

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2022–2023 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

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

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

11 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. Координаты звезды

Задание

В Красноярске (широта $\varphi = 56,0^\circ$) в день весеннего равноденствия верхняя кульминация звезды произошла в истинную полночь (в 0,0 ч истинного солнечного времени) на высоте $85,3^\circ$. Определите экваториальные координаты звезды.

Решение

Началом звёздных суток считается верхняя кульминация точки весеннего равноденствия, а началом истинных солнечных суток – нижняя кульминация центра солнечного диска. В день весеннего равноденствия Солнце находится на эклиптике в точке весеннего равноденствия, и к моменту его нижней кульминации (в истинную полночь) с момента верхней кульминации этой точки, когда начались звёздные сутки (звёздное время было равно нулю), пройдёт 12 часов. Поэтому в день весеннего равноденствия в 0 часов истинного солнечного времени будет 12 часов звёздного времени с точностью до разницы в продолжительности звёздных и солнечных суток (примерно 4 минуты – в зависимости от момента наступления весеннего равноденствия). Так как данные в условии задачи приведены с точностью до десятых часа (6 минут), можно считать, кульминация звезды произошла в 12,0 часов по звёздному времени.

Звёздное время в любой момент равно прямому восхождению какого-либо светила плюс его часовой угол $s = \alpha + t$. Так как часовой угол звезды (отсчитывается от небесного меридиана) в момент верхней кульминации равен 0 ч, то прямое восхождение звезды будет равно $\alpha = 12,0$ ч.

Определим другую экваториальную координату звезды – склонение из соотношения для высоты светила в верхней кульминации $h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi)$. Отсюда склонение $\delta = h_{\max} - (90^\circ - \varphi) = 85,3^\circ - (90^\circ - 56,0^\circ) = 51,3^\circ$. Так как высота звезды близка к зениту, а данные в условии задачи приведены с точностью до десятых градуса (6'), то влиянием рефракции на склонение можно пренебречь.

Ответ: прямое восхождение звезды равно $\alpha = 12,0$ ч., а её склонение $\delta = 51,3^\circ$.

Критерии оценивания

Вывод (с пояснением) о том, что в день весеннего равноденствия истинное солнечное время и звёздное время отличаются на 12 часов – 4 балла.

Упоминание о точности определения звёздного времени и её связи с точностью данных в условии задачи – 1 балл.

Верное определение прямого восхождения – 1 балл.

Верное определение склонения звезды – 2 балла.

Упоминание об отсутствии существенного влияния рефракции на светила, которые находятся около зенита – 1 балл.

Упоминание о точности определения склонения и её связи с точностью данных в условии задачи – 1 балл.

2. Эксцентриситет

Задание

Какой должен быть эксцентриситет орбиты астероида или кометы, которые в перигелии могут приближаться к Солнцу в четыре раза ближе, чем в афелии?

Решение

Расстояние космического тела от Солнца в афелии Q и перигелии q определяются из соотношений $Q = a \cdot (1 + e)$, $q = a \cdot (1 - e)$, где a – большая полуось орбиты тела, e – ее эксцентриситет.

По условию задачи $Q = 4q$ или $Q/q = 4$. Подставив вышеприведённые соотношения, получим:

$Q/q = (1 + e)/(1 - e) = 4$. Или $1 + e = 4 - 4e$ или $5e = 3$. Откуда найдём эксцентриситет $e = 3/5 = 0,6$.

Ответ: эксцентриситет $e = 0,6$.

Критерии оценивания

Знание соотношений для афелийного и перигелийного расстояний – 4 балла.

Составление уравнения из условия задачи – 4 балла.

Решение уравнения и получение верного ответа – 2 балла.

3. «Летающая» звезда Барнарда

Задание

Звезда Барнарда, находящаяся от нас на расстоянии 1,828 пк, имеет тангенциальную составляющую собственной скорости $v_{тан} = 89,3$ км/с. За сколько лет для земного наблюдателя эта звезда сместится на небе на видимый диск Луны?

Решение

Сначала найдём собственное движение μ – угловое перемещение звезды на небесной сфере за год из соотношения: $v_{тан} = 4,74 \frac{\mu}{\pi}$, где π – годичный параллакс звезды, связанный с расстоянием до неё в

парсеках $r = \frac{1}{\pi''}$. Отсюда $\mu = \frac{v_{тан}}{4,74 \cdot r} = \frac{89,3 \text{ км/с}}{4,74 \cdot 1,828 \text{ пк}} = 10,3''/\text{год}$.

Известно, что видимыми размер Луны равен примерно $0,5^\circ \cdot 3600'' = 1800''$.

Тогда такое расстояние звезда Барнарда пройдёт за $1800'' / 10,3''/\text{год} = 175$ лет.

