

ЕГЭ по физике 2020. Астрономический вопрос

Содержание

1	Введение	2
2	Видео-разбор	2
3	Список принятых сокращений	2
4	Вещи, которые надо знать наизусть	3
4.1	Про звёзды	3
4.2	Про планеты, спутники и астероиды	4
5	Вопросы	5
	Вариант 1	5
	Вариант 2	6
	Вариант 3	7
	Вариант 4	7
	Вариант 5	8
	Вариант 6	8
	Вариант 7	9
	Вариант 8	9
	Вариант 9	10
	Вариант 10	10
	Вариант 11	11
	Вариант 12	11
	Вариант 13	12
	Вариант 14	12
	Вариант 15	13
	Вариант 16	13
	Вариант 17	14
	Вариант 18	15
	Вариант 19	16
	Вариант 20	16
	Вариант 21	17
	Вариант 22	17
	Вариант 23	18
	Вариант 24	18
	Вариант 25	19
	Вариант 26	19
	Вариант 27	20
	Вариант 28	21
	Вариант 29	22
	Вариант 30	22
6	Ответы	23
7	Решения	23

Введение

Документ¹ содержит 30 вариантов вопроса №24 (астрономия) из сборника тренировочных заданий к ЕГЭ по физике за 2020 год (ФИПИ, под редакцией Демидовой). Обновления можно найти в электронной версии документа по адресу lisakov.com/blog/ege-phys2020-astro24.

Документ тщательно освобождён от бесполезных для ЕГЭ сведений по астрономии. Поэтому всё из раздела «**Вещи, которые надо знать наизусть**» действительно нужно выучить в полном объёме.

В 2020 году в астрономическом вопросе требуется выбрать не привычные «два правильных», а «все правильные» утверждения из пяти. В тренировочном сборнике в 28 вариантах 2 верных утверждения; в двух вариантах 3 верных утверждения.

Будьте внимательны, вас попытаются поймать на случайных совпадениях. Например, дают в таблице для Марса значение второй космической скорости 5,02 км/с и спрашивают — верно ли, что на Марсе ускорение свободного падения 5,02 м/с²? В других вопросах так: если вместо умножения на корень из двух случайно поделить на него первую космическую скорость, получится предложенный вариант. Не расслабляйтесь, увидев совпадение. Проверьте ещё раз.

Зачёркнутые величины, встречающиеся в таблицах, означают, что для конкретных объектов в сборнике Демидовой приведены не соответствующие реальности данные. Закрываем на это глаза и на экзамене отвечаем ровно про те цифры, которые видим в таблице.

Любые вопросы и сообщения об опечатках и ошибках приветствуются. Можно обращаться в комментариях к записи по ссылке выше или писать на почту sergey@lisakov.com.

Желаю удачи на экзамене!

Видео-разбор

Часть 1: планеты, спутники, астероиды.

Сначала вся теория (кратко). Затем разобраны все вопросы из сборника Демидовой (30 вариантов): 9, 10, 15, 16; 11, 12, 19, 20; 13, 14, 25, 26; 27, 28. Ссылка на видео: youtu.be/p1B0fhezqdc (продолжительность 1 ч 20 мин). Первые 23 минуты видео есть прерывания в речи по техническим причинам, затем нормально.

Презентация к части 1: lisakov.com/files/astro/11/astro-ege-2020-pres.pdf.

Часть 2: звёзды.

Сначала вся теория (кратко). Затем разобраны все вопросы из сборника Демидовой (30 вариантов): 1, 2, 17, 18; 3, 4, 5, 6; 21, 22, 29, 30; 7, 8, 23, 24) Ссылка на видео: youtu.be/BPJWt_rmQQ4 (продолжительность 1 ч 20 мин).

Презентация к части 2: lisakov.com/files/astro/11/astro-ege-2020-pres2.pdf.

Список принятых сокращений

- 1) ДГР — диаграмма Герцшпрунга-Рассела.
- 2) ГП — главная последовательность.
- 3) БК — белый карлик.
- 4) а.е. — астрономическая единица (равна расстоянию от Земли до Солнца, 150 млн км).
- 5) \mathcal{R}_{\odot} — радиус Солнца.

¹Документ обновлён 2020/07/2 в 22:33.

Вещи, которые надо знать наизусть

Про звёзды

- 1) **Диаграмма Герцшпрунга–Рассела (ДГР)**, она же диаграмма светимость L – температура T . Звезда с температурой поверхности 10 000 К и светимостью 10 солнечных имеет одни координаты на этой диаграмме, Солнце с температурой 6000 К и солнечной светимостью — другие. Диаграмма показывает распределение звёзд с различными L и T . Около 90% звёзд находится на **главной последовательности (ГП)**. Это начальный этап эволюции звезды. Затем звёзды могут стать **гигантами** или **сверхгигантами** (ядро уплотняется, оболочка расширяется, средняя плотность падает примерно в миллион раз, $\rho \sim 10^{-6}$ г/см³). Для ЕГЭ принять, что гиганты в 10 – 100 раз больше Солнца, а сверхгиганты в 100 – 1000 раз больше Солнца. Большинство звёзд затем потеряют свои протяжённые разреженные оболочки; оставшиеся очень плотные ядра ($\rho \sim 10^6$ г/см³) называют **белыми карликами (БК)**.
- 2) На ДГР масса растёт снизу вверх на ГП.
- 3) Чем больше масса, тем выше давление и температура в центре, тем выше скорость ядерных реакций, тем меньше живёт звезда.
- 4) Как определить по таблице, что звезда находится на ГП?
Плотность порядка плотности воды, размер порядка размера Солнца.
- 5) Как определить по таблице, что звезда является гигантом?
Плотность порядка $\rho \sim 10^{-6}$ – 10^{-4} г/см³, радиус в 10 – 100 раз больше Солнца.
- 6) Как определить по таблице, что звезда является сверхгигантом?
Плотность порядка $\rho \sim 10^{-6}$ г/см³, радиус в 100 – 1000 раз больше Солнца.
- 7) Как определить по таблице, что звезда является БК?
 $\rho \sim 10^6$ г/см³, $R \sim 0,01R_{\odot}$.
- 8) Температура поверхности Солнца: $T_{\odot} \approx 6000$ К.
- 9) Спектральные классы (класс — цвет — температура). **Жёсткое соответствие** всех трёх параметров: любая звезда с температурой поверхности 2500 К, будь то сверхгигант или звезда ГП, относится к спектральному классу M и имеет красный цвет. Таблицу надо выучить **наизусть**.

