Г.С. Безуглова

ЕГЭ-2018

ФИЗИКА

ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ

НОВОЕ ЗАДАНИЕ 24

- ЗАДАНИЯ В ФОРМАТЕ ЕГЭ
- ОБРАЗЦЫ РЕШЕНИЙ
- ТЕОРИЯ ПО ВСЕМ ТЕМАМ РАЗДЕЛА
- ОТВЕТЫ КО ВСЕМ ЗАДАНИЯМ



ЛЕГИОН

Г. С. Безуглова

ФИЗИКА

ЕГЭ-2018

Раздел «Элементы астрофизики»

Учебно-методическое пособие



ЛЕГИОН
Ростов-на-Дону
2017

ББК 23.3я721
Б40

Рецензент:
О.Б. Якунина, учитель высшей категории, почётный работник общего образования, победитель ПНПО 2006, 2010, 2016, лауреат конкурса лучших учителей фонда «Династия», 2008–2015.

В книге использованы задания авторов:
Монастырского Л.М., Игнатовой Ю.А., Матюшкиной Л.В., Россинской С.А.

Безуглова, Г. С.
Б40 Физика. ЕГЭ-2018. Раздел «Элементы астрофизики» : учебное пособие / Под ред. Л.М. Монастырского. — Ростов-на-Дону: Легион, 2017. — 80 с. — (ЕГЭ).
ISBN 978-5-9966-1071-6

Данное пособие предназначено для подготовки к решению заданий нового раздела в ЕГЭ по физике — «Элементы астрофизики», который впервые появился в проектах спецификации и демоверсии ЕГЭ 2018 года, опубликованных 21.08.2017.

Книга содержит весь необходимый для подготовки к решению заданий этого раздела материал:

- краткие теоретические сведения по темам раздела с образцами решений некоторых типов заданий;
- более 90 заданий, составленных в соответствии с проектами спецификации и демоверсии ЕГЭ 2018 года;
- ответы ко всем заданиям.

Книга адресована учащимся 11-х классов, учителям, методистам.

ББК 23.3я721
ISBN 978-5-9966-1071-6
© ООО «Легион», 2017

Оглавление

От автора **4**

§ 1. **Солнечная система: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы** 5
Теоретический материал 5
Задания 11

§ 2. **Звёзды. Их эволюция и характеристики** 42
Теоретический материал 42
Задания 47

§ 3. **Млечный Путь и другие галактики** 70
Теоретический материал 70
Задания 75

Ответы к заданиям **79**

Литература **79**

От автора

Уважаемые выпускники!

В 2018 году в ЕГЭ по физике появилось новое задание, проверяющее знания учащихся по интереснейшему разделу физики — астрофизике. Из контрольно-измерительных материалов, опубликованных на сайте www.fipi.ru, следует, что это новое задание №24 имеет повышенный уровень сложности и при его правильном выполнении вы получите 2 балла. Формат задания предполагает выбор двух верных утверждений из пяти предложенных.

К сожалению, на протяжении многих лет астрофизика не изучалась в школе, лишь в немногих образовательных учреждениях проводились факультативные занятия. Далеко не все выпускники владеют достаточными знаниями для выполнения этого задания, поэтому так важно уделить ему особое внимание при подготовке к экзамену. А весь необходимый для этого материал вы найдёте в данном пособии.

Наше пособие содержит более 90 заданий, составленных в соответствии с проектами демонстрационного варианта и спецификации ЕГЭ 2018 года, опубликованными 21.08.2017. Задания сгруппированы по темам в три параграфа: «Солнечная система: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы», «Звёзды. Их эволюция и характеристики», «Млечный Путь и другие галактики». Каждый параграф начинается с небольшого теоретического справочника, содержащего основные понятия, факты и другие необходимые для успешного решения заданий сведения о звёздах и планетах. Каждый параграф содержит также образцы решения основных типов заданий каждого раздела.

Задания внутри параграфа упорядочены по сложности: сначала предложены простые задания, для ответа на которые вам не понадобятся дополнительные рисунки и таблицы, потом идут задания повышенного уровня сложности, для успешного решения которых вам необходимо проанализировать данные соответствующего рисунка или таблицы. В конце пособия приведены ответы ко всем заданиям.

Если вы добросовестно прорешаете все предложенные в пособии задания, то успешно справитесь с заданием по астрофизике, включённым в ЕГЭ по физике в 2018 году.

Успехов вам и удачи!

Замечания и предложения, касающиеся данной книги, можно присылать на электронный адрес: `legionrus@legionrus.com`.

§ 1. Солнечная система: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы

Теоретический материал

Солнечная система включает в себя центральную звезду (Солнце) и все естественные космические объекты, обращающиеся вокруг неё. Она сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 млрд лет назад.

Общая масса Солнечной системы составляет около $2 \cdot 10^{30}$ кг, из которых на долю Солнца приходится 99,87%. Крупнейшие (после Солнца) объекты нашей системы — восемь планет, движущихся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Благодаря тому, что масса Солнца во много раз превышает массу всех планет, оно своим сильным гравитационным полем удерживает их вокруг себя. Кроме восьми планет и их спутников вокруг звезды обращаются карликовые планеты, тысячи малых планет (астероидов), кометы и частички пыли. Поверхность Солнца нагрета до температуры около 6000 К. Солнце излучает собственный свет, а планеты и спутники им освещаются и светят отражённым светом.

Большинство крупных объектов, обращающихся вокруг Солнца, движутся практически в одной плоскости, называемой плоскостью эклиптики.

Движение планет и их спутников подчиняется **законам Кеплера**.

Первый закон Кеплера

Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Схематически, на примере системы Солнце – Земля, этот закон можно изобразить следующим образом:

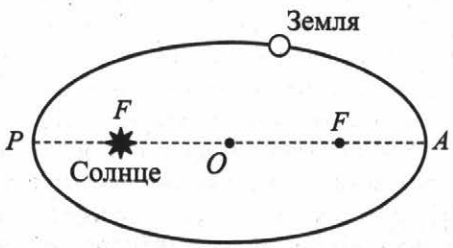


Рис. 1

На рисунке 1 буквами F обозначены два фокуса эллипса, O — центр эллипса, OA — его большая полуось.

Ближайшая точка к Солнцу (на рис. 1 точка P) получила название **перигелий**, а максимально удалённая от Солнца (на рис. 1 точка A) — **афелий**.

Второй закон Кеплера

Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.

Третий закон Кеплера

Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит планет:

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

где T_1 и T_2 — периоды обращения двух планет, a_1 и a_2 — большие полуоси их орбит.

Величина большой полуоси орбиты Земли называется астрономической единицей (а. е.) и является одной из основных единиц длины, используемых в астрономии: 1 а. е. = 149,6 млн км. Кроме астрономических единиц в астрономии применяются и другие специфические единицы измерения: 1 парсек $= 3 \cdot 10^{16}$ м, 1 св. год $= 9{,}5 \cdot 10^{15}$ м.

Четыре ближайшие к Солнцу планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс — называются **планетами земной группы**. Они обладают высокой плотностью и состоят преимущественно из силикатов и металлического железа.

Все планеты этой группы имеют следующее строение:

— в центре ядро из железа с примесью никеля;

— мантия состоит из силикатов;

— кора, образовавшаяся в результате частичного плавления мантии и состоящая также из силикатных пород, но обогащённая несовместимыми элементами. Из планет земной группы коры нет у Меркурия, что объясняют её разрушением в результате метеоритной бомбардировки.

Две планеты из земной группы — Земля и Марс — имеют спутники. Ни одна из них (в отличие от всех планет-гигантов) не имеет колец. У всех четырёх планет есть атмосфера. Самой плотной атмосферой обладает Венера, на втором месте — Земля, у Марса атмосфера ещё слабее и почти совсем незаметна она у Меркурия (в 10 000 слабее земной). Гидросферу имеет только Земля. Венера, в отличие от трёх других планет, вращается

в направлении, обратном её движению вокруг Солнца. У всех планет земной группы есть магнитные поля: почти незаметное у Венеры, ощутимое у Земли, Меркурий и Марс обладают магнитными полями средней напряжённости.

Четыре более удалённые от Солнца планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — намного более массивны, чем планеты земной группы, и называются **газовыми гигантами**. В отличие от каменных планет земной группы, все они являются газовыми планетами, обладают значительно большими размерами и массами (вследствие чего давление в их недрах значительно выше), более низкой средней плотностью, мощными атмосферами, быстрым вращением, а также кольцами и большим количеством спутников. Почти все эти характеристики убывают от Юпитера к Нептуну. Крупнейшие планеты Солнечной системы, Юпитер и Сатурн, состоят главным образом из водорода и гелия; меньшие газовые гиганты, Уран и Нептун, помимо водорода и гелия, содержат в составе своих атмосфер метан и угарный газ.

Основные характеристики планет Солнечной системы представлены в таблице:

Планета	Диаметр, в диаметрах Земли	Масса, в массах Земли	Радиус орбиты, а. е.	Период обращения, земных лет	Количество спутников
Меркурий	0,382	0,055	0,38	0,241	0
Венера	0,949	0,815	0,72	0,615	0
Земля	1,0	1,0	1,0	1,0	1
Марс	0,53	0,107	1,52	1,88	2
Юпитер	11,2	318	5,20	11,86	69
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	62
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	27
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	14

До недавнего времени считалось, что в Солнечной системе 9 планет, но 24 августа 2006 г. Плутон был лишён «звания» планеты и стал называться **карликовой планетой**. За последние 10 лет в этот класс объектов Солнечной системы были включены ещё четыре объекта — Эрида, Хаумея, Макемаки и Церера. Характерным отличием карликовых планет от обычных является то, что они не обладают достаточной массой для того, чтобы своим воздействием удалить другие малые тела с орбит, похожих на собственную.

В Солнечной системе существуют две области, заполненные малыми телами. **Пояс астероидов**, находящийся между Марсом и Юпитером (то есть он разделяет планеты земной группы и газовые гиганты), схож по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. Крупнейшими объектами пояса астероидов являются карликовая планета Церера и астероиды Паллада, Веста и Гигея. Всего в поясе астероидов обнаружено более 100 тыс. объектов, общая масса которых составляет не более 0,1% массы Земли.

За орбитой Нептуна располагаются объекты, состоящие из замёрзшей воды, аммиака и метана, крупнейшими из которых являются Плутон, Седна, Хаумеа, Макемаке, Квавар, Орк и Эрида. Область Солнечной системы от орбиты Нептуна (30 а. е. от Солнца) до расстояния около 55 а. е. от Солнца называется **поясом Койпера**.

Шесть планет из восьми и четыре карликовые планеты имеют естественные **спутники**. Крупные спутники (например, Луна у Земли) имеют шарообразную форму, а мелкие — неправильную форму, свойственную астероидам.

Многие **кометы** также являются частью Солнечной системы — под действием притяжения Солнца они вращаются вокруг него по вытянутым эллиптическим орбитам. Вдали от Солнца комета малозаметна, но по мере приближения к звезде, за счёт таяния и испарения льда, входящего в её состав, у неё появляется и постепенно увеличивается хвост, направленный в противоположную от Солнца сторону.

Пример 1.

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Период обращения (в сутках)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в км)
Луна	Земля	27	1738	384
Ио	Юпитер	1,8	1815	422
Ганимед	Юпитер	7,1	2631	1070
Европа	Юпитер	3,5	1569	671
Титан	Сатурн	16	2575	1222
Рея	Сатурн	4,5	760	527
Япет	Сатурн	79	718	3561
Титания	Уран	8,7	395	436
Оберон	Уран	13,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Самая большая угловая скорость вращения у Титана.
2) Среди спутников Юпитера Ганимед и Ио вращаются по близким орбитам.
3) За время двух оборотов Оберона вокруг Урана Титания успеет совершить три оборота вокруг планеты.
4) Из спутников Юпитера самый маленький — Европа.
5) Частота обращения Япета вокруг Сатурна больше, чем у Титана.

Ответ: [ ][ ]

Решение:

1. Угловая скорость обратно пропорциональна периоду вращения. Следовательно, самая большая угловая скорость соответствует наименьшему периоду обращения. Это Ио, а не Титан. Утверждение 1 ошибочно.

2. Из таблицы видно, что орбита Ио расположена гораздо ближе к Юпитеру, чем орбита Ганимеда. Второе утверждение ошибочно.

3. Период обращения Титании — $T_1 = 8{,}7$ сут.
Период обращения Оберона — $T_2 = 13{,}5$ сут.
Отсюда $2 \cdot T_2 > 3 \cdot T_1$. Следовательно, третье утверждение правильное.

4. Самый маленький спутник должен иметь наименьший радиус. По таблице видно, что для Юпитера — это спутник Европа. Утверждение 4 верно.

5. Частота обращения обратно пропорциональна периоду. Период обращения вокруг Сатурна у Япета больше, чем у Титана. Следовательно, частота его вращения меньше. Утверждение 5 ошибочно.

Ответ: 34.

Пример 2.

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние до Солнца (а. е.)	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус (в радиусах Земли)	0,38	0,95	1	0,53
Масса (в массах Земли)	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Из планет земной группы по наиболее вытянутой орбите вокруг Солнца вращается Венера.
2) Ускорение свободного падения на Марсе равно примерно 0,38 м/с^2.
3) Первая космическая скорость для Меркурия меньше, чем для Земли.
4) Среди планет земной группы частота обращения вокруг Солнца максимальная у Венеры.
5) Средняя плотность Меркурия меньше, чем у Венеры.

Ответ: ☐☐

Решение:

1. Наиболее вытянутая орбита имеет наибольший эксцентриситет. По таблице видно, что наибольший эксцентриситет орбиты (0,206) у Меркурия, а не у Венеры. Утверждение 1 ошибочно.

2. Ускорение свободного падения на планете можно найти по формуле $g = G \cdot \frac{M}{R^2}$, где $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$ м^2/кг^2 — гравитационная постоянная, M — масса планеты, R — её радиус.

$$\frac{g_м}{g_з} = \frac{M_м}{R_м^2} \cdot \frac{R_з^2}{M_з} = \frac{0{,}108}{0{,}53^2} = 0{,}38.$$

Следовательно, ускорение свободного падения на Марсе $g_м = 10 \cdot 0{,}38 = 3{,}8$ м/с^2. Утверждение 5 верное.

