

Решение задач.

Тяготение.

5.\* Для любой планеты рассчитать отношение скорости в апогее и в перигее, зная расстояние.

Знать термины (тест)

# Пример контрольной

2022 11 класс Астрономия Тема 3 Тяготение. Параллакс Вариант 1

1. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики спутников планет Солнечной системы.

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

Обоснуйте свой выбор.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

- 1) Первая космическая скорость для спутника Каллисто составляет примерно 1,7 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Европе примерно  $20,25 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Орбита Ио располагается ближе к поверхности Юпитера, чем орбита Каллисто.
- 4) Первая космическая скорость для спутника Тритона составляет примерно 2,0 км/с.
- 5) Объём Луны в 1,5 раза меньше объёма Титана.

2. Что больше: ускорение, сообщаемое Землей Солнцу, или ускорение, сообщаемое Землей Луне, и во сколько раз?
3. Определите период обращения астероида Белоруссия, если большая полуось его орбиты  $a = 2,40$  а. е.
4. Определите вторую космическую скорость для спутника Юпитера Ио. Воспользуйтесь данными таблицы.
5. Каков наибольший угловой диаметр Земли, рассматриваемой с Марса на расстоянии  $0,378$  а. е.? (пока не разобрана)

## Формулы

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\frac{T_1^2 (M + m_1)}{T_2^2 (M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$$

P — Сидерический период Земли

T — Сидерический период планеты

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P}$$

S — Синодический период

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

$$v = \omega r = \frac{2\pi}{T} r = 2\pi v r$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = v\omega$$

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

$$v_{II} = \sqrt{2gR_3}$$

**1.** Астероид Веста совершает полное обращение вокруг Солнца в 3,63 года.

Во сколько раз в среднем он отстоит дальше от Солнца, чем Земля?

**Найти:**

$R_V/R_3$ -?

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

**Дано:**

$T_V = 3.63 \text{ г.}$

$T_3 = 1 \text{ г.}$

$$\frac{R_V}{R_3} = \left(\frac{T_V}{T_3}\right)^{\frac{2}{3}} = (3,636)^{\frac{2}{3}} = 2,36 \text{ раза}$$

**Рекомендации:**

1. Проверяем, что дан сидерический период.
2. Так как Веста и Земля - обе обращаются вокруг Солнца, берем первую формулу
3. Большую полуось при малом эксцентриситете можно заменить на радиус.

**2.** Марс в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Какова продолжительность года на Марсе? Орбиты планет считать круговыми.

**3.** Вычислить периоды обращения вокруг Солнца планеты Венеры и астероида Европы, у которых средние гелиоцентрические расстояния соответственно равны 0,723 а. е. и 3,10 а. е.  
Расстояние от Земли до Солнца = 1 а.е.

4. Если бы у Земли был спутник с периодом обращения в 8 лунных месяцев, каково было бы расстояние до него? (сравнивайте с Луной.)

5. Синодический период малой планеты 500 суток. Определите большую полуось ее орбиты и звездный период обращения.

Найти:

$R_B/R_3$ -?

Дано:

$T_1 = 3.63$  г.

$T_3 = 1$  г.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$$

$$\frac{1}{500 \text{ сут}} = \frac{1}{365 \text{ сут}} - \frac{1}{T}$$

$$T = 1352 \text{ дня}$$

$$\frac{T_1^2}{T_3^2} = \frac{R_1^3}{R_3^3}$$

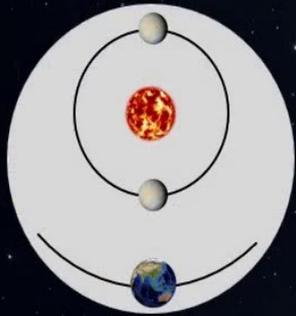
$$\frac{1352^2}{365^2} = \frac{R_1^3}{1 \text{ a.e.}^3}$$

$$R_1 = 2,39 \text{ a.e.}$$

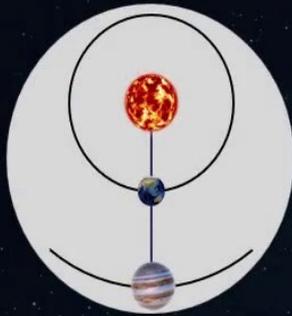
Рекомендации:

1. Переходим от синодического к сидерическому периоду.
2. В качестве второго тела Ерем Землю.
3. Оба тела обращаются вокруг Солнца, берем первую формулу
3. Большую полуось при малом эксцентриситете можно заменить на радиус.

