Муниципальный этап ВсОШ по астрономии в 2026/27 учебном году

9 класс.

Ключи.

№ 1. Условие. Годичный параллакс звезды в 75 раз превышает ее видимый угловой диаметр. Определите среднюю плотность звезды, если ее масса равна 2,5 массам Солнца.

Решение: Годичный параллакс равен отношению 1 а. е. к расстоянию до объекта. Видимый угловой диаметр равен отношению линейного диаметра к расстоянию до объекта. Отношение параллакса к видимому диаметру составляет 75, следовательно, тогда реальный диаметр звезды составляет 1/75 а. е., а радиус — 1/150 а.е.

Для плотности звезды получаем:

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}.$$

Или, подставляя числа:

$\rho = \frac{2{,}5 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 10^{27}} \approx 1{,}194 \cdot 10^3$ (кг/м^3)

Критерии оценивания (максимум 8 баллов).

- Формула для параллакса или словесное описание определения параллакса (отношение 1 а.е. к расстоянию) – 2 балла
- Формула для углового диаметра или словесное описание – 2 балла
- Вычисление линейного диаметра или радиуса звезды – 1 балл
- Формула для плотности с учетом объема шара – 1 балла
- Верный численный ответ с точностью ±100 кг/м^3 – 2 балла.

№ 2. Условие. Околоземный космический телескоп из-за опасности «пересветки» электроники нельзя наводить на объекты, расположенные ближе 50° к Солнцу.

Может ли этот телескоп наблюдать Меркурий и Венеру? Приведите подробное обоснование вашего ответа.

Объекты Солнечной системы с какими радиусами орбит может наблюдать (хотя бы когда-нибудь) этот телескоп?

Возможное решение.

Внутренняя планета дальше всего отходит от Солнца в наибольшей элонгации, когда луч зрения с Земли касается её орбиты. Тогда угол при планете прямой и

$$\sin\varepsilon_{\max} = \frac{a}{1\text{ а.е.}}.$$

Для Меркурия ε_{max} = arcsin 0,387 ≈ 22,8°, для Венеры — arcsin 0,723 ≈ 46,3°. Оба угла меньше 50°: ни Меркурий, ни Венеру телескоп наблюдать не может.

Аналогично рассуждаем при ответе на второй вопрос. Чтобы максимальная элонгация объекта составляла хотя бы 50°, радиус его орбиты должен быть не меньше, чем 1 а.е. · sin 50° = 0,766 а.е.

Для всех объектов Солнечной системы с радиусами орбит, большими 0,766 а.е., наблюдения хотя бы когда-нибудь возможны.

Критерии оценивания (максимум 8 баллов).

- Условие наибольшей элонгации – 1 балл.
- Значения элонгаций Меркурия и Венеры – по 1 баллу.
- Вывод «нельзя наблюдать» для обеих планет – 1 балл. Ответ «нельзя наблюдать» без обоснования — 0 баллов.
- Формула для минимального радиуса орбиты – 2 балла.
- Расчёт минимального радиуса – 1 балл.
- Вывод, что для любых объектов с радиусом орбиты, большим минимального, наблюдения возможны – 1 балл.

№ 3 Условие. 15 октября 2026 года в 15:00 по всемирному времени (UT) штурман судна видит звезду Капеллу (α = 5 ч 16 мин 41 с, δ = +46°) точно в зените. Гринвичское звёздное время в 0 ч UT 15 октября равно 1 ч 34 мин 10 с.

1) Найдите координаты судна. В каком океане оно находится?

2) Чему равно местное среднее солнечное время на судне?

3) Выяснилось, что часы штурмана ошибаются на 1 мин. На сколько километров он ошибётся в определении координат корабля?

Возможное решение.

1) Звезда в зените, значит, широта корабля равна её склонению: **φ = 46° с.ш.** Местное звёздное время в этот момент равно прямому восхождению звезды: s = 5 ч 16 мин 41 с.

Гринвичское звёздное время в 15:00 UT: S = 1 ч 34 мин 10 с + 15/24 (23ч 56м 04с) = 1 ч 34 мин 10 с + 15 ч 02 мин 30 с = 16 ч 36 мин 40 с.

Долгота (в часовой мере, восточная со знаком «+»): λ = s − S = 5 ч 16 мин 41 с − 16 ч 36 мин 40 с = −11 ч 19 мин 59 с ≈ −11 ч 20 мин. Переводим в градусы: 11,333 ч·15° = 170,0°, то есть **λ = 170,0° з.д.** Это север Тихого океана, немного южнее Алеутских островов.