3. Как известно из курса механики, первой космической скоростью называется минимальная скорость, при которой тело, движущееся горизонтально над поверхностью планеты, не упадёт на неё, а будет двигаться по круговой орбите. Она вычисляется по формуле

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

Таким образом,

$$\frac{v_З}{v_В} = \sqrt{\frac{M_З}{R_З} \cdot \frac{R_М}{M_М}} = \sqrt{\frac{0{,}38}{0{,}055}} = 2{,}6.$$

Следовательно, ускорение свободного падения для Меркурия меньше, чем для Земли. Третье утверждение справедливо.

4. Частота вращения обратно пропорциональна периоду. Соответственно, максимальная частота соответствует самому маленькому периоду. Из таблицы видно, что такой период имеет не Венера, а Меркурий. Утверждение 4 ошибочно.

5. Средняя плотность планеты равна отношению массы планеты к её объёму: $\rho = \dfrac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$.

$$\frac{\rho_М}{\rho_В} = \frac{M_М}{R_М^3} \cdot \frac{R_В^3}{M_В} = \frac{0{,}055 \cdot 0{,}95^3}{0{,}38^3 \cdot 0{,}815} = 1{,}05.$$

Плотность Меркурия больше плотности Венеры. Утверждение 5 ошибочно.

Ответ: 23.

Задания

1. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих характеристикам объектов Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Луна — естественный спутник Земли.
2) Плутон — планета Солнечной системы.
3) Солнце не единственная звезда в Солнечной системе.
4) Луна делает оборот вокруг собственной оси за то же время, что и вокруг Земли.
5) Луна появляется на небе только с заходом Солнца.

Ответ: ☐☐

2. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих характеристикам объектов Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Луна — искусственный спутник Земли.
2) Солнечная система состоит из Солнца и 9 планет.
3) Один оборот вокруг Солнца планета Земля совершает за 365 суток.
4) Между Юпитером и Марсом находится пояс астероидов.
5) Луна совершает один оборот вокруг Земли примерно за 14 суток.

Ответ: ☐☐

3. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих характеристикам объектов Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Солнце не вращается вокруг своей оси.
2) Венера — вторая планета, считая от Солнца.
3) Период обращения Земли вокруг Солнца — 182,5 суток.
4) Солнце — ближайшая к планете Земля звезда.
5) Луна излучает свет.

Ответ: ☐☐

4. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих характеристикам объектов Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Луна не вращается вокруг собственной оси.
2) Юпитер — пятая планета, считая от Солнца.
3) Период вращения Солнца вокруг собственной оси — 365 суток.
4) Луна притягивается к Земле сильнее, чем Земля к Луне.
5) Луна не излучает свет, а отражает солнечный.

Ответ: ☐☐

5. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, и укажите их номера.

1) 1 световой год — расстояние, равное среднему радиусу орбиты Земли.
2) 1 световой год (св. год) в астрономии составляет расстояние больше 1 парсека (пск).
3) Марс, Земля и Юпитер входят в земную группу планет.
4) Газовые гиганты намного более массивны, чем планеты земной группы.

5) Частота вращения вокруг Солнца у Земли меньше, чем у Венеры.

Ответ: | |

6. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, и укажите их номера.

1) 1 астрономическая единица (а. е.) — расстояние, равное среднему радиусу орбиты Земли.
2) 1 парсек (пск) в астрономии соответствует примерно $3 \cdot 10^8$ м.
3) В определённые моменты времени Луна находится между Солнцем и Землёй.
4) Орбитальный радиус Венеры больше, чем Марса.
5) Частота вращения вокруг Солнца у Земли больше, чем у Венеры.

Ответ: | |

7. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, и укажите их номера.

1) 1 астрономическая единица (а. е.) больше, чем 1 световой год.
2) 1 парсек (пск) в астрономии соответствует примерно $3 \cdot 10^{16}$ м.
3) Планета Венера имеет два естественных спутника.
4) На планете Венера нет атмосферы.
5) Ближайшую к Солнцу точку орбиты называют перигелием.

Ответ: | |

8. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих законам движения планет, и укажите их номера.

1) Земля совершает один оборот вокруг Солнца за 1 месяц.
2) Планеты вращаются вокруг Солнца в ту же сторону, что и само Солнце вращается вокруг своей оси.
3) Каждая планета движется так, что радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает разные площади.
4) Луна совершает один оборот вокруг Земли за 12 часов.
5) Венера вращается вокруг своей оси не в ту же сторону, что Земля вокруг своей.

Ответ: | |

9. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих характеристикам планет Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Все планеты Солнечной системы имеют хотя бы один естественный спутник.

2) Самая большая планета Солнечной системы — Сатурн.
3) Быстрее всего один оборот вокруг Солнца совершит Меркурий.
4) Луна не крутится вокруг своей оси.
5) Частота обращения Урана вокруг Солнца меньше частоты обращения Юпитера.

Ответ: ☐☐

10. Выберите **два** верных утверждения, которые соответствуют характеристикам планет Солнечной системы.

1) Марс — самая близкая к Солнцу планета.
2) Больше всего спутников у Юпитера.
3) Самая большая планета Солнечной системы — Юпитер.
4) Самая яркая планета из видимых с Земли — Меркурий.
5) Венера — самая маленькая планета Солнечной системы.

Ответ: ☐☐

11. Выберите **два** верных утверждения. Для всех планет-гигантов характерны следующие свойства:

1) медленное вращение вокруг своей оси
2) наличие твёрдой поверхности
3) низкая средняя плотность
4) отсутствие атмосферы
5) большое количество спутников

Ответ: ☐☐

12. Выберите **два** верных утверждения, которые соответствуют характеристикам планет Солнечной системы, и укажите их номера.

1) Самой крупной планетой Солнечной системы является Юпитер.
2) Марс расположен ближе к Солнцу, чем Земля.
3) Самый большой период обращения вокруг Солнца у планеты Сатурн.
4) Меркурий вращается вокруг Солнца по орбите с наименьшим радиусом.
5) Самой холодной планетой Солнечной системы является Венера.

Ответ: ☐☐

13. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих законам движения планет, и 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.

Ответ: | | |

14. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных, соответствующих законам движения планет, и укажите их номера.

1) Планеты движутся вокруг Солнца по круговым орбитам.
2) Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает одинаковые площади.
3) Быстрее всего планета движется в афелии.
4) Скорость планеты тем больше, чем она ближе к Солнцу.
5) Квадрат большой полуоси орбиты тела, делённый на куб периода его обращения и на сумму масс тел, есть величина постоянная.

Ответ: | | |

15. Выберите **два** верных утверждения и запишите их номера.

1) Хвост кометы направлен всё время на Солнце.
2) Некоторые астероиды видны невооружённым глазом.
3) Кольца Сатурна были открыты Ньютоном.
4) На Марсе есть кислород.
5) У Солнца нет северного и южного полюсов.

Ответ: | | |

16. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Из планет земной группы наибольшей средней плотностью обладает Земля.
2) За время одного оборота Меркурия вокруг Солнца Земля успевает сделать три оборота.
3) По самой вытянутой орбите вокруг Солнца вращается Меркурий.
4) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем меньше период её вращения вокруг оси.
5) Самое маленькое ускорение свободного падения на Земле.

Ответ: ☐☐

17. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Из планет земной группы наибольшей средней плотностью обладает Марс.
2) За время одного оборота Земли вокруг Солнца Меркурий успевает сделать три оборота.
3) У всех планет земной группы есть хотя бы по одному спутнику.
4) Линейная скорость вращения по орбите у Земли больше, чем у Венеры.
5) Ускорение свободного падения на Марсе меньше, чем на Земле.

Ответ: ☐☐

18. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Частота вращения вокруг своей оси больше всего у Марса.
2) За время одного оборота Венеры вокруг Солнца Земля успевает сделать два оборота.
3) Самая длинная «ночь» на Венере.
4) Наибольшей частотой вращения вокруг своей оси обладает Марс.
5) Самая большая первая космическая скорости у Земли.

Ответ: ☐☐

19. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Частота вращения вокруг своей оси больше всего у Венеры.
2) За время одного оборота Меркурия вокруг Солнца он сделает меньше двух оборотов вокруг своей оси.
3) Масса планет земной группы растёт при удалении от Солнца.
4) Самое большое центростремительное ускорение при движении по орбите у Меркурия.
5) Самая большая первая космическая скорость у Марса.

Ответ: ☐☐

20. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Средняя плотность, кг/м^3	5430	5240	5515	3940
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Ускорение свободного падения, в сравнении с земным	0,38	0,91	1	0,38
Атмосферное давление на поверхности, бар	10^{-5}	93	1	$6 \cdot 10^{-3}$
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Наклон экватора к орбите, °	0,01	177,36	23,44	25,19
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Венера движется вокруг Солнца по практически круговой орбите.
2) Самая большая масса из планет земной группы у Меркурия.
3) Самой плотной атмосферой обладает Венера.
4) Ускорение свободного падения растёт при удалении от Солнца.
5) Самая большая первая космическая скорость у Венеры.

Ответ: ☐☐

21. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Средняя плотность, кг/м^3	5430	5240	5515	3940
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Ускорение свободного падения, в сравнении с земным	0,38	0,91	1	0,38
Атмосферное давление на поверхности, бар	10^{-5}	93	1	$6 \cdot 10^{-3}$
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Наклон экватора к орбите, °	0,01	177,36	23,44	25,19
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) За время одного оборота Земли вокруг Солнца Меркурий успеет сделать четыре оборота.
2) Ось вращения Меркурия практически перпендикулярна плоскости его орбиты.
3) Атмосферное давление на поверхности Марса примерно такое же, как и на Земле.
4) Средняя плотность планет земной группы растёт при удалении от Солнца.
5) Венера вращается вокруг Солнца по самой вытянутой орбите.

Ответ: ☐☐

22. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Средняя плотность, кг/м^3	5430	5240	5515	3940
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Ускорение свободного падения, в сравнении с земным	0,38	0,91	1	0,38
Атмосферное давление на поверхности, бар	10^{-5}	93	1	$6 \cdot 10^{-3}$
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Наклон экватора к орбите, °	0,01	177,36	23,44	25,19
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Линейная скорость вращения по орбите у Марса больше, чем у Венеры.
2) Самой плотной атмосферой обладает Меркурий.
3) Период обращения Венеры вокруг Солнца меньше периода обращения Венеры вокруг своей оси.
4) Площадь поверхности Марса составляет примерно 28% площади поверхности Земли.
5) Центростремительное ускорение Земли при её вращении вокруг Солнца больше центростремительного ускорения Меркурия.

Ответ: ☐☐

23. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус, в радиусах Земли	0,38	0,95	1	0,53
Масса, в массах Земли	0,055	0,815	1	0,108
Атмосферное давление на поверхности, бар	10^{-5}	93	1	$6 \cdot 10^{-3}$
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Линейная скорость вращения по орбите у Марса меньше, чем у Венеры.
2) Самой плотной атмосферой обладает Земля.
3) Сила притяжения Земли к Солнцу меньше, чем сила притяжения к Солнцу Марса.
4) За один оборот Марса вокруг Солнца Земля сделает два оборота вокруг звезды.
5) Центростремительное ускорение Земли при её вращении вокруг Солнца меньше центростремительного ускорения Венеры.

Ответ: ☐☐

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Диаметр, в диаметрах Земли	11,2	9,5	4	3,9
Масса, в массах Земли	318	95,2	14,5	17,2
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Средняя плотность Юпитера в два раза превышает среднюю плотность Урана.
2) За время одного оборота Сатурна вокруг Солнца Юпитер успевает сделать два оборота.
3) Из планет-гигантов по самой вытянутой орбите вокруг Солнца вращается Сатурн.
4) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем больше период её вращения вокруг звезды.
5) Самое маленькое ускорение свободного падения на Юпитере.

Ответ: | | |

25. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах-гигантах Солнечной системы.

Параметры	**Планеты**			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Диаметр, в диаметрах Земли	11,2	9,5	4	3,9
Масса, в массах Земли	318	95,2	14,5	17,2
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214
Количество спутников	67	62	27	14

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Из планет-гигантов наибольшей средней плотностью обладает Нептун.
2) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем меньше период её вращения вокруг звезды.
3) Линейная скорость вращения по орбите у Юпитера больше, чем у Урана.
4) Самое маленькое ускорение свободного падения на Сатурне.

5) За время одного оборота Сатурна вокруг Солнца Уран делает два оборота.

Ответ: | |

26. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах-гигантах Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Средняя плотность, кг/м^3	1270	690	1290	1640
Ускорение свободного падения, м/с^2	24,79	10,44	8,87	11,15
Экваториальный радиус, км	71 490	60 270	25 560	24 760
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214
Количество спутников	67	62	27	14

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Вторая космическая скорость для Юпитера равна 59,5 км/с.
2) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем меньше период её вращения вокруг оси.
3) Самая большая масса из представленных в таблице планет у Сатурна.
4) Больше всего спутников имеет Юпитер.
5) Угловая скорость вращения по орбите у Юпитера меньше, чем у Нептуна.

Ответ: | |

27. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах-гигантах Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Средняя плотность, кг/м^3	1270	690	1290	1640
Ускорение свободного падения, м/с^2	24,79	10,44	8,87	11,15
Экваториальный радиус, км	71 490	60 270	25 560	24 760
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214
Количество спутников	67	62	27	14

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Центростремительное ускорение Сатурна при движении по орбите больше, чем у Юпитера.
2) Самая большая масса из представленных в таблице планет у Юпитера.
3) Вторая космическая скорость для Сатурна больше, чем для Нептуна.
4) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем больше на ней ускорение свободного падения.
5) Частота вращения вокруг своей оси больше всего у планеты Нептун.

Ответ: ☐☐

28. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах-гигантах Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Средняя плотность, кг/м^3	1270	690	1290	1640
Ускорение свободного падения, м/с^2	24,79	10,44	8,87	11,15
Экваториальный радиус, км	71 490	60 270	25 560	24 760
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214
Количество спутников	67	62	27	14

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Частота вращения вокруг своей оси меньше всего у планеты Сатурн.
2) Наибольшей линейной скоростью вращения по орбите вокруг Солнца обладает Юпитер.
3) Первая космическая скорость для Юпитера меньше, чем для Нептуна.
4) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем больше она имеет спутников.
5) У Нептуна в два раза больше спутников, чем у Урана.

