

**Ключи к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2022-2023 учебного года
8 класс**

1 задание (8 баллов):

В некоторой звёздной системе имеется звезда и планета, аналогичные по свойствам, соответственно, Солнцу и Земле (расстояние между ними, скорости, размеры). Планета имеет спутник, который обращается вокруг нее на расстоянии 500000 км в том же направлении, что и планета вокруг звезды, со скоростью 0,89 км/с. В некоторый момент времени житель планеты наблюдает затмение звезды спутником. Определите, сколько времени пройдет между этим затмением звезды и следующим. Орбиты считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

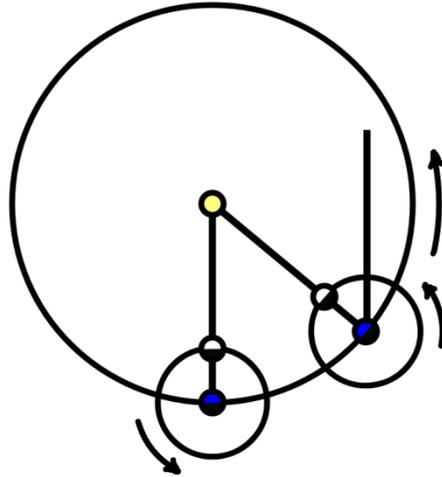
Решение:

Задача сводится к вычислению синодического периода по формуле связи синодического и сидерического периодов:

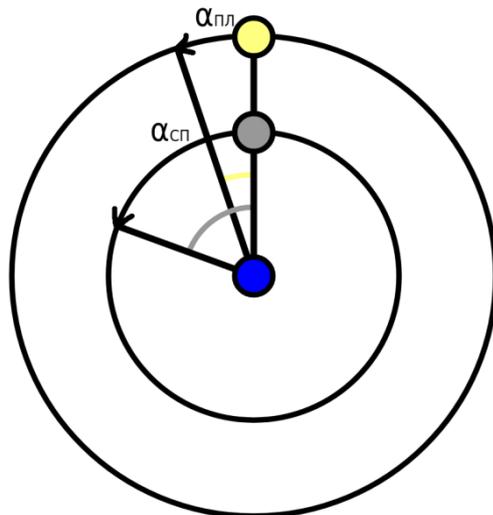
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{СП}}} - \frac{1}{T_{\text{ПЛ}}}$$

Указание, что спутник обращается вокруг планеты в том же направлении, что и планета по орбите вокруг звезды, предполагает, что синодический период должен получиться больше сидерического, как в случае с Луной и Землёй.

Поясняющая ситуацию схема на рисунке:



Рассматривая движение в системе отсчета, связанной с планетой, можно видеть, как связаны угловые расстояния, преодолеваемые спутником и звездой, а также направление их движения в одном направлении:



Для определения сидерического периода обращения спутника можно использовать связь угловой и линейной (круговой) скорости ($v = \omega R = 2\pi R/T_{\text{СП}}$) и выразить $T_{\text{СП}}$:

$$T_{\text{СП}} = \frac{2\pi R}{v} = 40.86 \text{ дней}$$

Если выразить непосредственно синодический период, то формула связи синодического и сидерического периода следующая:

$$360^\circ = \frac{360^\circ}{T_{\text{СП}}} * S - \frac{360^\circ}{T_{\text{ПЛ}}} * S; S = \frac{T_{\text{ПЛ}} * T_{\text{СП}}}{T_{\text{ПЛ}} - T_{\text{СП}}} = 46.01 \text{ дней}$$

Оценивание:

2 балла – Записано выражение для связи синодического и сидерических периодов.

2 балла - Продемонстрировано понимание связи угловой/линейной скорости с периодом.

2 балла - В качестве сидерического периода для звезды выбран период оборота планеты вокруг звезды (соответствует аналогичному периоду для Земли вокруг Солнца – тропическому году: 365,2422 (приблизительно - 365))

1 балл - Верно вычислен сидерический период для спутника.

1 балл - Верно вычислен синодический период для спутника.

