

Космические скорости

Повтори

М

Силы

```
graph TD; A[Силы] --> B[Гравитационные силы]; A --> C[Сильное взаимодействие]; A --> D[Слабое взаимодействие]; A --> E[Электромагнитные силы];
```

Гравитационные
силы

Сильное
взаимодействие

Слабое
взаимодействие

Электромагнитные
силы

Силы в механике

```
graph TD; A[Силы в механике] --> B[Гравитационные силы]; A --> C[Силы упругости]; A --> D[Силы трения];
```

Гравитационные силы

Силы упругости

Силы трения

Второй закон Ньютона

$$\vec{F}_p = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

$$\vec{g} = \overrightarrow{const}$$

Действие гравитационных сил **прямо пропорционально массе тела**, на которое они воздействуют!

Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$



Гравитационная сила, возникающая между двумя телами **пропорциональна массам обоих тел!**

Закон всемирного тяготения

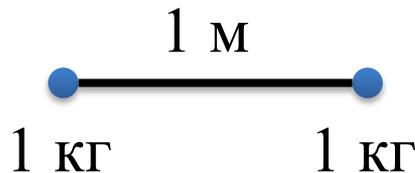
Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad [G] = \left[\frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{кг}^2} \right]$$

G — гравитационная постоянная.



$$F = G \text{ (численно)}$$



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- **Все тела, имеющие массу, притягиваются друг к другу.**
- **Сила притяжения** между двумя телами прямо пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

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

$$G = 6,674 \times 10^{-11} \frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

Основные выводы

□ Расчеты, выполненные, исходя из формулы, описывающей закон всемирного тяготения, могут считаться точными в трех случаях:

- 1) Если оба тела имеют форму шара и являются однородными.
- 2) Если размеры тел ничтожно малы, по сравнению с расстоянием между ними.
- 3) Если одно из тел обладает формой шара и его размеры многократно больше размеров второго тела любой формы.

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

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

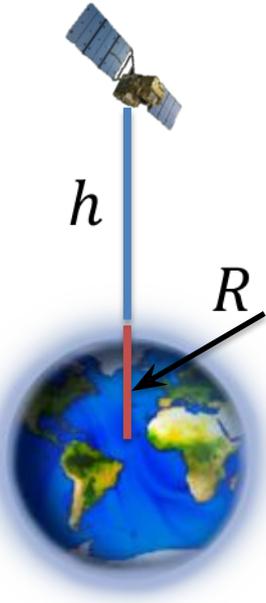
$$\vec{g} = \overline{const}$$

Ускорение свободного падения планеты
зависит:

- от масса планеты;
- от географической широты;
- геометрических размеров планеты(ее радиуса);
- высоты над п

$$g = \frac{GM}{(r+h)^2}$$

ю планеты.



$$\vec{F}_p = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_\Gamma = m\vec{a}_\Gamma$$

$$\vec{F}_\Gamma = G \frac{M_3 m}{(R + h)^2}$$

$$\vec{F}_p = G \frac{M_3 m}{(R + h)^2} = m\vec{a}_\Gamma$$

$$\frac{GM_3 m}{(R + h)^2} = m\vec{a}_\Gamma$$

$$\frac{GM_3}{(R + h)^2} = \frac{v^2}{R + h}$$

$$v^2 = \frac{GM_3}{(R + h)}$$

$$a_\Gamma = \frac{v^2}{R}$$

Первая космическая скорость

Первая космическая скорость — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы вывести его на орбиту Земли.

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Для Земли:

$$v_1 = 7,9 \text{ км/с}$$



Вторая космическая скорость

Вторая космическая скорость — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть орбиту Земли.

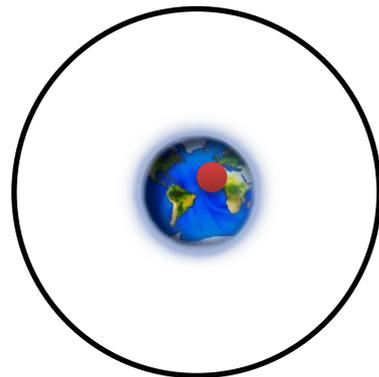
$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{GMm}{R}$$

$$v_2 = v_1\sqrt{2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Для Земли:

$$v_2 = 11,2 \text{ км/с}$$



Первая и вторая космические скорости


$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$v_2 = v_1\sqrt{2}$$


$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

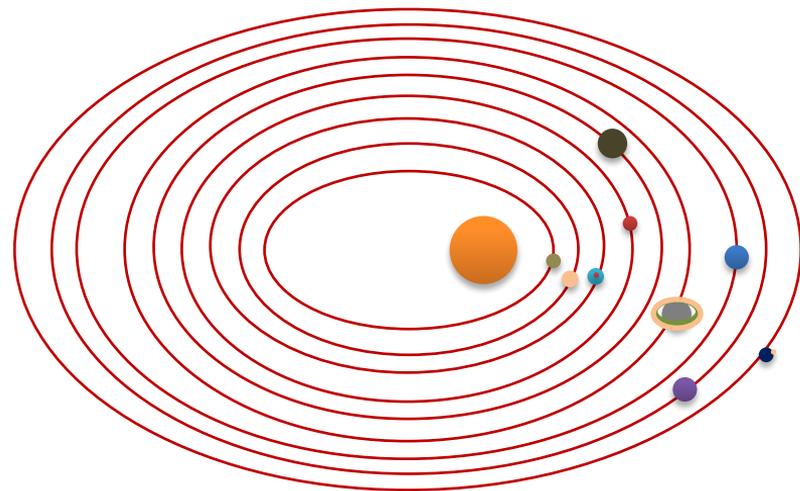
Третья космическая скорость

Третья космическая скорость — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть Солнечную систему.

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v^2 + v_2^2}$$

Вблизи Земли:

$$v_3 = 16,65 \text{ км/с}$$



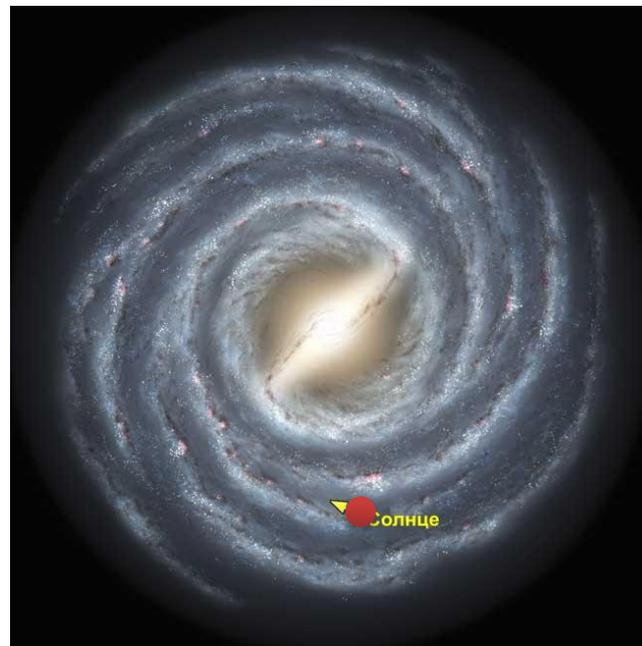
Четвертая космическая скорость

Четвертая космическая скорость — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть галактику Млечный Путь.

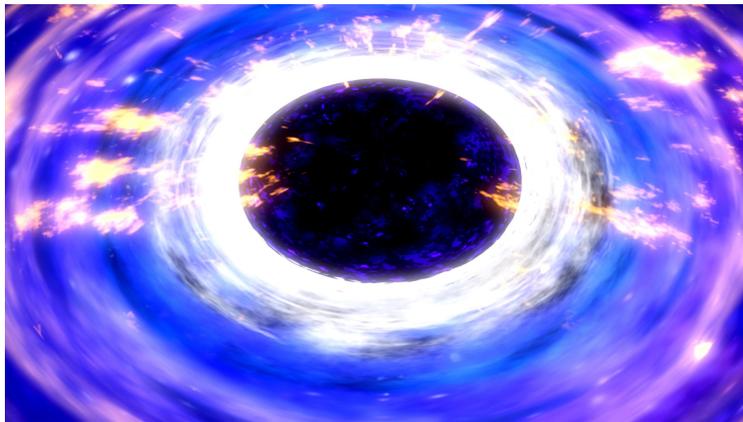
$$v_4 = \sqrt{\varphi}$$

Где φ — гравитационный потенциал.
Гравитационный потенциал может меняться в зависимости от положения в галактике и момента времени.