Ответ: ☐☐

29. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах-гигантах Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Юпитер	**Сатурн**	**Уран**	**Нептун**
Среднее расстояние до Солнца, а. е.	5,2	9,5	19,2	30
Средняя плотность, кг/м^3	1270	690	1290	1640
Ускорение свободного падения, м/с^2	24,79	10,44	8,87	11,15
Экваториальный радиус, км	71 490	60 270	25 560	24 760
Период вращения вокруг оси	9 ч 55 мин	10 ч 40 мин	17 ч 14 мин	16 ч 7 мин
Период обращения вокруг Солнца, лет	11,8	29,46	84,01	164,79
Эксцентриситет орбиты	0,048775	0,055723	0,044405	0,011214
Количество спутников	67	62	27	14

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Из планет-гигантов по самой вытянутой орбите двигается Юпитер.
2) Чем ближе орбита планеты располагается к Солнцу, тем меньше линейная скорость её движения по этой орбите.
3) Первая космическая скорость для Сатурна примерно равна 35,5 км/с.
4) Чем ближе планета располагается к Солнцу, тем больше её объём.
5) Частота вращения вокруг своей оси больше всего у планеты Юпитер.

Ответ: ☐☐

30. 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
Относительная масса	0,06	0,82	1	0,107
Период вращения	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца, лет	0,24	0,62	1,00	1,88

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

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

Ответ: ☐☐

31. 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
Относительная масса	0,06	0,82	1	0,107
Период вращения	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца, лет	0,24	0,62	1,00	1,88

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

1) Ближайшая к Солнцу планета — Марс.
2) Чем дальше планета располагается от Солнца, тем больше её период обращения вокруг звезды.
3) Наибольшей средней плотностью обладает Меркурий.
4) Период вращения Венеры в 59 раз превышает период вращения Земли.
5) Наибольшим периодом обращения вокруг Солнца обладает Земля.

Ответ: ☐☐

32. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о Солнечной системе.

Планета	**Звёздный период обращения, годы**	**Синодический период обращения, сутки**	**Среднее расстояние от Солнца, млн км**	**Масса, в массах Земли**
Меркурий	0,241	116	58	0,06
Венера	0,615	584	108	0,82
Земля	1,000	—	150	1,00
Марс	1,881	780	228	0,11
Юпитер	11,86	399	778	318
Сатурн	29,46	378	1426	95,1
Уран	84,01	370	2869	14,5
Нептун	164,8	368	4496	17,3
Солнце	—	—	—	330 000

Выберите **два** утверждения, которые являются правильными, и укажите их номера.

1) Земля ближе всего расположена к Солнцу.
2) Юпитер — самая большая планета.
3) Солнце в 330 тысяч раз тяжелей Земли.
4) Марс — самая маленькая планета.
5) Всего существует 9 планет.

Ответ: ☐☐

33. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Планета	Состав атмосферы, %					Физические параметры у поверхности	
	CO_2	N_2	O_2	Ar	H_2O	Давление, атм.	Температура, К
Земля	0,03	78	21	0,93	0,1–1,0	1	240–310
Венера	95	3–5	$2 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,01–0,1	95	740
Марс	95	2 – 3	0,1–0,4	1 – 2	10^{-3}–10^{-1}	$6 \cdot 10^{-3}$	200–270

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют физическим характеристикам планет, и укажите их номера.

1) На Венере нет свободной воды.
2) Наибольшее количество кислорода содержится в атмосфере Марса.
3) Марс располагается ближе к Солнцу, чем Венера.
4) Наибольшее атмосферное давление на Венере.
5) Максимальная температура на Марсе составляет 3°С.

Ответ: ☐☐

34. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Планета	Состав атмосферы, %					Физические параметры у поверхности	
	CO_2	N_2	O_2	Ar	H_2O	Давление, атм.	Температура, К
Земля	0,03	78	21	0,93	0,1–1,0	1	240–310
Венера	95	3–5	$2 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,01–0,1	95	740
Марс	95	2 – 3	0,1–0,4	1 – 2	10^{-3}–10^{-1}	$6 \cdot 10^{-3}$	200–270

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют физическим характеристикам планет, и укажите их номера.

1) На Венере существует гидросфера.
2) Концентрация углекислого газа в атмосфере Венеры и Марса существенно больше, чем в атмосфере Земли.
3) Венера располагается дальше от Солнца, чем Земля.

4) Наибольшее атмосферное давление на Марсе.

5) На Марсе свободная вода существует в виде ледников и вечной мерзлоты.

Ответ: ☐☐

35. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о карликовых планетах Солнечной системы.

Наименование	**Афелий/ перигелий, а. е.**	**Период обращения, лет**	**Радиус, км**	**Масса, кг**
Макемаке	52,8 / 38	306	740	$3 \cdot 10^{21}$
Плутон	49,3 / 29,7	248	1180	$1{,}3 \cdot 10^{22}$
Церера	3 / 2,5	4,6	487,5	$9{,}4 \cdot 10^{20}$
Эрида	97,6 / 37,9	557	1160	$1{,}7 \cdot 10^{22}$

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Самой большой плотностью обладает Эрида.

2) Средний радиус орбиты Плутона примерно равен 67,75 а. е.

3) Самой маленькой плотностью обладает Плутон.

4) Частота обращения Цереры примерно равна $6 \cdot 10^{-4}\ \frac{1}{\text{сут}}$.

5) Дальше всего от Солнца из представленных в таблице карликовых планет находится Плутон.

Ответ: ☐☐

36. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о карликовых планетах Солнечной системы.

Наименование	**Афелий/ перигелий, а. е.**	**Период обращения, лет**	**Радиус, км**	**Масса, кг**
Макемаке	52,8 / 38	306	740	$3 \cdot 10^{21}$
Плутон	49,3 / 29,7	248	1180	$1{,}3 \cdot 10^{22}$
Церера	3 / 2,5	4,6	487,5	$9{,}4 \cdot 10^{20}$
Эрида	97,6 / 37,9	557	1160	$1{,}7 \cdot 10^{22}$

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Самой маленькой плотностью обладает Макемаке.
2) Средний радиус орбиты Цереры примерно равен 2,75 а. е.
3) За время одного обращения Плутона вокруг Солнца Эрида успевает обернуться вокруг Солнца дважды.
4) Самая большая частота обращения вокруг Солнца у Эриды.
5) Чем дальше карликовая планета находится от Солнца, тем меньше период её обращения вокруг этой звезды.

Ответ: ☐☐

37. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о карликовых планетах Солнечной системы.

Наименование	**Афелий/перигелий, а. е.**	**Период обращения, лет**	**Дата открытия**	**Средняя температура поверхности, °С**
Макемаке	52,8 / 38	306	31 мар. 2005 г.	−243
Плутон	49,3 / 29,7	248	18 фев. 1930 г.	−229
Церера	3 / 2,5	4,6	1 янв. 1801 г.	−105
Хуамеа	51,5 / 34,5	282	28 дек. 2004 г.	−240
Эрида	97,6 / 37,9	557	5 янв. 2005 г.	−231

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Дольше всего один оборот вокруг Солнца делает Макемаке.
2) Средняя температура поверхности Хуамеа −240 К.
3) Церера является частью пояса астероидов, расположенного между планетами Марс и Юпитер.
4) Раньше всего учёными был открыт Плутон.
5) Чем больше средний радиус орбиты карликовой планеты, тем меньше частота её обращения вокруг Солнца.

Ответ: ☐☐

38. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о карликовых планетах Солнечной системы.

Наименование	**Афелий/перигелий, а. е.**	**Период обращения, лет**	**Дата открытия**	**Средняя температура поверхности, °С**
Макемаке	52,8 / 38	306	31 мар. 2005 г.	−243
Плутон	49,3 / 29,7	248	18 фев. 1930 г.	−229
Церера	3 / 2,5	4,6	1 янв. 1801 г.	−105
Хуамеа	51,5 / 34,5	282	28 дек. 2004 г.	−240
Эрида	97,6 / 37,9	557	5 янв. 2005 г.	−231

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Плутон является частью пояса Койпера, расположенного за Нептуном.
2) Дольше всего один оборот вокруг Солнца делает Эрида.
3) Холоднее всего на поверхности карликовой планеты Церера.
4) Макемаке был открыт учёными раньше Эриды.
5) Чем больше средний радиус орбиты карликовой планеты, тем больше частота её обращения вокруг Солнца.

Ответ: ☐☐

39. На рисунке 2 цифрой 1 обозначено Солнце. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

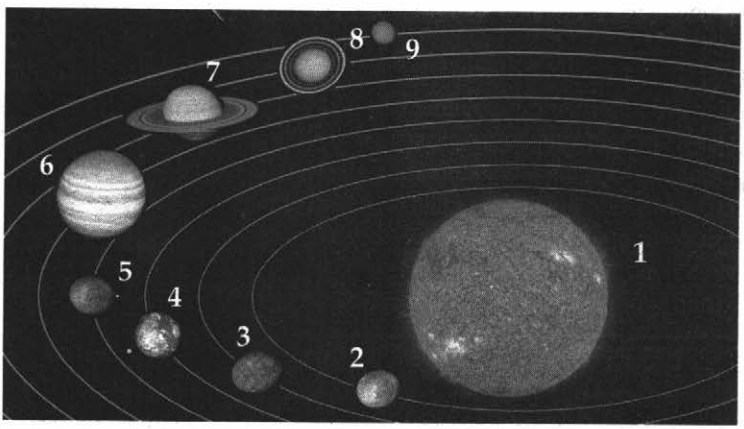


Рис. 2

1) Пояс Койпера находится между планетами, обозначенными цифрами 5 и 6.
2) Планета Нептун на рисунке обозначена цифрой 9.
3) Планета, обозначенная цифрой 5, имеет два естественных спутника.
4) Планета, обозначенная цифрой 2, имеет плотную атмосферу.
5) Планета под цифрой 6 имеет меньший период обращения вокруг звезды, чем планета под цифрой 5.

Ответ: ☐☐

40. На рисунке 3 цифрой 1 обозначено Солнце. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

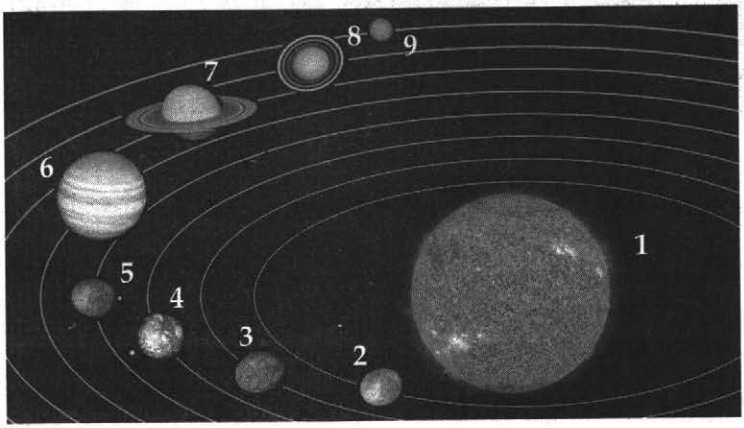


Рис. 3

1) Пояс Койпера находится за орбитой планеты, обозначенной на рисунке цифрой 9.
2) Планета, обозначенная цифрой 9, это Плутон.
3) Планета, обозначенная цифрой 3, имеет гидросферу.
4) Планета, обозначенная цифрой 5, имеет атмосферу.
5) Планета, обозначенная цифрой 6, не имеет естественных спутников.

Ответ: ☐☐

41. На рисунке 4 цифрой 1 обозначено Солнце. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

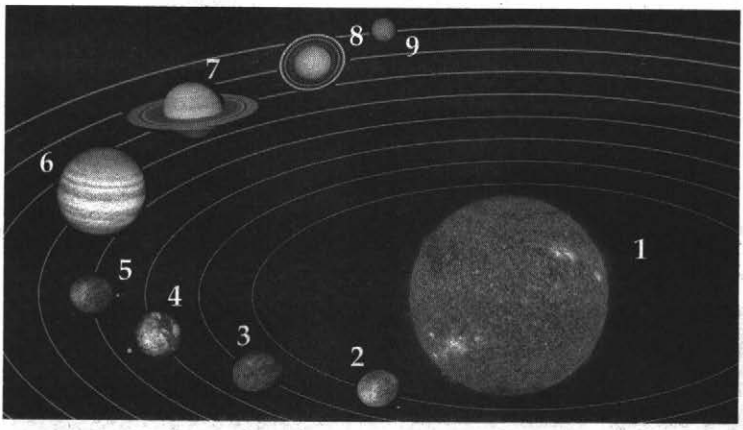


Рис. 4

1) Атмосфера планеты под цифрой 4 состоит в основном из азота и метана.
2) Планета, обозначенная цифрой 3, не имеет спутников.
3) Планета под цифрой 9 не относится к планетам-гигантам.
4) Планета Венера обозначена на рисунке цифрой 5.
5) Планета, обозначенная цифрой 6, имеет кольца.

Ответ: ☐☐

42. На рисунке 4 цифрой 1 обозначено Солнце. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) У планеты под цифрой 6 более 60 спутников.
2) Между планетами под цифрами 5 и 6 находится пояс астероидов.
3) Планета под цифрой 7 имеет твёрдую поверхность.
4) Частота обращения планет под цифрами 8 и 9 вокруг звезды примерно одинакова.
5) Планета, обозначенная цифрой 4, не имеет гидросферы.

Ответ: ☐☐

43. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Период обращения (в сутках)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	27	1738	384
Ио	Юпитер	1,8	1815	422
Ганимед	Юпитер	7,1	2631	1070
Европа	Юпитер	3,5	1569	671
Титан	Сатурн	16	2575	1222
Рея	Сатурн	4,5	760	527
Титания	Уран	8,7	395	436
Оберон	Уран	13,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Самый большой по размерам спутник из представленных в таблице принадлежит Юпитеру.
2) Быстрее всего один оборот вокруг Юпитера сделает спутник Ганимед.
3) Ближе всего к Юпитеру расположена Европа.
4) Рея находится к Сатурну ближе, чем Титан.
5) Частота обращения Оберона вокруг Урана больше, чем Титании.

Ответ: ☐☐

44. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Период обращения (в сутках)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	27	1738	384
Ио	Юпитер	1,8	1815	422
Ганимед	Юпитер	7,1	2631	1070
Европа	Юпитер	3,5	1569	671
Титан	Сатурн	16	2575	1222
Рея	Сатурн	4,5	760	527
Япет	Сатурн	79	718	3561
Титания	Уран	8,7	395	436
Оберон	Уран	13,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Самый маленький по размерам спутник из представленных в таблице принадлежит Земле.
2) Среди спутников Сатурна бóльшую частоту вращения вокруг планеты имеет Рея.
3) Ближе всего к Сатурну расположена орбита Реи.
4) Частота обращения Ганимеда вокруг Юпитера больше, чем таковая у Ио.
5) Оберон находится к Урану ближе, чем Титания.

