

# Всероссийская олимпиада по астрономии



Муниципальный этап 2021 года

*Условия и решения*

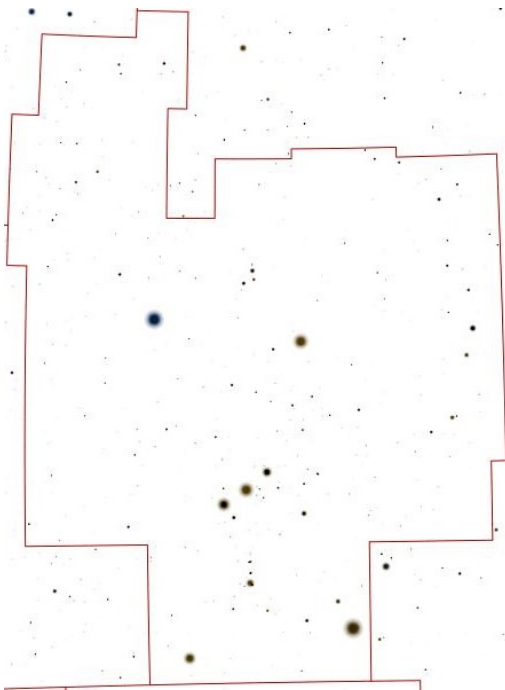
8 класс

8 Ноября 2021 г.

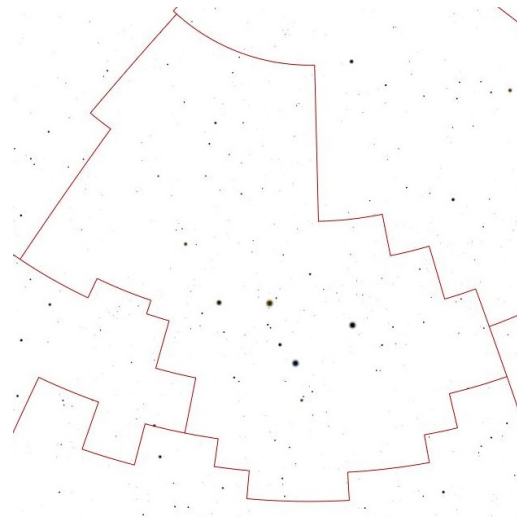
## 1. Созвездия

8 баллов

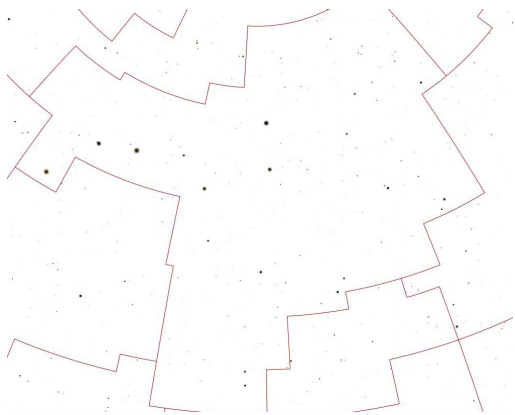
Перед вами 8 звездных карт, содержащих созвездия. Запишите название этих созвездий.



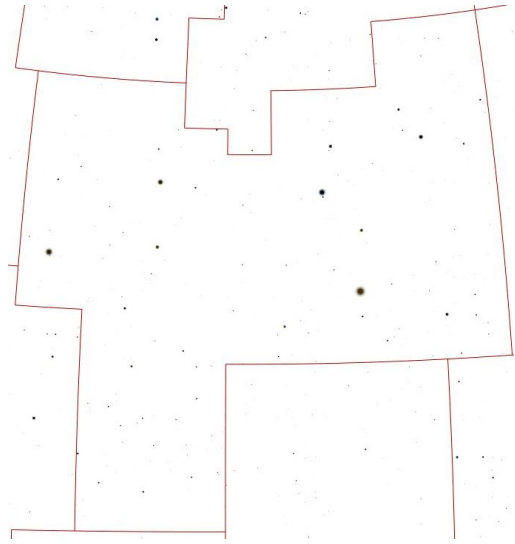
a)



