

Головоломки по физике



УДК 51
ББК 22.1я92
П27

Перельман, Яков Исидорович.

П27 Головоломки по физике / Я.И.Перельман. — Москва: Издательство АСТ — 2019. — 254 [2] с.: ил. — (Перельман: занимательная наука)

ISBN 978-5-17-115229-1.

«Головоломки по физике» Я. И. Перельмана — это не учебник и не сборник задач, а занимательные рассказы о физике и физических явлениях, которые мы наблюдаем в жизни. В простой и увлекательной форме автор рассказывает о движении и силе трения, тепловых явлениях, магнетизме, электричестве и свойстве жидкостей и газов. Из этой книги читатель узнает, можно ли двигаться без опоры, почему взлетает ракета, легко ли сломать яичную скорлупу, почему жители пустынь носят теплые халаты и меховые шапки, бывают ли звуки беззвучными... и многое другое.

Для среднего школьного возраста.

**УДК 51
ББК 22.1я92**

© Станишевский Ю.А., ил., 2019
© Шелкун Е.В., ил., 2019
© ООО «Издательство АСТ», 2019

Содержание

Глава первая

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Самый дешевый способ путешествовать	3
«Земля, остановись!»	6
Письмо с самолета	9
Бомбометание	11
Безостановочная железная дорога.....	12
Движущиеся тротуары	16
Трудный закон.....	17
Отчего погиб Святогор-богатырь?	20
Можно ли двигаться без опоры?	21
Почему взлетает ракета?	22
Как движется каракатица?.....	26
К звездам на ракете	27

Глава вторая

СИЛА. РАБОТА. ТРЕНИЕ

Задача о лебедь, раке и щуке.....	30
Вопреки Крылову.....	33
Легко ли сломать яичную скорлупу?	36
Под парусами против ветра	38
Мог ли Архимед поднять Землю?.....	41
Жюль-верновский силач и формула Эйлера	44
От чего зависит крепость узлов?.....	48
Если бы не было трения.....	49
Физическая причина катастрофы «Челюскина»	52
Самоуравновешивающаяся палка	55

Глава третья

КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Почему не падает вращающийся волчок?	58
Искусство жонглеров	61
Новое решение колумбовой задачи.....	63

«Уничтоженная» тяжесть	64
Вы в роли Галилея	67
Мой спор с вами	70
Финал нашего спора	71
В «заколдованном» шаре	72
Жидкий телескоп	78
«Чертова петля»	78
Математика в цирке	80
Нехватка в весе	83

Глава четвертая

ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ

Велика ли сила притяжения?	86
Стальной канат от Земли до Солнца	89
Можно ли укрыться от силы тяготения?	91
Как полетели на Луну герои Уэллса	93
Полчаса на Луне	94
Стрельба на Луне	97
В бездонном колодце	99
Сказочная дорога	103
Как роют туннели?	105

Глава пятая

ПУТЕШЕСТВИЕ В ПУШЕЧНОМ СНАРЯДЕ

Ньютонова гора	109
Фантастическая пушка	111
Тяжелая шляпа	112
Как ослабить сотрясение?	114
Для друзей математики	115

Глава шестая

СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Море, в котором нельзя утонуть	118
Как работает ледокол?	122
Где находятся затонувшие суда?	124

Как осуществились	
мечты Жюль Верна и Уэллса.....	128
Как был поднят «Садко»?	131
«Вечный» водяной двигатель	134
Кто придумал слова «газ» и «атмосфера»?	137
Как будто простая задача	139
Задача о бассейне	141
Удивительный сосуд.....	142
Поклажа из воздуха	144
Новые героновы фонтаны	148
Обманчивые сосуды.....	152
Сколько весит вода в опрокинутом стакане?.....	153
Отчего притягиваются корабли?	154
Принцип Бернулли и его следствия	158
Назначение рыбьего пузыря	162
Волны и вихри	165
Путешествие в недра Земли	171
Фантазия и математика.....	173
В глубокой шахте.....	177
Ввысь со стратостатами	180

