



# Ускорение свободного падения на Земле и других небесных телах

(9 класс)

Автор: Александрова З.В.

## **Фронтальный опрос**

- 1. Действует ли на вас сила притяжения к Солнцу?**
- 2. Притягивает ли Землю стоящий на ее поверхности человек? Летящий самолет? Космонавт, находящийся на орбитальной станции?**
- 3. Почему предметы, находящиеся в комнате, несмотря на их взаимное притяжение, не приближаются друг к другу?**
- 4. В чем причина возникновения приливов и отливов в океане?**
- 5. Что характеризует гравитационная постоянная?**

## Подумай и ответь!

1. Как изменится сила притяжения между телами с увеличением расстояния между ними в 3 раза?

**А.** Увеличится в 3 раза.

**В.** Уменьшится в 3 раза.

✦ **С.** Уменьшится в 9 раз.

2. Как изменится сила притяжения между телами с уменьшением массы каждого из тел в 3 раза?

**А.** Увеличится в 3 раза.

**В.** Уменьшится в 3 раза.

✦ **С.** Уменьшится в 9 раз.

3. Как изменится сила притяжения между телами с увеличением расстояния между ними в 2 раза?

**A.** Увеличится в 2 раза.

☀ **B.** Уменьшится в 4 раза.

**C.** Уменьшится в 2 раза.

4. Как изменится сила притяжения между телами с увеличением массы каждого из тел в 2 раза?

**A.** Увеличится в 2 раза.

**B.** Уменьшится в 2 раза.

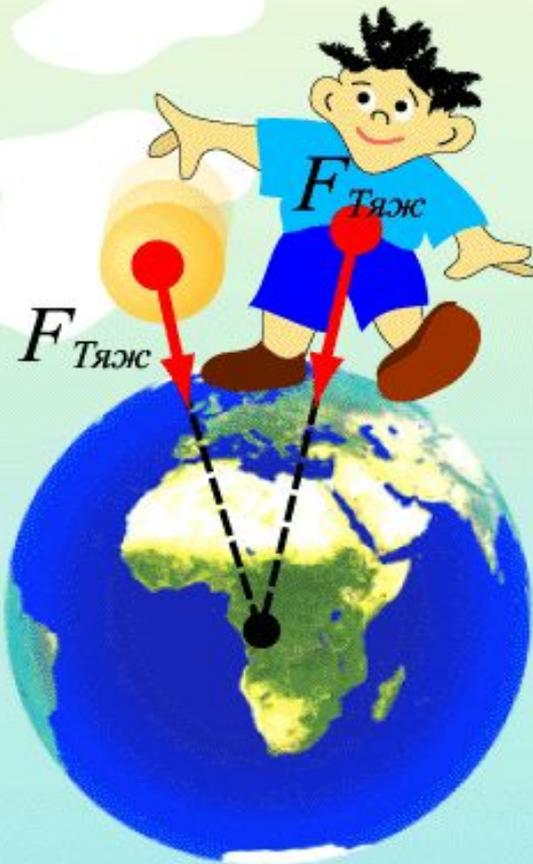
☀ **C.** Увеличится в 4 раза.

5. Два тела равной массы (по 1 кг) взаимодействуют с силой  $6,67 \cdot 10^{-11}$  Н. На каком расстоянии находятся тела?

**Ответ:** 1 м.

## Сила тяжести

– сила, действующая на все тела со стороны Земли



$$F_{\text{Тяж}} = mg$$

*В каждой точке вокруг Земли сила тяжести направлена вниз, то есть к центру планеты.*

Одним из проявлений закона всемирного тяготения является сила тяжести.

На поверхности Земли сила всемирного тяготения, действующая на тело массой  $m$ , равна



$$F = G \frac{M_{\oplus} m}{R_{\oplus}^2} = mg$$

$$g = G \frac{M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,

масса Земли

$$M_{\oplus} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ кг},$$

радиус Земли

$$R_{\oplus} = 6380 \text{ км}.$$

Сила  $F$  называется силой тяжести и направлена к центру Земли. Вблизи поверхности Земли ускорение свободного падения равно приблизительно  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

