

## Тяжесть и жизнь

### Старое и новое о тяготении и весе

Научная беседа *К. Э. Циолковского*

Рано или поздно человек, или его потомство, одолеет силу земного притяжения и поселится вне Земли, может-быть, вне планет. Он устроит себе жилище в мировом пространстве, где тяжести, как нам покажется, нет. Люди замечать ее, по крайней мере, не будут. Отсутствие малейшей относительной тяжести, беспредельный простор, обнаженные небеса, свобода передвижения во все стороны, непрерывный жгучий солнечный свет — как все это почувствует человек, новый и преобразованный житель мирового пространства?

Правда, сила тяготения останется, так как и малые тела взаимно притягиваются. Но мы пока пренебрежем этим притяжением, как величиною незаметно малою. Лучи, исходящие от всех темных, светлых или освещенных предметов, так же будут их отталкивать, как лучи солнца будут отталкивать те же предметы от солнца. Но и эта сила чрезвычайно мала. Пренебрежем и другими обыкновенно малыми силами, каковы электрические, магнитные.

Переход от среды тяжести к полному ее отсутствию так резок, что мы предпочитаем прежде описать явления уменьшенной тяжести. Положим, напр., что тяжесть уменьшилась вдвое против земной. Это случится на планете такой же плотности, как Земля, но с поперечником в два раза меньшим (6400 километров). Такая воображаемая планета будет похожа на Марс или, вернее, на Меркурий: на нем тяжесть почти вдвое меньше, чем на Земле.

#### I. При тяжести, ослабленной вдвое

Итак, мы находимся на этой планете, но при условиях таких же, что и на Земле, за исключением лишь уменьшенной тяжести. Я вешу 60 килограммов, но здесь я буду вдвое легче: во мне только 30 кило. Обнаружить это можно лишь на пружинных весах; на обыкновенных рычажных во мне окажется попрежнему 60 кило, потому что хотя я и стал вдвое легче, но и гири точно также стали легче. Здесь мне легче стоять, сидеть и лежать; всякая поза облегчается вдвое. При сидении я менее приминаю кресло и менее вдавливаю пружины; при стоянии — менее погружаю ноги в грязь, менее вдавливаю в землю, приминаю ковер, траву, снег, менее гну пол и изгибаю доски своею

тяжестью. При лежании я не так сильно погружаюсь в перину и подушки. При лазаньи по деревьям — не ломаю своим весом суков, которые ломал прежде. Мне теперь вдвое легче ходить, не так утомляет стояние. Мне вдвое легче подниматься на горы, по лестнице, лазить на деревья, совершать гимнастические упражнения, например, взбираться по канату, притягиваться на трапеции и т. д. Мне легче поднимать свои собственные руки и ноги. Легче поднимать грузы. Мои протянутые руки удерживают на Земле, положим, груз в 15 килограммов (менее пуда); здесь же руки и груз могут быть, при том же усилии мускулов, вдвое массивнее. Руки я не могу сделать массивнее, но массу могу взять вдвое большую — даже слишком, если принять во внимание облегчение тяжести рук. Итак, любой член может поднимать и держать массы в два слишком раза большие, чем на Земле. На ней я мог в молодости держать двоих людей такой же массы, как я сам; мог даже медленными шагами нести их в руках; значит, при обычной тяжести я поднимал, считая самого себя, троих. Теперь я могу нести массу вдвое большую, т. е. я могу поднимать шестерых, считая и самого себя; без меня же самого это будет 5 человек, т. е. понесу в  $2\frac{1}{2}$  раза больше людей.

Горы, дома, деревья, башни, стены, столбы, цветы — при той же прочности основания — могут быть вдвое выше, так как они станут вдвое легче. Напр., горы на Земле могли бы доходить до 20 километров высоты. Если человек присядет, пригнется, а потом с возможною силой сразу распрямится, то подпрыгнет на некоторую высоту, в зависимости от силы мускулов и сделанного напряжения. При прыжке можно поджать ноги на 60 сантиметров и перепрыгнуть через веревку или предмет высотой в 1 метр. Теперь, при уменьшенной тяжести, тело поднимется уже на 2 метра высоты.