Примечание: участники, не зная готовой формулы для определения собственного движения, могут из тангенциальной скорости определить перемещение звезды за год, а затем, используя расстояние до неё, получить величину углового смещения на небесной сфере за год. Такое решение тоже считается верным и оценивается в полном объёме.

Ответ: примерно за 175 лет.

Критерии оценивания

Знание или вывод соотношения для собственного движения звезды – 4 балла.

Знание зависимости расстояния до звёзд от их годичного параллакса – 2 балла.

Знание углового размера Луны на небе – 2 балла.

Правильное вычисление времени – 2 балла.

4. Космический телескоп нового поколения

Задание

В конце прошлого 2021 года в космос наконец-то был запущен космический телескоп «Джеймс Уэбб» (англ. JamesWebbSpaceTelescope, JWST) с диаметром главного зеркала, эквивалентным 6,5 метра, и приборами, способными регистрировать электромагнитные волны в диапазоне от 0,6 до 28,5 мкм. Определите теоретическую разрешающую способность этого телескопа.

Решение

Использовать простую формулу для определения теоретической разрешающей способности для оптических телескопов $\alpha'' = \frac{140''}{D \text{ мм}}$ в данном случае нельзя, так она предназначена для видимого диапа-

зона электромагнитных волн (средняя длина световой волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$ (зелёный цвет)), а телескоп «Джеймс Уэбб» работает в диапазоне от 0,6 до 28,5 мкм, т.е. в видимом красном и среднем инфракрасном диапазонах. Поэтому воспользуемся «универсальной» формулой, определяющей радиус дифракционного диска (кружка Эйри) $\alpha = 1,22 \cdot \frac{206265'' \cdot \lambda}{D}$. Тогда для $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ $\alpha = 1,22 \cdot \frac{206265'' \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{6,5 \text{ м}} =$

$$0,023'', \text{ а для } \lambda = 28,5 \text{ мкм } \alpha = 1,22 \cdot \frac{206265'' \cdot 28,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{6,5 \text{ м}} = 1,1''.$$

Примечание: полученная разрешающая способность является теоретической, определяемой радиусом кружка Эйри (дифракционным пределом), в действительности же, из-за неидеальности объектива телескопа и регистрирующих приборов, разрешающая способность будет несколько хуже.

Ответ: теоретическая разрешающая способность телескопа находится в пределах от 0,023'' до 1,1'' в зависимости от диапазона, в котором ведутся наблюдения.

Критерии оценивания

Использование формулы, определяющей радиус дифракционного диска – 5 баллов.

Верные вычисления разрешающей способности в зависимости от диапазона – 5 баллов.

Примечание: использование участниками в решении формулы для оптических телескопов и получение одного итогового ответа 0,022'' не может быть оценено более чем в 3 балла.

5. Изменчивый Марс

Задание

Во сколько раз изменяется видимый блеск Марса, если считать, что Марс обращается вокруг Солнца по круговой орбите на расстоянии в 1,5 раза превышающем размер орбиты Земли? А на сколько меняется его звёздная величина?

Решение

Марс – это внешняя планета. Если принять радиус орбиты Земли за 1 астрономическую единицу, то минимальное расстояние между Марсом и Землёй (противостояние) составит 0,5 а.е. В то время как в соединениях Марса с Солнцем такое расстояние составит уже 2,5 а.е. Таким образом, расстояние между планетами может изменяться примерно в 5 раз. Блеск объекта обратно пропорционален квадрату расстояния. То есть видимый блеск изменяется уже в 25 раз!

Для определения изменения звёздной величины Δm воспользуемся формулой Погсона $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{\Delta m}$, где $\frac{I_1}{I_2}$ – отношения блесков. Логарифмируя её, получим $\Delta m = 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2}$. Подставив ранее полученную величину изменения блеска, найдём $\Delta m = 2,5 \lg 25 = 3,5^m$.

Примечание: 8 декабря 2022 года произойдёт очередное противостояние Марса, при этом его звёздная величина достигнет $-1,87^m$, а угловой размер составит 17''.

Ответ: видимый блеск Марса изменяется примерно в 25 раз, при этом его звёздная величина изменяется на $3,5^m$.

Критерии оценивания

Верное определение величины изменения расстояния между Марсом и Землёй – 2 балла.

Знание, что блеск убывает обратно пропорционально квадрату расстояния и верное вычисление изменения блеска – 3 балла.

Применение формулы Погсона – 3 балла.

Получения верного значения изменения звёздной величины – 2 балла.

Задания подготовили:

председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков;

председатель жюри регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, член Российской Ассоциации учителей астрономии, заслуженный педагог Красноярского края С.Е. Гурьянов.

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: butakov@kspu.ru или по тел. 8-904-897-97-60.