Решения заданий муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2019-2020 учебный год.

10 класс

1.День рождения астронома

Замечательный астроном Федор Александрович Бредихин, известный своими исследованиями хвостов комет, родился в 1831 году. При этом в различных источниках ставятся две даты рождения Бредихина: 1 и 14 декабря. Чем это объясняется и почему между ними такое различие?

Решение: Это даты по старому и новому стилю. В наше время григорианский календарь опережает юлианский на 13 суток. Поэтому 1 декабря день рождения Бредихина по старому стилю, а 14 декабря – по новому.

2.Спика в зените

Звезда Капелла (α Девы) имеет экваториальные координаты $\alpha=13^h26^m$; $\delta=-11°$ и в некотором месте земной поверхности кульминирует в зените. Чему равна географическая широта этого пункта? Чему равна полуденная высота Солнца на данной широте в день летнего солнцестояния?

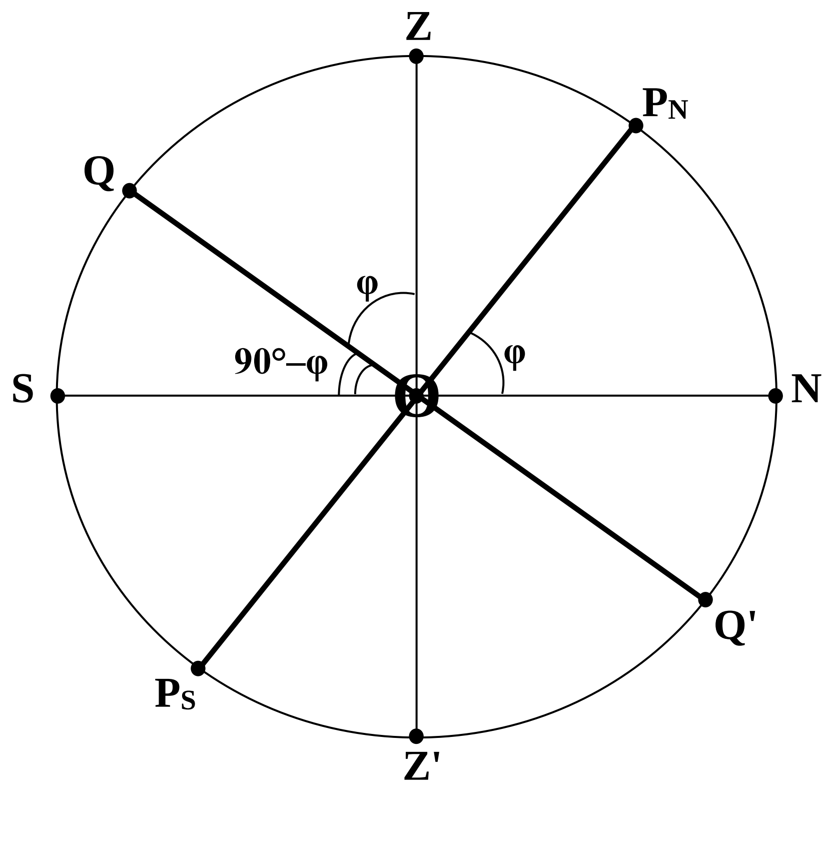
Решение Как известно, светило кульминирует в зените (т.е. на высоте 90°) на географической параллели, широта которой численно равна склонению этого светила (т.е. в случае $\varphi=\delta$). Данное утверждение станет более понятным, если вспомнить формулы высоты кульминации светил к югу или к северу от зенита:

$$h_S = 90° - \varphi + \delta$$

$$h_N = 90° + \varphi - \delta$$

Если в этих формулах принять $h=90°$, то мы как раз и придем к вышеописанному утверждению.

Для большей наглядности можно также нарисовать проекцию небесной сферы на плоскость небесного меридиана.



На получившемся рисунке: O – центр небесной сферы; S и N – соответственно, точки юга и севера; P_N и P_S – северный и южный полюсы мира, соответственно; Z и Z' –соответственно, точки зенита и надира; QQ' – линия небесного экватора.

Высота полюса мира над горизонтом (угол $\angle P_NON$) равна географической широте φ. Наклон плоскости небесного экватора к плоскости горизонта (угол QOS) равен 90°–φ. Угол ZOQ численно равен географической широте φ и склонению светила δ, кульминирующего в зените на этой широте.

В данном случае следует обратить внимание на то, что склонение Спики отрицательное, и, соответственно кульминирует в зените она в Южном полушарии Земли – на географической параллели 11° южной широты.

