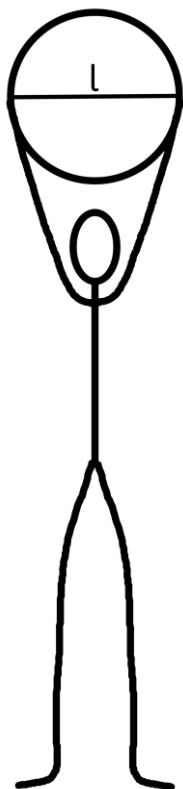


**Ключи к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2023-2024 учебного года
7 класс**

1 задание (8 баллов):

Астрофотограф задумал сделать снимок «удерживаемой» в руках над головой Луны. На каком расстоянии фотографируемому человеку нужно встать от камеры, чтобы однажды удалось сделать такой снимок? Расстояние между ладонями принять равным $l = 60$ см.

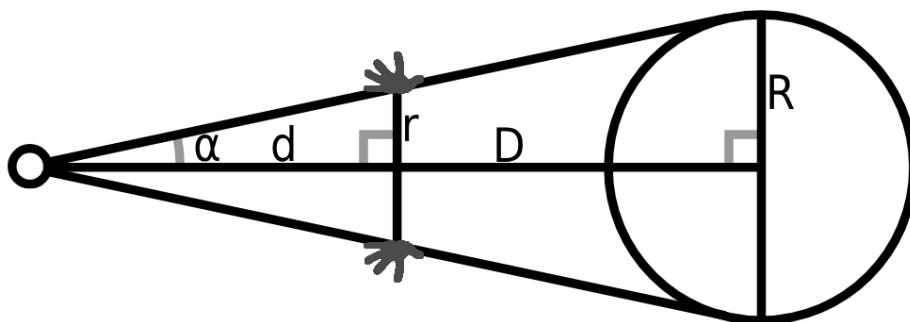


Справочная информация:

Средний радиус Луны – 1737 км.

Среднее расстояние до Луны – 384400 км.

Решение:



Задачу можно решить, используя в качестве входных данных известный угловой размер либо вычисленный через расстояние до Луны и её линейный размер.

Расстояние до фотографируемого человека подбирается таким образом, чтобы при взгляде из точки расположения камеры совпал угол, под которым наблюдаются ладони и лунный диск. Тогда возникают два прямоугольных треугольника. Катетами одного являются радиус Луны R и расстояние до Луны D , катетами второго – половина расстояния между ладонями ($r = l/2$) и расстояние до фотографируемого человека d . Катеты связаны с угловым радиусом Луны следующим образом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{D} = \frac{r}{d}$$

Может быть учтено, что α ($15' 32''$) является малым углом, поэтому его тангенс равен самому углу, выраженному в радианной мере:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \alpha$$

Тогда искомое расстояние равно:

$$d = \frac{rD}{R} = \frac{r}{\operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha)} = \frac{r}{\alpha}$$

Реальное расстояние до Луны (и её угловой размер) меняется при движении Луны по орбите вокруг Земли примерно от 363104 км в перигеуме до 405696 км в апогее, а также отличается для разных положений на Земле. Для среднего расстояния от Земли до Луны в 384400 км расстояние d составляет 66 м.

Поскольку в условии задачи не указан конкретный момент времени, при решении допускается использование любого разумно определенного расстояния до Луны либо соответствующего углового размера.

