

Содержание

1	Введение	2
2	Список принятых сокращений	2
3	Список формул, которые надо знать наизусть	2
4	Список величин, которые надо знать наизусть	3
5	Вопросы	4
	Вариант 1	4
	Вариант 2	4
	Вариант 3	5
	Вариант 4	5
	Вариант 5	6
	Вариант 6	6
	Вариант 7	7
	Вариант 8	7
	Вариант 9	8
	Вариант 10	9
	Вариант 11	10
	Вариант 12	10
	Вариант 13	11
	Вариант 14	11
	Вариант 15	12
	Вариант 16	12
	Вариант 17	13
	Вариант 18	13
	Вариант 19	14
	Вариант 20	15
	Вариант 21	15
	Вариант 22	16
	Вариант 23	16
	Вариант 24	17
	Вариант 25	17
	Вариант 26	18
	Вариант 27	19
	Вариант 28	19
	Вариант 29	20
	Вариант 30	20
6	Дополнительные вопросы	21
7	Ответы	23

Введение

Пособие содержит 30 вариантов вопроса №24 (астрономия) из сборника тренировочных заданий к ЕГЭ по физике за 2019 год (ФИПИ, под редакцией Демидовой). Ответы и обновления можно найти в электронной версии документа по адресу <https://lisakov.com/blog/ege-phys2019-astro24/>.

Список принятых сокращений

- 1) ГП — главная последовательность.
- 2) БК — белый карлик.
- 3) СС — Солнечная система.
- 4) а.е. — астрономическая единица.
- 5) \odot — Солнце, \oplus — Земля.

Список формул, которые надо знать наизусть

$$\text{Объём шара: } V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \quad (1)$$

$$\text{Первая космическая скорость: } v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = \frac{v_{II}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$\text{Вторая космическая скорость: } v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2} \cdot v_I \quad (3)$$

$$\text{Ускорение свободного падения: } g = \frac{GM}{R^2} = \frac{v_I^2}{R} = \frac{v_{II}^2}{2R} \quad (4)$$

$$\text{Закон Стефана-Больцмана: } L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (L — светимость [\text{Вт}], \sigma — константа) \quad (5)$$

Достаточно знать, что светимость (количество энергии, излучаемое в единицу времени) пропорциональна площади поверхности (т.е. квадрату радиуса) звезды и четвёртой степени температуры, чтобы сравнивать светимости звёзд: $L \sim R^2 T^4$.

Список величин, которые надо знать наизусть

- 1) Средние расстояния (большие полуоси орбит)
от Земли до Солнца $a_{з-с} = 1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн км}$
от Земли до Луны $a_{з-л} = 384\,000 \text{ км}$
- 2) Для Земли $v_I = 8 \text{ км/с}$, $v_{II} = 11 \text{ км/с}$.
- 3) Большие полуоси орбит планет, пояс астероидов и пояс Койпера.

Планета	Большая полуось, а.е.
Меркурий	0,4
Венера	0,7
Земля	1
Марс	1,5
<i>Пояс астероидов</i>	$\sim 1,5 - 3,5$
Юпитер	5,2
Сатурн	10
Уран	19
Нептун	30
<i>Пояс Койпера</i>	$\sim 30 - 50$

- 4) Размеры Земли, Луны, Солнца, диска Млечного пути, Солнечной системы.
 $R_{\oplus} = 6400 \text{ км}$,
 $R_{\text{л}} = 1700 \text{ км}$,
 $R_{\odot} = 700\,000 \text{ км}$,
 $R_{\text{МП}} = 100\,000 \text{ св. лет}$.
Составители заданий хотят (2018), чтобы «радиус Солнечной системы» участники экзамена считали равным 40 а.е.
- 5) Температура «поверхности» Солнца: $T_{\odot} = 6000 \text{ К}$.
- 6) Спектральные классы (названия, температура, цвет, для Солнца).