2) Местное среднее солнечное время T = UT + λ = 15:00 − 11 ч 20 мин = **03:40**. Глубокая ночь.

3) Ошибка в 1 мин времени даёт ошибку в значении долготы в 15′. Вдоль параллели 46° длина дуги в 15′ равна 15 · (111 км / 60) ·cos 46° ≈ **19 км**.

Критерии оценивания (максимум 8 баллов).

- Широта равна склонению звезды в зените – 1 балл;
- Звездное время равно прямому восхождению звезды в зените – 1 балл;
- Расчёт гринвичского звёздного времени на 15:00 UT — 1 балл;
- Расчёт долготы корабля – 1 балл;
- Тихий океан (без подробностей) – 1 балл.
- Расчёт местного солнечного времени – 1 балл.
- Расчёт ошибки по долготе – 1 балл;
- Ответ ошибки ≈ 19 км – 1 балл. Расчёты без учёта cos φ – 0 баллов за этот шаг.
- Если участник не учёл разницу звёздного и солнечного времени (взял 15 ч вместо 15 ч 02,5 мин), ошибка долготы ≈ 0,6°; снимается 1 балл.

№ 4. Условие. У телескопа-рефрактора диаметр объектива D = 114 мм, фокусное расстояние F = 900 мм. В комплекте имеется два окуляра с фокусными расстояниями 20 мм и 6 мм (собственное поле зрения каждого равно 50°) и линза Барлоу 2×, удваивающая фокусное расстояние объектива.

1) Какие значения увеличений и выходных зрачков можно получить с этим комплектом?

2) Какие из этих увеличений будут бесполезными для наблюдений, если максимальное полезное увеличение телескопы можно оценить как 2D, где D измерено в миллиметрах?

3) Поместятся ли целиком в поле зрения окуляра 20 мм Плеяды (угловой размер около 2°)? Поместится ли в поле зрения полная Луна?

4) Окуляр с каким фокусным расстоянием обеспечил бы равнозрачковое увеличение, при котором выходной зрачок равен диаметру зрачка глаза в темноте (6 мм)?

Возможное решение.

1) Увеличение Г = F/f, с линзой Барлоу фокусное расстояние объектива становится 1800 мм. Выходной зрачок d = D/Г.

Получаем таблицу возможных значений увеличения и выходного зрачка:

Окуляр	Г	Выходной зрачок, мм
20 мм	45×	2,5
20 мм + Барлоу	90×	1,3
6 мм	150×	0,76
6 мм + Барлоу	300×	0,38

2) Максимальное полезное увеличение ≈ 2·114 ≈ 230×. При большем увеличении изображение становится крупнее, но новых деталей не появляется: их не позволяет различить дифракция. Изображение при этом будет тусклым и размытым. Таким образом, увеличение 300× бесполезно.

3) Диаметр поля зрения телескопа равен собственному полю зрения окуляра, делённому на увеличение: 50°/45 ≈ 1,1°. Угловой размер Луны равен примерно 0,5° (участники могут помнить значение или рассчитать его по справочным данным), поэтому Луна в поле зрения вполне помещается, а Плеяды – нет.

4) Равнозрачковое увеличение Г = D/6 мм = 114/6 = 19×. Нужен окуляр с фокусным расстоянием f = F/Г = 900/19 ≈ 47 мм.

Критерии оценивания (максимум 8 баллов).

- 1) Формулы Г = F/f и d = D/Г – 1 балл.
- Все четыре увеличения и зрачка верны – 2 балла; при одной ошибке – 1 балл.
- 2) Предел увеличения от 220× до 230× – 1 балл.
- Вывод, что 300× бесполезно — 1 балл
- 3) Расчёт поля зрения телескопа (от 1,0° до 1,2°) — 1 балл;
- Верный вывод для Луны и Плеяд – 1 балл.
- Г) Фокусное расстояние окуляра от 44 до 51 мм – 1 балл.

№ 5. Условие. Корабль вывели на круговую орбиту вокруг Земли с высотой 250 км. Космическая станция обращается вокруг Земли по круговой орбите высотой 420 км в той же плоскости и в том же направлении, что и корабль. В момент выведения на орбиту корабль отстаёт от станции на геоцентрический угол 30°.

Найдите периоды обращения и скорости корабля и станции.

Через какое время корабль окажется точно под станцией? Сколько витков он сделает за это время?

Возможное решение.

