АСТРОНОМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания
заданий
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
8 класс

Задание 1. Тема: «Звёздное небо и небесные координаты»

Ученик Паша нашёл в каталоге звезду Бетельгейзе (α Ориона) с экваториальными координатами:
прямое восхождение $\alpha = 5^h\ 35^m$, склонение $\delta = -1^\circ\ 12'$.
а) (4 балла) Является ли эта звезда незаходящей для наблюдателя в Краснодаре ($\varphi = 45^\circ\ 02'$ с. ш.)? Поясните расчётом.
б) (4 балла) На какой максимальной высоте над горизонтом она кульминирует в Краснодаре?
в) (4 балла) В какое время года эта звезда лучше всего наблюдается (верхняя кульминация ночью)? Почему?

РЕШЕНИЕ:
Условие
Звезда имеет координаты: $\alpha = 5^h\ 35^m$, $\delta = -1^\circ\ 12'$.
Наблюдатель в Краснодаре: $\varphi = 45^\circ\ 02'$ с. ш.

а) Незаходящая ли звезда? (4 балла)
Звезда является незаходящей, если в момент нижней кульминации её высота над горизонтом неотрицательна.
Формула высоты в нижней кульминации:
$h_{нк} = \varphi + \delta - 90^\circ$
Подставляем:
$h_{нк} = 45^\circ\ 02' + (-1^\circ\ 12') - 90^\circ = 45^\circ\ 02' - 1^\circ\ 12' - 90^\circ = -46^\circ\ 10'$
Высота отрицательная ($-46^\circ\ 10'$), значит звезда опускается ниже горизонта.
Ответ: звезда является ЗАХОДЯЩЕЙ для наблюдателя в Краснодаре.
б) Максимальная высота (верхняя кульминация) (4 балла)
Формула высоты в верхней кульминации для звезды, кульминирующей к югу от зенита:
$h_{вк} = 90^\circ - \varphi + \delta$

Подставляем:
$h_{вк} = 90^\circ - 45^\circ\ 02' + (-1^\circ\ 12') = 90^\circ - 45^\circ\ 02' - 1^\circ\ 12' = 43^\circ\ 46'$

Проверим: $\delta < \varphi$, поэтому звезда кульминирует к югу от зенита, и формула верна.

Ответ: максимальная высота $\approx 43^\circ\ 46'$.

в) Время года для наблюдений (4 балла)

Звезда лучше всего видна ночью, когда Солнце находится на противоположной части эклиптики. Солнце проходит по эклиптике, и его прямое восхождение меняется от 0^h (в день весеннего равноденствия) до 24^h за год.

Прямое восхождение Бетельгейзе – $5^h\ 35^m$. Солнце имеет такое же прямое восхождение примерно в середине декабря (≈ 16 декабря). Значит, в это время звезда находится рядом с Солнцем на небе и не видна.

Лучше всего звезда наблюдается, когда Солнце находится в противоположной точке, т.е. $\alpha_\odot \approx 5^h\ 35^m + 12^h \approx 17^h\ 35^m$ – это середина июня. Но в июне в Краснодаре ночи короткие. На практике звезда высоко поднимается и хорошо видна в течение зимних месяцев (декабрь–февраль), когда ночи длинные, а Солнце уже «ушло» от звезды.

Ответ: зимой (декабрь–февраль), когда ночи длинные, а Солнце находится в противоположной части эклиптики (в районе созвездия Стрельца).

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Незаходящая ли звезда (5 баллов)		
5	Полный ответ	Записана формула $h_{нк} = \varphi + \delta - 90°$. Подставлены значения: $45°02' + (-1°12') - 90° = -46°10'$. Сделан вывод: высота отрицательна → звезда заходящая.
3	Расчёт без вывода	Формула и подстановка верны, но вывод о заходящести/незаходящести не записан или сформулирован нечётко.
2	Верная идея с ошибкой	Правильная формула, но арифметическая ошибка в расчёте. Вывод сделан на основе неверного результата.
1	Только формула	Записана правильная формула, но подстановка не выполнена или выполнена неверно. Ответ не получен.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
б) Максимальная высота (верхняя кульминация) (5 баллов)		
5	Полный ответ	Записана формула $h_{вк} = 90° - \varphi + \delta$. Подстановка: $90° - 45°02' + (-1°12') = 43°46'$. Проверено, что $\delta < \varphi$ → формула корректна. Ответ: ≈ $43°46'$.
3	Расчёт без проверки	Формула и подстановка верны, ответ получен, но не проверено условие $\delta < \varphi$ (кульминация к югу от зенита).
2	Верная идея с ошибкой	Правильная формула, но арифметическая ошибка в подстановке. Итоговый ответ

		неверный, но метод правильный.
1	Только формула	Записана правильная формула, но подстановка не выполнена.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
в) Время года для наблюдений (5 баллов)		
5	Полный ответ	Указано время года (зима, декабрь–февраль). Объяснено: Солнце должно быть в противоположной части эклиптики. Указано, что $\alpha_{\odot} \approx 5^h35^m$ соответствует середине декабря → звезда не видна; наблюдается, когда Солнце ушло дальше. Ночи зимой длинные.
3	Ответ без обоснования	Правильно указано время года (зима), но нет объяснения через положение Солнца на эклиптике или длину ночей.
2	Частичное обоснование	Указано время года и одна из причин (либо положение Солнца, либо длинные ночи), но не обе.
1	Неверное время, верная идея	Указано лето (ошибка), но рассуждение о положении Солнца на эклиптике правильное. Или верное время, но полностью неверное обоснование.
0	Ответ отсутствует	Время года не указано или указано без какого-либо обоснования.

