

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИИ 2024-2025 УЧ. ГОД
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
11 КЛАСС

1. «*Экзотика Солнечной системы II*» (8 баллов). Как называется объект их пояса астероидов, который теперь не относят к этому классу небесных тел, а считают «одноклассником» Плутона?

1. «*Экзотика Солнечной системы II*» (8 баллов). **Ответ:** Церера. **Критерии оценки:** За правильный ответ ставить 8 баллов. За неправильный ответ, но правильно названный любой объект Солнечной системы ставить 1 балл.

2. «*Подвижная карта звёздного неба II*» (8 баллов). С помощью подвижной карты звёздного неба определите, на какой наибольшей высоте можно 20 мая наблюдать звезду β Льва, из местности с координатами (широта $\varphi = 25^\circ$, долгота $\lambda = 185^\circ$). На какой наибольшей высоте будет наблюдаться в этот день Солнце в этой же местности? Обязательно поясните, как Вы смогли это определить с помощью подвижной карты, в том числе с помощью рисунка небесной сферы.

2. «*Подвижная карта звёздного неба II*»

Возможное решение: **Ответ 1:** $h = 80^\circ$.

Пояснение 1: На подвижной карте находим звезду β Льва. Видим, что она расположена почти посередине между кругами склонения 30° и 0° . Будем считать, что склонение этой звезды равно $\delta = 15^\circ$. Делаем рисунок небесной сферы. По рисунку видим, что имеет место соотношение между углами $|h| - |\delta| + |\varphi| + 90^\circ = 180^\circ$.

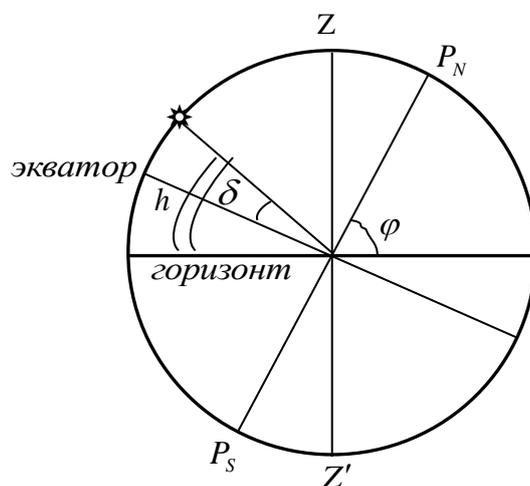
Откуда $|h| = 90^\circ + |\delta| - |\varphi|$

Подставим числа, получаем $|h| = 80^\circ$, $h = 80^\circ$

Ответ 2: $h = 85^\circ$. **Пояснение 2:** На подвижной карте находим линию, соединяющую Полярную звезду (Северный полюс мира) с датой 20 мая.

Находим пересечение этой линии с линией эклиптики. В этом месте в этот день (приблизительно) находится Солнце. Видим, что оно расположено между кругами склонения 30° и 0° , но приблизительно в два раза ближе к кругу 30° . Будем считать, что склонение Солнца в этот день равно $\delta = 20^\circ$.

Опираясь на рисунок к ответу по высоте звезды β Льва. Приходим к выводу, что наибольшая высота Солнца над горизонтом будет приблизительно равна $h = 85^\circ$



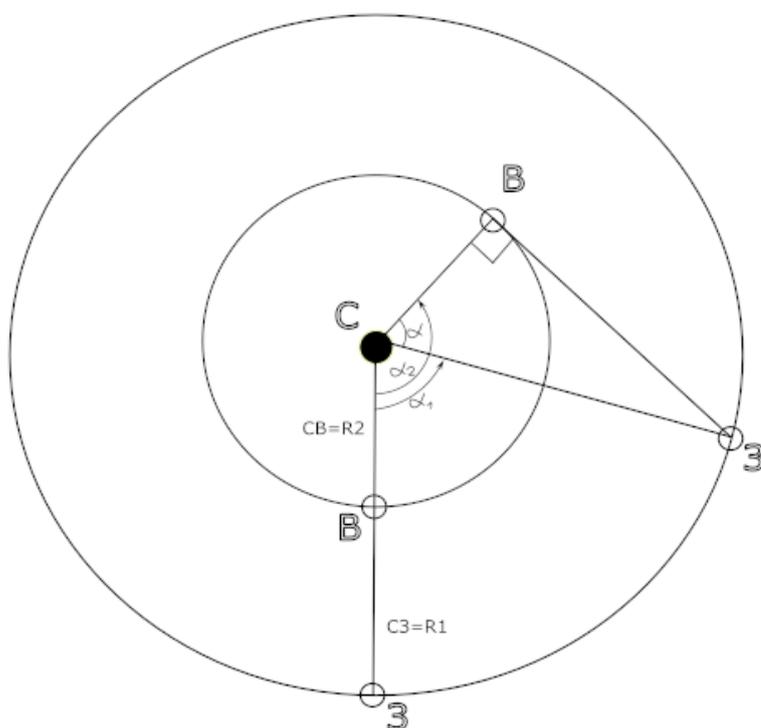
Критерии оценки:

1. Если найдено склонение звезды β Льва в интервале от 13° до 17° и дано понятное объяснение, то ставить 2 балла. Если объяснение есть, но с некоторыми существенными недостатками, то ставить 1 балл. Если объяснения нет, то баллы не ставить.
2. Если найдено склонение Солнца в интервале от 17° до 23° и дано понятное объяснение, то ставить 1 балл. Если объяснение есть, но с некоторыми существенными недостатками, то баллы не ставить.
3. Если сделан правильный рисунок небесной сферы без указания положения звезды (Солнца), то ставить 1 балл.
4. Если правильно указано положение звезды (Солнца) на небесной сфере, то ставить 1 балл
5. Если правильно записано соотношение между высотой склонением и широтой местности, то ставить 1 балл.

6. Если дан правильный ответ для высоты звезды, то ставить 1 балл
 7. Если дан правильный ответ для высоты Солнца, то ставить 1 балл

3. «Элонгация Венеры II» (8 баллов). Изобразите Солнце, Землю и Венеру в момент нижнего соединения Венеры. Изобразите Солнце, Землю и Венеру в момент западной элонгации Венеры. Через какое время после нижнего соединения Венеры наступит момент её западной элонгации? Орбиты Земли и Венеры считать круговыми. Скорость Венеры 35 км/с, радиус орбиты 108 млн км, скорость Земли 30 км/с, радиус орбиты 152 млн км. Учтите, что если смотреть со стороны Северного полюса мира на Солнечную систему, то планеты движутся против часовой стрелки.

3. «Элонгация Венеры II»



Ответ: через 71 день.

Возможное решение:

Пусть R_1 – радиус орбиты Земли,

R_2 – радиус орбиты Венеры, тогда

$$\cos \alpha = \frac{R_2}{R_1},$$

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\alpha_1 = \omega_1 t,$$

$$\alpha_2 = \omega_2 t$$

$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v_1},$$

$$T_2 = 2\pi R_2 / v_2$$

$$\omega_1 = 2\pi / T_1 = v_1 / R_1, \quad \omega_2 =$$

$$2\pi / T_2 = v_2 / R_2$$

$$\alpha = t(\omega_2 - \omega_1) = t \frac{v_2 R_1 - v_1 R_2}{R_2 R_1}$$

$$t = \frac{v_2 R_1 - v_1 R_2}{R_2 R_1} \arccos(R_2 / R_1)$$

Подставляя значения, получаем 71 день.

Критерии оценки:

Если на рисунке показано, что Венера в момент нижнего соединения находится между Землёй и Солнцем, то ставить 2 балла; если Венера изображена в момент верхнего соединения, то ставить 1 балл

Если на рисунке правильно показана Венера в западной элонгации, то ставить 2 балла; если Венера изображена в восточной элонгации, то ставить 1 балл.

Если найден угол $\cos \alpha$, то ставить 1 балл.

Если найдено соотношение $\alpha = t(\omega_2 - \omega_1)$, то ставить 1 балл

Если учтено соотношение $\omega_1 = 2\pi / T_1 = v_1 / R_1$, то ставить 1 балл

Если получен ответ 71 день, то ставить 1 балл.

4. «*К Венере 11*». Инженеры планируют запустить аппарат для исследования Венеры и их задача выбрать время суток, когда скорость аппарата относительно Солнца будет минимальная. **Вопрос 1.** В какое время нужно производить старт? Если смотреть на земную орбиту со стороны северного полушария, то Земля вращается вокруг Солнца против часовой стрелки. **Вопрос 2.** На сколько за счёт этого удастся снизить скорость относительно средней скорости Земли по орбите, если старт будет производиться с космодрома Восточный 52° с.ш. Радиус Земли 6371 км.

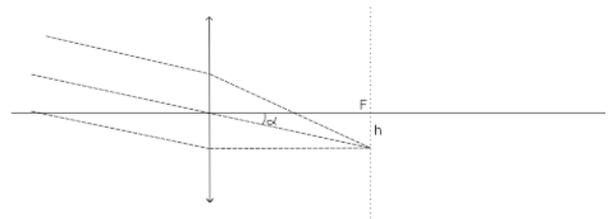
4. «*К Венере 11*». **Ответ на вопрос 1:** В полдень. **Пояснение:** Если Солнце восходит на востоке и, проходя через точку юга, заходит на западе, то значит, вокруг своей оси Земля вращается против часовой стрелки, если смотреть с Северного полушария. Таким образом, сторона Земли, обращенная к Солнцу, движется против движения по орбите, а максимальная обратная скорость достигается в полдень. **Ответ на вопрос 2:** Снизить скорость аппарата получится на 0,29 км/с при старте в полдень с Восточного. **Пояснение:** Расстояние до оси вращения Земли от Восточного $6371 \cdot \cos(52^\circ) = 3922$ км. (1)
 Длина окружности движения Восточного вокруг оси Земли равна $2 \cdot 3,1415 \cdot 3922 = 24644$ км. (2)
 Скорость суточного движения космодрома вокруг оси Земли равна $24644 \text{ км} / 86400 \text{ с} = 0,285 \text{ км/с}$. (3)