Во время бега шаги будут вдвое длиннее, а скорость бега увеличится, по крайней мере, в два раза. При разбеге прыжок и в длину, и в высоту удваивается. Если при обычной тяжести мы перепрыгиваем ров в 3 метра шириною, то тут перепрыгиваем ров шириною в 6 метров. Если на Земле с разбега перепрыгнем забор высотой в два метра, то тут — в 4 метра. Можно вести телегу вдвое более массивную, вдвое более нагруженную. А ту же массу есть возможность без напряжения везти вдвое скорее.

На земле я ушибаюсь, если падаю с высоты более двух метров. Тут я ушибаюсь, падая с высоты более 4 метров. Брошенный на высоту пяти метров камень летит туда и обратно не 2 секунды, как на Земле, а четыре. Пули, ядра, стрелы летят вдвое дальше, поднимаются вдвое выше и находятся в воздухе вдвое дольше.

Маятник качается в 1,4 раза медленнее, чем на Земле; часы с обычным маятником сильно отстают; чтобы исправить их, надо зем-

ной маятник укоротить вдвое. Падающие капли вдвое крупнее и в 8 раз массивнее. Морские волны вдвое выше, длиннее и движутся ленивее, чем на Земле. Плавать тут вдвое легче; летать — тоже. Локомотив и автомобиль могут двигаться вдвое скорее, если не считать сопротивления воздуха. А при той же скорости они затрачивают вдвое меньше работы в секунду. Плот, пароход, лодка и всякое судно погружаются на ту же глубину и при одной затрате энергии идут с такою же скоростью, как на Земле, но больше выплывают из воды. Рыбы, подводные лодки и дирижабли не увеличивают здесь скорости своего самостоятельного движения или свою подъемную способность (т. е. поднятую массу) в зависимости от уменьшения силы тяжести. Но зато птицам, насекомым, аэропланам и другим динамическим аппаратам не приходится затрачивать такой ужасающей работы, как на Земле. Барометр стоит на той же высоте, потому что не только ртуть, но и атмосфера стала вдвое легче. Но плотность атмосферы, конечно, станет вдвое меньше, и тогда ртуть понизится вдвое. (Предыдущие выводы о полете динамических приборов и дирижаблей предполагают ту же плотность воздуха или вдвое большую массу атмосферы).

Человек и животные во время дневных работ менее утомляются силою тяжести; постели кажутся им вдвое мягче, чем на Земле. Легкие тела, погруженные в жидкости или газы, выталкиваются из них с меньшею силою, чем на Земле. Но закон Архимеда соблюдается, несмотря ни на какое уменьшение тяжести, лишь бы она не исчезла совсем.

Всякое животное может быть тут вдвое выше и толще и в 8 раз массивнее, может иметь и каждый орган, — напр., мозг, — в 8 раз больше, в 4 раза тяжелее; при этом оно будет себя чувствовать так же легко, как на Земле.

## 2. Тяжесть вдесятеро слабее

Теперь положим, что наша планета, плотности Земли, имеет диаметр в 1270 километров. Тяжесть на ней в 10 раз меньше. Существуют планетные спутники такого размера; астероиды — меньше, Луна больше, да и тяжесть на ней больше. Два спутника Юпитера больше Луны, а два — близки к ней по размерам; тяжесть на них меньше лунной и близка к  $\frac{1}{10}$ , так как плотность их меньше лунной. Спутник Сатурна, Рея, именно такого размера, как наша воображаемая планета, но тяжесть там гораздо меньше вследствие малой плотности.

Итак, на нашей планетке тяжесть в 10 раз меньше земной. Здесь стоять, лежать и т. д. будет в 10 раз легче, чем на Земле.

