



XXXI Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
отборочный тур, решения

2024
до 16
января

7–8 классы

1. Звезда Альнилам имеет массу около 40 масс Солнца при радиусе 32 радиуса Солнца. Во сколько раз средняя плотность Солнца больше средней плотности звезды Альнилам?

Решение:

Выразим среднюю плотность звезды через объем V и массу M как

$$\rho = \frac{M}{V}.$$

Объем звезды пропорционален кубу радиуса, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Отношение плотностей Солнца и звезды равно

$$\frac{\rho_{\odot}}{\rho} = \frac{\frac{M_{\odot}}{\frac{4}{3}\pi R_{\odot}^3}}{\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}} = \frac{M_{\odot}}{M} \cdot \left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^3 = \frac{1}{40} \cdot \left(\frac{32}{1}\right)^3 \approx 820.$$

А.В.Веселова

2. Выберите верные утверждения об объектах Солнечной системы, предполагая, что орбиты всех планет лежат в одной плоскости.
- (a) Для наблюдателя на Марсе Венера и Солнце могут наблюдаться в противоположных точках неба.
 - (b) Для наблюдателя на Сатурне и Юпитер, и Марс никогда не наблюдаются в противоположной от Солнца точке неба.
 - (c) Наблюдатель на Меркурии иногда может наблюдать полностью освещенный диск Венеры.
 - (d) Для земного наблюдателя Марс и Сатурн могут наблюдаться в противоположных областях неба.
 - (e) С ночной стороны Юпитера можно наблюдать крупнейшие объекты Главного пояса астероидов.
 - (f) С ночной стороны Плутона можно наблюдать некоторые объекты пояса Койпера.

Решение:

Правильные ответы: b,c,d,f.

Для наблюдателя на Марсе Венера является внутренней планетой, то есть она удаляется от Солнца менее чем на 90° , поэтому не может оказаться в противоположной точке неба относительно Солнца. Утверждение (a) неверно.

Для наблюдателя на Сатурне Юпитер и Марс являются внутренними планетами, они также не могут оказаться по другую сторону наблюдателя относительно Солнца. Утверждение (b) верно.

Поскольку Венера находится дальше от Солнца, чем Меркурий, в момент противостояния Венеры для меркурианского наблюдателя диск Венеры будет освещен полностью. Утверждение (с) верно.

Возможна ситуация при которой, например, Марс находится в западной квадратуре, а Юпитер — в восточной. В таком случае земной наблюдатель будет видеть планеты в противоположных областях неба. Еще один вариант — одна планета в соединении (правда, ее при этом трудно будет наблюдать), а другая — в противостоянии. Утверждение (d) верно.

Главный пояс астероидов (и его крупнейшие объекты) расположен ближе к Солнцу, чем Юпитер, поэтому объекты пояса астероидов видны с дневной стороны Юпитера. Утверждение (e) неверно.

Некоторые объекты пояса Койпера, например Эрида, расположены дальше от Солнца чем Плутон, поэтому их можно наблюдать с ночной стороны Плутона. Утверждение (f) верно.

А.В.Веселова

3. Чему равно (в километрах) кратчайшее расстояние по поверхности Земли от Санкт-Петербурга до Южного географического полюса?

Решение:

Кратчайшее расстояние по поверхности от любой точки на Земле до географического полюса проходит по дуге меридиана. Географический меридиан от одного полюса до другого имеет длину 20 000 км (когда-то именно таким образом определялась величина метра), а искомое расстояние составляет $5/6$ от длины меридиана (поскольку Санкт-Петербург находится на широте 60° с.ш.). Таким образом, получаем 16.7 тысяч км (вычислять ответ с большей точностью явно бессмысленно — Петербург сам имеет размеры в десятки километров).

П.А.Тараканов

4. Выберите верные утверждения о звездах.

- (a) Существуют звезды с массой 0.4 массы Солнца.
- (b) Существуют звезды с радиусом 200 радиусов Солнца.
- (c) Температура поверхности звезды Главной последовательности может достигать 3 миллионов градусов Цельсия.
- (d) Расстояние до ближайшей к Земле звезды составляет менее 1 парсека.
- (e) Звезды цвета Солнца являются самыми распространенными звездами в Галактике.
- (f) Звезды не могут двигаться со скоростью больше 100 км/с относительно Солнца.

Решение:

Правильные ответы: a,b,d.

Массы звезд лежат в пределах от $8 \cdot 10^{-2} M_{\odot}$ до $10^2 M_{\odot}$, поэтому масса 0.4 массы Солнца является вполне возможной, утверждение (a) верно.

