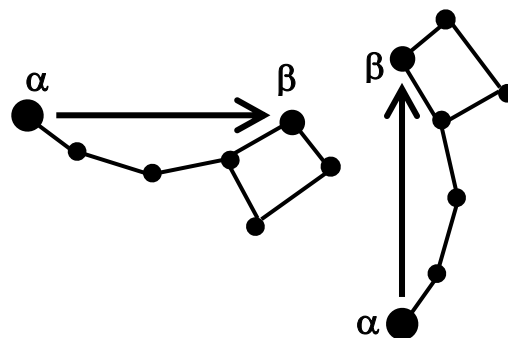


Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, Пермский край, 2020 г.

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 α 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 δ и широтой φ 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 γ 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 ρ_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 ρ_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).