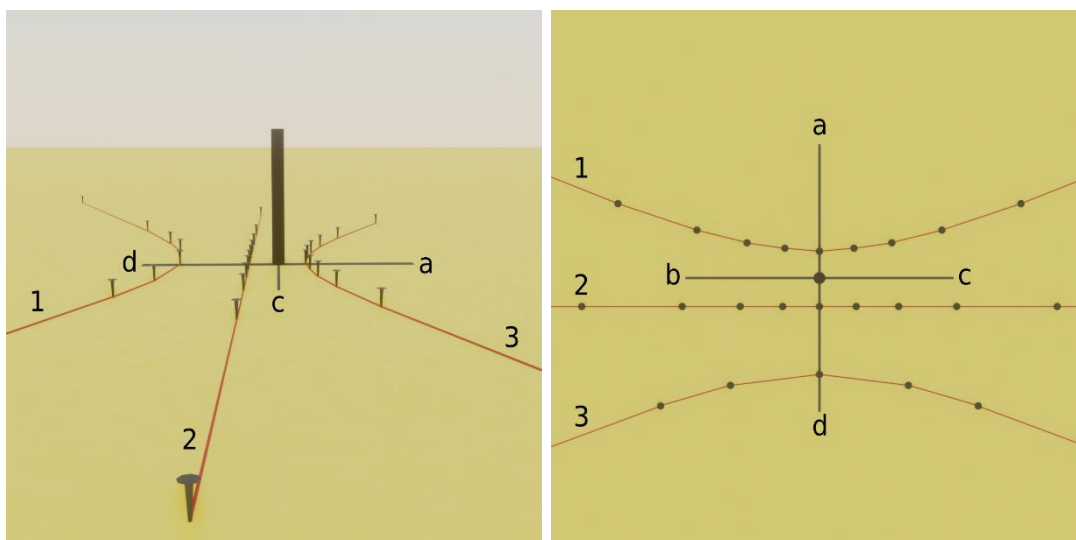
Оценивание:

4 балла – Записано выражение, связывающее линейные и угловые размеры объекта.

4 балла – Вычислено расстояние от камеры до фотографируемого человека.

2 задание (8 баллов):

На изображениях гвоздиками и соединяющими их нитями показано, как около полудня перемещался конец тени от вертикально расположенной палочки в северном полушарии в дни весеннего равноденствия, летнего солнцестояния, осеннего равноденствия, а также зимнего солнцестояния. Определите, каким дням соответствуют пути тени под номерами 1, 2, 3, а также на какие стороны света (север, юг, восток, запад) сориентированы направления а, б, с, d. Ответ поясните.



Левое изображение соответствует виду сбоку, правое – виду сверху.

Решение:

Крайние пути тени соответствуют солнцестояниям (для наибольшего и наименьшего склонения Солнца), промежуточный (путь тени 2) соответствует обоим равноденствиям (склонение Солнца в дни равноденствий одинаковое и равно 0°). Ближе к закату и рассвету тени удлиняются. В полдень, т. е. в момент верхней кульминации Солнца будет наблюдаться самая короткая тень, лежащая на линии a-d, далее речь пойдет именно о таких тенях. Между наблюдаемыми датами палочка не отбрасывает тень, когда Солнце находится в зените, такое происходит на околоэкваториальных широтах, в тропиках. Ближе к дням солнцестояний Солнце ниже, а длина тени увеличивается. Солнце в момент верхней кульминации находится ниже всего над горизонтом в день зимнего солнцестояния, а палочка при этом отбрасывает самую длинную тень (соответствует пути тени номер 1).

Таким образом, пути тени и указанные дни соотносятся так:

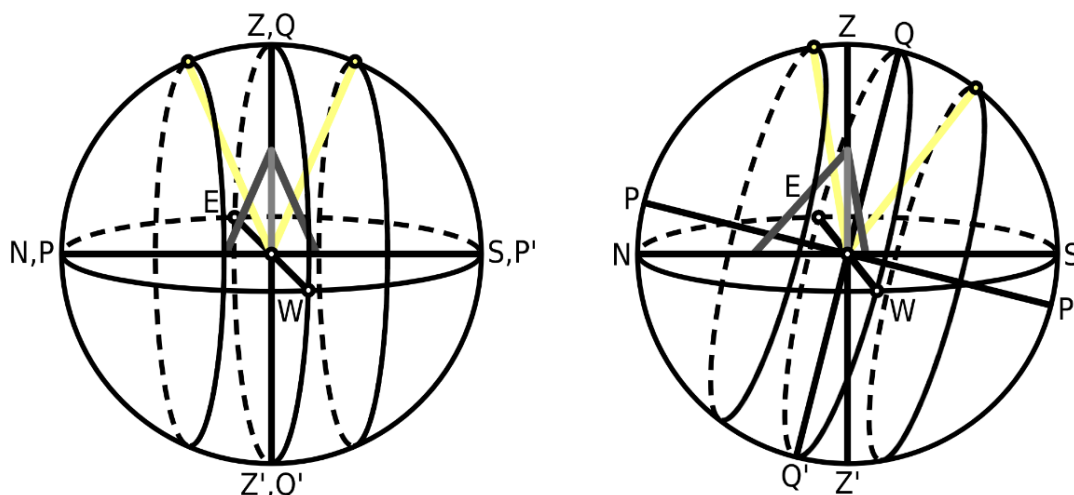
- 1 – зимнее солнцестояние,
- 2 – весеннее равноденствие, осеннее равноденствие,
- 3 – летнее солнцестояние.

