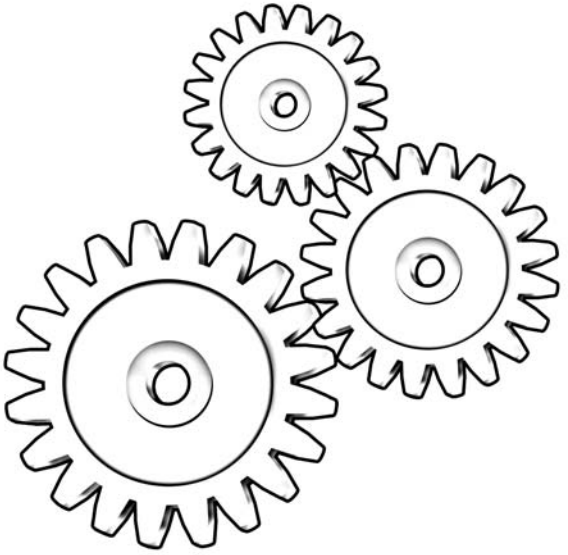
Я.И.ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ механика

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

занимательная механика



РИМИС
издательский
бутик

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Банка “Новый Символ”
Москва 2010

УДК 087.5
ББК 22.3
П 27

Издательство «РИМИС» — лауреат Литературной премии им. Александра Беляева 2008 года.

Перельман Я. И.

П 27 Занимательная механика. — М.: РИМИС, 2010. — 192 с., ил.

ISBN 978-5-9650-0067-8

«Занимательная механика» Я. И. Перельмана, как и другие его книги, излагает вопросы прикладной и теоретической механики на простых примерах, фактах и событиях нашей повседневной жизни. Сам автор писал: «Хотя вопросам механики отведено немало страниц в обеих книгах «Занимательной физики», я счёл полезным посвятить механике отдельную книгу, написанную в той же манере».

Довольно сложные, на первый взгляд, проблемы раскрыты с наглядностью и простотой, столь свойственными этому замечательному автору. Книга эта по праву может занять свое достойное место в серии удивительных произведений, делающих науку весьма занимательной и понятной как для юного читателя, так и для взрослого, которые с интересом познакомятся по этой книге с основами механики.

Текст печатается по изданию: Я. И. Перельман. Занимательная механика. / Под ред. проф. И. Я. Штаермана.–5-е изд., испр. — М.-Л.: ОГИЗ, 1948.

УДК 087.5
ББК 22.3

© Издательство «РИМИС», издание, оформление, 2010

ISBN 978-5-9650-0067-8

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

При подготовке к изданию настоящего, пятого издания, выходящего в свет после смерти автора, нами внесены в текст, а также в рисунки некоторые исправления и изменения. Задача такого исправления оказалась не столь простой, как можно было бы подумать вначале. Дело здесь не только в том, что знания отдельного человека ограничены, что трудно быть специалистом во всех тех областях, главным образом техники, которые затрагиваются в этой книжке наряду с механикой. Нам кажется, что мы наталкиваемся в данном случае и на принципиальное затруднение. Для пояснения сути дела обратимся к сравнению. Романы Жюля Верна пользуются заслуженной известностью: чтение их не только захватывает подростков, но в то же время приносит им чрезвычайную пользу. Что можно, однако, сказать о лучшем его романе «Восемьдесят тысяч километров под водою»? Можно ли сравнить, например, обрисовку характеров Неда Ленда или Консейля с психологическим анализом Андрея Болконского и Пьера Безухова, который дает Л. Толстой в «Войне и мире»? Может ли удовлетворить кораблестроителя то, в конце концов, поверхностное и неточное описание «Наутилуса», которое мы находим у Жюля Верна, может ли удовлетворить ихтиолога описание подводного животного мира в этом романе и т. д., и т. д.? Очевидно, нет. Да в этом и нет надобности. Роман для юношества — не научная энциклопедия во многих томах. Талантливая, но нарочито схематизированная зарисовка действующих лиц, упрощенное описание техники и явлений природы не только допустимы, но и полностью к месту в таком романе.

