

Муниципальный этап

Всероссийской олимпиады школьников по астрономии (2025 / 2026 учебный год)

11 классы

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ

Задание 1. Расположить небесные тела в порядке уменьшения расстояния до них от Земли. Луна, Титан, Веста, Меркурий, Альтаир, Нептун. Указать, что это за небесные объекты.

Решение задания 1. Правильный ответ: звезда Альтаир, планета Нептун, спутник Сатурна Титан, астероид Веста, планета Меркурий, спутник Земли Луна

Оценивание задание 1. 6 баллов за правильную последовательность, за каждую ошибку (нарушение последовательности) – минус 1 балл. За правильные пояснения, о каких объектах идет речь – до 3 баллов, но не больше 8 баллов за задание.

Задание 2. Определите массу Земли, если угловая скорость обращения Луны равна 13,2 град/сут, а расстояние от Земли до Луны составляет $R = 384\,000$ км. Считать, что орбита Луны – окружность.

Решение задания 2. Центробежное ускорение Луны равно ускорению, определяемому притяжением Луны к Земле $a = \omega^2 R = G \times M / R^2$ (ω – угловая скорость движения Луны вокруг Земли). Отсюда $M = (\omega^2 R^3) / G$. Поскольку $\omega \approx 2.7 \times 10^{-6}$ рад/с, $M = 5.9 \times 10^{24}$ кг.

Оценивание задания 2. За понимание того, что центробежное ускорение Луны равно ускорению, определяемому притяжением Луны к Земле – 2 балла. Аналитическое выражение массы Земли – 2 балла. Перевод всех данных в необходимые единицы – до 2 баллов. Расчеты – до 2 баллов.

Задание 2. Определите массу Земли, если угловая скорость обращения Луны равна 13,2 град/сут, а расстояние от Земли до Луны составляет $R = 384\,000$ км.

Решение задания 2. Центробежное ускорение Луны равно ускорению, определяемому притяжением Луны к Земле $a = \omega^2 R = G \times M / R^2$ (ω – угловая скорость движения Луны вокруг Земли). Отсюда $M = (\omega^2 R^3) / G$. Поскольку $\omega \approx 2.7 \times 10^{-6}$ рад/с, $M = 5.9 \times 10^{24}$ кг.

Оценивание задания 2. Знание формул ускорения Луны и получение формулы для массы – 4 балла, правильный перевод угловой скорости в систему СИ – 2 балла, правильность вычислений – до 2 баллов

Задание 3. Чтобы ускорить перелет к Плутону космического аппарата «Новые

Горизонты», ученые использовали гравитационный маневр возле Юпитера. В результате стартовавший 19 января 2006 года аппарат пролетел вблизи Плутона 14 июля 2015 г. Во сколько раз удалось сократить время полета по сравнению с классической гомановской траекторией (полуэллипс, касающийся орбит Земли и Плутона)? Большую полуось Плутона принять за 40 а.е.

Решение задания 3: Если бы аппарат двигался по гомановскому полуэллипсу, полный период обращения можно вычислить по 3 закону Кеплера – он равен периоду обращения по орбите с большой полуосью $a = 41/2$ а.е. (большая ось $2a = 40$ а.е. от Солнца до Плутона + 1 а.е. от Солнца до Земли). По 3 закону Кеплера $T = a^{3/2} = (20,5)^{3/2} \approx 92,8$ года. Время полета к Плутону составит половину полученного значения = 46,4 года. С учетом гравитационного маневра аппарат лете примерно 9,5 лет. Выигрыш во времени составил $46,4 / 9,5 = 4,88 \approx 5$ раз.

Оценивание задания 3. Правильное вычисление длительности полета – 1 балл, вычисление большой полуоси «гомановского эллипса» - до 2 баллов, вычисление периода обращения по «гомановскому» эллипсу – до 2 баллов, вычисление времени полета по гомановской траектории – до 2 баллов, окончательный верный вывод – 1 балл.

Задание 4. Чему равна звездная величина Алькора при наблюдении с Мицара, если угловое расстояние между этими звездами составляет $11'45''$, расстояние до Алькора 24,88 пк, расстояние до Мицара 23,96 пк, видимая звездная величина Алькора $3,99^m$?

Решение задания 4: 6. По теореме косинусов $R^2 = r_A^2 + r_M^2 - 2r_A r_M \cos \alpha$, где R – расстояние между Алькором и Мицаром, r_A – расстояние до Алькора, r_M – расстояние до Мицара, α – угол между ними при наблюдении с Земли. Поскольку этот угол очень мал, $\cos \alpha \approx 1$ и $R^2 \approx r_A^2 + r_M^2 - 2r_A r_M = (r_A - r_M)^2$, т.е. $R \approx r_A - r_M$. Используя далее формулу $M = m + 5 - 5 \lg r$, находим абсолютную звездную величину Алькора $M=2$. Вторично используем формулу Погсона находим звездную величину Алькора при наблюдении с Мицара $m \approx -3,18$.

Оценивание задания 4. Применение теоремы косинусов – 2 балла, оценка $\cos \alpha \approx 1$ – 2 балла, знание формулы для абсолютной звездной величины – 2 балла, правильность вычислений – до 2 баллов.

Задание 5. Какой необходимо применить окуляр при наблюдениях в телескоп с фокусным расстоянием объектива 10,8 м, чтобы Венера, угловой диаметр которой вблизи элонгации равен $25''$, была видна размером с Луну, угловой диаметр которой равен $32'$?

Решение задания 5. Даваемое телескопом увеличение $\Gamma = F / f$, где F – фокусное расстояние объектива, f – фокусное расстояние окуляра, или $\Gamma = \beta / \rho$, где β – угловые размеры светила при наблюдении в телескоп, ρ – угловой размер того же светила при наблюдении невооруженным глазом. Переведя минуты в секунды $32' \cdot 60'' = 1920''$ вычислим увеличение $\Gamma = 1920 / 25 = 76,8$ раз. Отсюда можно определить фокусное расстояние окуляра $f = F / \Gamma = 10800 / 76,8 = 140$ мм

Оценивание задания 5. Знание формул увеличения телескопа – 4 балла, правильный перевод минут в секунды – 1 балл, правильность вычислений – до 3 баллов

Задание 6. Определить радиус α Орла Альтаира, если угловой диаметр звезды считать $0'',0030$, а его параллакс $0'',198$.

Решение задания 6. Горизонтальный параллакс – это угол, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты $149,6 \times 10^6$ км, откуда можно определить расстояние до Альтаира: $r = 1 / 0'',198 = 5,05$ парсек $= 155,8 \times 10^{12}$ км. тогда радиус звезды $R = r \times 0'',0030 / 206265'' / 2 = 1,135 \times 10^6$ км $= 1,62 R_{\odot}$

Оценивание задания 6. Понимание сущности годичного параллакса и углового диаметра – по 2 балла. Правильный ход решения при определении размера звезды, независимо от метода – 2 балла. Правильность вычислений – до 2 баллов.