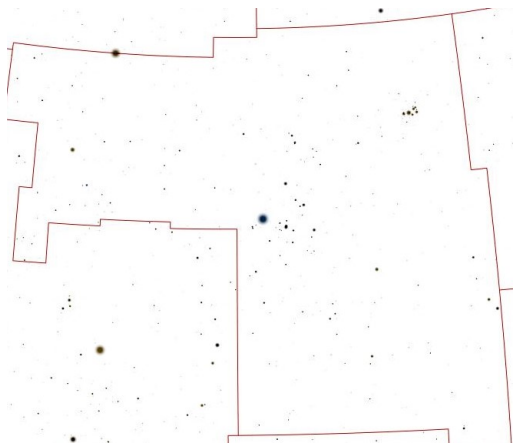
b)



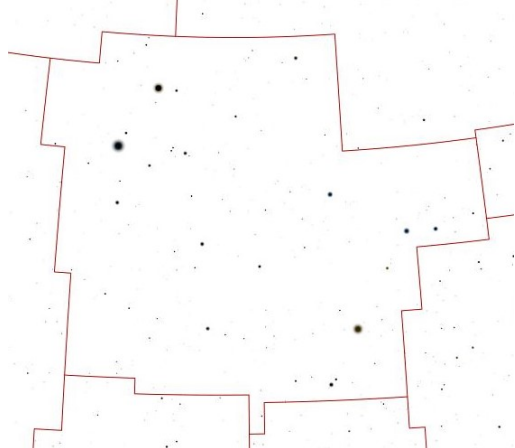
c)



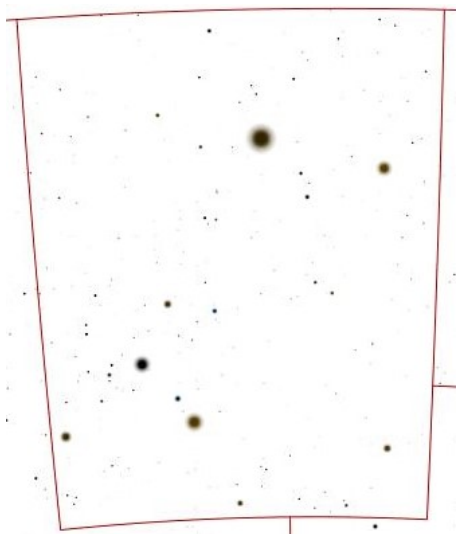
d)



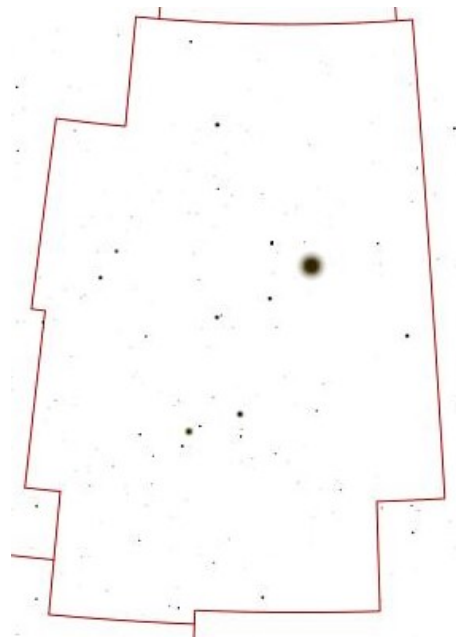
e)



f)



g)



h)

**Решение.** Первые три созвездия всем нам хорошо знакомы. Созвездие *A* — это созвездие Ориона, в котором хорошо заметен астеризм «пояс Ориона» и две трапеции, а *B* — это созвездие Кассиопеи, чье начертание напоминает латинскую букву «W». Созвездие *C* — это созвездие Большой Медведицы, отождествить это созвездие нам помогает астеризм «Ковш большой медведицы».

