



# Решение задач на закон всемирного тяготения



Учитель физики: Евдокимова Л.А.

Масса планеты

$$R = \sqrt{\frac{GM}{g}}$$

Расстояние между телами и их центрами

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Сила всемирного тяготения

$$M = \frac{gR^2}{G}$$

Радиус планеты

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

Ускорение свободного падения на  
большом расстоянии от поверхности  
планеты

$$r = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}$$

Масса планеты

Расстояние между телами и их центрами

Сила всемирного тяготения

Радиус планеты

Ускорение свободного падения на  
большом расстоянии от поверхности  
планеты

$$R = \sqrt{\frac{GM}{g}}$$

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$M = \frac{gR^2}{G}$$

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

$$r = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}$$

## 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.

## Подумай и ответь!

1. Как изменится сила притяжения между телами с увеличением расстояния между ними в 3 раза?
- A.** Увеличится в 3 раза.
  - B.** Уменьшится в 3 раза.
  - C.** Уменьшится в 9 раз.

1) Если  $r \uparrow$  в 3 раз, то  $F \downarrow$  в 9 раз. (C)

2. Как изменится сила притяжения между телами с уменьшением массы каждого из тел в 3 раза?
- A.** Увеличится в 3 раза.
  - B.** Уменьшится в 3 раза.
  - C.** Уменьшится в 9 раз.

## Подумай и ответь!

1. Как изменится сила притяжения между телами с увеличением расстояния между ними в 3 раза?
- A.** Увеличится в 3 раза.
  - B.** Уменьшится в 3 раза.
  - C.** Уменьшится в 9 раз.

1) Если  $r \uparrow$  в 3 раз, то  $F \downarrow$  в 9 раз. (C)

2. Как изменится сила притяжения между телами с уменьшением массы каждого из тел в 3 раза?
- A.** Увеличится в 3 раза.
  - B.** Уменьшится в 3 раза.
  - C.** Уменьшится в 9 раз.

2)  $m_1 \downarrow$  в 3 раз,  $m_2 \downarrow$  в 3 раз, значит  $F \downarrow$  в 9 раз (C)

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 4 раза.
- С. Уменьшится в 2 раза.

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 2 раза.
- С. 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?

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 4 раза.
- С. Уменьшится в 2 раза.

3) Если  $r \uparrow$  в 2 р., то  $F \downarrow$  в 4 р. (В)

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 2 раза.
- С. 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?

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.

3) Если  $r \uparrow$  в 2 р., то  $F \downarrow$  в 4 р. (B)

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.

4) Если  $m_1 \uparrow$  в 2 р.,  $m_2 \uparrow$  в 2 р., то  $F \uparrow$  в 4 р. (C)

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

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 4 раза.
- С. Уменьшится в 2 раза.

3) Если  $r \uparrow$  в 2 р., то  $F \downarrow$  в 4 р. (В)

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

- А. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 2 раза.
- С. Увеличится в 4 раза.

4) Если  $m_1 \uparrow$  в 2 р.,  $m_2 \uparrow$  в 2 р., то  $F \uparrow$  в 4 р. (С)

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

$$5) F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{Gm_1m_2}{F}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1 \cdot 1}{6,67 \cdot 10^{-11}}} = 1 \text{ (м)}$$

1. Радиус планеты Марс составляет 0,53 радиуса Земли, а масса – 0,11 массы Земли. Во сколько раз сила притяжения на Марсе меньше силы притяжения того же тела на Земле?

1. Радиус планеты Марс составляет 0,53 радиуса Земли, а масса – 0,11 массы Земли. Во сколько раз сила притяжения на Марсе меньше силы притяжения того же тела на Земле?

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 0,53 R_3 \\ M &= 0,11 M_3 \\ \frac{F_3}{F_M} &= ? \end{aligned} \quad \left| \quad \begin{aligned} F_3 &= \frac{G m M_3}{R_3^2} ; \quad F_M = \frac{G m M_M}{R_M^2} \\ \frac{F_3}{F_M} &= \frac{G m M_3 R_M^2}{R_3^2 G m M_M} = \frac{M_3 (0,53 R_3)^2}{R_3^2 \cdot 0,11 M_3} \\ &= \frac{0,53^2}{0,11} = 2,55 \end{aligned} \right.$$
$$F_3 = 2,55 F_M.$$

