

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

10 класс

Краткие решения

ВАРИАНТ 1

Максимальное количество баллов – 48.

Задача 1.

Комета C/2023A3 Цзыцзиньшань-Атлас (Tsuchinshan–ATLAS) прошла перигелий 27 сентября 2024 года на расстоянии 0.39 а.е. от Солнца, при этом максимального видимого блеска она достигла лишь 9 октября (хотя её наземные наблюдения в эти дни были осложнены угловой близостью к Солнцу, но с борта космических телескопов она отлично наблюдалась). Из-за чего максимум блеска запоздал относительно момента перигелия кометы?.

Решение: Видимый блеск кометы зависит не только от её расстояния до Солнца, но и от её расстояния до Земли (6 баллов). На минимальное расстояние к Земле комета приблизилась как раз 9 октября, поэтому и яркость её тогда была максимальной (2 балла вывод).

Задача 2.

Рисунок 1. Фото Луны вблизи «микролуния» и «суперлуния» (негативное изображение).



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Вам предложено два снимка Луны, сделанные вблизи «микролуния» 25.02.2024 и «суперлуния» 18.08.2024 на обычный фотоаппарат с помощью объектива с фокусным расстоянием 500мм. Определите эксцентриситет орбиты Луны.

Примечание: Хотя официальных терминов «микролуние» и «суперлуние» нет, так в прессе называют полнолуния, когда Луна, за счёт эллиптичности орбиты, имеет минимальный и максимальный размеры, соответственно.

Решение: Прежде всего, ученик должен догадаться, что «микролуние» соответствует полнолунию вблизи апогея, а «суперлуние» - вблизи перигея луны (2 балла). Обозначим через Q – апогейное расстояние, q – перигейное; через D - видимый угловой диаметр в «суперлуние», d – оный в «микролуние».

Угловой размер Луны обратно пропорционален расстоянию до неё, $D=l/q$, $d=l/Q$ (1 балл). Тогда соотношение для эксцентриситета $e=(Q-q)/(Q+q)$ эквивалентно $e=(D-d)/(D+d)$ (3 балла). Этот факт участник может либо знать, либо вывести на месте.

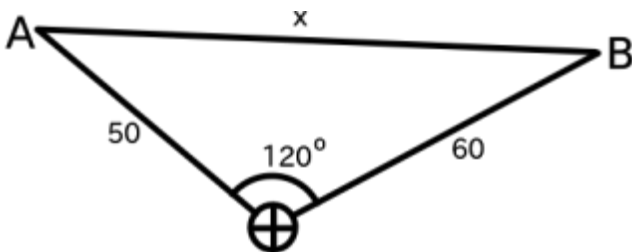
Измеряя (любым способом) диаметр Луны на изображении, получим $e=0.05$, что весьма близко к реальности. Верным можно считать ответ от 0.04 до 0.06 (2 балла за ответ в этом диапазоне). Если ответ не укладывается в диапазон, но логика решения верна, задачу следует оценить не выше, чем в 6 баллов).

При этом, как видно, знание абсолютного значения диаметра Луны l для решения не требуется.

Задача 3.

Наблюдатель с Земли следит за двумя звездами. Расстояние до звезды А - 50 световых лет, а расстояние до звезды В - 60 световых лет. Угол между звездой А, Землей и звездой В равен 120° . Найти линейное расстояние между звездами А и В.

Решение:



Линейное расстояние между звездами А и В можно найти по теореме косинусов, как третью сторону треугольника.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \alpha},$$

где a и b - известные расстояния до звезд (стороны треугольника); α - угол между ними (4 балла).

Тогда, подставив все данные в формулу, получим:

$$c = \sqrt{50^2 + 60^2 - 2 \cdot 50 \cdot 60 \cdot \cos 120^\circ} = \sqrt{9100} = 95.4 \text{ световых лет (4 балла вычисления).}$$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Задача 4.

Наблюдатель, находясь на экваторе Земли, продолжает следить за двумя звездами из задачи 3. При этом звезда А имеет экваториальные координаты $\alpha_1=01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_1=60^\circ$, а звезда Б $\alpha_2=01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_2=-60^\circ$. Звезда А взошла в 3^{h} местного среднего солнечного времени. Во сколько в те же сутки взойдет звезда Б?