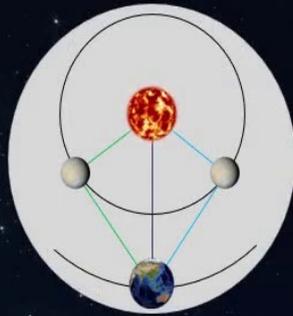
## Конфигурации планет



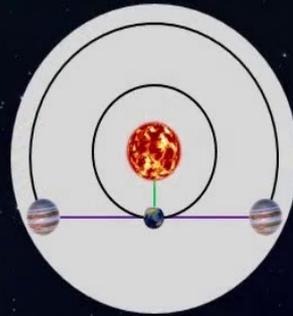
Соединение



Противостояние



Элонгация



Квадратура

### Рекомендации:

1. Время между повторяющимися конфигурациями - синодический период.

**6.** Наблюдатель заметил, что некоторая планета бывает в противостоянии каждые 665 сут. Каково ее расстояние от Солнца в астрономических единицах?

**7** 1. Чему равен звездный период обращения Венеры вокруг Солнца, если ее верхние соединения с Солнцем повторяются через 1,6 года?

8. Определите массу Юпитера, зная, что его спутник, который отстоит от Юпитера на 422000 км, имеет период обращения 1,77 сут. Для сравнения используйте данные для системы Земля—Луна.

**Найти:**

$m_{\text{Ю(1)}}$ -?

**Дано:**

$$R_{\text{сп.ю(1)}} = 422 \times 10^6 \text{ м}$$

$$T_{\text{сп.ю(1)}} = 1.77 \text{ сут.}$$

$$R_{\text{сп.з(2)}} = 384 \times 10^6 \text{ м}$$

$$T_{\text{сп.з(3)}} = 27.4 \text{ сут.}$$

$$M_{\text{З}} = 6 \times 10^{24} \text{ кг}$$

$$\frac{T_1^2 \cdot (M_1 + m_{\text{сп1}})}{T_3^2 \cdot (M_2 + m_{\text{сп2}})} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

**Рекомендации:**

2. Так как спутники обращаются вокруг разных планет- берем вторую формулу.
2. Большую полуось при малом эксцентриситете можно заменить на радиус.
3. Массой спутников по сравнению с массой планет можно пренебречь.
4. R в данном случае- это радиус орбит спутников

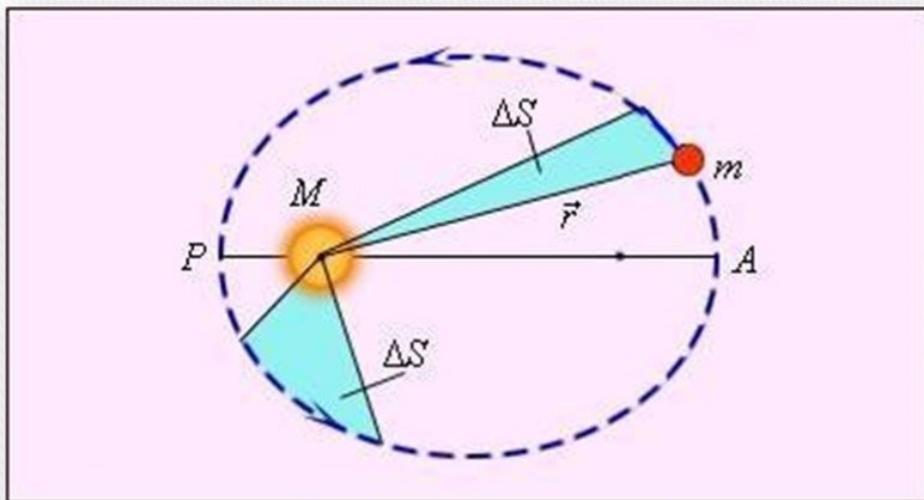
**9.** Вычислите массу Нептуна, приняв за единицу измерения массы массу Земли и зная, что спутник Нептуна Тритон отстоит от центра планеты на 354 тыс км, а период обращения его равен 5 сут 21,0 ч

Указание Вычисление произвести, сопоставляя движение спутника Нептуна с движением Луны вокруг Земли

**10.** Во сколько раз масса Плутона меньше массы Земли, если известно, что расстояние до его спутника Харона  $19,64 \times 10^3$  км, а период обращения спутника равен 6,4 сут. Расстояние Луны от Земли составляет  $3,84 \times 10^5$  км, а период обращения 27,3 сут.

