

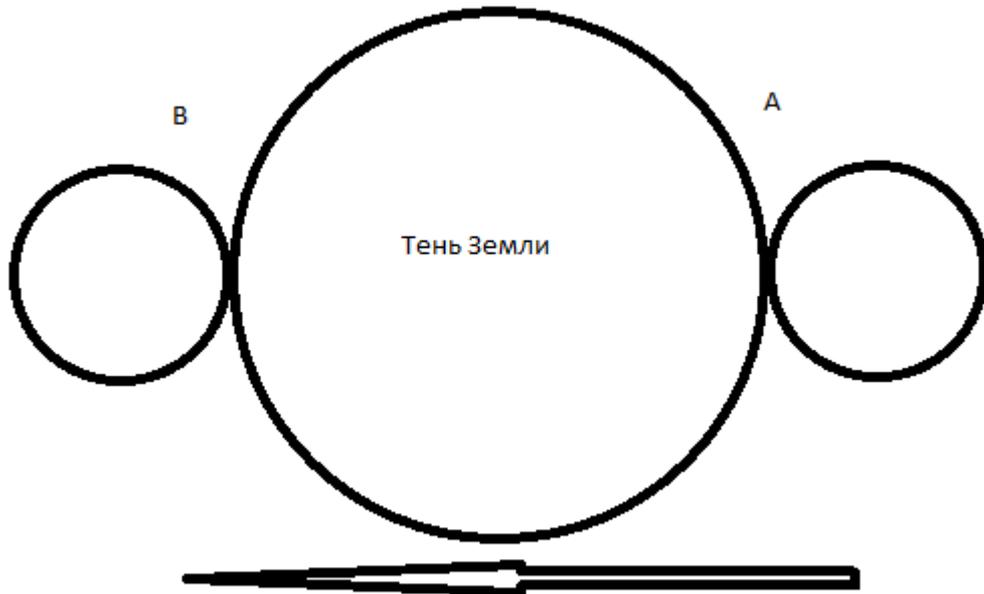


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ 2023–2024 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС.  
Время выполнения 180 мин. Максимальное кол-во баллов – 40

Ключи и критерии оценивания

Задача 1

Определим расстояние, которое пройдет Луна по небесной сфере во время лунного затмения.



Первое касание – начало затмения – это точка А, окончание затмения – точка В. Тень Земли имеет размер равный диаметру Земли. Не учитываем, что у нас конус, расстояния незначительные. Следовательно, в своем движении центр Луны или любая другая точка проходит расстояние равное размеру диаметру Луны и диаметру Земли. Определим скорость движения Луны по небесной сфере.

Период обращения Луны вокруг Земли составляет 27,3 дня или 655,2 часа. Длина окружности, по которой движется Луна:

$$L = 2\pi R = 2386400 \text{ км. } R = 380000 \text{ км.}$$

R- радиус лунной орбиты.

Тогда скорость движения Луны по небесной сфере:

$$\frac{2386400}{655,2 \text{ часа}} = 3642,2 \frac{\text{км}}{\text{час}} = 1 \text{ км/с}$$

Тогда, время, которое необходимо для преодоления расстояния равного сумме диаметра Земли и диаметра Луны составит:

$$\frac{12742 + 3475 \text{ км}}{1 \text{ км/с}} = 16217 \text{ с} = 4,5 \text{ часа}$$

Ответ 4,5 часа.

Критерии оценивания:

Определено расстояние, которое должна пройти Луна во время затмения (4 балла).

Определена скорость движения Луны по орбите (2 балла). Ответ может быть представлен в км/с (1 км/с) или км/ч (3600 км/ч). Отметку не снижать.

Определение времени затмения (2 балла)

## Задача 2

Воспользуемся формулой Погсона для определения звёздной величины  $m_2$ :

$m_2 - m_1 = -2.5 \lg \left( \frac{E_2}{E_1} \right)$  из данного выражения выразим  $m_2$ .

Учтём, что освещённость, создаваемая планетой у поверхности Земли, подчиняется закону обратных квадратов:

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2}, \quad E_2 = \frac{I}{r_2^2}, \quad \text{где } I - \text{светимость объекта, } r_1 - \text{расстояние до планеты}$$

С другой стороны, угловой диаметр планеты определяется выражением:

$$D_S'' = \frac{D_S}{2r} \cdot 206265'', \quad \text{тогда} \quad \left( \frac{D_{S1}''}{D_{S2}''} \right) = \left( \frac{r_2}{r_1} \right) \quad \text{из этого следует} \quad \frac{E_1}{E_2} = \left( \frac{D_{S1}''}{D_{S2}''} \right)^2$$

В результате, звездная величина Сатурна через месяц

$$m_2 = m_1 + 5 \lg \left( \frac{D_{S1}''}{D_{S2}''} \right) = +0.4^m + 5^m \lg \left( \frac{19}{17} \right) = +0.64^m$$

Критерии оценивания:

Приведена формула Погсона (2 балла) через освещенности, либо записана формула через расстояния (4 балла)

Приведен переход от освещенности к расстояниям (2 балла)

Приведен переход от расстояний к угловым размерам (2 балла)

