

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

1. «**Экзотика Солнечной системы 10**» (8 баллов). У какой планеты Солнечной системы ось вращения расположена почти в плоскости её обращения вокруг Солнца?

1. «**Экзотика Солнечной системы 10**» (8 баллов). Ответ: Уран. Критерии оценки: За правильный ответ ставить 8 баллов. За неправильный ответ, но правильно названную одна из планет Солнечной системы ставить 1 балл.

2. «**Подвижная карта звёздного неба 10**» (8 баллов). С помощью подвижной карты звёздного неба определите, на какой наибольшей высоте можно 23 сентября наблюдать звезду η Пегаса, из местности с координатами (широта $\varphi = 35^\circ$, долгота $\lambda = 85^\circ$). Обязательно поясните, как Вы смогли это определить с помощью подвижной карты, в том числе с помощью рисунка небесной сферы. На какой наибольшей высоте будет наблюдаться в этот день Солнце в этой же местности? Ответ поясните.

2. «**Подвижная карта звёздного неба 10**»

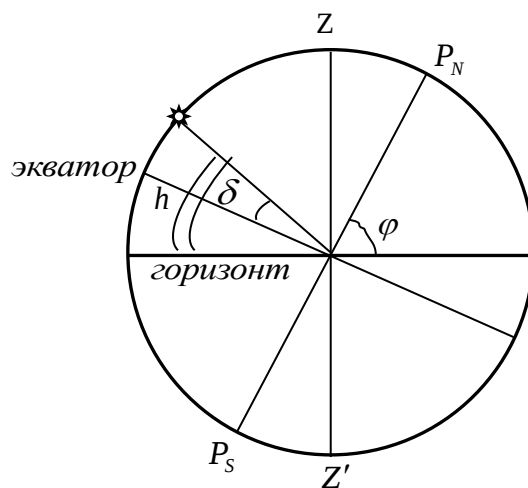
Возможное решение: Ответ 1: $h = 80^\circ$.

Пояснение 1: На подвижной карте находим звезду η Пегаса. Видим, что она расположена практически на круге склонения 30° . Будем считать, что склонение этой звезды равно $\delta = 30^\circ$. 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 $|h| = 85^\circ$, $h = 85^\circ$

Ответ 2: $h = 78,5^\circ$. Пояснение 2: 23 сентября – день равноденствия значит склонение Солнца в этот день равно 0° . Воспользовавшись рисунком к ответу про звезду, находим, что высота Солнца равна $h = 90^\circ - |\varphi|$, $h = 55^\circ$



Критерии оценки

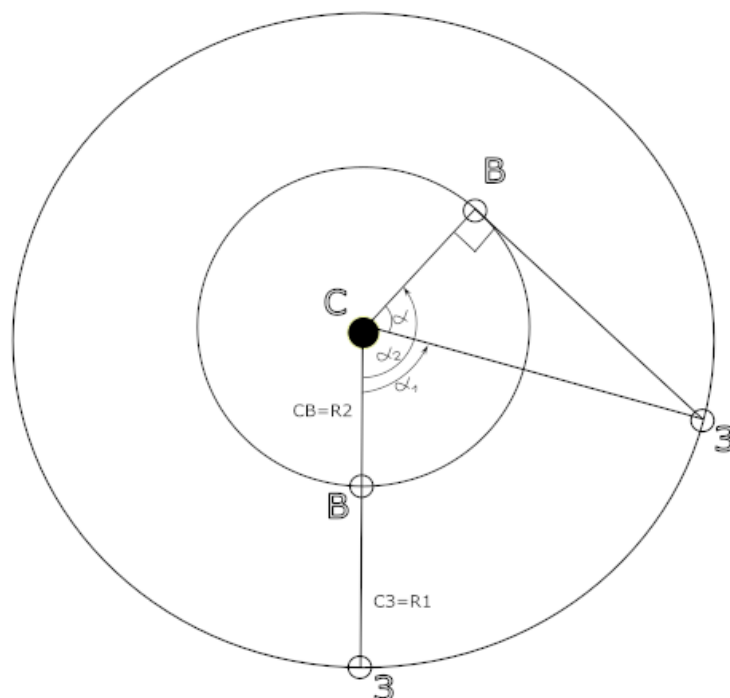
1. Если найдено склонение звезды η Пегаса в интервале от 28° до 32° и дано понятное объяснение, то ставить 2 балла. Если объяснение есть, но с некоторыми существенными недостатками, то ставить 1 балл. Если объяснения нет, то баллы не ставить.
2. Если найдено склонение Солнца и дано понятное объяснение, то ставить 1 балл. Если объяснения нет, 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 10**» (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 10» (8 баллов). Ответ: через 71 день.