Класс	Цвет	T , К
O	Голубой	$> 30\,000$
B	Бело-голубой	$10\,000 - 30\,000$
A	Белый	$7000 - 10\,000$
F	Бело-жёлтый	$6000 - 7000$
G	Жёлтый	$5000 - 6000$
K	Оранжевый	$3500 - 5000$
M	Красный	$2000 - 3500$

Солнце — звезда главной последовательности спектрального класса G . В сборнике температура Солнца принимается равной 6000 К.

- 10) Могут ли звёзды одного размера (массы) иметь разные спектральные классы?
Да, спектральный класс определяется только температурой поверхности.
- 11) **Созвездие** — участок небесной сферы. Находящиеся в одном созвездии объекты могут быть на любом расстоянии от Земли.

Про планеты, спутники и астероиды

- 12) Земля удалена от Солнца на 1 а.е. = 150 млн км.
- 13) Пояс астероидов находится между орбитами Марса (1,5 а.е.) и Юпитера (5,2 а.е.).
- 14) «Планеты земной группы» — первые четыре: Меркурий, Венера, Земля, Марс.
«Планеты-гиганты» — последние четыре: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.
- 15) Смена времён года происходит из-за наклона оси вращения планеты к плоскости орбиты.
- 16) Объём шара $V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3$. Чтобы искать отношение объёмов, надо найти отношение радиусов (диаметров) и возвести в куб.
- 17) Первая космическая скорость (в разных вопросах удобно считать по разным формулам, надо знать их все):

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = \frac{v_{II}}{\sqrt{2}}$$

- 18) Вторая космическая скорость (в разных вопросах удобно считать по разным формулам, надо знать их все):

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR} = v_I \cdot \sqrt{2}$$

- 19) Ускорение свободного падения (в разных вопросах удобно считать по разным формулам, надо знать их все):

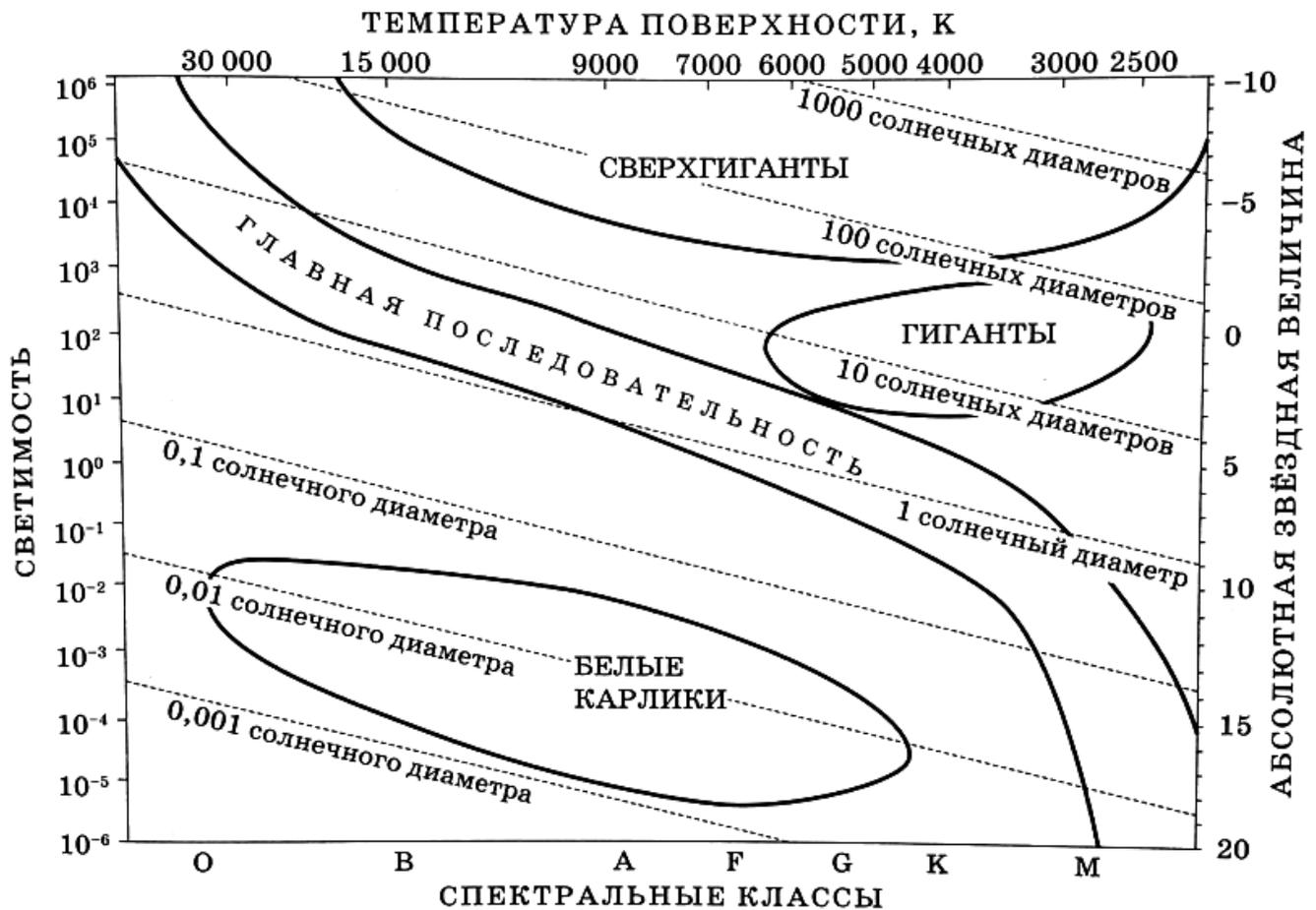
$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{v_I^2}{R} = \frac{v_{II}^2}{2R}$$

