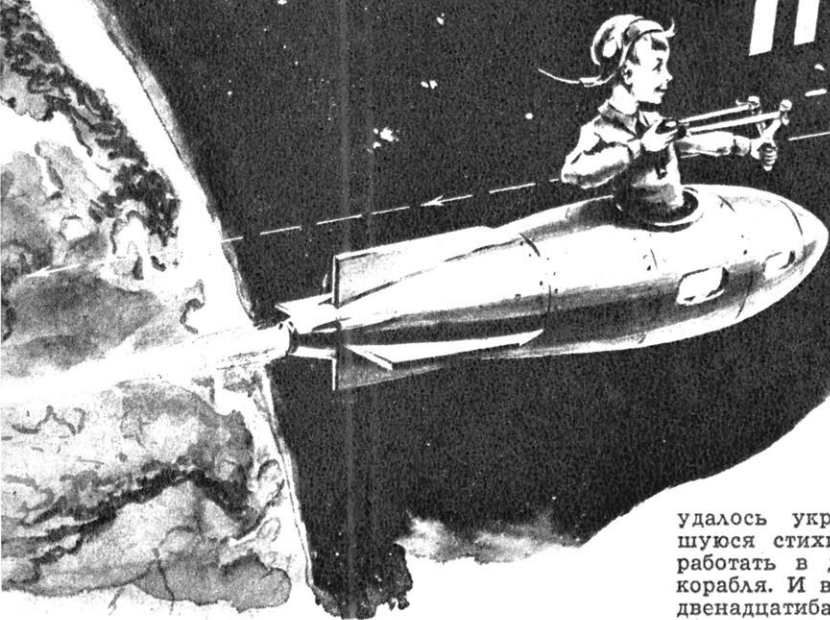


Парадоксы космонавтики



Лауреат международной поощрительной премии по астронавтике А. ШТЕРНФЕЛЬД

Полет на космическом корабле по своему характеру будет коренным образом отличаться от полета на самолете или дирижабле, а тем более от поездки на автомобиле или пароходе. Поэтому при решении проблем межпланетного полета надо отрешиться от обычных представлений, сложившихся в практике воздушных полетов и наземного транспорта.

В настоящей статье в форме небольших задач на конкретных примерах показаны некоторые возможные случаи космических полетов, парадоксальные на первый взгляд, но основанные на неоспоримых законах.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕВЕСОМОСТИ. Масса Луны в 81,5 раза меньше массы Земли.

Однако для того, чтобы проводить исследования в условиях пониженного тяготения, вовсе не обязательно отправляться на Луну. Такие условия можно получить и на Земле.

Сооружая подземные лаборатории на разных расстояниях от центра Земли, можно получать условия тяготения, подобные существующим на Марсе, Венере, Меркурии. А в центре Земли можно построить лабораторию абсолютной невесомости.

Конечно, сооружение таких лабораторий с точки зрения современной техники является абсолютно фантастическим.

БЕССИЛЬНЫЙ УРАГАН. Ураган. Столетние деревья вырываются с корнем, слезают крыши домов, вздымаются синие гряды морских волн, подобных длинным цепям холмов. Миллиарды киловатт энергии затрачивает ежеминутно этот ураган.

Представим себе, что человеку

удалось укротить эту разбушевавшуюся стихию ветра, заставить ее работать в двигателе космического корабля. И вот с неистовой силой двенадцатибального шторма бушует «прирученный» ураган в соплах реактивного двигателя. До каких светил сможет долететь ракета, толкаемая вперед отдачей этой газовой струи?

Такая ракета не смогла бы подняться и на 50 километров, отвечает формула Циолковского.

Ответ кажется парадоксальным. Ведь двигатель в одну лошадиную силу вырабатывает в сутки больше энергии, чем ее приобретает килограммовая гиря, поднятая в бесконечность. Значит, мощности этого двигателя должно быть достаточно для того, чтобы в течение суток поднять в бесконечность эту гирю.

Но формула проста и неумолима. Она показывает нам, что при истечении газовой струи из ракеты со скоростью ветра даже ураганного, ракетные полеты были бы невозможны. В то же время формула Циолковского открывает перед нами дорогу в межпланетное пространство: с увеличением скорости истечения газов осуществление полета на ближайшие планеты становится реально возможным.