То же относится и к «Занимательной механике». Всестороннее изучение некоторых из описанных в ней явлений представило бы большие трудности, поэтому Я. И. Перельман фиксирует внимание читателя только на выяснении роли того или иного закона физики. Может быть, хорошо, что покойный автор не был, так же как и Жюль Верн, специалистом-ученым, однако теперь, когда редактирование попадает в руки специалистов, их задача заключается в первую очередь в том, чтобы исправлять прямые неточности, по возможности сохраняя дух книжки.

Мы стремились дополнить книгу Я. И. Перельмана еще некоторыми примерами, взятыми из нашей техники и действительности. Укажем, в частности, на задачу об управлении белянами[1] с лесом на Волге (см. стр. 156). Этот замечательный образец русской смекалки был заимствован затем в Соединенных Штатах Америки, где стал применяться на реке Миссисипи.

Изменяя несколько материал автора, мы считали, что основным условием такой переработки является сохранение свежести и занимательности изложения, которые являются отличительной особенностью ценных книг талантливого популяризатора Я. И. Перельмана и которые привлекли к ним симпатии самых разных кругов читателей. При редактировании я использовал полезные замечания доцента В. С. Щедрова, за что выражаю ему искреннюю благодарность.

Проф. *И. Штаерман*

[1] Беляна — сплавное плоскодонное судно барочного типа. Нашли широкое распространение на Волге, особенно в 60–70-х годах XIX века. Длина их до 100 метров, ширина — 25 метров, высота — 5 метров, грузоподъемность — до 10 000 тонн. (*Прим. изд.*)

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА

Распространение у нас физических знаний, к сожалению, далеко еще не отвечает исключительной важности этой науки. Особенно смутны в широких кругах представления из того отдела физики, с которого начинается ее изучение: из механики, учения о движении и силах. А «кто не знает движения, тот не понимает природы» (Аристотель).

Хотя вопросам механики отведено немало страниц в обеих книгах «Занимательной физики», я счел полезным посвятить механике отдельную книгу, написанную в той же манере.

«Занимательная механика» считает нецелесообразным знакомить читателя с последними достижениями науки, пока не выяснены первые ее основы. Она не излагает, впрочем, своего предмета с учебной систематичностью.

Предполагая у читателя некоторые, хотя бы смутно усвоенные или полузабытые сведения, книга стремится освежить и уточнить их разбором ряда механических задач, любопытных в том или ином отношении. Не претендует книга и на исчерпание всех отделов механики: многие интересные вопросы не рассмотрены, иные — едва затронуты. Цель «Занимательной механики» — разбудить дремлющую мысль и привить вкус к занятию механикой; любознательный читатель сам тогда разыщет и приобретет недостающие сведения.

Вопреки установившемуся для популярных книг обычаю, в «Занимательной механике» попадаются математические выкладки. Мне известна неприязнь, которую питают многие к таким местам книг. И все же я не избегаю расчетов, так как считаю физические знания, приобретенные без

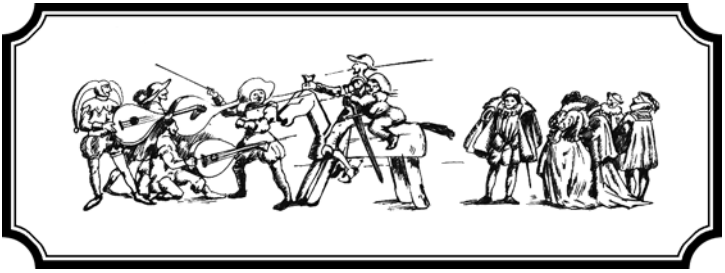
расчетов, шаткими и практически бесплодными. Немыслимо получить сколько-нибудь полезные и прочные сведения из физики и особенно из механики, минуя относящиеся к ним простейшие расчеты.