Горы и здания могут быть в 10 раз выше. Горы со свойствами земных могли бы достигать высоты 90 километров. Грузы я буду поднимать в 10 раз большие. Морские волны в 10 раз длиннее и выше. А так как на Земле они достигают высоты 10 метров, то тут достигнут высоты 100 метров (при тех же условиях). Диаметр капель будет в 10 раз больше, а масса их в 1000 раз; величиною они будут с лимон! Маятник качается слишком в 3 раза медленнее. Секундный маятник в 10 раз короче, т.-е. в палец длиною (10 см). Прыжок поднимает человека на 10 метров высоты, а слабосильного, который едва передвигает ноги,—на 4 метра. Хороший прыжок позволяет перелетать через высокие здания и рвы шириною в 30 метров. Таков прыжок без разбега; с разбегом он будет гораздо больше. Здесь можно бежать в 10 раз быстрее и, значит, перепрыгнуть, можно через овраг шириною в 300 метров; у Калуги Ока уже,— стало-быть, можно было бы перепрыгивать через нее с берега на берег. Механика показывает, что наибольший горизонтальный прыжок получается при наклоне его к горизонту на  $45^\circ$ . Тогда продольное перемещение окажется больше подъема в высоту ровно в 4 раза. Во всех описанных случаях мы пренебрегаем сопротивлением воздуха или предполагаем его очень разреженным. (Во время прыжка средней силы человек может находиться в воздухе 10 секунд). Легко бежать на Земле со скоростью 5 метров в секунду, а здесь — со скоростью 20—50 метров, так что с разбега, в течение подъема, возможно пролететь горизонтально от 200 до 500 метров: многие реки в России меньшей ширины! Все эти 10 секунд полета человек как бы находится в состоянии отсутствия тяготения и может наблюдать все явления, свойственные этому состоянию. Какие акробатические штуки успеют проделать гимнасты в течение этого полета!

Можно безопасно свергаться с десятисаженных колоколен, при чем полет будет продолжаться в 10 раз дольше, чем на Земле. Так, с башни, высотой в  $12\frac{1}{2}$  метров, человек и всякое другое тело будут падать 5 секунд; камень, брошенный вверх, будет лететь 10 секунд, прежде чем возвратится с вершины башни на почву. Плавать будет в 10 раз легче, т.-е. не двигаться в воде, а поддерживать себя в воде, не утопая. В самом деле, давление рук и ног на воду, при их движении, может быть в 10 раз слабее, а скорость — в три с лишком раза медленнее, так что работа плавающего будет в 30 раз меньше. Но морские животные, дирижабли, подводные лодки и обыкновенные пароходы ничего не выиграют при своем поступательном движении, если плотность среды останется та же, и если они не будут выдвигаться из воды на воздух или из воздуха в среду более разреженную (или в пустоту).

### 3. Тяжесть в сто раз слабее

Замечательное влияние имеет сила тяготения на форму планет. Если, напр., диаметр планеты уменьшился в 10 раз, то отклонения от шаровидной формы могут возрасти в 100 раз. Так, если на Земле отклонения могут достигать 9 километров или 0,07% поперечника, то на планете в 10 раз меньшей, или с диаметром в 1270 километров они могут достигнуть 7%. Значит, горы по отношению к диаметру могут быть в 100 раз выше, чем на Земле. Если планета будет иметь поперечник и тяжесть в 100 раз меньше, т.-е. диаметр в 127 километров, то отклонения будут в 700%. На самом деле они будут еще больше, так как тяжесть быстро убывает с удалением от центра планеты. Даже при гораздо больших размерах, чем 127 километров, планета уже может иметь не-шарообразную, даже произвольно удлинненную форму: вид куба, цилиндра, конуса, полушара, пирамиды, палки, длинной жерди и т. д. Можно показать вычислением, что при диаметре планеты в 600 км форма ее уже совершенно произвольна (предполагая свойства материала высочайших земных гор).