Созвездие *D* — это созвездие Льва. Созвездие *E* — это созвездие Тельца. У этого созвездия много характерных особенностей. Самая яркая звезда созвездия, Альдебаран, находится совсем рядом с рассеянным звездным скоплением Гиады, сверху справа есть очень заметное скопление звезд Плеяды. Звезда  $\beta$  Тельца, Эль-Натх, находится на границе двух созвездий, Тельца и Возничего и принадлежит обоим созвездиям.

Созвездие *F* — это соседнее с Тельцом созвездие, созвездие Близнецов. Созвездие *G* — это созвездия Большого пса. Созвездие *H* — это созвездие Лиры. Характерной особенностью этого созвездия является ромб и рядом с ним самая яркая звезда этого созвездия Вега.

Примечание. В случае, если участник пишет название астеризма вместо названия созвездия (например, «Пояс Ориона» вместо «Орион»), то данное созвездие считается указанным не верным.

Ответы: *A* — Орион, *B* — Кассиопея, *C* — Большая медведица, *D* — Лев, *E* — Телец, *F* — Близнецы, *G* — Большой Пес, *H* — Лира.

### Критерии оценивания

8

За каждое правильно записанное название созвездия  $\times 8 \dots$  по 1 баллу  
 Штраф за неверное указание созвездий  $\dots \dots \dots$  отсутствует  
 Если 8 раз указано одно и тоже созвездие  $\dots \dots \dots$  0

## 2. Кольцо

8 баллов

Планетарная туманность «Кольцо» (*M57*) находится от нас на расстоянии 2 300 световых лет. Она расширяется со скоростью 25 км/с и сейчас имеет видимый угловой размер 2.5'. Определите как давно центральная звезда этой туманности сбросила свою оболочку? Когда это могли увидеть «наблюдатели» на Земле? Определите среднюю плотность, если масса сброшенной оболочки составляет  $0.2M_{\odot}$ , а толщина сферического слоя составляет примерно 1% от радиуса туманности. Считать объем сферы равным:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

где  $\pi = 3.14$

**Решение.** Определим диаметр туманности в световых годах:

$$D_{M57} = L \cdot \frac{\alpha_{M57}}{206265} = 2300 \cdot \frac{2.5 \cdot 60}{206265} = \boxed{1.67 \text{ св.лет}}$$

Теперь определим время расширения туманности, не забыв, что нашли диаметр, а туманность расширяется в обе стороны к нам и от нас:

$$\tau_{M57} = \frac{D_{M57}}{2 \cdot V_{M57}}$$

$$\tau_{M57} = \frac{1.67 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 365.25 \cdot 86400}{2 \cdot 25} = \boxed{10^4 \text{ лет}}$$

Значит, на небе Земли событие появления планетарной туманности произошло 10 000 лет назад, около  $\boxed{7979 \text{ г. до н.э.}}$

Определим объем, в котором заключена масса, считая, что она распределена равномерно в сферическом слое.:

$$V = \frac{4}{3}\pi(r_1^3 - r_2^3) = \frac{4}{3}\pi(1^3 - 0.99^3) \left(\frac{D_{M57}}{2 \cdot 3.26}\right)^3 = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ пк}^3$$

Тогда плотность равна:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{0.6 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{2.1 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^{16})^3} = \boxed{6.5 \cdot 10^{-18} \text{ кг/м}^3}$$

### Критерии оценивания

8

Нахождение диаметра туманности .....	1
Определение времени расширения туманности .....	2
Нахождение примерной даты события для земного наблюдателя ....	1
Нахождение объема сферического слоя .....	2
Нахождение итоговой плотности туманности .....	2