В северном полушарии в день зимнего солнцестояния Солнце проходит верхнюю кульминацию к югу от зенита, соответственно, тень будет отброшена в направлении севера (d – север). Остальные стороны света получаем по часовой стрелке:

- d – север (N, North),
- b – восток (E, East),
- a – юг (S, South),
- c – запад (W, West).

На рисунках ниже показана небесная сфера, а также отбрасывающая тень палочка на экваторе (левый рисунок) и при переходе в северное полушарие (правый рисунок). Тень образует угол с математическим горизонтом равный высоте Солнца (т. к. Солнце очень далеко и его лучи параллельны). На экваторе в дни равноденствий Солнце кульминирует в зените, тени нет. В дни солнцестояний высота кульминирующего Солнца наименьшая, а тени

одинаковой наибольшей длины. В летнее солнцестояние склонение Солнца равно $23^{\circ} 26'$ и оно кульминирует к северу от зенита, а тень падает к югу. В зимнее солнцестояние ситуация зеркальная, склонение равно $-23^{\circ} 26'$, Солнце кульминирует к югу от зенита, а тень падает к северу. При переходе в северное полушарие северный полюс мира поднимается над горизонтом, кульминации Солнца происходят все ближе к точке юга S, а тень удлиняется к точке севера N.



Оценивание:

4 балла – Верно соотнесены изображенные пути тени с днями в году (2 балла), приведены подтверждающие рассуждения либо рисунок (2 балла).

4 балла – Верно определены отмеченные на изображении направления на стороны света (2 балла), приведены подтверждающие рассуждения либо рисунок (2 балла).

3 задание (8 баллов):

Экзопланета Kepler-10 b является железной планетой, так как её плотность составляет 8.8 г/см^3 . Определите, какой она имеет радиус, если её масса равна 4.56 земных масс. К какой планете Солнечной системы размер этой экзопланеты ближе всего?

Справочная информация:

Радиусы планет Солнечной системы:

Планета	Радиус, км
Меркурий	2439.7
Венера	6051.8
Земля	6378.1
Марс	3397.2
Юпитер	71492
Сатурн	60268
Уран	25559
Нептун	24746

Масса Земли - $5.973 \cdot 10^{24}$ кг.

Решение:

Радиус связан с объемом шара как:

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

Задача сводится к применению формулы связи плотности с массой и объемом и правильному использованию единиц измерения:

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

Тогда искомый радиус равен:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}} = 9041 \text{ км} = 1.42 R_{\oplus}$$

В Солнечной системе больше Земли по размеру планета Нептун с ее радиусом в 24746 км. Таким образом, радиус Kepler-10 b в 2.7 раза меньше его, а значит ближе к земному.

Оценивание:

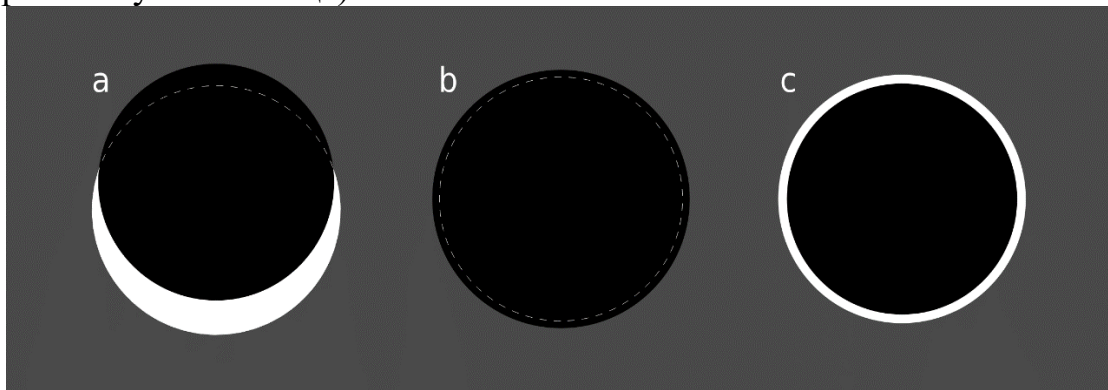
3 балла – Записаны выражения, связывающие радиус с массой и плотностью.