Глава седьмая

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

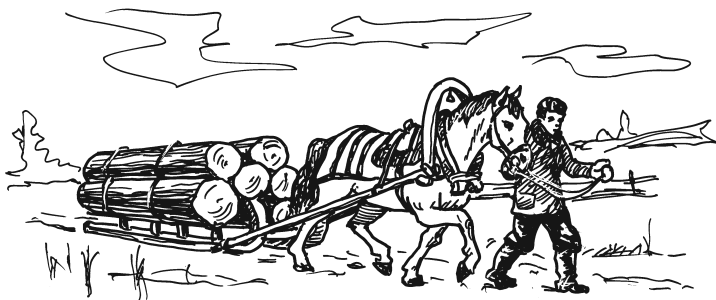
Веер.....	183
Отчего при ветре холоднее?	184
Горячее дыхание пустыни	186
Греет ли вуаль?	187
Охлаждающие кувшины	187
«Ледник» без льда.....	189
Какую жару способны мы переносить?	190
Термометр или барометр?	192
Для чего служит ламповое стекло?	193
Почему пламя не гаснет само собой?	195
Недостающая глава в романе Жюль Верна.....	196
Завтрак в невесомой кухне	197
Почему вода гасит огонь?	204

Как тушат огонь с помощью огня?	204
Можно ли воду вскипятить кипятком?	208
Можно ли воду вскипятить снегом?	209
«Суп из барометра»	211
Всегда ли кипятком горяч?	214
Горячий лед	217
Холод из угля	218

Глава восьмая

МАГНЕТИЗМ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

«Любящий камень»	220
Задача о компасе	221
Линии магнитных сил	222
Как намагничивается сталь?	225
Исполинские электромагниты	226
Магнитные фокусы	229
Магнит в земледелии	231
Магнитная летательная машина	231
Наподобие «магометова гроба»	234
Электромагнитный транспорт	236
Сражение марсиан с земножителями	239
Часы и магнетизм	242
Магнитный «вечный» двигатель	243
Музейная задача	245
Почти вечный двигатель	246
Птицы на проводах	248
При свете молнии	250



Глава первая

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Самый дешевый способ путешествовать

Остроумный французский писатель XVII века Сирано де Бержерак в своей сатирической «Истории государств на Луне» (1652 г.) рассказывает, между прочим, о таком будто бы происшедшем с ним удивительном случае. Занимаясь физическими опытами, он однажды непостижимым образом был поднят вместе со своими склянками высоко в воздух. Когда же через несколько часов ему удалось спуститься вновь на землю, то, к изумлению, очутился он уже не в родной Франции и даже не в Европе, а на материке Северной Америки, в Канаде! Свой неожиданный перелет через Атлантический океан французский писатель, однако, находит вполне естественным. Он объясняет его тем, что, пока невольный путешественник был отделен от земной

поверхности, планета наша продолжала по-прежнему вращаться на восток; вот почему, когда он опустился, под ногами его вместо Франции оказался уже материк Америки.

Казалось бы, какой дешевый и простой способ путешествовать! Стоит только подняться над Землей и продержаться в воздухе хотя бы несколько минут, чтобы опуститься уже совершенно в другом месте, далеко к западу. Вместо того чтобы предпринимать утомительные путешествия через материки и океаны, можно неподвижно висеть над Землей и выжидать, пока она сама подставит путнику место назначения.

К сожалению, удивительный способ этот — не более как фантазия. Во-первых, поднявшись в воздух, мы, в сущности, не отделяемся еще от земного шара: мы остаемся связанными с его газообразной оболочкой, висим в его атмосфере, которая тоже ведь участвует во вращении Земли вокруг оси. Воздух (вернее, его нижние более плотные слои) вращается вместе с Землей, увлекая с собой все, что в нем находится: облака, аэропланы, всех летящих птиц, насекомых и т.д. Если бы воздух не участвовал во вращении земного шара, то, стоя на Земле, мы постоянно чувствовали бы сильнейший ветер, по сравнению с которым самый страшный ураган казался бы нежным дуновением¹. Ведь совершенно

¹ Скорость урагана — 40 м в секунду — 144 км в час. Земной же шар на широте, например, Ленинграда проносил бы нас через воздух со скоростью 230 м в секунду — 828 км в час!