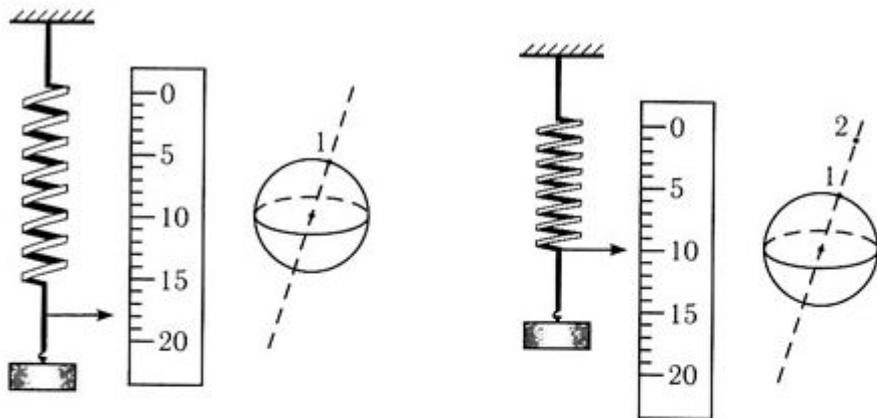
**Ответ: Сила притяжения на Марсе меньше силы притяжения на Земле в 2,55 раза.**

2. Радиус планеты Юпитер составляет 11,2 радиуса Земли, а масса – 318 массы Земли. Во сколько раз сила притяжения на Юпитере больше силы притяжения того же тела на Земле?

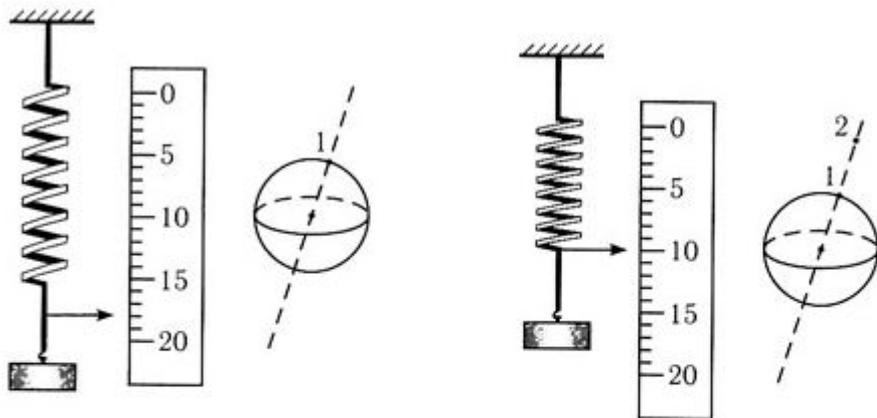
2. Радиус планеты Юпитер составляет 11,2 радиуса Земли, а масса – 318 массы Земли. Во сколько раз сила притяжения на Юпитере больше силы притяжения того же тела на Земле?

$$\begin{array}{l|l} 2) R = 11,2 R_3 \\ M = 318 M_3 \\ \hline \frac{F_{Ю}}{F_3} - ? \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \frac{F_{Ю}}{F_3} = \frac{G m M_{Ю} R_3^2}{R_{Ю}^2 G m M_3} = \frac{318 M_3 R_3^2}{11,2^2 R_3^2 M_3} \\ \\ = \frac{318}{11,2^2} = 2,5 \end{array} \right.$$

**Ответ: Сила притяжения на Юпитере больше силы притяжения на Земле в 2,5 раза.**



**3. Определите на какую высоту поднято тело над Землей на втором рисунке? На первом рисунке тело находится у поверхности Земли (опираясь на показания динамометра).**



3. Определите на какую высоту поднято тело над Землей на втором рисунке? На первом рисунке тело находится у поверхности Земли (опираясь на показания динамометра).

$$\begin{array}{l}
 P_3 = 18 \text{ Н} \\
 P = 10 \text{ Н} \\
 h - ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 P_3 = mg \Rightarrow m = \frac{P_3}{g} = \frac{18}{9,8} = 1,84 \text{ кг} \\
 P = mg \Rightarrow g = \frac{P}{m} = \frac{10}{1,84} = 5,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}
 \end{array}
 \right.$$

$$g = \frac{GM}{(R_3 + h)^2}; \quad (R_3 + h)^2 = \frac{GM}{g}; \quad R_3 + h = \sqrt{\frac{GM}{g}}$$

$$h = \sqrt{\frac{GM}{g}} - R_3 = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{5,4}} - \sqrt{7,4 \cdot 10^{13}} = 2,7 \cdot 10^6 \text{ м} = 2700 \text{ км.}$$

Отв:  $h = 2700 \text{ км.}$

4. С какой силой лётчик-космонавт притягивается к Земле, находясь на высоте 300 км от её поверхности? Масса космонавта 80 кг. Сравните полученное значение с силой притяжения на поверхности Земли.

