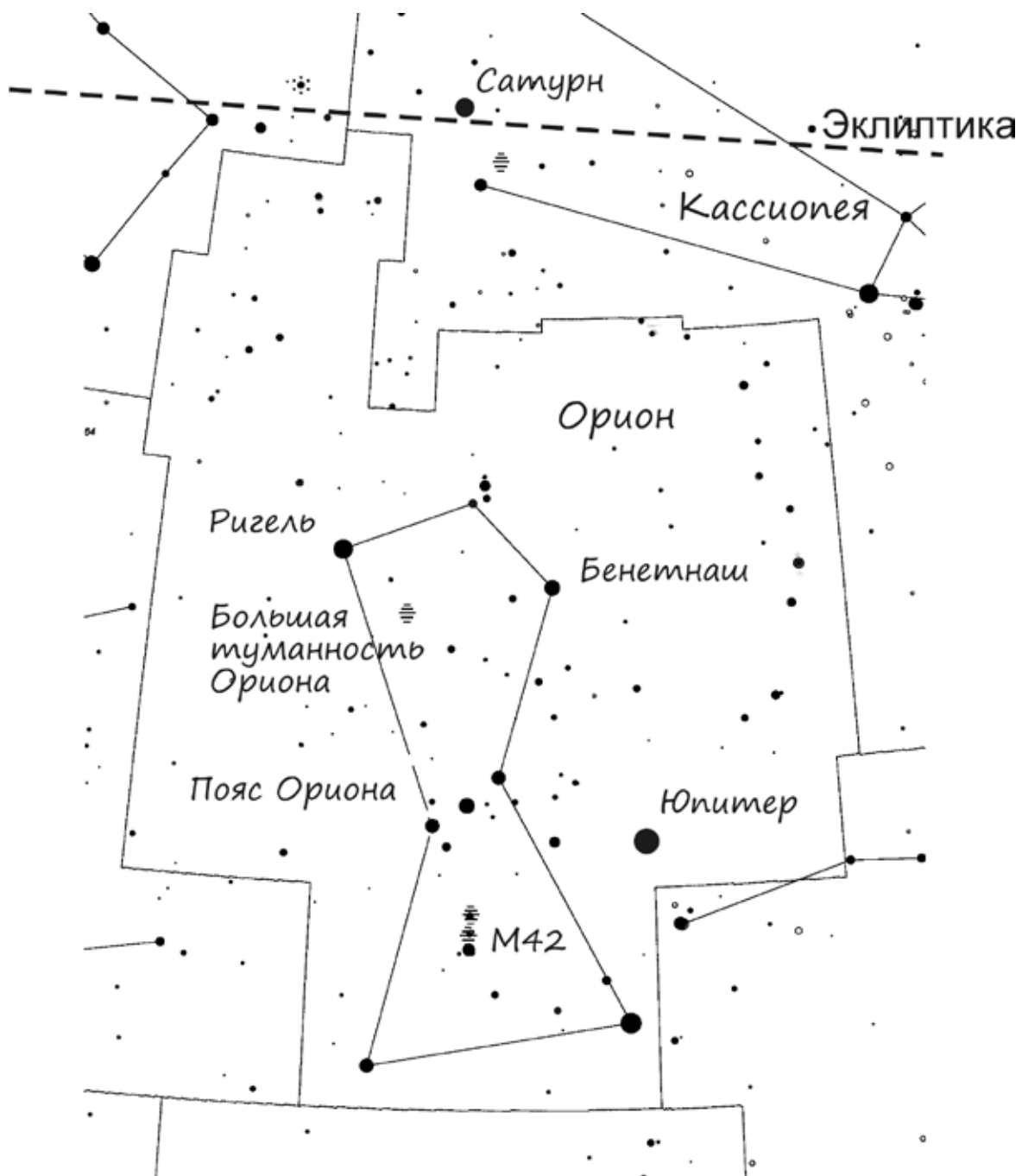




Решения и критерии оценивания

Задача 1

Любитель астрономии взял «немую» (т. е. без надписей) карту окрестностей созвездия Орион с обозначенной на ней эклипстикой и по памяти нанёс на карту названия объектов и положения двух планет. Найдите ошибки, которые он допустил. Исправьте найденные ошибки (те, которые можно исправить).



Ответ: любитель допустил 5 ошибок.

