

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
(2024 / 2025 учебный год)
7-8 классы**

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ

Задание 1. Протуберанец, вспышка, факел, балдж, пятно, флоккул. Укажите лишнее в этом списке и обоснуйте свой выбор.

Решение задания 1. Балдж, поскольку это название центральной части Галактики, остальные термины – названия видов солнечной активности.

Оценивание задания 1. Правильное указание нужного термина – 4 балла. Обоснование ответа – до 4 баллов.

Задание 2. Иркутские любители астрономии поспорили: на какой из планет земной группы меньше всего воды? Дайте свой ответ и поясните его.

Решение задания 2. К планетам земной группы Солнечной системы относятся Меркурий, Венера, Земля и Марс. Меньше всего воды на Венере – при температуре около $+500^{\circ}\text{C}$ её не может быть в жидком или твёрдом (в виде льда) состоянии, а в атмосфере Венеры водяной пар обнаружен в мизерных количествах. На Марсе и Меркурии вода присутствует в виде льда – на Марсе в полярных шапках и в грунте в виде вечной мерзлоты, на Меркурии – в приполярных кратерах, куда никогда не заглядывает Солнце.

Оценивание задания 2. За правильное указание четырёх планет земной группы – 1 балл. За понимание того, что вода может быть в трех агрегатных состояниях – 2 балла. За правильное указание Меркурия – 3 балла. За правильное обоснование и полноту ответа – до 2 баллов.

Задание 3. Иркутские наблюдатели отправились в Мексику и 8 апреля 2024 года сфотографировали полное солнечное затмение. Нарисуйте, что бы мог увидеть в это время иркутский космонавт Сергей, если бы он находился в это время на видимом с Земли полушарии Луны? Поясните рисунок.

Решение задания 3. Участник олимпиады должен представить рисунок и пояснить его. Во время полного солнечного затмения на видимом с Земли полушарии Луны ночь. На фоне звёздного неба должна быть видна полная Земля, на диске Земли – тёмная округлая тень Луны, её размер, если она около середины диска – около 300 км, т.е. более чем в 40 раз меньше диаметра диска Земли. Тень Луны выглядит как маленькое тёмное пятнышко на Земле.

Оценивание задания 3. За изображение звёздного неба – 2 балла, наличие на рисунке Солнца – ошибка, 0 баллов. За изображение правильного размера тени Луны на диске Земли – до 2 баллов. За изображение ночной поверхности Луны, которая подсвечивается только слабым отражённым светом Земли – до 2 баллов. За пояснение рисунка до 2 баллов.

Задание 4. Иркутские астрономы установили на радиотелескопе РТ-32 мощный радиопередатчик и отправили радиопослание к обитаемой планете, которая обращается возле звезды тау Кита (расстояние 3,65 парсека). Сколько лет придётся ждать ответа, если считать, что таукитяне отправят своё послание сразу, как только получат сигнал с Земли?

Решение задания 4. Для оценки можно пользоваться округленными данными. 1 парсек = 3,26 световых года, это любитель астрономии должен знать наизусть. Расстояния до тау Кита в световых годах равно $3,65 \times 3,26 = 11,9$ световых лет. Сигнал должен пройти это расстояние дважды, т.е. преодолеть расстояние 23,8 световых года. Поскольку радиосигнал распространяется со скоростью света, это займёт 23,8 года. Для приблизительной оценки такой точности достаточно.

Оценивание задания 4. За знание переводного коэффициента из парсеков в световые годы – 2 балла. За знание того, что такое световой год – до 2 баллов. За общий ход решения – до 2 баллов. За вычисления – до 2 баллов.

Задание 5. С поверхности какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче всего? Почему? Проиллюстрируйте ответ на рисунке.

Решение задания 5: Очевидно, это должна быть какая-то из близких к Земле планет – планета земной группы. При наблюдении с Марса Земля является внутренней планетой, и в момент сближения с Марсом повернута к нему ночной (а значит, тёмной) стороной, теряясь, кроме того, в солнечных лучах. Земля могла бы быть очень яркой при наблюдении с поверхности Венеры, но эта планета окутана плотным слоем облаков, поэтому небесные светила с её поверхности не видны. В итоге, ярче всего Земля может выглядеть с поверхности Меркурия. Надо оговориться, что Земля должна быть хорошо видна с Марса вблизи её элонгации, когда расстояние между планетами будет равно $(a_{\text{Марса}}^2 - a_{\text{Земли}}^2)^{1/2} = 1,14$ а.е. Но это существенно больше расстояния от Меркурия во время противостояния Земли $a_{\text{Земли}} - a_{\text{Меркурия}} \approx 0,62$ а.е., поэтому правильный ответ – Меркурий.