4. С какой силой лётчик-космонавт притягивается к Земле, находясь на высоте 300 км от её поверхности? Масса космонавта 80 кг. Сравните полученное значение с силой притяжения на поверхности Земли.

$$\begin{array}{l}
 h = 300 \text{ км} \quad | \quad 3 \cdot 10^5 \text{ м} \\
 m = 80 \text{ кг} \\
 \hline
 F_3 \quad ? \quad F_3 \quad ? \\
 F \\
 \hline
 F = \frac{G m M_3}{(R_3 + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 80 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6)^2} = 71 \cdot 10 = 710 \text{ (Н)} \\
 \\
 F_3 > F \text{ на } 70 \text{ Н.} \quad \text{или} \quad \frac{F_3}{F} = \frac{780}{710} = 1,1 \\
 \\
 F_3 > F \text{ в } 1,1 \text{ раза.}
 \end{array}$$

Ответ: 780 Н;  $F_3$  больше  $F$  на 70 Н больше (в 1,1 раза больше)

**Выбери свой уровень и реши**

1. Вычислите первую космическую скорость для высоты над Землёй, равной радиусу Земли. (1 балл)
2. Первая космическая скорость вблизи планеты радиусом 4000 км равна 4 км/с. Каково ускорение свободного падения на поверхности этой планеты? (2 балла)
3. Вычислите период обращения спутника Земли на высоте 300 км. (3 балла)

Если принять  $h = 0$ , то вблизи поверхности Земли:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

- ускорение у поверхности Земли

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R^2} \cdot R} = \sqrt{gR}$$

$$v = \sqrt{gR}$$

**-первая  
космическая  
скорость**

**Выбери свой уровень и реши**

1. Вычислите первую космическую скорость для высоты над Землёй, равной радиусу Земли. (1 балл)

Выбери свой уровень и реши

1. Вычислите первую космическую скорость для высоты над Землёй, равной радиусу Земли. (1 балл)

1 балл:

$$1) v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_3 + h}} = \sqrt{\frac{GM}{R_3 + R_3}} = \sqrt{\frac{GM}{2R_3}} = \sqrt{\frac{GM}{R_3}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} =$$
$$= 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 0,707 = \underline{5,59 \frac{\text{км}}{\text{с}}}$$

Ответ: 5,59 км/с

**Выбери свой уровень и реши**

1. Вычислите первую космическую скорость для высоты над Землёй, равной радиусу Земли. (1 балл)
2. Первая космическая скорость вблизи планеты радиусом 4000 км равна 4 км/с. Каково ускорение свободного падения на поверхности этой планеты? (2 балла)

Выбери свой уровень и реши

1. Вычислите первую космическую скорость для высоты над Землёй, равной радиусу Земли. (1 балл)
2. Первая космическая скорость вблизи планеты радиусом 4000 км равна 4 км/с. Каково ускорение свободного падения на поверхности этой

2 балла:

$$2) R = 4000 \text{ км} = 4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$v_1 = 4 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 4 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

g - ?

$$v_1 = \sqrt{gR}; \quad gR = v_1^2; \quad g = \frac{v_1^2}{R}$$
$$g = \frac{(4 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{4 \cdot 10^6 \text{ м}} = \frac{16 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 4 м/с<sup>2</sup>

**Выбери свой уровень и реши**

3. Вычислите период <sup>сам:</sup> обращения спутника Земли на высоте 300 км. **(3 балла)**

Выбери свой уровень и реши

3. Вычислите период <sup>сам:</sup> обращения спутника Земли на высоте 300 км. (3 балла)

3 балла

3)  $h = 300 \text{ км} = 3 \cdot 10^5 \text{ м}$

$$T = \frac{2\pi(R_3 + h)}{v_1}, \quad v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_3 + h}}$$