Ответ: ☐☐

45. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Период обращения (в сутках)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	27	1738	384
Ио	Юпитер	1,8	1815	422
Ганимед	Юпитер	7,1	2631	1070
Европа	Юпитер	3,5	1569	671
Титан	Сатурн	16	2575	1222
Рея	Сатурн	4,5	760	527
Япет	Сатурн	79	718	3561
Титания	Уран	8,7	395	436
Оберон	Уран	13,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Самая большая угловая скорость вращения у Ио.
2) Среди спутников Сатурна Рея и Титан вращаются по близким орбитам.
3) Ближе всего к поверхности соответствующей планеты проходит орбита Луны.
4) Частота обращения Япета вокруг Сатурна больше, чем таковая у Титана.
5) За время одного оборота Европы вокруг Юпитера Ганимед совершит два оборота вокруг планеты.

Ответ: ☐☐

46. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Средняя плотность, (в г/см^3)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	3,35	1738	384
Ио	Юпитер	3,57	1815	422
Ганимед	Юпитер	1,94	2631	1070
Европа	Юпитер	2,97	1569	671
Титан	Сатурн	1,88	2575	1222
Рея	Сатурн	1,24	760	527
Япет	Сатурн	1,2	718	3561
Титания	Уран	1,7	395	436
Оберон	Уран	1,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Среди спутников Сатурна самую большую массу имеет Титан.
2) Первая космическая скорость для Ганимеда меньше, чем для Титана.
3) Спутники Урана Титания и Оберон имеют близкие очень орбиты.
4) Среди спутников Юпитера самую близкую к поверхности планеты орбиту имеет Европа.
5) Масса Ганимеда примерно в два раза больше массы Луны.

Ответ: ☐☐

47. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	Название соотв. планеты	Средняя плотность, (в г/см^3)	Радиус (в км)	Радиус орбиты (в тыс. км)
Луна	Земля	3,35	1738	384
Ио	Юпитер	3,57	1815	422
Ганимед	Юпитер	1,94	2631	1070
Европа	Юпитер	2,97	1569	671
Титан	Сатурн	1,88	2575	1222
Рея	Сатурн	1,24	760	527
Япет	Сатурн	1,2	718	3561
Титания	Уран	1,7	395	436
Оберон	Уран	1,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Сила притяжения Титана к Сатурну больше, чем сила притяжения Япета к Сатурну.
2) Масса Реи близка к массе Луны.
3) Дальше всего от поверхности соответствующей планеты проходит орбита Титана.
4) Ускорение свободного падения на Луне примерно равно 1,6 м/с^2.
5) Сила притяжения Титании к Урану меньше, чем сила притяжения Оберона к Урану.

Ответ: ☐☐

48. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о естественных спутниках планет Солнечной системы.

Наименование спутника	**Название соотв. планеты**	**Средняя плотность, (в г/см^3)**	**Радиус (в км)**	**Радиус орбиты (в тыс. км)**
Ио	Юпитер	3,57	1815	422
Ганимед	Юпитер	1,94	2631	1070
Европа	Юпитер	2,97	1569	671
Титан	Сатурн	1,88	2575	1222
Рея	Сатурн	1,24	760	527
Япет	Сатурн	1,2	718	3561
Титания	Уран	1,7	395	436
Оберон	Уран	1,5	380	583

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников, и укажите их номера.

1) Сила притяжения Титана к Сатурну меньше, чем сила притяжения Реи к Сатурну.
2) Масса Реи близка к массе Япета.
3) Ближе всего к поверхности соответствующей планеты проходит орбита Оберона.
4) Ускорение свободного падения на Титане меньше ускорения свободного падения на Япете.
5) Первая космическая скорость для Ганимеда больше, чем для Титана.

Ответ: ☐☐

49. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о периодических кометах, наблюдавшихся в двух и более появлениях.

Наименование кометы	Период обращения (в годах)	Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты (в °)	Год посл. прохождения перигелия
Галлея	76	0,967	162	1986
Энке	3,30	0,848	11,8	2017
Д'Арре	6,5	0,612	19,5	2015
Туттля	13,6	0,820	55	2008
Вольфа	8,74	0,358	27,9	2017

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Реже всего к Земле приближается комета Галлея.
2) Следующий раз комета Вольфа приблизится к Земле на минимальное расстояние в 2021 году.
3) По наиболее вытянутой орбите вращается комета Д'Арре.
4) Ближе всего к плоскости эклиптики лежит орбита кометы Энке.
5) Самый большой период обращения из представленных комет имеет комета Туттля.

Ответ: ☐☐

50. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о периодических кометах, наблюдавшихся в двух и более появлениях.

Наименование кометы	Период обращения (в годах)	Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты (в °)	Год посл. прохождения перигелия
Галлея	76	0,967	162	1986
Энке	3,30	0,848	11,8	2017
Д'Арре	6,5	0,612	19,5	2015
Туттля	13,6	0,820	55	2008
Вольфа	8,74	0,358	27,9	2017

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Реже всего к Земле приближается комета Энке.
2) Следующий раз комета Галлея приблизится к Земле на минимальное расстояние в 2062 году.
3) По наиболее вытянутой орбите вращается комета Галлея.

4) Ближе всего к плоскости эклиптики лежит орбита кометы Туттля.
5) Самый большой период обращения из представленных комет имеет комета Вольфа.

Ответ: ☐☐

51. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о периодических кометах, наблюдавшихся в двух и более появлениях.

Наименование кометы	Период обращения (в годах)	Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты (в °)	Год посл. прохождения перигелия
Галлея	76	0,967	162	1986
Энке	3,30	0,848	11,8	2017
Д'Арре	6,5	0,612	19,5	2015
Туттля	13,6	0,820	55	2008
Вольфа	8,74	0,358	27,9	2017

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Следующий раз комета Туттля приблизится к Земле на минимальное расстояние в 2062 году.
2) За время одного оборота кометы Туттля вокруг Солнца комета Вольфа сделает два оборота.
3) Ближе всего к плоскости эклиптики лежит орбита кометы Галлея.
4) Наименее вытянутую орбиту имеет комета Вольфа.
5) Наибольшая частота обращения вокруг Солнца из представленных комет у кометы Энке.

Ответ: ☐☐

52. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о периодических кометах, наблюдавшихся в двух и более появлениях.

Наименование кометы	Период обращения (в годах)	Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты (в °)	Год посл. прохождения перигелия
Галлея	76	0,967	162	1986
Энке	3,30	0,848	11,8	2017
Д'Арре	6,5	0,612	19,5	2015
Туттля	13,6	0,820	55	2008
Вольфа	8,74	0,358	27,9	2017

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) За время одного оборота кометы Туттля вокруг Солнца комета Д'Арре сделает два оборота.
2) Следующий раз комета Туттля приблизится к Земле на минимальное расстояние в 2021 или 2022 году.
3) Наибольшая частота обращения вокруг Солнца из представленных комет у кометы Галлея.
4) Ближе всего к плоскости эклиптики лежит орбита кометы Туттля.
5) Наименее вытянутую орбиту имеет комета Энке.

Ответ: | | |

§ 2. Звёзды. Их эволюция и характеристики

Теоретический материал

Звезда — массивный газовый шар, излучающий свет и удерживаемый в состоянии равновесия силами собственной гравитации и внутренним давлением. Внутри звёзд происходят (или происходили ранее) реакции термоядерного синтеза.

Звёзды образуются из газово-пылевой среды (главным образом из водорода и гелия) в результате гравитационного сжатия. Температура вещества в недрах звёзд измеряется миллионами кельвинов, а на их поверхности — тысячами кельвинов. Например, температура на поверхности Солнца равна примерно 6000 К.

Светимостью звезды называется энергия, излучаемая звездой за 1 с со всей её поверхности. Для Солнца эта величина равна $L = 4 \cdot 10^{26}$ Вт.

По температуре, цвету и виду спектра все звёзды можно разделить на **спектральные классы**, которые обозначили буквами O, B, A, F, G, K, M.

Класс	Температура, К	Цвет	Примеры
O	30 000–60 000	голубой	Кси Персея
B	10 000–30 000	бело-голубой	Ригель
A	7500–10 000	белый	Сириус
F	6000–7500	жёлто-белый	Процион
G	5000–6000	жёлтый	Солнце
K	3500–5000	оранжевый	Альдебаран
M	2000–3500	красный	Бетельгейзе

В зависимости от спектрального класса, светимости и температуры поверхности (диаграмма Герцшпрунга — Рассела, см. рис. 5) звезды делятся на несколько основных групп.

Главная последовательность. К этой группе относится большинство звезд (порядка 90%), в том числе и Солнце. Плотности звёзд этой группы сравнимы с солнечной плотностью. Положение звезды на главной последовательности определяется её массой и в малой степени химическим составом.

Красные гиганты. К этой группе в основном относятся звёзды красного цвета с радиусами, в десятки раз превышающими солнечный.

Сверхгиганты. Это звёзды со светимостями в десятки и сотни тысяч раз превышающими солнечную. Радиусы этих звёзд превышают радиус Солнца в сотни раз.

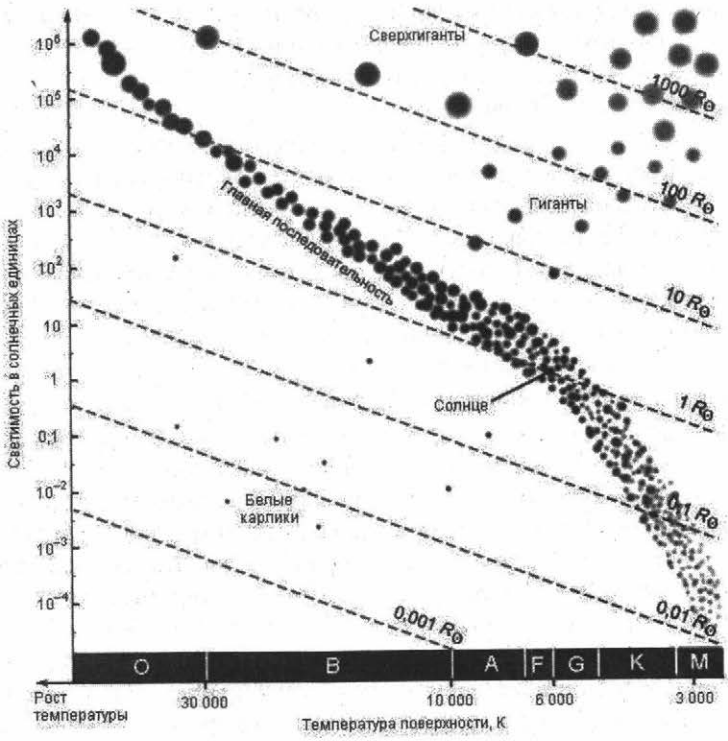


Рис. 5

Белые карлики. Эта группа звёзд в основном белого цвета со светимостями в сотни и тысячи раз меньше солнечной. По размерам они сравнимы с размерами Земли, но их массы близки к массе Солнца.

Энергия подавляющего большинства звёзд выделяется в результате термоядерных реакций превращения водорода в гелий, происходящих при высоких температурах внутри звезды.

Внутри Солнца термоядерные реакции происходят внутри ядра (его радиус равен примерно $0{,}3R_c$). Вне ядра температура недостаточна для протекания термоядерных реакций. Энергия, выделившаяся в ядре звезды, переносится наружу, к поверхности, двумя способами: лучистым и конвективным переносами.

В самом центре красных гигантов и сверхгигантов, несмотря на высокие температуры, ядерные реакции отсутствуют. Они протекают в тонких слоях вокруг плотного центрального ядра.

В 1967 г. астрономы обнаружили в космосе пульсары (нейтронные звезды) — радиоисточники, которые испускали периодические импульсы радиоизлучения. Эти необычные звёзды имеют радиусы около 10 км и массы, сравнимые с массой Солнца.

Созвездиями в современной астрономии называются участки, на которые разделена небесная сфера для удобства ориентирования на звёздном небе. В одном созвездии могут быть и очень близкие, и очень далёкие от Земли звёзды, никак друг с другом не связанные. В начале XIX в. В. Гершель установил по собственным движениям немногих близких звёзд, что по отношению к ним Солнечная система движется в направлении созвездий Лиры и Геркулеса. Направление, в котором движется Солнечная система, называется апексом движения.

Происхождение и эволюция Солнца и звёзд

Звезда начинает свою жизнь как холодное разреженное облако межзвёздного газа, сжимающееся под действием гравитационных сил и постепенно принимающее форму шара. При сжатии энергия гравитационного поля переходит в тепло, и температура объекта возрастает. На этой стадии развития такое облако называется протозвездой. Когда температура в центре достигает 15–20 миллионов К, начинаются термоядерные реакции и сжатие прекращается. Объект становится полноценной звездой. В таком состоянии звезда пребывает большую часть своей жизни, находясь на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга — Рассела, пока не закончатся запасы топлива в её ядре. Когда в центре звезды весь водород превратится в гелий, термоядерное горение водорода продолжается на периферии гелиевого ядра.

В этот период структура звезды начинает заметно меняться. Её светимость растёт, внешние слои расширяются, а внутренние, наоборот, сжимаются. И некоторое время яркость звезды тоже снижается. Температура поверхности снижается, звезда раздувается — она становится красным гигантом или сверхгигантом в зависимости от массы. На ветви гигантов звезда проводит значительно меньше времени, чем на главной последовательности.

Если звезда имела небольшую массу, то её раздувшаяся оболочка образует планетарную туманность. После окончательного рассеяния оболочки от звезды остаётся только горячее ядро — белый карлик.

Если звезда имела большую массу, то она эволюционирует быстрее и в конце своей жизни она может взорваться сверхновой звездой, а её ядро резко сжаться и превратиться в нейтронную звезду или даже в чёрную дыру. Сброшенная оболочка, обогащённая гелием и другими тяжёлыми эле-

ментами, образовавшимися в недрах звезды, рассеивается в пространстве и служит материалом для формирования новых звёзд.