### 3. Космическая медуза

8 баллов

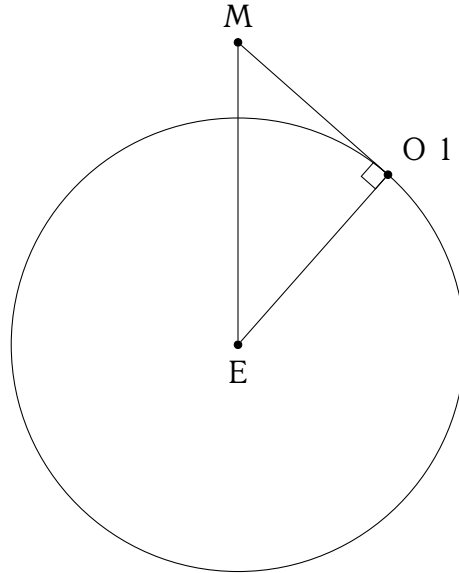
С космодрома Плесецк (широта  $\varphi = 62^\circ 57'$ ) стартовал ракетоноситель с несколькими спутниками. На высоте 175 км вторая ступень отделилась от спутников и образовала так называемую «медузу». Определите, на каком расстоянии от точки отделения второй ступени это событие могли видеть жители Земли. Нарисуйте рисунок, поясняющий ваше решение.

**Решение.** Изобразим ситуацию на рисунке:

Введем обозначения точек: Земля — E, Наблюдатель 1 — O1, «Медуза» - M.

Точка «Наблюдатель 1» — наиболее далекая от места отделения второй ступени точка, в которой оно будет видно. Расстояние Медуза-Наблюдатель найдем из теоремы Пифагора:

$$r_{MO1} = \sqrt{r_{ME}^2 - r_{O1E}^2} = \sqrt{(R_E + h)^2 - R_E^2},$$



где  $R_E$  - радиус Земли,  $h$  - высота отделения ступени. Тогда искомое расстояние

$$r_{MO} = \sqrt{(6400 + 175)^2 - 6400^2} = \boxed{1507 \text{ км}}$$

<b>Критерии оценивания</b>	<b>8</b>
Рисунок, поясняющий модель .....	1
Формулировка, что макс. расстояние для наблюдателя на горизонте	2
Определение максимального расстояния .....	5

#### 4. Дата затмения 8 баллов

Астроном из Долгопрудного (широта  $\varphi = 56^\circ$ ) наблюдает лунное затмение. Посмотрев на часы, астроном заметил Луну на высоте  $h = 57.5^\circ$  в полночь по истинному солнечному времени.

- Определите склонение Луны в момент наблюдения
- Определите склонение Солнца в момент наблюдения
- Определите дату наблюдения.

#### Решение.

На первом этапе определим склонение Луны. Обратим внимание, что высота кульминации  $h$  больше чем широта  $\varphi$ . Следовательно Луна в верхней кульминации.

Запишем формулу для высоты верхней кульминации. На данной широте верхняя кульминация Луны невозможна к северу от зенита.

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta_{\text{л}}$$

Отсюда найдем склонение Луны:

$$\delta_{\text{л}} = h + \varphi - 90^\circ = 57.5^\circ + 56^\circ - 90^\circ = \boxed{23.5^\circ}$$

Из склонения Луны  $\delta = \varepsilon = 23.5^\circ$  ясно, что она находится в точке летнего солнцестояния.

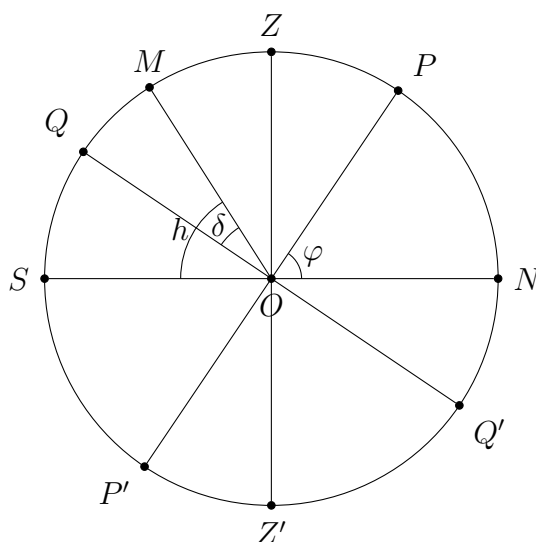


Рис. 1 Вид небесной сферы. Луна обозначена точкой M

Лунное затмение может наблюдаться только в полнолуние, когда Луна и Солнце диаметрально противоположны для земного наблюдателя. Это значит, что в момент истинной полуночи, то есть нижней кульминации Солнца, Луна находится в верхней кульминации.