Задание 2. Тема: «Законы Кеплера. Движение планет»

Среднее расстояние от Марса до Солнца равно 1,52 а. е.

а) (5 баллов) Чему равен сидерический период обращения Марса вокруг Солнца (в земных годах)?

б) (5 баллов) Скорость Земли на орбите около 30 км/с. Во сколько раз орбитальная скорость Марса
меньше скорости Земли? Считайте орбиты круговыми.

в) (5 баллов) Как часто происходят противостояния Марса (синодический период)?

Ответ дайте в земных сутках.

РЕШЕНИЕ:

Условие

Среднее расстояние от Марса до Солнца: $a = 1{,}52$ а. е. Скорость Земли: $v_{\oplus} = 30$ км/с.

а) Сидерический период Марса (5 баллов)

Третий закон Кеплера: для планет Солнечной системы

$T^2 / a^3 = 1$ (при T в годах, a в а. е.)

Отсюда:
$T = a^{(3/2)} = 1{,}52^{(3/2)} = 1{,}52 \times \sqrt{1{,}52}$

Вычисляем $\sqrt{1{,}52} \approx 1{,}233$.
$T \approx 1{,}52 \times 1{,}233 \approx 1{,}87$ года.

Проверка: $1{,}87^2 = 3{,}497$; $1{,}52^3 = 3{,}512$. Близко (расхождение из-за округления).

Ответ: $T \approx 1{,}87$ земного года.

б) Сравнение орбитальных скоростей (5 баллов)

Для круговой орбиты вторая космическая скорость (орбитальная):
$v = \sqrt{(GM / a)}$

Отношение скоростей:
$v_{♂} / v_{⊕} = \sqrt{(a_{⊕} / a_{♂})} = \sqrt{(1 / 1{,}52)} = \sqrt{0{,}658} \approx 0{,}811$

Значит, скорость Марса:
$v_{♂} = 30 \times 0{,}811 \approx 24{,}3$ км/с

Отношение: $v_{⊕} / v_{♂} = 1 / 0{,}811 \approx 1{,}23$.

Ответ: орбитальная скорость Марса примерно в 1,23 раза меньше скорости Земли (≈ 24,3 км/с).

в) Синодический период Марса (5 баллов)

Марс — верхняя (внешняя) планета. Формула синодического периода:
$1/S = 1/T_{⊕} - 1/T_{♂}$

где $T_{⊕} = 1$ год, $T_{♂} = 1{,}87$ года.

$1/S = 1 - 1/1{,}87 = 1 - 0{,}5348 = 0{,}4652$

$S = 1 / 0{,}4652 \approx 2{,}150$ года

Переводим в сутки:
$S \approx 2{,}150 \times 365{,}25 \approx 785$ суток.

Ответ: противостояния Марса происходят примерно каждые 785 суток (≈ 2 года и 55 дней).

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Сидерический период Марса (5 баллов)		
5	Полный ответ	Записан III закон Кеплера: $T^2/a^3 = 1$. Получено $T = a^{(3/2)}$. Подстановка:

		1,52^(3/2) ≈ 1,87 года. Проверка ($1{,}87^2 \approx 3{,}50 \approx 1{,}52^3$). Ответ: ≈ 1,87 года.
4	Без проверки	Формула, подстановка и ответ верны, но проверка не выполнена.
3	Арифметическая ошибка	Формула верна, но ошибка в вычислении √1,52 или степени. Ответ отличается, но метод правильный.
2	Неполное решение	Записан III закон Кеплера, но не выполнено преобразование к T = a^(3/2). Дальнейший расчёт отсутствует.
1	Только формула	Записан III закон Кеплера, но подстановка не выполнена.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
б) Сравнение орбитальных скоростей (5 баллов)		
5	Полный ответ	Записана формула v = √(GM/a). Получено отношение $v_♂/v_⊕ = \sqrt{(a_⊕/a_♂)} = \sqrt{(1/1{,}52)} \approx 0{,}811$. Вычислена скорость Марса: 30 × 0,811 ≈ 24,3 км/с. Указано отношение: в 1,23 раза меньше.
4	Без скорости Марса	Отношение скоростей найдено верно (≈ 0,81 или 1,23), но абсолютное значение скорости Марса не вычислено.
3	Арифметическая ошибка	Формула и подстановка верны, но вычислительная ошибка в расчёте корня или отношения.
2	Верная идея, неверная формула	Понимание, что скорость зависит от расстояния, но записана неверная зависимость (например, v ~ a вместо v ~ 1/√a).
1	Только формула	Записана формула орбитальной скорости, но подстановка не выполнена.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
в) Синодический период Марса (5 баллов)		
5	Полный ответ	Указано, что Марс — внешняя планета. Записана формула: $1/S = 1/T_⊕ - 1/T_♂$. Подстановка: $1 - 1/1{,}87 \approx 0{,}4652$. S ≈ 2,15 года. Перевод в сутки: 2,15 × 365,25 ≈ 785 суток.
4	Без перевода в сутки	Формула и расчёт в годах верны, но не выполнен перевод в сутки (ответ в годах, а не в сутках, как требовалось).