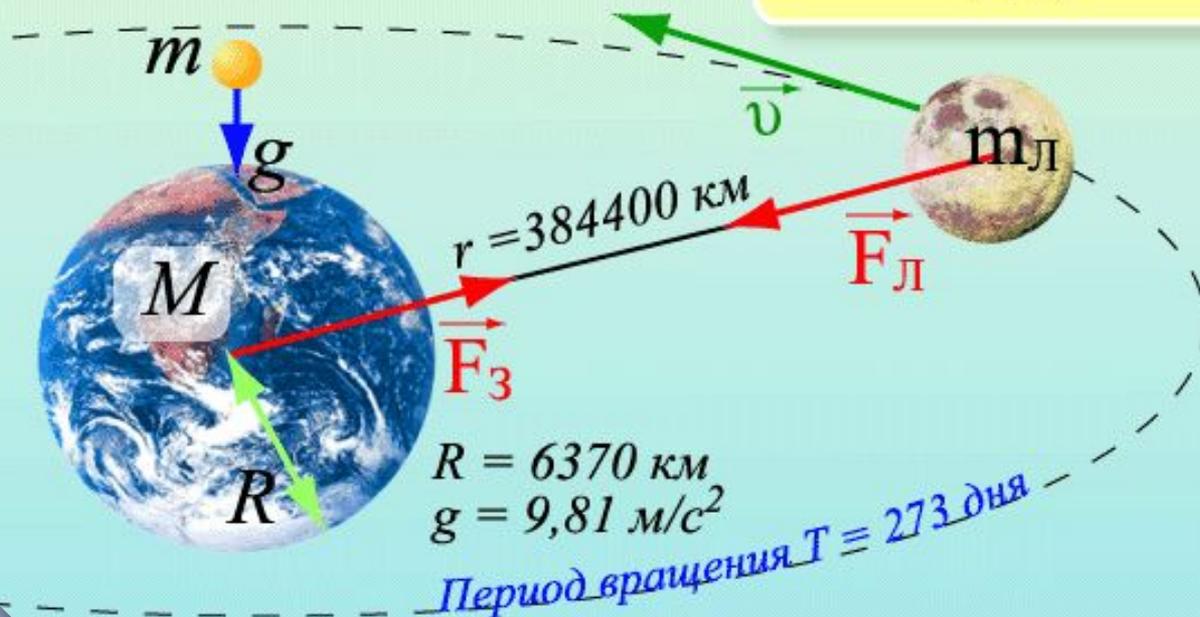
# Центростремительное ускорение Луны

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$m_{\text{Л}} a = \gamma \frac{M m_{\text{Л}}}{r^2}$$

$$m g = \gamma \frac{m M}{R^2}$$

$$a = g \left( \frac{R}{r} \right)^2 \approx 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$



Совпадение  $a_{\text{цс}}$  и  $a$  убедило Ньютона в справедливости закона

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



# Ускорение свободного падения

Ускорение свободного падения на Земле зависит от:

- географической широты;
- формы Земли (*Земля приплюснута у полюсов*);
- пород земной коры;
- высоты над Землёй.



При удалении от поверхности Земли сила земного тяготения и ускорение свободного падения убывают. Почему?

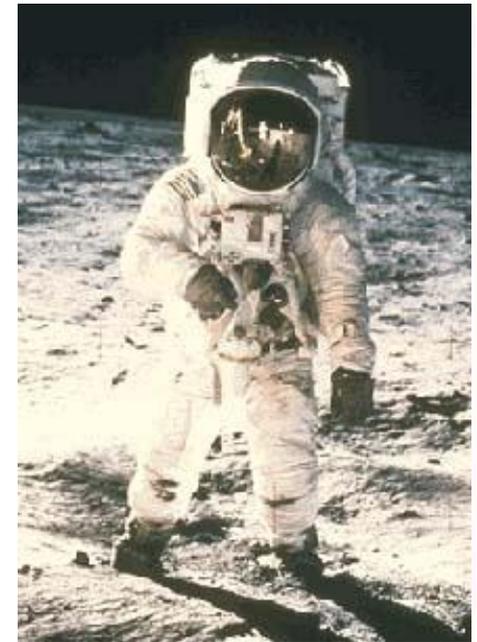
Собственное гравитационное поле Луны определяет ускорение свободного падения  $g_{\text{л}}$  на ее поверхности. Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а ее радиус приблизительно в 3,7 раза меньше радиуса Земли. Ускорение свободного падения  $g_{\text{л}}$ , обусловленное земным притяжением, на орбите Луны составляет



$$g_{\text{л}} = G \frac{M_{\text{з}}}{R_{\text{л}}^2} = G \frac{M_{\text{з}}}{T_{\text{з}}^2} \cdot \frac{3,7^2}{81} = 0,17g = 1,66 \text{ м/с}^2$$

### *Это интересно!*

В условиях такой слабой гравитации оказались космонавты, высадившиеся на Луне. Человек в таких условиях может совершать гигантские прыжки. Например, если человек в земных условиях подпрыгивает на высоту 1 м, то на Луне он мог бы подпрыгнуть на высоту более 6 м.