Класс	Цвет	T, 10^3 К
<i>O</i>	Голубой	>28
<i>B</i>	Бело-голубой	28–10
<i>A</i>	Белый	10–7
<i>F</i>	Бело-жёлтый	7–6
<i>G</i>	Жёлтый	6–5
<i>K</i>	Оранжевый	5–3,5
<i>M</i>	Оранжево-красный	3,5–2

Вопросы

- 1 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	4 879	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	6 794	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'	15,7
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Среднее расстояние от Солнца до Марса составляет 228 млн км.
 - 2) Ускорение свободного падения на Венере составляет $18,1 \text{ м/с}^2$.
 - 3) Вторая космическая скорость для тела на Уране составляет $21,3 \text{ км/с}$.
 - 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
 - 5) На Меркурии наблюдается смена времён года.
- 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	4 879	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	6 794	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'	15,7
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Среднее расстояние от Солнца до Юпитера составляет 300 млн км.
- 2) Вторая космическая скорость для тела на Нептуне составляет $23,8 \text{ км/с}$.
- 3) Ускорение свободного падения на Марсе составляет $15,1 \text{ м/с}^2$.
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
- 5) На Меркурии не наблюдается смены времён года.

3 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	4 878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 сут 0 ч 27 мин	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 мин	11,18
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 мин	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 мин	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 мин	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 мин	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 мин	23,71

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) За марсианский год на Марсе проходит примерно 670 марсианских суток.
- 2) Ускорение свободного падения на Меркурии примерно равно $8,5 \text{ м/с}^2$.
- 3) Первая космическая скорость для искусственного спутника Венеры составляет примерно $7,3 \text{ км/с}$.
- 4) Объём Нептуна в 10 раз меньше объёма Урана.
- 5) Марс вращается вокруг своей оси в 2 раза быстрее, чем Земля.

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	4 878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 сут 0 ч 27 мин	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 мин	11,18
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 мин	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 мин	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 мин	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 мин	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 мин	23,71

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) За марсианский год на Марсе проходит примерно 705 марсианских суток.
- 2) Ускорение свободного падения на Меркурии примерно равно $3,7 \text{ м/с}^2$.
- 3) Первая космическая скорость для искусственного спутника Венеры составляет примерно $14,6 \text{ км/с}$.
- 4) Объём Сатурна примерно в 13 раз больше объёма Урана.
- 5) Марс вращается вокруг своей оси в 2 раза быстрее, чем Земля.

- 5 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет:

- 1) Первая космическая скорость для искусственного спутника Каллисто составляет примерно 3,45 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Титане равно 1,35 м/с².
- 3) Объём Ио в 3 раза больше объёма Оберона.
- 4) Объём Титана меньше объёма Луны.
- 5) Европа находится дальше от поверхности Юпитера, чем Ио.

- 6 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет:

- 1) Первая космическая скорость для искусственного спутника Каллисто составляет примерно 1,7 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Титане равно 26,40 м/с².
- 3) Объём Ио в 3 раза больше объёма Оберона.
- 4) Объём Титана больше объёма Луны.
- 5) Ио находится дальше от поверхности Юпитера, чем Европа.

7 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	4 879	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	6 794	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'	15,7
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Среднее расстояние от Венеры до Солнца в три раза меньше, чем от Марса до Солнца.
- 2) Вторая космическая скорость при старте вблизи поверхности Юпитера составляет 25 км/с.
- 3) Ускорение свободного падения на Марсе составляет около 3,7 м/с².
- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше первая космическая скорость для её спутников.
- 5) На Сатурне может наблюдаться смена времён года.