1. Неверно подписано созвездие «Кассиопея»;
2. звезда «Ригель» указана неверно;
3. «Большая туманность Ориона» подписана неверно;
4. звезда Бенетнаш указана неверно;
5. планета Юпитер не может настолько далеко отходить от эклиптики.

Необходимо внести следующие исправления:

1. вместо «Кассиопея» написать «Телец»;
2. заменить «Ригель» на «Бетельгейзе» либо перенести надпись «Ригель» к яркой правой нижней звезде созвездия;
3. убрать или перенести к обозначению М42 надпись «Большая туманность Ориона»;
4. заменить «Бенетнаш» (это звезда созвездия Большой Медведицы) на «Беллатрикс»;
5. убрать планету Юпитер или перерисовать её на правильное положение ближе к эклиптике (*исправление этой ошибки указано тут для полноты, т. к., не зная даты, невозможно указать, на какое место надо перенести Юпитер*).

Примечание. 1) В приведённом решении ошибка и способ её устранения разделены. Однако допускается объединение в одном предложении указания ошибки и способа её устранения (например, «надпись «Ригель» надо перенести к правому нижнему углу созвездия»).

2) В принципе, Сатурн мог в момент зарисовки находиться в другом месте (но так же недалеко от эклиптики). При проверке это надо иметь в виду и не снижать оценку за указание/обсуждение этой возможности.

Критерии оценивания

- По **1 баллу** за каждое верное указание ошибки (но не более **8 баллов** за задачу).
- По **1 баллу** за каждое верное исправление ошибки (но не более **8 баллов** за задачу).
- При объединении ошибки и способа её устранения в одном пункте, например, «надпись «Ригель» надо перенести к правому нижнему углу созвездия», выставляется **1 балл** за верное указание ошибки плюс **1 балл** за верный способ её устранения).

Ошибочное указание замеченной неточности или способа устранения не наказывается, но и не оценивается.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 2

Расставьте приведённые ниже группы звёзд в порядке увеличения их численности в нашей Галактике.

- 1) жёлтые карлики (звёзды типа нашего Солнца)
- 2) голубые гиганты
- 3) красные карлики
- 4) шаровые звёздные скопления
- 5) рассеянные звёздные скопления

Ответ: 45213

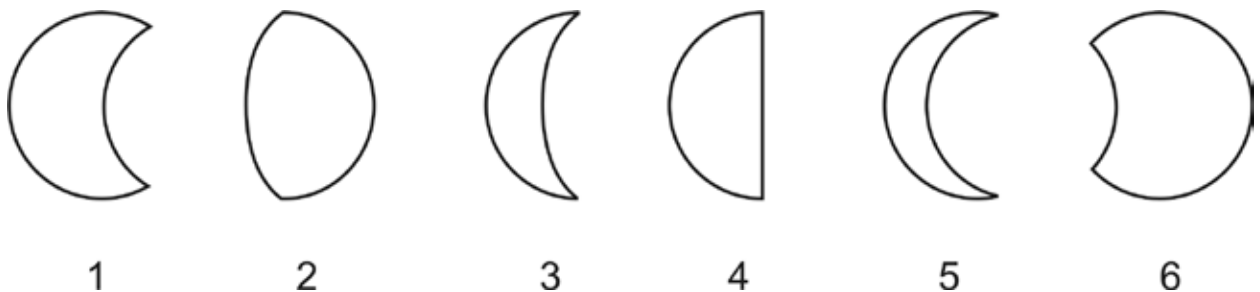
Критерии оценивания

- Указание ШЗС на первом месте оценивается в **+2 балла**.
- Указание РЗС на втором месте (только при условии, что ШЗС стоят на первом) оценивается в **+2 балла**.
- Если порядок скоплений перепутан, но они занимают первые две позиции, то оценка составляет **+2 балла**.
- Указание жёлтых карликов на предпоследнем месте (только при условии, что красные карлики стоят на последнем) оценивается в **+2 балла**.
- Указание красных карликов на последнем месте оценивается в **+2 балла**.
- Если в ответе РЗС и ШЗС находятся не на первых двух позициях, то оценка за задачу не может превышать **4 балла**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 3

На рисунке представлены зарисовки разных фаз Луны и частных фаз различных солнечных затмений. Укажите в ответе номера зарисовок, относящихся к затмениям. Объясните критерии отбора.



