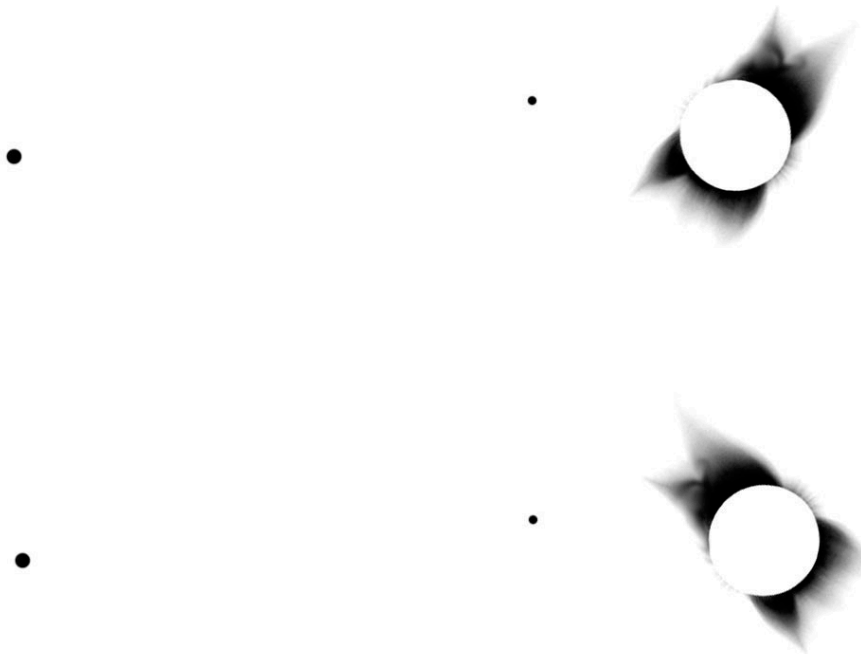


10 класс

1. **Условие.** На рисунках приведены фотографии одного полного солнечного затмения, полученные разными людьми. На фотографиях также видны планеты Меркурий (слабый) и Венера (яркая), вблизи эпохи их верхнего соединения. Какой из снимков не соответствует действительности? Почему вы так решили?



Решение. По виду короны можно сделать вывод, что Солнце находится вблизи эпохи минимума своей активности. В это время корона сильно вытянута вдоль экватора Солнца, близкого к плоскости эклиптики. Венера вблизи нижнего соединения не может отходить далее 1.4° от плоскости эклиптики. На фотографиях же направление вытянутости короны сильно отличается от направления на Венеру. Поэтому обе фотографии не могут соответствовать действительности.

2. **Условие.** Определите ширину (в км) полосы вдоль Северного полярного круга, в которой бывает полярный день, но не бывает полярной ночи.

Границы наступления полярного дня и полярной ночи различаются из-за явления атмосферной рефракции, составляющей у горизонта $35'$ (обозначим эту величину как R) и конечного видимого радиуса Солнца r , равного $16'$. Оба эффекта вместе приводят к тому, что верхний край Солнца появляется над горизонтом уже тогда, когда истинная глубина его центра составляет $R + r = 51'$. Если обозначить широту Северного полярного круга через φ , то мы видим, что полярный день в момент летнего солнцестояния может наблюдаться и к югу от него, на широте

$$\varphi_1 = \varphi - (R + r),$$

а вот полярная ночь будет наблюдаться только севернее, на широте

$$\varphi_2 = \varphi + (R + r).$$

В результате, вокруг полярного круга имеется полоса шириной $2(R + r)$ по широте, где бывает полярный день, но не бывает полярной ночи. Ширина этой полосы составляет $1^{\circ}42'$. Если учесть, что длина 1° вдоль меридиана на Земле равна около 111 км, ширина данной полосы равна 189 км.

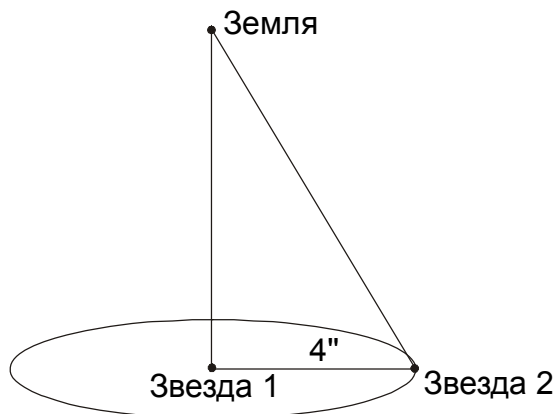
3. **Условие.** Известно, что сутки на Земле увеличиваются на 2 мс за 100 лет. Как далеко от нас отстоит та эпоха, в которой юлианский календарь был максимально точен (год юлианского календаря близок к тропическому году)? В 1900 году продолжительность тропического года была равна 31556926 секунд или 365.242199 суток.

Решение. Продолжительность года юлианского календаря равна 365.25 суток. В 1900 году продолжительность тропического года была на 0.007801 суток меньше. Поскольку продолжительность суток непрерывно увеличивается, то в году их становится меньше, а значит, юлианский календарь был справедлив в прошлом. Определим, как давно.

