ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

10 класс

Решения

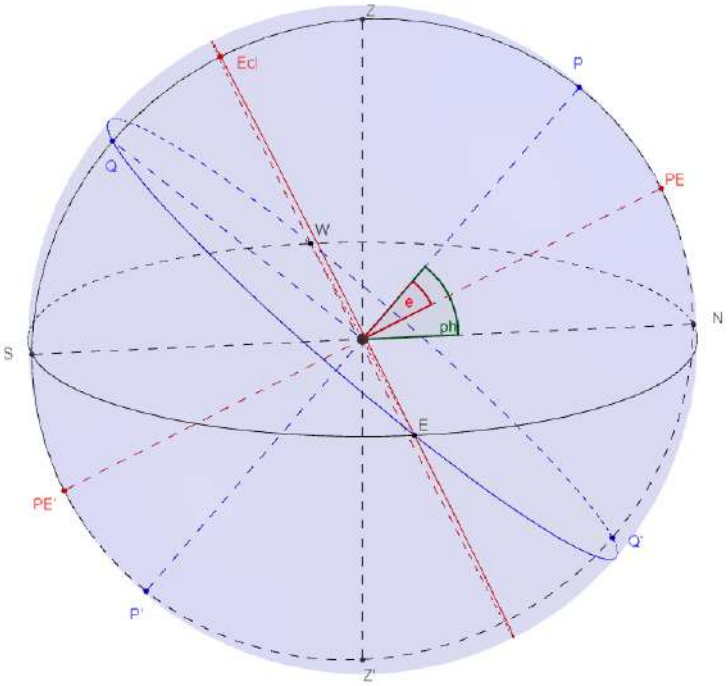
Задание 1 (8 баллов)

Определите высоту и азимут нижней кульминации северного полюса эклиптики при наблюдении из Екатеринбурга. Ответ сопроводите рисунком.

Решение

1. Построим рисунок. Высота полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения – это позволяет нам ориентировать горизонтальную и I экваториальную системы координат друг относительно друга. Кроме того, известно, что угол наклона плоскости экватора к плоскости эклиптики всегда равен $\varepsilon = 23°26'$, что позволяет нам ориентировать

ось мира относительно оси эклиптики



Комментарий к рисунку – используем объемный, потому что кажется, что так нагляднее. Для решения достаточно построить плоский рисунок.

2. Нижняя кульминация происходит на меридиане, и оказавшись на меридиане между севером и северным полюсом Мира, северный полюс эклиптики находится на высоте $a = \varphi - \varepsilon = 56° - 23°26' = 32°34'$, где φ – широта Екатеринбурга
3. Поскольку северный полюс эклиптики кульминирует над точкой севера, его азимут равен 180°, так как астрономический азимут отсчитывается от точки юга

Задание 2 (8 баллов)

Геостационарные спутники обращаются вокруг Земли с периодом, равным периоду обращения Земли вокруг оси. Такая геостационарная орбита удобна тем, что фактически спутник всегда висит над одной и той же точкой планеты.

Определите расстояние от центра Сатурна до соответствующей ему стационарной орбиты (она бы называлась “кроностационарной”, вероятно).

Решение

1. В предположении круговых орбит средняя линейная скорость аппарата будет равна $V = \frac{2\pi R}{T}$
2. С другой стороны, скорость обращения аппарата можно выразить следующим образом $V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$
3. Приравняем обе правых части и немного преобразуем
$\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{\frac{GM}{R}} => \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R} => 4\pi^2 R^3 = GMT^2 => R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$
4. Возьмем данные для Сатурна и преобразуем их в систему СИ: T = 37800 секунд, M = $5{,}712 \cdot 10^{26}$ кг
5. Получим ответ и выразим его в километрах R = 111304 километра

Задание 3 (8 баллов)

Синодический период Луны составляет 29,5 суток – это промежуток времени между двумя полнолуниями. Как часто случались бы полнолуния, если бы Луна вращалась вокруг Земли в противоположном направлении – по часовой стрелке?

Решение

1. В случае, если Луна будет вращалась вокруг Земли по часовой стрелке, а Земля продолжала бы вращаться вокруг Солнца против часовой стрелки, то относительная скорость для определения синодического периода получалась бы сложением скоростей, а не их вычитанием.

Иными словами, $W = w_1 - w_2 => \frac{360°}{S} = \frac{360°}{T_1} - \frac{360°}{T_2} => \frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$ в случае, если и Луна вращается вокруг Земли против часовой стрелки и Земля вращается вокруг Солнца против часовой стрелки. Здесь W – относительная угловая скорость. Однако у нас скорости теперь сонаправлены, это значит

$W = w_1 + w_2 => \frac{360°}{S} = \frac{360°}{T_1} + \frac{360°}{T_2} => \frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$

2. В качестве периодов возьмем сидерический период вращения Луны $T_1 = 27{,}3$ суток и сидерический период обращения Земли вокруг Солнца (звездный год) $T_2 = 365{,}2564$ суток

