



Всесибирская открытая олимпиада
школьников по астрономии



Заключительный этап

7–8 классы

1. Летом и осенью на звёздном небе хорошо виден известный астеризм, который так и называется – «летне-осенний треугольник». Он состоит из ярких звёзд Вега, Денеб и Альтаир, координаты которых приведены ниже. В каких областях Земли этот астеризм становится «круглогодичным», то есть всегда целиком виден над горизонтом? А где не видно ни одной из его звёзд?

Звезда	Обозначение	Склонение, δ	Прямое восхождение, RA
Вега	альфа Лиры / α Lyr	+38° 47' 01"	18ч 36м 56с
Денеб	альфа Лебеда / α Cyg	+45° 16' 49"	20ч 41м 26с
Альтаир	альфа Орла / α Aql	+08° 52' 06"	19ч 50м 47с

Решение

Астеризм становится «круглогодичным», когда все его звёзды не заходят под горизонт, то есть имеют в нижней кульминации положительную высоту.

Проверяем высоты нижних кульминаций всех трёх звёзд:

$$h_{-(A)} = +08\ 52' - (90^\circ - \varphi) > 0, \text{ то есть } \varphi > +81^\circ \text{ (севернее } 81^\circ \text{ с.ш. Альтаир не заходит)}$$

$$h_{-(B)} = +38\ 47' - (90^\circ - \varphi) > 0, \text{ то есть } \varphi > +51^\circ \text{ (севернее } 51^\circ \text{ с.ш. Вега не заходит)}$$

$$h_{-(D)} = +45\ 17' - (90^\circ - \varphi) > 0, \text{ то есть } \varphi > +45^\circ \text{ (севернее } 45^\circ \text{ с.ш. Денеб не заходит)}$$

Итого – круглый год весь летне-осенний треугольник над горизонтом только для северных полярных наблюдателей – севернее параллели **81° с.ш.**

Треугольник не видно совсем, когда высота верхней кульминации всех звёзд отрицательна (ниже горизонта). Проверяем:

$$h_{+(A)} = 90^\circ - 08\ 52' + \varphi < 0, \text{ то есть } \varphi < -81^\circ \text{ (южнее } 81^\circ \text{ ю.ш. Альтаир не восходит)}$$

$$h_{+(B)} = 90^\circ - 38\ 47' + \varphi < 0, \text{ то есть } \varphi < -51^\circ \text{ (южнее } 51^\circ \text{ ю.ш. Вега не восходит)}$$

$$h_{+(D)} = 90^\circ - 45\ 17' + \varphi < 0, \text{ то есть } \varphi < -45^\circ \text{ (южнее } 45^\circ \text{ ю.ш. Денеб не восходит)}$$

Ни одной звезды треугольника не видно в южных приполярных широтах – южнее параллели **81° ю.ш.**

2. Альпинист в горах наблюдает закат Солнца и видит, как по поверхности расположенной внизу плоской долины быстро перемещается «граница света и тьмы». Оцените скорость перемещения этой границы, если Солнце заходит за гору высотой 2 км, широта наблюдения – 45° с.ш., а на календаре 23 марта.

Решение

Допустим, текущая высота закатного Солнца равна 5° . Тогда текущее расстояние по горизонтали от наблюдателя до границы тени равно $2 \text{ км} / \operatorname{tg} 5^\circ = 22,86 \text{ км}$, а скорость смещения этой тени определяется вертикальной скоростью смещения Солнца.

Дата 23 марта указывает на день весеннего равноденствия, когда Солнце находится на небесном экваторе и перемещается вдоль экватора со скоростью суточного вращения Земли $15^\circ/\text{час} = 0,25^\circ/\text{мин}$ (в другие дни это в общем случае не так).

Угол между небесным экватором и горизонтом наблюдателя равен $90^\circ - \varphi = 45^\circ$, значит, вертикальная скорость Солнца $= 0,25^\circ/\text{мин} \cdot \sin 45^\circ = 0,18^\circ/\text{мин}$.

