

Решения заданий муниципального тура

Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2018-2019 уч.г.

11 класс

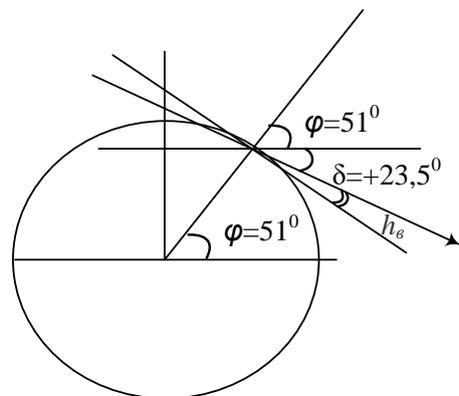
1. Какова высота Солнца в истинный полдень в Воронеже (широта $\varphi=51^\circ$) в день летнего солнцестояния? Сделайте пояснительный чертеж.

Ответ.

В день летнего солнцестояния склонение Солнца $\delta=+23.5^\circ$. (2 балла).

Так в истинный полдень происходит верхняя кульминация (1 балл), то высота равна $h=90^\circ-\varphi+\delta=90^\circ-51^\circ+23.5^\circ=62.5^\circ$ (1 балл).

Пояснительный чертеж (4 балла)



2. Какая планета проходит большее расстояние по орбите за 1 земной год – Земля или Венера? Орбиты считать круговыми.

Ответ.

По третьему закону Кеплера $T^2/a^3 = const$ (2 балла). Скорость планеты равна

$$V = 2\pi a / T \propto 2\pi a / (a^3)^{\frac{1}{2}} \propto 2\pi / a^{\frac{1}{2}} \quad (4 \text{ балла}).$$

Отсюда следует, что чем больше радиус орбиты планеты, тем меньше скорость планеты. значит, чем дальше планета от Солнца, тем меньшее расстояние она проходит за единицу времени. Значит Земля за год пройдет меньшее расстояние, чем Венера. (2 балла).

3. Почему по мере того, как звезда всё выше и выше поднимается над горизонтом, она становится всё ярче и ярче?

Ответ.

Атмосфера Земли поглощает свет звезд. (2 балла) Поглощение тем больше, чем более «толстый» слой атмосферы проходит свет. (2 балла) Чем выше поднимается звезда над горизонтом, тем меньший путь в атмосфере проходит ее свет (см. рис.) (2 балла), следовательно, тем меньше света поглощается и звезда кажется более яркой. (2 балла)

4. Насколько дольше длится закат в Воронеже (широта $\varphi=51^\circ$), чем на экваторе Земли? Угловой диаметр Солнца $\alpha=0.5^\circ$.

Ответ.

Найдем угловую скорость вращения Земли $\omega = 360^\circ / 24 \text{ часа} = 15^\circ / \text{ час}$. (1 балла).

На экваторе закат длится $T_1 = \alpha / \omega = 0,5^\circ / (15^\circ / \text{час}) = 2 \text{ минуты}$. (2 балла).

В Воронеже же, Солнце заходит под углом $90^\circ - \varphi = 39^\circ$ к горизонту (1 балла).

поэтому время заката

составит $t_2 = \frac{\alpha}{\omega \cdot \sin 39^\circ} = 0,5^\circ / (15^\circ / \text{час} \cdot 0,63) = 3,17 \text{ минуты} \approx 3,2 \text{ минуты}$. (2 балла).

Таким образом, разница составляет 1,2 минуты (2 балла)..

5. Во многих фантастических произведениях описываются космические корабли, путешествующие по Солнечной системе и развивающие скорость до 2000 км/с. Путешествие состоит из разгона с ускорением равным ускорению свободного падения на Земле, до достижения крейсерской скорости, полете на крейсерской скорости, если крейсерская скорость достигается, и затем торможения с таким же ускорением. Таким образом, на части перелета будет присутствовать искусственная гравитация внутри корабля. Какое время будет занимать перелет до Марса на таком корабле в момент обычного противостояния, когда Землю и Марс разделяет 0.5 а.е?

Ответ.

Итак, путь корабля будет составлять половину от 150 млн. км = т.е 75 млн. км. (1балл).
Посчитаем время разгона (и торможения), в случае начальной (и конечной) скорости равной 0:

$$V = gt \quad t = \frac{V}{g} = \frac{2 \cdot 10^6}{10} = 2 \cdot 10^5 \text{ с} \quad (1 \text{ балл})$$

Путь, который за это время пройдет корабль, будет равен:

$$S = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{V^2}{g^2} = \frac{V^2}{2g} = \frac{2^2 \cdot 10^{12}}{2 \cdot 10} = 2 \cdot 10^{11} \text{ м} = 1,33 \text{ а. е} \quad (1 \text{ балла})$$

Путь, который проходит корабль, получился больше чем расстояние, значит крейсерской скорости он не достигнет (2 балла).

Следовательно, программа полета будет состоять только из разгона и последующего за ним торможения (без полета на крейсерской скорости), а значит искусственная сила тяжести будет присутствовать на корабле все время полета. Посчитаем время перелета, исходя из того, что полпути корабль разгоняется, и половину тормозит:

$$\frac{S}{2} = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{S}{g}} = \sqrt{\frac{7,5 \cdot 10^{10}}{10}} \cong 86602 \text{ сек} \approx 1 \text{ сутки} \quad T = 2t \approx 2 \text{ дня} \quad (3 \text{ балла})$$

Примечание. В ответе указана примерная разбалловка. При другом подходе к решению она может значительно отличаться. Ответ указан с округлением и также может отличаться (не снижаются баллы при отличии до 10%).

6. Две звезды имеют одинаковые массы и светимости, но поверхность одной из них вдвое горячее поверхности второй. У какой из звезд средняя плотность больше? Во сколько раз?

Ответ.

По закону Стефана-Больцмана светимость звезды пропорциональна R^2T^4 , где R и T – ее радиус и температура. (2 балла).

Равенство светимостей при температурах, отличных в два раза, означает, что более холодная звезда имеет радиус, в 4 раза больший, чем у горячей звезды. (2 балла)

А при равенстве масс это означает, что плотность более холодной звезды в 64 раза меньше, чем у горячей звезды. (4 балла)