СТОИМОСТЬ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА. Осуществление космических полетов, несомненно, потребует большого усилия ученых и техников, инженеров и рабочих. Многочисленные лаборатории и заводы должны будут работать над постройкой космического корабля, для которого потребуются самые легкие и самые прочные материалы, самая точная и тщательная обработка деталей, самые высшие сорта горючего, окислителя и т. д. Поэтому неудивительно, что будущий космический транспорт считают самым дорогим. Однако во многих случаях стоимость каждого пройденного космическим кораблем километра пути окажется очень низкой.

В самом деле, достаточно, например, сообщить космическому кораблю «первую космическую скорость» (7,9 км/сек), чтобы он вечно кружил вокруг Земли. Если же ему сообщить «вторую космическую ско-

рость» (11,2 км/сек), он сможет бесконечно долго вращаться вокруг Солнца. Как видно, в этих случаях стоимость каждого пройденного километра будет стремиться к нулю.

ИСКУССТВЕННАЯ ЛУНА. Согласно третьему закону Кеплера квадраты времен обращения планет вокруг Солнца (или спутников вокруг планет) пропорциональны кубам больших осей их орбит.

Исходя из этого закона Кеплера, члены школьного астрономического кружка разработали проект искусственного спутника, вращающегося по орбите Луны.

Согласно их замыслу искусственный спутник следовало установить на лунной орбите, в точке, противоположной Луне, и сообщить ему соответствующую скорость. Они заявили своему руководителю:

— Искусственный спутник будет иметь период обращения, равный лунному. Оба спутника будут мчаться по одной орбите, никогда не догоняя друг друга.

— Вы глубоко ошибаетесь, — ответил руководитель. — Даже если пренебречь действием силы притяжения Луны, Луна будет догонять искусственный спутник и катастрофическое столкновение окажется неизбежным.

В чем же дело? Свои законы Кеплер сформулировал еще в начале XVII века на основании наблюдений, произведенных в XVI веке датским астрономом Тихо Браге. Эти наблюдения были в дальнейшем уточнены.

В знакомой вам формулировке третьего закона Кеплера не принимается во внимание масса вращающегося тела, а чем больше эта масса, тем короче период обращения планеты или спутника по орбите, и наоборот. Поэтому надо исходить не из общеизвестной формулы, а из уточненного уравнения, в котором этот фактор учитывается. И точный расчет покажет, что период обращения искусственной луны будет на 0,6 процента длиннее периода обращения Луны.

Если же вы хотите построить искусственный спутник Земли с периодом обращения, равным лунному месяцу, то полюс его орбиты должен быть на 1560 километров длиннее полуоси орбиты Луны.

Подражать природе можно, только строго соблюдая ее законы.

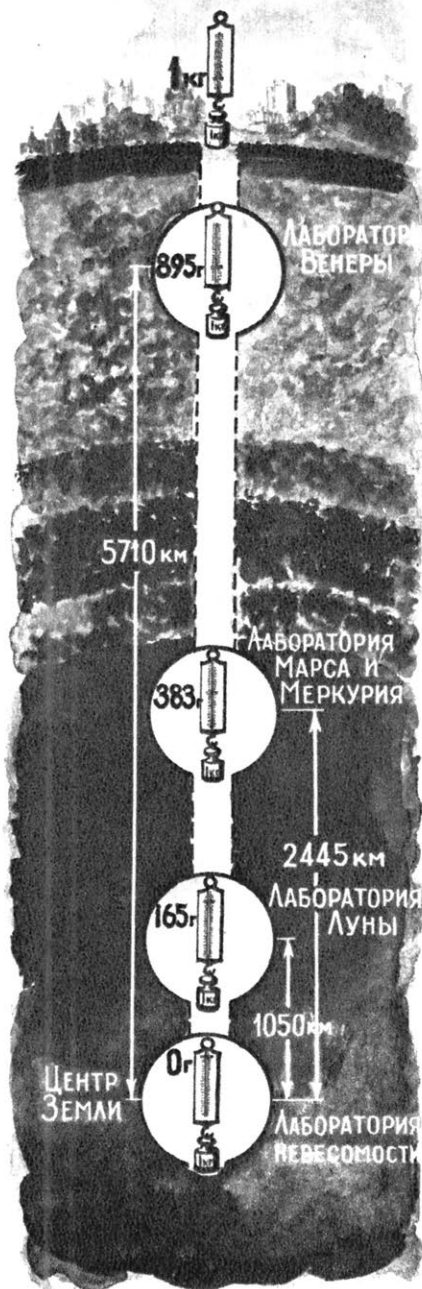
МЕТАНИЕ ДИСКА НА ТЫСЯЧУ КИЛОМЕТРОВ. Для того чтобы ракета покрыла расстояние 17812 километров, необходимо сообщить ей скорость 7882 метра в секунду.