**11.** В какой точке эллиптической орбиты потенциальная энергия искусственного спутника Земли (ИСЗ) минимальна и в какой — максимальна?

## ВТОРОЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА



*Радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает равные площади.*

Планета движется вокруг Солнца неравномерно: линейная скорость планеты вблизи перигелия больше, чем вблизи афелия

Кинетической все  
росто- по 2 закону  
еплера.  
перегее скорость  
,соответственно,,  
инетическая энергия  
ольше.

**11.** В какой точке эллиптической орбиты потенциальная энергия искусственного спутника Земли (ИСЗ) минимальна и в какой — максимальна?

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

↓

q

$$W_n = m \cdot q \cdot R$$

↓

$$W_n = \frac{G \cdot (M_{пл}) \cdot m}{R}$$



**Примечания:**

1.  $h=R$ , отсчитывается от центра Земли.
2. Потенциальная энергия по модулю также максимальна в перигее (чем ближе, тем взаимодействие сильнее).
3. Но! Потенциальная энергия зависит от выбора 0 уровня.  
0 Уровень- на бесконечности.  
Поэтому потенциальная энергия отрицательна.  
С учетом знака- максимальна в апогее и Закон сохранения энергии не нарушается.

**12.** Определите афелийное расстояние астероида Минск, если большая полуось его орбиты  $a=2,88$  а. е., а эксцентриситет  $=0,24$

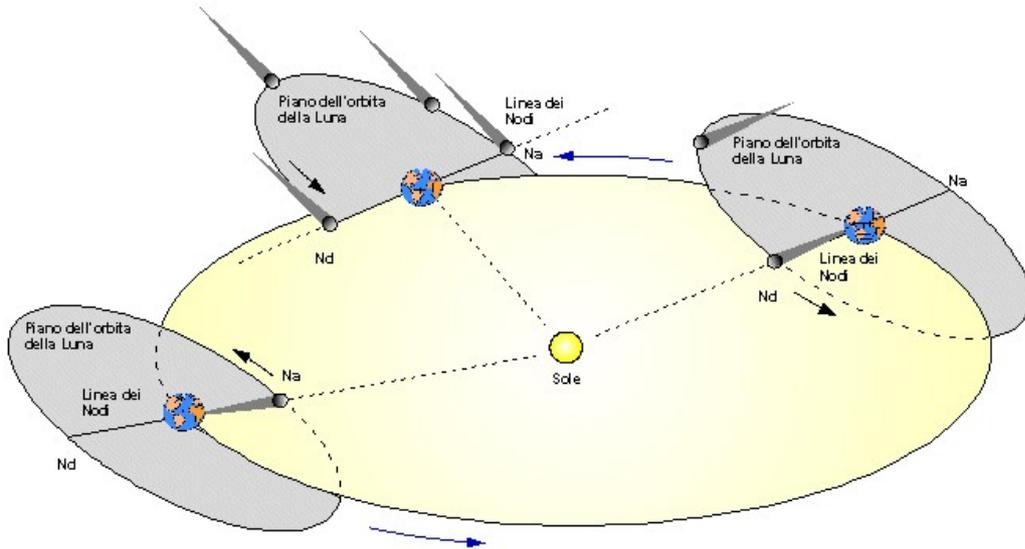
- Радиус перигелия рассчитывается по формуле:  $r=(1-e)a$ , где:  $a$  — большая полуось;  $e$  — эксцентриситет орбиты.
- Афелий орбиты рассчитывается по формуле  $r=(1+e)a$ , где  $a$  — большая полуось;  $e$  — эксцентриситет орбиты.

•

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

**13.** Что больше: ускорение, сообщаемое Землей Солнцу,  
или ускорение, сообщаемое Землей Луне, и во сколько раз?

Для нахождения необходимых величин воспользуйтесь источниками.



$$a_{\text{земли}} = \frac{G \cdot (M_{\text{солн}})}{R_{\text{зем.солн}}^2}$$

$$a_{\text{луны}} = \frac{G \cdot (M_{\text{земли}})}{R_{\text{зем.луны}}^2}$$

**14.** Массы Земли и Луны относятся, как 81 :1, а радиусы их — как 1 :0,27. Чему равно ускорение свободного падения на Луне?

$$q_{л} = \frac{G \cdot (M_{л})}{R_{л}^2}$$

$$q_{з} = \frac{G \cdot (M_{з})}{R_{з}^2}$$

**15.** Определите вторую космическую скорость для поверхности Луны путем сравнения с соответствующими данными для Земли.

$$q = \frac{G \cdot (M_{nl})}{R_{nl.cn}^2} = a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

$$v_1 = \sqrt{q \cdot R} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$$

$$v_{11} = \sqrt{2q \cdot R} = \sqrt{2} \cdot v_1$$

**16.** Ускорение силы тяжести на Марсе составляет  $3,7 \text{ м/с}^2$ , на Юпитере —  $25 \text{ м/с}^2$ . Рассчитайте первую и вторую космическую скорость для этих планет.