Оценивание задания 5. Понимание того, что речь может идти только о планетах земной группы – до 2 баллов. Понимание того, что максимальная яркость достигается при минимальном расстоянии между планетами – до 2 баллов. Знание условий наблюдений Земли с поверхности Венеры и Марса на минимальном расстоянии до Земли – по 2 балла.

Задание 6. Где на Земле сегодня, в день олимпиады по астрономии, продолжительность дня равна продолжительности ночи?

Решение задания 6. В любой точке на экваторе Земли, поскольку на экваторе день равен ночи всегда.

Оценивание задания 6. 4 балла за знание того, что на экваторе всегда день равен ночи. Баллы снимаются, если будет указано другие области на Земле, кроме экватора. До 4 баллов за объяснение того, почему так происходит, а также указание на то, что в дни равноденствия день равен ночи на всей Земле.

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
(2024 / 2024 учебный год)
9-10 классы**

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ

Задание 1. Расположить небесные тела в порядке увеличения расстояния до них от Земли. Проксима Кентавра, Меркурий, Ганимед, Церера, Луна.

Решение задания 1. Луна, Меркурий – от 0,6 до 1,4 а.е., Церера – от 1,8 до 3,8 а.е., спутник Юпитера Ганимед – от 4,2 до 6,2 а.е., Проксима Кентавра – 4,3 световых лет. правильный ответ: Луна, Меркурий, Ганимед, Проксима Кентавра.

Оценивание задания 1. 5 баллов за правильную последовательность, за каждую ошибку (нарушение последовательности) – минус 1 балл. За понимание того, что расстояния до небесных тел непостоянны, и для Меркурия, Цереры и Ганимеда как спутника Юпитера они существенно меняются в зависимости от конфигурации планет – 2 балла. За правильное указание минимальных и максимальных значений расстояний до планет – 1 балл.

Задание 2. С поверхности какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче всего? Почему? Проиллюстрируйте ответ на рисунке.

Решение задания 2: Очевидно, это должна быть какая-то из близких к Земле планет – планета земной группы. При наблюдении с Марса Земля является внутренней планетой, и в момент сближения с Марсом повернута к нему ночной (а значит, тёмной) стороной, теряясь, кроме того, в солнечных лучах. Земля могла бы быть очень яркой при наблюдении с поверхности Венеры, но эта планета окутана плотным слоем облаков, поэтому небесные светила с её поверхности не видны. В итоге, ярче всего Земля может выглядеть с поверхности Меркурия. Надо оговориться, что Земля должна быть хорошо видна с Марса вблизи её элонгации, когда расстояние между планетами будет равно $(a^2_{\text{Марса}} - a^2_{\text{Земли}})^{1/2} = 1,14$ а.е. Но это существенно больше расстояния от Меркурия во время противостояния Земли $a_{\text{Земли}} - a_{\text{Меркурия}} \approx 0,62$ а.е., поэтому правильный ответ – Меркурий.

Оценивание задания 2. Понимание того, что речь может идти только о планетах земной группы – до 2 баллов. Понимание того, что максимальная яркость достигается при минимальном расстоянии между планетами – до 2 баллов. Знание условий наблюдений Земли с поверхности Венеры и Марса на минимальном расстоянии до Земли с расчетами – по 2 балла.

Задание 3. Какая планета проходит большее расстояние по орбите за 1 год – Марс или Юпитер? Орбиты считать круговыми. Обоснуйте свой ответ.

Решение задание 3: По третьему закону Кеплера $(T^2/a^3) = \text{const}$. Скорость планеты равна $V = 2\pi a/T = 2\pi a / (\text{const} \cdot a^3)^{1/2} = (2\pi/\text{const}) / a^{1/2}$

Значит, чем больше значение большой полуоси планеты a (радиуса орбиты планеты), тем меньше должна быть скорость планеты. Таким образом, чем дальше планета от Солнца, тем меньшее расстояние она проходит за единицу времени. Т.е. Марс пройдет большее расстояние за 1 год, чем Юпитер.

Оценивание задание 3. Знание третьего закона Кеплера – 3 балла. Вывод о том, что с ростом большой полуоси орбиты уменьшается скорость движения планеты – 4 балла. Знание того, что радиус орбиты Марса меньше радиуса орбиты Юпитера – 1 балл.

Задание 4. На какое расстояние нужно переместить Марс, чтобы его противостояния наблюдались ровно каждые два года?