3	Арифметическая ошибка	Формула верна, но ошибка в вычислении 1/1,87 или в переводе в сутки. Метод правильный.
2	Неверная формула синодического периода	Использована формула для внутренней планеты ($1/S = 1/T - 1/T\oplus$) или иная неверная. Идея синодического периода упомянута.
1	Только формула	Записана правильная формула, но подстановка не выполнена.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.

Задание 3. Тема: «Фазы Луны»

Наблюдатель в северном полушарии заметил Луну на юге, высоко над горизонтом, её правая половина освещена, а левая – тёмная.

а) (4 балла) Как называется эта фаза Луны?
б) (6 баллов) В какое время суток наблюдатель видит Луну в этом положении (на юге, в верхней кульминации)?
Объясните ход рассуждений.
в) (6 балла) Чему равен угловой диаметр Луны, если её линейный диаметр 3474 км, а расстояние до неё в этот момент 384 400 км? Ответ дайте в угловых минутах.
г) (4 балла) Через сколько суток наступит следующее полнолуние? Считайте синодический период Луны 29,5 суток.

РЕШЕНИЕ:

Условие

Луна на юге, высоко над горизонтом. Правая половина освещена, левая — тёмная. Наблюдатель в северном полушарии.

а) Определение фазы (4 балла)

В северном полушарии Луны:
• Новолуние — Луна не видна.
• Растущая Луна (от новолуния до полнолуния) — освещена правая часть диска.
• Убывающая Луна (от полнолуния до новолуния) — освещена левая часть диска.

Правая половина освещена – значит, Луна растущая. Поскольку освещена ровно половина (а не серп или большая часть), это первая четверть.

Ответ: первая четверть.

б) Время наблюдения (6 баллов)

В первой четверти Луна находится на угловом расстоянии ~90° к востоку от Солнца (по эклиптике). Это значит, что Земля, Солнце и Луна образуют

прямой угол (Луна — в вершине).

Рассуждение по часам:
• Солнце в верхней кульминации (на юге) — примерно в 12:00.
• Объект, находящийся на 90° к востоку от Солнца, кульминирует на ~6 часов позже.
• Луна кульминирует (на юге, высоко) примерно в 12:00 + 6:00 = 18:00.

Проверка через схему подъёма-захода:
• В первой четверти Луна восходит около полудня, кульминирует вечером (~18:00), заходит около полуночи.

Ответ: наблюдатель видит Луну в верхней кульминации примерно в 18:00 (ближе к вечеру).

в) Угловой диаметр Луны (6 баллов)

Используем формулу перевода линейного размера в угловой для малых углов:

$$\omega = (d / D) \times 206265''$$

где d = 3474 км (линейный диаметр Луны), D = 384 400 км (расстояние).

$$\omega = (3474 / 384400) \times 206265''$$
$$\omega = 0{,}009032 \times 206265''$$
$$\omega \approx 1863''$$

Переводим в угловые минуты:

$$\omega \approx 1863'' / 60 \approx 31'$$

Сравнение: это почти совпадает с угловым размером Солнца (~32′), что и делает возможными полные солнечные затмения.

Ответ: угловой диаметр Луны ≈ 31′.

г) Время до полнолуния (4 балла)

Синодический период Луны (от новолуния до новолуния) — 29,5 суток.
Фазы Луны делят цикл на четыре части:
• Новолуние → Первая четверть: 29,5 / 4 ≈ 7,4 суток
• Первая четверть → Полнолуние: 29,5 / 4 ≈ 7,4 суток
• Полнолуние → Последняя четверть: 29,5 / 4 ≈ 7,4 суток
• Последняя четверть → Новолуние: 29,5 / 4 ≈ 7,4 суток

От первой четверти до полнолуния — одна четверть цикла:

$$\Delta t = 29{,}5 / 4 \approx 7{,}4 \text{ суток.}$$

Ответ: полнолуние наступит примерно через 7–8 суток.