В «Кодексе Юстиниана» (VI век) имеется закон «о злодеях, математиках[1] и им подобных», в силу которого «безусловно воспрещается достойное осуждения математическое искусство». В наши дни математики не приравниваются к злодеям, но их «искусство» из популярных книг почему-то изгоняется. Я не сторонник такой популяризации. Не для того тратим мы целые годы в школе на изучение математики, чтобы выбрасывать ее за борт, когда она понадобится. «Занимательная механика» прибегает к расчетам всюду, где необходимо внести точность в вопрос; излишне добавлять, что математические «злодеяния» совершаются здесь в скромных пределах школьного курса.

Создавая книгу, мы черпали материал отовсюду. Это — не учебник, а вольная книга, ставящая себе задачей повысить интерес к предмету занимательными сопоставлениями. Приводя ряд примеров применения законов механики в технике, мы включили в нашу книгу также приложения механики к спорту, цирковым представлениям и т. п. неожиданным областям. При составлении книги, которая должна быть занимательна для всех, нельзя идти шаблонным путем.

---

[1] Приводя этот курьез, мы должны напомнить, что математиками в «Кодексе Юстиниана» называются базарные гадатели, любители недобросовестных азартных игр и прочие «квалифицированные обманщики». (*Прим. ред.*)



ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Задача о двух яйцах

Держа в руках яйцо, вы ударяете по нему другим (рис. 1). Оба яйца одинаково прочны и сталкиваются одинаковыми частями. Которое из них должно разбиться: ударяемое или ударяющее?

Вопрос поставлен был несколько лет назад американским журналом «Наука и изобретения». Журнал утверждал, что, согласно опыту, разбивается чаще «то яйцо, которое *двигалось*», другими словами — яйцо *ударяющее*.

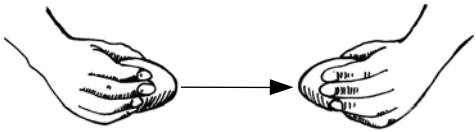


Рис. 1. Которое яйцо сломается?

«Скорлупа яйца, — пояснялось в журнале, — имеет кривую форму, причем давление, приложенное при ударе к неподвижному яйцу, действует на его скорлупу снаружи; но известно, что, подобно всякому своду, яичная скорлупа хорошо противостоит давлению извне. Иначе обстоит дело, когда усилие приложено к яйцу *движущемуся*. В этом случае движущееся содержимое яйца напирает в момент удара

на скорлупу *изнутри*. Свод противостоит такому давлению гораздо слабее, чем напору снаружи, и — проламывается».

Когда та же задача была предложена в распространенной ленинградской газете, решения поступили крайне разнообразные.

Одни из решающих доказывали, что разбиться должно непременно *ударяющее* яйцо; другие — что именно оно-то и уцелеет. Доводы казались одинаково правдоподобными, и тем не менее оба утверждения в корне ошибочны! Установить рассуждением, которое из соударяющихся яиц должно разбиться, вообще невозможно, потому что между яйцами ударяющим и ударяемым различия не существует. Нельзя ссылаться на то, что ударяющее яйцо движется, а ударяемое неподвижно. Неподвижно — по отношению к чему? Если к земному шару, то ведь известно, что планета наша сама перемещается среди звезд, совершая десяток разнообразных движений; все эти движения «ударяемое» яйцо разделяет так же, как и «ударяющее», и никто не скажет, которое из них движется среди звезд быстрее. Чтобы предсказать судьбу яиц по признакам движения и покоя, понадобилось бы переворошить всю астрономию и определить движение каждого из соударяющихся яиц относительно неподвижных звезд. Да и это не помогло бы, потому что отдельные видимые звезды тоже движутся, и вся их совокупность, Млечный Путь, перемещается по отношению к иным звездным скоплениям.

