

УДК 531.261

СИЛА ТЯЖЕСТИ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЯ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ

Лапчик А. Д.¹

¹ГБПОУ МО “Ногинский колледж” (143910, Московская область, г. Балашиха, ул.

Крупешина, д.5)

E-mail: alekseilapchik2001@gmail.com

Аннотация: эта статья популярно рассматривает принцип работы одной из трех главных сил в механике — силу тяжести (также называемой силой притяжения) и как она меняется в зависимости от планеты, на которой может находиться тело. Приведены три гипотетических сценария с падением тела, при которых углубленно объясняется концепция Закона всемирного тяготения Ньютона и представлена формула силы тяжести, с помощью которой можно найти силу тяжести действующую на тело (вес), если даны его масса и ускорение свободного падения. Чтобы рассчитать силу тяжести на других планетах, дана формула, которая учитывает массу и радиус данной планеты. В измерении силы тяжести других небесных тел используется либо показатель свободного падения в м/с², либо значением g ($1g = 9,81$ м/с²), т. к. сила тяжести и ускорение свободного падения пропорционально связаны друг с другом. Вычислены силы притяжения всех планет солнечной системы и других небесных тел, проведены сравнения и сделаны выводы по поводу схожих показателей силы тяжести у планет со значительной разницей в радиусе и массе.

Ключевые слова: сила тяжести, сила притяжения, гравитация, формула силы тяжести, Закон всемирного тяготения Ньютона, ускорение свободного падения, масса, солнечная система, гравитационная постоянная, радиус планеты.

GRAVITY AND ITS VALUE ON OTHER PLANETS

Lapchik A. D.¹

¹GBPOU MO “Noginsk College” (143910, Moscow Oblast, Balashikha, Krupeshina str., 5)

E-mail: alekseilapchik2001@gmail.com

Abstract: this article examines how one of the main forces in mechanics, gravity (gravitational force or g-force), works and how its value changes depending on what planet a physical object can be located on. Three hypothetical scenarios with a falling object are presented, which thoroughly explain the idea of Newton’s law of universal gravitation and introduce the gravity equation to find the force that acts on an object if the mass and the acceleration of gravity are known. To calculate gravity on other planets, another formula is given; it considers the mass and radius of the specified planet. Gravity can be interpreted in m/s² or as a value of g ($1g = 9,81$ m/s²), since the force of gravity and acceleration are proportionally related to each other. The article computes the gravitational force of planets and other astronomical objects in the solar system, compares them, and makes conclusions about similar g-force values on planets with a significant difference in radius and mass.

Key words: gravity, gravitational force, g-force, gravity equation, Newton’s law of universal gravitation, gravitational acceleration, acceleration of gravity, mass, solar system, gravitational constant, radius of a planet.

Почему, когда вы отпускаете любое тело с высоты, если это конечно не частица света или нейтрино, оно падает вниз? Дело в том, что при падении на этот объект в основном действует сила притяжения самой Земли.

Но что такое сила притяжения? Сила притяжения (также называемая силой тяжести) всегда направлена вертикально вниз и подразумевает в себе феномен гравитации. Согласно Закону всемирного тяготения Ньютона, гравитация — это явление, в котором любые два объекта взаимно притягивают друг друга; чем больше масса хотя бы у одного из объектов, тем мощнее сила, а чем больше расстояние (в квадрате) между ними — тем она слабее [1]. Находится Сила всемирного тяготения по следующей формуле (1):

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2} \quad (1)$$

В данной формуле F — это сила тяготения, G — гравитационная постоянная ($6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2} \text{ кг}^{-1}$), m_1 и m_2 — массы объектов, которые взаимодействуют друг с другом, R — расстояние между объектами [2]. Гравитационная постоянная, хоть и выглядит страшно, на самом деле очень важна — она позволяет нам перевести космические величины в более привычные мерки, как килограмм и метр [3]. Само значение гравитационной постоянной это сила, с которой два тела массой 1 килограмм притягивают друг друга на расстояние 1 метр [4].

Вернемся к нашему гипотетическому сценарию. А что, если вы скинете ранее упомянутое тело с вершины самого высокого здания в мире — Бурдж-Халифа — с высотой 828 метров? Это тело будет падать и приобретать скорость с ускорением около $9,81 \text{ м/с}^2$ до тех пор, пока оно не достигнет скорости витания, которая учитывает силу сопротивления воздуха, и продолжит движение уже с постоянной скоростью (но это уже аэродинамика, лезть туда не стоит). Но почему же тело ускоряется, когда падает? Взглянув на формулу (1), можно сделать вывод, что чем больше расстояние (в квадрате) между двумя объектами, тем слабее сила (в этом случае — сила тяжести), а значит, чем меньше расстояние, тем она, разумеется, больше. При падении, тело сокращает дистанцию между собой и центром Земли (а сила исходит именно оттуда), а так как сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния между двумя объектами, тело ускоряется [1].

А если вы скинете тот же самый объект уже с высоты 10 километров? В этом случае, объект войдет в состояние свободного падения, то есть на него будет действовать только сила притяжения и, по сравнению с ней, сила сопротивления воздуха пренебрежимо мала.

Силу тяжести объекта (и вес, если на него не действует постороннее ускорение) на Земле можно найти используя формулу (2):

$$F_{тяж} = mg \quad (2)$$

$F_{тяж}$ — это сила тяжести, m — масса объекта и g — ускорение свободного падения, которая на Земле равна около $9,81 \text{ м/с}^2$. Но, что если расширить диапазон мышления до других планет солнечной системы, и да, даже Плутона. Как будет отличаться сила тяжести на планетах земной группы и газовых гигантов от Земли?

