скорость ее движения. Наперерез идет парусная лодка; стрелка *b* изображает ее направление и скорость. Если вас, читатель, спросят, откуда эта лодка отчалила, вы, конечно, сразу укажете пункт *m* на берегу. Но если с тем же вопросом обратиться к пассажирам весельной лодки, они укажали бы совершенно другую точку. Почему?



Рис. 11. Парусная лодка идет наперерез весельной. Стрелки *a* и *b* — скорости. Что увидят гребцы?

Происходит это оттого, что пассажиры видят лодку движущейся вовсе не под прямым углом к пути своей лодки. Они ведь не чувствуют собственного движения: им кажется, что сами они стоят на месте, а все кругом движется с их собственной скоростью, но в обратном направлении. Поэтому для них парусная лодка движется не только по направлению стрелки b , но и по направлению пунктирной линии a , обратно движению весельной лодки (см. рис. 12). Оба движения парусной лодки — действительное и кажущееся — складываются по правилу параллелограмма. В результате пассажирам шлюпки кажется, будто парусная лодка движется по диагонали параллелограмма, построенного на b и a . Вот почему пассажирам представляется, что парусная лодка отчалила от берега вовсе не в точке M , а в некоторой точке N , далеко впереди по движению весельной шлюпки (рис. 12).

Двигаясь вместе с Землей по ее орбите и встречая лучи звезд, мы судим о положении источников этих лучей так же неправильно, как пассажиры весельной лодки ошибочно определяют место отплытия парусной. Поэтому звезды представляются нам немного смещенными вперед по пути движения Земли. Конечно, скорость движения Земли ничтожна по сравнению со скоростью света (в 10000 раз меньше); поэтому

кажущееся смещение звезд незначительно. Но оно может быть обнаружено с помощью астрономических приборов. Явление это носит название абберации света.

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

1) по какому направлению движется весельная лодка для пассажиров парусной?

2) куда направляется весельная лодка, по мнению пассажиров парусной?

Чтобы ответить на эти вопросы, вам нужно на линии a (рис. 12) построить параллелограмм скоростей; диагональ его покажет, что пассажирам парусной лодки весельная кажется плывущей в косом направлении, словно собираясь причалить к берегу.

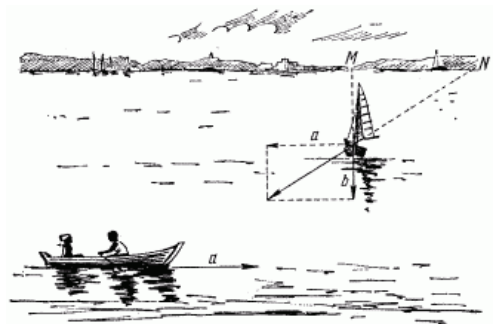


Рис. 12. Гребцам кажется, что парусная лодка идет не наперерез им, а косо — от точки N , а не от M .



Глава вторая. ТЯЖЕСТЬ И ВЕС. РЫЧАГ. ДАВЛЕНИЕ

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. 13, 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. 13. 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. 14) 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. 15) 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. 14. Такой цилиндр должен опрокинуться, потому что отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит вне основания.



Рис. 15. «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. 16). Поэтому так трудно стоять на одной ноге; еще труднее стоять на канате: основание очень мало и отвесная линия легко может выйти за его пределы. Заметили ли вы, какой

странной походкой отличаются старые «морские волки»? Проводя всю жизнь на качающемся судне, где отвесная линия из центра тяжести их тела ежесекундно может выйти за пределы пространства, занятого ступнями, моряки вырабатывают привычку ступать так, чтобы основание их тела (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 земле. Можно привести и обратный пример, когда необходимость поддерживать равновесие обуславливает красоту позы. Обращали вы внимание на то, какой стройный вид имеет человек, несущий на голове груз? Всем известны изящные изваяния женских фигур с кувшином на голове. Неся на голове груз, по необходимости приходится держать голову и туловище прямо: малейшее уклонение грозит вывести центр тяжести (приподнятый в таких случаях выше обычного положения) из контура основания, и тогда равновесие фигуры будет нарушено. Теперь вернемся к опыту с вставанием сидящего человека. Центр тяжести туловища сидящего человека находится внутри тела, близ позвоночника, 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*.



