Применение физических законов при решении задач по астрофизике

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18	5,52
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	23,71	1,67

Планеты земной группы

Планеты-гиганты

Год

Сутки

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi d^3}{6}$$

$$v_2 = \sqrt{2gR} = \sqrt{gd}$$

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

$$m = \rho V$$

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18	5,52
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	23,71	1,67

3) Первая космическая скорость вблизи Урана составляет примерно 15,1 км/с.

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

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

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18	5,52
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	23,71	1,67

3) Ускорение свободного падения на Юпитере примерно равно 59,54 м/с².

$$v_2 = \sqrt{gd}$$

$$g = \frac{{v_2}^2}{d}$$

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18	5,52
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	23,71	1,67

2) Масса Юпитера почти в 3 раза больше массы Урана.

$$m = \rho V = \frac{\pi \rho d^3}{6} \quad \text{М}_{\text{ю}} = \frac{\pi \rho_{\text{ю}} d_{\text{ю}}{}^3}{6} \quad \text{М}_{\text{у}} = \frac{\pi \rho_{\text{у}} d_{\text{у}}{}^3}{6} \quad \frac{\text{М}_{\text{ю}}}{\text{М}_{\text{у}}} = \frac{\frac{\pi \rho_{\text{ю}} d_{\text{ю}}{}^3}{6}}{\frac{\pi \rho_{\text{у}} d_{\text{у}}{}^3}{6}}$$

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.*)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	$3° \approx 0°$	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27′	7,89	5,52
Марс	1,52	6 794	23°59′	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	30°5′	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44′	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°5′	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48′	17,5	1,67

*$1\ \text{а.е.} \approx 150$ млн км

Планеты земной группы

Планеты-гиганты

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi d^3}{6}$$

Смена времен года

При ***малых*** наклонах оси вращения, как например, на Венере, **смена времен года на планете не наблюдается**. Происходит **1 раз** за год.

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{g\frac{d}{2}}$$

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

$$m = \rho V$$

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.*)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27′	7,89	5,52
Марс	1,52	6 794	23°59′	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	30°5′	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44′	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°5′	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48′	17,5	1,67

4) Ускорение свободного падения на Меркурии составляет около 3,6 м/с^2.

$$v_1 = \sqrt{g\frac{d}{2}}$$

$$g = \frac{2{v_1}^2}{d}$$

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.*)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см³
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27′	7,89	5,52
Марс	1,52	6 794	23°59′	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	30°5′	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44′	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°5′	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48′	17,5	1,67

4) Объем Юпитера почти в 3 раза больше объема Нептуна.

$$V = \frac{\pi d^3}{6} \qquad V_{ю} = \frac{\pi {d_{ю}}^3}{6} \qquad V_{н} = \frac{\pi {d_{н}}^3}{6} \qquad \frac{V_{ю}}{V_{н}} = \frac{\frac{\pi {d_{ю}}^3}{6}}{\frac{\pi {d_{н}}^3}{6}} = \left(\frac{d_{ю}}{d_{н}}\right)^3$$

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.*	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты *e***	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3{,}0\cdot10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8{,}3\cdot10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8{,}7\cdot10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3{,}2\cdot10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2{,}8\cdot10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1{,}4\cdot10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1{,}1\cdot10^{18}$

* 1 а. е. ≈ 150 млн км

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

$a_М \approx 1{,}5$ а. е.

...

Пояс астероидов

...

$a_Ю \approx 5{,}2$ а. е.

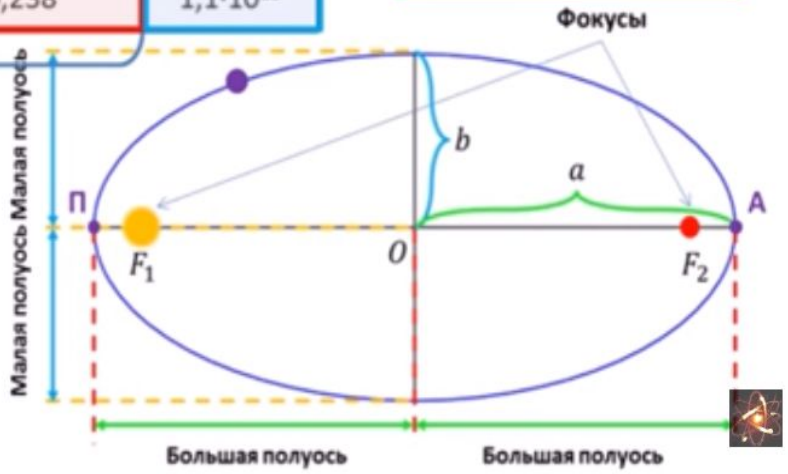
$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

Среднее расстояние до Солнца

Год

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

Чем **больше** *e*, тем орбита **более** «**вытянута**»



Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.*	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты *e***	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3{,}0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8{,}3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8{,}7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3{,}2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2{,}8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1{,}4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1{,}1 \cdot 10^{18}$

4) Первая космическая скорость для астероида Юнона составляет более 8 км/с.

$$v_1 = \sqrt{gR}$$

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

$$v_1 = \sqrt{G\frac{M}{R^2} \cdot R} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.*	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты *e***	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3{,}0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8{,}3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8{,}7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3{,}2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2{,}8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1{,}4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1{,}1 \cdot 10^{18}$

1) Вторая космическая скорость для астероида Веста составляет более 11 км/с.

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

$$g = G\frac{M}{R^2} \quad v_2 = \sqrt{2 \cdot G\frac{M}{R^2} \cdot R} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.*	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты *e***	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3{,}0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8{,}3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8{,}7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3{,}2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2{,}8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1{,}4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1{,}1 \cdot 10^{18}$

3) Средняя плотность астероида Церера составляет 400 кг/м^3.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4}\frac{m}{\pi R^3}$$