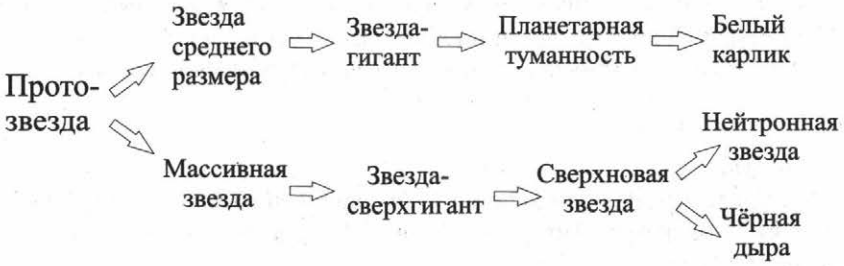


Рис. 6

Наблюдая только за одной звездой, невозможно изучить звёздную эволюцию — многие изменения в звёздах протекают слишком медленно, чтобы быть замеченными даже по прошествии многих веков. Поэтому учёные изучают множество звёзд, каждая из которых находится на определённой стадии жизненного цикла.

Пример задания:

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Светимость (в светимостях Солнца)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	10
Антарес	4000	10	880	57 500
Бетельгейзе	3100	20	900	90 000
Гакрукс	3400	3	113	1500
Полярная	7000	6	30	2200
Ригель	11 000	18	75	126 000
Сириус А	9900	2	1,7	25
Сириус В	25 000	1	0,0084	0,026

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Температура поверхности Антареса в 2 раза выше, чем поверхности Солнца.
2) Температура поверхности и светимость звезды Сириус В свидетельствует о том, что она относится к белым карликам.

3) Температура поверхности и светимость звезды Сириус А свидетельствует о том, что она является красным гигантом.

4) Плотности вещества звёзд Антарес и Ригель примерно равны.

5) Температура поверхности и радиус звезды Альтаир говорят о том, что эта звезда относится к белым звёздам спектрального класса А.

Ответ: | |

Решение:

1. Температура на поверхности Солнца примерно 6000 К, а из таблицы видно, что температура Антареса — 4000 К. Следовательно, первое утверждение ошибочно.

2. Светимость, температура и размеры звезды Сириус В свидетельствуют о том, что эта звезда находится в нижнем левом углы диаграммы Герцшпрунга — Рассела и является белым карликом. Утверждение 2 правдиво.

3. Звезда Сириус А имеет небольшую светимость и размеры, сравнимые с размером Солнца. Их этого следует, что она относится к главной последовательности звёзд. Следовательно, третье утверждение ошибочно.

4. Средняя плотность равна отношению массы звезды к её объёму:

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}.$$

$$\frac{\rho_\text{а}}{\rho_\text{р}} = \frac{M_\text{а}}{R_\text{а}^3} \cdot \frac{R_\text{р}^3}{M_\text{р}} = \frac{10 \cdot 75^3}{880^3 \cdot 18} \approx 10^{-4}.$$

Следовательно, плотности звёзд Антарес и Ригель различаются более чем в 1000 раз. Утверждение 4 ошибочно.

Этот вывод можно было сделать и без вычислений, просто учтя, что масса Антареса меньше массы Ригеля, а радиус при этом в 10 раз больше. Следовательно, плотности этих звёзд различаются во много раз.

5. По таблице с характеристиками спектральных классов видно, что температура 8000 К соответствует белым звёздам и спектральному классу А. Утверждение 5 правдиво.

Ответ: 25.

Задания

53. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) В звёздах-сверхгигантах термоядерные реакции происходят в центре звезды.
2) Две звезды одного спектрального класса обязательно имеют одинаковые массы.
3) Внутри белых карликов термоядерные реакции не происходят.
4) Температура белых карликов выше температуры красных гигантов.
5) Учёные создали теорию эволюции звёзд, наблюдая только за Солнцем.

Ответ: | | |

54. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) В большинстве звёзд термоядерные реакции происходят в центре звезды.
2) Две звезды одного спектрального класса обязательно имеют одинаковые плотности.
3) Звезды не крутятся вокруг своей оси.
4) Светимость белых карликов выше светимости красных гигантов.
5) Температура на поверхности Солнца примерно 6000 К.

Ответ: | | |

55. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Звёзды класса G имеют белый цвет и температуры в диапазоне 7500–10 000 К.
2) Две звезды одного спектрального класса обязательно имеют одинаковые светимости.
3) Звезды одного созвездия находятся от Земли на одинаковом расстоянии.
4) Диаметры белых карликов меньше диаметров большинства звёзд главной последовательности.
5) Внутри звёзд главной последовательности водород превращается в гелий.

Ответ: | | |

56. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) В некоторых звёздах термоядерные реакции происходят на периферии гелиевого ядра.
2) Две звезды одного спектрального класса обязательно имеют одинаковые светимости.
3) Звёзды класса А имеют белый цвет и температуры в диапазоне 7500–10 000 К.
4) Диаметры белых карликов больше диаметров большинства звёзд главной последовательности.
5) Белые карлики имеют массы в сотни раз большие, чем масса Солнца.

Ответ: ☐☐

57. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Диаметр гигантов превышает диаметр Солнца в сотни раз.
2) Светимости сверхгигантов в сотни тысяч раз больше светимости Солнца.
3) Звёзды класса К имеют температуры в диапазоне 3500–5000 К.
4) Чёрная дыра — первоначальный этап формирования звезды.
5) Внутри звёзд главной последовательности гелий превращается в водород.

Ответ: ☐☐

58. Выберите **два** утверждения, которые являются правильными и запишите их номера.

1) Звёзды на небе неподвижны.
2) Солнечная система движется в направлении созвездий Лиры и Геркулеса.
3) Звёзды движутся с одинаковыми скоростями.
4) Звёзды движутся с различными скоростями.
5) Вид созвездий не меняется с течением времени.

Ответ: ☐☐

59. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Солнце в основном состоит из водорода и гелия.
2) Поверхность Солнца имеет большую температуру, чем его внутренние слои.
3) Меркурий и Земля за одно и то же время получают одинаковое количество Солнечной энергии.
4) Солнце не крутится вокруг своей оси.
5) Внутри Солнца происходят термоядерные реакции.

Ответ: | | |

60. Выберите **два** утверждения, которые являются правильными, и укажите их номера.

1) Солнечное вещество состоит из отдельных атомов.
2) Солнце — ближайшая к нам звезда.
3) В глубине Солнца самая низкая температура.
4) Солнечное вещество состоит из ионов.
5) Солнце не имеет своей атмосферы.

Ответ: | | |

61. Выберите **два** утверждения, которые являются правильными, и укажите их номера.

1) Тёмные пятна на Солнце остаются неподвижными относительно видимого диска.
2) Тёмные пятна на Солнце перемещаются по видимому диску.
3) Тёмные пятна являются непостоянными образованиями.
4) Тёмные пятна являются постоянными образованиями.
5) Тёмные пятна появляются в солнечной короне.

Ответ: | | |

62. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Расстояние до звезды (св. лет)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	4000	10	880	600
Арктур	4300	1,25	26	37
Беллатрикс	22 000	8,4	6	240
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Полярная	7000	6	30	430
Ригель	11 000	18	75	864
Спика	16 800	15	7	160
Сириус	9900	2	1,7	8,6
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	25

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Температура на поверхности Полярной звезды в 2 раза выше, чем на поверхности Солнца.
2) Температура поверхности и радиус Гакрукса говорят о том, что эта звезда относится к красным гигантам.
3) Температура поверхности и радиус Сириуса говорят о том, что эта звезда относится к сверхгигантам.
4) Полярная звезда относится к звёздам спектрального класса F.
5) Так как массы звёзд Вега и Гакрукс одинаковы, то они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: ☐☐

63. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. лет)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	4000	10	880	600
Арктур	4300	1,25	26	37
Беллатрикс	22 000	8,4	6	240
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Ригель	11 000	18	75	864
Спика	16 800	15	7	160
Сириус	9900	2	1,7	8,6
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	25

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Средняя плотность Сириуса меньше средней плотности Альтаира.
2) Температура поверхности и радиус Антареса говорят о том, что эта звезда относится к сверхгигантам.
3) Сириус относится к тому же спектральному классу, что и Солнце.
4) Звезда Фомальгаут относится к белым звёздам спектрального класса А.
5) Так как массы звёзд Вега и Гакрукс одинаковы, то они имеют одинаковый цвет.

Ответ: ☐☐

64. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о параметрах ближайших звёзд (в сравнении с Солнцем).

Параметр	Солнце	α Cen A	α Cen B	Proxima
Возраст, млн лет	4650	4850	4850	4850
Масса, $M_\odot$	1,000	1,100	0,907	0,123
Радиус, $R_\odot$	1,000	1,227	0,865	0,145
Светимость, $L_\odot$	1,000	1,519	0,500	0,000138
Температура, К	5770	5790	5260	3040
Водород	73,7	71,5	69,4	69,5
Гелий	24,5	25,8	27,7	27,8
Тяжёлые элементы	1,81	2,74	2,89	2,90

Указание: массы элементов даны в процентах по отношению к массе звезды.

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Самую большую плотность среди ближайших к Солнцу звёзд имеет Proxima.
2) Звезда α Cen A содержит меньше тяжёлых элементов, чем α Cen B.
3) Светимость звезды прямо пропорциональна её массе.
4) Звезда Proxima относится к красным звездам спектрального класса M.
5) Возраст звезды прямо пропорционален её массе.

Ответ: ☐☐

65. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о параметрах ближайших звёзд (в сравнении с Солнцем).

Параметр	**Солнце**	**α Cen A**	**α Cen B**	**Proxima**
Возраст, млн лет	4650	4850	4850	4850
Масса, $M_\odot$	1,000	1,100	0,907	0,123
Радиус, $R_\odot$	1,000	1,227	0,865	0,145
Светимость, $L_\odot$	1,000	1,519	0,500	0,000138
Температура, K	5770	5790	5260	3040
Водород	73,7	71,5	69,4	69,5
Гелий	24,5	25,8	27,7	27,8
Тяжёлые элементы	1,81	2,74	2,89	2,90

Указание: массы элементов даны в процентах по отношению к массе звезды.

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Звезда α Cen A содержит меньше гелия, чем α Cen B.
2) Самую маленькую плотность среди ближайших к Солнцу звёзд имеет α Cen A.
3) Светимость звезды обратно пропорциональна её массе.
4) Температура на поверхности Солнца, α Cen A и α Cen B указывает на то, что эти звёзды относятся к одному спектральному классу G.
5) Возраст звезды обратно пропорционален её массе.

Ответ: ☐☐

66. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. лет)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Арктур	4300	1,25	26	37
Беллатрикс	22 000	8,4	6	240
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Ригель	11 000	18	75	864
Сириус	9900	2	1,7	8,6
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	25

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Температура на поверхности звезды Ригель почти в 2 раза выше, чем на поверхности Солнца.
2) Температура поверхности и радиус звезды Беллатрикс говорят о том, что эта звезда спектрального класса В.
3) Температура поверхности и радиус звезды Арктур говорят о том, что эта звезда относится к белым звёздам.
4) Звёзды Альтаир и Сириус имеют одинаковые массы.
5) Так как массы звёзд Вега и Гакрукс одинаковы, то и их «возраст» примерно одинаков.

Ответ: ☐☐

67. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. лет)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	4000	10	880	600
Беллатрикс	22 000	8,4	6	240
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Ригель	11 000	18	75	864
Сириус	9900	2	1,7	8,6

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Средняя плотность звезды Гакрукс меньше средней плотности звезды Вега.
2) Температура поверхности и радиус Веги говорят о том, что эта звезда относится к спектральному классу F.
3) Звезда Сириус относится к тому же спектральному классу, что и Альтаир.
4) Звезда Беллатрикс относится к красных сверхгигантам.
5) Так как температура Сириуса больше температуры Антареса, то Сириус старше Антареса.

Ответ: ☐☐

68. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Расстояние до звезды (св. лет)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	4000	10	880	600
Бетельгейзе	3100	20	900	640
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Полярная	7000	6	30	430
Спика	16 800	15	7	160
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	25

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Звезда Бетельгейзе относится к тому же типу звёзд, что и Антарес.
2) Средняя плотность Антареса больше средней плотности Фомальгаута.
3) Температура на поверхности Полярной звезды в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.
4) Температура поверхности и радиус звезды Альтаир говорят о том, что эта звезда относится к белым звездам спектрального класса А.
5) Так как звёзды Гакрукс и Вега имеют одинаковые массы, то они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: ☐☐

69. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Расстояние до звезды (св. лет)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	4000	10	880	600
Арктур	4300	1,25	26	37
Беллатрикс	22 000	8,4	6	240
Бетельгейзе	3100	20	900	640
Гакрукс	3400	3	113	88
Вега	10 600	3	3	27
Сириус	9900	2	1,7	8,6
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	25

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Температура поверхности и радиус звезды Беллатрикс говорят о том, что эта звезда относится к сверхгигантам.
2) Средняя плотность Сириуса больше средней плотности Альтаир.
3) Так как звёзды Гакрукс и Вега имеют одинаковые массы, то они имеют и одинаковую светимость.
4) Температура на поверхности звезды Бетельгейзе примерно такая же, как на поверхности Солнца.
5) Температура поверхности и радиус звезды Фомальгаут говорят о том, что эта звезда относится к белым звёздам спектрального класса А.

Ответ: ☐☐

70. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Светимость (в светимостях Солнца)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	10
Антарес	4000	10	880	57 500
Бетельгейзе	3100	20	900	90 000
Гакрукс	3400	3	113	1500
Полярная	7000	6	30	2200
Ригель	11 000	18	75	126 000
Сириус А	9900	2	1,7	25
Сириус В	25 000	1	0,0084	0,026

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Светимость Полярной звезды в два раза больше светимости звезды Гакрукс.
2) Средняя плотность звезды Сириус А меньше средней плотности Альтаира.
3) Самая мощная звезда из представленных в таблице — Ригель.
4) Плотности вещества звёзд Антарес и Бетельгейзе примерно равны.
5) Температура поверхности и радиус звезды Гакрукс говорят о том, что эта звезда относится к красным гигантам.

Ответ: ☐☐

71. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Светимость (в светимостях Солнца)**
Альтаир	8000	1,7	1,7	10
Антарес	4000	10	880	57 500
Арктур	4300	1,25	26	210
Беллатрикс	22 000	8,4	6	6400
Гакрукс	3400	3	113	1500
Сириус А	9900	2	1,7	25
Сириус В	25 000	1	0,0084	0,026
Фомальгаут	8600	1,9	1,8	16

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Из представленных в таблице звёзд самой маленькой светимостью обладает звезда Альтаир.
2) Температура поверхности и радиус звезды Антарес говорят о том, что эта звезда относится к звёздам главной последовательности.
3) Температура поверхности и радиус звезды Арктур говорят о том, что эта звезда относится к спектральному классу М.
4) Звезда Гакрукс старше звезды Фомальгаут.
5) Звезда Сириус В относится к белым карликам.