Представим себе, что с ракеты, отправившейся в полет с этой скоростью, рекордсмен бросает вперед диск. Как известно, рекордсмены делают броски на 50–60 метров. Но на сей раз спортсмен превзошел бы все свои предыдущие и

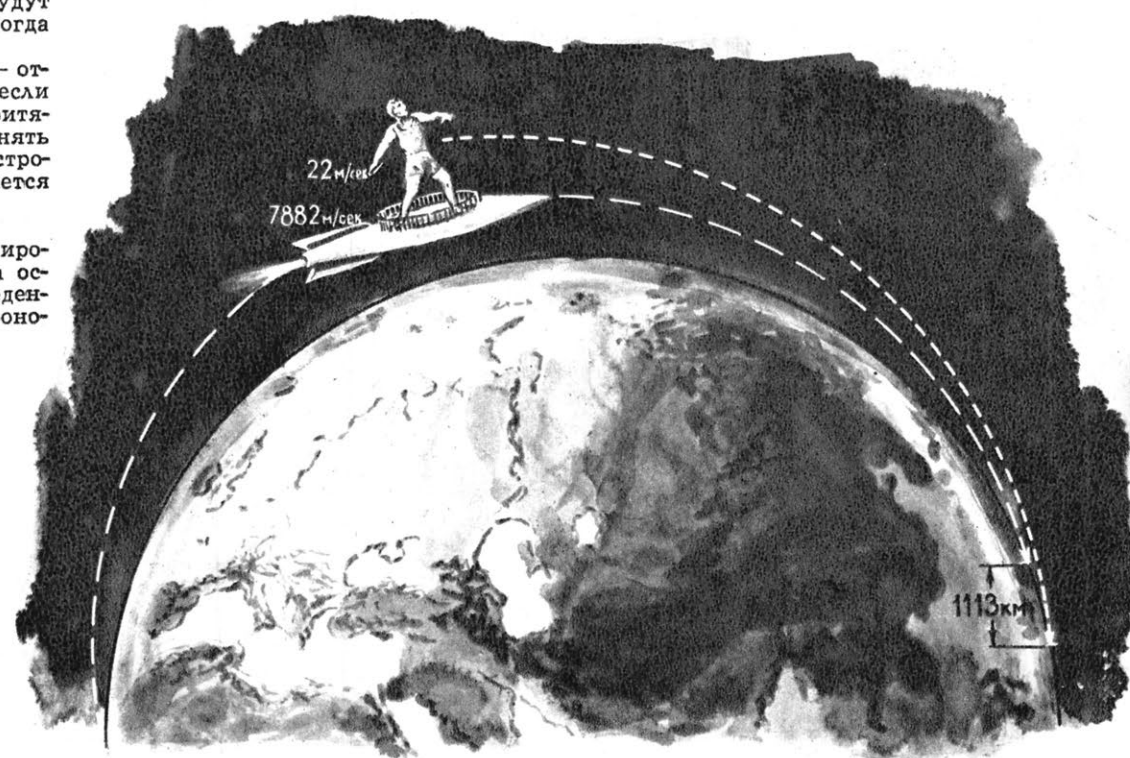
возможные рекорды: диск упал бы на расстоянии свыше... тысячи километров от места приземления ракеты. Дополнительная скорость в 22 метра в секунду удлинит путь диска на тысячу километров (сопротивление воздуха здесь во внимание не принимается).

ИЗ РОГАТКИ В БОЛЬШУЮ МЕДВЕДИЦУ. Повторим аналогичный опыт с вертикально взлетевшей ракетой. Если с такой ракеты, направляющейся на высоту в тысячу радиусов Земли, бросить в направлении полета ракеты камень со скоростью 8–10 метров в секунду, то камень будет все время опережать ракету, как будто указывая ей путь. Ракета, достигнув «потолка», вернется на Землю. Камень же,

Метание диска на 1 000 километров.