безразлично: стоим ли мы на месте, а воздух движется мимо нас, или же, наоборот, воздух неподвижен, а мы перемещаемся в нем; в обоих случаях мы ощущаем одинаково сильный ветер. Мотоциклист, движущийся со скоростью 100 км в час, чувствует сильнейший встречный ветер даже в совершенно тихую погоду.



Рис. 1. Можно ли с аэростата видеть, как вращается земной шар? (масштаб в рисунке не соблюден)

Это во-первых. Во-вторых, если бы даже мы могли подняться в высшие слои атмосферы или если бы Земля вовсе не была окружена воздухом, нам и тогда не удалось бы воспользоваться тем дешевым способом путешествовать, о котором фантазировал французский сатирик. В самом деле, отделяясь от поверхности вращающейся Земли, мы продолжали бы по инерции двигаться с прежней скоростью, т.е. с той же, с какой перемещается под нами Земля. Когда же мы снова опускаемся вниз, мы оказываемся в том самом месте, от которого раньше отделились, подобно тому как, подпрыгнув в вагоне дви-

жущегося поезда, мы опускаемся на прежнее место. Правда, мы будем двигаться по инерции прямолинейно (по касательной), а Земля под нами — по дуге; но для небольших промежутков времени это не меняет дела.

«Земля, остановись!»

У известного английского писателя Герберта Уэллса есть фантастический рассказ о том, как некий конторщик творил чудеса. Весьма недалекий молодой человек оказался волею судьбы обладателем удивительного дара: стоило ему высказать какое-нибудь пожелание, и оно немедленно же исполнялось. Однако заманчивый дар, как оказалось, не принес ни его обладателю, ни другим людям ничего, кроме неприятностей. Для нас поучителен конец этой истории.

После затянувшейся ночной попойки конторщик-чудодей, опасаясь явиться домой на рассвете, вздумал воспользоваться своим даром, чтобы продлить ночь. Как это сделать? Надо приказать светилам неба приостановить свой бег. Конторщик не сразу решился на такой необычайный подвиг, и когда приятель посоветовал ему остановить Луну, он, внимательно поглядев на нее, сказал в раздумье:

«— Мне кажется, она слишком далека для этого... Как вы полагаете?»

— Но почему же не попробовать? — настаивал Мейдиг (так звали приятеля. — Я. П.). — Она, конечно, не остановится, вы только прекратите вращение Земли. Надеюсь, это никому не повредит!

— Гм, — сказал Фотерингей (конторщик. — Я. П.). — Хорошо, попробую. Ну..

Он стал в повелительную позу, простер руки над миром и торжественно произнес:

— Земля, остановись! Перестань вращаться!

Не успел он договорить эти слова, как приятели уже летели в пространство со скоростью нескольких дюжин миль в минуту.

Несмотря на это, он продолжал думать. Меньше чем в секунду он успел и подумать и высказать про себя следующее пожелание:

— Что бы ни случилось, пусть я буду жив и невредим!

Нельзя не признать, что желание это было высказано вовремя. Еще несколько секунд, — и он упал на какую-то свежевзрытую землю, а вокруг него, не принося ему никакого вреда, неслись камни, обломки зданий, металлические предметы разного рода; летела и какая-то несчастная корова, разбившаяся при ударе о землю. Ветер дул со страшной силой; он не мог даже приподнять голову, чтобы оглянуться вокруг.

— Непостижимо, — воскликнул он прерывающимся голосом. — Что случилось? Буря, что ли? Должно быть, я что-нибудь не так сделал.