Следовательно Солнце, расположенное в противоположной точке небесной сферы, находится в точке зимнего солнцестояния и имеет склонение

$$\delta_{\odot} = \boxed{-23.5^\circ}$$

Как известно, дата зимнего солнцестояния -  $\boxed{21 \text{ декабря}}$ . Это и есть ответ на последний вопрос задачи.

**Критерии оценивания**

**8**

Запись формулы для верхней кульминации.....	1
Обоснование, что кульминации к югу от зенита.....	1
Определение склонения Луны.....	2
Утверждение, что Солнце и Луна диаметрально противоположны...	1
Определение склонения Солнца.....	1
Определение даты.....	2

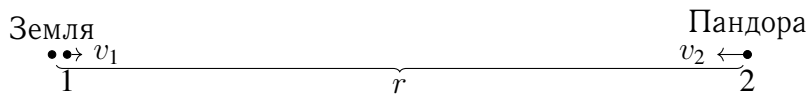
## 5. Встреча Пандорцев

8 баллов

После известных событий, описанных в фильме «Аватар», к планете Пандора (спутнику гипотетического газового гиганта Полифем), относящейся к звездной системе Альфа Центавра, была направлена дипломатическая миссия на космическом аппарате со скоростью 0.1 скорости света. Через год после этого с Пандоры был отправлен космический аппарат на встречу кораблю землян со скоростью 0.2 скорости света. А еще через 3 года Пандорцы решили отправить второй космический аппарат, уже с большей скоростью, 0.3 скорости света. Расстояние между Землей и Пандорой составляет 4.6 световых года. Определите

- Сколько времени проведет в полете первый корабль с Пандоры до момента встречи с кораблем землян?
- Сколько времени проведет в полете второй корабль с Пандоры до момента встречи с кораблем землян?
- С каким кораблем встреча произойдет раньше?
- Расстояние между точками встречи кораблей, если предположить, что все космические корабли продолжают движение.

**Решение.** Изобразим взаимное расположение космических аппаратов через год после вылета земного. 1 световой год - расстояние, которое свет проходит за один земной год. За время  $t_1 = 1$  год корабль землян пролетит расстояние  $v_1 \cdot t_1 = 0.1$  св. год (так



как скорость корабля  $v_1$  составляет 0.1 от скорости света). Корабли 1 и 2 сближаются с относительной скоростью  $v_1 + v_2$ . Найдем время, через которое они встретятся:

$$\tau_1 = \frac{r - v_1 \cdot t_1}{v_1 + v_2} = \frac{4.6 - 0.1}{0.1 + 0.2} = \boxed{15 \text{ лет}}$$

Теперь изобразим расположение космических аппаратов через 4 года после вылета земного. За время  $t_2 = 4$  года земной аппарат пролетит расстояние  $v_1 \cdot t_2 = 0.4$  св. года.



Корабли 1 и 3 сближаются со скоростью  $v_1 + v_3$ . Время, через которое они встретятся:

$$\tau_2 = \frac{r - v_1 \cdot t_2}{v_1 + v_3} = \frac{4.6 - 0.4}{0.1 + 0.3} = \boxed{10.5 \text{ лет}}$$

Если считать с момента вылета, то встреча кораблей 1 и 2 произойдет через  $t_1 + \tau_1 = 16$  лет, а кораблей 1 и 3 - через  $t_2 + \tau_2 = 14.5$  лет.