- 20) Чем дальше планета от Солнца, тем меньше её угловая скорость ω .
Доказательство (M — масса Солнца, m — масса планеты):

$$\begin{cases} \omega = \frac{v}{r} \\ \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \end{cases} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$
$$\omega = \frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{r} = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \Leftrightarrow \boxed{\omega \sim \frac{1}{r^{3/2}}}$$

Вопросы

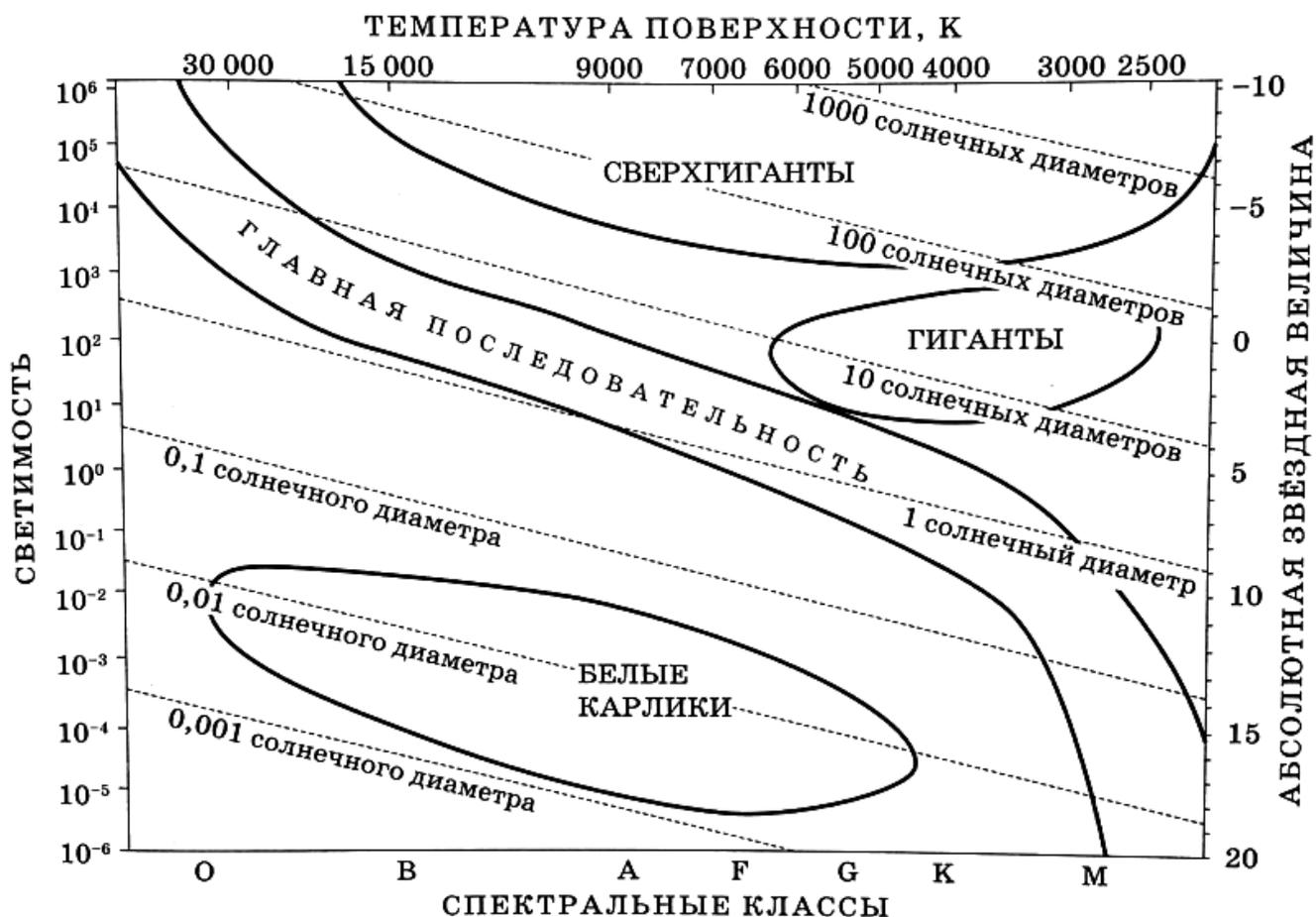
- 1 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите **все** верные утверждения о звёздах.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса G главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса B главной последовательности.
- 2) Звезда Денеб, радиус которой в 210 раз превышает радиус Солнца, относится к звёздам главной последовательности.
- 3) Средняя плотность гигантов существенно больше средней плотности белых карликов.
- 4) Чем выше светимость звезды, тем больше абсолютная звёздная величина.
- 5) Для главной последовательности светимость звёзд спектрального класса O выше светимости звёзд спектрального класса G .