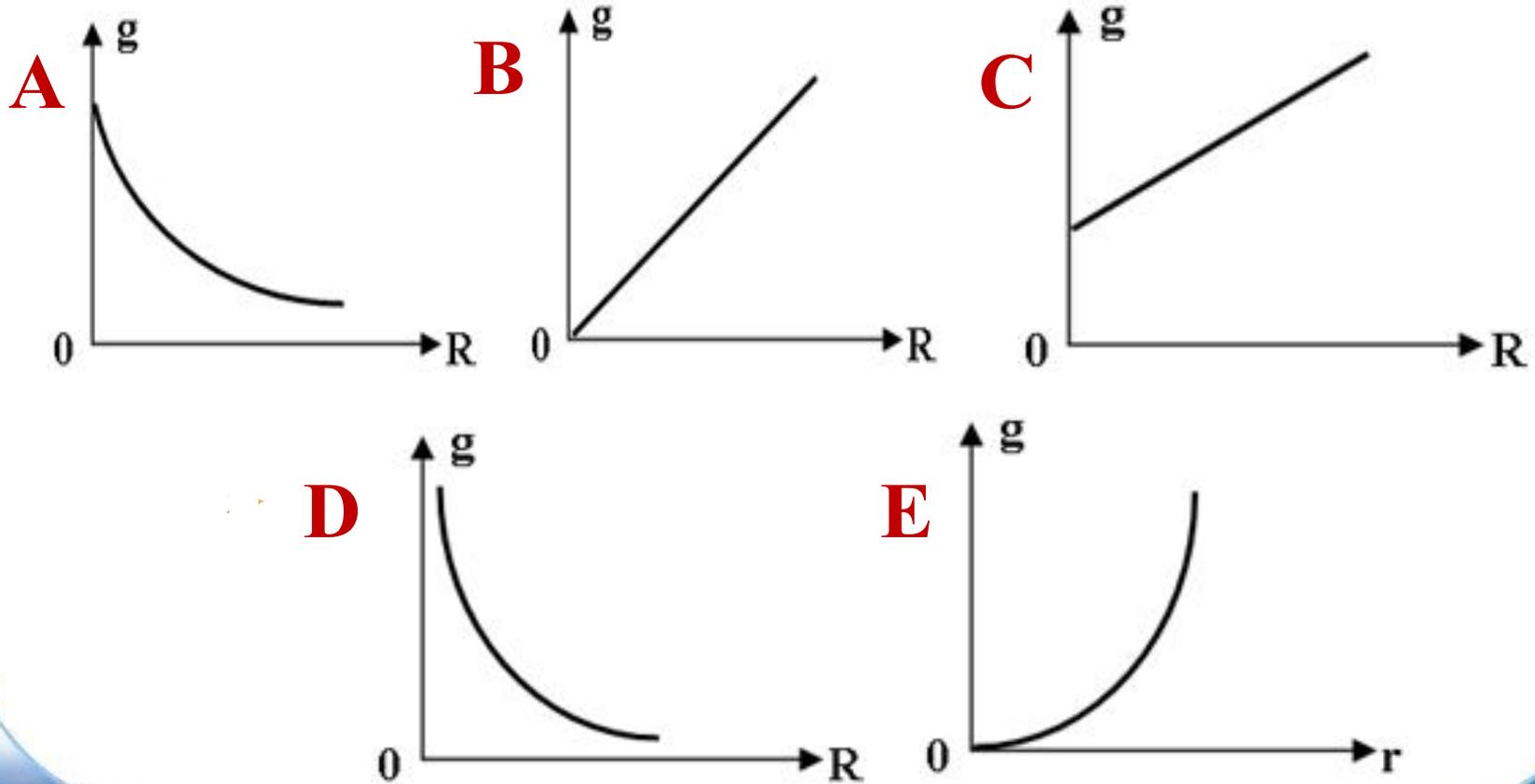
$T = ?$

$$R_3 = 6400 \text{ км}$$
$$T = \frac{2\pi(R_3 + h)\sqrt{R_3 + h}}{\sqrt{GM}}$$
$$T = \frac{2 \cdot 3,14 (6400 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^5) \sqrt{64 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6}}{\sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}}$$
$$= \frac{42\,076\,000 \cdot \sqrt{6,7 (10^3)^2}}{\sqrt{40,02 \cdot 10^{13}}} = \frac{108\,911\,025,6 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^6} = \frac{108\,911\,025,6 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^6}$$
$$= 5,445 \cdot 10^3 \text{ с} = 1,512.$$