Вблизи Солнца: $v_4 = 550$ км/с



Черные дыры



Черные дыры обладают огромной плотностью:

$$\rho \sim 2 \times 10^{17} \text{ кг/м}^3$$

Космические скорости черных дыр:

$$v_1 \geq c$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{2} > c$$

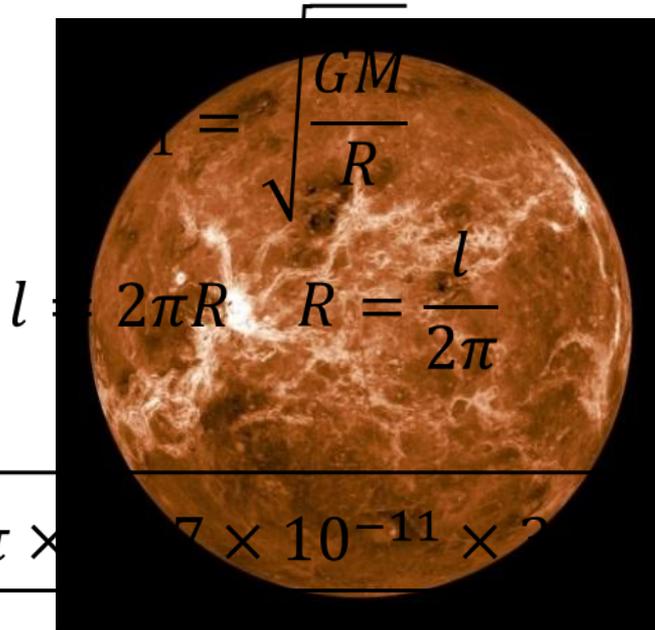
Масса Меркурия равна $3,33 \times 10^{23}$ кг, а длина экватора составляет 15329 км. Какую минимальную скорость нужно сообщить телу, на Меркурии, чтобы это тело стало искусственным спутником? Меркурий можно считать идеальным шаром.

Дано:

$$M = 3,33 \times 10^{23} \text{ кг}$$

$$l = 15329 \text{ км}$$

$$v_1 - ?$$



$$v_1 = \sqrt{\frac{2\pi GM}{l}} = \sqrt{\frac{2\pi \times 6,67 \times 10^{-11} \times 3,33 \times 10^{23}}{15329000}} \approx 3 \text{ км/с}$$

Находясь на неизвестной планете, команде космического корабля срочно требуется ее покинуть. Произведя все расчёты, они выяснили, что им необходимо достичь скорости, равной 14 км/с чтобы улететь с этой планеты. Если масса планеты составляет $3 \times 10^{25} \text{ кг}$ то какова плотность этой планеты? Принять планету за идеальный шар.

Дано:

$$v_2 = 14 \text{ км/с}$$

$$M = 3 \times 10^{25} \text{ кг}$$

$$\rho - ?$$

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$R = \frac{2GM}{v_2^2}$$



Находясь на неизвестной планете, команде космического корабля срочно требуется ее покинуть. Произведя все расчёты, они выяснили, что им необходимо достичь скорости, равной 14 км/с, чтобы улететь с этой планеты. Если масса планеты составляет 3×10^{25} кг, то какова плотность этой планеты? Принять планету за идеальный шар.

Дано:	$\rho = \frac{M}{V}$	$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3$	$R^3 = \frac{8G^3 M^3}{v_2^6}$
$v_2 = 14 \text{ км/с}$			
$M = 3 \times 10^{25} \text{ кг}$		$\rho = \frac{3Mv_2^6}{4\pi \times 8G^3 M^3} = \frac{3v_2^6}{32\pi G^3 M^2}$	
$\rho - ?$			

$$\rho = \frac{3 \times 14000^6}{32\pi(6,67 \times 10^{-11})^3(3 \times 10^{25})^2} = 841 \text{ кг/м}^3$$

Найдите массу и вторую космическую скорость звезды, для которой первая космическая скорость равна ~~300 км/с~~ ^{300 км/с}. Радиус звезды равен ~~57000 км~~ ^{57000 км}.

Дано:

$$v_1 = 300 \text{ км/с}$$

$$R = 57000 \text{ км}$$

$$v_2 - ? \quad M - ?$$

СИ
$3 \times 10^5 \text{ м/с}$
$57 \times 10^6 \text{ м}$

$$v_2 = v_1 \sqrt{2}$$

$$v_2 = 3 \times 10^5 \sqrt{2}$$

$$v_2 = 420 \text{ км/с}$$



$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \Rightarrow M = \frac{Rv_1^2}{G} = \frac{57 \times 10^6 \times (3 \times 10^5)^2}{6,67 \times 10^{-11}} = 7,69 \times 10^{28} \text{ кг}$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- **Первая космическая скорость** — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли.

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

- **Вторая космическая скорость** — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть орбиту Земли.

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- **Третья космическая скорость** — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть Солнечную систему.

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v^2 + v_2^2}$$

- **Четвертая космическая скорость** — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно смогло покинуть галактику Млечный Путь.

$$v_4 = \sqrt{\varphi}$$

Домашнее задание

Параграфы 27-28 повторить;

параграф 31;

На «4»: стр.101 №А1-А3

На «5»: стр.104 С4, задачи для сам. решения
№1.