2 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рессела.



Выберите **все** верные утверждения о звёздах.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *B* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *M* главной последовательности.
- 2) Звезда Денеб относится к сверхгигантам спектрального класса *A*, так как имеет температуру поверхности 8550 К, а её радиус в 210 раз превышает радиус Солнца.
- 3) Средняя плотность гигантов существенно меньше средней плотности белых карликов.
- 4) Чем больше абсолютная звёздная величина звезды, тем выше её светимость.
- 5) Для главной последовательности светимость звёзд спектрального класса *B* ниже светимости звёзд спектрального класса *K*.

3 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 2) Звезда Альдебаран является белым карликом.
- 3) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковые массы, они относятся к одному спектральному классу.
- 4) Температура поверхности звезды Ригель выше, чем температура поверхности Солнца.
- 5) Так как звёзды Альдебаран и Меропа относятся к одному созвездию, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.

4 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковые массы, они относятся к одному спектральному классу.
- 2) Звезда Альдебаран является красным гигантом.
- 3) Звезда Ригель относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 4) Так как звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Температура поверхности звезды Антарес А ниже, чем температура поверхности Солнца.

5 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Альдебаран относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 2) Температура поверхности звезды Мирфак близка к температуре поверхности Солнца.
- 3) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковую массу, они относятся к одному спектральному классу.
- 4) Звёзды Антарес А и ан-Ният относятся к одному созвездию, следовательно, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Звезда Бетельгейзе относится к сверхгигантам.

6 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Альдебаран относится к красным гигантам.
- 2) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковую массу, то они относятся к одному спектральному классу.
- 3) Температура поверхности звезды Ригель выше температуры поверхности Солнца.
- 4) Звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, следовательно, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Звезда Алголь А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.

7 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
Поллукс	5100	0,83	0,83	2,1
Денеб	8550	21	210	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Садр	6500	12	255	$1,1 \cdot 10^{-6}$
40 Эридана В	16 000	0,5	0,14	$2,7 \cdot 10^2$
Ригель	11 200	40	138	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Процион В	9700	0,6	0,02	$1,1 \cdot 10^5$
Эль-Нат	14 000	5	4,2	0,1

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Средняя плотность звезды Денеб больше, чем средняя плотность Солнца.
- 2) Звезда Садр относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рессела.
- 3) Температура поверхности Ригеля соответствует температурам звёзд спектрального класса G.
- 4) Звезда Поллукс относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рессела.
- 5) Звезда Процион В относится к белым карликам.

8 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
Поллукс	5100	0,83	0,83	2,1
Денеб	8550	21	210	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Садр	6500	12	255	$1,1 \cdot 10^{-6}$
40 Эридана В	16 000	0,5	0,14	$2,7 \cdot 10^2$
Ригель	11 200	40	138	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Процион В	9700	0,6	0,02	$1,1 \cdot 10^5$
Эль-Нат	14 000	5	4,2	0,1

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Средняя плотность звезды Процион В больше, чем средняя плотность Солнца.
- 2) Звезда Садр относится к сверхгигантам.
- 3) Температура поверхности Поллукса соответствует температуре звёзд спектрального класса O.
- 4) Звезда Денеб относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рессела.
- 5) Звезда 40 Эридана В относится к белым карликам.

9 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°8'	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

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Среднее расстояние от Солнца до Марса составляет 228 млн км.
- 2) Ускорение свободного падения на Венере составляет около 18,1 м/с².
- 3) Вторая космическая скорость для тела на Уране составляет ~~21,3 м/с²~~.
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
- 5) На Меркурии наблюдается смена времён года.

10 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°8'	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

Выберите **все** верные 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 м/с²~~.
- 3) Ускорение свободного падения на Марсе составляет около 15,1 м/с².
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
- 5) На Меркурии не наблюдается смены времён года.

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	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 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

Выберите **все** верные 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.

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	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 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

Выберите **все** верные 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.

- 13 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 **все** верные 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 примерно 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.

- 14 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 **все** верные 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.

15 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°8'	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

Выберите **все** верные 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.

