

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) $T_{\text{зем}} = 1436$ минут = 86160 секунд. Длина параллели Иркутска равна $L = 2\pi r_{\text{зем}} \cdot \cos(52^\circ) = 2 \cdot 3,14 \cdot 6378 \cdot 0,62 = 24833,4$ км. Этот путь преодолевается за время $T_{\text{зем}}$, следовательно, скорость Иркутска составляет $L / T_{\text{зем}} = 0,288$ 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 $m_E = (4/3)\pi R^3 \rho_E$, 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, 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:

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