Решение: Поскольку на экваторе Земли все звёзды, находящиеся на одном круге склонений (т.е. имеющие равные прямые восхождения) восходят одновременно, то звезда Б так же взойдет в 3^{h} (8 баллов за любые верные рассуждения).

Для иллюстрации этого факта можно вспомнить, что при наблюдении на экваторе Земли небесный экватор является первым вертикалом и перпендикулярен мат. горизонту.

Задача 5.

Возьмем 3 Солнца, соединим их в один объект и получим белую звезду с температурой фотосферы $10\,000\text{K}$ и средней плотностью 0.5 г/см^3 . Вычислите радиус белой звезды. Определите светимость полученной звезды в светимостях Солнца.

Решение: Плотность звезды

$$\rho = M/((4/3)\pi R^3), \text{ (2 балла)}$$

откуда

$$R = [M/((4/3)\pi\rho)]^{1/3} = [3 \cdot 2 \cdot 10^{33} / ((4/3) \cdot 3.14 \cdot 0.5)]^{1/3} = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ см, (2 балла)}$$

что составляет $3R_\odot$.

Вычислим светимость звезды: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4 = (R/R_\odot)^2 (T/T_\odot)^4 = 9 \cdot 7.7 = 69 L_\odot$. (4 балла)

Задача 6.

Одна компонента двойной звезды имеет яркость 5^{m} , а вторая 7^{m} . Во сколько раз суммарный блеск двойной звезды ярче второй компоненты?

Решение: Примем освещенность E , создаваемую слабой компонентой за единицу. Тогда яркая компонента будет давать освещенность в $(2.512)^2$ раза больше – $6.31E$. (4 балла) Суммарная освещенность $7.31 E$, т.е. суммарный блеск двойной в 7.31 раза больше блеска слабой компоненты. (4 балла)

Справочные данные:

$1\text{a.e.} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ км}$; $1\text{пк} = 206265 \text{ a.e.}$;
Масса Солнца $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$, Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, Марса $6 \cdot 10^{23} \text{ кг}$ Луны $7 \cdot 10^{22} \text{ кг}$;
Радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5 \text{ км}$.
Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н*м}^2/\text{кг}^2$;
Скорость света $3 \cdot 10^5 \text{ (км/с)}$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

10 класс

Краткие решения

ВАРИАНТ 2

Максимальное количество баллов – 48.

Задача 1.

Рисунок 1. Фото Луны вблизи «микролуния» и «суперлуния» (негативное изображение).



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Вам предложено два снимка Луны, сделанные вблизи «микролуния» 25.02.2024 и «суперлуния» 18.08.2024 на обычный фотоаппарат с помощью объектива с фокусным расстоянием 500мм. Определите эксцентриситет орбиты Луны.

Примечание: Хотя официальных терминов «микролуние» и «суперлуние» нет, так в прессе называют полнолуния, когда Луна, за счёт эллиптичности орбиты, имеет минимальный и максимальный размеры, соответственно.

Решение: Прежде всего, ученик должен догадаться, что «микролуние» соответствует полнолунию вблизи апогея, а «суперлуние» - вблизи перигея луны (2 балла). Обозначим через Q – апогейное расстояние, q – перигейное; через D - видимый угловой диаметр в «суперлуние», d – оный в «микролуние».

Угловой размер Луны обратно пропорционален расстоянию до неё, $D=l/q$, $d=l/Q$ (1 балл). Тогда соотношение для эксцентриситета $e=(Q-q)/(Q+q)$ эквивалентно $e=(D-d)/(D+d)$ (3 балла). Этот факт участник может либо знать, либо вывести на месте.

Измеряя (любым способом) диаметр Луны на изображении, получим $e=0.05$, что весьма близко к реальности. Верным можно считать ответ от 0.04 до 0.06 (2 балла за ответ в этом диапазоне). Если ответ не укладывается в диапазон, но логика решения верна, задачу следует оценить не выше, чем в 6 баллов).

При этом, как видно, знание абсолютного значения диаметра Луны l для решения не требуется.

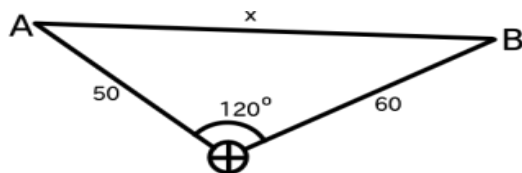
Задача 2.

