

Ответы и решения
Первой лицейской олимпиады по астрономии
2011–2012 учебный год

9–10 классы

1. В каком незодиакальном созвездии и когда бывает Солнце?

Ответ: Солнце находится в созвездии Змееносца с 30 ноября по 17 декабря.

2. На каких географических параллелях звезда Капелла ($\delta = +45^\circ 58'$) не заходит за горизонт, никогда не видна и в нижней кульминации проходит в надире?

Решение. Условие незаходящего светила имеет вид:

$$\delta \geq +(90^\circ - \varphi).$$

Поэтому получаем $\delta \geq +(90^\circ - \varphi)$, откуда $\varphi \geq +44^\circ 02'$. Таким образом, Капелла остается незаходящей на географической параллели $\varphi = +44^\circ 02'$ и севернее ее, вплоть до северного полюса Земли ($\varphi = +90^\circ$).

Из условия симметрии небесной сферы находим, что в Южном полушарии Земли Капелла не восходит в местностях с географической широтой от $\varphi = -44^\circ 02'$ до южного географического полюса Земли ($\varphi = -90^\circ$).

В нижней кульминации зенитное расстояние $z_{\text{н}}$ светила равно

$$z_{\text{н}} = 180^\circ - \delta - \varphi.$$

Поэтому нижняя кульминация Капеллы в надире, т.е. при $z_{\text{н}} = 180^\circ$, происходит в южном полушарии Земли на географической параллели с широтой $\varphi = -\delta = -45^\circ 58'$.

3. Если бы Солнце исчезло, то что произошло бы с Солнечной системой?

Решение. Очевидно, место гравитационного центра занял бы Юпитер, а скорости планет остались бы прежними. Значит нужно решить, сможет ли Юпитер удержать планеты. Предположим, самые благоприятные обстоятельства: в момент исчезновения Солнца все планеты находились по одну сторону от него, вдоль одного гелиоцентрического направления. Тогда их скорости относительно Юпитера составят $\Delta V = |V_{\text{п}} - V_{\text{ю}}|$, где $V_{\text{п}}$ — современная орбитальная скорость какой-либо планеты, а $V_{\text{ю}}$ — скорость Юпитера. Расстояния планет от Юпитера в этот момент будут $\Delta R = |R_{\text{п}} - R_{\text{ю}}|$, где $R_{\text{п}}$ — современный радиус орбиты планеты, а $R_{\text{ю}}$ — радиус орбиты Юпитера. Условием сохранения планеты на орбите будет неравенство

$$\Delta V < V_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2GM_{\text{ю}}}{\Delta R}},$$

где $M_{\text{ю}} = 10^{-3}M_{\odot}$ — масса Юпитера (т.е. относительная скорость планеты не должна превышать вторую космическую скорость в поле тяготения Юпитера). После элементарных преобразований это условие запишется так:

$$\Delta V < \frac{1,3 \text{ км/с}}{\Delta R \text{ а.е.}}$$

Ни для одной из планет это неравенство не выполняется: если бы для какой-либо планеты было $\Delta V < V_{\text{п}}$, то влияние Юпитера на нее было бы так велико, что планета не могла бы устойчиво двигаться по своей орбите вокруг Солнца. Итак, при внезапном исчезновении Солнца наша планетная система должна разрушиться.

4. Сколько раз переворачивается в трехмерном пространстве картинка небесного объекта при визуальных наблюдениях в телескоп–рефрактор с окуляром Гюйгенса?

Решение. Схема построения изображения объекта показана на Рис. 4. Окуляр Гюйгенса состоит из двух положительных линз, первая из которых находится перед фокальной плоскостью объектива и служит для уменьшения геометрического размера поля зрения и, как следствие, уменьшения искажений на его краю. В фокусе, находящемся между линзами окуляра, строится перевернутое изображение небесного объекта **A**. Из окуляра лучи света попадают в глаз наблюдателя, который собирает их на сетчатке, строя второе изображение объекта **B**. Оно будет перевернутым по отношению к изображению **A**, то есть во всей оптической схеме изображение перевернется дважды и станет прямым.

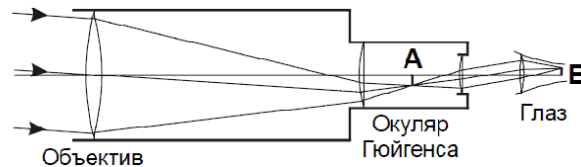


Рис. 1: Схема построения изображения объекта с помощью телескопа–рефрактора с объективом Гюйгенса.