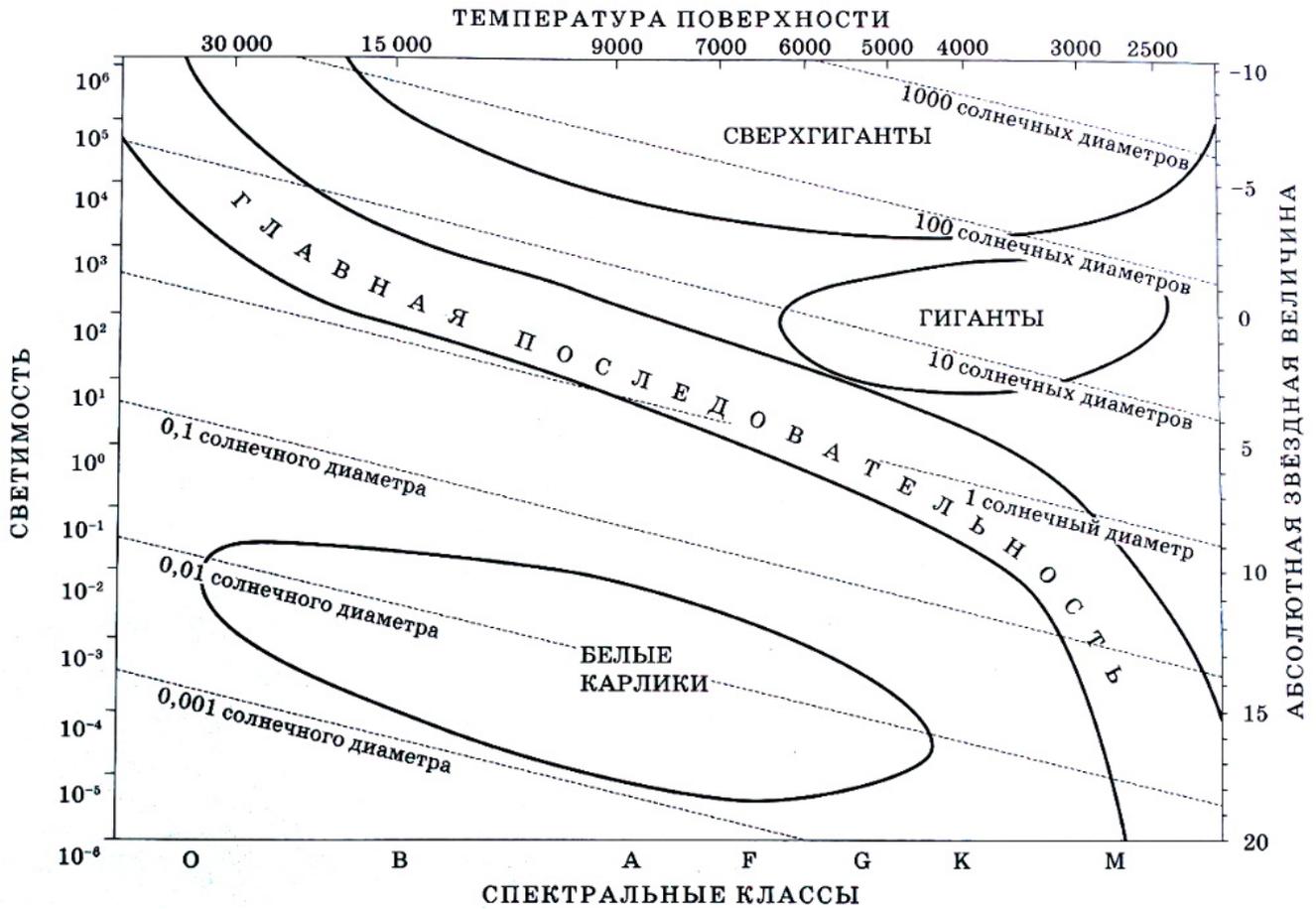
8 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

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	4 879	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	6 794	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'	15,7
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Среднее расстояние от Юпитера до Солнца составляет 780 млн км.
- 2) Вторая космическая скорость при старте с поверхности Меркурия составляет 1,7 км/с.
- 3) Ускорение свободного падения на Венере составляет около 8,9 м/с².
- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше её диаметр.
- 5) На Марсе НЕ может наблюдаться смена времён года.