3 балла – Вычислен радиус Kepler-10 b.

2 балла – Сделан вывод о том, что наиболее близкая к Kepler-10 b по размеру планета Солнечной системы – Земля.

4 задание (8 баллов):

Определите, каким типам соответствуют изображения трех разных солнечных затмений (каждое из них соответствует моменту максимального перекрытия Луной Солнца):



Белым цветом на изображении показан солнечный диск, чёрным-лунный. Пунктиром отмечена скрытая часть диска.

Изобразите Солнце и Луну и покажите, где относительно отбрасываемой Луной тени и полутени находится Земля для каждого из приведенных затмений.

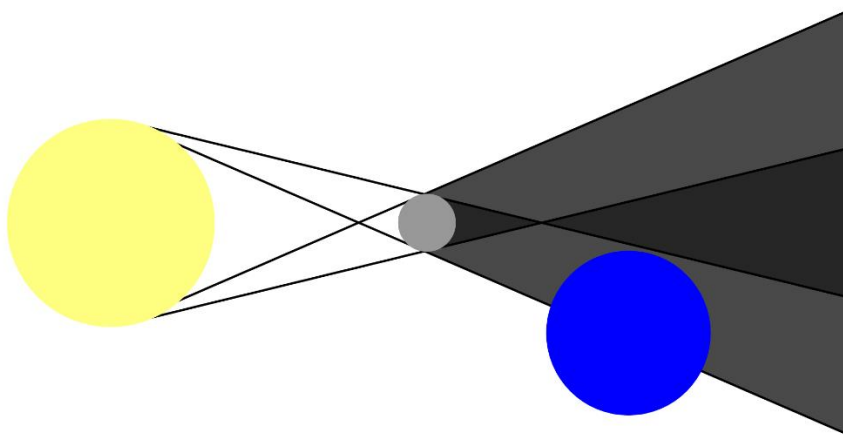
Решение:

Изображения соответствуют следующим затмениям:

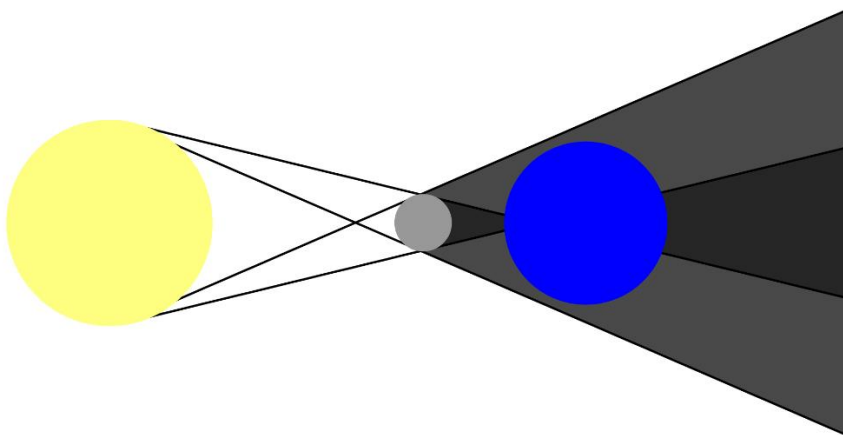
- Частное
- Полное
- Кольцеобразное

По условию на изображениях показаны моменты максимального

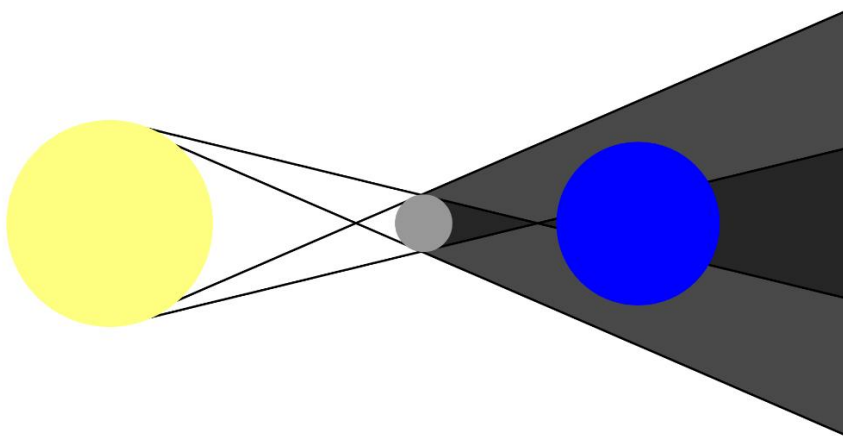
перекрытия Луной Солнца, поэтому в случае а) Земля попадает лишь в область отбрасываемой Луной полутени:



Полное солнечное затмение б) происходит, когда Земля попадает в область отбрасываемой Луной тени, туда не попадает свет ни от каких частей Солнца:



Кольцеобразное солнечное затмение с) возникает, когда центральные части солнечного и лунного дисков совпадают на луче зрения, но угловой размер Луны оказывается меньше углового размера Солнца. В результате с края солнечного диска свет попадает к наблюдателю. Земля находится в таком случае дальше области отбрасываемой Луной тени, в так называемой антитени.



Оценивание:

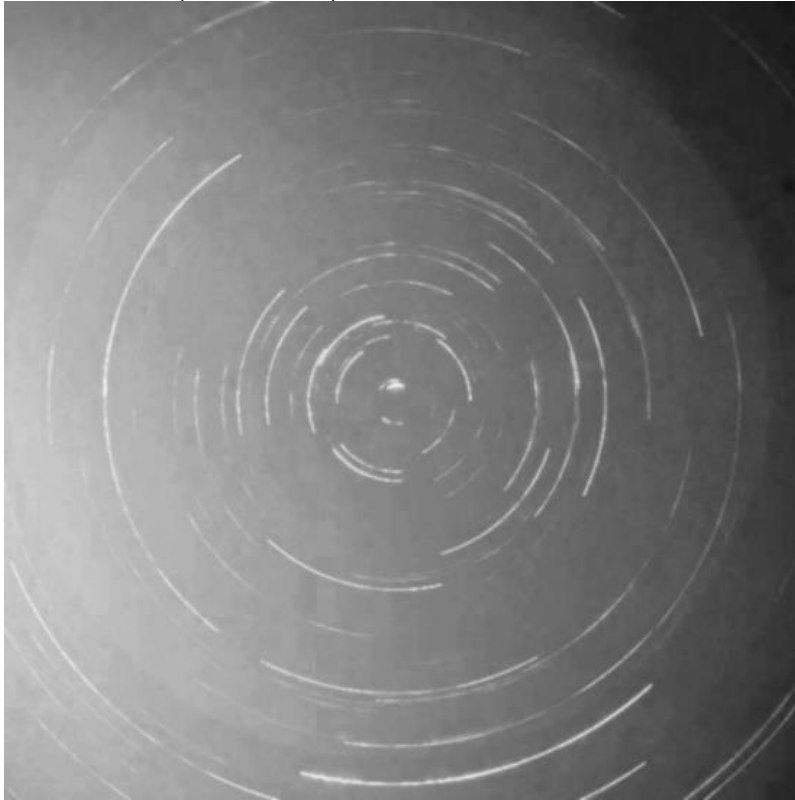
3 балла – За каждый верно определенный тип солнечного затмения на изображении по баллу.

1 балл – Верно изображена конфигурация Солнце-Луна-Земля, то есть не перепутаны солнечное и лунное затмения.