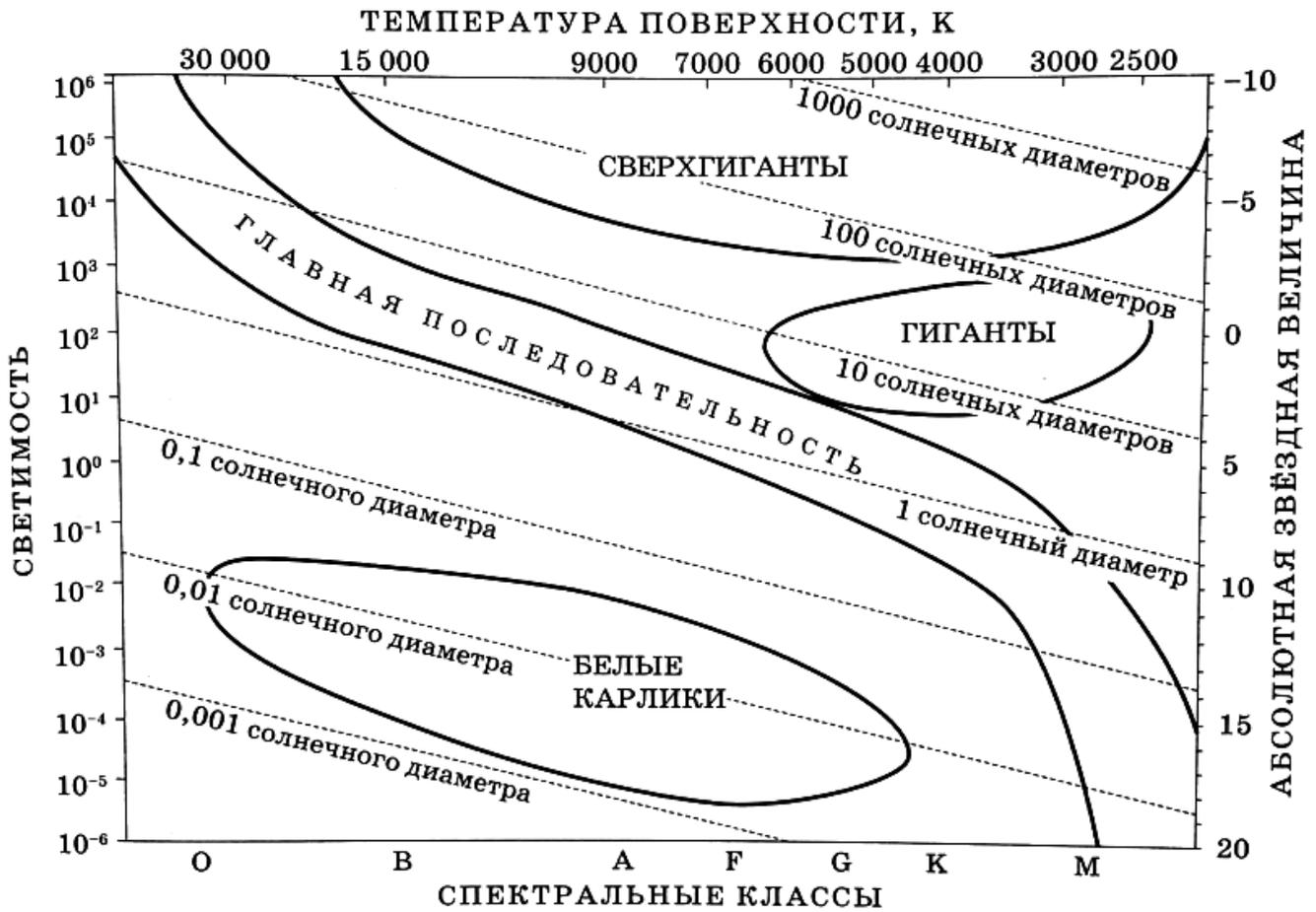
16 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

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°8'	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

Выберите **все** верные 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.

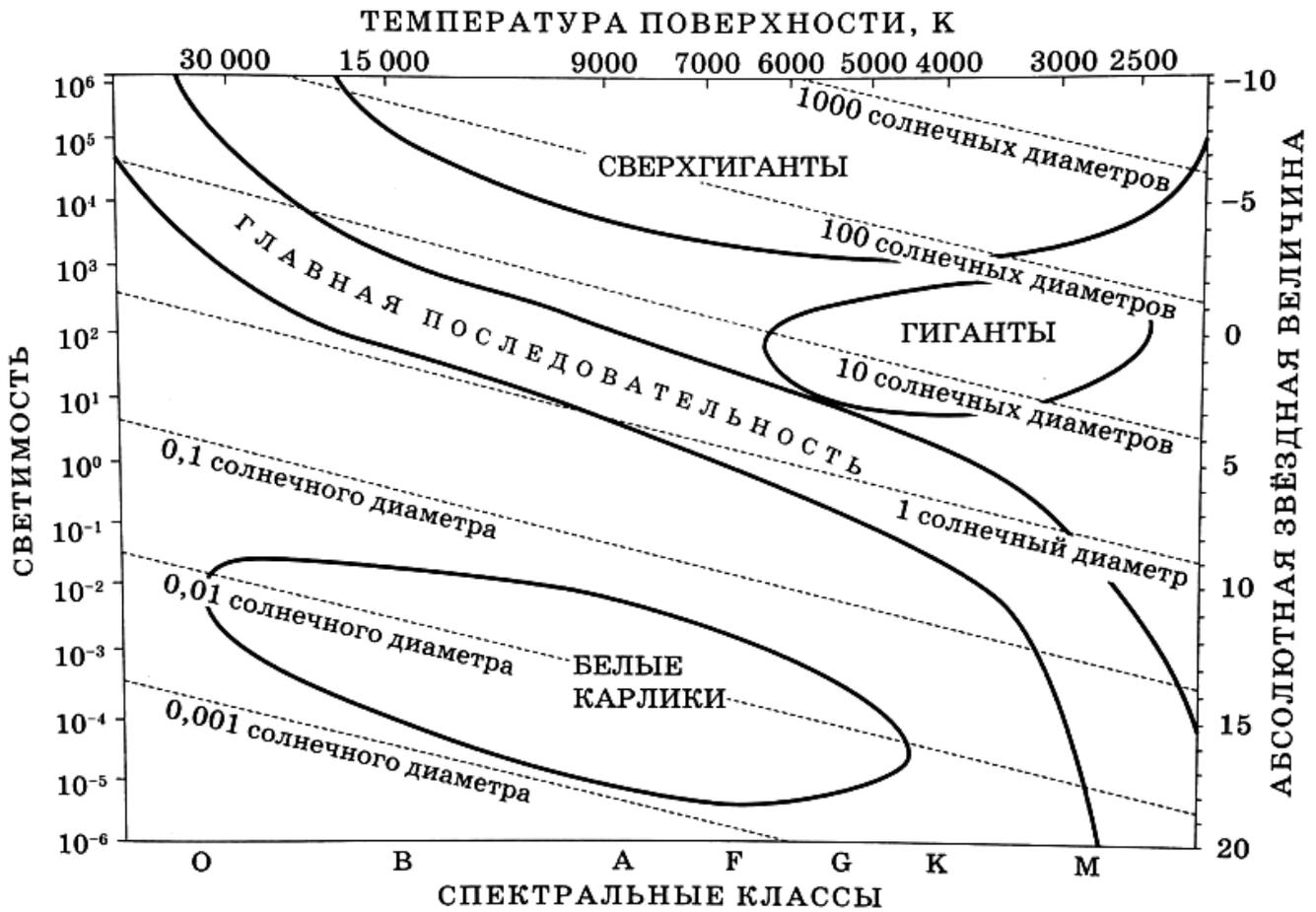
17 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рессела.