Ответ: 1,51 ч

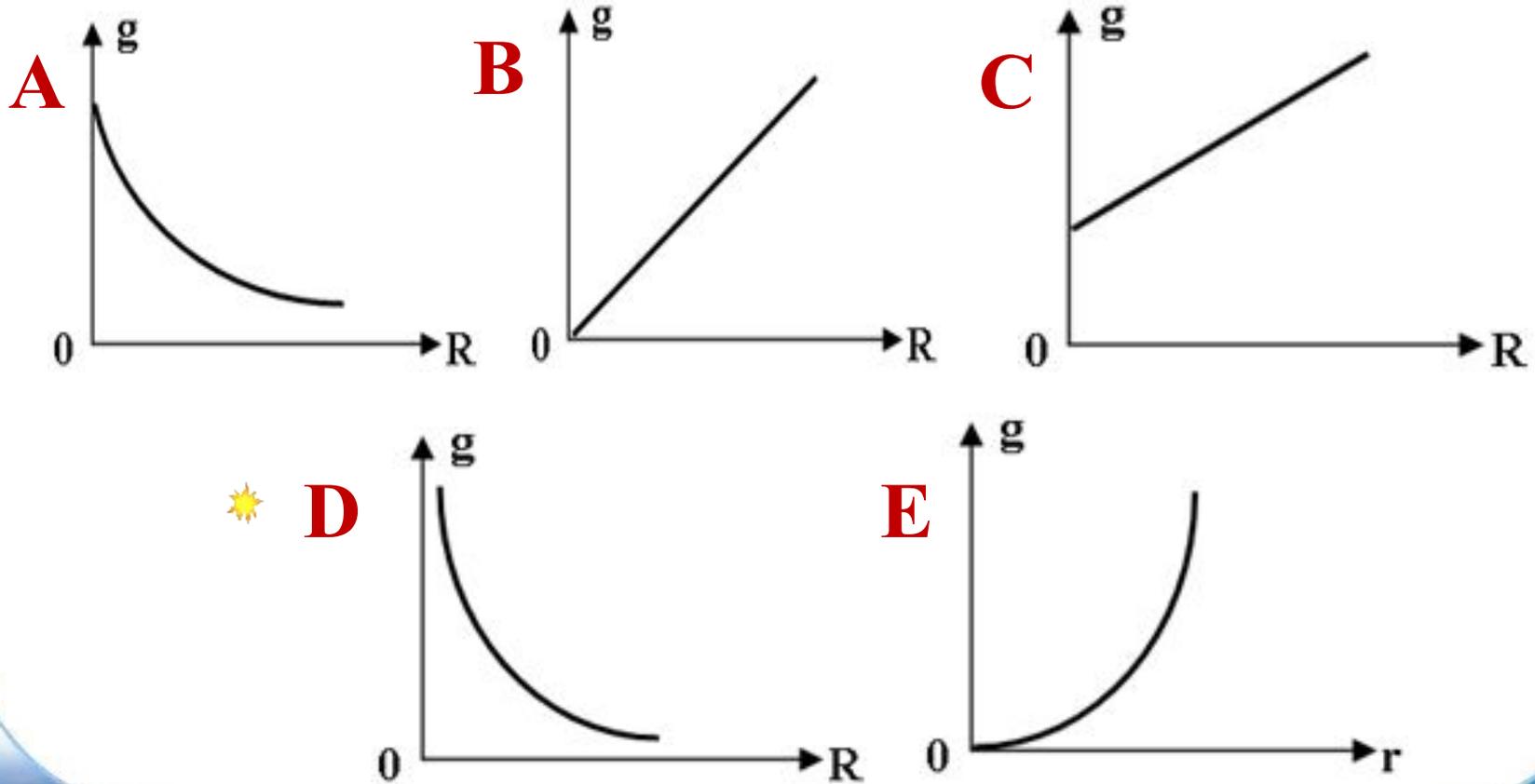
## Задача 3

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



## Задача 3

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



## 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:  $g = P/m = 50 (\text{м/с}^2)$ .

## Домашнее задание:

1. Определите ускорение свободного падения на Марсе, если масса Марса  $6,42 \cdot 10^{23}$  кг. Радиус Марса принять равным 3389,5 км
2. Во сколько раз сила притяжения между Луной и Солнцем больше, чем сила притяжения между Луной и Землей?
3. На какой высоте над поверхностью Земли сила тяжести будет в 4 раза меньше, чем на Земле? Радиус Земли принять равным 6400 км.