Сначала стоит найти логический способ рассчитать силу тяжести на других планетах. Чтобы найти приблизительное ускорение свободного падения, а затем и силу тяжести планеты, можно использовать формулу (3):

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \quad (3)$$

g — это ускорение свободного падения, G — гравитационная постоянная ($6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3\text{с}^{-2}\text{кг}^{-1}$), M — масса планеты и R — радиус планеты. Так как необходимо найти силу тяжести на поверхности планеты, в роли расстояния между телами, R , сыграет радиус планеты, а чтобы найти силу тяжести на определенной высоте, можно прибавить эту высоту к радиусу планеты. Используя эту формулу можно найти примерное ускорение свободного падения Земли (должно получиться около $9,80665 \text{ м/с}^2$), а также и других небесных тел.

В сравнении силы тяжести планет может использоваться показатель ускорения (в м/с^2) или буква g с коэффициентом ($1g = \text{ускорение свободного падения Земли}$), так как сила тяжести и ускорение свободного падения пропорционально связаны друг с другом. То есть, чем больше ускорение свободного падения на планете, тем сильнее сила тяжести. Чтобы найти силу тяжести тела на планете, можно подставить значение g определенной планеты в формулу (1).

Начнем с Плутона, самой маленькой планеты солнечной системы до 2006 года. Скорость свободного падения на этом небесном теле составляет лишь $0,6 \text{ м/с}^2$ или $0,06 g$ [5]. Даже у Луны сила тяжести больше чем у Плутона — $1,62 \text{ м/с}^2$ или около $0,166 g$. У Меркурия показатели — $3,7 \text{ м/с}^2$ или примерно $0,38g$ [6]. Если масса данного тела 10 килограммов, то на Земле оно будет весить около 98 Ньютонов ($F_{тяж} = mg = 10\text{кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 = \sim 98\text{Н}$), а на Меркурии это тело уже будет весить $10\text{кг} \cdot 0,37 \text{ м/с}^2 = 3,7$ Ньютонов.

Сестра Земли, Венера, имеет скорость свободного падения $8,87 \text{ м/с}^2$ или около $0,904 g$, но приблизительно такие же цифры показывает Уран, газовый гигант ($8,69 \text{ м/с}^2$ или $0,886$

g). Еще одна аномалия — ускорение свободного падения Марса составляет лишь $3,93 \text{ м/с}^2$, а это $0,38 \text{ g}$, хотя радиус Марса только в 1,88 раза меньше Земли! На самом деле, никакой аномалии здесь нет, так как в формуле ускорения свободного падения (3) учитывается как радиус, так и масса планеты, а у Марса она в 9,35 раза меньше Земли [6]. Так как в формуле масса делится на радиус в квадрате, можно сделать вывод, что в ней принимается во внимание и плотность планеты, что объясняет конфуз с Венерой и Ураном, так как плотность составляющих Урана намного ниже Венеры.

У Сатурна и Нептуна тоже похожие ускорения ($10,44 \text{ м/с}^2$ и $11,15 \text{ м/с}^2$; $1,065 \text{ g}$ и $1,14 \text{ g}$ соответственно). Самая массовая планета солнечной системы, Юпитер, может похвастаться показателями $23,95 \text{ м/с}^2$ или $2,55 \text{ g}$ [6]. Но даже Юпитер не может сравниться с Солнцем — $274,0 \text{ м/с}^2$ или 28 g [7].

Подведем итоги. Сила тяжести, или сила притяжения, это одна из трех видов сил в механике, которая является последствием силы гравитации. По формуле (2), можно сделать вывод, что сила тяжести зависит от массы тела и ускорения свободного падения. Однако, ускорение свободного падения на Земле отличается от остальных планет из-за разных показателей не только массы, но и радиуса. Для того, чтобы найти ускорение свободного падения небесного тела, а впоследствии и силу тяжести, нужно воспользоваться формулой (3). Затем, чтобы найти саму силу в Ньютонах, можно вновь использовать формулу, подставляя новое значение g (2). Чем больше ускорение свободного падения на планете, тем сильнее на ней сила тяжести. Так что, если вы собираетесь на интерпланетное турне, стоит заодно посмотреть погоду и силу притяжения вашего места назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маженов Н. А. Уточненный закон всемирного тяготения Ньютона // Наука и техника - электронная библиотека.– 2000 [Электронный ресурс]. URL: <http://n-t.ru/tp/iz/uzn.htm> (дата обращения: 07.10.2019).
2. Williams M. How Strong is Gravity on Other Planets? // Universe Today.– 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.universetoday.com/35565/gravity-on-other-planets/> (дата обращения: 07.10.2019).

3. Колпаков Г. Гравитационную постоянную наконец-то измерили с большой точностью // Газета.Ru. 2014.– 19 февр [Электронный ресурс]. URL:

https://www.gazeta.ru/science/2014/06/19_a_6076849.shtml (дата обращения: 07.10.2019).

4. Генденштейн Л.Э., Дик. Ю. И. Физика. 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений.– 2-е изд.– М.: Илекса, 2007.– 82 с.

5. Gerbis N. How Much Would You Weigh on Other Planets? // Live Science.– 2011 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.livescience.com/33356-weight-on-planets-mars-moon.html> (дата обращения: 07.10.2019).

6. Williams M. How strong is gravity on other planets? // Phys.org - News and Articles on Science and Technology.– 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://phys.org/news/2016-01-strong-gravity-planets.html> (дата обращения: 07.10.2019).

7. Sun Fact Sheet // NASA Space Science Data Coordinated Archive [Электронный ресурс]. URL: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html> (дата обращения: 07.10.2019).