Яичная задача, как видите, увлекла нас в бездны мироздания и все же не приблизилась к разрешению. Впрочем, нет, — приблизилась, если звездная экскурсия помогла нам понять ту важную истину, что движение тела без указания другого тела, к которому это движение относится, есть попросту бессмыслица. Одинокое тело, само по себе взятое, двигаться не может; могут перемещаться по крайней мере два тела — взаимно сближаться или взаимно удаляться. Оба соударяющихся яйца находятся в одинаковом состоянии движения; они взаимно сближаются, — вот все, что мы можем сказать об их движении. Результат столкновения

не зависит от того, какое из них пожелаем мы считать неподвижным и какое — движущимся[1].

Триста лет назад впервые провозглашена была Галилеем относительность равномерного движения и покоя. Этот «принцип относительности классической механики» не следует смешивать с «принципом относительности Эйнштейна», выдвинутым только в начале этого столетия[2] и представляющим дальнейшее развитие первого принципа.

Путешествие на деревянном коне

Из сказанного следует, что состояние равномерного прямолинейного движения неотличимо от состояния неподвижности при условии обратного *равномерного* и прямолинейного движения окружающей обстановки. Сказать: «тело движется с постоянной скоростью» и: «тело находится в покое, но все окружающее равномерно движется в обратную сторону» — значит утверждать одно и то же. Строго говоря, мы не должны говорить ни так, ни этак, а должны говорить, что тело и обстановка движутся одно относительно другой. Мысль эта еще и в наши дни усвоена далеко не всеми, кто имеет дело с механикой и физикой. А между тем она не чужда была уже автору «Дон-Кихота», жившему три столетия назад и не читавшему Галилея. Ею проникнута одна из забавных сцен произведения Сервантеса — описание путешествия прославленного рыцаря и его оруженосца на деревянном коне.

«— Садитесь на круп лошади, — объяснили Дон-Кихоту. — Требуется лишь одно: повернуть втулку, вделанную у коня на шее, и он унесет вас по воздуху туда, где ожидает вас Маламбумо. Но чтобы высота не вызвала головокружения, надо ехать с завязанными глазами.

Обоим завязали глаза, и Дон-Кихот дотронулся до втулки».

---

[1] Здесь выясняется важная идея, которая четко сформулирована в следующем абзаце, но надо помнить, что соударяющиеся тела на земле в действительности не изолированы. Можно, например, двигать яйцо с такой скоростью, что давление воздуха окажется для него более разрушительным, чем соударение. (*Прим. ред.*)

[2] Речь идет о XX-м столетии. (*Прим. изд.*)

Окружающие стали уверять рыцаря, что он уже несется по воздуху «быстрее стрелы».

«— Готов клясться, — заявил Дон-Кихот оруженосцу, — что во всю жизнь мою не ездил я на коне с более спокойной поступью. Всё идет, как должно идти, и ветер дует.

— Это верно, — сказал Санчо, — я чувствую такой свежий воздух, точно на меня дуют из тысячи мехов.

Так на самом деле и было, потому что на них дули из нескольких больших мехов».

Деревянный конь Сервантеса — прообраз многочисленных аттракционов, придуманных в наше время для развлечения публики на выставках и в парках. То и другое основано на полной невозможности отличить по механическому эффекту состояние покоя от состояния равномерного движения.

Здравый смысл и механика

Многие привыкли противополагать покой движению, как небо — земле и огонь — воде. Это не мешает им, впрочем, устраиваться в вагоне на ночлег, ни мало не заботясь о том, стои́т ли поезд, или мчится. Но в теории те же люди зачастую убежденно оспаривают право считать мчащийся поезд неподвижным, а рельсы, землю под ними и всю окрестность — движущимися в противоположном направлении.

«Допускается ли такое толкование здравым смыслом машиниста? — спрашивает Эйнштейн, излагая эту точку зрения. — Машинист возразит, что он топит и смазывает не окрестность, а паровоз; следовательно, на паровозе должен сказаться и результат его работы, т. е. движение».