Осмотревшись, насколько позволял ему ветер и развевавшиеся фалды пиджака, он продолжал:

— На небе-то, кажется, все в порядке. Вот и Луна. Ну, а все остальное... Где же город? Где дома и улицы? Откуда взялся ветер? Я не приказывал быть ветру.

Фотерингей попробовал встать на ноги, но это оказалось совершенно невозможным, и потому он

подвигался вперед на четвереньках, придерживаясь за камни и выступы почвы. Идти, впрочем, было некуда, так как, насколько можно было видеть из-под фалд пиджака, закинутых ветром на голову пресмыкающегося чудодея, все кругом представляло собою одну картину разрушения.

— Что-то такое во вселенной серьезно испортилось, — подумал он, — а что именно — неизвестно.

Действительно, испортилось. Ни домов, ни деревьев, ни каких-либо живых существ — ничего не было видно. Только бесформенные развалины да разнородные обломки валялись кругом, едва видные среди целого урагана пыли.

Виновник всего этого не понимал, конечно, в чем дело. А между тем оно объяснялось очень просто. Остановив Землю сразу, Фотерингей не подумал об инерции, а между тем она при внезапной остановке кругового движения неминуемо должна была сбросить с поверхности Земли все на ней находящееся. Вот почему дома, люди, деревья, животные — вообще все, что только не было неразрывно связано с главной массой земного шара, полетело по касательной к его поверхности со скоростью пули. А затем все это вновь падало на Землю, разбиваясь вдребезги.

Фотерингей понял, что чудо, им совершенное, не особенно удачно. А потому им овладело глубокое отвращение ко всяким чудесам, и он дал себе слово не творить их больше. Но прежде нужно было поправить беду, которую он наделал. Беда эта оказалась немалою. Буря свирепела, облака пыли закрыли Луну, и вдали слышен был шум приближающейся воды; Фотерингей видел при свете молнии целую

водяную стену, со страшной скоростью подвигавшуюся к тому месту, на котором он лежал. Он стал решительным.

— Стой! — вскричал он, обращаясь к воде. — Ни шагу далее!

Затем повторил то же распоряжение грому, молнии и ветру. Все затихло. Присев на корточки, он задумался.

— Как бы это опять не наделать какой-нибудь кутерьмы, — подумал он и затем сказал: — Во-первых, когда исполнится все, что я сейчас прикажу, пусть я потеряю способность творить чудеса и буду таким же, как обыкновенные люди. Не надо чудес. Слишком опасная игрушка. А во-вторых, пусть все будет по-старому: тот же город, те же люди, такие же дома, и я сам такой же, каким был тогда».

Письмо с самолета

Вообразите, что вы находитесь в самолете, который быстро летит над землей. Внизу — знакомые места. Сейчас вы пролетите над домом, где живет ваш приятель. «Хорошо бы послать ему привет», — мелькает у вас в уме. Быстро пишете вы несколько слов на листке записной книжки, привязываете записку к какому-либо тяжелому предмету, который мы в дальнейшем будем называть «груз», и, выждав момент, когда дом оказывается как раз под вами, выпускаете груз из рук.

Вы в полной уверенности, конечно, что груз упадет в сад у дома. Однако он падает вовсе не туда, хотя сад и дом расположены прямо под вами!

Следя за его падением с самолета, вы увидели бы странное явление: груз опускается вниз, но в то же время *продолжает оставаться под самолетом*, словно скользя по привязанной к нему невидимой нити. И когда груз достигнет земли, он будет находиться далеко впереди того места, которое вы наметили.

Здесь проявляется тот же закон инерции, который мешает воспользоваться соблазнительным советом путешествовать по способу Бержерака. Пока груз был в самолете, он двигался вместе с машиной. Вы отпустили его. Но, отделившись от самолета и падая вниз, груз не утрачивает своей первоначальной скорости, а, падая, продолжает в то же время совершать движения в воздухе в прежнем направлении.