Выберите **все** верные 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* выше температуры поверхности звёзд спектрального класса *G*.
- 5) Звёзды спектрального класса *A* имеют температуру поверхности не выше 5000 К.

18 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рессела.



Выберите **все** верные 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.

19 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 0 часов 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

Выберите **все** верные 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 м/с².
- 5) Объём Венеры в 1,5 раза больше объёма Земли.

20 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 0 часов 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

Выберите **все** верные 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 м/с².
- 5) Объём Марса в 2 раза меньше объёма Земли.

21 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, 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 **все** верные 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, они 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.

22 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, 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 **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат относятся к одному созвездию, значит, они 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, следовательно, относятся к одному спектральному классу.
- 5) Звезда Ригель является сверхгигантом.

23 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	$4 \cdot 10^{-5}$
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 **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

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

24 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	$4 \cdot 10^{-5}$
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 **все** верные 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 – Рессела.

- 25 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 **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.

- 1) Первая космическая скорость для Оберона составляет примерно 11 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Луне примерно 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.

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

27 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 **все** верные 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 кг/м^3 .
- 5) Первая космическая скорость для спутника астероида Геба составляет более 8 км/с .

28 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 **все** верные 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 тела на астероиде Церера составляет более 11 км/с.

29 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, 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 **все** верные 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.

30 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, 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 **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Садр относится к сверхгигантам.
- 2) Звёзды Денеб и Садр относятся к одному созвездию, значит, 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.

Ответы

1	15	6	135	11	13	16	13	21	23	26	13
2	23	7	45	12	24	17	24	22	35	27	12
3	14	8	12 5	13	25	18	35	23	23	28	34
4	25	9	13	14	14	19	23	24	15	29	24
5	25	10	25	15	35	20	13	25	24	30	13

Решения

1

- 1) Верно. Видно, что масса у G на ГП меньше, чем у B , значит, G живёт дольше.
- 2) Неверно. Из ДГР видно, что при $R = 210R_{\odot}$ звезда находится в области сверхгигантов.
- 3) Неверно. Плотность БК $\sim 10^6$ г/см³, плотность гигантов $\sim 10^{-6}$ г/см³.
- 4) Неверно. См. вертикальные оси.
- 5) Верно. Видно из графика.

2

- 1) Неверно. Видно, что масса у B на ГП больше, чем у M . Значит, B живёт меньше.
- 2) Верно. Из ДГР видно, что $210R_{\odot}$ — сверхгигант, а температура 8550 К соответствует спектральному классу A .
- 3) Верно. БК — плотные ядра, гиганты — те же ядра, имеющие протяжённую разреженную оболочку.
- 4) Неверно. Из графика видно, что с ростом светимости звёздная величина убывает.
- 5) Неверно, видно из графика, что B ярче на ГП, чем K .

3

- 1) Верно. У сверхгигантов радиус в 100 – 1000 раз больше солнечного.
- 2) Неверно. БК в ~ 100 раз меньше Солнца.
- 3) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 4) Верно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 5) Неверно. В одном созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.

4

- 1) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 2) Верно. Альдебаран красный, т.к. $T = 3600$ К; гигант, т.к. $R = 45R_{\odot}$.
- 3) Неверно. Ригель — сверхгигант, т.к. $R > 100R_{\odot}$.
- 4) Неверно. В одном созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 5) Верно. Температура Солнца ≈ 6000 К.

5

- 1) Неверно. Альдебаран — гигант, т.к. $R = 45\mathcal{R}_\odot$.
- 2) Верно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 3) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 4) Неверно. В одной созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 5) Верно. Бетельгейзе — сверхгигант, т.к. $R > 100\mathcal{R}_\odot$.

6

- 1) Верно. Альдебаран — красный, т.к. $T = 3600$ К; гигант, т.к. $R = 45\mathcal{R}_\odot$.
- 2) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 3) Верно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 4) Неверно. В одной созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 5) Верно. Алголь А находится на ГП ($R = 2,3\mathcal{R}_\odot$).