Довод представляется на первый взгляд очень сильным, едва ли не решающим. Однако вообразите, что рельсовый путь проложен вдоль экватора и поезд мчится на запад, против направления вращения земного шара. Тогда окрестность будет бежать навстречу поезду, и топливо будет расходоваться лишь на то, чтобы мешать паровозу быть

увлекаемым назад, — вернее, чтобы помогать ему хоть немного отставать от движения окрестности на восток. Пожелай машинист удержать поезд совсем от участия во вращении Земли, он должен был бы топить и смазывать паровоз так, как нужно для скорости примерно две тысячи километров в час.

Впрочем, он бы и не нашел паровоза, подходящего для этой цели: только реактивные самолеты в недалеком будущем смогут развивать такую скорость.

Пока движение поезда остается вполне равномерным, собственно нет возможности определить, что именно находится в движении и что в покое: поезд или окрестность. Устройство материального мира таково, что всегда во всякий данный момент исключает возможность абсолютного решения вопроса о наличии равномерного движения или покоя и оставляет место только для изучения равномерного движения тел *относительно* друг друга, так как участие наблюдателя в равномерном движении не отражается на наблюдаемых явлениях и их законах.

Поединок на корабле

Можно представить себе такую обстановку, к которой иные, пожалуй, затруднятся практически применить принцип относительности. Вообразите, например, на палубе движущегося судна двух стрелков, направивших друг в друга свое оружие (рис. 2). Поставлены ли оба противника в строго одинаковые условия? Не вправе ли стрелок, стоящий спиной к носу корабля, жаловаться на то, что пущенная им пуля летит медленнее, чем пуля противника?

Конечно, по отношению к поверхности моря пуля, пущенная против движения корабля, летит медленнее, чем на неподвижном судне, а пуля, направленная к носу, летит быстрее. Но это нисколько не нарушает условий поединка: пуля, направленная к корме, летит к мишени, которая *движется ей навстречу*, так что при равномерном движении судна недостаток скорости пули как раз восполняется

встречной скоростью мишени; пуля же, направленная к носу, *догоняет свою мишень*, которая удаляется от пули со скоростью, равной избытку скорости пули.

В конечном итоге обе пули по *отношению к своим мишеням* движутся совершенно так же, как и на корабле неподвижном.

Не мешает прибавить, что всё сказанное относится только к такому судну, которое идет по прямой линии и притом с постоянной скоростью.

Здесь уместно будет привести отрывок из той книги Галилея, где был впервые высказан классический принцип относительности (книга эта, к слову сказать, едва не привела ее автора на костер инквизиции).

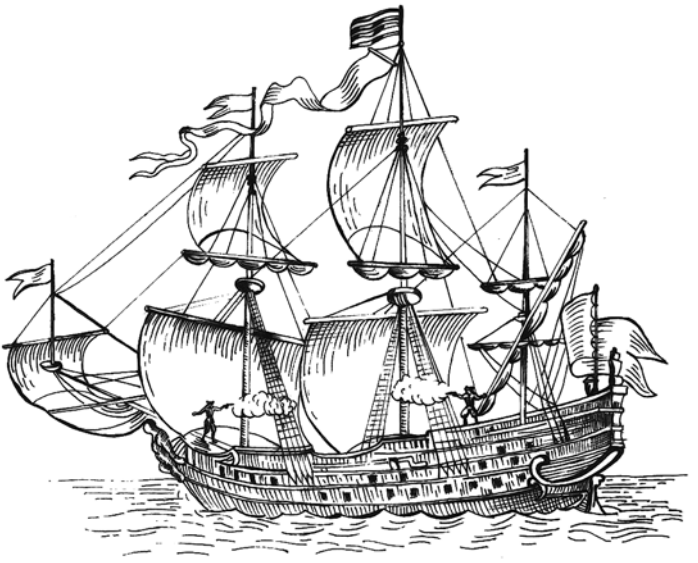


Рис. 2. Чья пуля раньше достигнет противника?