1 балл – Верно построены отбрасываемые тень и полутень.

3 балла – За каждую правильно нарисованную схему приведенных затмений по баллу.

5 задание (8 баллов):

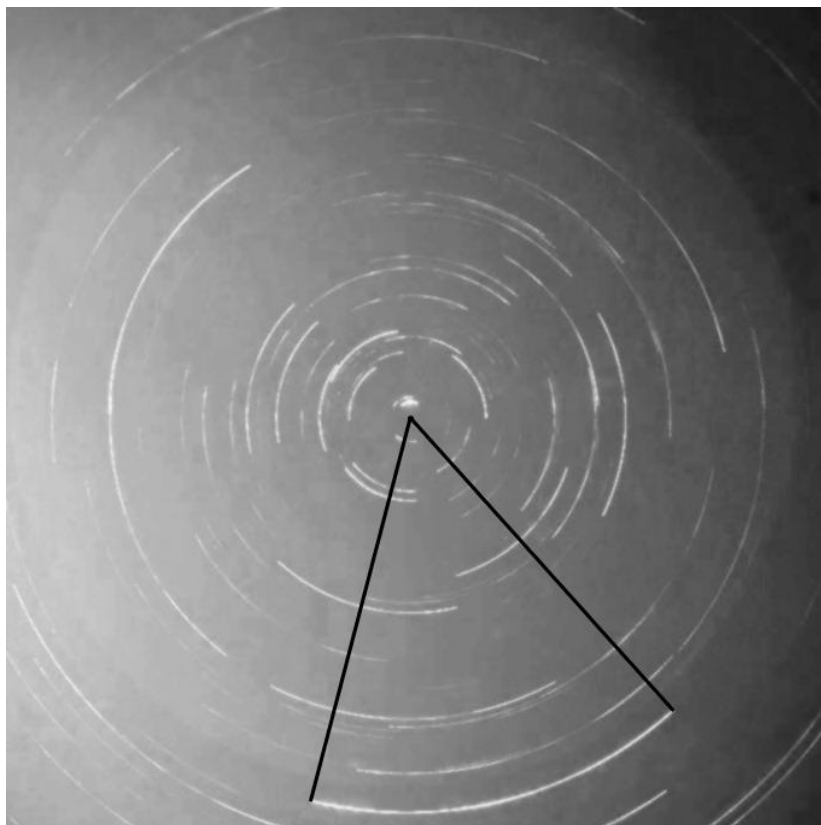


Звёздные треки формируются в результате продолжительной съемки ночного неба. Определите, в течение какого времени были получены звёздные треки на представленном изображении.

Справочная информация:

Звёздные сутки – $23^h 56^m 04^s$

Решение:



Звёздные треки получаются в процессе того, как звёзды описывают дуги вокруг полюса мира из-за вращения Земли вокруг своей оси. Полный оборот на 360° они совершают за звёздные сутки. Для того, чтобы определить по величине дуг, в течение какого времени были получены звёздные треки на изображении, сначала необходимо приблизительно определить положение полюса мира на глаз или при помощи циркуля. Затем при помощи транспортира следует измерить величину очерченной дуги для некоторой звезды. Выбирать лучше дуги звёзд, которые не сливаются, явно являются обособленными, а также принадлежат достаточно ярким звёздам, чтобы быть непрерывными (слабее подверженными изменчивости земной атмосферы). Получив значение описываемых дуг $\alpha = 57^\circ$, решая пропорцию, определяем, какому интервалу времени оно соответствует:

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{t}{23^h 56^m 04^s}$$

Вычисляем время съемки звёздных треков $t = 3^h 47^m$.

Хотя по смыслу верно использовать продолжительность звёздных суток, можно взять для расчетов солнечные сутки (24^h), так как процесс определения положения полюса мира, а также измерения дуги транспортиром происходит с меньшей точностью.

Оценивание:

4 балла – Продемонстрировано понимание связи градусной меры описываемых звёздами дуг с интервалом времени, в течение которого это происходит.

4 балла – Определено время съемки звёздных треков с точностью $\pm 40^m$. Если с точностью $\pm 80^m$, то 2 балла.