



**XXXII Санкт-Петербургская
Астрономическая олимпиада**
отборочный тур, решения

2025
до 17
января

10 класс

1. Переменная звезда находится на расстоянии 750 пк и в минимуме блеска видна как объект звездной величины, равной $5^m.5$. В максимуме блеска она имеет такую же яркость, какую бы имела в минимуме блеска, но при наблюдении с расстояния в 300 пк. Определите звездную величину звезды в максимуме блеска.

Решение:

Заметим, что расстояние 300 пк в 2.5 раза меньше, чем 750 пк. При приближении звезды в 2.5 раза освещенность от нее возрастает в 2.5^2 раза, то есть звездная величина уменьшается на примерно 2^m . Таким образом, в максимуме блеска звезда имеет звездную величину $3^m.5$.

В.В.Григорьев

2. В таблице приведены данные (искусственные) о двух звездах.

Обозначение	Прямое восхождение	Склонение	Расстояние (пк)	Видимая звездная величина
Звезда-1	3^h00^m	$45^\circ00'$	7.0	$3^m.0$
Звезда-2	4^h00^m	$46^\circ00'$	8.0	$4^m.1$

Выберите верные утверждения о них.

- (a) Угловое расстояние между звездами для земного наблюдателя не превышает $14^\circ.8$.
- (b) Если не учитывать межзвездное поглощение, отношение светимостей звезды-1 и звезды-2 не превышает 1.5.
- (c) От звезды-1 до звезды-2 свет идет от 5 до 7 лет.
- (d) Температура поверхности звезды-1 может быть выше, чем у звезды-2.
- (e) Звезда-2 находится в созвездии Овна.
- (f) Звезда-1 принципиально доступна для наблюдателя в Санкт-Петербурге.

Решение:

- (a) Да. Различие склонений звезд невелико, поэтому можно для оценки считать, что склонение равно $\delta = 45^\circ$. Разность прямых восхождений $\alpha_2 - \alpha_1 = 1^h = 15^\circ$, и оценить сверху расстояние между точками (фактически вычисляя длину участка параллели, которая больше расстояния между крайними точками этого участка) можно как $s = (\alpha_2 - \alpha_1) \cos \delta = 10^\circ.6$, что меньше $14^\circ.8$.

- (b) Нет. Разность видимых звездных величин связана с отношением создаваемых звездами освещенностей, которые в свою очередь пропорциональны отношениям светимостей и квадратов расстояний до звезд:

$$m_2 - m_1 = 2.5 \lg \frac{L_1/(4\pi r_1^2)}{L_2/(4\pi r_2^2)} \Rightarrow 1.1 = 2.5 \lg \frac{L_1}{L_2} - 5 \lg \frac{7}{8},$$

откуда $L_1/L_2 \approx 2.1$.

- (c) Да. Расстояние между звездами можем определить по теореме косинусов:

$$l = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos s} = \sqrt{7^2 + 8^2 - 2 \cdot 7 \cdot 8 \cos 10^\circ} = 1.7 \text{ пк.}$$

Переведем это расстояние в световые годы: $l = 1.7 \cdot 3.26 = 5.6$ св. лет.

- (d) Да. Светимость звезды-1 выше. Если предположить близкие радиусы звезд, температура звезды-1 действительно должна быть выше. Можно также заметить, что указанные параметры звезд соответствуют звездам Главной последовательности, а для них большая светимость однозначно указывает на большую температуру.
- (e) Нет. Координаты звезды-2 соответствуют созвездию Персея.
- (f) Да. Все звезды, склонение которых превышает 0° , являются восходящими для Санкт-Петербурга. Более того, звезды со склонением выше $90^\circ - \varphi = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ являются незаходящими для Санкт-Петербурга. Следовательно, обе звезды (и, как следствие, звезда-1) видны над горизонтом, причем находятся над ним постоянно.

А.В.Веселова

3. Эффективная температура звезды Главной последовательности равна $10 \cdot 10^3$ К, а радиус равен 1.8 радиуса Солнца. Найдите абсолютную болометрическую звездную величину звезды.

Решение:

Выразим светимость звезды в светимостях Солнца:

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4 = 1.8^2 \cdot \left(\frac{10}{5.8}\right)^4 \approx 29.$$

Тогда абсолютная звездная величина звезды может быть выражена через абсолютную звездную величину Солнца как

$$M = M_\odot - 2.5 \lg \frac{L}{L_\odot} = 4^m.7 - 2.5 \lg 29 \approx 1^m.1.$$

П.А.Тараканов

4. Выберите верные утверждения о Луне.