Рис. 16. Когда человек стоит, отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит внутри площадки, ограниченной 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 мудро, как вы и убеждаетесь на описанном опыте.

Ходьба и бег

То, что вы делаете десятки тысяч раз в день в течение всей жизни, должно быть вам прекрасно известно. Так принято думать, но это далеко не всегда верно. Лучший пример — ходьба и бег. Есть ли что-нибудь более нам знакомое, чем эти движения? А много ли найдется людей, которые

ясно представляют себе, как, собственно, передвигаем мы свое тело при ходьбе и беге и в чем разнятся эти два рода движений? Послушаем же, что говорит о ходьбе и беге физиология.³ 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.⁴



Рис. 17. Как человек ходит. Последовательные положения тела при ходьбе.

При таком положении перпендикуляр из центра тяжести, понятно, выйдет из площади

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

⁴ 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.

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 образом восстанавливается; человек ступил, сделал шаг.

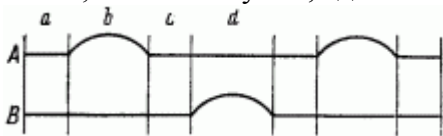


Рис. 18. Графическое изображение движений ног при ходьбе. Верхняя линия (A) относится к одной ноге, нижняя (B) — к другой. Прямые линии отвечают моментам опоры о землю, дуги — моментам движения ног без опоры. Из графика видно, что в течение промежутка времени a обе ноги опираются о землю; в течение b — 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. 20).

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.*



Рис. 19. Как человек бежит.

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

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



Рис. 20. Графическое изображение движения ног в беге (ср. с рис. 18).

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

Но если только шаг не очень короткий, правая

пятка должна была приподняться, так как именно это-то приподнимание пятки и позволяет телу наклониться вперед и нарушить равновесие. Левая нога ступает на землю прежде всего пяткой. Когда вслед за тем вся подошва ее становится на землю, правая нога поднимается совершенно на воздух. В то же время левая нога, несколько согнутая в колене, выпрямляется сокращением трехглавой бедренной мышцы и становится на мгновение вертикальной. Это позволяет полусогнутой правой ноге продвинуться вперед, не касаясь земли, и, следуя за движением тела, поставить на землю свою пятку как раз вовремя для следующего шага.

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

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

Что касается энергии, затрачиваемой человеком при ходьбе по горизонтальной дороге, то

она не равна кулю, 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.⁵

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

⁵ Расчет можно найти в брошюре проф. В. П. Горячкина «Работа живых двигателей», 1914.

назад, а никак не вперед.

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

Когда мы прыгаем из двигающегося 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 прыганья 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.⁶ Скорость этого движения при прыжке вперед даже больше, чем при прыжке назад. Но существенно важно то, что вперед падать гораздо *безопаснее*, чем падать назад. В первом случае мы привычным движением выставляем ногу вперед (а при большой скорости вагона — пробегаем несколько шагов) и тем предупреждаем падение. Это движение *привычно*, так как мы всю жизнь совершаем его при ходьбе: ведь с точки зрения механики, как мы узнали из предыдущей статьи, ходьба есть не что иное, как *ряд падений нашего тела вперед, предупреждаемых 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

⁶ Можно объяснить падение в этом случае также и с иной точки зрения (см. об этом «Занимательную механику», гл. III, статью: «Когда горизонтальная линия не горизонтальна?»).

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 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. 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 стоить тогда схватить ее рукой, — особенно в перчатке, потому что пуля, движущаяся в воздухе, сильно разогревается.

Арбуз-бомба

Если при известных условиях пуля может стать безвредной, то возможен и обратный случай: «мирное тело», брошенное с незначительной скоростью, произведет разрушительное действие. Во время автомобильного пробега Ленинград — Тифлис (в 1924 г.) крестьяне кавказских селений приветствовали проносящиеся мимо них автомобили, кидая пассажирам арбузы, дыни, яблоки. Действие этих невинных подарков

оказывалось вовсе не приятным: арбузы и дыни вдавливали, сминали и ломали кузов машины, а яблоки, попав в пассажира, причиняли серьезные увечья. Причина понятна: собственная скорость автомобиля складывалась со скоростью брошенного арбуза или яблока и превращала их в опасные, разрушительные снаряды. Нетрудно рассчитать, что пуля в 10 г весом обладает такой же энергией движения, как арбуз в 4 кг, брошенный в автомобиль, который мчится со скоростью 120 км в час. Пробивное действие арбуза при таких условиях не может, однако, сравниться с действием пули, так как арбуз не обладает ее твердостью.

