

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2023–2024 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

10 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
1.	10
2.	10
3.	10
4.	10
5.	10
Итого:	50 баллов

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

10 класс

Общие указания: за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 5–7 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 2–3 балла даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 1–2 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

1. Всегда над головой

Задание

Перечислите 10 созвездий, которые можно увидеть в любой сезон в Красноярске ($\varphi = 56^\circ$ с.ш.).

Решение

В любой сезон в Красноярске ночью можно увидеть незаходящие созвездия. А так как созвездие – это участок небесной сферы в определенных границах, то в Красноярске незаходящими будут околополярные созвездия, южные границы которых имеют склонения $\delta \geq (90^\circ - \varphi) \geq (90^\circ - 56^\circ) \geq 34^\circ$.

Формально под это условие подходят следующие созвездия: Малая Медведица, Кассиопея, Дракон, Цефей, Жираф, Ящерица.

Также можно указать созвездия, яркие звезды которых, образующие их очертания, имеют склонения $\geq 34^\circ$, например: Большая Медведица, Рысь, Малый Лев, Гончие Псы.

Кроме того, участники могут указать созвездия, в которых большая часть ярких звезд являются незаходящими, например: Персей, Возничий, Лира, Андромеда, Лебедь.

Ответ: в любой сезон в Красноярске ночью можно увидеть незаходящие созвездия, такие как: Малая Медведица, Кассиопея, Дракон, Цефей, Жираф, Ящерица, Большая Медведица, Рысь, Персей, Возничий и др.

Критерии оценивания

За каждое верно указанное созвездие – 1 балл, но суммарно не более 10 баллов.

2. Где светлее?

Задание

Оцените, во сколько раз освещенность от Земли на Луне больше, чем освещенность от Луны на Земле, если отражательная способность Земли составляет 0,306, а Луны – 0,067.

Решение

Освещенность I прямо пропорциональна площади отражающей поверхности S и альбедо a . А площадь отражающей поверхности небесного тела пропорциональна квадрату его радиуса. Тогда отношение освещенностей от Земли на Луне и от Луны на Земле:

$$\frac{I_3}{I_L} = \frac{S_3 \cdot a_3}{S_L \cdot a_L} = \frac{R_3^2 \cdot a_3}{R_L^2 \cdot a_L}$$

Взяв из Приложения 1 к заданиям экваториальный радиус Земли и радиус Луны, и подставив альбедо из условия, получим:

$$\frac{I_3}{I_L} = \frac{(6378 \text{ км})^2 \cdot 0,306}{(1738 \text{ км})^2 \cdot 0,067} = 61,5 \approx 60 \text{ раз.}$$

Ответ: примерно в 60 раз.

Критерии оценивания

Понимание от чего зависит освещенность – 4 балла.

Понимание, что площадь пропорциональна квадрату радиуса – 3 балла.

Верное вычисление отношения освещенностей – 3 балла.

Примечание: если участник использует в решении отношение радиусов, а не площадей, итоговая оценка не может превышать 4 балла.

3. Та самая Бетельгейзе

Задание

В конце 2019 года красный сверхгигант Бетельгейзе резко потускнел, но затем в 2020 году его блеск вернулся к первоначальному значению. Как позже выяснили ученые, это произошло из-за того, что звезда выбросила вещество, которое, остыв превратилось в пылевое облако, закрывающее часть звезды. Теперь эта звезда стала почти на 50% ярче, чем обычно. Какую звездную величину сейчас имеет Бетельгейзе, если ее обычная звездная величина в среднем составляет $0,50^m$?

Решение

Воспользуемся формулой Погсона в виде:

$$(m_2 - m_1) = 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2},$$

где I_1 – освещенность, создаваемая одним источником, звездная величина которого равна m_1 , и I_2 – освещенность, создаваемая другим источником, звездная величина которого равна m_2 .

Примем за 100% обычную освещенность, создаваемую Бетельгейзе, и обозначим ее I_2 , тогда возросшая освещенность составит $100\% + 50\% = 150\%$, которую обозначим I_1 .

Теперь, выразив из формулы Погсона звездную величину m_1 , получим:

$$m_1 = m_2 - 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2} = 0,5 - 2,5 \lg \frac{150\%}{100\%} = 0,06^m.$$

Ответ: $0,06^m$.

Критерии оценивания

Знание формулы Погсона – 3 балла.

Запись формулы Погсона в нужном (логарифмированном) виде для нахождения звездной величины – 2 балла.

Верная запись значений освещенностей (участник также может принять обычную освещенность за 1, а возросшую освещенность за 1,5) – 1 балл.

Верное вычисление звездной величины – 3 балла.

Запись ответа с точностью до сотых (так как в условии средняя звездная величина дана с такой точностью) – 1 балл.

4. Противостояния Юпитера

Задание

В 2023 году противостояние Юпитера приходится на 3 ноября. Когда произойдет его следующее противостояние? Можно считать, что орбита Юпитера круговая и в 5,2 раза больше земной. Лучше или хуже он будет виден на небе для наблюдателей из Красноярского края, чем в противостоянии 2023 года? Почему? Сможем ли мы увидеть противостояние этого небесного гиганта в 2025 году?

Решение

По определению, период между двумя последовательными одинаковыми конфигурациями планеты (в данном случае противостояниями) называется синодическим периодом (S). Юпитер – внешняя планета по отношению к Земле. Поэтому формула для вычисления S (уравнение синодического движения) будет выглядеть как:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_{Ю}}$$

где $T_{Ю}$ – сидерический (звездный) период обращения Юпитера, T_3 – сидерический период обращения Земли (звездный год), равный 365,26 средних солнечных суток.