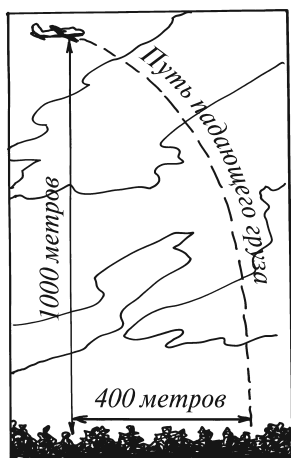


Рис. 2. Груз, брошенный с летящего самолета, падает не отвесно, а по кривой

Оба движения, отвесное и горизонтальное, складываются, и в результате груз летит вниз по кривой линии, оставаясь все время под самолетом (если, конечно, сам самолет не изменяет направления или скорости полета). Груз летит, в сущности, так же, как летит горизонтально брошенное тело, например пуля, выброшенная из горизонтально направленного ружья: тело описывает дугообразный путь, оканчивающийся в конце концов на земле.

Заметим, что все сказанное здесь было бы совершенно верно, если бы не было сопротивления воздуха. На самом деле это сопротивление тормозит и вертикальное и горизонтальное перемещение груза, вследствие чего груз не остается все время прямо под самолетом, а несколько отстает от него.

Уклонение от отвесной линии может быть очень значительно, если самолет летит высоко и с большой скоростью. В безветренную погоду груз, падающий с самолета, который на высоте 1000 м летит со скоростью 100 км в час, упадет метров на 400 впереди места, лежащего отвесно под самолетом (рис. 2).

Расчет (если пренебречь сопротивлением воздуха) несложен. Из формулы для пути при равномерно ускоренном движении $S = gt^2/2$ мы получим, что

$t = \sqrt{2S/g}$. Значит, с высоты 1000 м камень должен падать в течение $\sqrt{\frac{2 \times 1000}{9,8}}$, т.е. 14 с. За это время он

успеет переместиться в горизонтальном направлении на

$$\frac{100\,000}{3600} \times 14 = 390 \text{ м.}$$

Бомбометание

После сказанного становится ясным, как трудна задача военного летчика, которому поручено сбросить бомбу на определенное место: ему приходится принимать в расчет и скорость самолета, и влияние воздуха на падающее тело, и, кроме того, еще скорость ветра. На рис. 3 схематически представлены

различные пути, описываемые сброшенной бомбой при тех или иных условиях. Если ветра нет, сброшенная бомба летит по кривой AF ; почему так — мы объяснили выше. При попутном ветре бомбу относит вперед и она движется по кривой AG . При встречном ветре умеренной силы бомба падает по кривой AD , если ветер вверх и вниз одинаков; если же, как часто бывает, ветер вниз имеет направление, противоположное верхнему ветру (наверху — встречный, внизу — попутный), кривая падения изменяет свой вид и принимает форму линии AE .

Безостановочная железная дорога

Когда вы стоите на неподвижной платформе вокзала и мимо нее проносится курьерский поезд, то вскочить в вагон на ходу, конечно, мудрено. Но представьте себе, что и платформа под вами тоже движется, притом с такою же скоростью и в ту же сторону, как и поезд. Трудно ли будет вам тогда войти в вагон?

Нисколько: вы войдете так же спокойно, как если бы вагон стоял неподвижно. Раз и вы и поезд движетесь в одну сторону с одинаковой скоростью, то по отношению к вам поезд находится в полном покое. Правда, колеса его вращаются, но вам будет казаться, что они вертятся на месте. Строго говоря, все те предметы, которые мы обычно считаем неподвижными, — например, поезд, стоящий у вокзала, — движутся вместе с нами вокруг оси земного шара и вокруг Солнца; однако практически мы можем не учитывать это движение, так как оно нам нисколько не мешает.

Следовательно, вполне мыслимо устроить так, чтобы поезд, проходя мимо станций, принимал и высаживал пассажиров на полном ходу, не останавливаясь. Приспособления такого рода нередко устраиваются на выставках, чтобы дать публике возможность быстро и удобно осматривать их достопримечательности, раскинутые на обширном пространстве. Крайние пункты выставочной площади, словно бесконечной лентой, соединяются железной дорогой; пассажиры могут в любой момент и в любом месте войти в вагоны и выходить из них на полном ходу поезда.