2 задание (8 баллов):

Определите, где происходят восходы и заходы Солнца в указанные моменты на следующих широтах Земли (вычислите азимуты восходов и заходов):

- 1) а) $+89^\circ 59' 59.99''$ в весеннее равноденствие
 б) $+89^\circ 59' 59.99''$ в осеннее равноденствие
- 2) а) $+66^\circ 33' 46''$ в летнее солнцестояние
 б) $-66^\circ 33' 46''$ в летнее солнцестояние
 с) $+66^\circ 33' 46''$ в зимнее солнцестояние
 д) $-66^\circ 33' 46''$ в зимнее солнцестояние
- 3) а) $0^\circ 0' 0''$ в весеннее равноденствие
 б) $-45^\circ 0' 0''$ в весеннее равноденствие

Рефракцией пренебречь. Сопроводите каждую ситуацию соответствующим рисунком на небесной сфере. Укажите направление суточного движения Солнца.

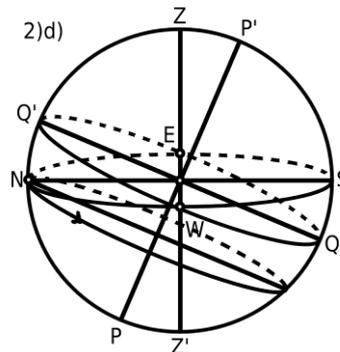
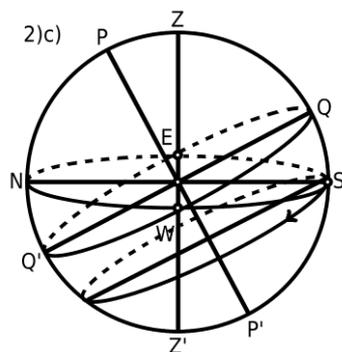
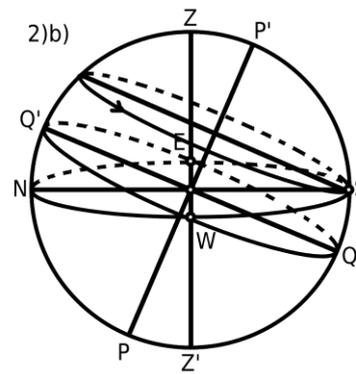
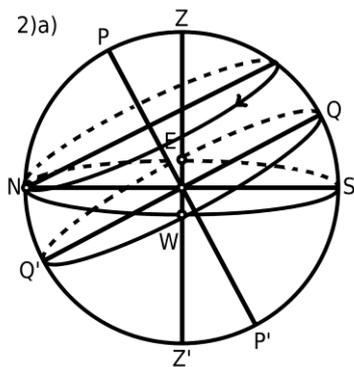
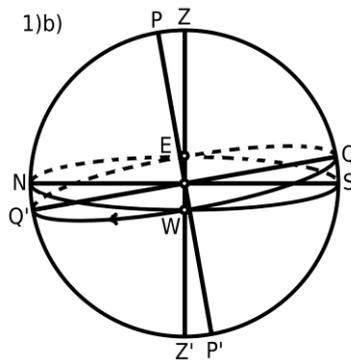
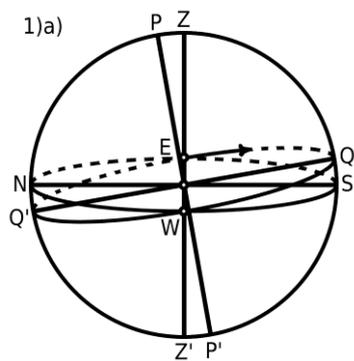
Решение:

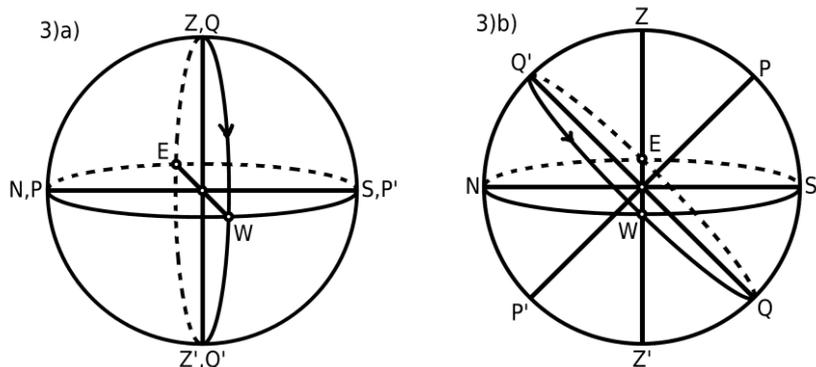
Точки на небесной сфере: E-восток ($A = 270^\circ$), W-запад ($A = 90^\circ$), N-