5. Самолет летит на высоте 10 км вдоль земного экватора с запада на восток со скоростью 800 км/ч. Искусственный спутник Земли обращается вокруг нашей планеты по круговой орбите так, что все время находится над самолетом. Найти расстояние между спутником и самолетом.

Решение. Самолет движется со скоростью $v = 800$ км/ч относительно точки на экваторе Земли, которая сама движется в ту же сторону за счет осевого вращения Земли. Скорость этого движения определяется формулой

$$v_0 = \frac{2\pi R}{T_0} \approx 1673,98 \text{ км/ч,}$$

где $R = 6378,14$ км — экваториальный радиус Земли, $T_0 \approx 23,94$ ч — продолжительность звездных суток. Полная скорость самолета составляет $v + v_0$. Двигаясь с такой скоростью, самолет сделает полный оборот вокруг Земли за время

$$T = \frac{2\pi(R + h)}{v + v_0} = \frac{2\pi(6378,14 + 10)}{800 + 1673,98} \approx 16,22 \text{ ч.}$$

Здесь h — высота самолета над поверхностью Земли. Чтобы постоянно находиться над самолетом, искусственный спутник должен обращаться вокруг Земли в том же направлении и с тем же периодом T .

Радиус орбиты спутника можно вычислить из обобщенного III закона Кеплера: при круговом движении тела массой m с периодом T и радиусом орбиты r вокруг тела массой M справедливо соотношение

$$\frac{r^3}{T^2(M + m)} = \frac{G}{4\pi^2},$$

где $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²·кг⁻² — гравитационная постоянная. Поскольку масса спутника много меньше массы Земли ($m \ll M$), для радиуса орбиты r получим

$$r = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} = \left(\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \cdot 16,22^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} \approx 138\,444 \text{ км.}$$

Таким образом, расстояние d между самолетом и спутником равно

$$d = r - h - R = 132\,056 \text{ км.}$$

6. На Рис. 2 приведен фрагмент звездной карты. Какое созвездие (созвездия) на нем изображено? Что вы о нем (о них) знаете? Перечислите под рисунком, нарисуйте и подпишите на карте известные вам астрономические объекты, расположенные в указанной области. Соедините основные звезды, чтобы получить фигуру созвездия. Нарисуйте примерные границы созвездий.

Ответ: на рисунке приведено созвездие Ориона; также можно различить в правом верхнем углу фрагмент созвездия Тельца (дополнительные баллы можно получить за указание Большой Туманности Ориона, а так же Пояса и Меча Ориона).

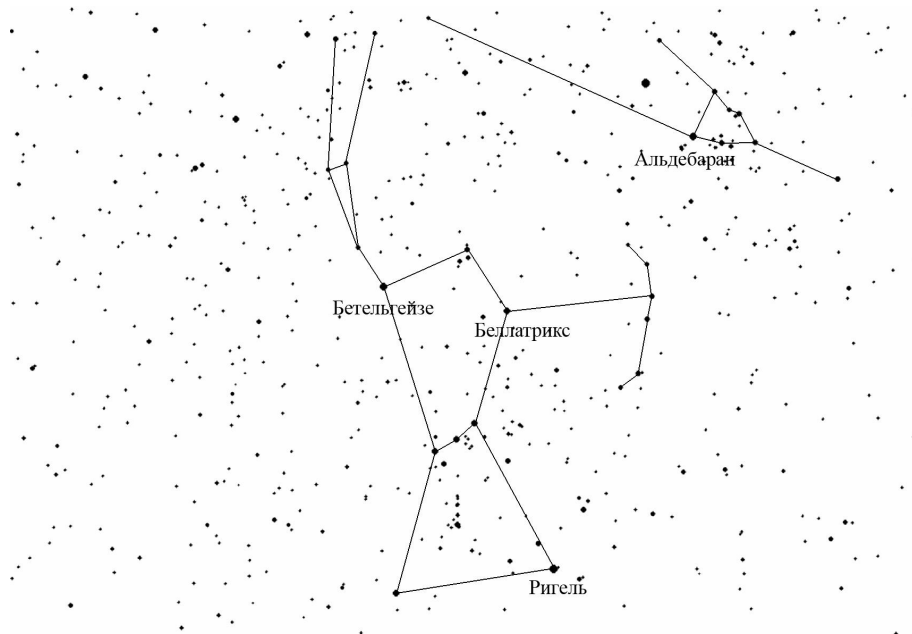


Рис. 2: Созвездие Ориона и фрагмент созвездия Тельца.