

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2023-2024 уч. год.

Муниципальный этап. Калужская область

10 класс

Возможные решения и критерии оценки

1. «Подвижная карта звёздного неба» 10 Ответы.

1) Лебедь. В зените на данной широте местности бывают созвездия, которые занимают участки неба со склонением, равным широте местности. В Калуге широта местности приблизительно $54,5^\circ$. Положение окружности с таким склонением можно приблизительно определить по карте, ориентируясь на окружности 60° и 30° . Когда созвездие находится в зените, оно пересекает небесный меридиан на участке к югу от северного полюса мира. Искомое созвездие находим, располагая накладной круг, совмещая 00-00 с 1 августа, и выясняя, какое созвездие включает в себя точку пересечения линии Полярная – Юг и окружности со склонением $54,5$.

2) Кит – эти созвездия располагаются возле точки В (восток) и частично ещё закрыты накладным кругом.

3) о Большой Медведицы, эта звезда при таком положении накладного круга оказывается на линии Полярная – Север.

4) прямое восхождение равно приблизительно $8^h 40^m$, склонение равно приблизительно 20° . Положение Солнца находим по точке пересечения линии эклиптики с прямой, соединяющей Северный полюс мира с датой 1 августа на внешней окружности, эта же прямая указывает на значение прямого восхождения, написанного на внутренней стороне круга с датами. Склонение определяем согласно масштабу, учитывая, что Солнце оказывается между кругами склонения в 20° и 30°

1. «Подвижная карта звёздного неба» 10 Рекомендуемые критерии оценки

За каждый правильный ответ ставить по 2 балла

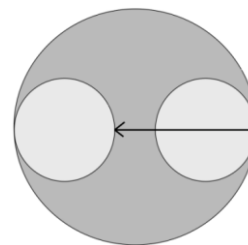
Примечание. Следует признавать верными числовые значения, которые отличаются от указанных в решении не более, чем на 5° по склонению или по высоте местности, и на 10 мин по азимуту и прямому восхождению.

2. «Максимальная фаза» 10 Возможное решение:

Для земного наблюдателя Луна делает полный оборот в 360° по небесной сфере за 30 дней. Следовательно, Луна движется относительно Земли со скоростью $360^\circ/30 = 12^\circ/\text{сутки}$, или $0,5^\circ/\text{час}$ (1).

Максимальный путь Луны полностью внутри земной тени составляет $2,6 \times 0,5^\circ - 0,5^\circ = 1,3^\circ - 0,5^\circ = 0,8^\circ$ (2).

Путь в $0,8^\circ$ Луна пройдет за $0,8^\circ/(0,5^\circ/\text{час}) = 1,6$ часа. Или 1 ч. 36 мин



(3).

2. «Максимальная фаза» 10 (8 баллов) Рекомендуемые критерии оценки

Утверждения (1) и (2) по 3 балла, Утверждение (3) 2 балла

3. «Белка и Стрелка» 10. Возможное решение:

Ответ на вопрос 1)

Число оборотов спутника вокруг Земли $N = \frac{t}{T}$, t – время всего полёта, выраженное в минутах, T – период обращения. (1)

$$N = \frac{1,09 \cdot 24 \cdot 60 \text{ мин}}{90,72 \text{ мин}} \approx 17$$

Т. е. полных оборотов было совершено 17

(2).

Ответ на вопрос 2)

На корабль действует сила всемирного тяготения равная $F = G \frac{m \cdot M}{(R+h)^2}$,

где m – масса спутника, M – масса Земли, R – радиус Земли, h – высота орбиты спутника над Землёй (3).

Если считать орбиту круговой, то сила всемирного тяготения будет сообщать кораблю только центростремительное ускорение $F = m \cdot a$, $a = \frac{v^2}{R+h} = \frac{4\pi^2 \cdot (R+h)}{T^2}$, т. к. $v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$, где T – период обращения корабля (4).

$$\text{Тогда } G \frac{m \cdot M}{(R+h)^2} = \frac{m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot (R+h)}{T^2}, \text{ откуда } h = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2}} - R \quad (5)$$

$$h = \left(\sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot (90,72 \cdot 60)^2}{4 \cdot 3,14^2}} - 6370000 \right) \text{ м} \approx 330 \text{ км} \quad (6).$$

3. «Белка и Стрелка» 10. (8 баллов). Рекомендуемые критерии оценки

Утверждения (1), (2), (3), (6) по 1 баллу, Утверждения (4) и (5) по 2 балла

4. «Яркая комета» 10. Возможное решение:

Ответ на вопрос 1)

Невооружённым глазом комета была не видна, т. к. глаз человека воспринимает объекты до 6^m , а звездная величина кометы $9,6^m$, что слабее предела восприятия (1).

Ответ на вопрос 2).

