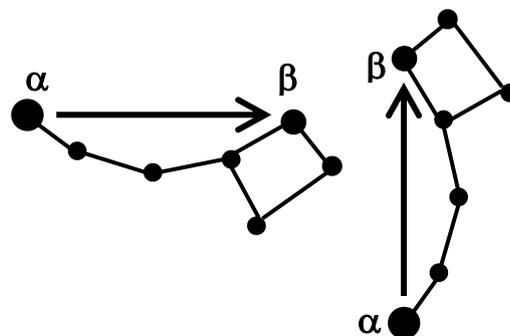


**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
Муниципальный этап, Пермский край, 2020 г.

**Возможные решения и оценивания заданий по астрономии**  
*Каждое решение оценивается не более 8 баллов*

**10 класс**

**Задание 1.** На рисунке представлены два возможных положения астеризма Малый ковш на звездном небе, которые наблюдаются из Северного полушария. Оцените, сколько времени должно пройти, чтобы после одного из этих положений наблюдалось другое положение?



**Решение.** Небесная сфера вращается относительно оси мира. Она проходит через точку Северного полюса мира (*1 балл*). Этот полюс отстоит от Полярной звезды примерно на один угловой градус (*1 балл*). Поэтому приближённо можно считать, что ось мира проходит через звезду  $\alpha$  астеризма Малый ковш созвездия Малая Медведица (*1 балл*). Время одного оборота сферы равно 24 часам, и вращение происходит против хода часовой стрелки, если смотреть в сторону Полярной звезды (*1 балл*).

Поскольку в условиях задачи не указано начальное положение астеризма, то возможны два ответа:

- если сначала наблюдается левое по рисунку положение, то второе положение будет наблюдаться через четверть суток, т.е. через 6 часов (*2 балла*);
- если сначала наблюдается правое по рисунку положение, то другое положение будет наблюдаться через три четверти суток, т.е. через 18 часов (*2 балла*).
- 

**Задание 2.** Город Певек, самый северный город Российской Федерации, расположен на широте  $69^{\circ}42'$ , а город Пермь – на широте  $58^{\circ}01'$ . На какую наибольшую высоту поднимется Солнце ( $\delta = -17^{\circ}15'$ ) в этих городах 11 ноября 2020 года В каком из этих городов продолжительность дня будет больше?

**Решение.** Высота  $h$  верхней кульминации светила определяется его склонением  $\delta$  и широтой  $\varphi$  места наблюдения:

$$h = 90^{\circ} - \varphi + \delta \text{ (2 балла).}$$

Для Перми получаем

$$h_1 = 90^{\circ} - 58^{\circ}01' - 17^{\circ}15' = 24^{\circ}44' \text{ (2 балла);}$$

для Певека:

$$h_2 = 90^{\circ} - 69^{\circ}42' - 17^{\circ}15' = 3^{\circ}03' \text{ (2 балла).}$$

Поскольку  $h_2$  меньше  $h_1$  более чем в восемь раз, то продолжительность дня в Перми будет существенно больше чем в Певеке (*2 балла*).

**Задание 3.** Во сколько раз период обращения искусственного спутника Земли с высотой орбиты 13 000 км меньше периода обращения геостационарного спутника на высоте 35 786 км? Радиус Земли считать равным среднему значению 6371 км.

**Решение.** Геостационарный спутник совершает оборот за одни сутки, т.е. за 24 часа. Воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$(T_T/T_C)^2 = (R_T/R_C)^3 \text{ (2 балла),}$$

$T_T$  и  $R_T$  – период обращения и радиус орбиты геостационарного спутника,

$T_C$  и  $R_C$  – период обращения и радиус орбиты второго спутника.

Радиусы орбит соответственно равны:

$$R_T = 35786 + 6371 = 42157 \text{ км (2 балла),}$$

$$R_C = 13000 + 6371 = 19371 \text{ км (2 балла).}$$

Следовательно

$$T_T/T_C = (R_T/R_C)^{3/2} = 3,21 \text{ (2 балла).}$$

**Задание 4.** По эффективной температуре Солнца 5800К рассчитайте величину солнечной постоянной для орбиты Земли и сравните её с табличным (справочным) значением.