## Некоторые сведения о космических телах

	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Масса, кг	Радиус, км	Ускорение свободного падения, м/с <sup>2</sup>
Земля	5500	$6 \cdot 10^{24}$	6371	9,8
Луна	3300	0,012 Мз	1740	1,62
Меркурий	5500	0,16 Мз	2440	3,7
Венера	5200	0,82 Мз	6050	8,9
Марс	3900	0,11 Мз	3397	3,7



$g_{\text{Урана}} = 8,7 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Нептуна}} = 12,1 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Сатурна}} = 15,2 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Плутона}} = 0,53 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Юпитера}} = 25,0 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Марса}} = 3,7 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Земли}} = 9,81 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Венеры}} = 8,85 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Луны}} = 1,63 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Меркурия}} = 3,73 \text{ м/с}^2$

# Задача 1

Средний радиус планеты Меркурий равен 2420 км, а ускорение свободного падения на его поверхности равно  $3,72 \text{ м/с}^2$ . Найдите массу Меркурия.

Дано:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$R_M = 2420 \text{ км}$$

$$g_3 = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$g_M = 3,72 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

---

$$m_M - ?$$

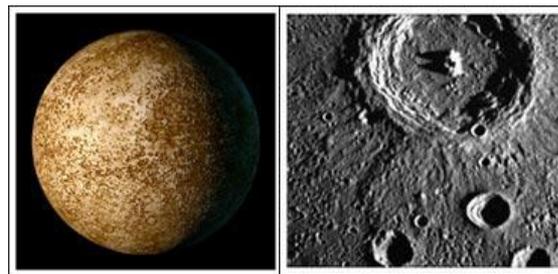
Решение:

$$g_M = G \frac{m_M}{R_M^2}$$

$$m_M = \frac{g_M R_M^2}{G}$$

$$m_M = \frac{3,72 \cdot (2420 \cdot 10^3)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} = \frac{242^2 \cdot 3,72}{6,67} \cdot 10^{19} =$$
$$= 32662,4 \cdot 10^{19} = 3,3 \cdot 10^{23} (\text{кг})$$

$$[m_M]_{СИ} = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^2}{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}} = \frac{\text{м} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^2} = \text{кг}$$



Планета Меркурий

## **Подумай и ответь!**

**В стеклянной трубке помещены птичье перо, кусок пробки, дробинка.**

- 1. Как они будут падать, если в трубке есть воздух?*
- 2. Как они будут падать, если воздух в трубке откачать?*
- 3. От чего зависит ускорение при свободном падении?*

## Это интересно!

### Задача 2 (от прилетевшего на Землю инопланетянина)

Ваш человек весит 3000 Н на нашей планете. На вашей планете наш человек весил бы 300 Н. Определите ускорение свободного падения на нашей планете, если масса вашего человека в два раза больше массы нашего.



### Решение

Найдем массу инопланетянина на Земле:

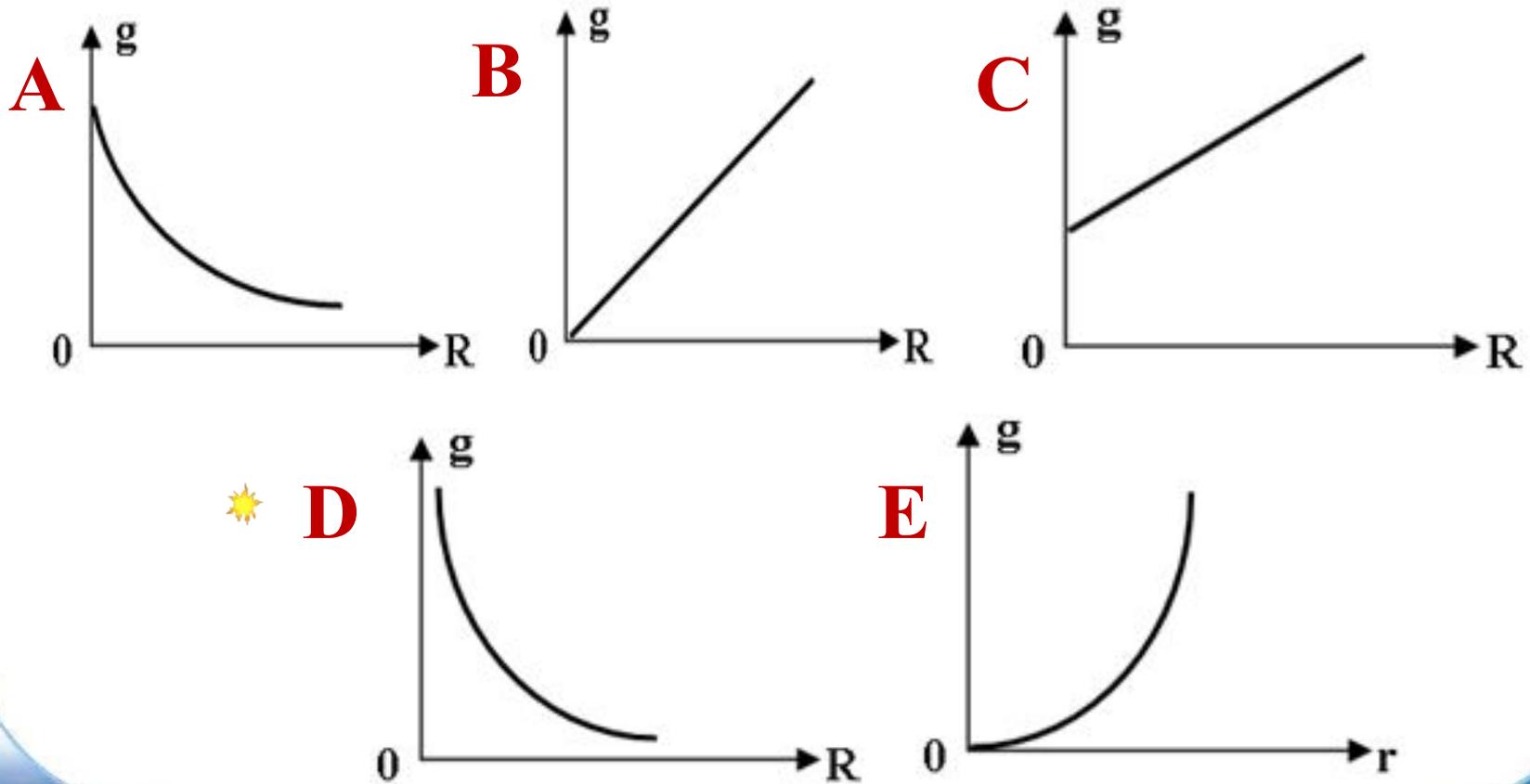
$$m = P/g = 300/9,8 = 30(\text{кг}).$$

Масса человека Земли в два раза больше, т.е. 60 кг.

Зная это, найдем ускорение свободного падения на планете инопланетянина:  $g = P/m = 50 (\text{м/с}^2)$ .

## Задача 3

Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость ускорения свободного падения от радиуса данной планеты?



## Это интересно!

Теория тяготения объясняет движение естественных и искусственных тел в Солнечной системе, движения в других системах небесных тел: в двойных звёздах, в звёздных скоплениях, в галактиках. На основе теории тяготения Ньютона было предсказано существование неизвестной ранее планеты Нептун и спутника Сириуса, сделаны многие другие предсказания, впоследствии блестяще подтвердившиеся.

В современной астрономии закон тяготения Ньютона является фундаментом, на основе которого вычисляются движения и строение небесных тел, их эволюция, определяются массы небесных тел.



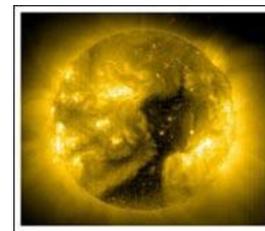
Планета Нептун и фотографии её поверхности.

Многие явления в природе объясняются действием сил всемирного тяготения. Движение планет в Солнечной системе, движение искусственных спутников Земли, траектории полета баллистических ракет, движение тел вблизи поверхности Земли – все эти явления объясняются законом всемирного тяготения и законами динамики.



## *Это интересно!*

Солнце – ближайшая к нам звезда. Расстояние от Земли до Солнца равно 1 а. е. (149,6 млн км) – свет идет до Солнца всего 8 минут.



Обычно для измерения расстояний, сопоставимых по масштабам с радиусами планетных орбит, применяется астрономическая единица – длина большой полуоси земной орбиты. 1 а. е. = 149 млн. км.

## Самостоятельная работа

### Задача 1

Чему равно ускорение свободного падения на поверхности планеты, масса которой в четыре раза больше массы Земли и радиус которой в два раза больше радиуса Земли?

A.  $20 \text{ м/с}^2$

D.  $40 \text{ м/с}^2$

\* B.  $9,8 \text{ м/с}^2$

E.  $35 \text{ м/с}^2$

### Задача 2

C.  $5 \text{ м/с}^2$

Ускорение свободного падения на поверхности планеты в четыре раза больше, чем на поверхности Земли. Чему равно отношение радиуса этой планеты к радиусу Земли, если масса планеты в 16 раз больше массы Земли?

A.  $1/8$

\* D.  $2$

B.  $4$

E.  $1/2$

C.  $1/4$

## Продолжи предложение

- ✓ Я сегодня на уроке открыл для себя...
- ✓ Мне понравилось на уроке то, что...
- ✓ На уроке меня порадовало...
- ✓ Я удовлетворён своей работой, потому что...
- ✓ Мне хотелось бы порекомендовать...
- ✓ Если бы я был учителем, то ...



**Домашнее задание: §16, упр. 16 (1, 2, 5)**

*(Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 класс. – М.: Дрофа, 2006).*

**Спасибо за внимание.  
Спасибо за урок!**

*В заключение урока в качестве средства для релаксации  
предлагается просмотр*

*[слайд-шоу «Космос глазами художника».](#)*