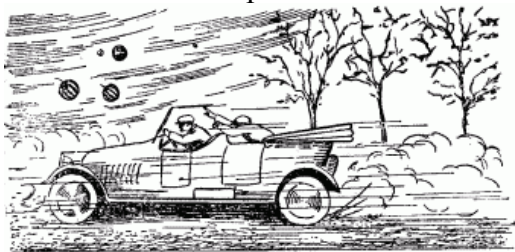


Рис. 21. Арбуз, брошенный навстречу быстро мчащемуся автомобилю, превращается в «снаряд».

Когда разовьется скоростная авиация в высших слоях атмосферы (в так называемой стратосфере), самолеты будут иметь скорость около 3000 км в час, т. е. скорость пули, летчикам придется иметь дело с явлениями, напоминающими рассмотренное сейчас. А именно, каждый предмет,

попадающийся на пути такого сверхбыстроходного самолета, превратится для него в разрушительный снаряд. Наткнуться на горсть пуль, просто уроненных с другого самолета, даже не летящего навстречу, будет все равно, что подвергаться обстрелу из пулемета: падающие пули ударятся об аэроплан с такой же силой, с какой вонзились бы в эту машину пули из пулемета. Так как относительные скорости в обоих случаях одинаковы (самолет и пуля сближаются со скоростью около 800 м в секунду), то разрушительные последствия столкновений будут одинаковы.

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

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

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

Это и достигается благодаря прибору, изображенному на рис. 22. Рука с пером пристегивается к дощечке а, могущей передвигаться в пазах по планке б; последняя в свою очередь может перемещаться в пазах дощечки, лежащей на столике в вагоне. Рука, как видим, достаточно подвижна, чтобы писать букву за буквой, строку за строкой; вместе с тем, каждый толчок, получаемый бумагой на дощечке, в тот же

самый момент и с такой же силой передается руке, держащей перо. При таких условиях письмо на ходу поезда становится столь же удобным, как и в неподвижном вагоне; мешает лишь то, что взгляд скользит по бумаге рывками, так как голова и рука получают толчки не одновременно.

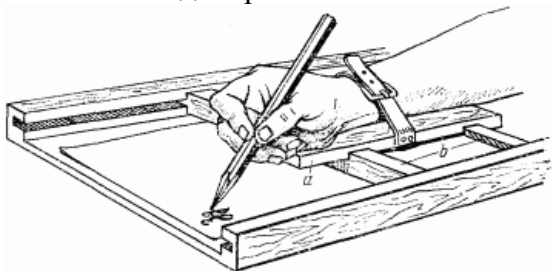


Рис. 22. Приспособление, позволяющее удобно писать в движущемся поезде.

На платформе весов

Десятичные весы только в том случае верно показывают вес вашего тела, когда вы стоите на их платформе совершенно неподвижно. Вы нагибаетесь — и весы в момент сгибания показывают уменьшенный вес. Почему? Потому что мускулы, пригибающие верхнюю часть туловища, подтягивают в то же время нижнюю часть тела вверх, уменьшая давление, оказываемое ею на опору. Напротив, в тот момент, когда вы прекращаете нагибание туловища усилием мышц,

расталкивающих обе части тела врозь, весы показывают заметно увеличенный вес соответственно усиленному давлению нижней части тела на платформу.

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

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

Где вещи тяжелее?

Сила, с которой тела притягиваются земным шаром, убывает по мере возвышения над земной поверхностью. Если бы мы подняли килограммовую гирию на высоту 6400 км, т. е.

удалили ее от центра земного шара на два его радиуса, то сила притяжения ослабела бы в 22, т. е. в 4 раза, и гиря на пружинном безмене вытянула бы всего 250 г вместо 1000. Согласно закону тяготения земной шар притягивает внешние тела так, как если бы вся его масса сосредоточена была в центре, а сила этого притяжения убывает обратно квадрату расстояния. В нашем случае расстояние гири от центра Земли удвоилось, и оттого притяжение ослабело в 22, т. е. вчетверо. Удалив гирию на 12800 км от земной поверхности, т. е. на тройное расстояние от центра Земли, мы ослабили бы притяжение в 32, т. е. в 9 раз; 1000-граммовая гирия весила бы тогда всего 111 г, и т. д.

