

Притяжение тел к Земле — один из случаев всемирного тяготения. Для нас, жителей Земли, эта сила имеет большое значение.

Сила $F = G \frac{M_3 m}{R_3^2}$, с которой тело массой m

притягивается к Земле, несколько отличается от действующей на это тело силы тяжести, определяемой по формуле $F_{\text{тяж}} = gm$ (это связано с тем, что Земля, вследствие её суточного вращения, не является строго инерциальной системой отсчёта). Но поскольку различие между указанными силами существенно меньше каждой из них, эти силы можно считать приблизительно равными.

Значит, для любого тела массой m , находящегося на поверхности Земли или вблизи неё, можно записать:

$$mg \approx G \frac{M_3 m}{R_3^2},$$

или

$$g \approx G \frac{M_3}{R_3^2}.$$

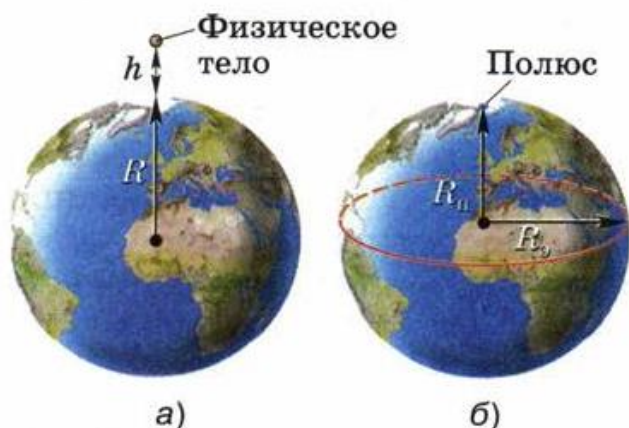


Рис. 33. Значение ускорения свободного падения зависит от высоты тела над Землёй и географической широты места

Из последней формулы следует, что ускорение свободного падения тел, находящихся на поверхности Земли или вблизи неё, зависит от массы Земли и её радиуса (т. е. расстояния между центром Земли и данным телом).

Если тело поднять на высоту h над Землёй, как показано на рисунке 33, а, то расстояние между этим телом и центром Земли будет $R_3 + h$. Тогда $g \approx G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$.

Чем больше высота h , тем меньше g и тем меньше сила тяжести тела. Значит, с увеличением высоты тела над поверхностью Земли действующая на него сила тяжести уменьшается за счёт уменьшения ускорения свободного падения. Но уменьшение это обычно очень невелико, поскольку высота тела над Землёй чаще всего пренебрежимо мала по сравнению с радиусом Земли. Например, если альпинист массой 80 кг поднялся на гору высотой 3 км, то действующая на него сила тяжести уменьшится всего на 0,7 Н (или на 0,09%). Поэтому во многих случаях при расчёте силы тяжести тела, находящегося на небольшой высоте над Землёй, ускорение свободного падения считают равным $9,8 \text{ м/с}^2$, пренебрегая его небольшим уменьшением.

Значения коэффициента g (а значит, и значения силы тяжести) зависят также от географической широты места на земном шаре. Оно меняется от $9,78 \text{ м/с}^2$ на экваторе до $9,83 \text{ м/с}^2$ на полюсах, т. е. на полюсах оно чуть больше, чем на экваторе. Это и понятно: ведь Земля имеет не строго шарообразную форму. Она немного сплюснута у полюсов (рис. 33, б), поэтому расстояние от центра Земли до полюсов $R_{\text{п}}$ меньше, чем до экватора $R_{\text{э}}$. А согласно закону всемирного тяготения, чем меньше расстояние между телами, тем больше сила притяжения между ними.

Подставив в формулу для ускорения свободного падения вместо массы и радиуса Земли соответственно массу и радиус какой-либо другой планеты или её спутника, можно определить приблизительное значение ускорения свободного падения на поверхности любого из этих небесных тел. Например, ускорение свободного падения на Луне рассчитывается по формуле:

$$g_{\text{л}} \approx G \frac{M_{\text{л}}}{R_{\text{л}}^2}.$$

Оказывается, что отношение $\frac{M_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}^2}$ в 6 раз меньше, чем $\frac{M_{\text{З}}}{R_{\text{З}}^2}$. Поэтому и ускорение свободного падения, и сила притяжения тел к Луне в 6 раз меньше, чем на Земле. Например, человек, масса которого 60 кг, к Земле притягивается с силой 588 Н, а к Луне — с силой 98 Н.

Вопросы

1. Верно ли, что притяжение тел к Земле является одним из примеров всемирного тяготения? **2.** Как меняется сила тяжести, действующая на тело, при его удалении от поверхности Земли? **3.** По какой формуле можно рассчитывать действующую на тело силу тяжести, если оно находится на небольшой высоте над Землёй? **4.** В каком случае сила тяжести, действующая на одно и то же тело, будет больше: если это тело находится в экваториальной области земного шара или на одном из полюсов? Почему? **5.** Что вы знаете об ускорении свободного падения на Луне?