Это любопытное устройство показано на прилагаемых рисунках. На рис. 4 буквами А и В отмечены крайние станции. На каждой станции помещается круглая неподвижная площадка, окруженная большим вращающимся кольцеобразным диском. Вокруг вращающихся дисков обеих станций обходит канат, к которому прицеплены вагоны. Теперь последите, что происходит при вращении диска. Вагоны бегут вокруг дисков с такою же скоростью, с какою вращаются их внешние края; следовательно

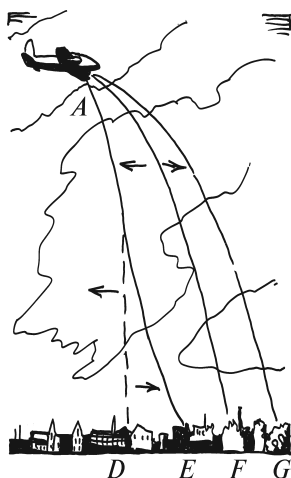


Рис. 3. Путь, по которому падают бомбы, сброшенные с аэроплана: AF — в безветренную погоду; AG — при попутном ветре; AD — при встречном ветре; AE — при ветре, встречном вверху и попутном внизу

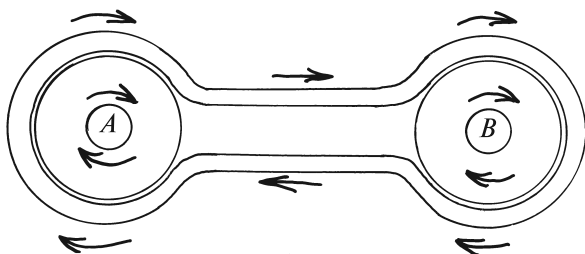


Рис. 4. Схема устройства безостановочной железной дороги между станциями *А* и *В*. Устройство станции показано на следующем рисунке

но, пассажиры без малейшей опасности могут переходить с дисков в вагоны или, наоборот, покидать поезд. Выйдя из вагона, пассажир идет по вращающемуся диску к центру круга, пока не дойдет до неподвижной площадки; а перейти с внутреннего края подвижного диска на неподвижную площадку уже нетрудно, так как здесь, при малом радиусе круга, весьма мала и окружная скорость¹. Достигнув внутренней неподвижной площадки, пассажиру остается лишь перебраться по мостику на землю вне железной дороги (рис. 5).

Отсутствие частых остановок дает огромный выигрыш во времени и затрате энергии. В городских трамваях, например, большая часть времени и почти две трети всей энергии тратится на постепен-

¹ Легко понять, что точки внутреннего края движутся значительно медленнее, нежели точки наружного края, так как в одно и то же время описывают гораздо меньший круговой путь.



Рис. 5. Станция безостановочной железной дороги

ное ускорение движения при отходе со станции и на замедление при остановках¹.

На станциях железных дорог можно было бы обойтись даже без специальных подвижных платформ, чтобы принимать и высаживать пассажиров на полном ходу поезда. Вообразите, что мимо обыкновенной неподвижной станции проносится курьерский поезд; мы желаем, чтобы он, не останавливаясь, принял здесь новых пассажиров. Пусть же эти пассажиры займут пока места в другом поезде, стоящем на запасном параллельном пути, и пусть этот поезд начнет двигаться вперед, развивая ту же скорость, что и курьерский. Когда оба поезда

¹ Потеря энергии на торможение может быть избегнута, если при торможении переключать электромоторы вагона таким образом, чтобы они работали как динамо-машины, возвращая ток в сеть. В Шарлоттенбурге (предместье Берлина) благодаря этому расход энергии на трамвайное движение удалось снизить на 30%. [Этот прием получил широкое распространение на электрифицированной трассе Владивосток — Москва. (Прим. ред.)]