Высота верхней кульминации объекта при условии, что склонение светила δ меньше географической широты φ места наблюдения, рассчитывается по формуле:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta, \text{ где } \varphi - \text{широта места наблюдения, } \delta - \text{склонение объекта} \quad (2).$$

Для кометы примерная высота верхней кульминации в Калуге составит

$$h = 90^\circ - 54^\circ 32' + 21^\circ 04' = 56^\circ 32' \quad (3)$$

Ответ на вопрос 3). В созвездии Близнецов (4)

4. «Яркая комета» 10. (8 баллов). Рекомендуемые критерии оценки

За каждое утверждение (1) – (4) добавлять по 2 балла

5. «Размеры Солнечной системы» 10. Возможное решение:

Используя формулу закона всемирного тяготения следует записать силы, действующие на воображаемый объект A , находящийся между Солнцем и α Центавра:

$$F_{\odot A} = G \frac{m_{\odot} m_A}{r^2} \quad (1), \quad F_{\alpha Cent A} = G \frac{m_{\alpha Cent} m_A}{(L-r)^2} \quad (2),$$

где L – расстояние между Солнцем и α Центавра, r – расстояние от Солнца до аппарата.

Приравнявая эти силы, получаем, квадратное уравнение:

$$\frac{(L-r)^2}{r^2} = \frac{m_{\alpha Cent}}{m_{\odot}} = 2 \quad (3)$$

Решая это уравнение, получаем два корня – один отрицательный, его отбрасываем как не имеющий физического смысла, второй $r = 1,8$ св. года. Таким образом, внутри сферы радиусом 1,8 св. года Солнце полностью гравитационно доминирует в пространстве (4).

Ответ: область радиусом не менее 1,8 св. лет.

5. «Размеры Солнечной системы» 10. (8 баллов). Рекомендуемые критерии оценки

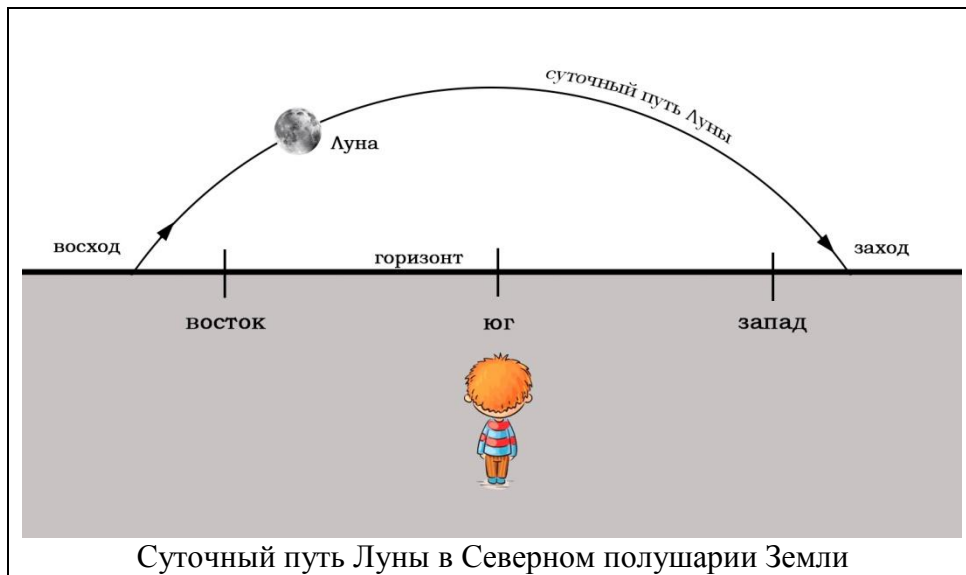
За каждое утверждение (1) – (4) добавлять по 2 балла

6. «Луна над деревьями» 10. Возможное решение:

Ответ на вопрос 1)

Сфотографирован восход Луны (1).

Город Калуга расположен в Северном полушарии Земли, где суточное движение Луны происходит с востока на запад через юг, т. е. её направление движения при взгляде на восток идёт слева снизу на верх вправо. Именно так располагается трек Луны на фотографии. (2)



Ответ на вопрос 2)

На фотографии показано 18 дисков Луны, т. е. было сделано 18 отдельных снимков. Между последовательными снимками проходит 150 секунд. Интервалов времени между кадрами на 1 меньше, чем число кадров (3).

Получается, что съёмка длилась $17 \cdot 150 \text{ с} = 2550 \text{ с} = 42,5 \text{ мин} \approx 0,71 \text{ часа}$ (4).

За время съёмки Луна прошла угловое расстояние в 18 своих диаметров, т. е. сдвинулась на $18 \cdot 33,65' = 605,7' \approx 10,1^\circ$ (5).

Значит, угловая скорость Луны $10,1^\circ / 0,71 \text{ часа} \approx 14,2^\circ / \text{час}$ (6).

6. «Луна над деревьями» 10. (8 баллов). Рекомендуемые критерии оценки

За утверждения (1) и (2) добавлять по 2 балла

Возможное решение:

За утверждения (3) - (6) добавлять по 1 баллу