

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
астрономии**

2023-2024 уч. год

11 класс

Возможные решения

1. Расположите объекты в порядке увеличения их массы:

а. Арктур

б. Луна

в. Плеяды

г. Сатурн

д. ядро кометы Энке.

Решение. Ядро кометы Энке (1 балла), Луна (1 балла), Сатурн (2 балла), Арктур (звезда) (2 балла), Плеяды (скопление звёзд) (2 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

2. В некотором пункте звезда Вега ($\alpha = 18^{\text{h}} 37^{\text{m}}$, $\delta = +38^{\circ}47'$) проходит точно через зенит. Какую звезду чаще можно видеть из этого пункта: Антарес ($\alpha = 16^{\text{h}} 29^{\text{m}}$, $\delta = -26^{\circ}26'$) или Сириус ($\alpha = 6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$, $\delta = -16^{\circ}43'$)?

Решение. Широта этого пункта $38^{\circ}47'$ (северная) (3 балла). Поскольку Сириус на небесной сфере расположен севернее, чем Антарес (ближе к небесному экватору), то он проводит над горизонтом больше времени (3 балла). Кроме того, Сириус – зимняя звезда, а Антарес – летняя, и наблюдать Сириус удаётся дольше ещё и потому, что зимой весь его суточный путь над горизонтом приходится на тёмное время суток (2 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

3. По закону всемирного тяготения Луна притягивается и к Земле и к Солнцу. К чему сильнее и во сколько раз? Как объяснить кажущееся противоречие между результатами, полученными при решении и тем фактом, что Луна остаётся спутником Земли, а не Солнца?

Решение. К Солнцу в два с лишним раза сильнее. Земля и Луна притягиваются к Солнцу не порознь, а как одно тело (4 балла). Точнее говоря, к Солнцу притягивается общий центр тяжести системы Земля-Луна, называемый барицентром. Он и обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите. Земля и Луна обращаются вокруг барицентра, совершая полный оборот за месяц (4 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

4 Поверхность Солнца близка по своим свойствам к абсолютно чёрному телу. Определите температуру солнечной поверхности и мощность излучения единицы поверхности, если максимум лучеиспускательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм.

Решение. Используя законы Вина и Стефана–Больцмана

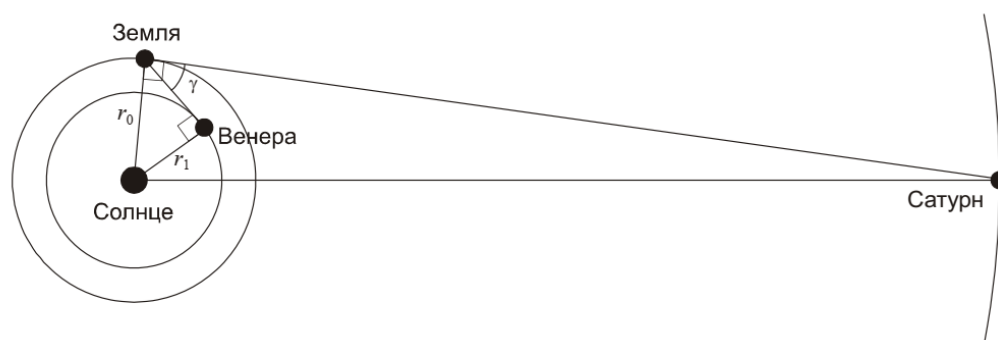
$$(\lambda_{\max} = 2,9 \cdot 10^{-3} / T, I = \sigma \cdot T^4) \text{ (4 балла),}$$

$$\text{имеем: } T = (2,9 \cdot 10^{-3}) / (0,48 \cdot 10^{-6}) \approx 6\,000. I = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (6 \cdot 10^3)^4 \approx 7,3 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2 \text{ (4 балла)}$$

Максимум за задачу – 8 баллов.

5. 30 октября 2021 года планета Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации в небе Земли, а сама Земля – в наибольшей западной элонгации в небе Сатурна. Определите угловое расстояние между Венерой и Сатурном при наблюдении с Земли в этот день. Орбиты всех планет считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

Решение.



Коль скоро Земля оказалась в наибольшей западной элонгации при наблюдении с Сатурна, угол «Солнце – Земля – Сатурн» составляет 90° , то есть Сатурн при наблюдении с Земли находится в квадратуре (2 балла), причем в восточной (2 балла). Венера при наблюдении с Земли также располагается к востоку от Солнца. Угол «Солнце – Венера – Земля» также равен 90° , и угловое расстояние Венеры от Солнца в небе Земли есть

$\arcsin(r_1/r_0) = 46^\circ$. Здесь r_0 и r_1 – радиусы орбит Земли и Венеры (2 балла).