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Определение фазы (4 балла)		
4	Полный ответ	Названа фаза: первая четверть. Объяснено: правая половина освещена → Луна растущая (северное полушарие). Ровно половина диска → первая четверть.
3	Без объяснения стороны	Фаза названа верно (первая четверть), но не объяснено, почему правая сторона = растущая.
2	Определено направление	Указано, что Луна растущая (правая сторона), но не определено, что это именно первая четверть.
1	Частично верно	Указана «растущая Луна» без конкретизации фазы или указана последняя четверть (ошибка направления).
0	Ответ отсутствует	Фаза не определена или определена полностью неверно (новолуние, полнолуние).
б) Время наблюдения (6 баллов)		
6	Полный ответ	Указано: ~18:00 (вечер). Объяснено: в первой четверти Луна на 90° к востоку от Солнца → кульминирует на 6 часов позже Солнца (12:00 + 6:00 = 18:00). Упомянуты восход/заход для проверки.
5	Без проверки	Время указано верно (18:00), объяснение через 90°/6 часов дано, но проверка через восход-заход не приведена.
4	Верное время, неполное объяснение	Указано ~18:00, но объяснение дано только через «90° от Солнца» без перевода в часы.
3	Верная идея, неточный ответ	Объяснено, что Луна кульминирует вечером, но время не названо или названо неточно (например, «ближе к вечеру» без конкретного значения).
2	Частичное рассуждение	Указано, что Луна на 90° к востоку от Солнца, но не сделан вывод о времени кульминации.
1	Минимальное понимание	Указано только, что наблюдение происходит вечером, без объяснения.
0	Ответ отсутствует	Время не указано или указано неверно (утро, полдень, полночь) без обоснования.
в) Угловой диаметр Луны (6 баллов)		
6	Полный ответ	Записана формула $\omega = (d/D) \times 206265''$. Подстановка: $(3474/384400) \times 206265 \approx$

		1863″. Перевод в минуты: 1863″/60 ≈ 31′. Ответ: ≈ 31′.
5	Без перевода в минуты	Формула и подстановка верны, получен ответ в секундах (≈ 1863″), но не переведён в угловые минуты, как требовалось.
4	Арифметическая ошибка	Формула верна, но ошибка в вычислении (например, неверное деление или умножение). Метод правильный.
3	Верная идея, неверная формула	Понимание, что угловой размер = d/D, но не использован множитель 206265″ (или использован неверно). Ответ в радианах или без перевода в градусы/минуты.
2	Только идея	Указано, что угловой размер = d/D, но расчёт не выполнен.
1	Минимальное понимание	Записаны исходные данные, но формулы и расчёта нет.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
г) Время до полнолуния (4 балла)		
4	Полный ответ	Указано: ≈ 7–8 суток. Объяснено: синодический период 29,5 сут, фазы делят цикл на 4 части → 29,5/4 ≈ 7,4 сут. От первой четверти до полнолуния — одна четверть цикла.
3	Ответ без обоснования	Указано ≈ 7–8 суток, но не объяснено деление цикла на 4 части.
2	Верный метод, неточный ответ	Объяснено деление цикла, но арифметическая ошибка (например, 29,5/4 = 5 или 10).
1	Частичный ответ	Указано «через неделю» или «около 7 дней» без расчёта.
0	Ответ отсутствует	Ответ неверен (например, 14 дней, 29 дней) или отсутствует.

Задание 4. Тема: «Смена сезонов. Высота Солнца»

а) (7 баллов) Вычислите высоту Солнца над горизонтом в верхней кульминации в день летнего солнцестояния (21 июня) в Краснодаре ($\varphi = 45°\ 02'$ с. ш.). Наклон эклиптики $\varepsilon = 23°\ 26'$.

б) (4 балла) На какой широте в день летнего солнцестояния Солнце проходит через зенит?

в) (4 балла) Солнце в Краснодаре в день зимнего солнцестояния (22 декабря) поднимается до высоты $21°\ 32'$. На какой высоте окажется Солнце через 3 часа после момента верхней кульминации? Дайте оценку, пояснив направление

движения Солнца.

РЕШЕНИЕ:

Условие

$\varphi = 45° 02′$ с. ш. (Краснодар). Наклон эклиптики $\varepsilon = 23° 26′$.

а) Высота Солнца в летнее солнцестояние (7 баллов)

В день летнего солнцестояния (≈ 21 июня) Солнце имеет максимальное склонение:

$\delta_{\odot} = +\varepsilon = +23° 26′$

Высота Солнца в верхней кульминации (для $\delta < \varphi$, т.е. Солнце кульминирует к югу от зенита):

$h_{max} = 90° - \varphi + \delta$

Подставляем:

$h_{max} = 90° - 45° 02′ + 23° 26′$

$h_{max} = 90° - 45° 02′ = 44° 58′$

$h_{max} = 44° 58′ + 23° 26′ = 68° 24′$

Проверка: $\delta = +23° 26′ < \varphi = 45° 02′$, значит формула $h = 90° - \varphi + \delta$ корректна (Солнце не проходит через зенит в Краснодаре).

Ответ: максимальная высота Солнца в Краснодаре 21 июня ≈ 68° 24′.

б) Широта, где Солнце в зените (4 балла)

Солнце проходит через зенит, когда его склонение равно широте места наблюдения:

$\delta = \varphi$

В день летнего солнцестояния $\delta = +23° 26′$. Значит, Солнце в зените на широте
$\varphi = 23° 26′$ с. ш. — это Северный тропик (тропик Рака).

Аналогично в день зимнего солнцестояния — тропик Козерога (23° 26′ ю. ш.).
В дни равноденствий — на экваторе.