УПРАЖНЕНИЕ 16

1. Чему равна сила тяжести, действующая на тело массой 2,5 кг; 600 г; 1,2 т; 50 т? (Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.)
2. Определите приблизительно силу тяжести, действующую на человека массой 64 кг. (Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.) Притягивается ли земной шар к этому человеку? Если да, то чему приблизительно равна эта сила?
3. Первый советский искусственный спутник Земли был запущен 4 октября 1957 г. Определите массу этого спутника, если известно, что на Земле на него действовала сила тяжести, равная 819,3 Н.
4. Ракета пролетает на расстоянии, равном 5000 км от поверхности Земли. Можно ли рассчитывать действующую на космическую ракету силу тяжести, принимая $g = 9,8 \text{ м/с}^2$? (Известно, что радиус Земли приблизительно равен 6400 км.) Ответ поясните.
5. Ястреб в течение некоторого времени может парить на одной и той же высоте над Землёй. Значит ли это, что на него не действует сила тяжести? Что произойдёт с ястребом, если он сложит крылья?
- 6*. С Земли стартует космическая ракета. На каком расстоянии от поверхности Земли сила тяжести ракеты будет в 4 раза меньше, чем перед стартом; в 9 раз меньше, чем перед стартом?

Открытие планет Нептун и Плутон

С помощью закона всемирного тяготения и законов Ньютона были определены траектории движения планет Солнечной системы, а также рассчитаны их координаты в любой момент времени на много лет вперёд. Для этого сначала по закону всемирного тяготения вычислялась сила гравитационного взаимодействия между Солнцем и данной планетой. Затем с помощью второго закона Ньютона рассчитывалось ускорение, с которым планета движется вокруг Солнца. А по ускорению определялись и другие величины, характеризующие движение, в том числе и координаты.

При этом учитывалось также влияние других планет Солнечной системы на движение данной планеты.

Правильность рассчитанных таким образом орбит планет и их положения в любой момент времени подтверждалась результатами астрономических наблюдений.

В 1781 г. английский астроном **Уильям Гершель** путём наблюдений открыл седьмую планету Солнечной системы, которую называли Уран.

Вскоре после этого было рассчитано, как будут меняться со временем координаты Урана и по какой орбите он будет двигаться.

В результате многолетних наблюдений за движением Урана в первой половине XIX в. учёные окончательно убедились в том, что реальная орбита Урана не совпадает с вычисленной. Создавалось впечатление, что за Ураном находится ещё одна планета, которая притягивает к себе Уран и тем самым влияет на его движение.

По отклонениям в движении Урана сначала английский учёный **Джон Адамс**, а несколько позже и французский учёный **Урбен Лаверье** на основании закона всемирного тяготения сумели вычислить местоположение этой предполагаемой планеты.

Адамс первым закончил работу и обратился к директору одной из обсерваторий с просьбой организовать поиски планеты, координаты которой он нашёл с помощью теоретических расчётов. В эту же обсерваторию с подобной просьбой обратился и Лаверье.

Но по какой-то причине поиск планеты был отложен на неопределённый срок.

Тогда Лаверье послал письмо с указанием точных координат планеты, которая, по его мнению, должна была находиться за Ураном, молодому сотруднику Берлинской обсерватории **Иоганну Галле**.

23 сентября 1846 г. Галле, получив это письмо, без промедления приступил к наблюдениям и в ту же ночь обнаружил научно предсказанную

планету, координаты которой всего лишь на полградуса отличались от указанных в письме.

Пять дней спустя Леверье получил от директора Берлинской обсерватории поздравительное письмо, в котором, в частности, говорилось: «Ваше имя отныне будет связано с наиболее выдающимся из мыслимых доказательств справедливости закона всемирного тяготения».

По предложению Леверье планету назвали Нептун.

И только несколько лет спустя в научном мире была признана и заслуга Джона Адамса в открытии Нептуна.

С помощью расчётов, основанных, в частности, на применении закона всемирного тяготения, и целенаправленных астрономических наблюдений 18 февраля 1930 г. была открыта ещё одна планета Солнечной системы — Плутон, которая находится почти в три раза дальше от Солнца, чем Нептун.

Желая подчеркнуть, что открытие этих планет сделано теоретическим путём, т. е. исключительно с помощью расчётов, основанных на законах физики, говорят, что планеты Нептун и Плутон были открыты «на кончике пера».

В настоящее время Плутон причислен к карликовым планетам, так как, имея массу в 500 раз меньше земной и диаметр, составляющий $\frac{2}{3}$ лунного, он не соответствует определению понятия «планета», которое было дано в августе 2006 г. Международным астрономическим союзом.