

## Задание №2

### Закон всемирного тяготения

1. Земля притягивает к себе подброшенный мяч с силой 5 Н. С какой силой этот мяч притягивает к себе Землю? (Ответ дайте в ньютонах.)

Согласно третьему закону Ньютона, сила, с которой Земля притягивает мяч, равна силе, с которой мяч притягивает Землю.

Ответ: 5

2. Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. У первой из них радиус орбиты вдвое больше, чем у второй. Каково отношение сил притяжения первой и второй планет к звезде  $F_1/F_2$ ?

По закону Всемирного тяготения:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

По условию у первой планеты  $R_1 = 2R_2$

Отсюда:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2^2}{(2R_2)^2} = \frac{R_2^2}{4R_2^2} = \frac{1}{4} = 0,25$$

Ответ: 0,25

3. Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза меньше, чем для второй. Каково отношение радиусов орбит первой и второй планет?

По закону Всемирного тяготения:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

По условию у первой планеты  $F_1 = \frac{1}{4} F_2$

Отсюда:

$$\frac{1}{4} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad \frac{R_1}{R_2} = 2$$

Ответ: 2

4. У поверхности Земли на космонавта действует сила тяготения 720 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Земли на расстоянии трёх земных радиусов от её центра? (Ответ дайте в ньютонах.)

По 3-му всемирного тяготения сила притяжения космонавта со стороны Земли:

$$F = \frac{GM_3m}{R^2}$$

У поверхности Земли:  $R = R_{\text{Земли}}$

На космическом корабле:  $R = 3R_{\text{Земли}}$

Отсюда, сила тяготения со стороны Земли, действующей на космонавта на космическом корабле, в 9 раз меньше, чем у поверхности Земли:

$$F = \frac{720}{9} = 80 \text{ Н}$$

Ответ: 80

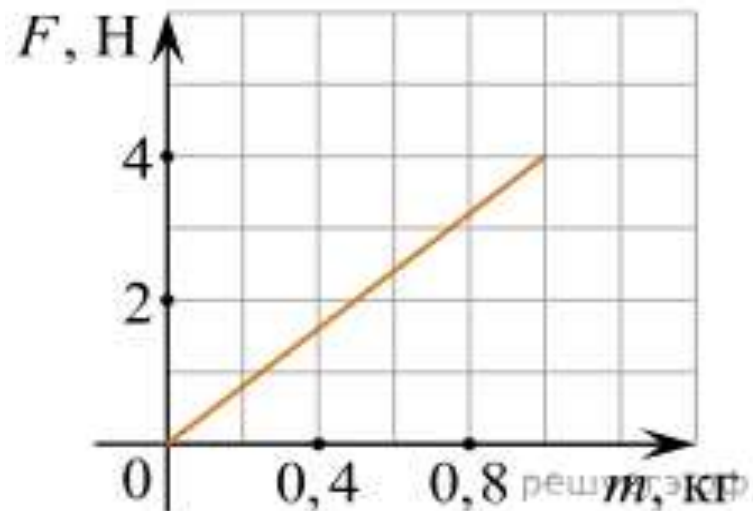
5. На графике показана зависимость силы тяжести от массы тела для некоторой планеты. Чему равно ускорение свободного падения на этой планете? (Ответ дайте в метрах на секунду в квадрате.)

Из рисунка:  $F = 4 \text{ Н}$ ,  $m = 1 \text{ кг}$ .

Ускорение свободного падения для планеты:

$$g = \frac{F}{m} = \frac{4}{1} = 4 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 4



6. Космонавт на Земле притягивается к ней с силой 700 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности, если радиус Марса в 2 раза меньше, а масса - в 10 раз меньше, чем у Земли? (Ответ дайте в ньютонах.)

