

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
11 класс (2015-2016 учебный год)**

Задача № 1

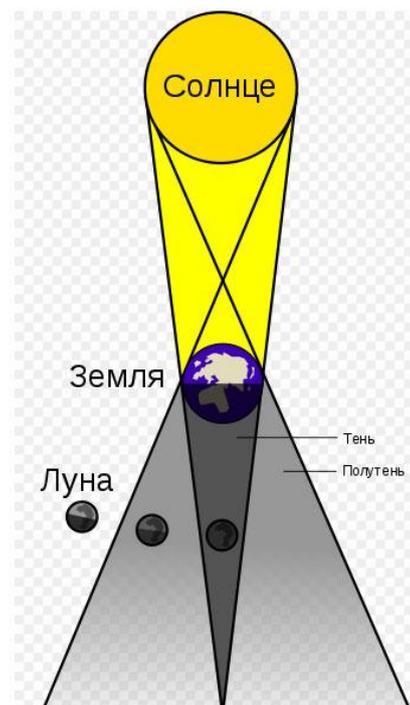
28 сентября 2015 года произошло полное лунное затмение, видимое в Европейской части России. Почему такое затмение можно наблюдать с большей части территории огромной страны одновременно, а солнечное затмение – только из нескольких определённых мест и при этом в разное время?

Решение:

1. Солнечные затмения можно видеть только в тех областях Земли, по которым проходит полоса тени Луны. Диаметр тени не превышает 270 км, поэтому полное затмение Солнца одновременно видно лишь на малом участке земной поверхности, а область тени перемещается, поэтому в разных точках полосы затмения оно наступает в разное время. Хотя солнечные затмения случаются чаще лунных, в каждой местности Земли солнечные затмения наблюдаются редко (см. рис.).



2. Луна в момент полного лунного затмения лишается солнечного света, поэтому полное лунное затмение видно из любой точки полушария Земли. Затмение начинается и заканчивается одновременно для всех географических точек, для всех стран. Однако местное время этого явления будет разное.



Критерии оценки	Количество баллов
Описание механизма солнечного затмения (пункт 1)	4 (без схемы – 2 балла)
Описание механизма лунного затмения (пункт 2)	4 (без схемы – 2 балла)

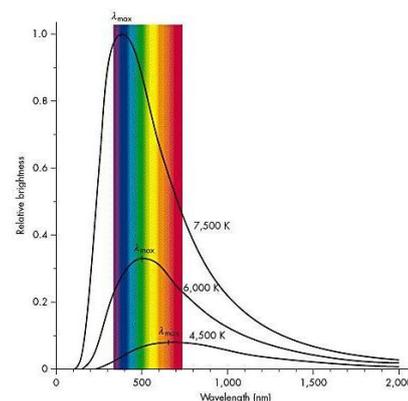
Задача № 2

Три звезды имеют одинаковые размеры, но температура первой звезды 30000 К, второй – 10000 К, а третьей – 3000 К. Какая из этих звезд излучает больше энергии и в какой области спектра?

Решение:

1. В соответствии с законами теплового излучения, зависимость спектральной плотности энергетической светимости абсолютно чёрного тела от длины волны излучения имеет вид, представленный на рисунке.

2. В соответствии с законом Стефана-Больцмана, площадь под кривой спектральной плотности энергетической светимости пропорциональна четвертой степени температуры.



3. В связи с тем, что излучение звёзд близко по своим свойствам к излучению абсолютно чёрных тел, наиболее горячая звезда излучает больше всех во всех областях спектра.

Критерии оценки	Количество баллов
Понимание спектральных закономерностей теплового излучения (пункты 1-2)	6
Верный вывод о зависимости мощности излучения от температуры (пункт 3)	2

Задача № 3

Используя необходимые справочные данные, вычислите высоту геостационарной орбиты спутника над поверхностью Земли.

Решение:

1. Геостационарной называется орбита спутника над экватором, с периодом обращения, равным периоду обращения Земли вокруг своей оси. На такой орбите спутник висит неподвижно над некоторой точкой на поверхности Земли.

2. Спутник движется с центростремительным ускорением:

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad (1)$$

где R – радиус геостационарной орбиты, T – период обращения спутника.

3. То же самое ускорение может быть вычислено с использованием закона тяготения Ньютона:

$$a = \frac{GM}{R^2} = g \frac{R_3^2}{R^2}, \quad (2)$$

где g – среднее значение ускорения свободного падения вблизи поверхности Земли, R_3 – средний радиус Земли.

4. Из соотношений (1) и (2) получаем:

$$R = \sqrt[3]{\frac{gR_3^2 T^2}{4\pi^2}} = 4,22 \cdot 10^7 \text{ м.}$$

5. Тогда высота орбиты над поверхностью Земли:

$$H = R - R_3 = 4,22 \cdot 10^7 - 0,64 \cdot 10^7 = 3,58 \cdot 10^7 \text{ м} = 35800 \text{ км.}$$

Ответ: $H = 35800$ км

Критерии оценки	Количество баллов
Верные представления о геостационарной орбите (пункт 1)	3
Запись соотношения (1) (пункт 2)	1
Запись соотношения (2) (пункт 3)	2
Вычисление радиуса орбиты (пункт 4)	1
Вычисление высоты орбиты над поверхностью Земли (пункт 5)	1

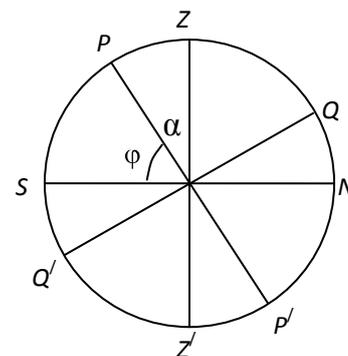
Задача № 4

Географическая широта Иванова $\varphi = 57^\circ$. Определите угловое расстояние от точки зенита в Иванове до полюса мира.