Вычислена звездная величина (2 балла)

## Задача 3

Абсолютная звездная величина Солнца примерно  $+5^m$ . Это означает, что Солнце, находясь на расстоянии 10 пк, имело бы видимую звездную величину  $+5^m$ . Если Солнце будет располагаться в 10 раз дальше, то освещенность, создаваемая им (прямо пропорциональная светимости и обратно пропорциональная квадрату расстояния) станет меньше в  $10^2$  раз. Следовательно, светимость звезды в 100 раз больше, чем светимость Солнца. Тогда для того, чтобы освещенность, создаваемая звездой на планете, совпадала с освещенностью, создаваемой Солнцем на Земле, нужно, чтобы планета располагалась от звезды в 10 раз дальше, чем Земля от Солнца, т.е. искомое расстояние должно равняться 10 а.е.

Критерии оценивания:

Определена абсолютная звездная величина и указан ее смысл – 1 балл

Определена зависимость освещенности от расстояния – 2 балла

Сделан вывод об освещенности планеты – 2 балла

Определено расстояние до планеты – 3 балла

#### Задача 4

Так как угол между плоскостью орбиты Луны и эклиптики  $i = 5^{\circ}9'$ , а угол между эклиптикой и небесным экватором,  $\varepsilon = 23^{\circ}26'$ , то

$-(i + \varepsilon) \leq \delta_{\text{л}} \leq +(i + \varepsilon)$ , то есть  $-28^{\circ}35' \leq \delta_{\text{л}} \leq +28^{\circ}35'$ .

Тогда максимальная высота верхней кульминации Луны  $h_{\text{min}} = 90^{\circ} - \varphi + \delta_{\text{max}}$ ,  $h_{\text{min}} = 5^{\circ}7'$ .

В верхней кульминации Луну можно наблюдать на минимальной высоте (конец июня-начало июля) во время полнолуния. В это время направление на Луну практически противоположно направлению на Солнце, то есть Луна находится примерно в той же области небесной сферы (вблизи точки зимнего солнцестояния), в какой полгода назад (зимой) находилось Солнце.

Критерии оценивания:

Понимают смысл склонения светил -1балл

Верно определены границы склонения Луны- 1 балл

Найдена высота минимальной верхней кульминаций Луны -2 балла

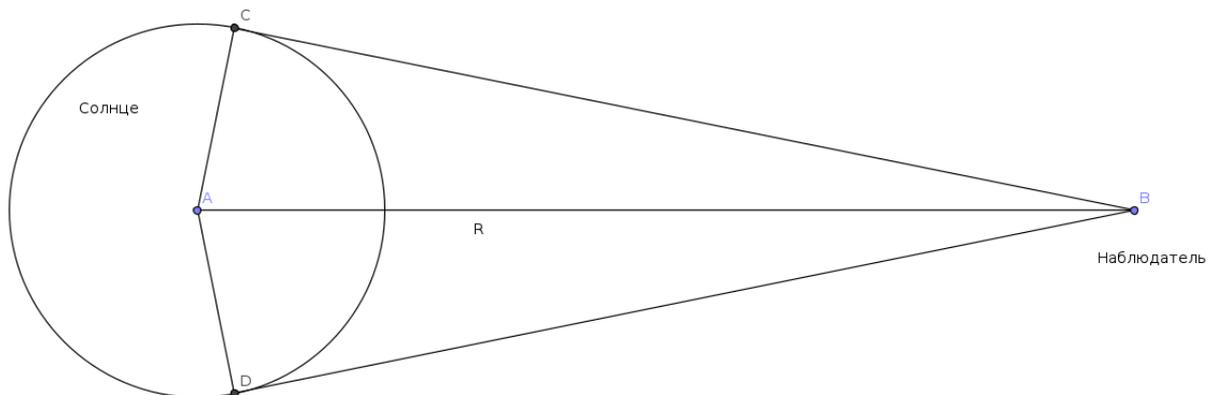
Верно указан месяц наблюдения минимального подъема Луны для верхней кульминации – 2 балла

Верно указаны условия при которых происходят названные явления – 1 балл

Названо место положения Луны на небесной сфере – 1 балл

#### Задача 5

Определим расстояние от Солнца до точки наблюдения, из которой угловой размер Солнца будет 1 угловая минута. Рассмотрим чертеж:



В данной задаче угол  $CBD = \alpha = 1'$ , Радиус Солнца  $AC = 697000$  км. Тогда

$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AC}{R}$ , так как угол мал, то  $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$ , тогда

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{AC}{R} \text{ откуда следует, что } R = \frac{2AC}{\alpha}$$

Представим  $1'$  в радианах, это составит  $1' = 2,9 \cdot 10^{-4}$

Подставляем в формулу и получаем

$$R = 4,8 \cdot 10^9 \text{ км.}$$

Переведем данное значение в астрономические единицы:

$R = 32 \text{ а.е.}$ , что соответствует расстоянию от Солнца до Нептуна.

Критерии оценивания:

Представлен рисунок для определения углового размера Солнца (2 балла)

Определено расстояние от Солнца (4 балла)

Определена планета (2 балла)