Значит встреча земного корабля со вторым кораблем с Пандоры произойдет раньше.

На третьем рисунке изображены точки встречи кораблей.



Чтобы найти  $\Delta r$  — расстояние между точками встречи — можно рассмотреть движение корабля землян. До ближайшей точки встречи они летели 14.5 лет, до второй точки встречи 16 лет. То есть, разница 1.5 года. Скорость корабля землян нам известна из условия 0.1 скорости света

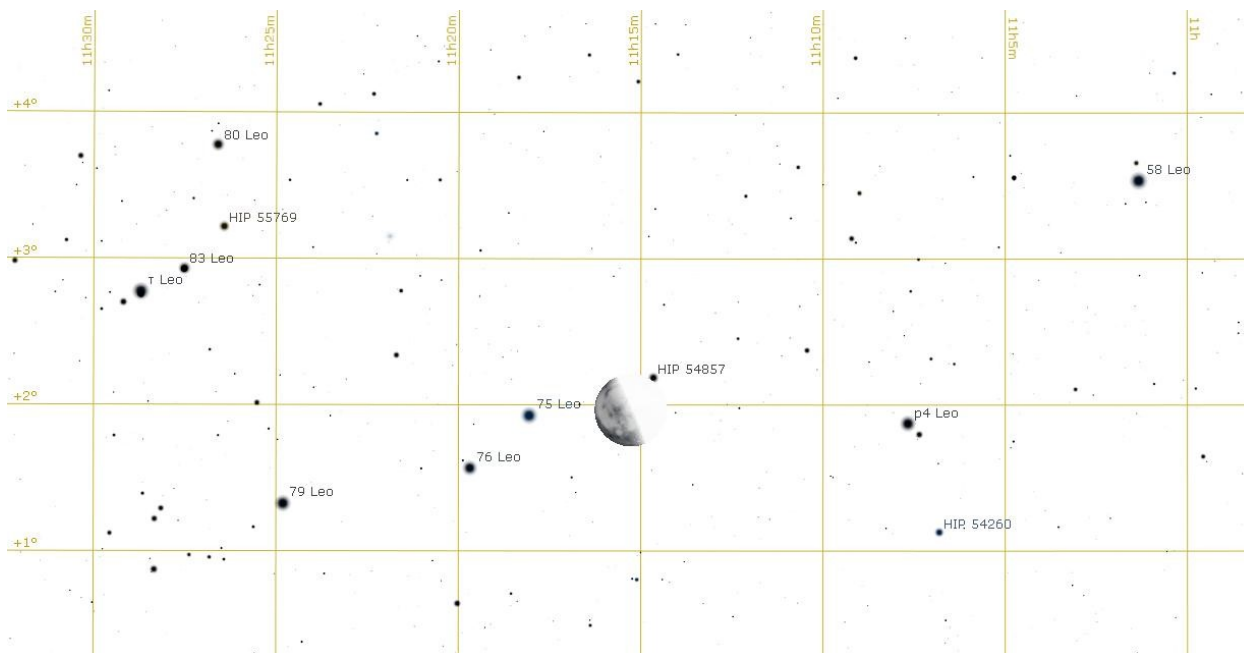
$$\Delta r = (t_1 - t_2) \cdot v_1 = \text{0.15 св. лет.}$$

<b>Критерии оценивания</b>	<b>8</b>
Определение времени полета корабля землян .....	3
Определение расстояния до Земли .....	2
Определение расстояния до Пандоры.....	2
Определение времени прохождения сигнала.....	1

## 6. Покрытие Луной 10 баллов

Наблюдатель на полярной станции «Северный полюс» видит Луну в фазе последней четверти в созвездии Льва у самого горизонта. Его цель увидеть, как Луна покрывает звезды. Он зарисовал положение Луны на карте (для вас его рисунок представлен в негативе - цвета инвертированы). Определите какие из обозначенных(подписанных) звезд покроет Луна. Через сколько времени Луна покроет ближайшую к ней такую звезду? и сколько может длиться такое покрытие, если оно будет центральным (то есть звезда пройдет под центром лунного диска)? Период обращения Луны вокруг Земли можно найти в справочных данных. Орбиту Луны считать круговой и лежащей в плоскости эклиптики. Вращением Земли вокруг Солнца пренебречь.