В день летнего солнцестояния склонение Солнца составляет δ=+23,5°. Высота его кульминации будет аналогичной, как и для параллели 11° северной широты только в день зимнего солнцестояния, и определится из соотношения:

$$h=90^\circ-\varphi+\delta=90^\circ-11^\circ-23{,}5^\circ=55{,}5^\circ$$

3.Блеск Луны в различных фазах

Блеск Луны в полнолунии примерно в 10-11 раз больше ее блеска в фазе первой или последней четверти, хотя видимые площади освещенного лунного диска в этих фазах различаются между собой всего в два раза. Чем можно объяснить данный факт?

Решение Данное явление объясняется тем, что поверхностная яркость лунного диска в фазе полнолуния больше, чем во всех других ее фазах, и, в частности, в фазах первой или последней четверти. В период полнолуния солнечные лучи падают на лунную поверхность практически отвесно, там почти нет теней, а Солнцем освещаются даже достаточно глубокие кратеры и впадины. Чем ближе к фазе новолуния, тем солнечные лучи более полого падают на поверхность Луны, а различные образования лунного рельефа начинают отбрасывать длинные тени, затеняя собой соседние участки лунной поверхности, в результате чего поверхностная яркость диска Луны заметно снижается.

4.Проксима b

В 2016г. на Европейской южной обсерватории у ближайшей к Солнцу звезды Проксимы Кентавра, расположенной в 1,3 пк от Солнечной системы и имеющей массу 0,12 массы Солнца, была обнаружена экзопланета, получившая название Проксима b. По существующим оценкам Проксима b имеет массу 1,3 массы Земли и обращается вокруг своей родительской на расстоянии в 0,05 а.е. Определите период обращения этой экзопланеты.

Решение Период обращения планеты можно найти из третьего уточненного закона Кеплера:

$$\frac{T^2(M_1+M_2)}{a^3}=\frac{4\pi^2}{G}$$

Данное соотношение можно записать для систем «Солнце-Земля» и «Проксима Кентавра – Проксима b», не учитывая масс Земли и Проксимы b, т.к. они намного меньше масс своих родительских звезд.

$$\frac{T^2{}_{Земли}\cdot M_{Солнца}}{a^3{}_{Земли}}=\frac{T_b{}^2\cdot M_{\mathrm{Proxima}}}{a_b{}^3}$$

Если периоды обращения выражать в годах, массы звезд в массах Солнца, а большие полуоси в астрономических единицах, то период обращения Проксимы b выразится тогда следующим образом:

$$T_b = \sqrt{\frac{a_b^{\ 3}}{M_{\text{Proxima}}}} = \sqrt{\frac{0{,}05^3}{0{,}12}} = 0{,}0323\,\text{года} \approx 12\ \text{суток}$$

5. Старый и новый телескопы

На обсерватории установлены два телескопа-рефлектора. Один новый с диаметром главного зеркала 1 метр, и второй старый с главным зеркалом, имеющим диаметр 1,5 метра. Главное зеркало нового метрового телескопа имеет свежий алюминиевый слой с коэффициентом отражения 92%. Алюминиевое же покрытие полутораметрового главного зеркала старого телескопа, напротив, уже заметно деградировало и потускнело, отражая всего 65% света. Какой телескоп и во сколько раз собирает больше света?

Решение

Количество света, собираемого телескопом, пропорционально коэффициенту отражения его главного зеркала и площади (или квадрату диаметра) этого зеркала:

$$E \sim kD^2$$

Сравним теперь количество света, собираемого вторым и первым телескопами:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 = \frac{0{,}65}{0{,}92} \cdot \left(\frac{1{,}5}{1}\right)^2 \approx 1{,}6\ \text{раза}$$

Как видим, несмотря на то, что зеркало старого телескопа более тусклое, за счет его большей площади оно собирает примерно в 1,6 раза больше света, чем новый телескоп.

6. Теорема вириала

Согласно т.н. теореме вириала в устойчивой замкнутой системе удвоенная кинетическая энергия частиц равна модулю их потенциальной энергии. Докажите данное утверждение для случая планеты, обращающейся вокруг звезды по круговой орбите. Массу планеты считать пренебрежимо малой по сравнению с массой ее звезды.

Решение Т.к. масса планеты пренебрежимо мала по сравнению с массой ее звезды, то звезду можно считать неподвижной и, соответственно, ее кинетическая энергия равна нулю.

Потенциальная энергия такой системы равна:

$$E_п = -\frac{GMm}{a}$$

где M – масса звезды; m – масса планеты; a – радиус орбиты планеты; G – гравитационная постоянная.

Кинетическая энергия планеты составляет:

$$E_к = \frac{mv^2}{2}$$

Т.к. планета движется по круговой орбите, то ее скорость v равна первой космической (круговой) скорости:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{a}}$$

Откуда выражение для кинетической энергии планет вид:

$$E_к = \frac{GMm}{2a}$$

Сравнивая полученное выражение для кинетической энергии с выражением для потенциальной энергии, приходим к вышеописанному условию теоремы вириала:

$$2E_к = |E_п|$$