«Заключите себя с приятелем в просторное помещение под палубой большого корабля. Если движение корабля будет равномерным, то вы ни по одному действию не в состоянии будете судить, движется ли корабль, или стои́т на месте. Прыгая, вы будете покрывать по полу те же самые

расстояния, как и на неподвижном корабле. Вы не сделаете вследствие быстрого движения корабля больших прыжков к корме, чем к носу корабля, — хотя, пока вы находитесь в воздухе, пол под вами бежит к части, противоположной прыжку. Бросая вещь товарищу, вам не нужно с большей силой кидать ее от кормы к носу, чем наоборот… Мухи будут летать во все стороны, не держась преимущественно той стороны, которая ближе к корме», и т. д.

Теперь понятна та форма, в которой обычно высказывается классический принцип относительности: «характер движения, совершающегося в какой-либо системе, не зависит от того, находится ли система в покое или перемещается прямолинейно и равномерно относительно земной поверхности».

Аэродинамическая труба

На практике иной раз оказывается чрезвычайно полезным заменять движение покоем и покой движением, опираясь на классический принцип относительности.

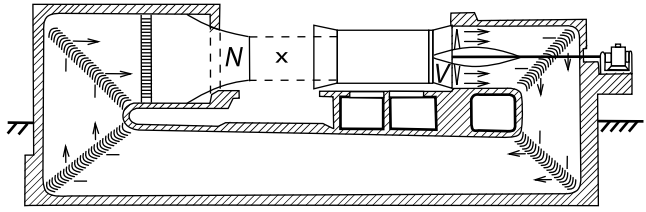


Рис. 3. Продольный разрез через аэродинамическую трубу. Модель крыла или самолета подвешивается в рабочем пространстве, отмеченном крестиком (×). Воздух, засасываемый вентилятором *V*, движется в направлении, указанном стрелками, и выбрасывается в рабочее пространство через суживающийся насадок и затем опять засасывается в трубу

Чтобы изучить, как действует на самолет или на автомобиль сопротивление воздуха, сквозь который они движутся, обычно исследуют «обращенное» явление: действие движущегося потока воздуха на покоящийся самолет. В лаборатории устанавливают широкую аэродинамическую трубу (рис. 3), устраивают в ней ток воздуха и изучают его

действие на неподвижно подвешенную модель аэроплана или автомобиля. Добытые результаты с успехом прилагают к практике, хотя в действительности явление протекает как раз наоборот: воздух неподвижен, а аэроплан или автомобиль прорезают его с большой скоростью.

В настоящее время существуют аэродинамические трубы настолько большого размера, что в них помещается не уменьшенная модель, а корпус самолета с пропеллером или автомобиль обычной величины. Скорость воздуха в трубе можно довести до скорости звука.

На полном ходу поезда

Другой пример плодотворного применения классического принципа относительности возьмем из железнодорожной практики. Тендер иногда пополняется водой на полном

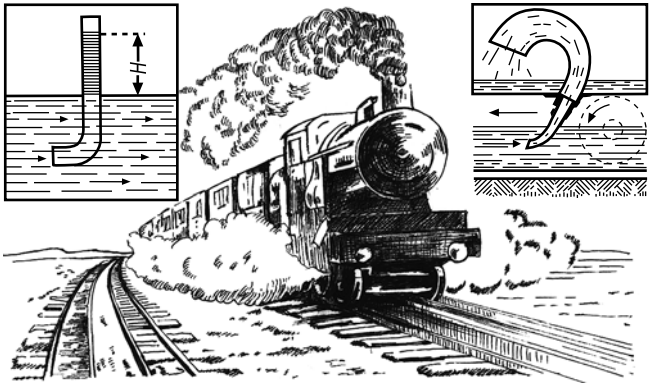


Рис. 4. Как паровозы на полном ходу набирают воду. Между рельсами устроен длинный водоем, в который погружается из тендера труба. Вверху налево — трубка Пито. При погружении ее в текущую воду уровень в трубе поднимается выше, чем в водоеме. Вверху направо — применение трубки Пито для набора воды в тендер движущегося поезда