7

- 1) Неверно. Плотность Солнца $\sim 1,4$ г/см³.
- 2) Неверно. Садр — сверхгигант ($R = 255\mathcal{R}_\odot$).
- 3) Неверно. G имеют $T \in [5000; 6000]$ К.
- 4) Верно*. Плотность Поллукса порядка плотности воды в приведённой таблице. В таблице, однако, неверные данные. На самом деле Поллукс относится к гигантам. Но отвечать надо исходя из данных в таблице.
- 5) Верно. Плотность $1,1 \cdot 10^5$ г/см³ подходит БК.

8

- 1) Верно. Плотность Солнца $\sim 1,4$ г/см³.
- 2) Верно. Садр — сверхгигант ($R = 255\mathcal{R}_\odot$).
- 3) Неверно. O имеют $T > 30\,000$ К.
- 4) Неверно. Денеб — сверхгигант ($R = 210\mathcal{R}_\odot$).
- 5) Верно. Плотность $2,9 \cdot 10^5$ г/см³ подходит БК. Но в таблице указан неверный радиус (на самом деле $R = 0,014\mathcal{R}_\odot$) и неверная плотность (на самом деле $\rho = 2,9 \cdot 10^5$ г/см³).

9

- 1) Верно. $1,52 \cdot 150\,000\,000$ км ≈ 228 млн км.
- 2) Неверно. На Венере $g = v_I^2/R \approx 8,9$ м/с².
- 3) Верно. На Уране $v_{II} = 21,4$ км/с (в условии опечатка в единицах измерения).
- 4) Неверно. Радиус Юпитера почти втрое больше радиуса Нептуна, а объём пропорционален кубу радиуса.
- 5) Неверно. Ось почти вертикальна.

10

- 1) Неверно. $5,2 \cdot 150\,000\,000$ км ≈ 780 млн км.
- 2) Верно. На Нептуне $v_{II} = 23,8$ км/с (в условии опечатка в единицах измерения).
- 3) Неверно. На Марсе $g = v_I^2/R \approx 3,7$ м/с².
- 4) Неверно. Радиус Юпитера почти втрое больше радиуса Нептуна, а объём пропорционален кубу радиуса.
- 5) Верно. Ось почти вертикальна.

11

- 1) Верно. $687 : 24 \frac{37}{60} \cdot 24 \approx 670$.
- 2) Неверно. Для Меркурия $g = v_{II}^2 / D \approx 3,7 \text{ м/с}^2$.
- 3) Верно. Для Венеры $v_I = v_{II} / \sqrt{2} \approx 7,3 \text{ км/с}$.
- 4) Неверно. Радиусы Нептуна и Урана примерно равны, значит, объёмы тоже.
- 5) Неверно. Периоды вращения вокруг оси Земли и Марса примерно равны.

12

- 1) Неверно. $687 : 24 \frac{37}{60} \cdot 24 \approx 670$.
- 2) Верно. Для Меркурия $g = v_{II}^2 / D \approx 3,7 \text{ м/с}^2$.
- 3) Неверно. Для Венеры $v_I = v_{II} / \sqrt{2} \approx 7,3 \text{ км/с}$.
- 4) Верно. Для Сатурна и Урана $V_1 : V_2 = (D_1 : D_2)^3 \approx 13$.
- 5) Неверно. Периоды вращения вокруг оси Земли и Марса примерно равны.

13

- 1) Неверно. Для Каллисто $v_I = v_{II} / \sqrt{2} \approx 1,73 \text{ км/с}$.
- 2) Верно. На Титане $g = v_{II}^2 / 2R \approx 1,35 \text{ м/с}^2$.
- 3) Неверно. Ио больше Оберона.
- 4) Неверно. Титан больше Луны.
- 5) Верно. Радиус орбиты Европы больше, чем у Ио.

14

- 1) Верно. Для Каллисто $v_I = v_{II} / \sqrt{2} \approx 1,7 \text{ км/с}$.
- 2) Неверно. На Титане $g = v_{II}^2 / 2R \approx 1,35 \text{ м/с}^2$.
- 3) Неверно. Для Ио и Оберона $V_1 : V_2 = (R_1 : R_2)^3 \approx 14$.
- 4) Верно. Титан больше Луны.
- 5) Неверно. Радиус орбиты Ио меньше, чем орбиты Европы.

15

- 1) Неверно.
- 2) Неверно. На Юпитере $v_{II} = v_I \cdot \sqrt{2} \approx 59,6 \text{ км/с}$.
- 3) Верно. На Марсе $g = v_I^2 / R \approx 3,7 \text{ м/с}^2$.
- 4) Неверно. v_I спутников зависит только от их массы и радиуса.
- 5) Верно. Ось Сатурна наклонена на значительный угол.

16

- 1) Верно. $5,2 \cdot 150\,000\,000 \text{ км} \approx 780 \text{ млн км}$.
- 2) Неверно. Для Меркурия $v_{II} = v_I \cdot \sqrt{2} \approx 4,3 \text{ км/с}$.
- 3) Верно. На Венере $g = v_I^2 / R \approx 8,9 \text{ м/с}^2$.
- 4) Неверно. Диаметр планеты не зависит от расстояния до Солнца.
- 5) Неверно. На Марсе МОЖЕТ наблюдаться смена времён года. Ось наклонена на значительный угол.

17

- 1) Неверно. При $R > 100\mathcal{R}_\odot$ звезда является сверхгигантом.
- 2) Верно. Белые карлики — ядра гигантов, лишённые разреженной протяжённой оболочки.
- 3) Неверно. На ГП O массивнее, чем F (масса звёзд, находящихся на ГП, растёт снизу вверх на ДГР). Чем больше масса, тем быстрее звезда «сжигает» своё топливо.
- 4) Верно. Видно из сравнения горизонтальных осей.
- 5) Неверно. Видно из сравнения горизонтальных осей.