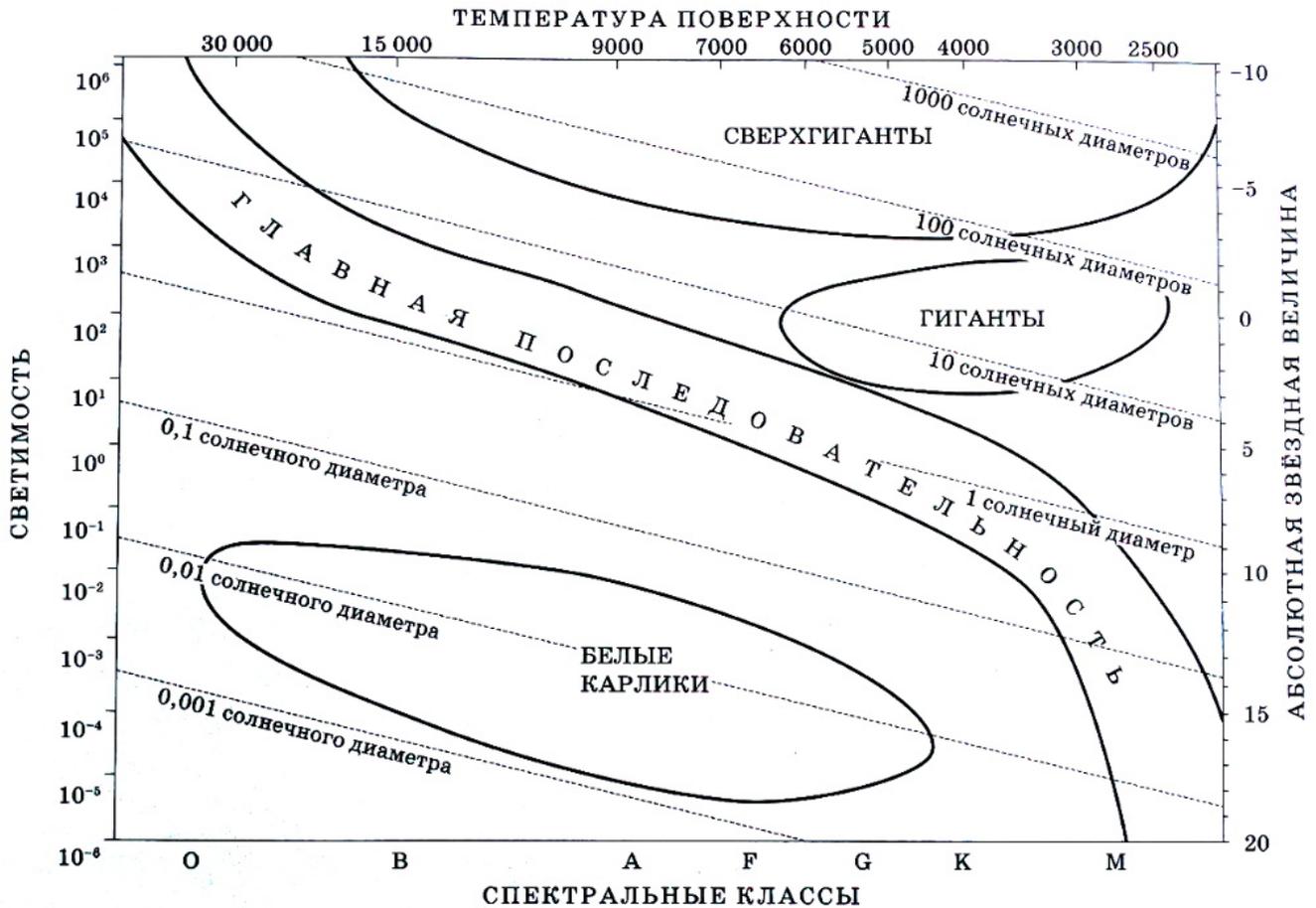
9 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рассела.



Выберите **два** утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, а значит, она относится к звёздам главной последовательности.
- 2) Плотность белых карликов существенно выше средней плотности гигантов.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *O* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *F* главной последовательности.
- 4) Температура поверхности звёзд спектрального класса *A* в 2 раза выше температуры поверхности звёзд спектрального класса *G*.
- 5) Звезды спектрального класса *A* имеют температуру поверхности не выше 5000 К.

10 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите **два** утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Звезда Антарес имеет температуру поверхности 3300 К и относится к звёздам спектрального класса *A*.
- 2) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *K* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *B* главной последовательности.
- 4) Температура поверхности звёзд спектрального класса *G* выше температуры поверхности звёзд спектрального класса *A*.
- 5) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, а значит, она относится к сверхгигантам.

11 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	4 878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 сут 0 ч 27 мин	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 мин	11,18
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 мин	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 мин	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 мин	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 мин	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 мин	23,71

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Меркурианский год равен меркурианским суткам.
- 2) Планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг своей оси, чем планеты земной группы.
- 3) Первая космическая скорость вблизи Урана составляет примерно 15,1 км/с.
- 4) Ускорение свободного падения на Марсе примерно равно $5,02 \text{ м/с}^2$.
- 5) Объём Венеры в 1,5 раза больше объёма Земли.