Для круговой орбиты радиуса r скорость и период:

$$v = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{r}}, \qquad T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_\oplus}},$$

Радиусы орбит отсчитываются от центра Земли:

- корабль: $r_1 = 6378 + 250 = 6628$ км, $v_1 \approx 7{,}76$ км/с, $T_1 = 2\pi\cdot 6{,}628\cdot 10^6/7760 \approx 5360$ с $\approx 89{,}4$ мин;
- станция: $r_2 = 6378 + 420 = 6798$ км, $v_2 \approx 7{,}66$ км/с, $T_2 \approx 5570$ с $\approx 92{,}8$ мин.

Корабль летит ниже и потому обращается вокруг Земли быстрее станции. Его угловая скорость относительно станции равна разности угловых скоростей:

$$\omega_{\text{отн}} = \frac{360^\circ}{T_1} - \frac{360^\circ}{T_2} = \frac{360^\circ}{S}, \qquad \frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2},$$

откуда $S = T_1T_2/(T_2 - T_1) = 89{,}4\cdot 92{,}8/3{,}4 \approx 2400$ мин ≈ 40 ч. За S корабль относительно станции перемещается на целый круг (360°), а 30° он «отыграет» за

$$t = S \cdot \frac{30^\circ}{360^\circ} \approx \frac{2400}{12} \approx 200 \text{ мин} \approx 3{,}3 \text{ ч.}$$

За это время корабль сделает $t/T_1 = 200/89{,}4 \approx 2{,}2$ витка.

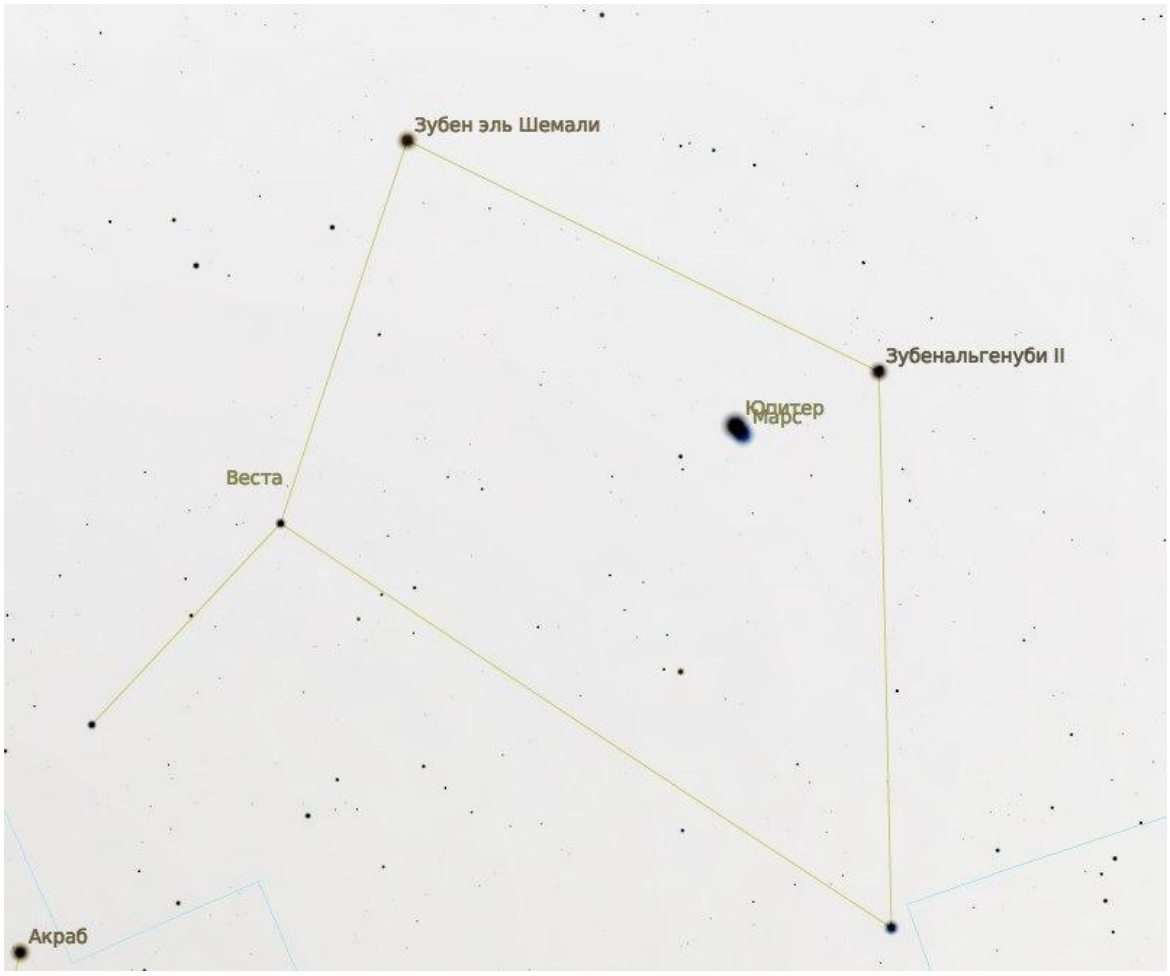
Критерии оценивания (максимум 8 баллов).