Ответ: на широте 23° 26′ с. ш. (Северный тропик / тропик Рака).

в) Высота Солнца через 3 часа после верхней кульминации (4 балла)

В день зимнего солнцестояния максимальная высота Солнца:

$h_{max} = 90° - \varphi + \delta = 90° - 45° 02′ + (-23° 26′) = 21° 32′$

Через 3 часа после верхней кульминации Солнце сместилось к западу на угол:

$\Delta = 15° \times 3 = 45°$ (по часовому углу)

Для оценки высоты в произвольный момент можно использовать приближенную формулу (когда Солнце невысоко, а склонение мало):
$h \approx h_{max} \times \cos(H)$

где H — часовой угол. Через 3 часа H = 45°:
$h \approx 21° 32′ \times \cos 45° = 21° 32′ \times 0{,}7071$

Переводим 21° 32′ в десятичные градусы: 21 + 32/60 ≈ 21,533°.
$h \approx 21{,}533 \times 0{,}7071 \approx 15{,}2°$

Более точный расчёт через сферическую формулу:
$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H$
$\sin h = \sin(45{,}03°) \cdot \sin(-23{,}43°) + \cos(45{,}03°) \cdot \cos(-23{,}43°) \cdot \cos(45°)$
$\sin h \approx 0{,}707 \times (-0{,}398) + 0{,}707 \times 0{,}917 \times 0{,}707$
$\sin h \approx -0{,}281 + 0{,}458 = 0{,}177$
$h \approx \arcsin(0{,}177) \approx 10{,}2°$

Полная формула даёт ~10°, упрощённая оценка ~15°. Для 8 класса приемлема оценка в диапазоне 10–15°. Главный принцип: Солнце движется к западу и опускается.

Ответ: примерная высота Солнца через 3 часа после кульминации — около 10–15° (Солнце опускается к горизонту, двигаясь на запад).

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Высота Солнца в летнее солнцестояние (7 баллов)		
7	Полный ответ	Указано $\delta_{\odot} = +\varepsilon = +23° 26′$. Записана формула $h = 90° - \varphi + \delta$ (с проверкой $\delta < \varphi$). Подстановка: $90° - 45°02′ + 23°26′ = 68°24′$. Ответ: ≈ 68°24′.
6	Без проверки условия	Формула, подстановка и ответ верны, но не проверено условие $\delta < \varphi$ (кульминация к югу от зенита).
5	Арифметическая ошибка	Формула и подстановка верны, но вычислительная ошибка в сложении/вычитании углов. Метод правильный.
4	Неверно определено склонение	Использовано $\delta = -23° 26′$ (ошибка — взято зимнее склонение). Дальнейший расчёт выполнен по этому неверному значению.
3	Верная формула, нет подстановки	Записана правильная формула $h = 90° - \varphi + \delta$ и правильно определено δ, но подстановка не выполнена.
2	Только формула	Записана формула, но δ не определено и

		подстановка не выполнена.
1	Минимальное понимание	Указано, что 21 июня Солнце выше всего, но формулы нет.
0	Ответ отсутствует	Формула неверна или ответ отсутствует.
б) Широта, где Солнце в зените (4 балла)		
4	Полный ответ	Указано: φ = 23° 26′ с. ш. (Северный тропик / тропик Рака). Объяснено: Солнце в зените, когда δ = φ. В день летнего солнцестояния δ = +23° 26′.
3	Ответ без обоснования	Правильно указана широта (23° 26′ с. ш.), но не объяснено условие δ = φ.
2	Частичный ответ	Указан «Северный тропик» без числового значения широты, или наоборот — только число без названия.
1	Неверное полушарие	Указано 23° 26′ ю. ш. (правильное число, но неверное полушарие).
0	Ответ отсутствует	Широта не указана или указана неверно.
в) Высота Солнца через 3 часа после кульминации (4 балла)		
4	Полный ответ	Указано: Солнце опускается к западу, высота ≈ 10–15°. Объяснено: за 3 часа часовой угол H = 45°. Использована формула h ≈ h_max × cos(H) или полная сферическая формула. Получен результат в диапазоне 10–15°.
3	Правильный метод, неточный ответ	Метод верен (часовой угол 45°, cos 45°), но результат вне диапазона 10–15° из-за ошибки в вычислении. Направление движения указано верно.
2	Верная идея, нет расчёта	Указано, что Солнце опускается к западу, но расчёт высоты не выполнен. Упомянут часовой угол или cos.
1	Только направление	Указано, что Солнце опускается/движется на запад, но без количественной оценки и без формулы.
0	Ответ отсутствует	Ответ неверен (Солнце «поднимается», высота больше 21°) или отсутствует.

Задание 5. Тема: «Затмения Солнца и Луны»

а) (6 баллов) Почему солнечное и лунное затмения не происходят каждый месяц, хотя новолуние и полнолуние наступают каждые ~29,5 суток?

б) (5 баллов) В каком случае (новолуние или полнолуние) может произойти солнечное затмение? А лунное? Кратко обоснуйте.