Возможное решение:



Пусть R_1 – радиус орбиты Земли, R_2 – радиус орбиты Венеры, тогда $\cos \alpha = \frac{R_2}{R_1}$,

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

$$\alpha_1 = \omega_1 t,$$

$$\alpha_2 = \omega_2 t$$

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

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

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

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

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

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

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. «Энергия Солнца 10» (8 баллов).. Солнечная постоянная на орбите Земли составляет 1360 Вт/м^2 – это суммарная энергия солнечного излучения, падающая на площадку в 1 м^2 , перпендикулярную солнечным лучам, за 1 с на расстоянии от Солнца в 1 а.е. Представим, что около Земли развернули панель, площадью с Калужскую область, перпендикулярную солнечным лучам, полностью поглощающую солнечную энергию. Если всю собранную энергию сообщать воде, то сколько времени потребовалось бы, чтобы нагреть и полностью испарить объём воды равный водному запасу озера Байкал? Тепловых потерь нет. Справочные сведения: Площадь Калужской области $29\,777 \text{ км}^2$, Объём воды в озере Байкал $23\,600 \text{ км}^3$, Средняя температура воды в озере Байкал $+10^\circ\text{C}$, Плотность воды 1000 кг/м^3 , Удельная теплоёмкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, Удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

4. «Энергия Солнца 10» (8 баллов). Возможное решение и критерии оценки:

Энергия E , собираемая панелью равна $E = P \cdot S \cdot \tau$, где P – солнечная постоянная, S – площадь панели, τ – время (2 балла).

Количество теплоты Q , необходимое для нагрева и испарения воды составляет

$Q = cm\Delta t + \lambda m$, где m – масса воды, c – удельная теплоёмкость воды, λ – удельная теплота парообразования воды, Δt – разница температур (2 балла).

Масса воды $m = \rho V$ (1 балл).

Всю энергию сообщаем воде, потерь нет, следовательно

$$P \cdot S \cdot \tau = cm\Delta t + \lambda m, \quad (1 \text{ балл})$$

$$\text{откуда } \tau = \frac{cm\Delta t + \lambda m}{P \cdot S} = \frac{m(c\Delta t + \lambda)}{P \cdot S} = \frac{\rho V(c\Delta t + \lambda)}{P \cdot S} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\tau = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 23,6 \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \cdot \left(4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) + 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)}{1360 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot 29,777 \cdot 10^9 \text{ м}^2}$$

$$\tau \approx 1,56 \cdot 10^9 \text{ с} \approx 49,5 \text{ лет} \quad (1 \text{ балл})$$

5. «Луна и Солнце в день равноденствия 10» (8 баллов). В 2019 году в течение одних суток наступило и весеннее равноденствие и полнолуние. Солнце зашло в этот день в Калуге в 18.42. Во сколько приблизительно вошло Солнце в этот день. Во сколько в этот день вошла Луна? Приблизительно сколько времени можно было наблюдать ночью Луну в этот день?

5. «Луна и Солнце в день равноденствия 10» (8 баллов). Возможное решение и критерии оценки. В день равноденствия интервал времени между восходом и заходом Солнца равен приблизительно 12 часов, следовательно, Солнце вошло в 6.42. (2 балла). Луна в полнолуние находится в противоположной стороне от Солнца на небе (2 балла). При этом угол отклонения орбиты Луны от плоскости эклиптики небольшой (5 градусов) (1 балл, про 5 градусов могут не говорить). Значит, Луна восходит приблизительно в 18.42 (1 балла). И видна в течение 12 часов на небе, (2 балла).

6. «Комета 10». 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 10». Возможное решение и критерии оценки:

Комета сможет совершить 300 млн т/2,5 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).