# №1 №2. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики **планет** Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Планета (карл.планета)	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус, а.е.	Период обращения, лет	Сутки,	Плотность , кг/м <sup>3</sup>
Меркурий	0,382	0,055	0,38	0,241	58,6	5427
Венера	0,949	0,815	0,72	0,615	243	5243
Земля	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5515
Марс	0,53	0,107	1,52	1,88	1,03	3933
Церера	0,074	0,00015	2,76	4,6	0,378	2161
Юпитер	11,2	318	5,20	11,86	0,414	1326
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	0,426	687
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	0,718	1270
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	0,671	1638
Плутон	0,186	0,0022	39,2	248,09	6,387	1860
Хаумеа	~0,11	0,00066	43	281,1	0,163	~2600
Макемаке	0,116	~0,0005	45,4	306,28	0,324	~1700
Эрида	0,182	0,0028	67,8	558,04	1,1	2520

## комментарии

1. Смена времен года связана с углом наклона оси вращения: есть угол- есть смена времен года.

2. Объем  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$  , где R — радиус планеты.

**№1. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.**

1) На Марсе не может наблюдаться смена времён года.

2) Ускорение свободного падения на Нептуне составляет около  $11,4 \text{ м/с}^2$ .

3) Объём Марса в 3 раза меньше объёма Венеры.

4) Вторая космическая скорость для Меркурия составляет примерно  $1,25 \text{ км/с}$ .

5) Орбита Венеры находится на расстоянии примерно  $108 \text{ млн км}$  от Солнца.

**№2.** Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

1) Ускорение свободного падения на Уране составляет около  $15,1 \text{ м/с}^2$ .

2) На Нептуне может наблюдаться смена времён года.

3) Вторая космическая скорость для Марса составляет примерно  $5,02 \text{ км/с}$ .

4) Чем дальше планета располагается от Солнца, тем большее её объём.

5) Орбита Юпитера находится на расстоянии примерно  $280 \text{ млн км}$  от Солнца.

## **№3 №4.** Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

**№3.** Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

1) Первая космическая скорость для спутника Сатурна составляет примерно 50,2 км/с.

2) Ускорение свободного падения на Марсе примерно 3,7 м/с<sup>2</sup>.

3) Угловая скорость вращения Урана вокруг Солнца больше, чем у Марса.

4) Первая космическая скорость для спутника Венеры составляет примерно 7,33 км/с.

5) Объём Марса примерно в 4 раза меньше объёма Земли.

**№4.** Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

1) Первая космическая скорость для спутника Марса составляет примерно 7,1 км/с.

2) За юпитерианский год на планете проходит около 300 юпитерианских суток.

3) Угловая скорость вращения Сатурна вокруг своей оси больше, чем у Меркурия.

4) Ускорение свободного падения на Нептуне примерно 23,7 м/с<sup>2</sup>.

5) Ускорение свободного падения на Юпитере примерно 24,8 м/с<sup>2</sup>.

**№5,6. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики спутников планет Солнечной системы.**

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

**№5. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.**

**1)** Первая космическая скорость для спутника Оберона составляет примерно 11 км/с.

**2)** Ускорение свободного падения на Луне примерно 1,6 м/с<sup>2</sup>.

**3)** Объём Титана почти в 2 раза больше объёма Тритона.

**4)** Орбита Каллисто располагается дальше от поверхности Юпитера, чем орбита Ио.

**5)** Чем дальше от Солнца располагается спутник планеты, тем меньше его диаметр.

**№6. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.**

- 1) Первая космическая скорость для спутника Каллисто составляет примерно 1,7 км/с.**
- 2) Ускорение свободного падения на Европе примерно 20,25 м/с<sup>2</sup>.**
- 3) Орбита Ио располагается ближе к поверхности Юпитера, чем орбита Каллисто.**
- 4) Первая космическая скорость для спутника Тритона составляет примерно 2,0 км/с.**
- 5) Объём Луны в 1,5 раза меньше объёма Титана.**