Ответ: ☐☐

72. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**	**Светимость (в светимостях Солнца)**
Беллатрикс	22 000	8,4	6	6400
Бетельгейзе	3100	20	900	90 000
Гакрукс	3400	3	113	1500
Вега	10 600	3	3	40
Капелла	5200	2,6	10	78
Кастор	10 400	2	2	20
Сириус А	9900	2	1,7	25
Сириус В	25 000	1	0,0084	0,026

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Несмотря на то, что температуры поверхности звёзд Вега и Кастор почти одинаковы, светимость Веги в два раза больше, чем Кастора.
2) Так как массы звёзд Вега и Гакрукс равны, то и возраст этих звёзд примерно одинаков.
3) Температура поверхности и радиус звезды Кастор говорят о том, что эта звезда относится к спектральному классу G.
4) Температура на поверхности звезды Бетельгейзе примерно в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.
5) Звезда Сириус В относится к звёздам главной последовательности.

Ответ: ☐☐

73. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	Созвездие	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)
Альтаир	Орел	8000	1,7	1,7
Антарес	Скорпион	4000	10	880
Беллатрикс	Орион	22 000	8,4	6
Бетельгейзе	Орион	3100	20	900
Вега	Лира	10 600	3	3
Гакрукс	Южный Крест	3400	3	113
Капелла	Возничий	5200	2,6	10
Кастор	Близнецы	10 400	2	2
Ригель	Орион	11 000	18	75
Сириус А	Большой Пёс	9900	2	1,7
Сириус В	Большой Пёс	25 000	1	0,0084
Фомальгаут	Южная Рыба	8600	1,9	1,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Бетельгейзе и Беллатрикс относятся к одному созвездию, а значит, находятся на одном расстоянии от Солнца.
2) Гакрукс и Вега имеют одинаковую массу, а значит, они относятся к одному спектральному классу.
3) Самая яркая звезда из представленных в таблице относится к созвездию Большой Пёс.
4) Температура поверхности Бетельгейзе примерно в два раза ниже температуры поверхности Солнца.
5) Так как звезды Фомальгаут и Альтаир имеют близкие массы и температуры, то они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: | | |

74. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о звёздах.

Наименование звезды	**Созвездие**	**Температура, К**	**Масса (в массах Солнца)**	**Радиус (в радиусах Солнца)**
Альтаир	Орел	8000	1,7	1,7
Антарес	Скорпион	4000	10	880
Беллатрикс	Орион	22 000	8,4	6
Бетельгейзе	Орион	3100	20	900
Вега	Лира	10 600	3	3
Гакрукс	Южный Крест	3400	3	113
Капелла	Возничий	5200	2,6	10
Кастор	Близнецы	10 400	2	2
Ригель	Орион	11 000	18	75
Сириус А	Большой Пёс	9900	2	1,7
Сириус В	Большой Пёс	25 000	1	0,0084
Фомальгаут	Южная Рыба	8600	1,9	1,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд, и укажите их номера.

1) Бетельгейзе и Ригель относятся к одному созвездию, а значит, находятся на одном расстоянии от Солнца.
2) Самая горячая звезда из представленных в таблице относится к созвездию Большой Пёс.
3) Звезда Ригель относится к бело-голубым звёздам класса В.
4) Фомальгаут и Гакрукс относятся к одному созвездию.
5) Беллатрикс и Бетельгейзе входят к одно созвездие, а значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: ☐☐

75. На рисунке 7 изображено положение нескольких звёзд на диаграмме Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

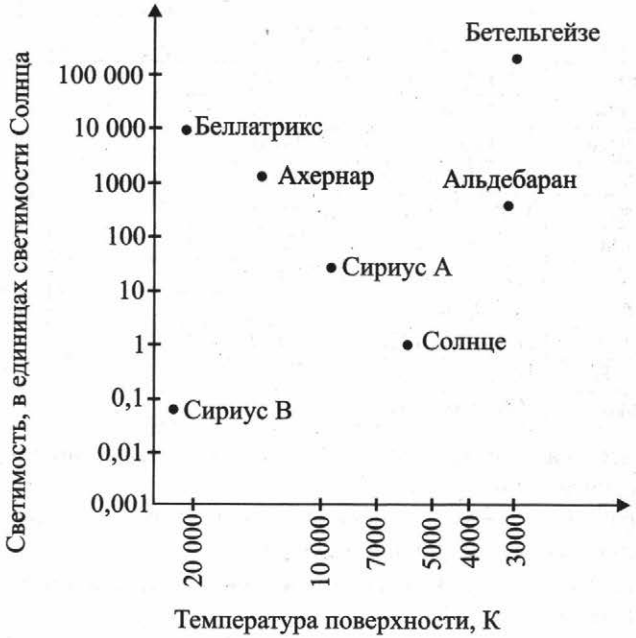


Рис. 7

1) Звезда Бетельгейзе является красным сверхгигантом.
2) Звезда Альдебаран является красным сверхгигантом.
3) Звезда Беллатрикс относится к белым карликам.
4) Солнце и Сириус В находятся на главной последовательности.
5) Звезда Сириус А относится к белым звёздам спектрального класса А.

Ответ: ☐☐

76. На рисунке 8 изображено положение нескольких звёзд на диаграмме Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

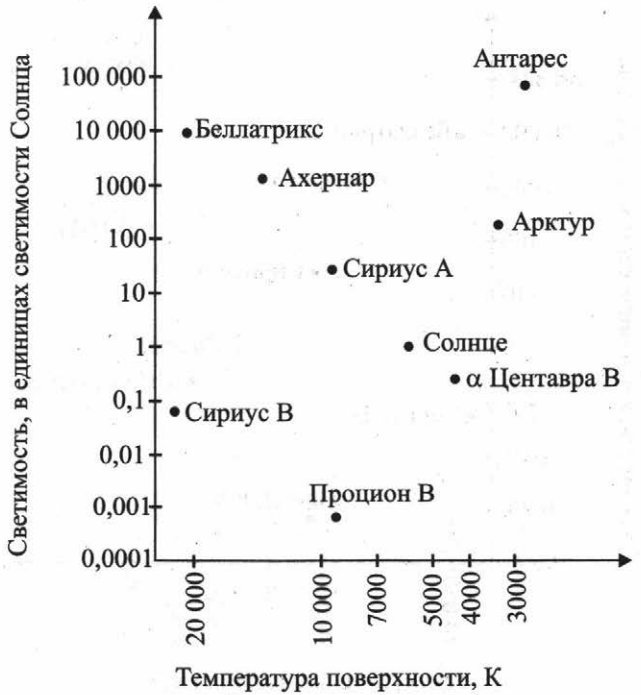


Рис. 8

1) Звезда Антарес относится к главной последовательности.
2) Звезда Ахернар является красным сверхгигантом.
3) Звезда Беллатрикс является красным сверхгигантом.
4) Солнце и Ахернар находятся на главной последовательности.
5) Звезда Ахернар относится к голубым звёздам спектрального класса В.

Ответ: | | |

77. На рисунке 9 изображено положение нескольких звёзд на диаграмме Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

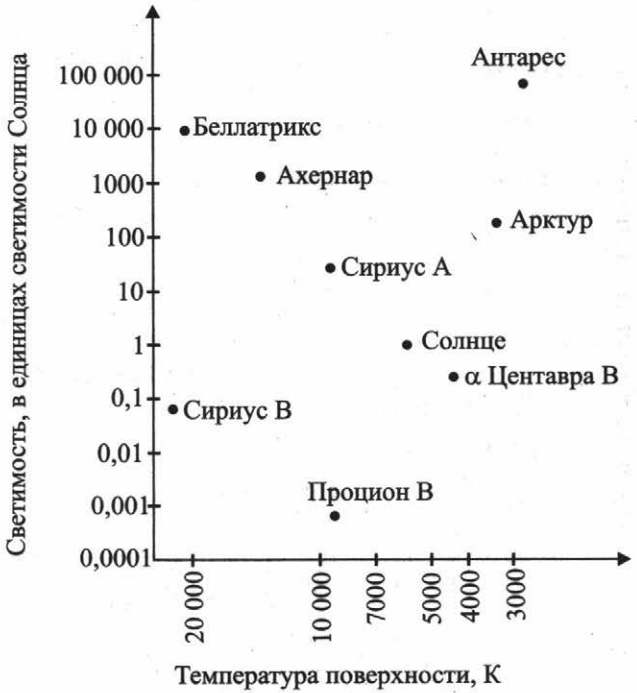


Рис. 9

1) Звезда Беллатрикс является красным сверхгигантом.
2) Сириус В и Процион В являются белыми карликами.
3) Арктур и Сириус А находятся на главной последовательности.
4) Звезда α Центавра В относится к оранжевым звёздам спектрального класса К.
5) Антарес и Арктур относятся к красным сверхгигантам.

Ответ: ☐☐

78. На рисунке 10 изображено положение нескольких звёзд на диаграмме Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

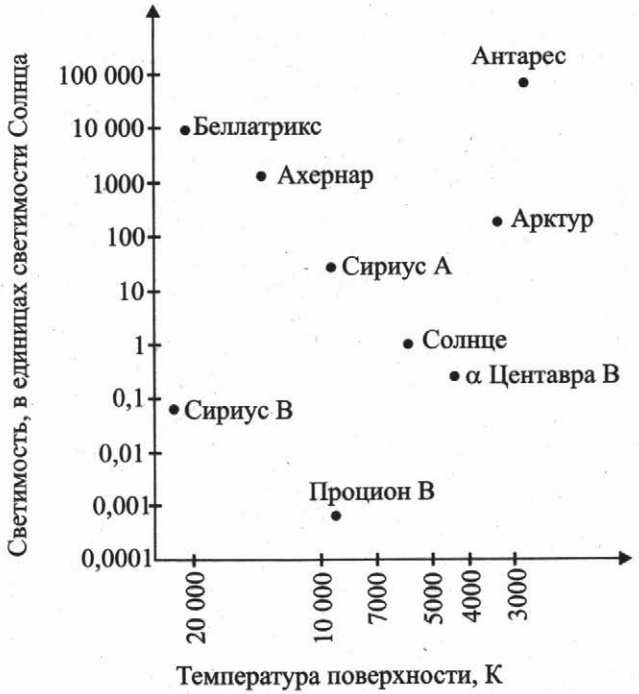


Рис. 10

1) Звезда Беллатрикс относится к белым звёздам спектрального класса А.
2) Процион В относится к классу белых карликов.
3) Ахернар и α Центавра В находятся на главной последовательности.
4) Сириус В и Сириус А находятся на главной последовательности.
5) Антарес и Арктур относятся к красным сверхгигантам.

Ответ: ☐☐

79. На рисунке 11 схематически изображена диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

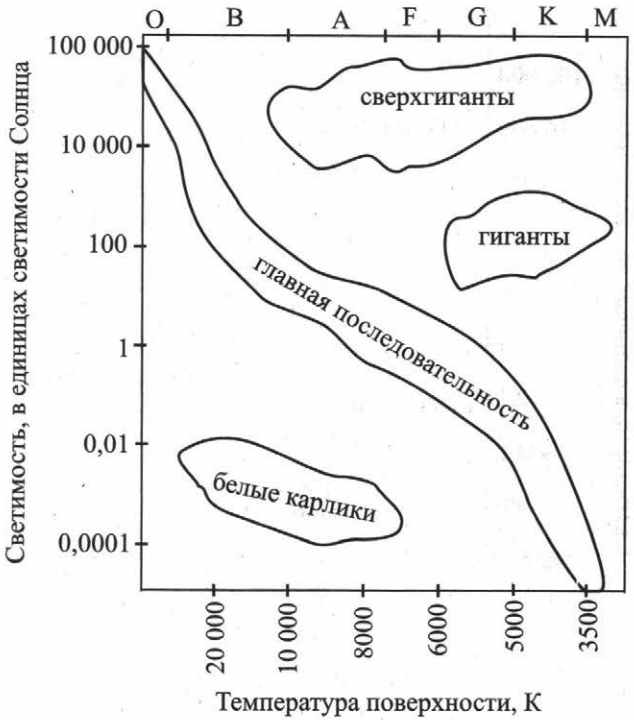


Рис. 11

1) Температура звёзд спектрального класса М в 2 раза выше температуры звёзд спектрального класса F.
2) Солнце имеет температуру 6000 К и находится на главной последовательности.
3) Температура белых карликов меньше температуры звёзд-гигантов.
4) Белые карлики — горячие звёзды с большой светимостью.
5) Светимость звезды Бетельгейзе больше светимости Солнца в 100 000 раз, температура поверхности почти в два раза меньше, а значит, Бетельгейзе — сверхгигант.

Ответ: | | |

80. На рисунке 12 схематически изображена диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

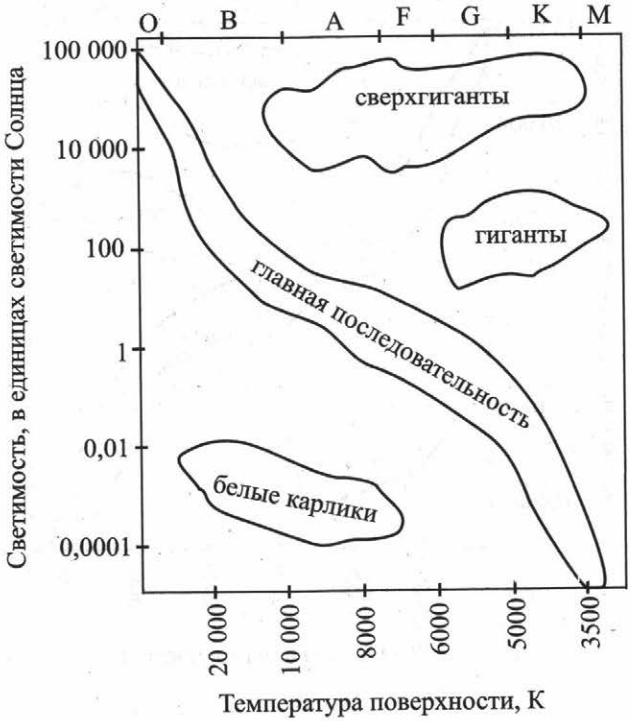


Рис. 12

1) Температура звёзд спектрального класса M минимум в 2 раза ниже температуры звёзд спектрального класса F.
2) Бóльшая часть звёзд находится на главной последовательности.
3) Солнце относится к белым карликам.
4) Светимость Сириуса B составляет примерно 0,03 светимости Солнца, а значит, Сириус B — звезда-гигант.
5) Самой маленькой светимостью и температурой обладают белые карлики.

Ответ: ☐☐

81. На рисунке 13 схематически изображена диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

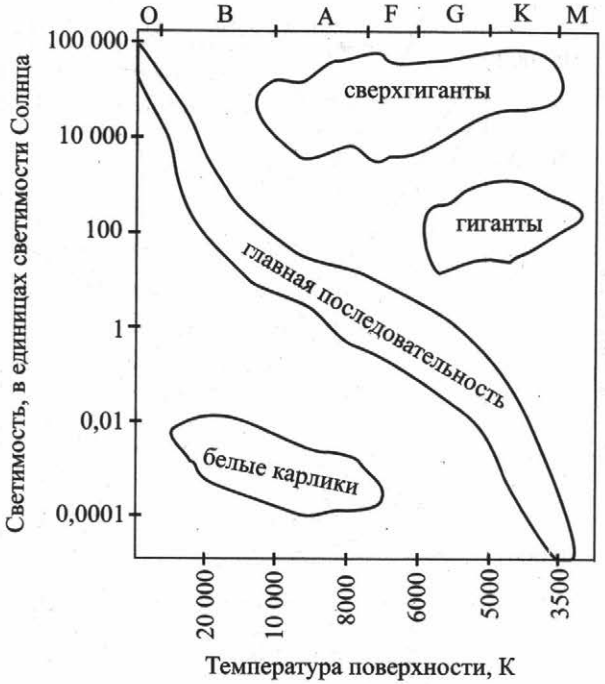


Рис. 13

1) На главной последовательности звезда находится только небольшой отрезок своей жизни.
2) Светимость звезды Бетельгейзе больше светимости Солнца в 100 000 раз, а температура поверхности почти в два раза меньше, а значит, Бетельгейзе — звезда-гигант.
3) Температура звёзд спектрального класса G минимум в 2 раза ниже температуры звёзд спектрального класса B.
4) Самой маленькой светимостью, но большой температурой обладают белые карлики.
5) Светимость Веги в несколько десятков раз больше светимости Солнца, а температура поверхности 9000 К, следовательно, Вега относится к звёздам-гигантам.

Ответ: | | |

82. На рисунке 14 схематически изображена диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

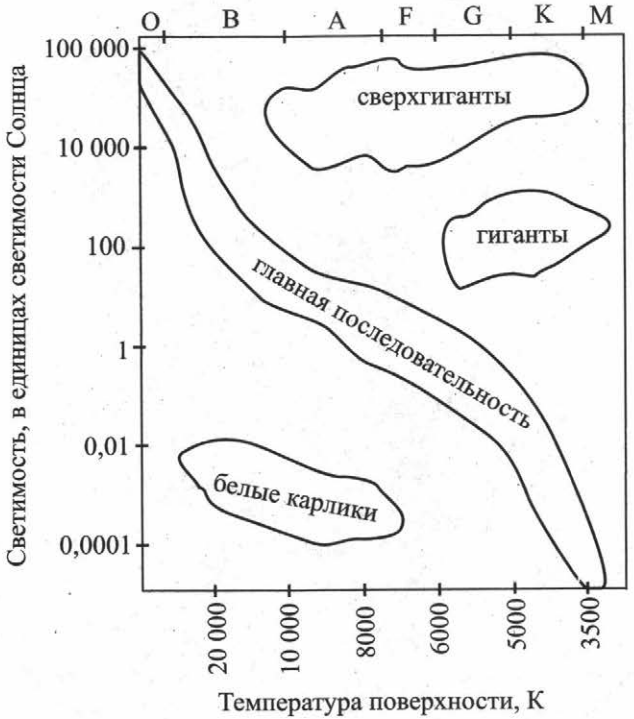


Рис. 14

1) Самый многочисленный класс звёзд — белые карлики.
2) Светимость Поллукса в несколько десятков раз больше светимости Солнца, а температура поверхности меньше солнечной, следовательно, Поллукс относится к звёздам-гигантам.
3) Температура звёзд спектрального класса G минимум в 2 раза выше температуры звёзд спектрального класса A.
4) Большой светимостью и температурой обладают сверхгиганты.
5) Светимость Веги в несколько десятков раз больше светимости Солнца, а температура поверхности 9000 К, следовательно, Вега относится к звёздам главной последовательности.

Ответ: | | |

83. На рисунке 15 представлена карта звёздного неба. Выберите **два** созвездия, по которым не проходит полоса Млечного Пути.

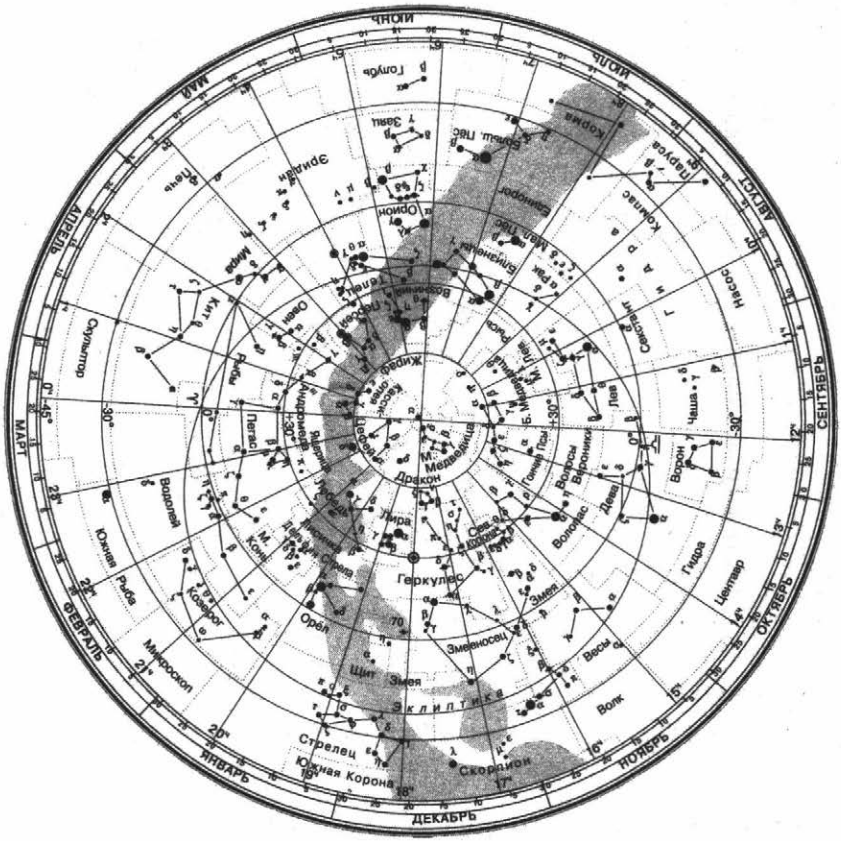


Рис. 15

1) Возничий
2) Кассиопея
3) Стрелей
4) Скульптор
5) Южная рыба

Ответ: ☐☐

84. На рисунке 16 представлена карта звёздного неба. Выберите **два** созвездия, по которым проходит полоса Млечного Пути.

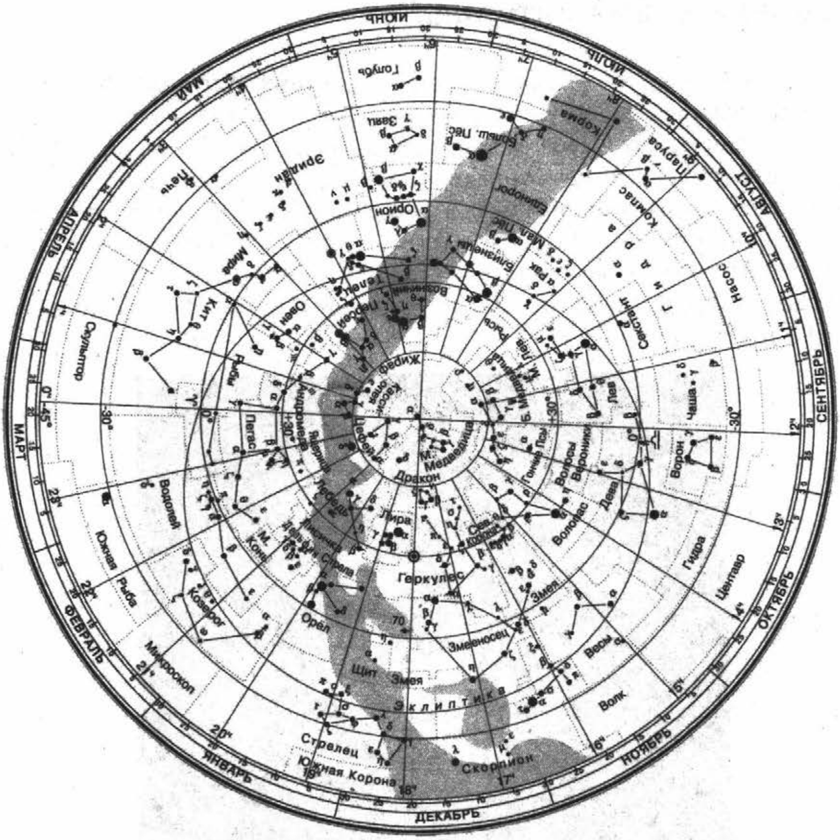


Рис. 16

1) Кит
2) Большой Пёс
3) Ящерица
4) Гидра
5) Дева

Ответ: | | |

§ 3. Млечный Путь и другие галактики

Теоретический материал

Солнечная система входит в состав **галактики Млечный Путь**. Она представляет собой плоскую систему, имеющую спиральную структуру (см. рис. 17) и содержит в себе от 200 миллиардов до 400 миллиардов звёзд, среднее расстояние между которыми около 5 св. лет. Наша Галактика вращается, совершая один оборот почти за 200 млн лет. В центре галактики Млечный Путь, в небольшой области, сравнимой по размерам с Солнечной системой, сосредоточена масса, превышающая массу Солнца в 2 млн раз. Это доказывает существование в центре нашей Галактики чёрной дыры.

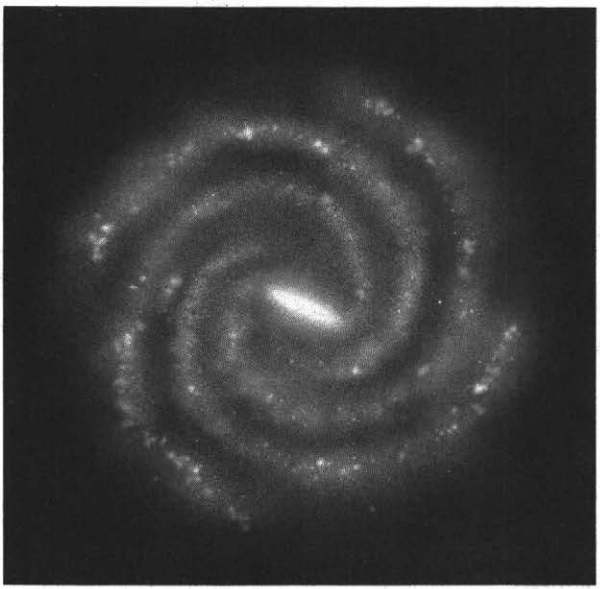


Рис. 17

В структуре нашей Галактики выделяют ядро и окружающие его две системы звёзд: дискообразную и почти сферическую галактическую корону (гало). На рисунке 18 схематически изображено строение нашей Галактики (вид «сверху» на рис. 18а и вид «с ребра» на рис. 18б).

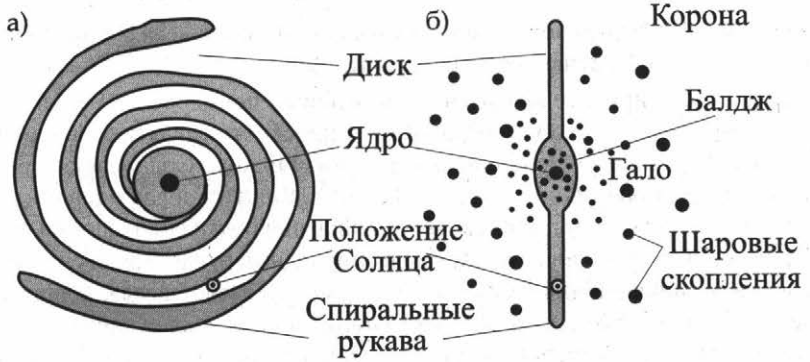


Рис. 18

Галактика Млечный Путь является спиральной галактикой с перемычкой (баром), из концов которого в 13 000 световых лет от центра Галактики начинают закручиваться спиральные рукава, расположенные в плоскости диска. Диск погружён в гало сферической формы, а вокруг него располагается сферическая корона.

В средней части Галактики находится утолщение, которое называется балджем, составляющее около 25 000 световых лет в поперечнике. Для центральных участков Галактики характерна сильная концентрация звёзд: в каждом кубическом парсеке вблизи центра их содержатся многие тысячи.

Диск достигает в поперечнике почти 100 000 световых лет, а его толщина колеблется от 300 до 3 000 световых лет. На долю тонкого диска приходится всего 5% галактической массы, но он излучает до 90% света, ведь в основном здесь находятся яркие молодые звёзды, возраст которых не превышает нескольких миллиардов лет, а их концентрация возрастает по мере приближения к галактической плоскости. Они и образуют так называемую плоскую составляющую. Газ в диске Галактики также сосредоточен в основном вблизи его плоскости. Он распределён неравномерно, образуя многочисленные газопылевые облака — от гигантских неоднородных по структуре облаков протяжённостью свыше нескольких тысяч световых лет до небольших облаков размерами не более парсека. В этих облаках ещё миллиарды лет будут рождаться новые звёзды.

Галактический диск окружён сфероидным гало, состоящим из старых звёзд и шаровых скоплений, концентрация которых повышается при приближении к ядру. Центр симметрии гало Млечного Пути совпадает с центром галактического диска. В то время как галактический диск содержит

газ и пыль, что затрудняет прохождение видимого света, сфероидная компонента таких составляющих не содержит.