18

- 1) Неверно. Видно из сравнения горизонтальных осей.
- 2) Неверно. БК — ядра гигантов, лишённые разреженной протяжённой оболочки. Поэтому БК плотнее гигантов.
- 3) Верно. Видно, что на ГП масса K меньше, чем B (масса звёзд на ГП растёт снизу вверх на ДГР). Чем больше масса, тем быстрее звезда «сжигает» своё топливо. Поэтому K живут дольше B .
- 4) Неверно. Видно из сравнения горизонтальных осей.
- 5) Верно. При $R > 100\mathcal{R}_\odot$ звезда является сверхгигантом.

19

- 1) Неверно. Периоды вращения вокруг Солнца и вокруг оси не совпадают.
- 2) Верно. У всех планет-гигантов (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) период вращения вокруг оси короче, чем у планет земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс).
- 3) Верно. Для Урана $v_I = v_{II}/\sqrt{2} \approx 15,1$ км/с.
- 4) Неверно. Для Марса $g = v_{II}^2/D \approx 3,7$ м/с².
- 5) Неверно. Венера меньше Земли.

20

- 1) Верно. Для Марса $v_I = v_{II}/\sqrt{2} \approx 3,55$ км/с.
- 2) Неверно. Уран ближе к Солнцу, значит, движется быстрее Нептуна. Доказательство см. в пункте 20) на стр. 4.
- 3) Верно. Доказательство см. в пункте 20) на стр. 4.
- 4) Неверно. Для Венеры $g = v_{II}^2/D \approx 8,9$ м/с².
- 5) Неверно. Диаметр Марса примерно в два раза меньше земного, а объёмы относятся как кубы диаметров.

21

- 1) Неверно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 2) Верно. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 3) Верно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.
- 4) Неверно. В одном созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 5) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.

22

- 1) Неверно. В одном созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 2) Неверно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 3) Верно. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 4) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 5) Верно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.

23

- 1) Неверно. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 2) Верно. Плотность порядка плотности воды, что характерно для ГП.
- 3) Верно. Плотность порядка миллиона г/см^3 , что характерно для БК.
- 4) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 5) Неверно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.

24

- 1) Верно. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 2) Неверно. Для БК характерна плотность порядка миллиона г/см^3 .
- 3) Неверно. См. таблицу.
- 4) Неверно. Солнце звезда спектрального класса G . Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 5) Верно. Для звёзд на ГП характерна плотность порядка плотности воды и размер порядка солнечного.

25

- 1) Неверно. Для Оберона $v_I = v_{II}/\sqrt{2} \approx 0,5 \text{ км/с}$.
- 2) Верно. На Луне $g = v_{II}^2/2R \approx 1,7 \text{ м/с}^2$ (в ответе неверно округлено до 1,6).
- 3) Неверно. Радиус Титана почти вдвое больше радиуса Тритона, а объёмы относятся как кубы радиусов.
- 4) Верно. См. таблицу.
- 5) Неверно. Размер спутника не зависит от расстояния до Солнца.

26

- 1) Верно. Для Каллисто $v_I = v_{II}/\sqrt{2} \approx 1,7 \text{ км/с}$.
- 2) Неверно. На Европе $g = v_{II}^2/2R \approx 1,3 \text{ м/с}^2$.
- 3) Верно. См. таблицу.
- 4) Неверно. Для Тритона $v_I = v_{II}/\sqrt{2} \approx 1 \text{ км/с}$.
- 5) Неверно. Радиус Луны примерно в 1,5 раза меньше радиуса Титана, а объёмы относятся как кубы радиусов.

27

- 1) Верно. Эксцентриситет у Аквитании больше, чем у Цереры.
- 2) Верно. Все астероиды из таблицы находятся в главном поясе астероидов между орбитами Марса (1,5 а.е) и Юпитера (5,2 а.е.).
- 3) Неверно. Из-за различного эксцентриситета орбиты не совпадают.
- 4) Неверно. Астероид похож на камень, а предлагают плотность меньше плотности воды. $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \simeq 3850 \text{ кг/м}^3$.
- 5) Неверно. Для Гебы $v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}} \approx 100 \text{ м/с}$.

28

- 1) Неверно. Масса астероида не зависит от расстояния до Солнца.
- 2) Неверно. Радиус земной орбиты составляет 1 а.е..
- 3) Верно. Эксцентриситет орбиты Паллады больше, чем у орбиты Весты.
- 4) Верно. Все астероиды из таблицы находятся в главном поясе астероидов между орбитами Марса (1,5 а.е) и Юпитера (5,2 а.е.).
- 5) Неверно. Для Цереры $v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \approx 0,5$ км/с.

29

- 1) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.
- 2) Верно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.
- 3) Неверно. Температура Солнца ≈ 6000 К.
- 4) Верно. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 5) Неверно. Спектральный класс определяется только температурой.

30

- 1) Верно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.
- 2) Неверно. В одном созвездии могут находиться объекты на любом расстоянии.
- 3) Верно. Сверхгиганты в 100 и более раз больше Солнца.
- 4) Неверно. Менкалинан — А, Солнце — G. Таблица спектральных классов в пункте 9) на стр. 3 — наизусть!
- 5) Неверно. Температура Солнца ≈ 6000 К.