12 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	4 878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 сут 0 ч 27 мин	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 мин	11,18
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 мин	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 мин	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 мин	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 мин	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 мин	23,71

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет:

- 1) Первая космическая скорость вблизи Марса составляет примерно 3,55 км/с.
- 2) Скорость движения Урана по орбите в 2 раза меньше, чем скорость Нептуна.
- 3) Чем дальше планета от Солнца, тем меньше угловая скорость её движения по орбите.
- 4) Ускорение свободного падения на Венере примерно равно $10,36 \text{ м/с}^2$.
- 5) Объём Марса в 2 раза меньше объёма Земли.

13 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Название звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Температура на поверхности Бетельгейзе примерно равна температуре на поверхности Солнца.
- 2) Звезда Ригель относится к бело-голубым звёздам спектрального класса *B*.
- 3) Звезда Садр является сверхгигантом.
- 4) Звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, значит находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 5) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат имеют одинаковую массу, значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.

14 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Название звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат относятся к одному созвездию, значит, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 2) Температура на поверхности звезды Садр в 2 раза выше, чем на поверхности Солнца.
- 3) Звезда Эль-Нат относится к бело-голубым звёздам спектрального класса *B*.
- 4) Звёзды Денеб и Садр имеют почти одинаковые размеры, значит, относятся к одному спектральному классу.
- 5) Звезда Ригель является сверхгигантом.

15 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звезда ϵ Возничего В относится к спектральному классу *G*.
- 2) Солнце относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 3) Звезда Сириус В относится к белым карликам.
- 4) Звезда Сириус В и наше Солнце имеют одинаковые массы, значит относятся к одному спектральному классу.
- 5) Звезда Сириус А является сверхгигантом.

16 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Температура поверхности Ригеля соответствует температурам звёзд спектрального класса *B*.
- 2) Звезда Альдебаран относится к белым карликам.
- 3) Средняя плотность звезды Капелла больше, чем средняя плотность Солнца.
- 4) Солнце относится к красным звёздам спектрального класса *M*.
- 5) Звезда α Центавра А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.

- 17 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет:

- 1) Первая космическая скорость для Оберона составляет примерно 11 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Луне равно $1,6 \text{ м/с}^2$.
- 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 размеры.

- 18 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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

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

19 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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	$1,1 \cdot 10^{18}$

* Эксцентриситет орбиты определяется по формуле $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b — малая полуось, a — большая полуось орбиты. $e = 0$ — окружность, $0 < e < 1$ — эллипс.

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 Эвномия составляет 300 кг/м^3 .
- 5) Первая космическая скорость для спутника астероида Геба составляет более 8 км/с .

20 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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	$1,1 \cdot 10^{18}$

* Эксцентриситет орбиты определяется по формуле $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b — малая полуось, a — большая полуось орбиты. $e = 0$ — окружность, $0 < e < 1$ — эллипс.

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам астероидов:

- 1) Чем дальше от Солнца располагается орбита астероида, тем больше 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.

21 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Название звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат имеют одинаковую массу, следовательно, относятся к одному спектральному классу.
- 2) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 3) Температура поверхности звезды Менкалинан почти в 1,5 раза ниже, чем поверхности Солнца.
- 4) Звезда Бетельгейзе относится к красным звёздам спектрального класса M .
- 5) Звёзды Денеб и Садр относятся к одному созвездию, следовательно, находятся на одинаковом расстоянии от Земли.

22 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Название звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звезда Садр относится к сверхгигантам.
- 2) Звёзды Денеб и Садр относятся к одному созвездию, следовательно, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 3) Звезда Бетельгейзе является сверхгигантом.
- 4) Звезда Менкалинан относится к тому же спектральному классу, что и Солнце.
- 5) Температура на поверхности Альдебарана примерно равна температуре на поверхности Солнца.

23 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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	$1,1 \cdot 10^{18}$

* Эксцентриситет орбиты определяется по формуле $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b — малая полуось, a — большая полуось орбиты. $e = 0$ — окружность, $0 < e < 1$ — эллипс.