Решение задания 4. Формула для синодического периода S (периода повторения одинаковых конфигураций) – $1/S = 1/T_{\text{зем}} - 1/T_{\text{марс}}$, поскольку Марс – внешняя планета. Подставим сюда сидерический (звёздный) период $T_{\text{зем}} = 1$ год и $S = 2$ года. Тогда $1/S = 1/T_{\text{зем}} - 1/T_{\text{марс}} = 1 - 1/2 = 1/2$, откуда $T_{\text{марс}} = 2$ года. Из третьего закон Кеплера $a = (T_{\text{марс}})^{2/3}$ (Обучающийся должен знать, что использовать эту формулу можно только в том случае, если a будет в астрономических единицах, а T в годах) найдем новое значение большой полуоси орбиты Марса $a = 1,587$ а.е. Значит, надо отодвинуть Марс от Солнца на величину $1,587$ а.е. – $1,523$ а.е. $\approx 0,064$ а.е. Поскольку 1 а.е. ≈ 149600000 км, смещение будет равно $9\,574\,400$ км.

Оценивание задания 4. Знание уравнения связи синодических и сидерического периодов – 2 балла. Вычисление нового сидерического периода Марса – до 2 баллов. Вычисление по третьему закону Кеплера значения новой большой полуоси орбиты Марса – до 2 баллов. Вычисление величины изменения большой полуоси орбиты Марса – до 2 баллов

Задание 5. Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него тесная двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

Решение задания 5: По определению звездной величины звезда n -й величины ярче звезды $(n+1)$ -й величины в $100^{1/5} \approx 2.5$ раза. Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна.

Оценивание задания 5. Знание формулы Погсона и, в частности, того, что яркость двух звёзд с разницей в 1 звездную величины отличается в 2,5 раза – до 4 баллов. Понимание того, что двойная звезда из компонент с яркостью 19 звёздная величина каждая вдвое ярче одной компоненты – 2 балла. Формулировка вывода – до 2 баллов.

Задание 6. Горизонтальный параллакс кометы $15''$, а видимый диаметр её газовой головы (комы) – $3'$. Оцените размеры головы кометы в километрах.

Решение задания 6. Горизонтальный параллакс – это угол, под которым с кометы виден экваториальный радиус Земли 6378 км. С кометы вся Земля видна под углом $2 \cdot 15'' = 30''$, а с Земли голова кометы видна под углом $3 \cdot 60'' = 180''$, или в 6 раз больше. Это значит, что и размер комы кометы в 6 раз превышает размер Земли $\approx 2 \cdot 6378 \cdot 6 = 76536$ км. Эту величину надо округлить, поскольку у комы нет резкой границы и параллакс, скорее всего, определён с точностью до $1''$. Таким образом, размер комы $\approx 76,5$ тысяч километров.

Оценивание задания 6. Понимание сущности суточного параллакса – до 2 баллов.
Правильный ход решения при определении размера комы, независимо от метода – до 4 баллов.
Правильность вычислений – до 2 баллов.

Справочные данные:

1 а.е. = $149,6 \cdot 10^6$ км

Земля: радиус 6378 км

Марс: большая полуось орбиты 1,523 а.е.

Меркурий: большая полуось орбиты 0,387 а.е.

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников по астрономии (2024 / 2025 учебный год) 11 классы

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ

Задание 1. Расположить небесные тела в порядке увеличения расстояния до них от Земли. Проксима Кентавра, Меркурий, Ганимед, Церера, Луна.

Решение задания 1. Луна, Меркурий – от 0,6 до 1,4 а.е., Церера – от 1,8 до 3,8 а.е., спутник Юпитера Ганимед – от 4,2 до 6,2 а.е., Проксима Кентавра – 4,3 световых лет. правильный ответ: Луна, Меркурий, Ганимед, Проксима Кентавра.

Оценивание задание 1. 5 баллов за правильную последовательность, за каждую ошибку (нарушение последовательности) – минус 1 балл. За понимание того, что расстояния до небесных тел непостоянны, и для Меркурия, Цереры и Ганимеда как спутника Юпитера они существенно меняются в зависимости от конфигурации планет – 2 балла. За правильное указание минимальных и максимальных значений расстояний до планет – 1 балл.

Задание 2. С какой линейной скоростью движется город Иркутск относительно оси вращения Земли?

Решение задания 2. Земля совершает полный оборот относительно неподвижных звёзд за 23 часа 56 минут (звёздные сутки) $T_{зем} = 1436$ минут = 86160 секунд. Длина параллели Иркутска равна $L = 2\pi r_{зем} \cdot \cos(52^\circ) = 2 \cdot 3,14 \cdot 6378 \cdot 0,62 = 24833,4$ км. Этот путь преодолевается за время $T_{зем}$, следовательно, скорость Иркутска составляет $L / T_{зем} = 0,288$ км/с = 288 м/с.