Решение:

Из рисунка видно, что угловое расстояние α от точки зенита в Иванове до полюса мира связано с географической широтой соотношением $\alpha = 90^\circ - \varphi$, откуда получаем, что $\alpha = 90^\circ - 57^\circ = 33^\circ$.

Ответ: $\alpha = 33^\circ$



Критерии оценки	Количество баллов
Полное и правильное решение задачи	8

Задача № 5

С помощью приборов, установленных на дрейфующей станции, можно по наблюдениям звёзд определять её местонахождение на земном шаре с точностью до 250 м. Такая точность позволяет следить за дрейфом льдины. Определите, какова при данных условиях погрешность определения географической широты.

Решение:

1. Половине окружности земного шара соответствует интервал географических широт шириной 180° .

2. Погрешности измерения широты $\Delta\varphi$ соответствует ошибка определения местоположения льдины Δx .

3. Тогда погрешность в определении широты составит:

$$\Delta\varphi = \frac{180^\circ \cdot \Delta x}{\pi R} = \frac{180 \cdot 250}{3,14 \cdot 6,37 \cdot 10^6} \approx 8'',$$

где R – радиус земного шара.

Ответ: $\Delta\varphi \approx 8''$

Критерии оценки	Количество баллов
Запись геометрических соотношений (пункты 1-2)	4
Расчёт погрешности определения широты (пункт 3)	4

Задача № 6

Математический горизонт делит небесную сферу на два равных полушария. Предполагая, что общее число звезд, видимых на небе обоих полушарий, равно N (при наблюдении невооруженным глазом $N \approx 6000$), и что звезды распределены по небу равномерно, найти, сколько звезд мы видим над горизонтом и какое число звезд мы не видим под горизонтом. Площадь сферы равна $4\pi R^2$, где R – радиус сферы.

Решение:

1. Казалось бы, число звезд, видимых над горизонтом, должно равняться числу звезд, которых мы увидеть не можем, т.к. они находятся под горизонтом. На самом деле из-за атмосферной рефракции мы можем увидеть над горизонтом не только звезды верхней половины небесной сферы (их число равно $N/2$), но и звезды, находящиеся в поясе угловой шириной, равной значению угла рефракции ρ вблизи горизонта ($\rho = 0^\circ 35'$), под математическим горизонтом (см. рис.).

2. Подсчитаем число этих звезд. Пусть R – радиус небесной сферы (конечно, его величина неопределенная, но это для решения задачи не играет роли). Тогда площадь поверхности небесной сферы будет $4\pi R^2$, а площадь пояса под горизонтом

$$2\pi Rl = 2\pi R R \rho_{\text{рад}} = 2\pi R^2 \rho' / 3438,$$

где ρ' – угол ρ в минутах дуги и учтено, что $1 \text{ рад} = 3438'$. Отсюда число звезд в поясе под горизонтом будет равно:

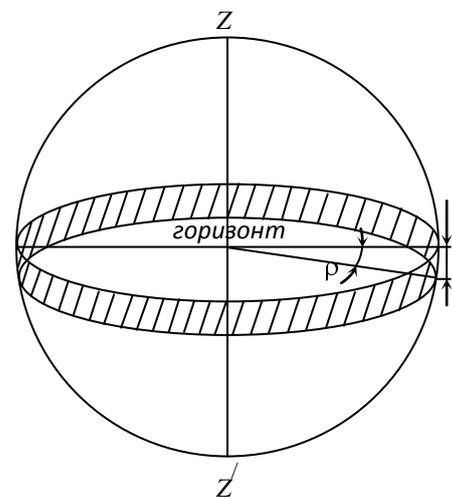
$$\Delta N = \frac{N}{4\pi R^2} \cdot 2\pi Rl = \frac{N}{4\pi R^2} \cdot 2\pi R^2 \frac{\rho'}{3438} = 0,005N.$$

3. Отсюда следует, что над горизонтом мы увидим

$$N_{\text{нз}} = \frac{1}{2} N + \Delta N = 0,505N \text{ звёзд,}$$

а под горизонтом не увидим

$$N_{\text{нз}} = \frac{1}{2} N - \Delta N = 0,495N \text{ звёзд.}$$



Над горизонтом мы увидим на 1 % больше звезд, чем не увидим под горизонтом. При наблюдении невооруженным глазом это примерно 60 звезд.

Критерии оценки	Количество баллов
Верные представления об атмосферной рефракции (пункт 1)	3
Подсчёт числа звёзд в поясе под горизонтом (пункт 2)	3
Подсчёт числа видимых и невидимых звёзд (пункт 3)	2

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.