Комета C/2023A3 Цзыциньшань-Атлас (Tsuchinshan-ATLAS) прошла перигелий 27 сентября 2024 года на расстоянии 0.39 а.е. от Солнца, при этом максимального видимого блеска она достигла лишь 9 октября (хотя её наземные наблюдения в эти дни были осложнены угловой близостью к Солнцу, но с борта космических телескопов она отлично наблюдалась). Из-за чего максимум блеска запаздал относительно момента перигелия кометы?

Решение: Видимый блеск кометы зависит не только от её расстояния до Солнца, но и от её расстояния до Земли (6 баллов). На минимальное расстояние к Земле комета приблизилась как раз 9 октября, поэтому и яркость её тогда была максимальная (2 балла вывод).

Задача 3.

Наблюдатель с Земли следит за двумя звездами. Расстояние до звезды А - 50 световых лет, а расстояние до звезды В - 60 световых лет. Угол между звездой А, Землей и звездой В равен 120° . Найти линейное расстояние между звездами А и В.



Решение:

Линейное расстояние между звездами А и В можно найти по теореме косинусов, как третью сторону треугольника.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \alpha},$$

где a и b - известные расстояния до звезд (стороны треугольника); α - угол между ними (4 балла).

Тогда, подставив все данные в формулу, получим:

$$c = \sqrt{50^2 + 60^2 - 2 \cdot 50 \cdot 60 \cdot \cos 120^\circ} = \sqrt{9100} = 95.4 \text{ световых лет (4 балла вычисления).}$$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Задача 4.

Наблюдатель, находясь на экваторе Земли, продолжает следить за двумя звездами из задачи 3. При этом звезда А имеет экваториальные координаты $\alpha_1=01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_1=60^\circ$, а звезда Б $\alpha_2=01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_2=-60^\circ$. Звезда А взошла в 3^{h} местного среднего солнечного времени. Во сколько в те же сутки взойдёт звезда Б?

Решение: Поскольку на экваторе Земли все звёзды, находящиеся на одном круге склонений (т.е. имеющие равные прямые восхождения) восходят одновременно, то звезда Б так же взойдёт в 3^{h} (8 баллов за любые верные рассуждения).

Для иллюстрации этого факта можно вспомнить, что при наблюдении на экваторе Земли небесный экватор является первым вертикалом и перпендикулярен мат. горизонту.

Задача 5.

Возьмем 3 Солнца, соединим их в один объект и получим белую звезду с температурой фотосферы $10\,000\text{K}$ и средней плотностью 0.5 г/см^3 . Вычислите радиус белой звезды. Определите светимость полученной звезды в светимостях Солнца.

Решение: Плотность звезды

$$\rho = M / \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right), \text{ (2 балла)}$$

откуда

$$R = \left[M / \left(\frac{4}{3} \pi \rho \right) \right]^{1/3} = \left[3 \cdot 2 \cdot 10^{33} / \left(\frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot 0.5 \right) \right]^{1/3} = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ см, (2 балла)}$$

что составляет $3R_\odot$.

Вычислим светимость звезды: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4 = (R/R_\odot)^2 (T/T_\odot)^4 = 9 \cdot 7.7 = 69 L_\odot$. (4 балла)

Задача 6.

Одна компонента двойной звезды имеет яркость 5^{m} , а вторая 7^{m} . Во сколько раз суммарный блеск двойной звезды ярче второй компоненты?

Решение: Примем освещенность E , создаваемую слабой компонентой за единицу. Тогда яркая компонента будет давать освещенность в $(2.512)^2$ раза больше – $6.31E$. (4 балла) Суммарная освещенность $7.31E$, т.е. суммарный блеск двойной в 7.31 раза больше блеска слабой компоненты. (4 балла)

Справочные данные:

$1\text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^8\text{ км}$; $1\text{ пк} = 206265\text{ а.е.}$;

Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}\text{ кг}$, Земли $6 \cdot 10^{24}\text{ кг}$, Марса $6 \cdot 10^{23}\text{ кг}$ Луны $7 \cdot 10^{22}\text{ кг}$;

Радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5\text{ км}$.

Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11}\text{ Н*м}^2/\text{кг}^2$;

Скорость света $3 \cdot 10^5\text{ (км/с)}$