Красные сверхгиганты могут иметь гигантские размеры, даже более 1000 радиусов Солнца, при этом радиус звезды, становящейся сверхгигантом большего размера, непрерывно меняется и в какой-то момент станет равным в точности 200 радиусам Солнца. Из хорошо известных примеров можно вспомнить, например, Денеб, имеющий радиус около 210 радиусов Солнца. Утверждение (b) верно.

Температуры поверхностей (строго говоря, фотосфер) звезд Главной последовательности не превышают сотни тысяч градусов Цельсия. Утверждение (c) неверно.

Самая близкая к Земле звезда — это Солнце, которое находится на среднем расстоянии 1 а.е., то есть $5 \cdot 10^{-6}$ парсека. Утверждение (d) верно.

Самыми распространенными звездами являются красные карлики — менее массивные и более холодные звезды, чем Солнце (и, соответственно, красного цвета). Утверждение (e) неверно.

Самые старые звезды могут иметь скорости более 200 км/с относительно Солнца, что связано с эволюцией орбиты звезды в Галактике: более старые объекты движутся по более вытянутым орбитам, Солнце же сохраняет близкую к круговой траекторию движения со скоростью несколько более 200 км/с относительно центра Галактики. Утверждение (e) неверно.

А.В.Веселова

5. Вам предлагается несколько утверждений. Для каждого из них выберите, согласны Вы с ним («да») или нет («нет»), можно также выбрать вариант «не знаю».

- (a) В результате реформ Юлия Цезаря долготу стали отсчитывать от гринвичского меридиана.
- (b) Во время кольцеобразного солнечного затмения Луна находится ближе к апогею своей орбиты, чем во время полного солнечного затмения.
- (c) Средняя плотность Солнца больше плотности воды при обычных условиях.
- (d) Лучший сезон года для наблюдения переменной звезды в созвездии Рыб — конец марта или начало апреля.
- (e) Из-за поглощения света в атмосфере Земли объекты, находящиеся на горизонте, тускнеют не более чем на 15%.
- (f) Расстояние до Туманности Андромеды составляет около 20 астрономических единиц.
- (g) Существуют астероиды, движущиеся вокруг Солнца по орбите Юпитера.
- (h) Метеором называется небесное тело, попавшее в атмосферу Земли.

Решение:

- (a) Нет. Будущий Гринвичский меридиан существовал, конечно, и во времена Юлия Цезаря, но использовать его как начало отсчета долготы стало возможным только после основания Гринвичской обсерватории в 1675 г. Реально же решение использовать гринвичский меридиан в качестве общемирового начала отсчета долгот было принято на Международной Меридианной конференции в 1884 г.
- (b) Да. При кольцеобразном затмении угловые размеры Луны меньше, чем угловые размеры Солнца, а при полном затмении — такие же или больше. Орбита Луны вокруг Земли существенно более вытянута, чем орбита Земли вокруг Солнца, поэтому изменяются в первую очередь угловые размеры Луны, и они меньше тогда, когда Луна находится в окрестности апогея орбиты.
- (c) Да, около 1.4 г/см^3 (у воды при обычных условиях 1.0 г/см^3).
- (d) Нет. В указанное время в созвездии Рыб находится Солнце, наблюдать переменные звезды (что нужно делать в оптическом и близких диапазонах) на дневном небе проблематично.
- (e) Нет. Пригоризонтное поглощение ослабляет объекты в несколько десятков раз. Догадаться до ответа можно было несколькими способами. Во-первых, вспомнить, что рядом с горизонтом не видны никакие звезды, даже яркие. Во-вторых, вспомнить, что уменьшение освещенности от Солнца при затмении становится визуально заметным только при фазе затмения более примерно 85%, а Солнце на горизонте очевидно тусклее, чем в окрестности зенита.

- (f) Нет. 20 а.е. — это меньше размеров Солнечной системы и похоже скорее на расстояние до Урана. А Туманность Андромеды — это другая галактика (и расстояние до нее в 10^{10} раз больше).
- (g) Да. Самый известный пример — «троянские» астероиды.
- (h) Нет. Метеором называется даже не тело, а оптическое явление в атмосфере, возникающее вследствие попадания в нее *метеорного тела*. Заодно отметим, что *болид* — это тоже явление (яркий метеор), *метеороид* — тело (но не обязательно в земной атмосфере), а *метеорит* — опять-таки тело, но уже упавшее на поверхность Земли.

П.А.Тараканов