По 3-му всемирного тяготения сила притяжения космонавта со стороны Земли и Марса:

$$F_{\text{Земли}} = \frac{GM_3 m}{R_3^2} \qquad F_{\text{Марса}} = \frac{GM_M m}{R_M^2}$$

Отсюда, сила притяжения космонавта к Марсу:

$$F_{\text{Марса}} = F_{\text{Земли}} \cdot \frac{M_M}{M_3} \cdot \frac{R_3^2}{R_M^2} = 700 \cdot \frac{1}{10} \cdot 2^2 = 280 \text{ Н}$$

Ответ: 280

7. Камень массой 100 г брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $v = 20$  м/с. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска? (Ответ дайте в ньютонах.) Ускорение свободного падения принять равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

Модуль силы тяжести, действующей на камень, не зависит от скорости движения камня:

$$F = mg = 0,1 * 10 = 1 \text{ Н}$$

Ответ: 1

8. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на тело массой 9 кг, на высоте, равной половине радиуса Земли?

По 3-му всемирного тяготения сила притяжения со стороны Земли:

$$F = \frac{GM_3 m}{R^2}$$

На поверхности Земли:  $F = mg$      $g = \frac{GM_3}{R_3^2}$

Расстояние от тела до центра Земли:

$$R = R_3 + \frac{R_3}{2} = \frac{3R_3}{2}$$

Отсюда на высоте, равной половине радиуса Земли:

$$F = \frac{4}{9} \cdot \frac{GM_3 m}{R_3^2} = \frac{4}{9} mg = 40 \text{ Н}$$

Ответ: 40



9. Два искусственных спутника Земли массой  $m_1=200$  кг и  $m_2=400$  кг обращаются по круговым орбитам одинакового радиуса. Чему равно отношение скоростей этих спутников  $v_2/v_1$ ?

При вращении тела по окружности вокруг Земли, центростремительное ускорение вызывается гравитационным притяжением Земли:

$$ma_{\text{ц}} = \frac{GM_3m}{R^2}$$

$$\text{Ускорение: } a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$$

$$\text{Отсюда: } m \frac{v^2}{R} = \frac{GM_3m}{R^2} \quad v^2 = \frac{GM_3}{R} \quad v = \sqrt{\frac{GM_3}{R}}$$

Скорость не зависит от массы тела, а зависит только от радиуса вращения.

Значит, скорости спутников, вращающиеся по круговым орбитам одинакового радиуса равны:

$$\frac{v_2}{v_1} = 1$$

Ответ: 1

10. Две звезды одинаковой массы  $m$  притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю  $F$ . Во сколько раз больше силы  $F$  модуль сил притяжения между другими двумя звёздами, если расстояние между их центрами такое же, как и в первом случае, а массы звёзд равны  $2m$  и  $3m$ ?

По закону всемирного тяготения сила притяжения между телами пропорциональна массам тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами.

Значит, при данном увеличении масс звёзд сила притяжения между ними увеличится в 6 раз.

Ответ: 6

11. Малая сферическая планета радиусом 2000 км равномерно вращается вокруг своей оси. Ускорение свободного падения на полюсе планеты равно  $2,8 \text{ м/с}^2$ . Чему равна угловая скорость вращения планеты, если тела, находящиеся на её экваторе, испытывают состояние невесомости? Ответ выразите в радианах за земные сутки и округлите до целого числа.

Тела на экваторе планеты испытывают состояние невесомости, значит, на экваторе ускорение свободного падения равно центростремительному ускорению:

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 R$$

$$\text{Отсюда: } \omega = \sqrt{\frac{a_{\text{ц}}}{R}} = \sqrt{\frac{2,8}{2 \cdot 10^6}} \approx 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ рад/с} \approx 102 \text{ рад/сут}$$

Ответ: 102

12. На графике изображена зависимость модуля силы  $F$  взаимодействия точечного тела массой 50 кг и некоторой планеты от расстояния  $r$  между ними. Радиус планеты 4260 км. Определите величину ускорения свободного падения на расстоянии от поверхности планеты, равном радиусу этой планеты. *Ответ дайте в метрах на секунду в квадрате.*

Ускорение свободного падения:  $F, \text{ Н}$

$$g = \frac{F}{m}$$

По условию расстояние до центра планеты:

$$\begin{aligned} r &= R_{\text{пл}} + H = 2R_{\text{пл}} = \\ &= 2 * 4260 = 8520 \text{ км} \end{aligned}$$

По графику:  $F = 30 \text{ Н}$

$$\text{Отсюда: } g = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 0,6

