

Содержание

9.1. Между сегодня и завтра	2
9.2. Школа навигаторов	4
9.3. Задача о максимумах	6
9.4. Два в одном	9
9.5. Исправленному верить	11

9.1. Между сегодня и завтра

Р. Я. Жучков

Для наблюдателя, находящегося в точке с долготой $\lambda = 54^\circ 15'$ на территории России, Луна 27 июля 2018 года вошла в $23^h 19^m$, а зашла в $23^h 25^m$ по московскому времени, принятому в той местности. В эту же ночь произошло полное лунное затмение, максимальная фаза которого пришлась на $20^h 23^m$ всемирного времени 27 июля. Найдите широту наблюдателя. Затмение считать центральным.

Решение. По всемирному времени максимальная фаза затмения наступила в $UT = 20^h 23^m$ 27 июля. Поскольку наблюдатель находится на $54^\circ 15'$ ($3^h 37^m$) восточнее нулевого меридиана, по его местному времени максимум затмения пришелся на $20^h 23^m + 3^h 37^m = 24^h 00^m$, то есть на полночь между 27 и 28 июля.

Московское время привязано к меридиану 45° восточной долготы, который расположен на $54^\circ 15' - 45^\circ = 9^\circ 15'$ западнее меридиана наблюдателя. Следовательно, разница местного времени составляет 37^m . Тогда по местному времени наблюдателя Луна вошла в $23^h 56^m$, а зашла в $0^h 02^m$ 28 июля. Получается, что в момент максимума затмения Луна находилась почти в верхней кульминации, а Солнце — в нижней. За одну минуту высоты Солнца и Луны изменились незначительно, этим изменением можно смело пренебречь.

Замечание. Здесь мы пренебрегаем уравнением времени, которое в конце июля достигает 6.5 минут, то есть среднее солнечное время на 6.5 минут опережает истинное.

Определим склонение Солнца на дату наблюдений. Между 28 июля и днем осеннего равноденствия (23 сентября) прошло 57 дней. За это время Солнце прошло дугу $\frac{57}{365.25} \cdot 360^\circ \approx 56^\circ$ по эклиптике. Тогда приближенно склонение Солнца равно

$$\delta_\odot = 23.5^\circ \sin 56^\circ \approx 19.5^\circ.$$

Замечание. День осеннего равноденствия может приходиться как на 23, так и на 22 сентября. Сам момент равноденствия может быть как в начале, так и в конце дня. Поэтому число дней может составлять от 56 до 58, а разброс склонений от 19.3° до 19.8° . Использование сферической тригонометрии дает значение 19.3° . Различие точного и приближенного значений сравнимо с погрешностью, возникающей из-за того, что мы использовали приблизительное время равноденствия.

В момент максимальной фазы центрального затмения Луна находится строго в противоположной от Солнца части неба, следовательно, ее склонение равно $\delta_\zeta = -\delta_\odot = -19.5^\circ$.

Луна вошла лишь на 6 минут — только верхний край ее видимого диска едва показался над горизонтом и быстро скрылся обратно. Можно считать, что в момент верхней кульминации верхний край диска Луны совпал с горизонтом. С учетом рефракции, приподнявшей диск на угол $\rho = 35'$, центр истинного диска Луны, расположенный на $16'$ ниже верхнего края, оказался на высоте $h_\zeta = -51'$ (находился под горизонтом).

Применив формулу для высоты в верхней кульминации к югу от зенита, получим

$$h_\zeta = 90^\circ - \varphi + \delta_\zeta \quad \Rightarrow \quad \varphi = 90^\circ + \delta_\zeta - h = 90^\circ - 19.5^\circ + 51' = 71^\circ 21'.$$

Эта точка находится на острове Южный архипелага Новая Земля.

Критерии оценивания.	16
К1. Затмение в момент верхней кульминации	6
Долгота наблюдателя во временной мере	1
Местное время затмения для наблюдателя	2
Разница местного времени и времени часовой зоны наблюдателя	1
Местное время восхода / захода Луны	1
Вывод о том, что затмение в полночь	1
В условии не дано уравнение времени на дату наблюдения, но участник может попытаться его учесть по памяти — в конце июля локальный максимум. Это не является ошибкой, но при строгом учете заметно усложняет решение. Ответ при этом значительно измениться не должен.	
К2. Склонение Луны	4
Положение Солнца на эклиптике	1
Для определения склонения надо определить угловое расстояние Солнца относительно какой либо точки с известным склонением (равноденствия или солнцестояния). Если участник не учитывает, что Солнце проходит за день меньше градуса, этот балл не выставляется, но остальное решение проверяется в зависимости от правильности вычислений.	
Разброс времен до равноденствия в 3 дня, описанный в тексте решения, ошибкой не является и приводит к законному изменению ответа на $\pm 12'$	
Склонение Солнца с точностью $\pm 1^\circ$	2
Склонение Луны, как противоположное склонению Солнца	1
К3. Определение широты	6
Верхний край Луны на горизонте \Rightarrow центр ниже на 15–16 минут	2
Учет рефракции	2
Допустимые значения угла рефракции от $30'$ до $40'$.	
Формула для высоты верхней кульминации к югу от зенита	1
Значение широты	1

9.2. Школа навигаторов

В. Б. Игнатьев

В школе юных навигаторов два друга обсуждали свои экзаменационные космические полеты. Каждый из них должен стартовать с Земли, посетить поочередно две звезды и вернуться на Землю. Вася выбрал две звезды видимой звездной величины 4^m , а Петя — звезды 3^m и 5^m . Известно, что угловое расстояние между каждой парой звезд на небесной сфере составляет 90° . Все четыре звезды имеют одинаковую светимость, а тренировочные космолеты — одинаковую скорость. Определите, чей маршрут окажется короче и во сколько раз. Межзвездным поглощением света пренебречь.

Решение. Маршрут космолета представляет собой прямоугольный треугольник с вершинами на Земле и двух выбранных звездах. Длина всего пути равна сумме сторон этого треугольника.

Поскольку светимости звезд одинаковые, различие в их звездных величинах кроется только в разных расстояниях до них. По определению разница в одну звездную величину соответствует отношению освещенностей $10^{0.4} \approx 2.512$. Освещенность, создаваемая звездой, обратно пропорциональна квадрату расстояния до звезды. Пусть l_4 — расстояние от Земли до звезды с видимой звездной величиной 4^m . Тогда расстояние до звезды 5^m равно

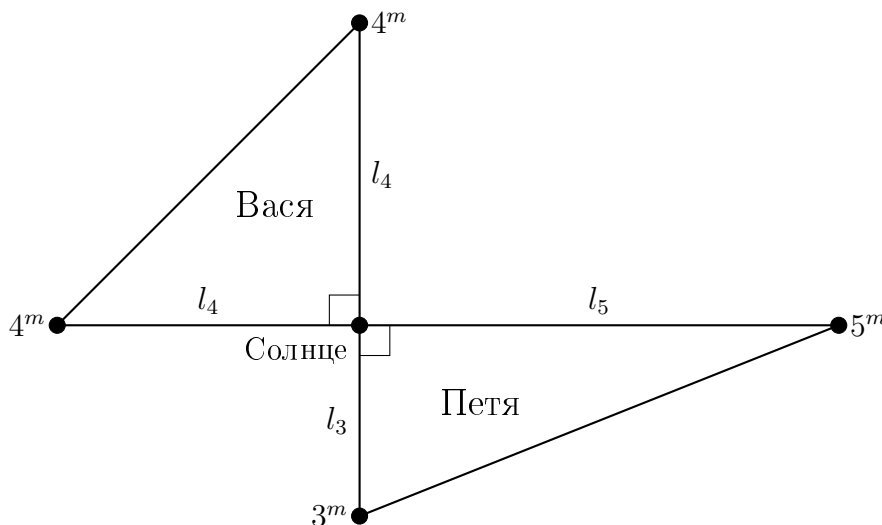
$$l_5 = \sqrt{10^{0.4}} l_4 = 10^{0.2} l_4,$$

а до звезды 3^m —

$$l_3 = 10^{-0.2} l_4.$$

Рассмотрим маршрут Васи (см. рисунок). Его длина составляет

$$L_1 = l_4 + l_4 + \sqrt{2} l_4 = (2 + \sqrt{2}) l_4.$$



На маршруте Пети один катет равен l_5 , второй — l_3 , а гипотенуза — $\sqrt{l_5^2 + l_3^2}$. Тогда длина всего петинного маршрута

$$\begin{aligned} L_2 &= l_5 + l_3 + \sqrt{l_5^2 + l_3^2} = 10^{0.2} l_4 + 10^{-0.2} l_4 + \sqrt{10^{0.4} l_4^2 + 10^{-0.4} l_4^2} = \\ &= l_4 \left(10^{0.2} + 10^{-0.2} + \sqrt{10^{0.4} + 10^{-0.4}} \right). \end{aligned}$$

Вычислим отношение длин двух маршрутов:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{10^{0.2} + 10^{-0.2} + \sqrt{10^{0.4} + 10^{-0.4}}}{2 + \sqrt{2}} \approx 1.15.$$

Ответ. Маршрут Васи короче примерно в 1.15 раза.

Критерии оценивания.	16
К1. Расстояния до звезд.....	8
Разности 1^m соответствует отношение освещенностей 2.512.....	1
Освещенность $\propto l^{-2}$	1
Расстояния до звезды каждого типа: по 2 балла за тип.....	6
К2. Длина пути Васи.....	2
К3. Длина пути Пети.....	3
К4. Выводы.....	3
Оценивается только при правильном предыдущем решении.	
Какой путь короче.....	1
Во сколько раз.....	2

9.3. Задача о максимумах

В. Б. Игнатьев

Астероид движется вокруг Солнца по круговой орбите, лежащей в плоскости орбиты Земли. Максимальное расстояние между Землей и астероидом в 3.5 раза больше минимального расстояния между ними. Определите максимально возможное время (в годах или долях года), в течение которого астероид непрерывно находится ближе к Земле, чем к Солнцу. Орбиту Земли считайте круговой.

Решение. Определим параметры орбиты астероида. Изначально неизвестно, является он внутренним или внешним, поэтому проверим оба варианта.

Расстояние между Землей и астероидом максимально, если они находятся на одной прямой с Солнцем по разные стороны от него. Если a — радиус орбиты астероида, а a_{\oplus} — радиус орбиты Земли, то максимальное расстояние $r_{\max} = a_{\oplus} + a$.

Минимальное расстояние достигается, когда астероид и Земля также находятся на одной линии с Солнцем но по одну сторону от него: $r_{\min} = |a_{\oplus} - a|$. Здесь мы записали модуль, поскольку есть два варианта расположения астероида: между Землей и Солнцем или по другую сторону относительно Земли. Тогда

$$\frac{r_{\max}}{r_{\min}} = K = \frac{a_{\oplus} + a}{|a - a_{\oplus}|}.$$

Если астероид внешний, то

$$K = \frac{a_{\oplus} + a_{\text{out}}}{a_{\text{out}} - a_{\oplus}} \Rightarrow a_{\text{out}} = a_{\oplus} \frac{K + 1}{K - 1} = \frac{4.5}{2.5} a_{\oplus} = \frac{9}{5} a_{\oplus} \approx 1.8 \text{ а. е.}$$

Если астероид внутренний, то

$$K = \frac{a_{\oplus} + a_{\text{in}}}{a_{\oplus} - a_{\text{in}}} \Rightarrow a_{\text{in}} = a_{\oplus} \frac{K - 1}{K + 1} = \frac{5}{9} a_{\oplus} \approx 0.56 \text{ а. е.}$$

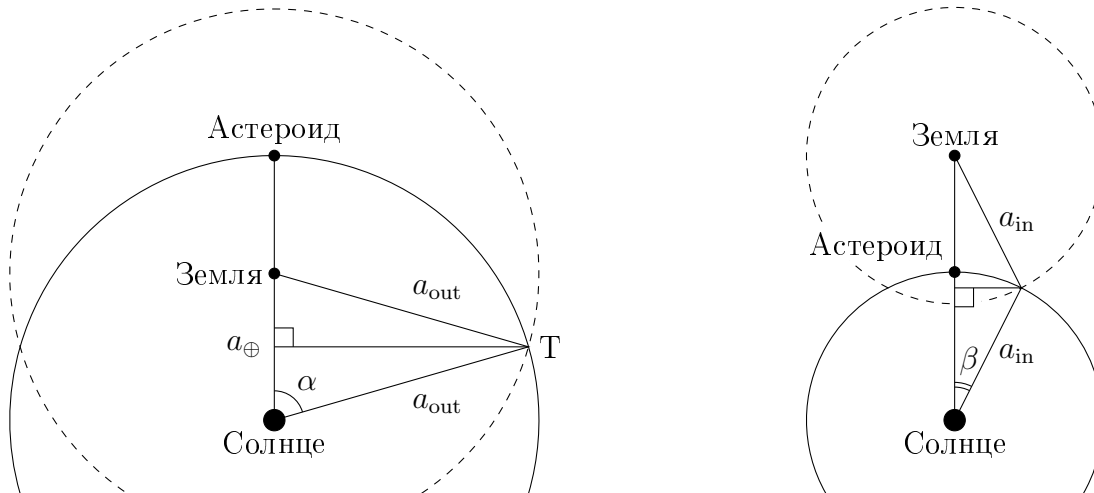
Расстояние астероида от Солнца постоянно, а расстояние от Земли меняется непрерывно. Рассмотрим случай внешнего астероида. Перейдем в систему отсчета, в которой покоится отрезок Солнце — Земля и проведем окружность радиуса a_{out} с центром в Земле. На том участке орбиты, которая попала внутрь этой окружности, астероид располагается ближе к Земле, чем к Солнцу (см. рисунок). Когда же астероид находится вне этой окружности, он располагается ближе к Солнцу, чем к Земле.

В выбранной системе отсчета астероид движется по круговой орбите радиуса a_{out} с синодическим периодом S_{out} . Поскольку сидерический период астероида равен $T_{\text{out}} = a_{\text{out}}^{3/2} \approx 2.41$ года, то его синодический период равен

$$\frac{1}{S_{\text{out}}} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_{\text{out}}} \Rightarrow S_{\text{out}} = \frac{T_{\text{out}} T_0}{T_{\text{out}} - T_0} \approx 1.71 \text{ года.}$$

Искомое время так же соотносится с синодическим периодом, как длина дуги орбиты астероида, попавшая внутрь очерченной вокруг Земли окружности, ко всей длине орбиты:

$$\Delta t = \frac{2\alpha}{360^\circ} \cdot S_{\text{out}}.$$



Определим угол α . Рассмотрим треугольник Земля — Солнце — Т, где Т — точка удаленная на расстояние a_{out} от Земли и Солнца. Этот треугольник равнобедренный. Опустим высоту (она же медиана) из точки Т на сторону Земля — Солнце. Получим прямоугольный треугольник с двумя известными сторонами. Тогда

$$\cos \alpha = \frac{a_{\oplus}/2}{a_{\text{out}}} = \frac{0.5}{1.8} \approx 2.78 \Rightarrow \alpha \approx 73.9^\circ.$$

В итоге получаем искомое время

$$\Delta t_{\text{out}} = \frac{2 \cdot 73.9^\circ}{360^\circ} \cdot 1.71 \text{ года} \approx 0.7 \text{ года}.$$

Решение для случая астероида на внутренней орбите производится по такой же схеме (см. рисунок). Такой астероид движется с сидерическим периодом $T_{\text{in}} \approx 0.41$ года, синодическим периодом $S_{\text{in}} \approx 0.71$ года. Угол $\beta = 25.8^\circ$, откуда промежуток времени

$$\Delta t_{\text{in}} = \frac{2 \cdot 25.8^\circ}{360^\circ} \cdot 0.71 \text{ года} \approx 0.1 \text{ года}.$$

Замечание. Использование округленного значения a_{in} вместо точного приводит к значению $\beta = 26.8^\circ$, что никак не влияет на конечный результат.

Стоит отметить, что при обратном вращении астероида вокруг Солнца его синодический период меньше, чем для прямого вращения, а значит, на тех же орбитах он будет проводить меньше времени непрерывно ближе к Земле, чем к Солнцу.

Ответ. Астероид может провести не более 0.7 года ближе к Земле, чем к Солнцу.

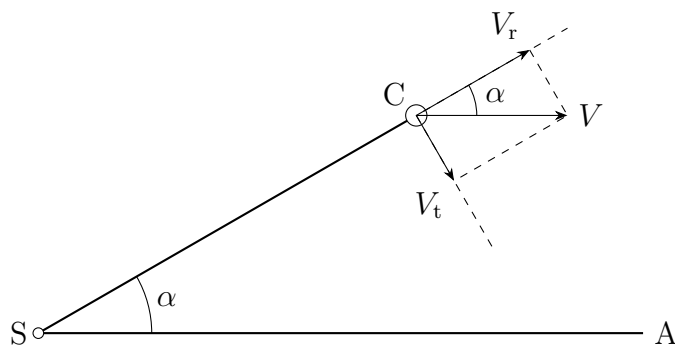
Критерии оценивания.	16
К1. Радиус орбиты астероида	3
Формула	1
Числовое значение для каждого варианта	1+1
В случае ошибки, приведшей к невозможности нахождения астероида на одной из орбит, участник не получает баллов за всю эту ветку решения.	
К2. Сидерический период	3
Формула	1
Числовое значение для каждого варианта	1+1
К3. Синодический период	3
Формула	1
Числовое значение для каждого варианта	1+1
К4. Вычисление углов α и β	3
Формула	1
Числовое значение для каждого варианта	1+1
К5. Искомое время	3
Формула	1
Числовое значение для каждого варианта	1+1
К6. Окончательный вывод с выбором единственного ответа	1
Только при получении правильного ответа и рассмотрении обоих вариантов расположения астероида.	
Участник не обязан вычислять промежуточные значения на каждом этапе. В случае объединения этапов и правильного вычисления, оценки за вычисления на всех включенных этапах также выставляются.	

9.4. Два в одном

Е. Н. Фадеев

При внимательном изучении рассеянного скопления оказалось, что оно содержит две группы звезд. Обе группы имеют одинаковую среднюю лучевую скорость и одинаковое среднее собственное движение, но апекс первой группы находится в 40° от скопления, а апекс второй группы — в 60° . Во сколько раз отличаются расстояния от наблюдателя до этих групп звезд и их пространственные скорости? Обязательно отметьте какая из групп звезд дальше и какая быстрее.

Решение. Апексом называется точка, в которой сходятся направления движения всех звезд скопления. Таким образом, само наличие разных апексов у двух групп звезд говорит о том, что мы наблюдаем в одном направлении два разных скопления.



Обозначим на рисунке А — апекс скопления, S — Солнце, C — скопление. Угол $\angle ASC = \alpha$ — угловое расстояние между скоплением и его апексом. Полная скорость скопления V должна быть направлена параллельно оси SA. По мере удаления скопления от Солнца угол α будет уменьшаться, а прямая SC все больше приближаться к SA. Поскольку вектор лучевой (радиальной) скорости V_r лежит на прямой SC, угол между V_r и V также равен α . Тогда лучевую и тангенциальную V_t компоненты скорости можно выразить в виде:

$$V_r = V \cos \alpha, \quad V_t = V \sin \alpha.$$

Обозначим индексом 1 все величины, относящиеся к скоплению с апексом 40° , индексом 2 — к скоплению с апексом 60° . По условию $V_{r1} = V_{r2}$. Тогда

$$\begin{aligned} V_1 \cos \alpha_1 &= V_2 \cos \alpha_2, \\ \frac{V_2}{V_1} &= \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2} = \frac{\cos 40^\circ}{\cos 60^\circ} \approx 1.53. \end{aligned}$$

Тангенциальная скорость может быть выражена через собственное движение μ и расстояние D как

$$V_t = 4.74 \mu D.$$

В этой формуле при подстановке μ в угловых секундах в год, а D в парсеках ответ получается в километрах в секунду. Выразим из этого уравнения D :

$$D = \frac{V_t}{4.74 \mu} = \frac{V \sin \alpha}{4.74 \mu} = \frac{\frac{V_r}{\cos \alpha} \sin \alpha}{4.74 \mu} = \frac{V_r \operatorname{tg} \alpha}{4.74 \mu}.$$

Так как V_r и μ одинаковы для обеих групп:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\operatorname{tg} 60^\circ}{\operatorname{tg} 40^\circ} \approx 2.06.$$

Ответ:

- Пространственные скорости отличаются в 1.53 раза: вторая группа быстрее.
- Расстояния отличаются в 2.06 раза: вторая группа дальше.

Критерии оценивания.

16

После каждого критерия указывается подробная детализация для оценивания в случае неправильного ответа на вопрос. Неявное выполнение подпунктов засчитывается, если в итоге ответ на финальный вопрос правильный.

К1. Правильно понимается понятие апекса	1
Оценка выставляется при явном указании в решении или если из дальнейшего решения это недвусмысленно следует.	
К2. Угол между скоплением и апексом	3
Верно определено, как правильно откладывать угол между скоплением и апексом. Оценка выставляется при явном указании в решении или если из дальнейшего решения это недвусмысленно следует.	
К3. Разложение полной скорости на радиальную и тангенциальную компоненты	2
По 1 баллу за формулу, в которой присутствует угол α при правильном предыдущем пункте.	
К4. Формула связи V_t , μ , D	2
Допустимо использовать стандартную формулу для связи угловой и линейной скоростей.	
К5. Правильное значение отношения полных скоростей	4
Формула	2
Значение	1
Какая группа быстрее	1
К6. Правильное значение отношения расстояний	4
Формула	2
Значение	1
Какая группа дальше	1

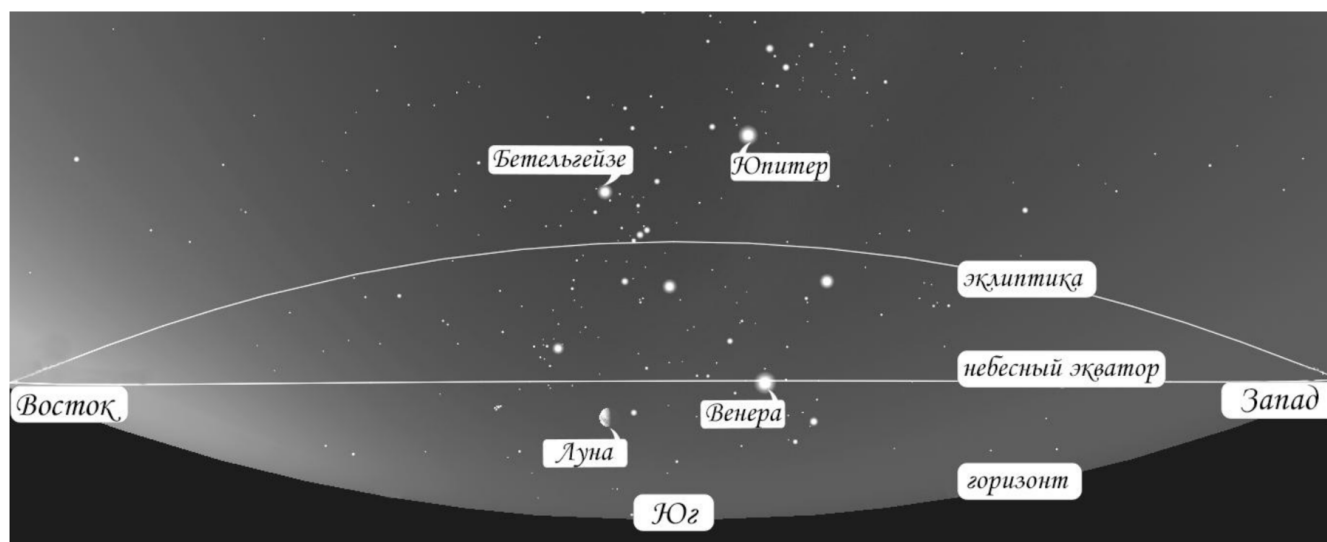
9.5. Исправленному верить

О. Ю. Голубева

Начинающий астроном изучает немую карту звездного неба, составленную для некоторой местности и момента времени. На карту нанесены большие круги небесной сферы. Астроному необходимо подписать эти круги, обозначить стороны света и четыре самых ярких астрономических объекта. Выполняя задание, он допустил ошибки. Исправьте эти ошибки в подписях, объясните свое решение и ответьте на следующие вопросы (с пояснениями):

- А. В какой фазе (качественно) находится Луна?
- В. Какая кульминация Луны наступит раньше: верхняя или нижняя?
- С. Определите текущее местное звездное время с точностью до 1 часа.
- Д. Определите широту места наблюдения с точностью до 1° .

Поле зрения карты по горизонтали — 180° . Все подписи на карте выполнил начинающий астроном.



Решение. Из всех подписанных больших кругов небесной сферы только горизонт не вызывает сомнений, а из объектов — только Луна: различимы ее диск и фаза.

С учетом масштаба карты Луна не может находиться так далеко от эклиптики, значит, небесный экватор и эклиптика подписаны неправильно. К этому выводу можно прийти и другим путем. Найдем созвездие Орион. Через его Пояс проходит небесный экватор, а не эклиптика. Меняем местами подписи «эклиптика» и «небесный экватор».

Эклиптика в этой области неба проходит по созвездиям Телец и Близнецы. Раз на карте они оказались ниже Ориона, а в средних широтах северного полушария Земли их видят выше, значит, перед нами карта экваториальной области звездного неба, какой она видна из южного полушария. Об этом можно догадаться и другим путем, не зная зодиакальных созвездий и не умея их отождествлять на карте. Орион — зимнее созвездие, в этой области неба Солнце находится, когда в северном полушарии лето. Летом Солнце проходит по северной полусфере неба, то есть для наблюдателя в северном полушарии Земли в этой области неба эклиптика

проходит выше небесного экватора, а раз на представленной карте она ниже, значит, полушарие наблюдателя южное.

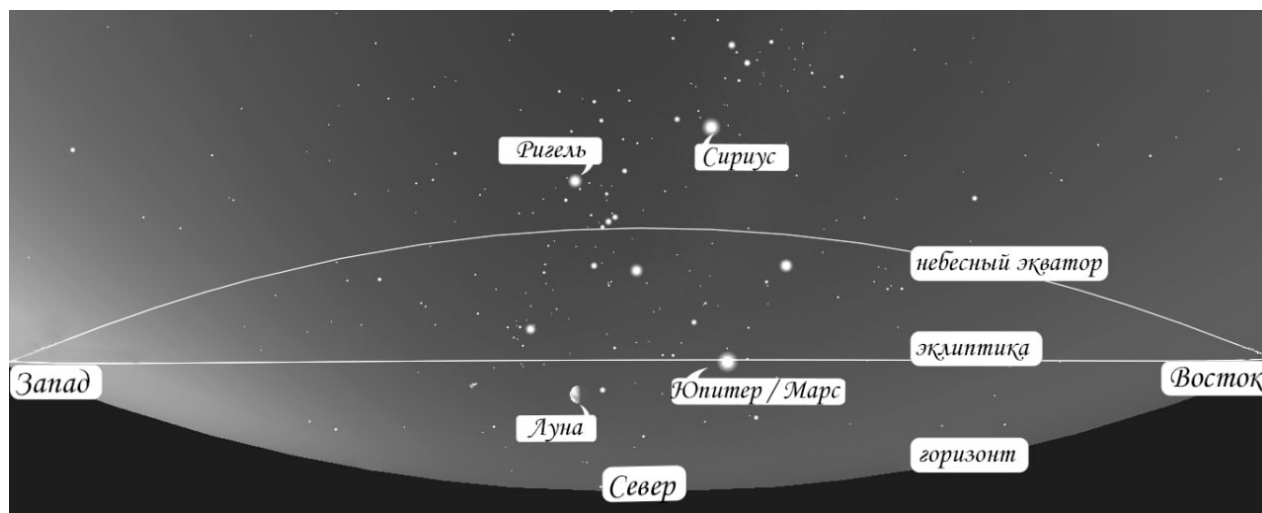
В южном полушарии небесный экватор поднимается над горизонтом на севере, то есть перед нами север, слева запад, а справа восток. Меняем местами «восток» и «запад», «юг» заменяем на «север».

Юпитер не может находиться так далеко от эклиптики, а если расположить карту так, как привычно наблюдателю в северном полушарии, Пояс Ориона укажет на ярчайшую звезду — Сириус. Если участник не знает созвездий, он может визуальным образом определить это светило как наиболее яркую звезду (не планету) и предположить, что это Сириус. Исправляем «Юпитер» на «Сириус».

Зная расположение звезд в созвездии Орион, «Бетельгейзе» заменяем на «Ригель».

Судя по фазе Луны, Солнце находится под горизонтом слева от Луны более чем на 90° к западу от нее, а от планеты, обозначенной как «Венера», Солнце еще дальше. Венера — внутренняя планета с максимальной элонгацией от Солнца 48° . То есть рассматриваемая планета не может быть Венерой, но может быть какой-то внешней планетой: Марсом, Юпитером или Сатурном. Сатурн не подходит, поскольку его блеск сопоставим, пускай и с яркими звездами, но не из первой десятки, а судя по изображению, блеск светила сравним с Сириусом. Значит, это могут быть только Марс или Юпитер. Марс может быть достаточно ярким только вблизи противостояния, тогда как на изображении он находится в квадратуре. Остается последний вариант — Юпитер. Правильными также являются ответы «Марс» и «Марс или Юпитер». Исправляем «Венера» на «Марс» или «Юпитер».

Итоговый рисунок с исправлениями выглядит так:



Ответим на вопросы:

1. В какой фазе (качественно) находится Луна?

Поскольку полушарие наблюдателя южное, значит, Луна к востоку от Солнца, она растущая. Ответы «первая четверть» и близкие к нему также принимаются.

2. Какая кульминация Луны наступит раньше: верхняя или нижняя?

Полушарие южное, Луна уже пересекла небесный меридиан и находится ближе к западу,

следовательно, она недавно прошла верхнюю кульминацию, а ближайшая следующая — нижняя.

3. Определите текущее местное звездное время с точностью до 1 часа.

В момент времени, которому соответствует карта, эклиптика совпала с точками востока и запада, а на севере оказалась дальше всего от небесного экватора, значит, сейчас кульминирует точка июньского солнцестояния с прямым восхождением 6^h . Можно пойти и более сложным путем: часовой угол точки весеннего равноденствия — 6^h , т. к. эта точка сейчас ровно на западе. Так или иначе, местное звездное время 06:00.

4. Определите широту места наблюдения с точностью до 1° .

Определим широту по углу подъема небесного экватора над горизонтом. Масштабы на этой карте не работают из-за искажения поля зрения. Зато можно заметить, что эклиптика лежит строго горизонтально и находится точно между горизонтом и небесным экватором, значит, каково бы ни было искажение поля зрения, оно одинаково на равных расстояниях к югу и к северу от небесного экватора. Над точкой севера мы обнаружили точку июньского солнцестояния, она расположена в 23.5° от небесного экватора, и столько же до горизонта, т. е. небесный экватор на высоте 47° , значит, широта равна $90^\circ - 47^\circ = 43^\circ$. Ответ: 43° ю. ш.

Критерии оценивания.	20
К1. Исправлены подписи больших кругов небесной сферы	2
Верно определен небесный экватор, есть обоснование	1
Верно определена эклиптика, есть обоснование	1
Если обоснование отсутствует: при замене экватора на эклиптику выставляется 1 балл, иначе выставляется 0 баллов.	
К2. Исправлены стороны света	2
Верно определено полушарие наблюдателя	1
Верно указаны стороны света	1
Если нет обоснования, тогда всего за эту часть 1 балл при правильной замене всех сторон света. Если исправлен только юг на север или только заменены местами запад и восток, выставляется 0 баллов.	
К3. Исправлены подписи астрономических объектов	4
«Юпитер» исправлен на «Сириус» с обоснованием	1
«Бетельгейзе» исправлена на «Ригель»	1
Найдена и объяснена ошибка с «Венерой»	1
Обоснована замена «Венеры» на «Юпитер» или «Марс»	1
Без обоснования баллы не выставляются даже при правильном исправлении.	
К4. Определена фаза Луны: растущая либо первая четверть	2
Если при наличии обоснования определена убывающая или третья четверть (участник неверно определил полушарие), ставится полный балл.	
Если фаза указана числом (например, 0.5 или несколько больше) без уточнения, растущая она или убывающая, выставляется 1 балл.	
Если в решении нет обоснования, тогда за эту часть 0 баллов.	
К5. Определена ближайшая кульминация: нижняя	2
Если при наличии обоснования определена верхняя кульминация (участник неверно определил полушарие), ставится полный балл.	
Если в решении нет обоснования, тогда за эту часть 0 баллов.	
К6. Определено местное звездное время 06:00	4
Описан любой из способов определения звездного времени	1
Верно определено прямое восхождение или часовой угол искомой точки	2
Правильное значение звездного времени	1
К7. Определена широта 43° ю. ш.	4
Ответ без обоснования не оценивается.	
Не уточняется полушарие — оценка снижается на 1 балл.	
Ошибочно указан угол наклона эклиптики к небесному экватору — оценка снижается на 1 балл.	
При наличии арифметической ошибки — оценка снижается на 1 балл.	
Если измерить линейкой высоту (исправленного) небесного экватора над точкой севера и сравнить ее с каким-либо известным угловым расстоянием на карте, то можно получить ответ близкий к правильному. Тогда за ответ попадающий в интервал [42°—44°] выставляется полный балл, в интервал [41°—45°] — 3 балла, в интервал [39°—48°] — 1 балл.	