окажутся рядом, они будут неподвижны один относительно другого: достаточно перекинуть мостки, которые соединяли бы вагоны обоих поездов, — и пассажиры вспомогательного поезда смогут спокойно перейти в курьерский. Остановки на станциях сделаются, как видите, излишними.

Движущиеся тротуары

На принципе относительности движения основано и другое приспособление, применявшееся до сих пор только на выставках: так называемые «движущиеся тротуары». Впервые они были осуществлены на выставке в Чикаго в 1893 г., затем на Парижской Всемирной выставке в 1900 г. Вот чертеж такого устройства (рис. 6). Вы видите пять замкнутых полос-тротуаров, движущихся посредством особого механизма одна внутри другой с различной скоростью.

Самая крайняя полоса идет довольно медленно — со скоростью всего 5 км в час; это обыкновенная скорость пешехода, и вступить на такую



Рис. 6. Движущиеся тротуары

медленно ползущую полосу нетрудно. Рядом с ней, внутри, бежит вторая полоса, со скоростью 10 км в час. Вскочить на нее прямо с неподвижной улицы было бы опасно, но перейти на нее с первой полосы ничего не стоит. В самом деле: по отношению к этой первой полосе, ползущей со скоростью 5 км, вторая, бегущая со скоростью 10 км/час, делает всего только 5 км/час; значит, перейти с первой на вторую столь же легко, как перейти с земли на первую. Третья полоса движется уже со скоростью 15 км/час, но перейти на нее со второй полосы, конечно, нетрудно. Так же легко перейти с третьей полосы на следующую, четвертую, бегущую со скоростью 20 км/ч, и, наконец, с нее на пятую, мчащуюся уже со скоростью 25 км в час. Эта пятая полоса доставляет пассажира до того пункта, который ему нужен; отсюда, последовательно переходя обратно с полосы на полосу, он высаживается на неподвижную землю.

Трудный закон

Ни один из трех основных законов механики не вызывает, вероятно, столько недоумений, как знаменитый «третий закон Ньютона» — закон действия и противодействия. Все его знают, умеют даже в иных случаях правильно применять, — и однако мало кто свободен от некоторых неясностей в его понимании. Может быть, читатель, вам посчастливилось сразу понять его, — но я, сознаюсь, вполне постиг его лишь десяток лет спустя после первого с ним знакомства.

Беседуя с разными лицами, я не раз убеждался, что большинство готово признать правильность

этого закона лишь с существенными оговорками. Охотно допускают, что он верен для тел неподвижных, но не понимают, как можно применять его к взаимодействию тел движущихся... Действие, — гласит закон, — всегда равно и противоположно противодействию. Это значит, что если лошадь тянет телегу, то и телега тянет лошадь назад с такою же силою. Но ведь тогда телега должна оставаться на месте: почему же все-таки она движется? Почему эти силы не уравнивают одна другую, если они равны?

Таковы обычные недоумения, связанные с этим законом. Значит, закон неверен? Нет, он безусловно верен; мы только неправильно понимаем его. Силы не уравнивают друг друга просто потому, что приложены к разным телам: одна — к телеге, другая — к лошади. Силы равны, да, — но разве одинаковые силы всегда производят одинаковые действия? Разве равные силы сообщают всем телам равные ускорения? Разве действие силы на тело не зависит от тела, от величины того «сопротивления», которое само тело оказывает силе?

Если подумать об этом, станет ясно, почему лошадь увлекает телегу, хотя телега тянет ее обратно с такой же силой. Сила, действующая на телегу, и сила, действующая на лошадь, в каждый момент равны; но так как телега свободно перемещается на колесах, а лошадь упирается в землю, то понятно, почему телега катится в сторону лошади. Подумайте и о том, что если бы телега не оказывала противодействия движущей силе лошади, то... можно было бы обойтись и без лошади: самая слабая сила должна была бы привести телегу в движение. Лошадь затем и

нужна, чтобы преодолевать противодействие телеги.