Если принять $T_3 = 1$ год, то из условия задачи и упрощенного III закона Кеплера можно определить сидерический период Юпитера $T_{Ю} = \sqrt{a^3} = \sqrt{(5,2 \text{ а. е.})^3} = 11,858$ лет.

Теперь найдем синодический период Юпитера, приведя уравнение синодического движения к общему знаменателю:

$$S = \frac{T_3 \cdot T_{Ю}}{T_{Ю} - T_3} = \frac{1 \text{ г.} \cdot 11,858 \text{ г.}}{11,858 \text{ г.} - 1 \text{ г.}} = 1,092 \text{ г.} = 1,092 \text{ г.} \cdot 365,26 \text{ сут} = 398,86 \text{ сут} \approx 399 \text{ сут.}$$

Значит, противостояние Юпитера в 2024 году произойдет спустя 399 дней от даты 3 ноября 2023 г. А это примерно 365 сут + 34 сут, или 3 ноября + 27 суток до конца ноября и еще 7 суток в декабре, то есть противостояние произойдет около 7 декабря 2024 года.

Планеты в противостоянии видны вблизи точки эклиптики, противоположной Солнцу. Легко понять, что 7 декабря Солнце гораздо ниже, чем 3 ноября. А это значит, что Юпитер, наоборот, будет виден выше (его склонение увеличится и он будет дольше виден над горизонтом). То есть в противостоянии 2024 года Юпитер будет виден лучше, чем в 2023 году.

Действительно, начиная с июня и до конца 2024 года склонение Юпитера будет более +20 градусов.

В 2025 году противостояния Юпитера не будет. Оно произойдет около 10 января 2026 года.

Примечание: в решении использовалось приближение круговых орбит, поэтому получившийся результат не совсем точен. Но даже если учитывать, что 2024 год будет високосным – разница все равно останется в пределах суток.

Ответ: следующее противостояние Юпитера произойдет около 7 декабря 2024 года. Для жителей наших северных широт он будет виден лучше (выше и дольше) чем 3 ноября 2023 года. В 2025 году противостояния Юпитера не будет (оно произойдет только около 10 января 2026 года).

Примечание: ответы в пределах ± 1 суток от приведенных в решении засчитываются как правильные.

Критерии оценивания

Верное вычисление сидерического периода Юпитера – 2 балла.

Верное вычисление синодического периода Юпитера – 2 балла.

Верное определение даты противостояния Юпитера в 2024 году – 2 балла.

Вывод с обоснованием о лучшей видимости Юпитера в 2024 году – 2 балла.

Вывод о том, что противостояния Юпитера в 2025 году не будет – 2 балла.

5. Новая комета

Задание

Несмотря на развитие крупных автоматизированных телескопов, настоящее открытие все еще можно сделать и с помощью обычного цифрового фотоаппарата! Так, 12 августа 2023 года японец Хидео Нисимура обнаружил на своих снимках новую комету, которая в середине сентября приблизилась к Солнцу и достигла блеска второй звездной величины (яркая, но пряталась в «лучах Солнца»). Хидео снимал небо на фотоаппарат с полнокадровой матрицей (36×24 мм), обладающей разрешением 5472×3648 пикселей, и объективом с фокусным расстоянием 200 мм. Мог ли он с первого взгляда отличить на снимках комету от звезд, если считать, что за счет атмосферной турбулентности размеры слабых звезд на матрице составляют примерно 3×3 пикселей, а комета имела кому (газовую оболочку вокруг ядра) размером 2 угловых минуты? Другими словами – каких размеров в пикселях была комета на снимке?

Решение

Определим линейный размер 1 пикселя: $36 \text{ мм} / 5472 \text{ пкс} = 0,0066 \text{ мм}$ или $24 / 3648 \text{ пкс} = 0,0066 \text{ мм}$.

Угловой размер объекта α , выраженный в радианах, связан с линейным размером изображения в фокальной плоскости l соотношением: $l = \alpha \cdot F$, где F – фокусное расстояние.

Так как $1 \text{ рад} = 57,3^\circ = 3438'$, то выражение для линейного размера изображения в фокальной плоскости примет вид:

$$l = \frac{\alpha' \cdot F}{3438'}$$

Тогда $2'$ в фокальной плоскости будут иметь размер:

$$l = \frac{2' \cdot 200 \text{ мм}}{3438'} = 0,1163 \text{ мм.}$$

Что при полученном ранее масштабе равно $0,1163 \text{ мм} / 0,0066 \text{ мм} \approx 18$ пикселей. Это заметно больше размеров звезд (3×3 пкс), так что Хидео оставалось только заметить «туманное пятнышко» и убедиться, что в астрономических каталогах на этом месте нет далеких незвездных объектов (галактик, туманностей и т.п.).

Ответ: да, размер кометы на снимке составлял около 18×18 пиксел, поэтому ее вид явно отличался от изображений окружающих звезд.

Критерии оценивания

Верное определение линейного размера 1 пикселя – 2 балла.

Знание выражения для линейного размера изображения в фокальной плоскости – 3 балла.

Верный перевод углового размера из радиан в угловые минуты (из угловых минут в радиан) – 2 балла.

Получение правильного ответа в пикселях и верный вывод – 3 балла.