## Решение.

На **первом этапе** по изображению нужно понять куда движется Луна относительно далеких звезд.

Для этого через концы терминатора (граница разделяющая день и ночь на небесном теле) Луны проводим линию, она будет перпендикулярна направлению на Солнце. Через центр Луны (середицу отрезка между концами терминатора) строим перпендикулярную линию. Так как Луна, по условию задачи, движется в плоскости эклиптики, то это найденное направление будет и траекторией движения Луны. По этому направлению Луна будет двигаться справа налево, в сторону увеличения прямого восхождения. Значит, нас интересуют звезды слева от Луны: *75Leo*, *76Leo* и *79Leo*.

Чтобы отметить область, в которой возможны покрытия звезд, нам нужно провести еще две прямые, параллельные первой прямой. Одну выше на радиус Луны, вторую ниже на радиус Луны. Или, что тоже самое, первая проходит через верхний конец терминатора Луны, вторая через нижний конец терминатора Луны.

После этих построений мы видим, что в область покрытия попадает лишь одна подписанная на карте звезда *76Leo*.

На **втором этапе** решения задачи определим, через какое время начнется покрытие. Для этого нам нужно определить угловое расстояние между центром Луны и звездой *76Leo* вдоль линии движения Луны. Линейное расстояние можно померить линейкой, но для перехода к угловым расстояниям нужен масштаб. Масштабом на этом рисунке является сама Луна, хотя учащийся может воспользоваться и координатной сеткой. Угловой диаметр Луны составляет  $30'$  с хорошей точностью, достаточной для решения этой задачи.

Измеряем линейкой диаметр Луны (по терминатору - 8 мм) и расстояние от центра Луны до проекции пути Луны составляет 21 мм звезды *76Leo*.

После того, как мы нашли угловое расстояние до звезды, нам необходимо найти время до начала покрытия. Для этого можно составить пропорцию. Луна делает полный оборот относительно далеких звезд за сидерический период 27.3 дня. Тогда, угол в  $\frac{21}{8}30'$  она пройдет за

$$t = 27.3 \cdot 24 \cdot 3600 \frac{21/8 \cdot 30'}{360^\circ} \text{ с} = 8600 \text{ с} \approx 2^h 23^m$$

На **третьем этапе** необходимо найти длительность центрального покрытия.

Наблюдатель находится на станции «Северный полюс». На северном полюсе мы можем не учитывать вращение Земли вокруг своей оси. Таким образом, для наблюдателя есть только одно вращательное движение, это вращение Луны вокруг Земли. В общем случае, нам было необходимо учесть и вращение точки нахождения наблюдателя, вокруг земной оси.

Центральное покрытие Луной — это покрытие звезды Луной, при котором траектория покрытия будет являться диаметром Луны и является максимально длинным покрытием.

Для нахождения длительности покрытия звезды нам нужно найти время, за которое Луна сместится на свой диаметр  $30'$ .

$$t_2 = t = 27.3 \cdot 24 \cdot 3600 \frac{30'}{360^\circ} \text{ с} = \boxed{3\ 276 \text{ с} = 54.6 \text{ м}}$$

### Критерии оценивания

**10**

Графическое нахождение направления движение Луны .....	1
Определение области неба, где будут покрытия .....	2
Определение, что покрытие будет для звезды <i>76Leo</i> .....	1
Нахождение углового расстояния между Луной и звездой <i>76Leo</i> ....	1
Нахождение времени до покрытия звезды <i>76Leo</i> .....	2
Нахождение длительности центрального покрытия .....	2+1
Обоснование, что не нужно учитывать вращение Земли .....	1