Ответ: 1, 5, 6

Основной критерий отбора – концы границы «свет–тень» (терминатора) у лунных фаз лежат на одном диаметре диска, а у солнечных затмений – нет (при фазах затмения, очень близких к полной, хорда, соединяющая концы солнечного «рога», приближается к диаметру, но таких фаз в условии нет).

Примечание: допускается ответ «от обратного» – можно перечислить номера рисунков, которые не могут отображать фазы затмений (явно это указав). Дополнительно может быть указан такой критерий отбора: при затмении граница свет–тень не может быть прямой линией.

Критерии оценивания

- По **2 балла** за каждый верно указанный номер.
- За каждый ошибочно указанный номер по **–2 балла** (оценка за этот этап не может быть отрицательной).
- За верное объяснение **+2 балла**.

Оценка не может превышать **8 баллов** и не может быть отрицательной.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 4

От звезды Веги (звезда 0-ой звёздной величины) в глаз человека за 1 секунду попадает примерно 300 000 квантов света. Сколько квантов попадает в глаз за 1 секунду от звезды 5-ой звёздной величины? Приведите решение и вычисления.

- 1) 30 млн
- 2) 3000
- 3) 10
- 4) 1,5 млн
- 5) 300
- 6) 60000

Можно ли увидеть невооружённым глазом звезду, от которой приходит 300 квантов света в секунду? Ответ обоснуйте.

Решение

Для ответа на первую часть задачи достаточно знать, что разнице звёздных величин в 5^m соответствует отношение потоков энергии (а, значит, в первом приближении и числа фотонов) в 100 раз. Звезда 0-ой величины будет ярче звезды 5-ой величины в 100 раз.

Это же число можно получить, зная, что с увеличением звёздной величины на 1^m количество приходящей от звезды энергии уменьшается в 2,512 раза: $2,512^5 \approx 100$. Таким образом, от звезды 5-ой звёздной величины в глаз попадёт 3000 квантов света.

Чтобы ответить на второй вопрос задачи, необходимо знать, что невооружённый глаз на пределе видит звёзды 6-ой звёздной величины (в некоторых источниках встречаются более слабые объекты – до 7^m). От такой звезды в глаз попадёт около $3000/2,512 \approx 1200$ фотонов (или ≈ 480 от звезды 7^m).

Т. е. увидеть глазом звезду, от которой приходит 300 квантов света в секунду, нельзя.

Ответ: 2; звезду, от которой приходит 300 квантов/с, увидеть нельзя.

Критерии оценивания:

- За указание верного ответа на первую часть задачи **+2 балла**.
- За верное решение, приведшее к верному ответу на первую часть задачи, **+3 балла**.
- За ответ на вторую часть задачи (звезду с потоком в 300 кв/с увидеть нельзя) **+1 балл**.
- За объяснение (с указанием предельной доступной невооружённому глазу звёздной величины в диапазоне 6^m-7^m) **+2 балла**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 5

Оцените размер телескопа, установленного на поверхности Луны, который мог бы различить отдельные буквы в Вашем бланке для решений. Пагубным влиянием земной атмосферы в данном случае можно пренебречь. Некоторые справочные сведения о Луне: масса $M = 7,36 \cdot 10^{22}$ кг, радиус $R = 1740$ км, сидерический период обращения $T = 27,3$ суток, скорость орбитального движения $V = 1,02$ км/с, средний угловой диаметр при наблюдении с Земли: $d = 31'$, наклонение орбиты $i = 5,1^\circ$.

Решение

Расстояние до Луны составляет примерно $L = 384\,000$ км. Эту величину можно помнить (в этом случае допускается использование расстояния от 356 до 407 тыс. км), а можно получить из справочных данных в условии (либо через период обращения и скорость движения с ответом $\approx 383\,000$ км, либо через угловой диаметр и линейный радиус Луны с ответом $\approx 386\,000$ км).

Размер буквы в бланке будем считать равным $b = 3$ мм (если понимать под различением букв видимость отдельной буквы) – допускается использование величины от 0,5 мм до 5 мм – в зависимости от интерпретации условия задачи). Угол, под которым с Луны будут видны отдельные буквы, равен $\alpha = \frac{b}{L} = \frac{0,003}{384000000} \approx 8 \cdot 10^{-12}$ рад.

Так как диапазон спектра не указан, будем считать, что наблюдения проводятся в оптическом диапазоне с характерной длиной волны $\lambda = 550$ нм.

Воспользуемся формулой для углового разрешения телескопа: $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$

(можно использовать готовую формулу для визуального телескопа

$\theta = \frac{140''}{D_{(мм)}}$ с тем же ответом в итоге).

Отсюда, считая $\theta = \alpha$: $D = \frac{1.22\lambda}{\theta} = \frac{1.22\lambda}{b/L} \approx 84 \text{ км}$.

Примечание: задача является оценочной, поэтому в ней допускается отклонение полученных (и используемых) данных от приведённых в решении.

Ответ: примерно 84 км (ответ может отличаться при использовании других исходных данных). Наиболее сильно ответ зависит от принятого размера букв (или межбуквенного расстояния): для 0,5 мм $D \approx 500$ км, для 5 мм $D \approx 50$ км.

Критерии оценивания

- Запись или вычисление верного расстояния до Луны оценивается в **+2 балла**: **+1 балл** за верную формулу и **+1 балл** за численный результат (если промежуточного числового значения нет, а используются только формулы с вычислением конечного ответа, то второй балл выставляется при условии верной подстановки соответствующих величин в итоговую формулу).
- Корректная оценка размера букв (или промежутков между буквами) в диапазоне от 0,5 до 5 мм оценивается в **+2 балла** (за размер в диапазонах 0,1–0,5 мм или 5–10 мм ставится **+1 балл**).
- Запись или вычисление видимого углового размера букв оценивается в **+2 балла**: **+1 балл** за верную формулу и **+1 балл** за численный результат (если промежуточного числового значения нет, а используются только формулы с вычислением конечного ответа, то второй балл выставляется при условии верной подстановки соответствующих величин в итоговую формулу).
- Запись формулы для вычисления углового разрешения (в полной или уже приведённой к визуальным наблюдениям форме) оценивается в **+1 балл**.
- За получение верного ответа **+1 балл**.

Арифметическая ошибка **снижает оценку на 1 балл** за тот этап, в котором она была допущена (и за этап получения верного ответа). Таким образом, при решении задачи в формульном виде арифметическая ошибка приводит к потере двух баллов – собственно за ошибку и за отсутствие верного ответа.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 6

Известно, что орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики на угол, примерно равный 5° . В каком диапазоне высот во время дня осеннего равноденствия может наблюдаться полная Луна в верхней кульминации в Москве (в точке с координатами $\varphi = 56^\circ$, $\lambda = 37^\circ$)? Приведите решение.

Решение

В день осеннего равноденствия Солнце находится в точке осеннего равноденствия – точке пересечения эклиптики и небесного экватора, и его склонение равно 0° . В описываемый в условии задачи момент Луна была в фазе полнолуния, а значит, она находилась в окрестности точки весеннего равноденствия. При этом из-за того, что плоскость орбиты Луны наклонена к плоскости эклиптики на угол в 5° , склонение Луны лежит в диапазоне от -5° до $+5^\circ$ (мы пренебрегаем некоторым изменением склонения Луны, связанным с тем, что между моментом полнолуния и моментом верхней кульминации могло пройти некоторое время).

Как известно, высота объекта в верхней кульминации связана с его склонением и широтой пункта наблюдения формулой:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Подставив значения, получим $h_{\min} = 29^\circ$, $h_{\max} = 39^\circ$.

Этот же ответ можно получить, вспомнив, что в Москве небесный экватор находится над точкой юга на высоте 34° . Луна будет находиться в диапазоне $\pm 5^\circ$ от него.

Ответ: диапазон высот от 29° до 39° (допускается отклонение от указанных границ в несколько угловых минут при использовании более точного значения наклона орбиты Луны)

Критерии оценивания

- Указание на то, что Луна в описываемое время находилась в точке весеннего равноденствия (или была близка к небесному экватору) оценивается в **+2 балла**.
- За обоснование указания из предыдущего пункта **+2 балла**.
- За верную запись или вывод формулы для кульминации **+2 балла**.
- Определение высоты Луны оценивается в **+1 балл** за каждый из случаев (h_{\min} и h_{\max}).

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу – 48 баллов.