Лаборатория невесомости.



если принять во внимание одно лишь притяжение Земли, уйдет в бесконечность и может достичь, например, созвездия Большой Медведицы.

Заметим, что в приведенном примере, как и в предыдущем, бросок следует произвести сразу же после выключения реактивного двигателя, когда скорость корабля наибольшая.

С ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА. Экипаж искусственного спутника Земли с удивлением заметил, что согласно показаниям радиолокатора высота полета по отношению к уровню океанов постоянно меняется: то она увеличивается, то уменьшается на 22 километра.

Возможно ли это? Ведь известно, что искусственные спутники могут двигаться в безвоздушном пространстве только по эллиптическим орбитам и, в частном случае, по кругу, но ни в коем случае не по волнообразной кривой.

Искусственный спутник и двигался по кругу, а волнообразность его траектории была лишь кажущейся: плоскость орбиты искусственного спутника совпадала с осью Земли, а поскольку полюсь нашей планеты на 22 километра меньше ее экваториального радиуса, высота полета над полюсами была на 22 километра больше, чем над экватором.

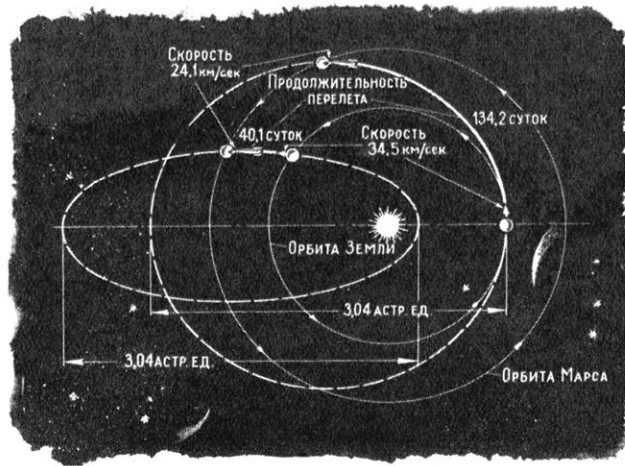
В РАЗНЫЕ СТОРОНЫ. Два космических корабля отправляются в полет с поверхности Земли в полночь со скоростью 15 километров в секунду. Один направляется на запад, другой — на восток. В каком

В разные стороны.



направлении относительно Солнца будут двигаться корабли в межпланетном пространстве и какой из них будет лететь быстрее?

Так как Земля движется вокруг Солнца с запада на восток со скоростью 30 километров в секунду, оба корабля будут лететь в одном и том же направлении — на восток. Только скорость одного корабля складывается со скоростью движения Земли, а другого — вычитается из скорости Земли. Естественно, что корабли будут лететь по различным траекториям.



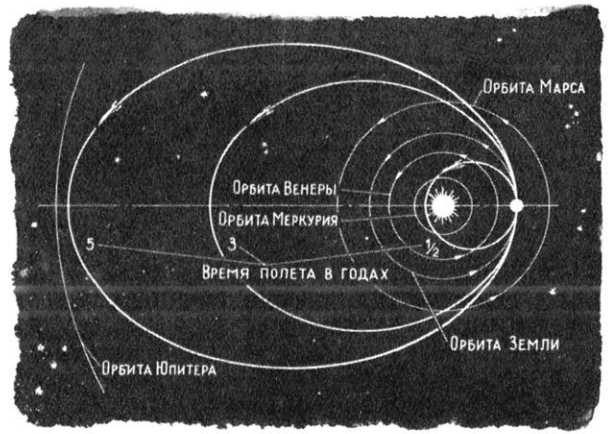
Парадокс длительности.

ПАРАДОКС ДЛИТЕЛЬНОСТИ. Два корабля отправились с Земли на Марс. Освободившись от поля тяготения Земли, они обладали одинаковой скоростью относительно Солнца, равной 34,5 км/сек. В пути на равных расстояниях от Солнца их скорости также были равны. И, попав в поле тяготения Марса, корабли двигались с одинаковой скоростью — в 24,1 км/сек. Но один корабль достиг Марса через 134,2 суток, а другой — через 40,1 суток.