Разнице в 0.007801 суток соответствует примерно 674 секунды 1900 года (так называемая эфемеридная секунда). Это время должно «набежать» за $674 \cdot 100 / 0.002 = 33.7$ миллионов лет. Это примерно соответствует времени появления на нашей планете первых человекообразных обезьян (середина олигоцена, палеоген, кайнозой).

4. **Условие.** Двойная звезда состоит из одинаковых компонент, каждая из которых вдвое тяжелее Солнца, движущихся по круговым орбитам вокруг общего центра тяжести. При наблюдении с Земли угловое расстояние изменяется от $2''$ до $4''$ с периодом в 10 лет. Найдите расстояние до двойной звезды.

Решение. Перейдем для простоты в систему отсчета, связанную с одной из звезд. В этом случае вторая обращается вокруг нее по круговой траектории. Так как расстояние между звездами постоянно, видимое угловое расстояние между ними может изменяться только из-за эффекта проекции, связанного с тем, что мы наблюдаем систему под углом.



Как видно из рисунка, когда угловое расстояние между звездами достигает максимума ($4''$), прямая, соединяющая их, перпендикулярна направлению на Землю. Но это происходит дважды за орбитальный период звезд T , составляющий, таким образом, 20 лет. Если выразить суммарную массу звезд M в массах Солнца (она будет равна 4), то расстояние между звездами, выраженное в астрономических единицах, составляет

$$a = (T^2 M)^{1/3} = 11.7.$$

Расстояние в 11.7 а.е. видно с Земли под углом $4''$, следовательно, двойная звезда находится в 2.9 пк от нас.

5. **Условие.** Блеск Венеры в момент наибольшей элонгации равен -4.5^m (фаза 0.5, угловой диаметр $24''$), а Сириуса -1.5^m . Сравните их поверхностную яркость для наблюдателя с телескопом диаметром 100 мм и увеличением 100 крат. Влиянием атмосферы пренебречь, разрешающую способность глаза принять равной $1'$.

Решение. Определим, какую угловую площадь будут иметь Венера и Сириус при наблюдении в данный телескоп. Диаметр дифракционного диска для диаметра телескопа D составляет

$$\delta = \frac{0.14''}{D(m)} = 1.4''.$$

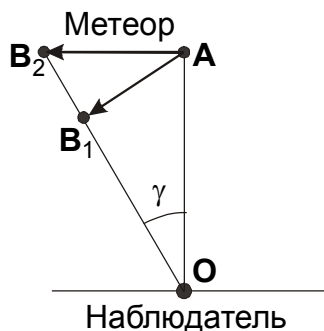
При увеличении в 100 крат этот диск будет иметь размеры в $140''$, что больше разрешающей способности глаза. Следовательно, дифракционная картина будет заметна в телескоп для Сириуса, и он будет наблюдаться как полный диск диаметром δ , равным $1.4''$ ($140''$ с учетом увеличения). Размеры дифракционного диска существенно меньше видимых размеров Венеры, и последняя будет наблюдаться в своем истинном виде – как половинка диска с размером d , равным $24''$ ($2400''$ с учетом увеличения). Соотношение видимых площадей Венеры и Сириуса составит

$$\frac{S}{s} = \frac{\pi(d/2)^2/2}{\pi(\delta/2)^2} = \frac{d^2}{2\delta^2} = 147.$$

При этом Венера на 3 звездных величины или в 15.8 раз ярче Сириуса. Получается, что поверхностная яркость Венеры примерно в 9 раз меньше поверхностной яркости Сириуса.

6. **Условие.** Оцените скорость метеора, угловая длина пути которого на небе составила 30 градусов, если известно, что он загорелся в зените на высоте 100 км над поверхностью Земли и пролетел весь путь за 1 секунду.

Решение. Нарисуем траекторию метеора в атмосфере относительно земного наблюдателя.



Метеорное тело в период своего свечения пролетело отрезок AB . Под каким углом к вертикали происходил полет – неизвестно. Однако, отрезок AB не может быть меньше отрезка AB_1 , перпендикулярного линии, направленной от наблюдателя в точку угасания метеора. Зная угол γ , мы получаем, что длина отрезка AB_1 составляет 50 км. Так как метеор летел ровно 1 секунду, мы получаем значение его скорости: 50 км/с. Это минимальное возможное значение скорости.

Для вычисления максимального значения скорости учтем, что метеор в момент возгорания не мог лететь снизу вверх (даже если представить себе такую траекторию метеорного тела, оно бы загорелось на меньшей высоте, до прихода в точку A). В этом случае длина пути метеора не может быть больше отрезка AB_2 , равного, как нетрудно посчитать, 57.7 км. Таким образом, максимальная скорость метеора составляет 57.7 км/с. Оба пограничных значения скорости попадают в интервал возможных значений скорости метеоров (от 11 до 72 км/с), так что ответ корректировать не нужно: скорость метеора составляет от 50 до 57.7 км/с.