север ($A = 180^\circ$), S-юг ($A = 0^\circ$)

- 1) a) восход в точке E при $A = 270^\circ$, Солнце не заходит
 b) Солнце не восходит, заход в точке W при $A = 90^\circ$
- 2) a) восход и заход в точке N при $A = 180^\circ$
 b) восход и заход в точке S при $A = 0^\circ$
 c) восход и заход в точке S при $A = 0^\circ$
 d) восход и заход в точке N при $A = 180^\circ$
- 3) a) и b) восход в точке E при $A = 270^\circ$, заход в точке W при $A = 90^\circ$

Поясняющие рисунки на небесной сфере:





Оценивание:

1 балл за 1) - Продемонстрировано, что происходит полярный день/ночь, т.е. указана только одна точка.

1 балл за 2) - Верно учтен сезон в месте наблюдения (так, летнее солнцестояние в северном полушарии в июне, а в южном в декабре, Солнце имеет соответствующее склонение, $+23^{\circ} 26' 14''$ и $-23^{\circ} 26' 14''$)

1 балл за 2) - Верно показана кульминация на юге для северного полушария, на севере для южного полушария.

1 балл за 2) - Солнце рассматривается как протяженный объект, т.е. во всех случаях указан и восход, и заход. Неправильно, если участник считает Солнце невосходящим.

1 балл за 3) - Верно показана кульминация на севере для южного полушария и кульминация в зените для экватора.

3 балла - Численные значения астрономических азимутов в 1)-3) получены верно, по 1 баллу за каждый пункт из 1)-3).

В данном задании допускается использовать не астрономический азимут, а географический, если среди выполненных заданий в 1)-3) нет ошибок в расчете азимута при таком определении. Е-восток ($A = 90^{\circ}$), W-запад ($A = 270^{\circ}$), N-север ($A = 0^{\circ}$), S-юг ($A = 180^{\circ}$).

Астрономический азимут отсчитывается в плоскости математического горизонта между плоскостью астрономического меридиана (точкой юга S) и плоскостью вертикала избранного направления по направлению вращения небесной сферы. Географический азимут отсчитывается от точки севера N.

Если перепутаны буквы: E - для запада, W - для востока, но при этом правильно определен астрономический азимут, задание оценивается в соответствии с критериями.

3 задание (8 баллов):

Определите тип солнечного затмения, если измеренный в это время горизонтальный экваториальный параллакс Луны и Солнца равен, соответственно, $1^{\circ}0'23''$ и $0^{\circ}0'9''$. Определите полярный радиус Земли, если горизонтальный параллакс на полюсе для Луны составил $1^{\circ}0'11''$. Орбиты считать лежащими в одной плоскости.

Справочная информация:

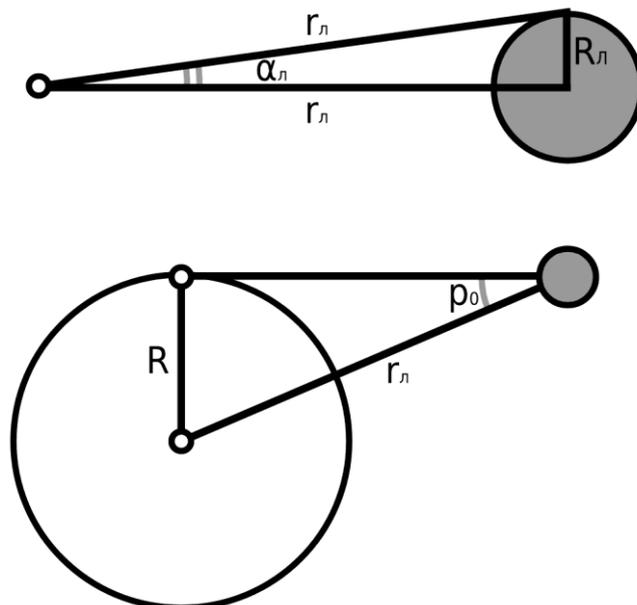
Радиус Солнца - 696340 км

Радиус Луны - 1737 км

Экваториальный радиус Земли - 6378 км

Решение:

