



**XIX Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
очный отборочный тур, решения**

**2011
12
ноября**

10 класс

1. В городе Кандалакша (Мурманская область) бывает полярный день, но не бывает полярных ночей. Оцените географические координаты Кандалакши.

Решение:

Широко известно, что полярные дни и ночи в Северном полушарии бывают в местностях, расположенных выше северного полярного круга с широтой $66^{\circ}.5$ с.ш. На этой широте в полночь в день летнего солнцестояния (когда склонение Солнца максимально и равно $+23^{\circ}.5$) и в полдень в день зимнего солнцестояния (когда склонение Солнца минимально и равно $-23^{\circ}.5$) центр диска Солнца находится строго на горизонте. Однако при этом не учитывается, что Солнце имеет заметные ($0^{\circ}.5$) угловые размеры и существует атмосферная рефракция, «приподнимающая» светила, находящиеся на горизонте, примерно на $0^{\circ}.6$. Таким образом, возможна ситуация, при которой полярный день есть (т.е. хотя бы какая-то часть Солнца в течение всех суток находится над горизонтом), а полярной ночи, т.е. таких полных суток, когда никакая часть Солнца не восходит над горизонтом, нет. Верхний край диска Солнца отстоит от его центра на $0^{\circ}.25$. Таким образом, за счет «неточности» Солнца область, где возможны полярные дни, но нет полярных ночей, представляет собой полосу на поверхности Земли шириной $0^{\circ}.5$ с Полярным кругом в центре.

Рефракция, увеличивающая высоту Солнца над горизонтом, способствует «уничтожению» ночей. В дополнительной полосе шириной $0^{\circ}.6$ севернее полярная ночь во время зимнего солнцестояния превращается в обычную — рефракция приподнимает Солнце так, что оно становится хотя бы частично видимым над горизонтом. В дополнительной полосе шириной $0^{\circ}.6$ южнее обычная ночь во время летнего солнцестояния пропадает — рефракция приподнимает Солнце так, что оно становится хотя бы частично видимым над горизонтом в течение всех суток.

Таким образом, из условия задачи следует, что Кандалакша находится на Полярном круге или в полосе шириной $1^{\circ}.7$ вокруг него, т.е. область возможных широт Кандалакши **$65^{\circ}.6$ – $67^{\circ}.4$ с.ш.**

Долготу можно оценить, воспользовавшись знаниями из географии. Мурманская область находится практически строго севернее Петербурга. Следовательно, долгота Кандалакши близка к долготе Петербурга, т.е. около **30° в.д.**

2. Альbedo (коэффициент отражения) Луны равен 0.07. Как изменилась бы звездная величина Луны в полнолуние по сравнению с нынешней, если бы альbedo стало равным 0.18?

Решение:

Освещенность (а, следовательно, и звездная величина), создаваемая Луной на Земле, зависит от расстояния Луна-Земля и количества отраженного Луной света, которое определяется площадью отражающей поверхности, альбедо и количеством падающего на Луну солнечного света, зависящего от расстояния Солнце-Луна. Поскольку иное не оговорено в условиях задачи, то расстояния от Луны до Земли и до Солнца явно можно считать неизменными. Площадь Луны также не изменилась. Тогда все изменение освещенности связано только с изменением альбедо. Чем большую часть света Луна отражает, тем больше освещенность, создаваемая Луной. Таким образом, освещенность увеличится в $0.18/0.07 \approx 2.5$ раза. Известно, что изменению освещенности в 2.5 раза соответствует изменение звездной величины на 1^m . Так как Луна при этом станет ярче, то звездная величина уменьшится. Следовательно, звездная величина **уменьшится на 1^m** .

3. В одной песне (М.Хлебникова, «Осенний день») есть такие слова:

День, осенний день несбывшихся желаний.
И в окнах свет, и поздний час, и мы чего-то ждем...
И каждый раз осенний день приходит с опозданием,
И каждый раз скрывает нас за снегом и дождем.

Если посмотреть на время восхода и захода Солнца в Петербурге в конце астрономической осени, то обнаружится, что осенний день действительно приходит с опозданием:

Дата	11.11	18.11	25.11	2.12	9.12	16.12
Восход	9:47	10:05	10:21	10:36	10:49	10:58
Заход	17:40	17:25	17:12	17:02	16:55	16:53

Из таблицы видно, что уменьшение продолжительности дня происходит в основном за счет более позднего восхода Солнца, время захода меняется заметно меньше. Дайте объяснение этому явлению.