- Верные формулы для круговой скорости – 1 балл
- Верные формулы для периода – 1 балл
- Верные значения периодов и скоростей – по 0,5 балла за ответ, итого 2 балла
- Идея, что корабль догоняет станцию за счёт разности угловых скоростей в словесном или формульном описании – 1 балл;
- Формула синодического периода или разности угловых скоростей – 1 балл;
- Значение времени «погони» от 185 до 215 мин – 1 балл;
- Число витков от 2,0 до 2,4 – 1 балл.

№6. Условие: Вам представлена фотография (негатив) звездного неба с отмеченными линиями созвездий и соединением Марса и Юпитера. Проанализируйте фотографию и ответьте на следующие вопросы:

1. В каком созвездии находятся Марс и Юпитер?
2. В каком полушарии сделана фотография?
3. К какому типу объектов относится объект, подписанный «Веста» на фотографии?
4. Оцените экваториальные координаты Марса и Юпитера в момент соединения. Координаты звезды Зубен эль Шемали: RA = 15ч17м, δ = −09° 23′. Координаты звезды Зубенальгенуби II: RA = 14ч50м, δ = −16° 00′. Считайте, что вертикальные края кадра указывают на север.

Приведите подробное решение с обоснованием всех рассуждений и расчетов. Ответы без обоснований не оцениваются.



Возможное решение:

1	<u>В каком созвездии находятся Марс и Юпитер?</u> На фотографии представлено созвездие Весы, это его характерная форма.	**1 балл**
2	<u>В каком полушарии сделана фотография?</u> Такая конфигурация созвездия характерна для северного полушария. Отрезок слева отходит вниз (на юг) от основного созвездия, острый угол трапеции тоже направлен на юг.	**1 балл**
3	<u>К какому типу объектов относится объект, подписанный «Веста» на фотографии?</u> Данный объект, это не звезда созвездия, а астероид из главного пояса. В области радом с подписью не видно крупной точки, относящейся к Весте, как в случае с Юпитером и Марсом, так как Веста существенно меньше по размеру и яркости, чем они.	**2 балла**

	<u>Оцените координаты Марса и Юпитера в момент соединения</u> Сначала определим масштаб кадра по горизонтали (по прямому восхождению) и по вертикали (по склонению). Для этого измеряем линейкой расстояния по горизонтали и по вертикали между звёздами с заданными координатами. Получаем (расстояния в сантиметрах у участников могут сильно отличаться в зависимости от формата печати заданий): • по горизонтали: *5.6 см*, соответствует разнице в 27 мин по прямому восхождению; • по вертикали: *2.7 см*, соответствует разнице в 6,6° по склонению. Измеряем также расстояния от звезды Зубенальгенуби до Марса и Юпитера и переводим в разницу склонений и прямых восхождений. Расстояния в сантиметрах могут отличаться, но разница в склонениях и в прямых восхождениях должна соответствовать авторскому решению: • по горизонтали: *1.7 см*, соответствует разнице по прямому восхождению в 27 мин / 5.6 · 1.7 = **8.2 мин**; • по горизонтали: *0.7 см*, соответствует разнице по склонению в 6.6° / 2.7 · 0.7 = **1.71° = 1°43'.** Итого: прямое восхождение Марса и Юпитера равно 14ч50м + 8.2 мин = **14ч58м** (прямое восхождение увеличивается справа налево), склонение равно −16° 00′ – 1°43' = **–17°43'.**	**4 балла** Определение масштабов (при любых разумных результатах изменений) – 1 балл Определение разницы по RA (±1 мин) – 1 балл Определение разницы по склонению (±0,2°)– 1 балл. Итоговый ответ (с теми же допусками) – 1 балл. При неверных знаках добавок балл не ставится.

Максимальный балл: 8 баллов