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам астероидов:

- 1) Астероид Аквитания движется вокруг Солнца между орбитами Юпитера и Сатурна.
- 2) Чем меньше большая полуось орбиты астероида, тем больше его период обращения вокруг Солнца.
- 3) Орбита астероида Юнона находится между орбитами Марса и Юпитера.
- 4) Средняя плотность астероида Эвномия составляет 400 кг/м^3 .
- 5) Астероид Аквитания вращается по более «вытянутой» орбите, чем астероид Веста.

24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых 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	$1,1 \cdot 10^{18}$

* Эксцентриситет орбиты определяется по формуле $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b — малая полуось, a — большая полуось орбиты. $e = 0$ — окружность, $0 < e < 1$ — эллипс.

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам астероидов:

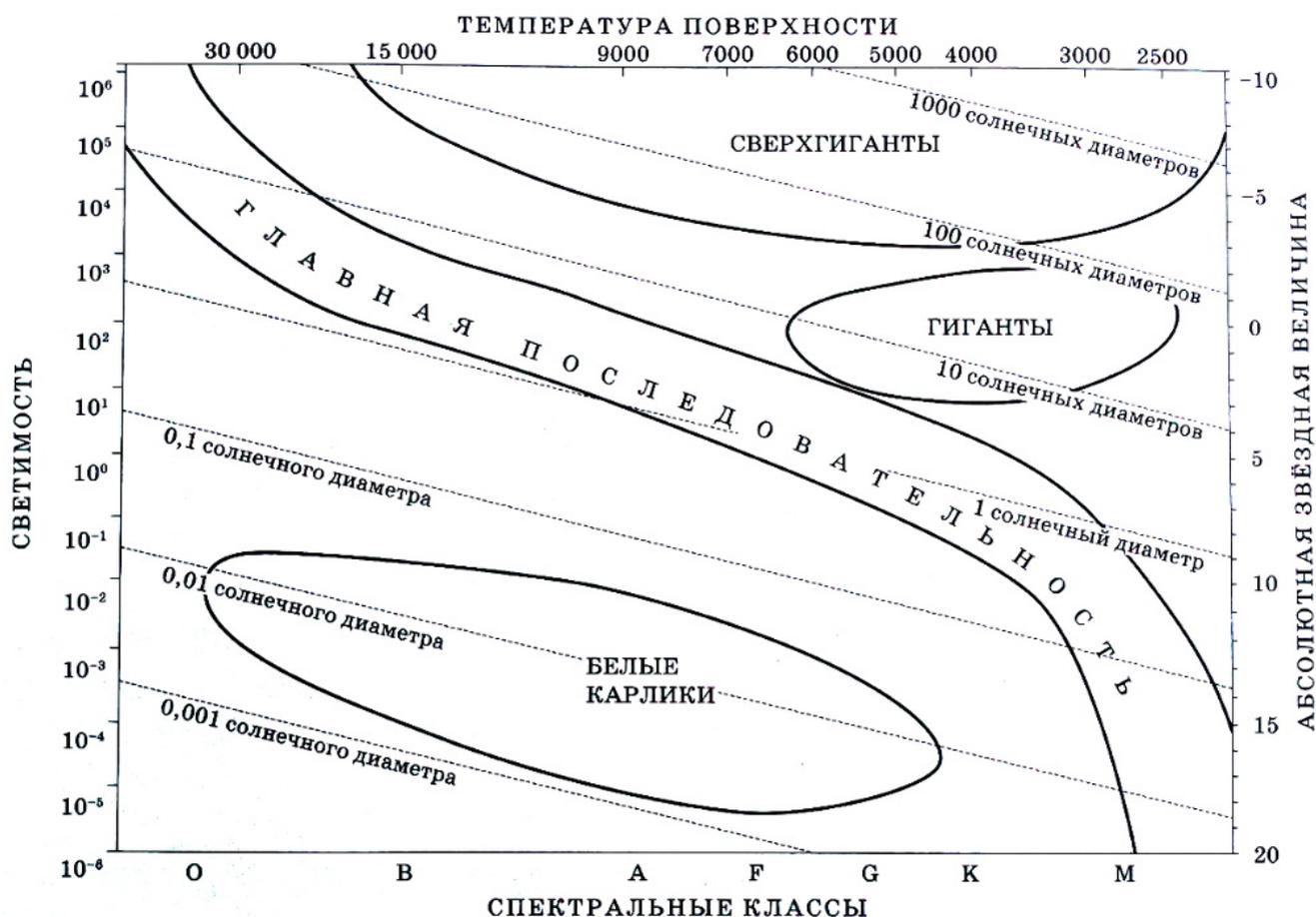
- 1) Средняя плотность астероида Геба составляет 400 кг/м^3 .
- 2) Орбита астероида Эвномия находится между орбитами Марса и Юпитера.
- 3) Астероид Веста движется вокруг Солнца между орбитами Земли и Венеры.
- 4) Астероид Паллада вращается по более «вытянутой» орбите, чем астероид Церера.
- 5) Большие полуоси орбит астероидов Церера и Паллада одинаковы, следовательно, они движутся по одной орбите друг за другом.