Как это получилось?

Оба корабля двигались по дугам эллипсов с большой осью, равной расстоянию Марса от Солнца, но с разными эксцентриситетами (0,34 и 0,80), и поэтому пройденные пути (эллиптические дуги) были разными.

КОРАБЛЬ-БУМЕРАНГ. Брошенный камень не возвращается сам в руку бросившего, выстреленный снаряд не падает обратно в ствол пушки. Космический корабль, улетевший с Земли со скоростью 7,9 — 11,2 км/сек, описав в пространстве огромный эллипс, возвращается на Землю. При скорости больше 11,2 км/сек корабль полностью освобождается от притяжения Земли. Может ли он тогда автоматически вернуться на Землю?



Корабль-бумеранг.

Да, может. Правда, сила притяжения Земли не способна вернуть улетевший с такой скоростью корабль, но эта задача вполне по плечу могучему Солнцу. Благодаря притяжению корабль возвратится к земной орбите, и если к данному месту подоспел также Земля, то корабль, естественно, вернется на Землю. Чтобы такая встреча могла осуществиться, необходимо соответствующим образом подобрать траекторию корабля.

ПРОИЦАТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ. Подлетая к Меркурию, космонавты

услышали по радио позывные, идущие из межпланетного пространства. Несомненно, они послались с борта космического корабля.

О прохождении какого-нибудь другого корабля в этих местах в данное время ничего не было известно, а на радиogramмы ответа не последовало.

Таинственный космический странник встревожил экипаж корабля. С помощью радиоаппаратуры удалось установить, что на расстоянии 56,59 миллиона километров от Солнца пеленгирующий корабль обладал скоростью 63,07 километра в секунду. Этих данных оказалось достаточно для установления как пройденного кораблем пути, так и его дальнейшего маршрута.

На первый взгляд это кажется парадоксальным. Нельзя же ведь, например, зная мгновенную скорость и направление летящего самолета, заключить о том, откуда он летит и где приземлится: он может лететь откуда угодно и спуститься где угодно.

Другое дело в межпланетных путешествиях. Пользуясь полученными данными, космонавты заключили, что в момент измерения скорости таинственный корабль проходил через перигелий и двигался по эллиптической орбите с большой осью, равной 376,0 миллиона километров, и малой осью — 268,5 миллиона километров. Следовательно, эксцентриситет его эллиптической траектории равен 0,7. А отсюда они определили, что странствующий

корабль спустя 49 с половиной суток пересечет орбиту Земли, что примерно столько же времени ему понадобится для перелета с орбиты Земли до орбиты Марса.

Они сделали также вывод, что спустя 258,9 суток корабль очутится в афелии, на расстоянии 320,7 миллиона километров от Солнца.

Расчеты показали также, что при пересечении кораблем земной орбиты его скорость будет составлять 32,71 километра в секунду, а при пересечении орбиты Марса упадет до 21,47 километра в секунду и что в афелии корабль будет двигаться со скоростью 11,13 километра в секунду.

Таким образом, было установлено, что орбита таинственного корабля совпадает с орбитой крохотной искусственной планеты, созданной одной из космических экспедиций.

СКОРОСТЬ И ВРЕМЯ. Поездка из Москвы в Алма-Ату по железной дороге длится 5 суток. Сколько времени будет длиться поездка, если увеличить скорость поезда на 0,82 процента? А если уменьшить скорость поезда на столько же процентов?

В первом случае проезд продлится 4 суток 23 часа, во втором — 5 суток 1 час.

Полет с Земли на Луну по полуэллиптической траектории длится почти столько же, сколько проезд из Москвы в Алма-Ату — 5 суток 5 минут. Как изменится продолжительность путешествия, если скорость отлета корабля увеличить на 0,82 процента? А если ее на столько же уменьшить?

В первом случае продолжительность перелета сократится до 2 суток 2 часов 39 минут, то-есть почти на 58 процентов. Во втором случае корабль долетит лишь до полупути и вернется на Землю.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ «БЕСПОРЯДКИ». Век космонавтики... Эскадрильи космических кораблей реют в межпланетном пространстве. Одни летят на Марс, другие — на Меркурий, третьи устремляются к Юпитеру, Сатурну, Венере. И в отличие от средств земного транспорта, движущихся примерно с постоянной скоростью, одни космические корабли, летящие на Марс, Юпитер и Сатурн, неравномерно

замедляют свое движение, а другие движутся все стремительней. Почему?