Горизонтальный экваториальный параллакс – это максимальный параллакс светила (измеренный на горизонте) с экватора Земли:



$$\sin p_{0,л} \approx p_{0,л} \approx \frac{R_{\text{Э}}}{r_{\text{Л}}}; \sin p_{0,с} \approx p_{0,с} \approx \frac{R_{\text{Э}}}{r_{\text{С}}}$$

Отсюда можно выразить расстояние до Луны как $r_{\text{Л}} = 363104$ км и до

Солнца как $r_C = 152098233$ км.

Найденное расстояние можно подставить в формулу для половины треугольника с малыми углами, соединяющего наблюдателя и края диска Луны:

$$\sin \alpha_L \approx \alpha_L \approx \frac{R_L}{r_L}; \sin \alpha_C \approx \alpha_C \approx \frac{R_C}{r_C}$$

Численно определять расстояние до Солнца не обязательно, можно подставить буквенное выражение в эту формулу и найти соотношение угловых размеров дисков Луны и Солнца:

$$\frac{\alpha_L}{\alpha_C} = \frac{R_L}{r_L} * \frac{r_C}{R_C} = \frac{R_L}{R_C} * \frac{\sin p_{0,L}}{\sin p_{0,C}} = 1,045$$

Поскольку угловой размер Луны больше углового размера Солнца, то вид затмения-полное.

Полярный радиус Земли:

$$R_{\Pi} = \frac{\sin p_{0,L}}{r_L} = 6357 \text{ км}$$

Оценивание:

2 балла - Используется формула для горизонтального параллакса.

2 балла - Использована формула связи углового радиуса через расстояние до объекта и радиус объекта.

1 балл - Верно определено отношение угловых радиусов Солнца и Луны.

1 балл - Верно сделан вывод о типе затмения.

1 балл – Верно определено расстояние до Луны.

1 балл – Верно определен полярный радиус Земли.

4 задание (8 баллов):

Звездное скопление Плеяды имеет координаты: прямое восхождение $\alpha = 3^h 47^m 24^s$ и склонение $\delta = +24^\circ 7' 0''$. Определите месяц, когда их верхняя кульминация происходит в момент нижней кульминации Солнца. Как долго Плеяды наблюдаются ночью на северном полюсе? Наблюдаются ли Плеяды на южном полюсе? Сколько месяцев Плеяды кульминируют ночью на экваторе? С какого по какой месяц это происходит? Рефракцией и протяженностью

солнечного диска пренебречь. Изменение прямого восхождения в течение года считать равномерным.

Справочная информация:

Продолжительность тропического года – 365,2422 ср.солн.сут.

Решение:

В момент верхней кульминации часовой угол равен нулю в выражении:

$$s_{\text{пл}} = t + \alpha_{\text{пл}}$$

Этот момент звёздного времени должен соответствовать нижней кульминации Солнца, когда часовой угол равен 12^h , это определяет прямое восхождение Солнца в этот день.

$$s_{\text{с}} = 12^h + \alpha_{\text{с}} = s_{\text{пл}}; \alpha_{\text{с}} = \alpha_{\text{пл}} - 12^h + 24^h$$

Прибавляя к $\alpha_{\text{с}}$ 24^h получается $\alpha_{\text{с}} = 15^h 47^m 24^s$.