25 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса B главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса G главной последовательности.
- 2) Температура поверхности звёзд спектрального класса F ниже температуры звёзд спектрального класса A .
- 3) Звезда Арктур имеет температуру поверхности 4100 К , следовательно, она относится к звёздам спектрального класса B .
- 4) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, следовательно, она относится к сверхгигантам.
- 5) Средняя плотность сверхгигантов существенно больше средней плотности белых карликов.



Выберите **два** утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Средняя плотность сверхгигантов существенно больше средней плотности белых карликов.
- 2) Температура звёзд спектрального класса *B* ниже температуры звёзд спектрального класса *F*.
- 3) Звезда Сириус В, имеющая радиус $0,02 R_{\odot}$, относится к белым карликам.
- 4) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *G* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *O* главной последовательности.
- 5) Звезда Капелла имеет температуру поверхности 5200 К и, следовательно, относится к звёздам спектрального класса *B*.

27 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звезда Альдебаран относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 2) Наше Солнце относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 3) Звезда Сириус В относится к сверхгигантам.
- 4) Звезда Капелла относится к гигантам.
- 5) Температура поверхности α Центавра А соответствует температурам звёзд спектрального класса *O*.

28 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд:

- 1) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 2) Звезда Сириус А относится к белым карликам.
- 3) Звёзды Ригель и ϵ Возничего В имеют температуру, соответствующую звёздам спектрального класса *G*.
- 4) Наше Солнце относится к звёздам спектрального класса *B*.
- 5) Звезда α Центавра А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.

- 29 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2074	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

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет:

- 1) Первая космическая скорость для Европы составляет примерно 1,44 км/с.
- 2) Радиус Титана примерно равен радиусу Земли.
- 3) Чем дальше спутник расположен от Солнца, тем меньше его размеры.
- 4) Орбита Ио находится ближе к Юпитеру, чем орбита Каллисто.
- 5) Ускорение свободного падения на Тритоне равно 145 м/с^2 .

- 30 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2074	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

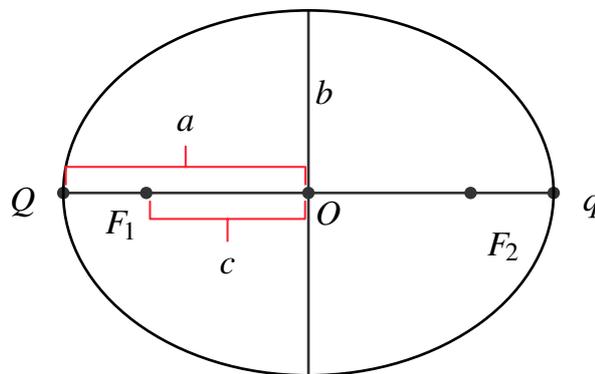
Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет:

- 1) Ускорение свободного падения на Фобосе равно 11 м/с^2 .
- 2) Вторая космическая скорость на Фобосе такая же, как и на Земле.
- 3) Каллисто находится дальше от Юпитера, чем Ио.
- 4) Чем ближе спутник расположен к Солнцу, тем больше его средняя плотность.
- 5) Первая космическая скорость для Луны составляет примерно 1,47 км/с.

Дополнительные вопросы

Вопросы придуманы составителем этого документа на основе сборника ФИПИ: ЕГЭ по физике 2018.

