



Всесибирская открытая олимпиада
школьников по астрономии 2020/21 учебного года



Заключительный этап

7–8 классы

1. Марс расположен в восточной квадратуре в день летнего солнцестояния. В каких точках Земли его можно наблюдать в зените, в каком созвездии он будет виден?

Решение

С точки зрения земного наблюдателя элонгация Марса (угловое расстояние от Марса до Солнца) равна 90 градусов (1 балл). Значит, Марс на земном небе виден в том направлении, в котором Солнце будет видно через $90/360 = 1/4$ года = 3 месяца. (2 балла)

Три месяца от дня летнего солнцестояния (22 июня) — это примерно 21 сентября. Солнце в этот день проходит точку осеннего равноденствия (точку Весов), которая, как известно, находится в созвездии Девы. Значит, в исходный момент Марс виден в созвездии **Девы** (2 балла).

Если Марс виден в зените, значит, широта наблюдателя равна склонению Марса (1 балл). Марс с хорошей точностью обращается в плоскости эклиптики, значит, его склонение равно склонению точки Весов (90 градусов от положения Солнца 22 июня), то есть склонение Марса равно 0° . Значит, точка, где Марс в зените, расположена **на земном экваторе** (2 балла). Более точно эту точку указать нельзя, так как из-за суточного вращения Земли за сутки Марс можно будет увидеть в зените на любой земной долготе.

2. Как известно, вампиры сгорают под прямыми солнечными лучами, но спокойно могут находиться под светом полной Луны. Можно ли использовать в качестве защиты от вампиров обычные энергосберегающие лампочки?

Решение

Предположим, что для вампиров опасна только интенсивность солнечных лучей, а изменения (кстати, довольно незначительные) других характеристик солнечного света при отражении от Луны не играют роли.

Тогда нужно сравнить освещённость, создаваемую лампочкой в комнате, с освещённостью от Солнца и от полной Луны.

Световая мощность стандартной энергосберегающей лампочки составляет несколько ватт, для определённости возьмём $L = 7$ Вт (участники имеют право выбирать другое значение в диапазоне от 1 до 15 Вт). Высоту комнаты оценим в 3 м. (Разумные оценки параметров — 1 балл).

Освещённость на полу составит $E = L / (4\pi D^2) = 7 / (4 \cdot 3,14 \cdot 3^2) = 6,2 \cdot 10^{-2}$ Вт/м². (2 балла).

На самом деле, реальная освещённость будет даже несколько больше, так как часть света лампочки, уходящего вверх, отражается зеркальным покрытием и увеличивает освещённость под лампой.

Освещённость от Солнца на поверхности Земли составляет примерно 630 Вт/м² (это известный параметр, приведённый в справочных данных). Так что лампочка, конечно, Солнцу не конкурент. (1 балл)

Освещённость от полной Луны можно определить по закону Погсона, считая, что доля света, рассеянного атмосферой, в случае Луны и Солнца примерно одинакова. Разница звёздных величин полной Луны и Солнца равна примерно 14^m , значит, освещённости отличаются в $2,512^{14} \approx 4 \cdot 10^5$ раз (2 балла). Значит, освещённость в полнолуние примерно равна $630 / (4 \cdot 10^5) = 1,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/м² (1 балл), что в 40 раз меньше, чем от лампочки.

Таким образом, лампочка по своей антивампирской эффективности примерно в 40 раз лучше полной Луны, но в 10000 раз хуже Солнца. (1 балл) Так что, скорее всего, ничего страшного с вампиром не произойдёт.

3. Ночной путешественник, идущий со скоростью 5 км/ч, заметил, что одна и та же звезда всё время находится в зените. Определите склонение этой звезды.

Решение

Если одна и та же звезда постоянно находится в зените, значит, скорость путешественника совпадает с линейной скоростью вращения Земли на широте путешествия, и путник «компенсирует» своим движением суточное вращение планеты (2 балла). Попутно заметим, что идти путешественник должен строго на запад, причём это не зависит от того, в каком полушарии путник находится.

Широту путешественника можно определить, зная зависимость линейной скорости Земли от широты: $V = V_3 \cos \varphi$ (2 балла). Экваториальную скорость можно либо помнить (примерно 0,5 км/с), либо быстро посчитать как $2\pi R_3 / (1 \text{ сут})$. (1 балл)

Отсюда получаем: $\cos \varphi = 5 \text{ км/ч} / 500 \text{ м/с} = 2,8 \cdot 10^{-3}$. Соответствующая широта равна $\pm 89,84^\circ$. (2 балла). Путешественник, разумеется, должен быть очень близко к полюсу, причём к любому.

Склонение звезды в зените равно широте наблюдателя. Поэтому $\delta = \pm 89,84^\circ$. (1 балл).

4. Школьник светит на Луну лазерной указкой. Второй школьник (в скафандре) стоит на поверхности Луны и зеркальцем отражает луч лазерной указки обратно на Землю. Определите размер пятна от указки на поверхности Луны и период времени от испускания луча до возвращения его на Землю. Мощность лазерной указки 5 Вт, длина волны испускаемого света — 400 нм.

Решение

С периодом времени всё просто — луч распространяется со скоростью света, проходя при этом двойное расстояние от Земли до Луны. На это ему нужно $2 \cdot 384 \text{ тыс. км} / 300 \text{ тыс. км/с} = \mathbf{2,56 \text{ секунд}}$.

Для оценки размера пятна будем считать лазерную указку «хорошей», настолько, что угол расхождения луча из-за технического устройства указки равен нулю. Также пренебрежём эффектами атмосферы (хотя, конечно, в реальности они сильно повлияют на расходимость светового пучка).

Тогда реальный угол расхождения будет определяться дифракцией на выходном отверстии указки, диаметр которого можно оценить в 2 мм. Участники имеют право брать другую величину диаметра, не выходящую за разумные пределы (1-5 мм).

Угол расхождения по порядку величины равен $\alpha \sim \lambda/d = 400 \text{ нм} / 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$, значит, характерный диаметр светового пятна на поверхности Луны составит $D = 2 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \cdot 384 \text{ тыс. км} = \mathbf{77 \text{ км}}$.

5. Учёные будущего отправили на Плутон мобильный космический аппарат с прямым управлением с Земли. Камеры аппарата могут надёжно определять препятствия на расстоянии до 50 метров. С какой максимальной скоростью может безопасно перемещаться аппарат? Большая полуось орбиты Плутона составляет 40 а.е., эксцентриситет орбиты 0,25, наклоном орбиты не учитывать.

Решение

Основной принцип — за время прохождения сигнала от Плутона до Земли и обратно аппарат, двигающийся с постоянной скоростью, не должен выйти за пределы «гарантированного» расстояния (50 метров).

Максимальное расстояние от Плутона до Земли равно $D = 40 \text{ а.е.} \cdot (1+e) - 1 \text{ а.е.} = 49 \text{ а.е.}$

Световой сигнал проходит это расстояние за время $49 \text{ а.е.} / 300 \text{ тыс. км/с} = 2,45 \cdot 10^4$ секунд, а «туда и обратно» распространяется за $4,9 \cdot 10^4$ секунд. За это время аппарат должен пройти не более 50 метров, значит, скорость аппарата $V = 50 / 4,9 \cdot 10^4 \approx 0,001 \text{ м/с} = 1 \text{ мм/с}$. Немного.

Именно поэтому аппараты на других планетах крайне редко управляются «в реальном времени».