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

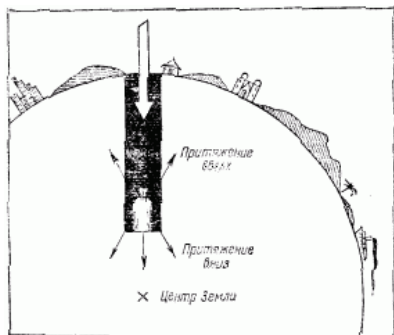


Рис. 23. Почему с углублением в Землю сила тяжести ослабевает.

Объясняется это тем, что в таком случае притягивающие частицы Земли расположены уже не по одну сторону тела, а по разные его стороны. Взгляните на рис. 23. Вы видите, что гиря, помещенная в глубине Земли, притягивается вниз частицами, расположенными ниже гири, но в то же время притягивается вверх теми частицами, которые лежат выше нее. Можно доказать, что в конечном итоге имеет значение притягивающее действие только шара, радиус которого равен расстоянию от центра Земли до местонахождения тела. поэтому вес тела по мере углубления в Землю должен быстро уменьшаться. Достигнув центра Земли, тело совсем утратит вес, сделается невесомым, так как окружающие частицы влекут его там во все стороны с одинаковой силой.

Итак, всего больше тело весит на самой

поверхности Земли; с удалением от нее ввысь или вглубь вес его уменьшается.⁷

Сколько весит тело, когда оно падает?

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

Привесьте гирию к крючку пружинных весов и следите, куда двинется указатель, если весы с гирей

⁷ Так происходило бы, если бы земной шар был вполне однороден по плотности: в действительности плотность Земли возрастает с приближением к центру; поэтому сила тяжести при углублении в Землю сначала, на некотором расстоянии, растет и лишь затем начинает ослабевать.

быстро опустить вниз (для удобства поместите кусочек пробки в прорезь весов и заметьте изменение его положения). Вы убедитесь, что во время падения указатель показывает не полный вес гири, а гораздо меньше! Если бы весы падали свободно и вы имели возможность во время падения следить за их указателем, вы заметили бы, что гиря при падении вовсе ничего не весит: указатель находится у нуля.

Самое тяжелое тело становится совершенно невесомым в течение всего того времени, пока оно падает. Легко понять, почему это так. «Весом» тела мы называем силу, с которой тело тянет точку подвеса или давит на свою опору. Но *падающее* тело не производит никакого натяжения пружины весов, так как пружина опускается вместе с ним. Пока тело падает, оно ничего не натягивает и ни на что не напирает. Следовательно, спрашивать о том, сколько весит тело, когда оно падает, все равно, что спрашивать: сколько тело весит, когда оно не весит?

Еще основатель механики, Галилей, в XVII веке писал:⁸ «Мы ощущаем груз на наших плечах,

⁸ В «Математических доказательствах, касающихся двух отраслей новой науки». В 1934 г. вышел полный русский перевод этого замечательного сочинения.

когда стараемся мешать его падению. Но если станем двигаться вниз с такой же скоростью, как и груз, лежащей на нашей спине, то как же может он давить и обременять нас? Это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем⁹ кого-либо, кто бежит впереди нас с такой же скоростью, с какой движемся и мы».

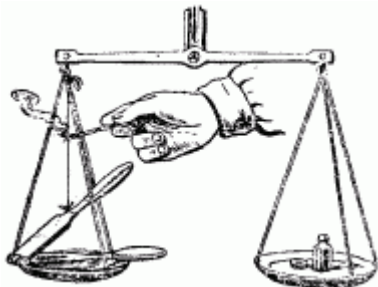


Рис. 24. Опыт, иллюстрирующий невесомость падающего тела.

Следующий легко исполнимый опыт наглядно подтверждает правильность этих рассуждений.

На одну чашку торговых весов положите щипцы для раскалывания орехов так, чтобы одно колено их покоилось на чашке, другое же привяжите за конец ниткой к крючку коромысла (рис. 24). На другую чашку поместите столько груза, чтобы весы были в равновесии. Поднесите к

⁹ Не выпуская его из рук *Я. П.*