# №7,8,Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики астероидов Солнечной системы.

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты $e$ *	Масса, кг
Веста	265	2,36	3,63	0,089	$3,0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8,3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,079	$8,7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,77	4,62	0,230	$3,2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2,8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,78	0,202	$1,4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1,1 \cdot 10^{18}$

## №7. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам астероидов.

- 1) Астероид Аквитания вращается по более «вытянутой» орбите, чем астероид Церера.
- 2) Орбита астероида Паллада находится между орбитами Марса и Юпитера.
- 3) Большие полуоси орбит астероидов Эвномия и Юнона примерно одинаковы, следовательно, они движутся по одной орбите друг за другом.
- 4) Средняя плотность астероида Веста составляет примерно  $300 \text{ кг/м}^3$ .
- 5) Первая космическая скорость для спутника астероида Геба составляет более  $8 \text{ км/с}$ .

\*Эксцентриситет орбиты определяется по формуле:

где

$b$  – малая полуось,  
 $a$  – большая полуось орбиты.

$e = 0$  – окружность,  
 $0 < e < 1$  – эллипс.

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

## №8. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам астероидов.

- 1) Чем дальше от Солнца располагается орбита астероида, тем большее его масса.
- 2) Астероид Геба движется по орбите Земли и представляет астероидную опасность.
- 3) Астероид Паллада вращается по более «вытянутой» орбите, чем астероид Веста.
- 4) Орбита астероида Юнона находится между орбитами Марса и Юпитера.
- 5) Вторая космическая скорость для астероида Церера составляет более 11 км/с.

\*Эксцентриситет орбиты определяется по формуле: где  $b$  – малая полуось,  $a$  – большая полуось орбиты.  
 $e = 0$  – окружность,  
 $0 < e < 1$  – эллипс.

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

# №9 №10 №11. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики **планет** Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.*	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения, °	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12104	3°	7,25	5,25
Земля	1	12756	23°27'	7,89	5,52
Марс	1,52	6794	23°59'	3,55	3,93
Юпитер	5,2	142800	3°05'	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119900	26°44'	25	0,71
Уран	19,19	51108	82°05'	15,7	1,24
Нептун	30,52	49493	28°48'	17,5	1,67

**№9. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.**

- 1) Сатурн имеет самую маленькую массу из всех планет Солнечной системы.
- 2) На Нептуне не может наблюдаться смена времён года.
- 3) Орбита Марса находится на расстоянии примерно 228 млн км от Солнца.
- 4) Ускорение свободного падения на Юпитере составляет  $42,1 \text{ м/с}^2$  .
- 5) Ускорение свободного падения на Уране составляет около  $9,6 \text{ м/с}^2$  .

**№10. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.**

- 1) Меркурианский год равен меркурианским суткам.
- 2) Средняя плотность планет-гигантов значительно ниже, чем у планет земной группы.
- 3) Первая космическая скорость вблизи Урана составляет примерно 15,1 км/с.
- 4) Ускорение свободного падения на Марсе примерно равно 5,02 м/с<sup>2</sup>.
- 5) Масса Венеры в 1,5 раза больше массы Земли.

**№11. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.**

- 1) Первая космическая скорость для спутника Марса составляет примерно 7,1 км/с.
- 2) За юпитерианский год на планете проходит около 300 юпитерианских суток.
- 3) Угловая скорость вращения Сатурна вокруг своей оси больше, чем у Меркурия.
- 4) Ускорение свободного падения на Нептуне примерно  $23,7 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Ускорение свободного падения на Юпитере примерно  $24,8 \text{ м/с}^2$ .

## №12. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние от Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, км	2439	6052	6378	3378
Масса относительно массы Земли	0,06	0,82	1	0,107
Период вращения	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца, годы	0,24	0,62	1,00	1,88

**№12.** Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

1. Третья планета от Солнца — Земля.
2. Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем большее её период обращения.
3. Наименьшей средней плотностью обладает Земля.
4. Период вращения Меркурия в 59 раз превышает период вращения Земли.
5. Самая крупная планета из планет земной группы — Марс.

**Задача 14.** Из приведённых утверждений выберите два верных, соответствующих законам движения планет. Укажите их номера.

1. Планеты движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам.
2. Отношение площадей, описываемых радиусами-векторами планет, равно отношению квадратов соответствующих времён.
3. Быстрее всего планета движется в перигелии.
4. Скорость планеты тем больше, чем она дальше от Солнца.
5. Квадрат большой полуоси орбиты тела, делённый на куб периода его обращения и на сумму масс тел, есть величина постоянная.