Прямое восхождение Солнца в течение года растёт, начиная с 0^h в день весеннего равноденствия в марте на следующую величину за каждые сутки (годовое изменение составляет 24^h):

$$\frac{24}{365,2422} = 0,06571$$

Из суточного изменения можно вычислить, когда прямое восхождение Солнца увеличится до $\alpha_{\text{с}} = 15^h 47^m 24^s$.

$$\frac{15,79}{0,06571} = 240 \text{ дней} = 8 \text{ месяцев}$$

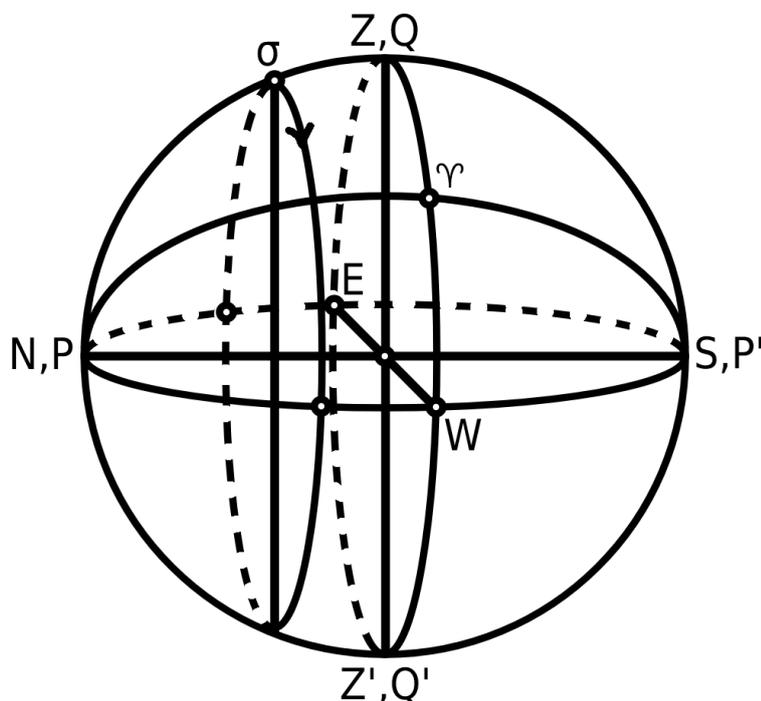
Прибавляя к марту (пусть 22 марта) 8 месяцев, получается ноябрь.

Светила с $\varphi > 90^\circ - \delta$ являются незаходящими. Поэтому на северном полюсе Плеяды будут видны на протяжении всей полярной ночи длительностью в 6 месяцев. Светила с $\varphi < 90^\circ - \delta$ являются невосходящими, поэтому на южном полюсе их видно не будет.

На экваторе половину звёздных суток светила находятся над горизонтом и половину-под. В момент кульминации Плеяд Солнце должно уже зайти за горизонт и еще не взойти из-под него.

Рисунок для момента кульминации Плеяд (можно изобразить для

удобства точку весеннего равноденствия: звёздное время соответствует ее часовому углу, прямое восхождение отсчитывается от нее до светила):



Светила с большим прямым восхождением кульминируют раньше. Если Солнце заходит за горизонт, а Плеяды кульминируют, это соответствует $\alpha_C = 3^h 47^m 24^s + 6^h$. Когда Солнце еще не взошло, а Плеяды кульминируют, соответствует $\alpha_C = 3^h 47^m 24^s - 6^h + 24^h$. Между этими датами, как уже было видно, в ноябре в том числе, на протяжении 6-ти месяцев с августа по февраль (149 дней и 332 дня с весеннего равноденствия) Плеяды будут кульминировать ночью.

Оценивание:

2 балла - Продемонстрировано, что прямое восхождение понимается верно и для Солнца в весеннее равноденствие оно равно нулю.

1 балл – Верно определяется, что прямое восхождение Солнца после весеннего равноденствия растет.

1 балл - Правильно понимается связь звёздного времени с прямым восхождением и часовым углом.

1 балл - Верно вычислен месяц, когда верхняя кульминация Плеяд

происходит в момент нижней кульминации Солнца.

1 балл - Верно определено, что на северном полюсе Плеяды будет видно в течение полярной ночи. А для южного полюса они не являются восходящими.

1 балл - Верно определено, что на экваторе Плеяды будут успевать кульминировать в течение ночи половину года.

1 балл - Приблизительно верно определены месяцы, когда это будет происходить.