- 1) Планеты земной группы, планеты-гиганты, порядок планет по удалению от Солнца.
Земной группы: Меркурий, Венера, Земля, Марс.
Планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Последние две планеты называют «ледяными гигантами».
Порядок планет: Мы Все Знаем, Мама Юли Села Утром На Пилюли (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун).
- 2) Из-за чего происходит смена времён года?
Наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты планеты.
- 3) Нарисуйте эллипс, обозначьте и назовите $a, b, c, e, q, Q, F_1, F_2$.



a — большая полуось, b — малая полуось, c — фокусное расстояние, F — фокусы, Q — перигелий (перигелий, если в F_1 Солнце), q — апоцентр (афелий), $e = \frac{c}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ — эксцентриситет эллипса ($0 < e < 1$).

- 4) Вокруг одной звезды вращаются две планеты. Известны большие полуоси орбит планет a_1 и a_2 . Найти v_1/v_2 .

$$v \sim \frac{a}{T} = \frac{a}{a^{3/2}} = a^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{a}}$$
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}$$

- 5) Вокруг одной звезды вращаются две планеты. Известны периоды обращения планет вокруг звезды T_1 и T_2 . Найти v_1/v_2 .

$$v \sim \frac{a}{T} = \frac{T^{2/3}}{T} = T^{-1/3} = \frac{1}{\sqrt[3]{T}}$$
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt[3]{\frac{T_2}{T_1}}$$

- 6) Могут ли звёзды одного радиуса иметь разные массы? Приведите пример.
Да, звёзды в результате эволюции могут значительно изменять свой размер, почти не меняя при этом массу.

- 7) Могут ли звёзды одной массы иметь разные спектральные классы?
Да, спектральный класс определяется только температурой поверхности.
- 8) Могут ли звёзды одного радиуса иметь разные спектральные классы? Приведите пример.
Да, спектральный класс определяется только температурой поверхности.
- 9) Что такое созвездие? Могут ли звёзды, находящиеся в разных созвездиях, быть на одинаковом расстоянии от Земли?
Созвездие — участок небесной сферы. Могут.
- 10) Зависимость времени жизни звезды от массы.
Чем больше масса, тем меньше живёт звезда.
- $T_{B1} > T_{B2} > T_{A1}$. Сп. класс Солнца — G2, иногда пишут G2V, чтобы указать, что класс светимости Солнца — карлик (см. ниже доп. вопрос №11).

- 11) Классы светимости. Значения примерные.

Класс	Название	Абс. зв. величина	L/L_{\odot}
I	Сверхгиганты	-4,7..-10	6300
II	Яркие гиганты	-2,2	630
III	Гиганты	+1,2	28
IV	Субгиганты	+2,7	7
V	Карлики	+4	2
VI	Субкарлики	+5-6	0,5
VII	Белые карлики	+13-15	$5 \cdot 10^{-5}$

- 12) Типичные значения плотности и размера БК.
 $\rho \simeq 10^6 \text{ г/см}^3$, $R \simeq 0,01 R_{\odot}$.
- 13) Что горячее — сверхгигант класса M светимостью $10^5 L_{\odot}$ или красный карлик M светимостью $10^{-2} L_{\odot}$?
Их температуры одинаковы.
- 14) Скорость света $c = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$. Полезно знать, что расстояние от Солнца до Земли свет проходит за 8 мин, т.е. $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн км} = 8 \text{ св. минут}$. Тогда до Нептуна $30 \text{ а.е.} = 30 \cdot 8 \text{ св. мин} = 240 \text{ св. мин} = 4 \text{ св. часа}$.

ОТВЕТЫ

1

1	3?
---	----

2

2	5
---	---

3

1	3
---	---

4

2	4
---	---

5

2	5
---	---

6

1	4
---	---

7

3	5
---	---

8

1	3
---	---

9

2	4
---	---

10

3	5
---	---

11

2	3
---	---

12

1	3
---	---

13

2	3
---	---

14

3	5
---	---

15

2	3
---	---

16

1	5
---	---

17

2	4
---	---

18

1	3
---	---

19

1	2
---	---

20

3	4
---	---

21

2	4
---	---

22

1	3
---	---

23

3	5
---	---

24

2	4
---	---

25

2	4
---	---

26

3	4
---	---

27

2	4
---	---

28

1	5
---	---

29

1	4
---	---

30

3	5
---	---