Все это усваивалось бы лучше и порождало бы меньше недоумений, если бы закон высказывался не в обычной краткой форме: «действие равно противодействию», а, например, так: «сила противодействующая равна силе действующей». Ведь равны здесь только силы, — действия же (если понимать, как обычно понимают, под «действием силы» перемещение тела) обыкновенно различны, потому что силы приложены к разным телам.

Точно так же, когда полярные льды сдавливали корпус «Челюскина», его борта давили на лед с равною силою. Катастрофа произошла оттого, что мощный лед оказался способным выдержать такой напор, не разрушаясь; корпус же судна, хотя и стальной, но не представляющий собою сплошного тела, поддался этой силе, был смят и раздавлен. (Подробнее о физических причинах гибели «Челюскина» рассказано далее, в *главе второй*, «Физическая причина катастрофы «Челюскина».)

Даже падение тел строго подчиняется закону противодействия. Яблоко падает на Землю оттого, что его притягивает земной шар; но *точно с такой же силой и яблоко притягивает к себе всю нашу планету*. Строго говоря, яблоко и Земля падают друг на друга, но скорость этого падения различна для яблока и для Земли. Равные силы взаимного притяжения сообщают яблоку ускорение 10 м/с^2 , а земному шару — во столько же раз меньшее, во сколько раз масса Земли превышает массу яблока. Конечно, масса земного шара в неимоверное число раз больше массы яблока, и потому Земля получает переме-

шение настолько ничтожное, что практически его можно считать равным нулю. Оттого-то мы и говорим, что яблоко падает на Землю, вместо того чтобы сказать: «яблоко и Земля падают друг на друга»¹.

Отчего погиб Святогор-богатырь?

Помните народную былинку о Святогоре-богатыре, который вздумал поднять Землю? Архимед, если верить преданию, тоже готов был совершить такой же подвиг и требовал точки опоры для своего рычага. Но Святогор был силен и без рычага. Он искал лишь, за что ухватиться, к чему приложить богатырские руки. «Как бы я тяги нашел, так бы всю Землю поднял!» Случай представился: богатырь нашел на земле «сумочку переметную», которая «не скрянется, не сворохнется, не подыметя».

Слезает Святогор с добра коня,
Ухватил он сумочку обема руками,
Поднял сумочку повыше колен:
И по колена Святогор в землю угрыз,
А по белу лицу не слезы, а кровь течет.
Где Святогор угрыз, тут и встать не мог.
Тут и ему было кончение.

Если бы Святогору был известен закон действия и противодействия, он сообразил бы, что богатырская сила его, приложенная к земле, вызовет рав-

¹ О законе противодействия см. также мою «Занимательную механику» (глава первая).

ную, а следовательно, столь же колоссальную противодействующую силу, которая может втянуть его самого в землю.

Во всяком случае, из былины видно, что народная наблюдательность давно подметила противодействие, оказываемое землей, когда на нее опираются. Люди бессознательно применяли закон противодействия за тысячелетия до того, как Ньютон впервые провозгласил его в своей бессмертной книге «Математические основы натуральной философии» (т.е. физики).

Можно ли двигаться без опоры?

При ходьбе мы отталкиваемся ногами от земли или от пола; по очень гладкому полу или по льду, от которого нога не может оттолкнуться, ходить нельзя. Паровоз при движении отталкивается «ведущими» колесами от рельсов: если рельсы смазать маслом, паровоз останется на месте. Иногда даже (в гололедицу) для того, чтобы сдвинуть поезд с места, рельсы перед ведущими колесами паровоза посыпают песком из специального приспособления. Когда колеса и рельсы (на заре железных дорог) делали зубчатыми, исходили именно из того, что колеса должны отталкиваться от рельсов. Пароход отталкивается от воды лопастями бортового колеса или гребного винта. Самолет отталкивается от воздуха также при помощи винта — пропеллера. Словом, в какой бы среде ни двигался предмет, он опирается на нее при своем перемещении. Но может ли тело начать двигаться, не имея никакой опоры вне себя?