в) (5 баллов) Полное солнечное затмение наблюдается на узкой полосе

шириной ~270 км. Линейный диаметр Луны 3474 км, диаметр Земли 12 742 км. Объясните, почему тень Луны на поверхности Земли столь мала по сравнению с размерами и Луны, и Земли.

г) (4 балла) Может ли произойти солнечное затмение, если угловой диаметр Луны меньше углового диаметра Солнца? Как оно будет называться?

РЕШЕНИЕ

а) Почему затмения не происходят каждый месяц (6 баллов)

Орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики (плоскости орбиты Земли вокруг Солнца) на угол ≈ 5° 09′. Поэтому в большинстве новолуний и полнолуний Луна находится выше или ниже линии Солнце–Земля, и её тень (или тень Земли) проходит мимо.

Затмения возможны только когда Луна находится вблизи узлов своей орбиты – точек, где плоскость орбиты Луны пересекает эклиптику. Узлов два, и они смещаются (прецессия лунных узлов с периодом 18,6 лет). Из-за этого затмения происходят в «сезоны затмений» – два раза в год, когда Солнце (двигаясь по эклиптике) оказывается вблизи узлов.

Минимум: 2 солнечных затмения в год (всего может быть до 5 затмений в год – солнечных и лунных суммарно).

Ключевые факты

• Наклон орбиты Луны к эклиптике: ~5°.

• Затмения — только вблизи узлов.

• Сезоны затмений: ~2 раза в год.

б) Новолуние или полнолуние (5 баллов)

Солнечное затмение — в новолуние.

В новолунии Луна находится между Солнцем и Землёй. Если Луна достаточно близко к узлу орбиты, её тень падает на поверхность Земли, и наблюдатель в полосе тени видит, как Луна закрывает диск Солнца.

Лунное затмение — в полнолуние.

В полнолунии Земля находится между Солнцем и Луной. Если Луна близка к узлу, она попадает в тень (или полутень) Земли, и наблюдатель на ночной стороне Земли видит постепенное потемнение и покраснение лунного диска.

Схема:

Солнце → [Луна] → Земля – новолуние, солнечное затмение

Солнце → [Земля] → Луна – полнолуние, лунное затмение

в) Почему тень Луны на Земле так узка (5 баллов)

Линейный диаметр Луны (3474 км) намного меньше диаметра Земли (12 742 км) – примерно в 3,7 раза. При этом Солнце находится очень далеко (~150 млн км), а Луна – близко к Земле (~384 400 км).

Угловой размер Солнца с Земли ≈ 32′, угловой размер Луны с Земли ≈ 31′ – они почти равны. Это значит, что конус полной тени Луны (умбры) очень узкий и сходит на нет почти у самой поверхности Земли. Диаметр пятна

полной тени на поверхности Земли – около 100–270 км, что ничтожно мало по сравнению с размерами Земли.

Если Луна немного дальше от Земли (в апогее), угловой размер Луны меньше солнечного, и полная тень вообще не достигает поверхности – тогда затмение кольцеобразное.

Ключевые причины:
1. Луна в ~3,7 раза меньше Земли.
2. Угловые размеры Луны и Солнца почти равны → конус тени очень острый.
3. Тень «сходит на нет» у поверхности Земли.

г) Затмение при меньшем угловом диаметре Луны (4 балла)

Да, солнечное затмение возможно. Если угловой диаметр Луны меньше углового диаметра Солнца, Луна не может полностью закрыть солнечный диск. Вокруг тёмного диска Луны остаётся видимое кольцо солнечного света.

Это называется кольцеобразным (кольцевым) солнечным затмением. Оно происходит, когда Луна находится в апогее (дальше всего от Земли), и её угловой размер уменьшается.

При кольцеобразном затмении:
• Наблюдатель видит кольцо света вокруг Луны.
• Небо темнеет не так сильно, как при полном затмении.
• Солнечную корону не видно.
• Защитные фильтры всё равно необходимы.

Ответ: да – это кольцеобразное (кольцевое) солнечное затмение.

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Почему затмения не каждый месяц (6 баллов)		
6	Полный ответ	Указан наклон орбиты Луны к эклиптике ≈ 5°. Объяснено: Луна обычно выше/ниже линии Солнце–Земля. Затмения только вблизи узлов орбиты. Упомянуты сезоны затмений (2 раза в год) и/или прецессия узлов.
5	Без узлов	Наклон орбиты указан и объяснено, что Луна обычно не на линии, но узлы орбиты не упомянуты.
4	Без наклона	Узлы орбиты упомянуты, но наклон орбиты (~5°) не указан. Объяснение неполное.
3	Частичное объяснение	Указано, что «Луна не всегда на одной линии с Солнцем и Землёй», но без указания причины (наклон орбиты) и без упоминания

