

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

9 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 максимальная (2 балла вывод).

Задача 2.

Рисунок 1. Фото Луны вблизи «микронуния» 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.

Для наблюдателя на Земле звезда 1 имеет экваториальные координаты $\alpha_1=01^h00^m$ и $\delta_1=0^\circ$, а звезда 2 $\alpha_2=07^h00^m$ и $\delta_2=0^\circ$. Расстояние до звезды 1 - 30 световых лет, а расстояние до звезды 2 - 40 световых лет. Найдите линейное расстояние между звездами 1 и 2.

Решение: прежде всего заметим, что плоский угол между звёздами для наблюдателя составляет 90° (3 балла), поэтому для решения применима простая теорема Пифагора. Тогда расстояние между звёздами l это гипотенуза прямоугольного треугольника (2 балла пояснение или рисунок). Поэтому $l=\sqrt{30^2+40^2}=50$ св. лет (3 балла верные вычисления).

Задача 4.

Наблюдатель, находясь на экваторе Земли, следит за двумя звёздами. Звезда А имеет экваториальные координаты $\alpha_1=01^h00^m$ и $\delta_1=60^\circ$, а звезда Б $\alpha_2=01^h00^m$ 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.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Задача 5.

Возьмем 3 Солнца, соединим их в один объект и получим белую звезду с температурой фотосферы 10 000К и средней плотностью 0.5 г/см³. 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.

Новая звезда в спокойном состоянии имела блеск 13^m, но во время вспышки увеличила яркость на 3^m. Увидит ли наблюдатель в школьный телескоп диаметром 6см эту звезду во время вспышки?

Решение: Для точечных объектов (коими являются звёзды при наблюдении с малым увеличением) пропускание пропорционально площади собирающей поверхности или квадрату апертуры, $S \sim D^2$, $S_1/S_2 = (D_1/D_2)^2$ (2 балла).

При использовании телескопа выигрыш составит $(60/6)^2 = 100$ раз (1 балл вычисления). 100 раз это 5^m (2 балла) поэтому мы увидим звёзды вплоть до $6+5=11^m$ (1 балл). Яркость новой в момент вспышки $13-3=10^m$ (1 балл), так что при пропускании 11^m это будет доступный для наблюдения объект (1 балл вывод).

Справочные данные:

1а.е.=1.496·10⁸ км; 1пк=206265 а.е;

Масса Солнца 2·10³⁰ кг, Земли 6·10²⁴ кг, Марса 6·10²³ кг Луны 7·10²² кг; Радиус Солнца – 6.96·10⁵ км.

Гравитационная постоянная G=6.67·10⁻¹¹

Н*м²/кг²; Скорость света 3·10⁵(км/с)

Диаметр зрачка человека – 6мм. Предельная звёздная величина, наблюдаемая невооружённым глазом +6^m.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

9 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 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 запаздывает 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.

Для наблюдателя на Земле звезда 1 имеет экваториальные координаты $\alpha_1=01^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_1=0^\circ$, а звезда 2 $\alpha_2=07^{\text{h}}00^{\text{m}}$ и $\delta_2=0^\circ$. Расстояние до звезды 1 - 30 световых лет, а расстояние до звезды 2 - 40 световых лет. Найдите линейное расстояние между звездами 1 и 2.

Решение: прежде всего заметим, что плоский угол между звёздами для наблюдателя составляет 90° (3 балла), поэтому для решения применима простая теорема Пифагора. Тогда расстояние между звёздами l это гипотенуза прямоугольного треугольника (2 балла пояснение или рисунок). Поэтому $l=\sqrt{30^2+40^2}=50$ св. лет (3 балла верные вычисления).

Задача 4.

Наблюдатель, находясь на экваторе Земли, следит за двумя звёздами. 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?

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Краткие решения Муниципальный этап, 2024

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.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Краткие решения Муниципальный этап, 2024

Задача 5.

Возьмем 3 Солнца, соединим их в один объект и получим белую звезду с температурой фотосферы 10 000К и средней плотностью 0.5 г/см³. 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 3R₀.

$$\text{Вычислим светимость звезды: } L = 4\pi R^2 \sigma T^4 = (R/R_0^2)(T/T_0^4) = 9 \cdot 7.7 = 69 L_0. \quad \text{(4 балла)}$$

Задача 6.

Новая звезда в спокойном состоянии имела блеск 13^m, но во время вспышки увеличила яркость на 3^m. Увидит ли наблюдатель в школьный телескоп диаметром 6см эту звезду во время вспышки?

Решение: Для точечных объектов (коими являются звёзды при наблюдении с малым увеличением) проницание пропорционально площади собирающей поверхности или квадрату апертуры, $S \sim D^2$, $S_1/S_2 = (D_1/D_2)^2$ (2 балла).

При использовании телескопа выигрыш составит $(60/6)^2 = 100$ раз (1 балл вычисления). 100 раз это 5^m (2 балла) поэтому мы увидим звёзды вплоть до 6+5=11^m (1 балл). Яркость новой в момент вспышки 13-3=10^m (1 балл), так что при проницании 11^m это будет доступный для наблюдения объект (1 балл вывод).

Справочные данные:

1а.е.=1.496·10⁸ км; 1пк=206265 а.е;

Масса Солнца 2·10³⁰ кг, Земли 6·10²⁴ кг, Марса 6·10²³ кг Луны 7·10²² кг;

Радиус Солнца – 6.96·10⁵ км.

Гравитационная постоянная G=6.67·10⁻¹¹ Н*м²/кг²;

Скорость света 3·10⁵(км/с)

Диаметр зрачка человека – 6мм. Предельная звёздная величина, наблюдаемая невооружённым глазом +6^m.