Решение:

Дело в том, что используемая нами шкала времени связана с Солнцем не совсем простым образом. Видимое движение Солнца на небе оказывается неравномерным (это связано с эллиптичностью орбиты Земли и наклоном земного экватора к плоскости орбиты), поэтому шкала времени, привязанная к положению Солнца на небе (т.н. «истинное солнечное время»), также оказывается неравномерной. Это, естественно, неудобно, поэтому на практике используется усредненная шкала («среднее солнечное время»), совпадающая с истинным солнечным временем лишь иногда (четыре раза в год). Разница между средним и истинным временем (называемая «уравниванием времени») меняется в течение года, причем довольно заметно (максимальное отклонение составляет около 16 минут).

3 января Земля проходит перигелий своей орбиты, скорость Земли на орбите в это время максимальна, поэтому разность между средним и истинным временем меняется очень быстро, причем среднее солнечное время обгоняет истинное. Продолжительность суток равномерно уменьшается с обеих сторон в «истинной» шкале, но за счет постоянно изменяющегося сдвига между истинным и средним временем в «средней» шкале сдвиг момента захода компенсируется, а сдвиг момента восхода, наоборот, усиливается. В результате получается несимметричное уменьшение продолжительности дня.

4. Предположим, что Всемирное тяготение превратилось во Всемирное отталкивание: выражение для силы осталось тем же, но две точечные массы с этой силой друг от друга отталкиваются. Какой из законов Кеплера останется справедливым и в этом случае?

Решение:

Достаточно очевидно, что при отталкивании двух материальных точек они не смогут двигаться по замкнутым орбитам друг вокруг друга. Следовательно, первый закон Кеплера («Все планеты движутся по эллипсам...») справедливым быть не может. Третий также не может выполняться — в нем речь идет о периоде обращения планеты, а если нет замкнутой орбиты, то нет и периода. Остается только **второй закон** (о секториальных скоростях), он и останется действующим. Те, кто знают, что II закон Кеплера фактически является переформулировкой закона сохранения момента импульса, могут сразу понять, что именно он останется неизменным — момент импульса точки, на которую действуют только центральные силы, сохраняется, а сила всемирного отталкивания является такой силой так же, как и сила всемирного тяготения.

5. В Европейской Южной Обсерватории (ESO) создается OWL — «Чрезвычайно большой телескоп» — с диаметром зеркала 100 м и дифракционным качеством изображения в оптическом диапазоне. Можно ли будет с помощью этого телескопа «увидеть» хотя бы отдельные пятна на звезде α Cen A как протяженные объекты? α Cen A — звезда, очень похожая на Солнце, находящаяся от нас на расстоянии 1.3 пк.

Решение:

Наилучшее (дифракционное) разрешение телескопа в оптическом диапазоне (средняя длина волны $\lambda = 5 \cdot 10^3 \text{ \AA} = 5 \cdot 10^2 \text{ нм}$) определяется как

$$\alpha = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 1.22 \frac{5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-9}}{10^2} \approx 6 \cdot 10^{-9} \text{ рад} \approx 6 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^5 \approx 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ угл. сек.}$$

Так как α Cen A — звезда солнечного типа, то следует ожидать, что пятна на ее поверхности похожи на солнечные. Известно, что наиболее крупные солнечные пятна можно увидеть невооруженным глазом, так что можно принять, что наиболее крупные пятна на солнце имеют угловой размер около $1'$. Если пятна на Солнце с расстояния в 1 а.е. мы видим под углом $1'$, то с расстояния 1.3 пк такие же пятна мы увидим под углом ($\alpha \propto 1/r$)

$$\frac{1 \text{ а.е.}}{1.3 \text{ пк}} = \frac{1}{1.3 \cdot 2 \cdot 10^5} \approx 4 \cdot 10^{-6} \text{ угл. мин.} \approx 2.4 \cdot 10^{-4} \text{ угл. сек.}$$

Видно, что разрешение будущего телескопа на порядок хуже, чем требуется, чтобы «разрешить» даже самое крупное пятно, поэтому увидеть пятна на α Cen A как протяженные объекты в OWL будет **нельзя**.