		узлов.
2	Минимальное понимание	Указано только, что затмения происходят редко, без физического объяснения.
1	Неверное объяснение	Указана неверная причина (например, «облака», «вращение Земли»), но есть понимание, что затмения не ежемесячные.
0	Ответ отсутствует	Ответ отсутствует или полностью неверен.
б) Новолуние или полнолуние для затмений (5 баллов)		
5	Полный ответ	Солнечное затмение — в новолуние (Луна между Солнцем и Землёй). Лунное затмение — в полнолуние (Земля между Солнцем и Луной). Дана схема взаимного расположения.
4	Без схемы/обоснования	Правильно указаны новолуние для солнечного и полнолуние для лунного, но не объяснено взаимное расположение тел.
3	Один из двух	Правильно указан только один тип затмения (либо солнечное = новолуние, либо лунное = полнолуние) с обоснованием.
2	Оба ответа без обоснования	Указаны новолуние и полнолуние, но перепутаны (солнечное = полнолуние), либо оба без обоснования.
1	Один ответ без обоснования	Указан только один тип верно, без обоснования. Второй не указан или неверен.
0	Ответ отсутствует	Оба ответа неверны или отсутствуют.
в) Почему тень Луны на Земле узкая (5 баллов)		
5	Полный ответ	Указано: Луна в 3,7 раза меньше Земли. Угловые размеры Луны и Солнца почти равны (~31′ и ~32′) → конус тени очень острый, сходит на нет у поверхности Земли. Ширина пятна тени ~100–270 км.
4	Без одного фактора	Объяснение верное, но не упомянут один из ключевых факторов (например, равенство угловых размеров или малый размер Луны).
3	Частичное объяснение	Указано, что Луна меньше Земли, но не объяснено влияние равенства угловых размеров на конус тени.
2	Только размер	Указано только, что Луна меньше Земли, без объяснения геометрии тени.
1	Минимальное понимание	Указано, что Луна далеко или тень «узкая», но без физического объяснения.
0	Ответ отсутствует	Объяснение отсутствует или неверное.
г) Затмение при меньшем угловом диаметре Луны (4 балла)		
4	Полный ответ	Ответ: да, возможно. Названо:

		кольцеобразное (кольцевое) солнечное затмение. Объяснено: Луна в апогее, угловой размер меньше → не закрывает Солнце полностью, остаётся кольцо света.
3	Без апогея	Названо кольцеобразное затмение, объяснено, что видимо кольцо, но не упомянут апогей.
2	Только название	Названо «кольцевое затмение», но без объяснения причины (почему кольцо).
1	Ответ «да» без названия	Указано, что затмение возможно, но тип не назван или назван неверно.
0	Ответ отсутствует	Ответ «нет» или ответ отсутствует.

Задание 6 (15 баллов). Тема: «Сутки и время. Звёздное и солнечное время»

Звезда Вега (α Лиры) имеет прямое восхождение $\alpha = 18^h36^m$. 23 сентября (день осеннего равноденствия) наблюдатель в Краснодаре ($\varphi = 45°02'$ с.ш.) зафиксировал время верхней кульминации Веги. Считайте уравнение времени пренебрежимо малым.

а) (5 баллов) В какое местное среднее солнечное время кульминирует Вега 23 сентября?

б) (5 баллов) Сколько звёздных суток содержится в одном тропическом году (365,2422 средних солнечных суток)? Объясните, почему это число больше числа солнечных суток ровно на единицу.

в) (5 баллов) Наблюдатель зафиксировал заход Веги в 01:30 23 сентября. В какое время она зайдёт через 30 суток (ночью 22 октября)?

РЕШЕНИЕ:

Условие

α Веги = 18^h36^m. Дата: 23 сентября — осеннее равноденствие. Наблюдатель в Краснодаре: $\varphi = 45°02'$ с.ш. Уравнение времени ≈ 0.

Продолжительность звёздных суток: $23^h56^m04^s = 86164$ с.

Продолжительность средних солнечных суток: $24^h00^m00^s = 86400$ с.

а) Время кульминации Веги 23 сентября (5 баллов)

В день осеннего равноденствия прямое восхождение Солнца $\alpha\odot \approx 12^h$.

В момент верхней кульминации Солнца (12:00 по местному среднему солнечному времени) местное звёздное время равно: $S = \alpha\odot = 12^h$.

Звезда кульминирует, когда местное звёздное время равно её прямому восхождению: $S = \alpha = 18^h36^m$.

Интервал звёздного времени от кульминации Солнца до кульминации Веги: $\Delta S = 18^h36^m - 12^h = 6^h36^m = 396^m$

Переводим интервал звёздного времени в интервал солнечного времени: $\Delta t = \Delta S \times (T_{солн} / T_{зв}) = 396^m \times (365{,}2422 / 366{,}2422) = 396 \times 0{,}99727 \approx 394{,}9^m \approx 6^h34^m55^s$

Время кульминации Веги: $12{:}00 + 6^h34^m55^s \approx 18^h35^m$.

Ответ: ≈ 18:35.

б) Количество звёздных суток в тропическом году (5 баллов)

Тропический год содержит 365,2422 средних солнечных суток. Каждый солнечный день Земля делает один полный оборот вокруг оси относительно Солнца, но при этом смещается примерно на 1° по орбите вокруг Солнца (в том же направлении, в котором вращается).

За полный год Земля совершает 365,2422 оборота относительно Солнца, но относительно далёких звёзд она делает на один оборот больше – ведь за год она проходит полный круг по орбите, и это «дополнительное» вращение складывается с суточными.

