

**Ответы на задачи по астрономии  
для муниципального тура олимпиады  
среди 10 классов**

1. Одна двойная звезда состоит из двух звёзд  $2^m$ . Другая – из одной звезды  $1^m$  и одной звезды  $3^m$ . Какая из этих пар ярче? (7 баллов)

**Ответ:** для решения задачи достаточно вспомнить, что шкала звёздных величин – логарифмическая, и разница в одну звёздную величину означает, что одна звезда ярче другой в  $K$  раз (1 балл). Величина  $K$  примерно равна 2,512, хотя для решения это уже не принципиально (1 балл). Если обозначить яркость звезды  $3^m$  за единицу, то яркость первой двойной будет  $2K$  (2 балла), а второй ( $K^2 + 1$ ) (2 балла). Очевидно, что для любого значения  $K$ , превышающего единицу, второе выражение больше. Следовательно, вторая пара звёзд будет ярче (1 балл).

2. Примерно в 1100 г. до н.э. китайские астрономы измеряли максимальную высоту Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний. При этом получили соответственно  $79^{\circ}07'$  и  $31^{\circ}19'$ . Оба раза Солнце было к югу от зенита. Найдите широту местности, где проводились измерения, и угол наклона эклиптики к небесному экватору в ту эпоху (10 баллов).

**Ответ:** высота Солнца в верхней кульминации в день летнего солнцестояния на широтах севернее тропика Рака (где кульминация происходит на юге), равна

$$h_1 = 90^{\circ} - \varphi + \varepsilon, \quad (3 \text{ балла})$$

где  $\varphi$  – широта места наблюдения,  $\varepsilon$  – угол наклона экватора к эклиптике. в день зимнего солнцестояния высота солнца в верхней кульминации на этих широтах равна

$$h_2 = 90^{\circ} - \varphi - \varepsilon. \quad (3 \text{ балла})$$

Решая совместно систему двух уравнений, находим широту и наклон эклиптики к экватору:

$$\varphi = 90^{\circ} - (h_1 + h_2)/2 = 34^{\circ}47' \quad (2 \text{ балла})$$

$$\varepsilon = (h_1 - h_2)/2 = 23^{\circ}54' \quad (2 \text{ балла})$$

3. Считается, что возраст Вселенной около 15 млрд. лет. Чему равен возраст Вселенной в галактических годах, если Солнце обращается вокруг центра Галактики по орбите радиусом  $R = 26000$  световых лет со скоростью 250

км/сек. Достигла ли Вселенная своего «галактического совершеннолетия»? (5 баллов)

**Ответ:** сначала вычислим продолжительность галактического года. Для этого сначала найдём длину солнечной орбиты:

$$L = 2\pi R = 163000 \text{ св. лет} = 1,5 \cdot 10^{18} \text{ км} \quad (1 \text{ балл})$$

Галактический год равен отношению этой длины к орбитальной скорости Солнца, т.е.  $6 \cdot 10^{15}$  секунд или 190 миллионов лет (2 балла). За время жизни Вселенной Солнце сделало бы около 80 оборотов вокруг центра Галактики (1 балл), то есть вселенная уже успела «состариться» (по человеческим меркам) (1 балл).

4. Согласно одной из гипотез, в будущем Солнце в стадии красного гиганта «раздуется» так, что поглотит Землю. Чему будет тогда равна средняя плотность «нового Солнца»? С чем можно сравнить эту величину? Масса Солнца сейчас  $M = 2 \cdot 10^{30}$  кг. Потерей массы в будущем пренебречь. (10 баллов)

**Ответ:** отношение плотностей равно

$$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{(M/V_1)}{(M/V_0)} = \frac{(3M/4\pi r_1^3)}{(3M/4\pi r_0^3)} = \frac{r_0^3}{r_1^3} \quad (2 \text{ балла})$$

Здесь  $V_1$  и  $V_0$  – новый и старый объёмы Солнца,  $r_1$  и  $r_0$  – новый и старый радиусы Солнца. При «раздувании» Солнце увеличит свой радиус почти в 215 раз (1 балл). При этом его плотность уменьшится почти в 10 млн. раз (точнее в 9938375 раз, но здесь важен лишь порядок величины) (2 балл). Средняя плотность Солнца составляет сейчас около  $1,4 \text{ г/см}^3$  (1 балл) Уменьшение плотности при «раздувании» солнца доведёт эту величину до  $0,14 \text{ г/м}^3$  (2 балла). Это соответствует плотности земной атмосферы на высоте около 65 км над поверхностью Земли (2 балла).

5. Почему звёзды мерцают, а планеты – нет? (5 баллов)

**Ответ:** причина мерцания звёзд – наличие атмосферы у Земли (1 балл). Лучи света далёких звёзд проходят через неоднородные (более или менее плотные) слои атмосферы (1 балл). При этом часть света рассеивается и свет звезды ослабляется или усиливается – звезда мерцает (1 балл). (По этой же причине временами меняется и окраска звёзд.) В отличие от звёзд планеты практически не мерцают, поскольку они гораздо ближе к наблюдателю на Земле, и в

телескоп видны не как точечные источники света, а как протяжённые светящиеся объекты (1 балл). Лучи света идут к нам сразу от многих точек, и если свет ослабевает в одном месте, то усиливается на другом участке – в целом же свет получается относительно ровный (1 балл).