- (a) С космического аппарата можно увидеть Луну в созвездии Большого Пса.
- (b) На расстоянии 20000 км от поверхности Луны видимый диаметр лунного диска составляет около 19 градусов.
- (c) В декабре полная Луна в Санкт-Петербурге наблюдается над горизонтом дольше 12 часов.
- (d) В июне полная Луна для наблюдателя в Санкт-Петербурге находится над горизонтом дольше 12 часов.

- (e) Луна в фазе первой четверти может наблюдаться с поверхности Земли 22 марта в созвездии Рыб.
- (f) Для наблюдателя на Меркурии полная Луна и Земля могут наблюдаться в одном созвездии.

Решение:

- (a) Да. Космический аппарат теоретически можно запустить на любую орбиту, особенно при наличии мощных двигателей. Поэтому с высокой орбиты, ориентированной должным образом, можно увидеть Луну в произвольном созвездии.
- (b) Нет. Линейный радиус Луны составляет примерно 1740 км, тогда угловой диаметр Луны на расстоянии h составит

$$d = 2 \arcsin \frac{R_{\zeta}}{R_{\zeta} + h} \approx 9^{\circ}.$$

- (c) Да. Полная Луна находится в созвездии, противоположном тому, где находится Солнце. Следовательно, Луна расположена в созвездии, в котором Солнце наблюдается в июне. При этом Луна окажется выше небесного экватора, следовательно, более 12 часов будет находиться над горизонтом.
- (d) Нет. В июне, наоборот, полная Луна окажется в зимнем солнечном созвездии, следовательно, окажется под небесным экватором и менее 12 часов будет наблюдаться над горизонтом.
- (e) Нет. В первой четверти Луна на земном небе удалена от Солнца примерно на 90° . 22 марта Солнце находится в созвездии Рыб, следовательно, Луна в этом созвездии оказаться не может.
- (f) Да. В целом же для наблюдателей на других планетах Луна не удаляется от Земли значительно.

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) На солнечной analeмме в пересечении «восьмерки» находятся точки весеннего и осеннего равноденствия.
- (b) Радиотелескоп обсерватории Светлое, находящейся на 65 км севернее Санкт-Петербурга, может участвовать в совместных с радиотелескопами из Австралии и Новой Зеландии РСДБ-наблюдениях радиоисточника SgrA* в январе.
- (c) На Марсе, как и на Земле, звездные сутки короче солнечных.
- (d) При постоянной лучевой скорости большее собственное движение будет иметь та звезда, расстояние до которой меньше.
- (e) При равных эффективных температурах большей светимостью будет обладать звезда с большим объемом.
- (f) Звезда с большей температурой поверхности высвечивает максимум энергии на больших длинах волн.
- (g) Годичный параллакс самой близкой к Солнцу звезды не превышает $1''$.
- (h) Количество известных рассеянных скоплений в Галактике больше, чем количество всех шаровых звездных скоплений в ней же.

Решение:

- (a) Нет. Аналема не является симметричной относительно точки пересечения. А точки весеннего и осеннего равноденствия находятся на половине высоты между самой верхней точкой (днем летнего солнцестояния) и самой нижней (днем зимнего солнцестояния).
- (b) Нет. Во-первых, в январе Солнце как раз находится в Стрельце. Поскольку Солнце само излучает в радиодиапазоне, оно будет вносить помехи. Во-вторых, склонение SgrA* составляет -29° и даже в верхней кульминации объект практически не показывается из-за горизонта.
- (c) Да. Марс, как и Земля, вращается вокруг своей оси в сторону орбитального движения, то есть Солнце для марсианского наблюдателя также смещается по созвездиям в сторону против суточного вращения небесной сферы и кульминирует все позже и позже по сравнению марсианской точкой весеннего равноденствия.
- (d) Нет. Собственное движение определяется тангенциальной компонентой скорости, направленной перпендикулярно лучевой скорости, так что эти две величины в общем случае никак не связаны с друг с другом.
- (e) Да. Светимость звезды согласно закону Стефана–Больцмана связана с температурой и радиусом звезды как

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4.$$

Следовательно, при равных температурах поверхности большей светимостью будет обладать звезда с большим радиусом, то есть в частности с большим объемом.

- (f) Нет. По закону смещения Вина максимум излучательной способности приходится на длину волны, обратно пропорциональную температуре.
- (g) Да. Наиболее близкая к Солнцу звезда, Альфа Центавра, находится на расстоянии более 1 парсека, то есть ее параллакс меньше $1''$ (и равен $0''.75$).
- (h) Да. Количество известных рассеянных скоплений в Галактике превышает тысячу (а общее их количество должно быть намного больше). Общее количество шаровых скоплений Галактики оценивается как 200–250 (из них известно около 180).

А.В.Веселова, А.А.Осетрова, П.А.Тараканов