Космические корабли, летящие на внутренние планеты — Венеру и Меркурий, постоянно приближаются к Солнцу, как бы падают на него, их движение ускорено. Наоборот, корабли, летящие на внешние планеты, удаляются от Солнца, вследствие чего их движение, подобно движению брошенного вверх камня, замедлено. Но это ускорение и замедление происходят неравномерно. Притяжение Солнца зависит от расстояния между Солнцем и кораблем.

На орбите Марса, например, Солнце притягивает космический корабль с силой, в 2,3 раза меньшей, чем на орбите Земли.

ПАРАДОКС ВОЗВРАТНОГО МАРШРУТА. На Земле мы всегда можем возвратиться по уже пройденному пути. Другое дело при межпланетных полетах. Улетая с Земли или возвращаясь на Землю из межпланетного пространства, космические корабли всегда будут двигаться в одном направлении — с запада на восток. Только в этом случае можно будет целесообразно использовать большую скорость собственного движения планет.

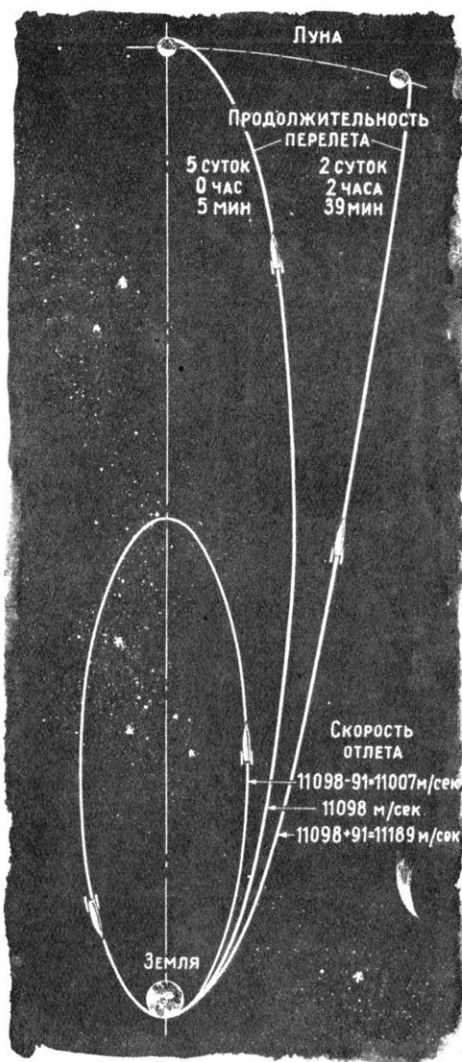
НА ПЛАНЕТАХ-ГИГАНТАХ. ...Межпланетные путешественники высадились на поверхности Нептуна, масса которого, как известно, в 17,3 раза больше массы Земли. Измеряя силу тяжести, они убедились, что она равна земной.

Прибыв на Уран, путешественники проделали те же измерения. Они заметили, что на его поверхности сила тяжести даже меньше, чем на Земле, несмотря на то, что масса Урана в 14,6 раза больше земной.

Чем объяснить эти явления? Не было ли совершено ошибки в измерениях?

Измерения производились правильно. Но так как радиус Нептуна в 4,15 раза больше радиуса Земли, согласно закону всемирного тяготения сила притяжения его массы на поверхности планеты в $4,15^2$, то-есть в 17,3 раза, меньше.

Таким образом, с одной стороны, сила притяжения на Нептуне, благодаря его большей массе, должна быть в 17,3 раза больше, чем на Земле,



Скорость и время.

а с другой стороны — в 17,3 раза меньше, чем на Земле. Вот почему, в итоге на поверхности Нептуна сила тяжести равна земной.

Уран имеет радиус в 3,9 раза больше земного. Если бы он при своей массе имел размеры земного шара, сила тяжести на его поверхности была бы в 14,6 раза больше земной. Но так как его радиус в 3,9 раза больше земного, сила тяжести на Уране составляет лишь 0,96 силы тяжести на поверхности Земли.

ЭВОЛЮЦИЯ ТРАМПИНА

Иллюстрация художника Л. Сметова