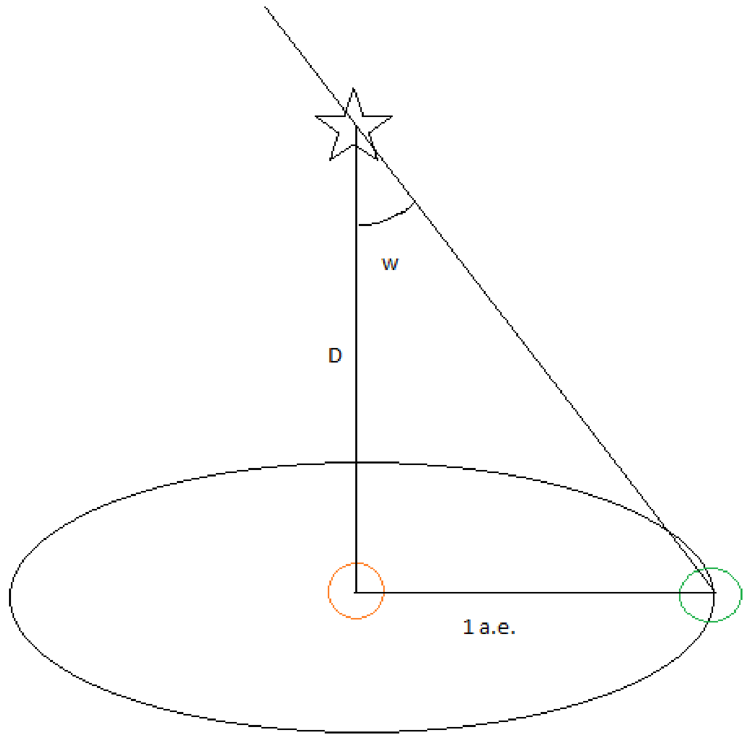
   Использование какого-либо другого года (тропического, календарного) не является причиной для снижения баллов)
3. Подставляем полученные значения и вычисляем синодический период S = 25,4 суток

Задание 4 (8 баллов)

Точность определения углов в современной радиоастрономии настолько высока, что можно измерять углы порядка 10^{-5} секунды дуги. До какого расстояния можно определять расстояния методом годичного параллакса, используя радиотелескопы?

1. Раз речь идет о годичном параллаксе, это значит, что с подобной точностью мы можем фиксировать параллактическое смещение. База годичного параллакса – 1 а.е.

2. Построим картинку



Так как углы малые, синусы и тангенсы малых углов пренебрежимы, если сами углы выражать в радианах. Стоит вспомнить, что если w = 1’’, то D по определению будет равен 1 парсек

3. Таким образом, D $= \frac{1}{w} => D = \frac{1}{10^{-5}} = 10000$ парсек $= 10$ килопарсек

Задание 5 (8 баллов)

В одной фантастической саге описывалась планета, которая имела значительный угол наклона экватора к своей орбите. Получалось так, что северный полярный круг был отделен от северного тропика узкой полосой в 100 километров. Если предположить, что планета имела физические характеристики как Земля, найдите угол наклона экватора планеты к плоскости ее орбиты.

Решение

1. Раз параметры планеты, похожие на земные, возьмем радиус планеты, равный R = 6371 км. Полоса умеренной зоны, шириной в 100 километров в случае сферически-симметричной планеты будет соответствовать $\frac{360}{2\pi R} = \frac{w}{100}$, где w – искомая величина
2. Найдем $\frac{360}{2\pi R} = \frac{w}{100} => w = \frac{360*100}{2\pi R} \approx 54'$. Для простоты дальнейших рассуждений возьмем, что это область шириной в 1°
3. Если данная величина – ширина умеренной зоны, значит ее северная граница совпадает с южной границей арктической зоны, а южная граница совпадает с северной границей тропической зоны.

   Южная граница арктической зоны имеет широту $\varphi_1 = 90° - \varepsilon$, где ε - угол наклона плоскости экватора к плоскости обращения планеты вокруг звезды. Аналогично, северная граница тропической зоны $\varphi_2 = \varepsilon$. Заметно, что если бы угол ε = 45°, то умеренной зоны вообще бы не существовало
4. Но она существует. Таким образом от каждой зоны нужно забрать по $0{,}5° => \varphi_1 = 90° - 44{,}5° = 45{,}5°$; $\varphi_2 = 44{,}5° => \varepsilon = 44{,}5°$

Задание 6 (8 баллов)

Две крупнейших звезды системы Альфа Центавра находятся на расстоянии 4,36 светового года. Эти две крупнейшие звезды имеют суммарную светимость вдвое превышающие светимость Солнца. Видимая звездная величина системы m = -0,27^m. Определите исходя из этих данных видимую звездную величину Солнца, окажись оно от наблюдателя на расстоянии 4,36 светового года. Вкладом третьей звезды в блеск системы Альфа Центавра пренебречь.

Решение

1. Светимость Альфа Центавры вдвое больше светимости Солнца по условию. В то же время светимость связана с освещенностью следующим соотношением $\mathrm{E} = \frac{L}{4\pi * d^2}$, где E – освещенность, L – светимость, d – расстояние, с которого осуществляется измерение освещенности (наблюдения)
2. Поскольку мы планируем смотреть на Солнце с того же самого расстояния, получаем следующее соотношение $\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} = 2$
3. Теперь применим формулу Погсона

$$\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^{m_2 - m_1} => 2 = 2{,}512^{m+0.27} => \log(2) = 0{,}4(m + 0{,}27)$$

$$\frac{\log(2)}{0{,}4} = m + 0{,}27 => m = \frac{\log(2)}{0{,}4} - 0.27 = 0{,}48^m$$