Таким образом, угловое расстояние между Сатурном и Венерой в этот день: $\gamma = 90^\circ - \arcsin(r_1/r_0) = \arccos(r_1/r_0) = 44^\circ$ (2 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

6. Какое светило уменьшает свой блеск сильнее – Солнце при затмении с фазой 0.5 или Луна при теновом затмении с фазой 0.5?

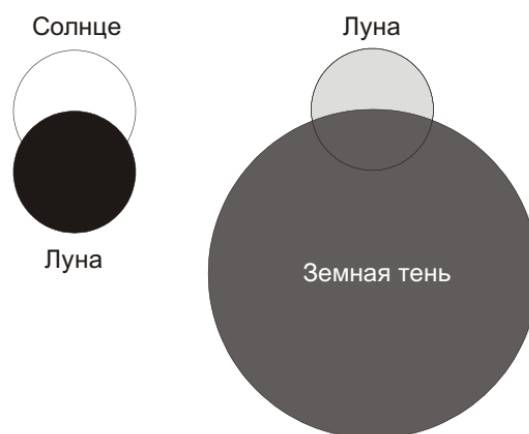
Решение. Во время солнечного затмения диск Солнца закрывается диском Луны, а во время лунного затмения на диск полной Луны вступает тень Земли. Фаза затмения в обоих случаях определяется исходя из закрытой доли диаметра светила (Солнца или Луны), проходящего через центр затмевающего объекта (Луны или тени Земли). Изобразим вид Солнца и Луны при затмении с фазой 0.5: (4 балла)

Солнце Луна Луна Земная тень

Угловые размеры Луны при солнечном затмении практически совпадают с угловыми размерами Солнца, и при фазе затмения 0.5 открытой остается большая часть солнечного диска.

Земная тень имеет существенно большие размеры, и при фазе 0.5

закрывает почти половину диска Луны. Однако, более существенным является иной фактор: часть диска Солнца, не закрытая Луной, светит так же, как и вне затмения, а оставшаяся при лунном затмении часть Луны



погружена в земную полутень и существенно (более чем в 2 раза) ослабляет свой блеск. Сложение обоих факторов приводит нас к ответу: Луна в фазе теневого затмения 0.5 ослабляет свой блеск по сравнению с полнолунием значительней, нежели Солнце при частном затмении с фазой 0.5. (4 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов.

7. Как меняется солнечная постоянная на Марсе по сравнению с Землей из-за эллиптичности его орбиты. Для Земли, удалённой от Солнца на расстоянии 150 млн.км, солнечная постоянная равна 1400 Вт/м^2 . Перигелий орбиты Марса 206 млн.км, афелий 249 млн.км

Решение.

На расстоянии равном радиусу орбиты Земли $R_3 = 150 \cdot 10^6 \text{ км}$ солнечная постоянная равняется 1400 Вт/м^2 . Так как на расстоянии R вся энергия излучения Солнца E распределяется по сфере с площадью $S = 4\pi R^2$, то когда Марс проходит перигелий

$$E = S_3 K_3 = S_{МП} K_{МП}, \quad K_{МП} = \frac{S_3 K_3}{S_{МП}},$$

$$K_{МП} = \frac{4\pi R_3^2 K_3}{4\pi R_{МП}^2} = \frac{R_3^2}{R_{МП}^2} K_3 = \left(\frac{150 \cdot 10^6}{206 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 1400 = 740 \text{ Вт/м}^2.$$

$$\text{Аналогично для афелия Марса: } K_{МА} = \frac{R_3^2}{R_{МА}^2} K_3 = \left(\frac{150 \cdot 10^6}{249 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 1400 = 510 \text{ Вт/м}^2$$

$$\text{Ответ: } K_{МП} = 740 \text{ Вт/м}^2, K_{МА} = 510 \text{ Вт/м}^2$$

Максимум за задачу – 8 баллов.

8. Известно, что средняя концентрация молекулярного водорода в сжимающемся протозвёздном облаке составляет $3 \cdot 10^5$ молекул/см³, а радиус облака примерно равен 20000 а.е. Для справки: масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, масса Солнца $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$. Определите массу облака и запишите её в солнечных массах (ответ округлите до целого). Масса родившейся звезды будет больше, меньше или равна массе облака?

Решение. Найдём массу облака: $M = \rho V = n \cdot 2m_p \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = (3 \cdot 10^5 \cdot 100^3) \cdot 2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot \frac{4}{3} \pi (20000 \cdot 1,5 \cdot 10^{11})^3 = 1,13 \cdot 10^{32} \text{ кг}$ (удвоенная масса

протона соответствует молекулярному водороду). Зная, что масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг, получим массу облака $56,7 M_{\odot}$. (6 балла)

Не вся масса вещества, находящегося в сжимающемся протозвёздном облаке, перейдёт в звезду – в какой-то момент возросшее давление излучения остановит падение внешних слоёв облака на образующуюся звезду. Масса звезды меньше. (2 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов.