Муниципальный этап ВсОШ по астрономии в 2026/27 учебном году

10 класс.

Ключи

№ 1. Условие. Оцените угловое расстояние между центром Солнца и точкой востока в Новосибирске (55º с.ш., 83º в.д., UT+7) в солнечный полдень 22 декабря. Атмосферную рефракцию не учитывайте.

Решение. Солнце в кульминациях (в частности, в солнечный полдень) находится на меридиане наблюдателя. Любая точка меридиана наблюдателя находится на расстоянии 90º от точки востока (как и от точки запада). Данный ответ может быть указан вовсе без обоснований и без рисунков. *(8 баллов)*

Однако участник, не решив или неправильно решив задачу, может сделать ненужные или неправильные в этой задаче, но оцениваемые действия. Склонение Солнца 22 декабря (зимнее солнцестояние или очень близко к нему) -23°26′ – участник может округлить до -23,5°. *(1 балл)*

Высота Солнца над горизонтом в солнечный полдень (верхняя кульминация): *(1 балл)*

$$h^{+} = 90° - |55° - (-23°26′)\ \ | = 11°34′.$$

Не применяя формулы сферической тригонометрии, участник может захотеть применить плоскую теорему Пифагора: *(1 балл)*

$$R_1 = \sqrt{90°^2 + 11°34′^2} \approx 90°44′.$$

Этот один балл ставится и в случае, если участник дает ответ «примерно 90º» без обоснований.

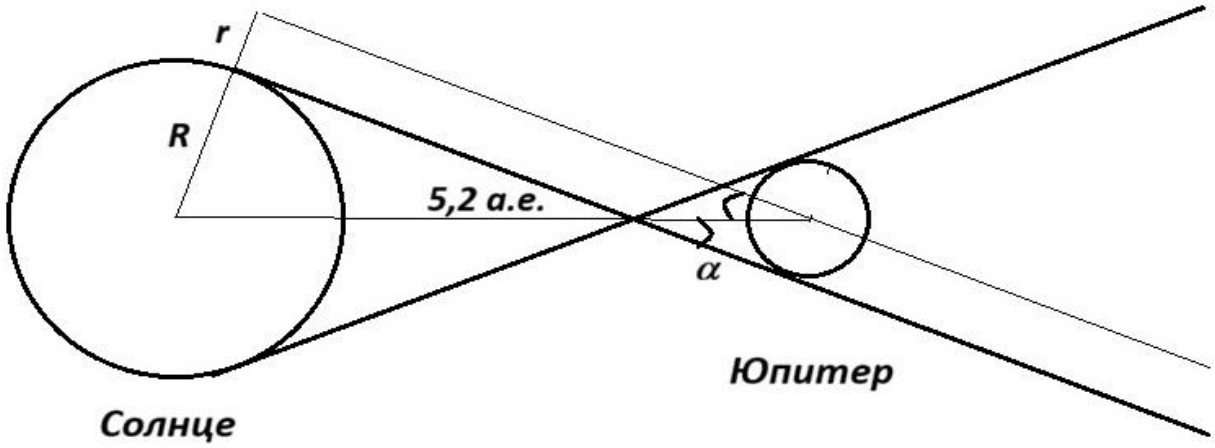
Формулы сферической тригонометрии (например, сферическая теорема косинусов) дадут ровно 90º, что оценивается в ***8 баллов***.

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

Основные критерии даны выше в авторском решении. Если участник решает задачу неправильно или делает ненужные действия, то, если он в любом месте прервет свое решение и напишет ответ ровно 90º, он получает 8 баллов за задачу. Ответ «примерно 90º» и т.п. оценивается не в 8 баллов, а исходя из критериев, указанных выше в авторском решении.

№ 2. Условие. Определите угловую ширину области неба (в гелиоцентрической системе отсчета), из которой далекие внесолнечные наблюдатели могут зафиксировать транзит Юпитера по Солнцу. Орбиту Юпитера считайте круговой.

Решение. Рисунок, иллюстрирующий решение:

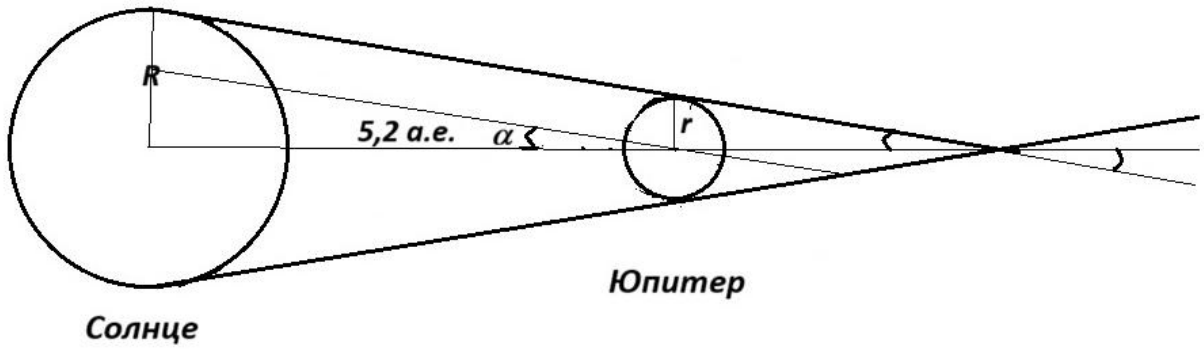


R - радиус Солнца,
r - радиус Юпитера

Искомый угол:

$2 \cdot \alpha \approx 2 \cdot (R + r) / 5{,}2$ а.е. $\approx 2 \cdot (700000 + 70000)/(5{,}2 \cdot 150000000) \approx 0{,}00197 \approx 0{,}11° \approx 6{,}6'$ *(8 баллов)*

Рисунок, иллюстрирующий неполное решение, учитывающее только полные транзиты (когда диск Юпитера полностью проецируется на диск Солнца):



R - радиус Солнца,
r - радиус Юпитера

В таком случае расчет даст:

$2 \cdot \alpha \approx 2 \cdot (R - r)/5{,}2$ а.е. $\approx 2 \cdot (700000 - 70000) / (5{,}2 \cdot 150000000) \approx 0{,}00162 \approx 0{,}09^\circ \approx 5{,}4'$

(5 баллов)

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

Правильное решение и ответ, независимо от единиц измерения ответа – *8 баллов.*

Решение и ответ, учитывающие только полные транзиты, – *5 баллов.*

Арифметические ошибки в обоих вариантах решения, не приводящие к абсурдному ответу, – *минус 1-2 балла.*

Отсутствие множителя «2» (т.е. если найден только угол α), в обоих вариантах решения, – *минус 2 балла.*

Точность ответов участника может немного отличаться от авторской. При адекватных решениях (в обоих авторских вариантах или в оригинальном решении участника) за это баллы не снимаются.

За отсутствие рисунка при наличии правильного расчета (в обоих вариантах) баллы не снимаются.

За ответы без пояснений – *0 баллов.*

За рисунки без расчета – *0-3 балла, в зависимости от адекватности и степени продвижения к решению.*

№ 3. Условие. Предположим, гипотетические внешние факторы гравитационно разогнали Марс таким образом, что в результате радиус его орбиты увеличился на 10%. Оцените изменение видимой звёздной величины Марса (новая звёздная величина минус старая) для земного наблюдателя при расположении Марса в квадратуре. Орбиты планет считайте круговыми как до разгона, так и после него.

Решение. Разность звёздных величин, в данном случае, однозначно связана с отношением плотностей потоков (освещенностей) солнечного света, дошедшего до Марса, частично поглощенного его поверхностью и частично рассеянного на ней и дошедшего до Земли, – отношением старой плотности потока к новой (по формуле Погсона).

Поскольку источник света (светимость Солнца), отражающая способность Марса (альбедо) и его фаза (Марс в квадратуре) в данной задаче неизменны, изменение плотности потока обусловлено только изменением двух расстояний: Солнце – Марс и Марс – Земля.

Первое расстояние:

было

$r_1 = 1{,}52,$

стало

$r_2 = 1{,}52 \text{ а.е.} \cdot 1{,}1 \approx 1{,}67 \text{ а.е.}$

(1 балл)

Второе расстояние:

было

$R_1 = \sqrt{1{,}52^2 - 1^2} \approx 1{,}14 \text{ а.е.},$

(1 балл)

стало

$R_2 = \sqrt{(1{,}52 \cdot 1{,}1)^2 - 1^2} \approx 1{,}34 \text{ а.е.},$

(1 балл)

По формуле Погсона разность блесков пропорциональна логарифму отношения плотностей потоков. В нашей задаче отношение плотностей потоков сводится к отношению квадратов расстояний:

$$m_2 - m_1 = 2{,}5 \cdot \log_{10} \frac{1{,}67^2 \cdot 1{,}34^2}{1{,}52^2 \cdot 1{,}14^2} \approx 0{,}56^m.$$

(5 баллов)

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

Если при нахождении расстояний были допущены арифметические ошибки, не приводящие к абсурдному ответу, за соответствующее расстояние 1 балл не ставится, а расчет разности блесков оценивается в полной мере. За абсурдные значения какого-либо из четырех расстояний или неправильное его

нахождение по смыслу задачи – *0 баллов за все расстояния (при этом расчет разности блесков оценивается в полной мере).*

За применение формулы Погсона, вне зависимости от правильности ответа, - *1 балл.*

За абсурдный ответ (разность звездных величин) – например, отрицательный или исчисляемый десятком и более звездных величин, в т.ч. при ответе «минус $0{,}56^m$», – *минус 3 балла*.

Просто за арифметическую ошибку при расчете по формуле Погсона, не приведшую к абсурдному ответу, – *минус 1 балл.*

Точность ответов участника может немного отличаться от авторской. При адекватных решениях за это баллы не снимаются.

За отсутствие рисунка при наличии правильного расчета баллы не снимаются.

За рисунки без расчетов – *0-2 балла, в зависимости от адекватности и степени продвижения к решению.*

Ошибки на предыдущих этапах не влекут снижения баллов на последующих, если иное не указано в критериях оценивания и ошибки не приводят к абсурдным результатам.

№ 4. Условие. Оцените, в какой день года (в какую дату) в Новосибирске (55º с.ш., 83º в.д., UT+7) Бетельгейзе ($\alpha = 5^h55^m$, $\delta = +7^\circ\ 24'$) находится в верхней кульминации в 19:00 местного поясного времени. Движение Солнца по эклиптике считайте равномерным. Календарные годы, участвующие в этой задаче, считайте невисокосными.

Решение. В момент наблюдения «универсальное» время UT, совпадающее с солнечным временем на нулевом меридиане, равно 19 – 7 = 12:00.

Значит, солнечное время в Новосибирске равно

$12^h + \frac{83^\circ}{15^\circ_{\overline{h}}} \approx 17{,}53^h \approx 17^h32^m$. (1 балл)

Звездное время, совпадающее с прямым восхождением объекта в верхней кульминации, равно 5^h55^m.

(1 балл)

Звездное время совпадает с солнечным в осеннее равноденствие (22-23 сентября) и за солнечные сутки убегает вперед на

$\left(24^h - 23^h56^m04^s\right) \cdot \frac{23^h56^m04^s}{24^h} \approx 235{,}4^s \approx 3{,}92^m.$

(2 балла)

Если суточную разницу показаний звездного и солнечного времени участник использует как известную без расчета (3:56 или 4 минуты) этап оценивается в полной мере.

Разница между звездным и солнечным временем $5^h55^m - 17^h32^m = 12^h23^m$ набежала за

$\frac{12^h23^m}{3{,}92^m} \approx 189{,}5$ суток.

(2 балла)

Участник может округлить знаменатель до 3,9 – 4,0, тогда ответ лежит примерно в диапазоне 185 – 191 суток, что также оценивается этими 2 баллами, даже если участник использует 4 минуты, как известную величину, или получает ее в результате не вполне корректного расчета на предыдущем этапе.

Поскольку неизвестно время момента осеннего равноденствия, прибавляем к 22 и 23 сентября 189 и 190 суток – получаем (расчет для 22 сентября, по месяцам: 8 + 31 + 30 + 31 + 31 + 28 (годы, по условию, не високосные) + 30 и 31) 30 или 31 марта для 22 сентября и 31 марта и 1 апреля для 23 сентября. Правильным ответом (при адекватном расчете) является любая дата из диапазона **30 марта – 1 апреля.**

(2 балла)

Также эти 2 балла ставятся за ответ, полученный арифметически правильным прибавлением хотя бы к одной из возможных дат осеннего равноденствия (22 или 23 сентября) количества суток, полученного участником на предыдущем этапе, даже если это количество не совпадает с авторским (не попадает в диапазон 185 – 191 сутки).

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

Основные критерии оценивания даны выше в авторском решении. Участник не обязан явным образом проводить промежуточные расчеты, – если они

адекватно сделаны в составе более общих расчетов; соответствующие этапы оцениваются в полной мере.

Правильной датой осеннего равноденствия считается и 22, и 23 сентября – с соответствующим изменением ответа. Если участник ошибочно считает от 20 или 21 сентября – *минус 1 балл*. Если от весеннего равноденствия – *минус 2 балла*.

Ошибки на предыдущих этапах не влекут снижения баллов на последующих, если иное не указано в критериях оценивания и ошибки не приводят к абсурдным результатам.

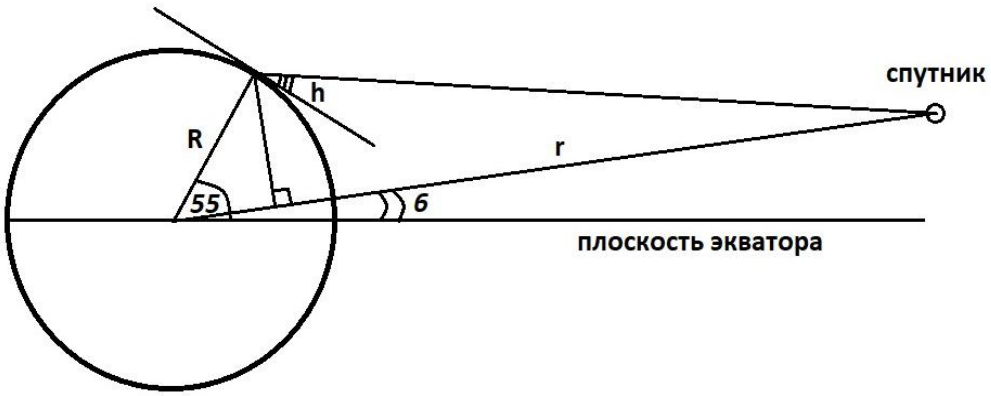
№ 5. Условие. Наклон орбиты геосинхронного спутника 6º. Найдите его максимальную высоту над горизонтом для наблюдателя в Новосибирске (55º с.ш.). Атмосферную рефракцию не учитывайте.

Решение. По 3 закону Кеплера (например, сравнив спутник с Луной) найдем радиус орбиты геосинхронного спутника (период $23^h56^m04^s$):

$$r = 384400 \text{ км} \cdot \sqrt[3]{\frac{(23^h56^m04^s)^2}{(27{,}3 \cdot 24^h)^2}} \approx 42300 \text{ км}.$$

(2 балла)

Рисунок, иллюстрирующий правильное решение:



Смежный катет в двух прямоугольных треугольниках дает уравнение:

$$R\sin(55° - 6°) = (r - R)\text{tg}\Big(90° - \big((55° - 6°) + h\big)\Big)$$

или

$$R\sin 49° = (r - R)\text{tg}(41° - h),$$

Откуда

$$h = 41° - \text{arctg}\left(\frac{6400 \cdot \sin 49°}{42300 - 6400}\right) \approx 33{,}3° \approx 33°.$$

(6 баллов)

Неправильное, но оцениваемое решение:

по формуле верхней кульминации («склонение» 6º)

$$h^{+} = 90° - |55° - 6°| = 41°.$$

(3 балла вместо шести)

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

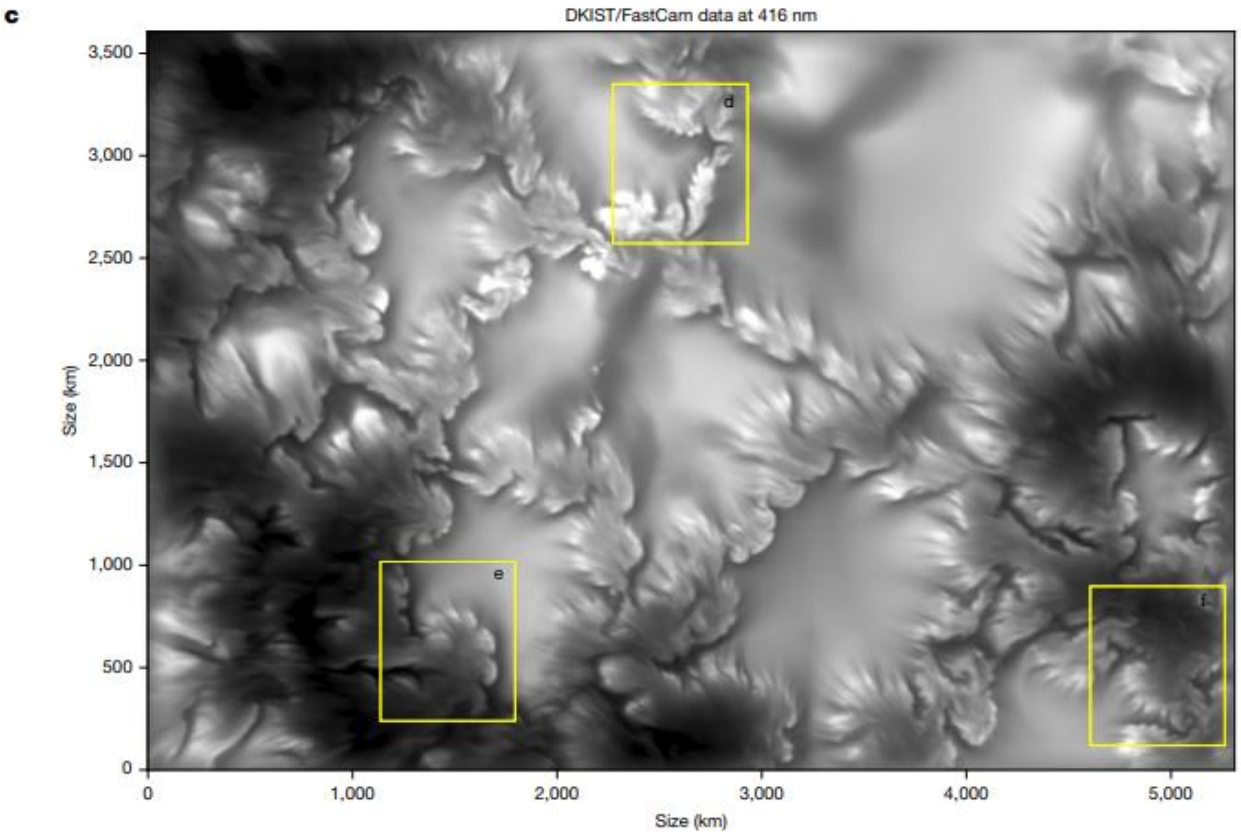
Основные критерии оценивания даны выше в авторском решении. В случае неполного решения 6 баллов распределяются и уменьшаются исходя из адекватности и степени продвижения к решению.

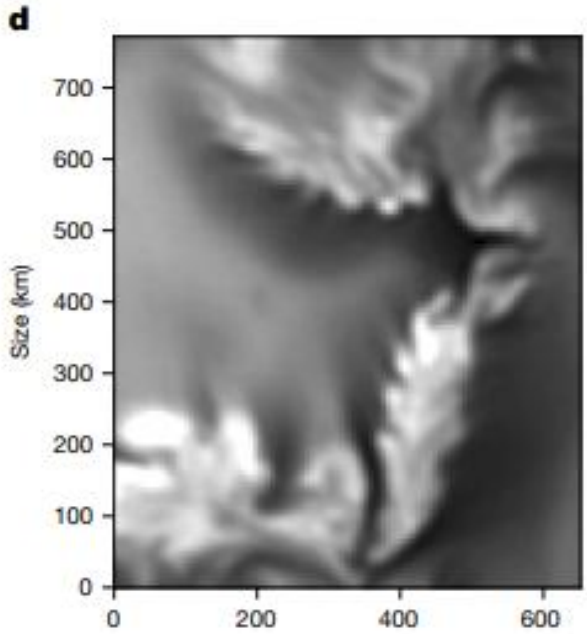
Если участник для определения радиуса орбиты спутника использовал период 24 часа по умолчанию, не упоминая, что это округление звездных суток (23 часа 56 минут 04 секунды) – *минус 1 балл*.

Адекватные округления и прочие отличия результатов (например, из-за применения формулы первой космической скорости и т.п.) не влекут снижения баллов. Арифметические ошибки, не приводящие к абсурдным ответам, – *минус 1-2 балла*.

Ошибки на предыдущих этапах не влекут снижения баллов на последующих, если иное не указано в критериях оценивания и ошибки не приводят к абсурдным результатам.

№ 6. Условие. Ниже представлены изображения одной из звезд, полученные наземным телескопом.





Известно, что минимальные детали, различимые на изображении **c** и его увеличенном фрагменте **d**, имеют размеры около 20 км.

1. Определите угловые размеры фотографии **d**.

2. Оцените апертуру телескопа.

Все расчеты должны быть приведены.

Решение. 1. Для ответа надо понять, что объект на изображениях – Солнце, что несложно (даже если участнику не вполне хватает астрономической эрудиции, чтобы просто узнать фотосферу Солнца), учитывая отсутствие разумной альтернативы Солнцу для столь детальных изображений звезды.

Исходя из масштаба изображения, его размеры 760 ± 25 км и 650 ± 25 км (правильными считаются любые значения из указанных диапазонов)

(1 балл)

Угловые размеры:

$$\frac{760}{150000000} \approx 0{,}0000051 \approx 1{,}05''.$$

$$\frac{650}{150000000} \approx 0{,}0000043 \approx 0{,}89''.$$

(1 балл)

2. Апертуру телескопа можно определить, зная дифракционный предел телескопа. Дифракционный предел:

$$\frac{20}{150000000} \approx 0{,}00000013 \approx 0{,}03''.$$

(4 балла)

Апертура телескопа (на рисунке указана длина волны, на которой получено изображение, – 416 нанометров):

$$\frac{0.000000416}{0.00000013} \approx 3.2\text{м}$$

(1 балл)

или

$$\frac{1{,}22 * 0.000000416}{0.00000013} \approx 3.9\text{м}$$

(2 балла)

Для данного (видимого фиолетового или ближнего ультрафиолетового) диапазона применяется множитель 1,22, поэтому второй вариант ответа оценивается выше. Реальная эффективная апертура данного телескопа (DKIST) – 4 метра.

Критерии оценивания (максимум за задачу – 8 баллов).

Основные критерии оценивания даны выше в авторском решении.

Адекватные округления не влекут снижения баллов. Арифметические ошибки, не приводящие к абсурдным ответам, – *минус 1-2 балла*.

Ошибки на предыдущих этапах не влекут снижения баллов на последующих, если иное не указано в критериях оценивания и ошибки не приводят к абсурдным результатам.

Результаты и ответы, которые должны были быть получены расчетом, но не подкрепленные таковым, не оцениваются.