**Решение.** Солнечной постоянной  $\gamma$  называют величину суммарной мощности излучения Солнца, проходящего через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку излучения, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне атмосферы Земли (2 балла). По закону Стефана-Больцмана полный поток излучения  $L$  вычисляется по радиусу Солнца  $R_C = 695\,000$  км и температуре  $T$  поверхности Солнца:

$$L = 4\pi R_C^2 \sigma T^4 \text{ (2 балла),}$$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$  – постоянная Стефана-Больцмана.

На расстоянии, равном радиусу  $R_{30}$  орбиты Земли, т.е. равном одной астрономической единицы 1 а.е. =  $1,496 \cdot 10^{11}$  м, плотность потока излучения будет равна

$$\gamma = L/4\pi R_{30}^2 = (R_C/R_{30})^2 \sigma T^4 \text{ (2 балла).}$$

Получаем:

$$\gamma = (6,95 \cdot 10^8)^2 / (1,496 \cdot 10^{11})^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (5,8 \cdot 10^3)^4 = 1385 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \text{ (1 балл),}$$

Вычисленное значение хорошо согласуется с табличной величиной  $\gamma_T = 1360 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ : отклонение составляет около 1,8% (1 балл).

**Задание 5.** Шаровое звёздное скопление содержит примерно 300 000 звёзд, в среднем подобных Солнцу, и имеет диаметр около 170 световых лет. Оцените среднее число звёзд в одном кубическом парсеке и выразите среднюю плотность вещества скопления в количестве атомов водорода в одном кубическом сантиметре.

**Решение.** Средняя плотность звёзд  $\rho_N$  определяется их числом  $N$  и объемом скопления  $V$ , выраженном в кубических парсеках:

$$\rho_N = N/V \text{ (1 балл)}.$$

Объем скопления  $V$  находим по величине его диаметра  $D$ :

$$V = \pi D^3/6,$$

$$D = 170 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м} = 1,608 \cdot 10^{18} \text{ м} = 52,1 \text{ пк (1 балл)},$$

$$V = 3,14(1,608 \cdot 10^{18})^3/6 = 2,17 \cdot 10^{54} \text{ м}^3 = 7,4 \cdot 10^4 \text{ пк}^3 \text{ (1 балл)}.$$

$$\rho_N = N/V = 3 \cdot 10^5 / (7,4 \cdot 10^4) \approx 4 \text{ звезды/пк}^3 \text{ (1 балл)}.$$

Масса скопления  $M$  выражается через массу Солнца  $M_C$ :

$$M_C = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг};$$

$$M = 1,989 \cdot 10^{30} \cdot 3 \cdot 10^5 = 5,967 \cdot 10^{35} \text{ кг (1 балл)}.$$

Средняя плотность вещества  $\rho_v$  равна:

$$\rho_v = M / V = 5,967 \cdot 10^{35} / 2,17 \cdot 10^{54} = 2,74 \cdot 10^{-19} \text{ кг/м}^3 \text{ (1 балл)}.$$

Масса атома водорода практически равна массе протона  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг. Число атомов водорода  $n$  в одном кубическом сантиметре скопления в среднем равно:

$$n = 2,74 \cdot 10^{-19} / 1,67 \cdot 10^{-27} = 1,64 \cdot 10^8 \text{ 1/м}^3 = 164 \text{ 1/см}^3 \text{ (2 балла)}.$$

**Задание 6.** Опишите объекты, которые наблюдаются в пространстве между звёздами? Как они визуально выглядят? Почему они так выглядят? Приведите примеры.

**Решение.** В межзвёздном пространстве наблюдаются газовые (1 балл) и газопылевые (1 балл) облака. Их видимость определяется расположением относительно источников света (2 балла). Если газопылевые образования расположены на пути принимаемого света, то они могут значительно ослаблять проходящий свет и наблюдаться как плотные туманности (1 балл). Например, туманность Конская Голова в созвездии Ориона (1 балл). Если газовые образования находятся рядом с источником света, то они переизлучают свет и наблюдаются в виде светящихся облаков (1 балл). Например, Крабовидная туманность в созвездии Тельца (1 балл).