Итак, вообразим планету с поперечником в 100 раз меньшим, чем Земля. Ее диаметр, при той же плотности, будет иметь 127 километров. Таковы по размерам многие астероиды нашей солнечной системы и некоторые спутники. Но плотность астероидов вдвое меньше, чем плотность Земли — иных даже в 5 раз, и потому размеры планет можем взять в 2—5 раз больше, т.-е. от 254 до 635 километров, и на них тяжесть окажется раз во 100 меньше земной.

Все описанные раньше явления на них во сто раз эффектнее, чем на Земле. Нагруженную телегу везти в 100 раз легче, легко поднимать до 300 человек сразу. Один человек может нести кошелку со ста людьми столь же свободно, как ходить по Земле без всякого груза. Брошенные тела летят в 100 раз выше, дальше и продолжают свой полет во 100 раз дольше; обыкновенный прыжок кверху или в бок продолжается более минуты. Человек перепрыгивает без разбега реки в 300 метров ширины и холмы во 100 метров высоты. А разбег позволяет перелетать через проливы шириною до 10 и более километров. Секундный маятник окажется короче во 100 раз, т.-е. длиною в 1 сантиметр. Часы с обыкновенным маятником идут в 10 раз медленнее, чем на Земле; чтобы исправить их, надо маятник укоротить во 100 раз. Падающие капли — в арбуз величиною. Поезда могут тратить на свое передвижение с тою же скоростью, как у нас, в 100 раз меньше работы или двигаться, при той же затрате энергии в 100 раз быстрее (если не считать сопротивления воздуха). А великан в 100 раз выше человека, в 10.000 раз сильнее, в миллион раз массивнее, с мозгами в миллион раз объемистее — двигается тут так же легко, как люди на Земле.

#### 4. Тяжесть слабее в 1000 раз

Вообразим планету в 1000 раз меньше размером, чем Земля, но той же плотности; ее поперечник 13 километров. Тяжесть на ней будет в 1000 раз меньше, чем на Земле. Таких планет должно быть много между астероидами, но их очень трудно видеть. Действительно, астрономы едва разглядывают спутников Марса, при ближайшем расстоянии их в 50—60 миллионов километров. Астероиды же в 4 раза дальше и освещены Солнцем в 4 раза слабее, так что их видимость в 64 раза слабее; чтобы был видим астероид величиною с спутника Марса (имеющего 10 километров в поперечнике), он должен иметь размер в 80 километров; фотография открывает их при диаметре в 30 километров и даже менее. При плотности воды, диаметр планеты, с тяжестью в одну тысячную земной, будет 66 километров, а при плотности дерева — 100—120 километров. Такая планета имеет поверхность в миллион десятин. Тут тяжесть почти не замечается, — по крайней мере, в доме или в самой огромной зале: в них можно летать во всех направлениях, не замечая притяжения планетки. Прыжок вне дома поднимает человека на тысячу метров высоты. Значит, если зала будет иметь потолок на высоте одного километра, человек допрыгнет туда без особенного напряжения. Все брошенные в таком грандиозном зале тела летят почти по прямым линиям — словно тяжести вовсе нет. Я поджимаю ноги, стоя на полу, — но не падаю, а остаюсь в пространстве без поддержки и опоры, как рыба. Чтобы упасть на пол с поднятыми на 50 сантиметров ногами, надо дожидаться 10 секунд. В первую секунду всякое неподпертое и неподвешенное тело проходит тут только полсантиметра, в 2 секунды — 2 см, в 3 секунды —  $4\frac{1}{2}$  см, в 5 секунд —  $12\frac{1}{2}$  см, в 10 секунд — 50 см. Ходить почти невозможно, потому что первый же шаг уносит существа в воздух и бросает о потолок или стену. Мускульные силы человека или подобного ему по силе существа так велики, что тяжесть на протяжении комнатных размеров или в применении к обычным грузам почти не замечается. Разумеется, если вы хотите поднять вагон в 10 тонн (600 пудов) весом, перепрыгнуть через р. Амазонку или вскочить сразу на двухверстную вершину, то тяжесть даст вам себя чувствовать. Так, для поднятия вагона надо сделать такое усилие, как на Земле при поднятии 10 килограммов (24 фунтов). При попытке впрыгнуть на Монблан вы долетите только до  $\frac{1}{4}$  высоты горы и затем будете падать обратно, не достигнув своей цели. Через реку в 3 километра ширины вы, пожалуй, перепрыгнете (без разбега), но опишете дугу и упадете на противоположном берегу. Тяжесть, значит, ясно скажется.

Великаны тут свободно двигаются при росте в 2 версты. Если же они имеют в высоту только 1 версту, то сравнительно с человеком (при подобном же устройстве) прыгают втрое выше жителей Земли, — если иметь в виду прыжок, отнесенный к росту, движение относительное.

### 5. Тяжесть слабее в 10.000 и более раз

На планетке с диаметром в 1,3 километра, или в 1.270 метров, тяжесть еще в 10 раз меньше. Между астероидами таких тел, конечно, много, но они не могут быть видимы по своим малым размерам даже в самые могущественные телескопы.

Тут тяжесть мы будем замечать еще меньше. Тогда для нас, пожалуй, будут нипочем самые высокие земные горы и самые широкие реки. В обыденной комнатной жизни эту слабую тяжесть можно было бы обнаружить лишь при известном терпении и научной наблюдательности. На практике на эту слабую силу мы столь же мало обращали бы внимания, как на расширение тел от нагревания и тому подобные явления, которые были подмечены и изучены только учеными.

Прыжки на такой маленькой планете еще усиливаются благодаря уменьшению силы тяжести с удалением от центра планеты. Действительно, и при неослабевающей тяжести тут прыжок поднимает человека на 10 верст. Но на этом расстоянии тяжесть будет в 300 раз меньше, чем у самой поверхности планеты. Если вы на Земле подпрыгиваете только на 6 сантиметров, то здесь этого достаточно для полного удаления от планеты. На ней безопасны лишь самые деликатные движения; движение неосторожное разлучает планету с вами навеки, вы осуждены будете на вечное скитание в пределах солнечной системы. Надо ограждать, во избежание „самопотери“, сеть, решеткой, стенами, веревкой и т. п. средствами.

Если на планете с таким поперечником тяжесть по отношению к мускульным силам человека почти незаметна, то тем более незаметна она на астероидах с меньшим диаметром или меньшей плотностью их вещества. Но все же при громадных массах тяжесть их неодолима и на такой планете: напр., серебряный куб с ребром в 100 метров и, следовательно, с массой в десять миллионов тонн, человек не поднимет. При попытке поднимать такой куб или отделить его от планеты человек должен употребить усилие, как при поднятии тысячи тонн на Земле. Конечно, такого напряжения он дать не в силах, и тяжесть ясно скажется. Даже если серебряный куб будет иметь в ребре 10 метров, то и тогда его масса будет 10 тысяч тонн, а усилие, потребленное для его поднятия,

окажется в 1 тонну (60 пудов), что также непосильно. Такого куба человек даже не сдвинет, т.-е. не одолеет его трения о почву, если он не поставлен на колеса.

Для планеты в 127 метров, шарообразной формы и плотности Земли, притяжение у поверхности в сто тысяч раз меньше, чем земное. Серебряный куб в 10 метров высоты тут весит 100 килограммов, или 6 пудов. Такую тяжесть может одолеть человек, хотя и с большим трудом. Здесь могут еще быть грузы, для людей неодолимые. Но уменьшим размеры планеты еще в 10 раз, т.-е. всего в миллион раз: такой астероид, или болид, будет иметь в поперечнике всего 12,7 метра (6 сажен). Куб в 10 метров будет близок по массе самой планете; допустим, что он есть на планете или принесен извне. Верхние части куба будут на таком расстоянии от центра планеты, где сила ее тяготения уменьшается в 7 раз. Таким образом серебряный куб будет весить несравненно меньше, чем 10 килограммов (24 фунта) на Земле. На такой планете, словом, все грузы легко одолимы мускульною силою даже слабого человека, если, конечно, они не превышают массы самой планеты во много раз.

### 6. Тяжесть сильнее земной

Теперь представим себе, что тяжесть увеличилась в два раза. Тогда человек и другие крупные животные едва волочились бы по земле. Не было бы избытка сил, с помощью которого животные резво бегают, прыгают, поднимают грузы, работают. Чтобы получилась прежняя резвость, нужно при соблюдении пропорциональности в устройстве тела уменьшить рост вдвое. Тогда человек имел бы высоту менее одного метра, т.-е. его рост был бы равен росту трехлетнего ребенка. Мозг имел бы объем в 8 раз меньше. Умственные силы, в особенности память, представление о прошедшем и будущем, научный багаж, должны бы заметно ослабеть. Человек, очевидно, должен был бы проиграть от этого. Абсолютная мускульная сила уменьшилась бы в 4 раза так же, как и работоспособность.

На малых сухопутных животных, в особенности на насекомых, увеличение тяжести имело бы тем менее вредное влияние, чем они сами меньше. На водных существах это влияние было бы почти незаметно, независимо от их размеров, так как в воде вес парализуется противодействием жидкости.

Увеличение тяжести в 10 раз уменьшило бы высоту крупных животных и высоких растений в 10 раз. При соблюдении подобия, вес их уменьшился бы в 1000 раз, а сила — в 100 раз. Мозг человека стал бы по массе в 1000 раз меньше. Соответственно этому были бы и его умственные силы. Слабость их лишила бы его возможно-

сти познавать мир и быть сознательным существом. Он опустился бы до интеллекта мышей, пресмыкающихся или крупных насекомых. Тогда преобладание в земном мире получили бы, вероятно, водные существа, размеры которых, как и объем их мозга, в уравновешенной среде почти неограничены. Выходить на сушу и приспособляться к ней могли бы только пигмеи водного мира.

Но можно вообразить, что борьба с тяжестью могла путем естественного подбора создать у наземных животных более крепкие материалы для костей, мускулов, кожи и т. д. Если бы, напр., они сделались вдвое крепче, то рост мог бы также увеличиться вдвое. При увеличении силы мускулов, на единицу их сечения, в 10 раз, рост животных мог бы увеличиться в 10 же раз, а объем мозга — в тысячу. Но крепость костей и кожи у всех животных (на единицу площади сечения) почти одинакова; также и сила мускулов. Едва ли они могли бы возрасти в 10 раз. Если достигается больший рост у массивных животных, то только непропорциональным утолщением костей, мускулов и кожи. Для человека это мало возможно, но для маленьких существ исполнимо, так как их внутренний скелет или внешняя опора (оболочка насекомых) тонка, хрящевата и составляет ничтожную часть массы всего тела.

Словом, тяжесть должна произвести на животный и растительный мир, а также и на неорганический — на горы, здания и другие искусственные сооружения, — угнетающее влияние. Ее большая величина едва ли могла бы дать высокую культуру в мало плотных атмосферах, какова земная. Только в очень сгущенных газах или жидкостях она не помешала бы развитию мозга. Значит, где большая тяжесть, там культура могла бы возникнуть только в океанах или плотных атмосферах, уравновешивающих тяжесть. Но здесь высшей эволюции препятствует огромное сопротивление среды, мешающее быстрому передвижению животных и предметов культуры. Важнее же всего — невозможность техники, т. е. получения огня, высоких температур, вследствие охлаждающего влияния плотной и теплоемкой среды.

Мы видим, следовательно, в какой тесной и нередко неожиданной связи с жизнью природы находится такой на первый взгляд мало-важный фактор, как величина силы притяжения. Мы, конечно, все знаем, что тяжесть сама по себе обуславливает огромное множество явлений, но редко задумываемся над тем, какие существенные изменения в нас самих и в окружающем нас мире возникли бы при изменении величины этого фактора.