Оценивание задания 2. За понимание того, что надо использовать звездные, а не солнечные сутки – 3 балла. За общий ход решения до 3 баллов. За правильность вычислений – 2 балла.

Задание 3. Хороший игрок из футбольного клуба «Иркутск» может придать мячу скорость 30 м/с. На астероидах какого размера можно играть в футбол? Считать, что плотность астероидов равна средней плотности Земли, а астероиды имеют круглую форму.

Решение задания 3: Если скорость мяча превысит вторую космическую скорость для астероида, мяч навсегда улетит в космос, и игра будет невозможна. Вторая космическая скорость на поверхности астероида равна $v = (2GM/r)^{1/2} = (8\pi G\rho/3)^{1/2} \cdot r$, где M , r и ρ - масса, радиус и плотность тела. Получается, что при постоянной плотности вторая космическая скорость прямо пропорциональна радиусу астероида. Скорость полёта мяча в 370 раз меньше второй космической скорости для Земли, поэтому она совпадет со второй космической

скоростью для тела, с радиусом в 370 раз меньшим радиуса Земли – 17 км.

Оценивание задания 3. Знание или вывод формулы для второй космической скорости – 4 балла. Вычисление либо оценка радиуса астероида через рассуждение о пропорциональности радиуса астероида значению второй космической скорости – до 4 баллов.

Задание 4. Условие: Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него тесная двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

Решение задания 4: По определению звездной величины звезда n -й величины ярче звезды $(n+1)$ -й величины в $100^{1/5} \approx 2.5$ раза. Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна.

Оценивание задания 4. Знание формулы Погсона и, в частности, того, что яркость двух звёзд с разницей в 1 звездную величины отличается в 2,5 раза – до 4 баллов. Понимание того, что двойная звезда из компонент с яркостью 19 звёздная величина каждая вдвое ярче одной компоненты – 2 балла. Формулировка вывода – до 2 баллов.

Задание 5. Если бы атмосфера Земли при ее реальной массе была бы однородна по плотности (1.2 кг/м^3), ее толщина составила бы 8 км. Во сколько раз атмосфера Земли уступает по массе самой Земле?

Решение задания 5. Запишем выражение для массы атмосферы: $m_A = 4\pi R^2 h \rho_A$.

Здесь ρ_A – плотность атмосферы, R – радиус Земли, h – высота атмосферы.

Масса Земли есть $m_E = (4/3)\pi \rho_E R^3$, где ρ_E – плотность Земли. Отсюда получаем соотношение масс атмосферы и Земли:

$$m_A/m_E = 3h\rho_A/R\rho_E = 8.2 \cdot 10^{-7}.$$

Значит, атмосфера Земли в 1.2 млн раз уступает самой Земле по массе.

Оценивание задания 5. Знание формулы площади поверхности шара $S = 4\pi R^2$ – 1 балл.

Вывод формулы для массы атмосферы – 2 балла. Знание формулы для объема шара $- (4/3)\pi R^3$ – 1 балл. Вывод формулы для массы Земли – 2 балла. Определение соотношения масс атмосферы и Земли и вычисления – до 2 баллов.

Задание 6. Горизонтальный параллакс кометы $15''$, а видимый диаметр её газовой головы (комы) – $3'$. Оцените размеры головы кометы в километрах.

Решение задания 6. Горизонтальный параллакс – это угол, под которым с кометы виден экваториальный радиус Земли 6378 км. С кометы вся Земля видна под углом $2 \cdot 15'' = 30''$, а с Земли голова кометы видна под углом $3 \cdot 60'' = 180''$, или в 6 раз больше. Это значит, что и размер комы кометы в 6 раз превышает размер Земли $\approx 2 \cdot 6378 \cdot 6 = 76536$ км. Эту величину надо округлить, поскольку у комы нет резкой границы и параллакс, скорее всего, определен с точностью до $1''$. Таким образом, размер комы $\approx 76,5$ тысяч километров.

Оценивание задания 6. Понимание сущности суточного параллакса – до 2 баллов.
Правильный ход решения при определении размера комы, независимо от метода – до 4 баллов.
Правильность вычислений – до 2 баллов.

Справочные данные:

Земля: радиус 6378 км, средняя плотность $5,5 \text{ кг/м}^3$, вторая космическая скорость вблизи поверхности 11,2 км/с.