Критерии оценки:

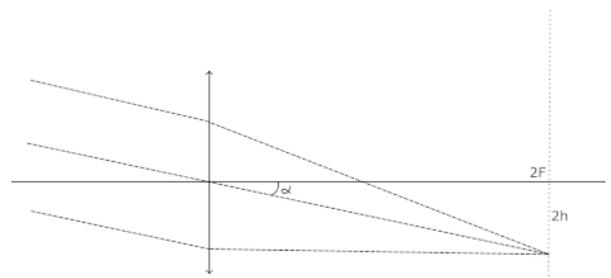
- Если дан правильный ответ на вопрос 1, то ставить 1 балл.
- Если дано пояснение к правильному ответу, то ставить 3 балла.
- Если дан неправильный ответ на вопрос 1, но дано относительно разумное объяснение, то ставить 1 балл
- Если дан правильный ответ на вопрос 2, то ставить 1 балл.
- Если найдено соотношение (1) , то ставить 1 балл.
- Если найдено соотношение (2) , то ставить 1 балл.
- Если найдено соотношение (3) , то ставить 1 балл.

5. «*Фото Луны 11*». У любителя астрономии есть два телескопа: маленький диаметром 110 мм с фокусным расстоянием 850 мм, и большой диаметром 220 мм с фокусным расстоянием 1700 мм. Любитель фотографирует сначала Луну на фотоаппарат через маленький телескоп, а затем на этот же фотоаппарат через большой. Во сколько раз нужно изменить выдержку на фотоаппарате (время прохождения света через объектив фотоаппарата), чтобы яркость Луны на снимке получилась одинаковая.

5. «*Фото Луны 11*». **Ответ:** Выдержку следует оставить прежней. **Возможное решение и критерии оценки:** Луну можно считать бесконечно удалённым объектом по сравнению с размерами телескопа и параметрами линз или зеркал. Следовательно, лучи от Луны сходятся точно в фокальной плоскости (2 балла).



Несложное геометрическое построение показывает, что при увеличении фокуса в 2 раза и линейный размер изображения в фокальной плоскости увеличится в 2 раза (2 балла).



Если бы телескопы были одинакового диаметра, то яркость Луны уменьшилась в 4 раза (пропорционально площади изображения) (2 балла).

А т.к. большой телескоп имеет диаметр в два раза больше чем, маленький, т.е. собирает света в 4-е раза больше, то яркость Луны останется прежней (2 балла).

6. «Комета 11». Комета 103P/Hartley в перигелии своей орбиты приближается к Солнцу на 1 а.е., а в афелии удаляется от него на 6 а.е. После последнего приближения кометы к Солнцу в 2023 году, её масса оценивалась в 300 млн тонн. Оцените, сколько ещё примерно лет комета будет существовать, если при каждом приближении к Солнцу она теряет около 2,5 млн тонн вещества, образуя яркий хвост. Считайте, что при каждом возвращении кометы к Солнцу происходит одинаковая потеря массы, а орбита кометы почти не меняется.

6. «Комета 11». Возможное решение и критерии оценки:

Комета сможет совершить $300 \text{ млн т} / 2,5 \text{ млн т} = 120$ оборотов

(1 балл).

Найдем большую полуось орбиты кометы $a_k = (1 \text{ а.е.} + 6 \text{ а.е.}) / 2 = 3,5 \text{ а.е.}$

(2 балла).

Из III закона Кеплера $\frac{a_k^3}{T_k^2} = \frac{a_0^3}{T_0^2}$

(2 балла),

где a_k и T_k – большая полуось орбиты и период обращения кометы,

a_0 и T_0 – большая полуось орбиты (1 а.е.) и период обращения Земли (1 год),

определим период обращения кометы $T_k = \sqrt{\frac{a_k^3 \cdot T_0^2}{a_0^3}} = \sqrt{\frac{3,5^3 \cdot 1^2}{1^3}} \approx 6,5 \text{ года}$

(2 балла).

Комета проживёт $120 \cdot 6,5 \text{ года} = 780 \text{ лет}$

(1 балл).