В итоге через 1 мин высота Солнца станет равной $4,82^\circ$, и расстояние по горизонтали от наблюдателя до границы тени будет $2 \text{ км} / \operatorname{tg} 4,82^\circ = 23,72 \text{ км}$. Скорость тени составляет $860 \text{ м/мин} = 14,3 \text{ м/с}$.

Поскольку скорость зависит от выбранной изначально высоты Солнца, правильным считается решение с любой начальной высотой меньше 10° (всё-таки по условию у нас закат Солнца).

3. Вам посоветовали приобрести в магазине телескоп-рефлектор Левенгук с апертурой главного зеркала 300 мм. Оправдает ли он ваши надежды наблюдать звёзды до +14 звёздной величины? Ответ поясните.

Решение

Предельную звездную величину m для телескопа, диаметр объектива которого равен D в миллиметрах, можно приблизительно оценить по формуле $m = 2,1^m + 5 \lg D = 2,1^m + 5 \lg 300 = 2,1^m + 5 \cdot 2,477^m \approx 14,5^m$.

Телескоп оправдает надежды покупателя, можно увидеть звёзды до 14-ой звёздной величины.

Альтернативное решение.

Коэффициент увеличения светового потока телескопа равен отношению площади объектива и окуляра, то есть отношению квадратов их диаметров. Диаметр окуляра телескопа обычно равен диаметру человеческого зрачка в темноте (6 мм).

Получаем коэффициент увеличения потока $k = (300 / 6)^2 = 2500$.

Если невооружённым глазом видно звёзды до +6 звёздной величины, то при помощи этого телескопа мы увидим звёзды в 2500 раз слабее. Ослабление потока в 2500 раз соответствует увеличению звёздной величины примерно на 8,5 единиц (1000 раз – +7.5^m, ещё 2,5 раза – +1^m), то есть до +14,5^m.

Телескоп оправдывает надежды покупателя, можно увидеть звёзды до 14-ой звёздной величины.

4. Где светлее – днём на Плуtone или в ясную лунную ночь на Земле? Почему?

Решение

Звёздная величина полной Луны на Земле равна –12,8^m. Если Солнце на Плуtone имеет меньшую звёздную величину, то день на Плуtone будет светлее, чем лунная ночь на Земле. Среднее расстояние от Плутона до Солнца примерно равно 40 а.е., значит, световой поток от Солнца там в $40^2 = 1600$ раз меньше, чем на Земле. Ослабление светового потока в 1600 раз соответствует разнице звёздных величин на $2,5 \lg 1600 = 8^m$. Поскольку Солнце с точки зрения земного наблюдателя имеет звёздную величину –26,8^m, то на Плуtone оно видно как объект –18,8^m.

Вывод: несмотря на большую удалённость Плутона от Солнца, днём там существенно (примерно в 250 раз) **светлее**, чем ясной лунной ночью на Земле.

5. Из вещества Луны сделали миллион одинаковых сферических спутников, оставив их примерно в том же месте, но так, чтобы они не затеняли друг друга. Какова звездная величина получившегося роя? Считаем, что сейчас полнолуние (было, до наших экспериментов).

Решение

Общий объём осколков равен начальному объёму Луны, значит, радиус каждого осколка равен $(1/1000000)^{1/3} = 1/100$ радиуса Луны.

Поскольку мы считаем, что свойства материала не изменились (альbedo осколков равно альbedo Луны), количество отражённого «роем» света определяется суммарной площадью поверхности осколков.

Каждый осколок имеет площадь поверхности, в $100^2 = 10000$ раз меньшую, чем у Луны, поэтому площадь поверхности миллиона осколков превышает площадь поверхности Луны в $1000000/10000 = 100$ раз.

Поскольку осколки не затеяют друг друга, общая светимость возрастёт также в 100 раз, то есть на 5 звёздных величин. Итоговая звёздная величина = $-12,8^m - 7^m = -19,7^m$. Вот такая Луна уже ярче, чем Солнце на Плутоне (см. задачу № 4).