ходу поезда. Достигается это остроумным «обращением» одного общеизвестного механического явления, а именно: если в поток воды погрузить отвесно трубку, нижний конец которой загнут против течения (рис. 4), то текущая

вода проникает в эту так называемую «трубку Пито»[1] и устанавливается в ней выше уровня реки на определенную величину H, зависящую от скорости течения. Железнодорожные инженеры «обратили» это явление: они двигают загнутую трубку в *стоячей* воде, — и вода в трубке поднимается выше уровня водоема. Движение заменяют покоем, а покой движением.

На станции, где тендер паровоза должен, не останавливаясь, запастись водой, устраивают между рельсами длинный водоем в виде канавы (рис. 4). С тендера спускают изогнутую трубу, обращенную отверстием в сторону движения. Вода, поднимаясь в трубе, подается в тендер быстро мчащегося поезда (рис. 4, вверху направо).

Как высоко может быть поднята вода этим оригинальным способом? По законам того отдела механики, который носит название гидромеханики и занимается движением жидкостей, вода в трубке Пито должна подняться на такую же высоту, на какую взлетело бы вверх тело, подброшенное отвесно со скоростью течения воды; если пренебречь потерей энергии на трение, завихрения и т. д., то эта высота H определяется формулой

$$H = \frac{V^2}{2g},$$

где V — скорость воды, а g — ускорение силы тяжести, равное 9,8 *м/сек*[2]. В нашем случае скорость воды по отношению к трубе равна скорости поезда; взяв скромную скорость 36 *км/час*, имеем $V = 10$ *м/сек*[2]; следовательно, высота поднятия воды

$$H = \frac{V^2}{2 \cdot 9,8} = \frac{100}{2 \cdot 9,8} \approx 5 \text{ м}.$$

---

[1] Трубка Пито — прибор для измерения скорости потока жидкости или газа. Изобретена Анри Пито (1695–1771). (*Прим. изд.*)

[2] Здесь, как и в дальнейшем изложении, *км/час* обозначает километр в час, *м/сек* соответственно обозначает метр в секунду, а *м/сек*[2] — единицу ускорения, т. е. ускорение такого равнопеременного движения, при котором скорость изменяется на 1 *м/сек* за 1 секунду.

Ясно, что каковы бы ни были потери, вызванные трением и другими, не принятыми во внимание обстоятельствами, высота поднятия достаточна для успешного наполнения тендера.

Коперник и Птолемей

У читателя, без сомнения, уже зародился вопрос: как же с точки зрения классического принципа относительности надо разрешить спор Коперника и Птолемея о движении Земли? Хотя в этом случае речь идет не о прямолинейном движении и, следовательно, вопрос выходит за пределы, охватываемые принципом относительности классической механики, мы всё же не оставим его здесь без рассмотрения.

Итак, что вокруг чего обращается, Земля вокруг Солнца или Солнце вокруг Земли?

Такая постановка вопроса неправильна. Спрашивать, какое из двух указанных движений совершается «в действительности», — бессмысленно: тело может двигаться лишь *по отношению к другому телу*; двигаться же безотносительно нельзя. Поэтому на поставленный вопрос надо ответить следующим образом: Земля и Солнце движутся одно относительно другого так, что при наблюдении с Земли Солнце кажется обращающимся вокруг Земли, а при наблюдении с Солнца — Земля кажется обращающейся вокруг Солнца.

Прислушаемся к мнению астронома-физика:

«Истина планетных движений была затемнена птолемеевой схемой и стала ясной в схеме Коперника. Но для обыкновенных земных явлений положение обратное: птолемеева схема позволяет выявиться их естественной простоте. Земная, или птолемеева, схема естественно приноровлена к земным явлениям, а солнечная, или коперникова, приноровлена к явлениям солнечной системы; но мы не можем одну из них сделать пригодной для обеих систем, не вводя излишних усложнений».