Количество звёздных суток:

$N_{зв} = 365{,}2422 + 1 = 366{,}2422 \approx 366$.

Проверка через отношение продолжительностей:

$N_{зв} = 365{,}2422 \times (86400 / 86164{,}1) = 365{,}2422 \times 1{,}00274 \approx 366{,}2422$.

Ответ: 366,2422 ≈ 366 звёздных суток. На единицу больше, потому что за год Земля делает один полный оборот по орбите, который складывается с осевым вращением.

в) Заход Веги через 30 суток (5 баллов)

Каждые солнечные сутки звезда заходит (и кульминирует) раньше на разницу между солнечными и звёздными сутками:

$\Delta t = 86400\ с - 86164\ с = 236\ с \approx 3^m56^s$.

За 30 суток суммарный сдвиг:

$\Delta T = 30 \times 236\ с = 7080\ с = 1^h58^m$.

Звезда заходила в 01:30 23 сентября. Через 30 суток она зайдёт на 1^h58^m раньше:

01:30 − 1:58 = 23:32 (предыдущих суток).

Поскольку время пересекло полночь, заход сместился с раннего утра 23 сентября на вечер 22 октября. Это означает, что через 30 суток Вега заходит уже до полуночи — звезда стала заходить раньше, ночи стали длиннее, и звезда видна большую часть ночи.

Ответ: ≈ 23:32 22 октября (вечером, а не после полуночи).

Баллы	Критерий	Что проверяется / частичные баллы
а) Время кульминации Веги 23 сентября (5 баллов)		
5	Полный ответ	Указано, что в осеннее равноденствие $\alpha\odot = 12^h$. В полдень $S = 12^h$. Кульминация при $S = \alpha = 18^h36^m$. Разность $\Delta S = 6^h36^m$ переведена в солнечное время: $396^m \times 0{,}99727 \approx 6^h35^m$. Ответ: ≈ 18:35.
4	Без перевода	Правильно определено $\alpha\odot = 12^h$ и $\Delta S = 6^h36^m$, но интервал звёздного времени не переведён в солнечный (ответ дан как 18:36 без учёта коэффициента 0,99727).
3	Неверно	Использовано $\alpha\odot = 0^h$ (ошибка — взято

	определено $\alpha\odot$	весеннее равноденствие вместо осеннего), но дальнейший метод (ΔS, перевод, сложение с 12:00) правильный.
2	Верная идея, нет расчёта	Указано, что кульминация наступает, когда $S = \alpha$, и что $S = \alpha\odot$ в полдень, но расчёт интервала и перевод не выполнены.
1	Только формула	Записано $S = \alpha$, но определение $\alpha\odot$ и подстановка не выполнены.
0	Ответ отсутствует	Метод неверен или ответ отсутствует.
б) Количество звёздных суток в тропическом году (5 баллов)		
5	Полный ответ	Получено 366,2422 ≈ 366. Объяснено: за год Земля делает на один оборот по орбите, который складывается с осевым вращением → на 1 больше относительно звёзд, чем относительно Солнца. Приведена проверка через отношение Тсолн/Тзв.
4	Без объяснения	Ответ 366 получен, но не объяснено, почему именно на 1 больше (не упомянуто движение по орбите).
3	Без проверки	Ответ и объяснение верны, но проверка через 365,2422 × (86400/86164) не приведена.
2	Верная идея, неточный ответ	Указано, что звёздных суток больше, но число не вычислено или вычислено с ошибкой (например, 365 вместо 366).
1	Только идея	Указано, что звёздных суток больше солнечных, но без расчёта и без объяснения причины.
0	Ответ отсутствует	Ответ неверен или отсутствует.
в) Заход Веги через 30 суток (5 баллов)		
5	Полный ответ	Рассчитан сдвиг: $30 \times 3^m56^s = 1^h58^m$. Новое время: 01:30 − 1:58 = 23:32. Указано, что заход сместился на вечер 22 октября (пересечение полуночи).
4	Без перехода через полночь	Сдвиг 1^h58^m рассчитан верно, но ответ записан как «−0:28» или «23:32» без указания, что это вечер 22 октября (не объяснён переход через полночь).
3	Арифметическая ошибка	Метод верен ($30 \times 3^m56^s$), но ошибка в вычислении (например, $30 \times 4^m = 2^h$, ответ 23:30). Метод правильный, результат близкий.
2	Верная идея, нет	Указано, что звезда заходит раньше на ~4^m в

	расчёта	сутки, но суммарный сдвиг и итоговое время не вычислены.
1	Только направление	Указано, что звезда зайдёт «раньше», но без количественной оценки.
0	Ответ отсутствует	Ответ неверен или отсутствует.

Сводная таблица баллов

Задание	**Тема**	**Баллы**
1	Звёздное небо и небесные координаты	15
2	Законы Кеплера. Движение планет	15
3	Фазы Луны	20
4	Смена сезонов. Высота Солнца	15
5	Затмения Солнца и Луны	20
6	Сутки и время	15
Итого		**100**