Солнечная система находится на расстоянии примерно 28 000 световых лет от галактического центра, вблизи плоскости Галактики, на внутреннем крае рукава, носящего название рукав Ориона. Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью 220–240 км/с, делая один оборот примерно за 200 млн лет. Эта скорость вращения почти совпадает со скоростью волны уплотнения, образующей спиральный рукав. Такая ситуация является нетипичной для Галактики в целом — обычно звезда, вращаясь вокруг центра Галактики, то попадает внутрь спиральных рукавов, то выпадает из них. Единственное место, где скорости звёзд и спиральных рукавов совпадают, — это так называемый коротационный круг, и именно на нём расположено Солнце.

Видимая с Земли картина Млечного Пути — неярко светящаяся диффузная белёсая полоса, пересекающая звёздное небо почти по большому кругу, — следствие перспективы при наблюдении изнутри огромного, сильно сплюснутого скопления звёзд нашей Галактики наблюдателем, находящимся вблизи плоскости симметрии этого скопления. Яркость Млечного Пути в различных местах неравномерна. Полоса Млечного Пути имеет на вид облачное строение, обусловленное, во-первых, существованием в Галактике звёздных облаков или сгущений и, во-вторых, неравномерностью распределения поглощающих свет пылевых тёмных туманностей, образующих участки с кажущимся дефицитом звёзд из-за поглощения их света.

На ночном небе кроме звёзд, принадлежащих нашей Галактике, можно увидеть звёзды и нескольких других галактик. В Северном полушарии можно увидеть галактику Андромеды. Это ближайшая к Млечному Пути большая галактика, и она содержит примерно 1 триллион звёзд, что в 2,5 – 5 раз больше Млечного Пути. Расположена в созвездии Андромеды и отдалена от Земли на расстояние 2,52 млн св. лет. Магеллановы Облака — Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако — галактики-спутники Млечного Пути, видны невооружённым глазом в Южном полушарии. Они располагаются относительно близко друг к другу и образуют гравитационно-связанную (двойную) систему. Расстояние от Магеллановых Облаков до Млечного Пути — около 49 тысяч парсек, или 160 тысяч световых лет.

Наша Галактика вместе с галактикой Андромеды, галактикой Треугольника и более чем 40 карликовыми галактиками-спутниками — своими и Андромеды — образуют Местную группу галактик, которая входит в Мест-

ное сверхскопление (Сверхскопление Девы).

Большинство галактик можно объединить в несколько типов.

— **Эллиптические** галактики имеют вид кругов или эллипсов и их яркость плавно уменьшается от центра к периферии. Они не вращаются, в них мало газа и пыли.

— **Спиральные** галактики состоят из ядра и нескольких спиральных рукавов, или ветвей. Эти галактики вращаются, в них много газа, пыли и молодых горячих звёзд спектральных классов O и B.

— **Неправильные** галактики не имеют чётко выраженного ядра и вращательной симметрии.

Спиральные галактики бывают двух подтипов: нормальные спиральные галактики (спиральные рукава начинаются непосредственно из центральной области) и спиральные галактики с перемычкой (рукава выходят не из ядра, а связаны с перемычкой, проходящей через центр галактики).

Систематические исследования распределения галактик показали, что кроме отдельных галактик наблюдаются скопления галактик. Такие галактики связаны общим тяготением и движутся вокруг общего центра масс.

Для изучения физических свойств галактик астрофизики используют методы спектрального анализа. Наблюдения показали, что линии в спектрах всех известных галактик смещены к красному спектру. Этот сдвиг вызван удалением исследуемой галактики со скоростью v от наблюдателя. При этом справедлив **закон Хаббла**:

Скорости удаления галактик возрастают прямо пропорционально расстоянию до них:

$$v = Hr,$$

где $H = 75$ км/(с Мпк) — постоянная Хаббла, v — скорость удаления галактики, r — расстояние до неё.

Наблюдаемое разбегание галактик объясняется расширением Вселенной. Радиус Вселенной можно оценить с помощью закона Хаббла. Так как максимальная скорость не может превышать скорость света c, то максимальное расстояние R:

$$R = \frac{c}{H} = 4 \cdot 10^3 \text{ Мпк} = 1{,}3 \cdot 10^{10} \text{ св. лет} = 1{,}24 \cdot 10^{26} \text{ м}.$$

С помощью закона Хаббла можно оценить и примерный «возраст» Вселенной — $t = 13 \cdot 10^9$ лет.

Обнаружение реликтового излучения доказало, что на ранних этапах эволюции Вселенной температура её вещества была очень высокой.

Пример задания:

На рисунке 19 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (вид сверху). Из приведённых утверждений выберите **два** верных. Укажите их номера.

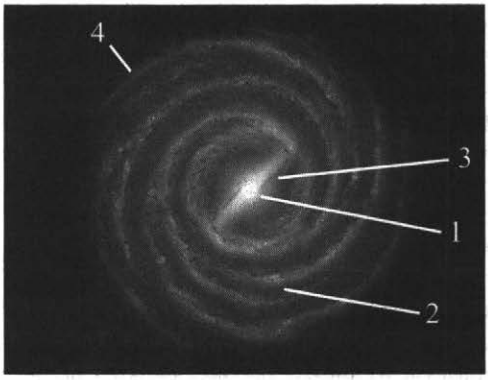


Рис. 19

1) Цифрой 1 на рисунке отмечено ядро галактики.
2) Цифрой 1 на рисунке отмечено Солнце.
3) Цифрой 4 на рисунке отмечены гало.
4) Цифрой 2 на рисунке отмечена Солнечная система.
5) Цифрой 3 на рисунке отмечены спиральные рукава.

Ответ: | |

Решение. Зная, что галактика Млечный Путь — спиральная галактика с перемычкой, и сравнив фотографию 19 со схематическим рисунком 18, можно сделать вывод о том, что цифрой 1 в задании отмечено ядро галактики, 2 — положение Солнца и Солнечной системы, 3 — галактическая перемычка, 4 — спиральные рукава.

Следовательно, правильные утверждения стоят под номерами 1 и 4.

Ответ: 14.

Задания

85. Выберите **два** утверждения, которые являются правильными и укажите их номера.

1) Звёзды Млечного Пути являются небольшой частью нашей звёздной системы.
2) Наша Галактика — сильно сплющенная звёздная система.
3) Наша Галактика сферически симметрична в пространстве.
4) Млечным Путём называется видимое нами на небе светлое кольцо.
5) Млечный Путь — это вся Вселенная.

Ответ: | | |

86. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Все галактики имеют одинаковое строение.
2) Любая галактика вращается вокруг своей оси.
3) Галактики удаляются друг от друга с ускорением.
4) Галактики удаляются друг от друга с постоянной скоростью.
5) Галактика Млечный Путь — самая большая в Местной группе галактик.

Ответ: | | |

87. Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Галактика Млечный Путь является эллиптической галактикой.
2) Галактика Млечный Путь не вращается вокруг своей оси.
3) Скорости удаления галактик возрастают прямо пропорционально расстоянию до них.
4) Скорости удаления галактик возрастают обратно пропорционально расстоянию до них.
5) Ближайшая к Млечному Пути большая галактика называется галактикой Андромеды.

Ответ: | | |

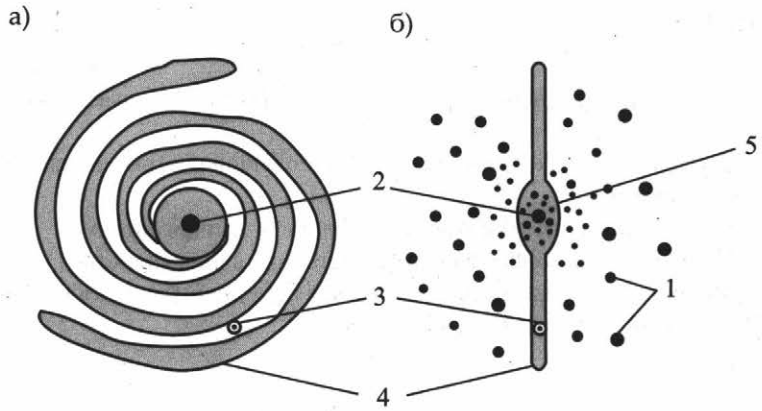


Рис. 20

88. На рисунке 20 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (на рис. 20а — вид сверху, на рис. 20б — вид сбоку). Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Цифрой 2 на рисунке отмечено гало.
2) Цифрой 2 на рисунке отмечено Солнце.
3) Цифрой 3 на рисунке отмечена Солнечная система.
4) Цифрой 4 на рисунке отмечены спиральные рукава.
5) Цифрой 1 на рисунке отмечены Большое и Малое Магеллановы Облака.

Ответ: | |

89. На рисунке 20 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (на рис. 20а — вид сверху, на рис. 20б — вид сбоку). Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Цифрой 2 на рисунке отмечено гало.
2) Цифрой 4 на рисунке отмечены спиральные рукава.
3) Цифрой 3 на рисунке отмечена туманность Андромеды.
4) Цифрой 5 на рисунке отмечен балдж.
5) Цифрой 1 на рисунке отмечено скопление молодых и ярких звёзд.

Ответ: | |

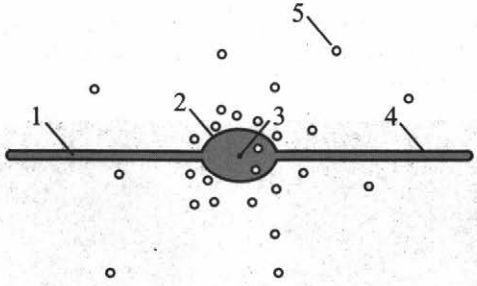


Рис. 21

90. На рисунке 21 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (вид сбоку). Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Цифрой 3 на рисунке отмечено гало.
2) Цифрой 3 на рисунке отмечено Солнце.
3) Цифрой 2 на рисунке отмечен балдж.
4) Цифрой 5 на рисунке отмечено скопление ярких звёзд.
5) Цифрой 4 на рисунке отмечен галактический диск.

Ответ: | |

91. На рисунке 21 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (вид сбоку). Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

1) Цифрой 1 на рисунке отмечено Солнце.
2) Цифрой 3 на рисунке отмечено ядро Галактики.
3) Цифрой 4 на рисунке отмечен балдж.
4) Цифрой 5 на рисунке отмечено шаровое скопление звёзд.
5) Цифрой 2 на рисунке отмечен галактический диск.

Ответ: | |

92. На рисунке 22 схематически изображено строение галактики Млечный Путь (вид сверху). Из приведённых ниже утверждений выберите **два** верных и укажите их номера.

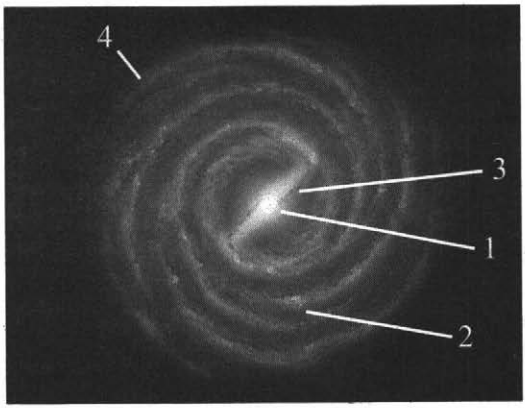


Рис. 22

1) Цифрой 3 на рисунке отмечена перемычка.
2) Цифрой 1 на рисунке отмечено Солнце.
3) Цифрой 4 на рисунке отмечены спиральные рукава.
4) Цифрой 2 на рисунке отмечена галактика Малое Магелланово Облако.
5) Цифрой 3 на рисунке отмечены спиральные рукава.

Ответ: | | |

Ответы к заданиям

1. 14. **2.** 34. **3.** 24. **4.** 25. **5.** 45. **6.** 13. **7.** 25. **8.** 25. **9.** 35. **10.** 23. **11.** 35. **12.** 14. **13.** 13. **14.** 24. **15.** 24. **16.** 13. **17.** 25. **18.** 35. **19.** 24. **20.** 13. **21.** 12. **22.** 34. **23.** 15. **24.** 23. **25.** 23. **26.** 14. **27.** 23. **28.** 24. **29.** 45. **30.** 14. **31.** 23. **32.** 23. **33.** 14. **34.** 25. **35.** 14. **36.** 12. **37.** 35. **38.** 12. **39.** 23. **40.** 14. **41.** 25. **42.** 12. **43.** 14. **44.** 23. **45.** 13. **46.** 15. **47.** 14. **48.** 25. **49.** 14. **50.** 23. **51.** 45. **52.** 12. **53.** 34. **54.** 15. **55.** 45. **56.** 13. **57.** 23. **58.** 24. **59.** 15. **60.** 24. **61.** 23. **62.** 24. **63.** 24. **64.** 14. **65.** 24. **66.** 12. **67.** 13. **68.** 14. **69.** 25. **70.** 35. **71.** 45. **72.** 14. **73.** 45. **74.** 23. **75.** 15. **76.** 45. **77.** 24. **78.** 23. **79.** 25. **80.** 12. **81.** 34. **82.** 25. **83.** 45. **84.** 23. **85.** 24. **86.** 23. **87.** 35. **88.** 34. **89.** 24. **90.** 35. **91.** 24. **92.** 13.

Литература

1. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. — М.: Дрофа, 2018.

2. Астрономия. 11 класс. Методическое пособие к учебнику Б.А. Воронцова-Вельяминова, Е.К. Страута «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс» / М.А. Кунаш. — М.: Дрофа, 2018.

3. Физика. Базовый уровень. 11 класс: учебник / В.А. Касьянов. — М.: Дрофа, 2014.

4. Физика. 11 класс: учебник для общеобразоват. организаций: базовый и профильный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2014.

5. Физика. 11 класс: учебник для общеобразоват. организаций: базовый и профильный уровни / С.А. Тихомирова, Б.М. Яворский. — М.: Мнемозина, 2012.

ЕГЭ

Учебное издание

Безуглова Галина Сергеевна

ФИЗИКА
ЕГЭ-2018
Раздел «Элементы астрофизики»

Налоговая льгота: издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Обложка *Н. Раевская*
Компьютерная вёрстка *Г. Безуглова*
Корректоры *А. Яковлева, С. Верескун*

Подписано в печать с оригинал-макета 17.11.2017.
Формат $60x84^{1}/_{16}$. Бумага типографская.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,65.
Тираж 5 000 экз. Заказ № 5673.

ООО «ЛЕГИОН»
Для писем: 344000, г. Ростов-на-Дону, а/я 550.
Адрес редакции: 344082, г. Ростов-на-Дону, ул. Согласия, 7.
www.legionr.ru e-mail: legionrus@legionrus.com

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Печатное дело», 142300, М.О., г.Чехов, ул.Полиграфистов, д.1