Вы согласитесь с этим, если вспомните, что ни один астроном, не исключая и самого Коперника, не отказывался от «птолемеевского» выражения «Солнце восходит» и не заменял его «коперниковским»: «Земля в своем вращательном движении подставляет лучам Солнца то место, в котором я нахожусь». Для определения времени дня воззрение Птолемея *удобнее* или, во всяком случае, привычнее воззрения Коперника, и мы без колебания становимся в этом случае на точку зрения древнего грека. Кто вздумал бы описывать солнечный восход в терминах учения Коперника, тот не сразу был бы понят[1].

Мы выделили слово «удобнее», чтобы подчеркнуть разницу между тем, что представляется, и тем, что истинно. Открытие гениального польского ученого Николая Коперника оказалось в согласии со всем многообразием физических явлений и стало краеугольным камнем современной астрономии.

Как надо понимать закон инерции

Теперь, после того как мы так подробно побеседовали об относительности движения, необходимо сказать несколько слов о тех причинах, которые вызывают движение, — о силах. Прежде всего нужно указать на закон независимости действия сил; он формулируется так: *действие силы на тело не зависит от того, находится ли тело в покое или движется по инерции, либо под влиянием других сил.*

---

[1] Один из внимательных читателей поставил по этому поводу вопрос: «Какую картину движения увидит наблюдатель, рассматривающий нашу планетную систему извне, с какой-нибудь отдаленной звезды? Будет ли Земля для этого наблюдателя кружиться около Солнца, или наоборот?».

Отвечая на этот вопрос, надо прежде всего вспомнить, что абсолютно неподвижного наблюдательного пункта быть не может. Звезда, откуда смотрит наблюдатель, неподвижна относительно какого-либо другого тела. Если наблюдатель неподвижен относительно Солнца, то он увидит Землю, обращающуюся около Солнца. Если он неподвижен относительно Земли, он увидит Солнце, кружащееся около Земли. Если же он неподвижен относительно какого-либо третьего тела (например, другой звезды), то ему представятся движущимися — по тому или иному пути — и Солнце и Земля.

Это — следствие так называемого «второго» из тех трех законов, которые положены Ньютоном в основу классической механики. Первый — закон инерции; третий — закон равенства действия и противодействия.

Второму закону Ньютона будет посвящена вся следующая глава, поэтому здесь мы скажем о нем всего лишь несколько слов. Смысл этого закона состоит в том, что изменение скорости, мерой которого служит ускорение, пропорционально действующей силе и имеет одинаковое с ней направление. Этот закон можно выразить формулой

$$F = m \cdot a,$$

где F — сила, действующая на тело; m — его масса и a — ускорение тела. Из трех величин, входящих в эту формулу, труднее всего понять, что такое масса. Нередко смешивают ее с весом, но в действительности масса и вес — совсем не одно и то же. Массы тел можно сравнивать по тем ускорениям, которые они получают под влиянием одной и той же силы. Как видно из только что написанной формулы, масса при этом должна быть тем больше, чем меньше ускорение, приобретенное телом под влиянием этой силы.

Закон *инерции*, хотя и противоречит привычным представлениям человека, не изучавшего физики, наиболее понятен из всех трех законов[1]. Однако иные понимают его совершенно превратно. А именно, инерцию определяют нередко как свойство тел «сохранять свое *состояние*, пока внешняя причина не нарушит этого состояния». Такое распространенное толкование подменяет закон инерции законом причинности, утверждающим, что ничто не происходит (т. е. никакое тело не изменяет своего состояния) без причины. Подлинный закон инерции относится не ко всякому физическому состоянию тел, а исключительно к состояниям *покоя* и *движения*. Он гласит:

[1] Противоречит он обыденным представлениям в той своей части, которая утверждает, что тело, движущееся равномерно и прямолинейно, не побуждается к этому никакой силой; ошибочный же взгляд тот, что раз тело движется, оно поддерживается в этом состоянии силой, а при отнятии силы движение должно прекратиться.