

**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 удастся 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

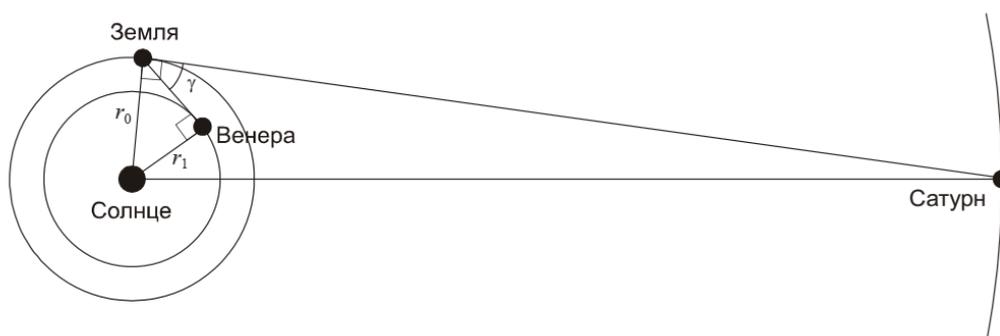
$$(\lambda_{\max} = 2,9 \cdot 10^{-3} / T, I = \sigma \cdot T^4) \text{ (4 балла),}$$

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

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  $90^\circ$ , 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  $90^\circ$ , 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).

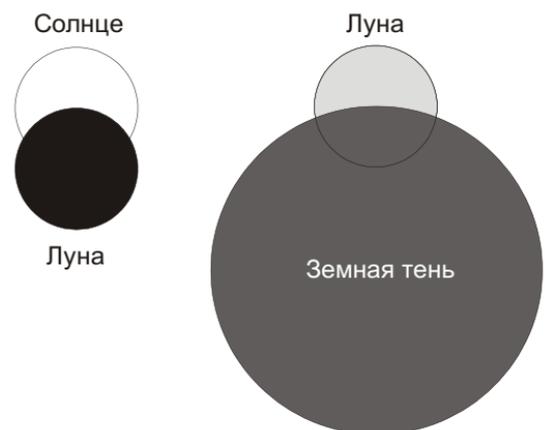
Таким образом, угловое расстояние между Сатурном и Венерой в этот день:  $\gamma = 90^\circ - \arcsin (r_1/r_0) = \arccos (r_1/r_0) = 44^\circ$  (2 балла).

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  $1400 \text{Вт/м}^2$ . 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  $1400 \text{Вт/м}^2$ . 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/см<sup>3</sup>, а радиус облака примерно равен 20000 а.е. Для справки: масса протона  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  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:  $M = \rho V = n \cdot 2m_p \cdot 4/3 \pi R^3 = (3 \cdot 10^5 \cdot 100^3) \cdot 2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 4/3 \pi (20000 \cdot 1,5 \cdot 10^{11})^3 = 1,13 \cdot 10^{32} \text{ кг}$  (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.