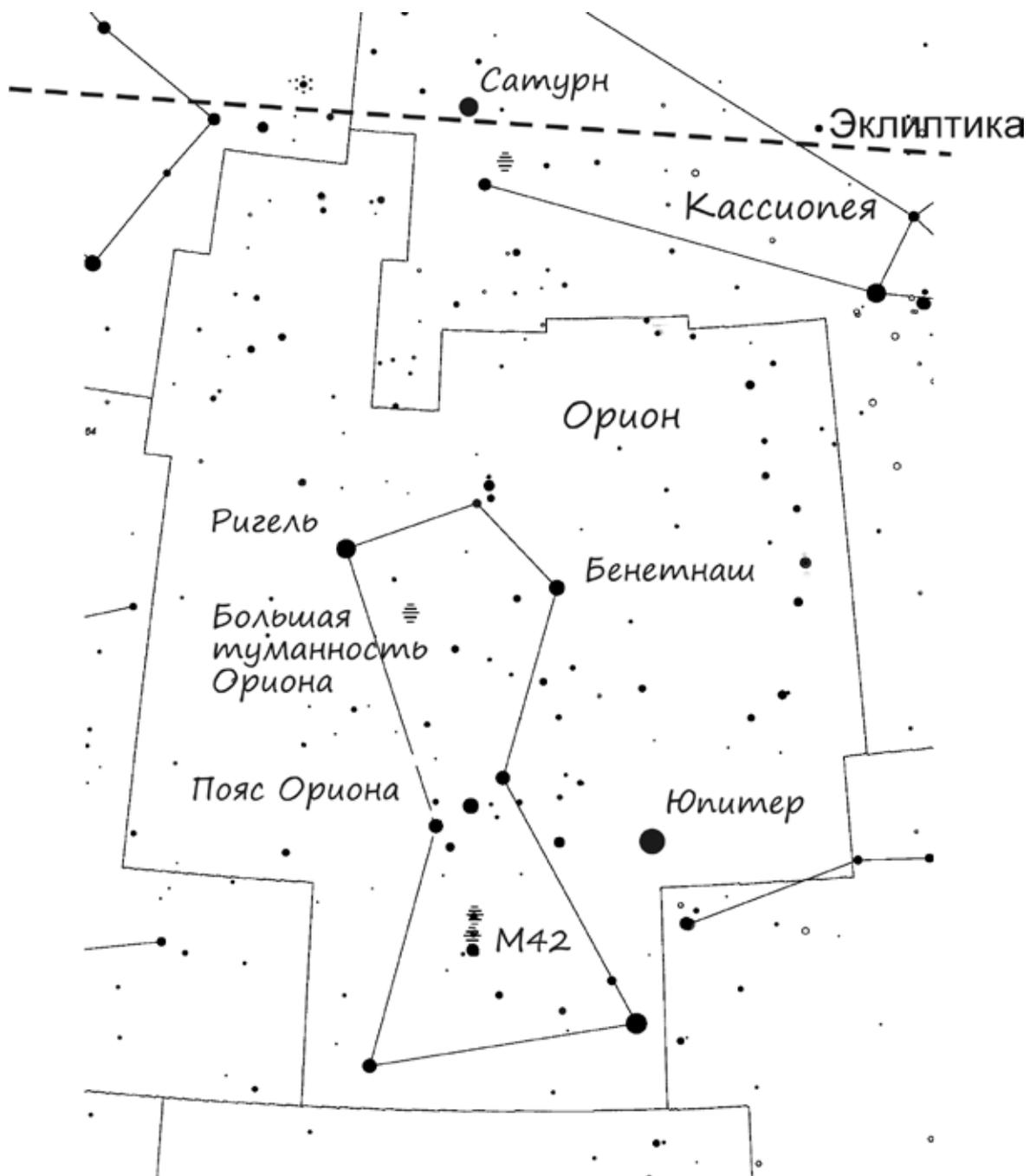




Решения и критерии оценивания

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

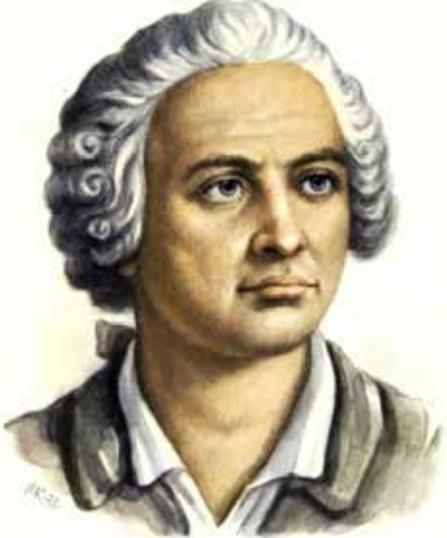
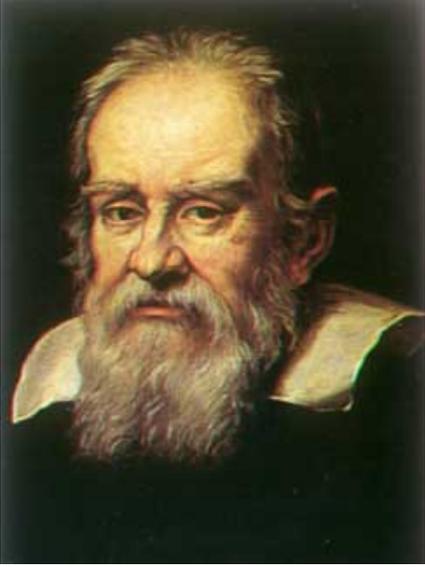
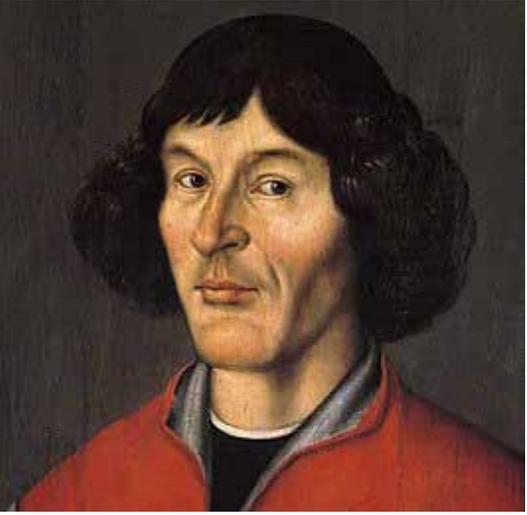
- По **1 баллу** за каждое верное указание ошибки (но не более **8 баллов** за задачу).
- По **1 баллу** за каждое верное исправление ошибки (но не более **8 баллов** за задачу).
- При объединении ошибки и способа её устранения в одном пункте, например, «надпись «Ригель» надо перенести к правому нижнему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

Ниже приведены портреты известных астрономов: Николая Коперника, Михайло Ломоносова, Эдвина Хаббла и Галилео Галилея. Определите, кому принадлежит каждый портрет. В ответе запишите номер портрета – фамилию учёного.

 <p>1)</p>	 <p>2)</p>
 <p>3)</p>	 <p>4)</p>

Ответ: 1 – Ломоносов; 2 – Галилей; 3 – Хаббл; 4 – Коперник.

Критерии оценивания

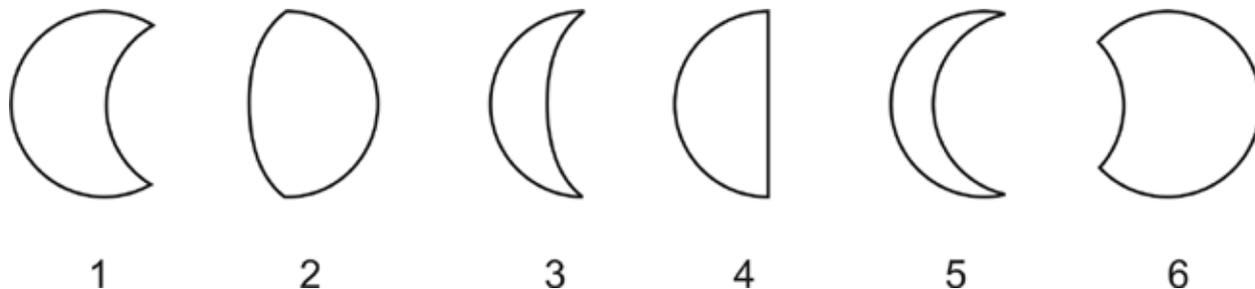
По 2 балла за каждую верно указанную пару «номер – фамилия».

Если один и тот же учёный сопоставлен двум или более портретам, или одному портрету сопоставлено несколько учёных – все эти варианты не засчитываются.

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–тьень» (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–тьень 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

Параллакс звезды HR1069 в созвездии Персея равен $0,025''$. Выразите расстояние до этой звезды в световых годах и в астрономических единицах.

Решение

Определим расстояние до HR1069 в парсеках:

$$D = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ пк.}$$

Зная, что $1 \text{ пк} \approx 3,26$ светового года (допускается брать готовые значения в диапазоне 3,2–3,3) ≈ 206265 а.е. (допускается брать готовые значения в диапазоне $2 \cdot 10^5 - 2,1 \cdot 10^5$), легко получить искомые величины:

$$D \approx 130,4 \text{ световых лет} \approx 8,25 \cdot 10^6 \text{ а.е.}$$

Примечание: коэффициенты перевода можно получить, зная определение парсека (это расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом в 1"). Допускаются другие способы получения переводных коэффициентов. В этом случае решение оценивается, исходя из корректности методов определения коэффициентов и полученной точности (для альтернативных методов решения отклонения меньше 10% оцениваются полным баллом).

Другие возможные соотношения, с помощью которых можно получить искомые величины: 1 а.е. = $1.5 \cdot 10^8$ км, 1 пк = $3.09 \cdot 10^{13}$ км, 1 св. год = $9.5 \cdot 10^{12}$ км.

Последняя величина легко вычисляется, если знать величину скорости света (300 000 км/с) и продолжительность года ($3.15 \cdot 10^7$ с).

$$1 \text{ а.е.} = 500 \text{ св. секунд}$$

По сути это время, за которое свет проходит расстояние от Земли до Солнца. Зная продолжительность года, можно получить:

$$1 \text{ св. год} = 63000 \text{ а.е.}$$

Возможны и другие исходные значения.

Другие возможные варианты для перехода от параллакса к линейному расстоянию: по определению параллакса это угол, под которым с расстояния D виден радиус земной орбиты, и можно с равным основанием использовать формулы:

$$D = \frac{150000000 \text{ км}}{\text{tg}0,025''} = 1.24 \cdot 10^{15} \text{ км}$$

или

$$D = \frac{1 \text{ а.е.}}{\text{tg}0,025''} = 8,25 \cdot 10^6 \text{ а.е.}$$

В последнем случае один из искомых ответов находится сразу.

Ответ: примерно 130,4 световых лет (допустимый диапазон от 117 до 143 св. лет) или $8,25 \cdot 10^6$ а.е. (допустимый диапазон от 7,4 млн а.е. до 9,1 млн а.е.).

Ответ зависит от используемых коэффициентов.

Критерии оценивания

- За верный числовой ответ ставится **по 4 балла** за каждую величину (при наличии верных вычислений или объяснений).
- В случае неполного решения за определение расстояния до звезды в парсеках ставится **+4 балла (3 балла за запись формулы и 1 балл за верные вычисления этой величины)**.

Арифметическая ошибка **снижает оценку на 2 балла** (только за тот этап, в котором она сделана: если с ошибкой определено расстояние в пк, а остальная часть решения выполнена верно, то общая оценка будет $8 - 2 = 6$ баллов).

Ответ $\approx 118,5$ св. лет, приведённый без вычислений, говорит о том, что он списан (такое расстояние для HR1069 приводится, например, в программе Stellarium). При верных вычислениях расстояния в а.е. за всю работу ставится не более **2-х баллов**.

Максимум за задачу 8 баллов.

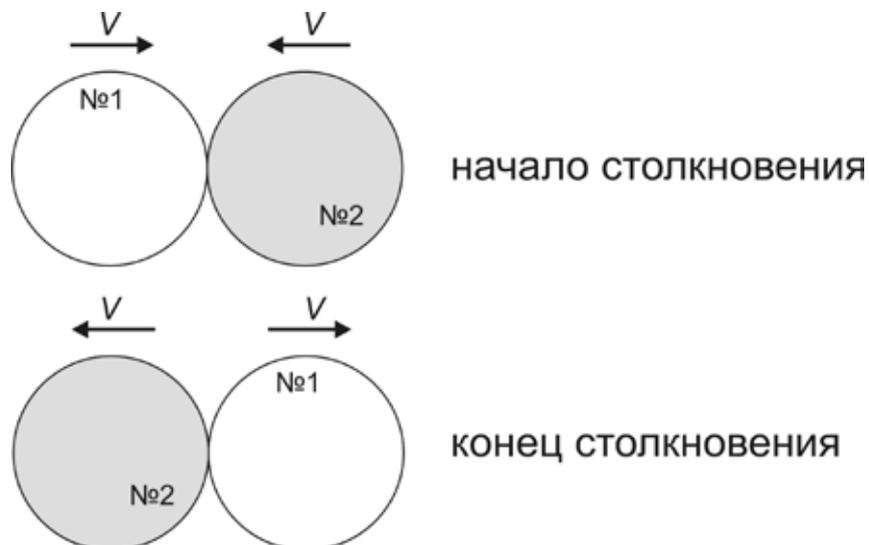
Задача 5

Пусть в некоторой галактике есть два одинаковых шаровых звёздных скопления, движущихся вокруг центра этой галактики по одной орбите навстречу друг другу. Радиус каждого скопления $R = 10$ световых лет. В какой-то момент начинается столкновение этих скоплений. Считая, что скорость движения по орбите каждого скопления в момент столкновения $V = 300$ км/с и столкновение центральное (т. е. центр одного скопления пройдёт через центр другого скопления), определите, сколько лет будет длиться столкновение. Приведите решение.

Решение

Надо понимать, что звёздное скопление – это не сплошное тело: звёзды в нём расположены чрезвычайно редко (характерные расстояния между ними в миллионы раз превышают размеры звезды). Поэтому при столкновении скоплений столкновения звёзд наблюдаться не будут – скопления просто пройдут друг сквозь друга.

Решать задачу можно как, поместив наблюдателя в центр одного из скоплений, так и для стороннего наблюдателя, например, расположенного в центре галактики. В первом случае скорость движения набегающего скопления относительно наблюдателя будет равна $2V$, а путь, который набегающее скопление должно пройти от начала до конца столкновения, будет равен $4R$. Во втором случае можно нарисовать рисунок, на котором изображено столкновение, как оно видно стороннему наблюдателю:



В этом случае видно, что скопление №2 от начала столкновения до его окончания проходит путь $2R$, двигаясь со скоростью V (аналогично для скопления №1).

И в первом, и во втором случае длительность столкновения, конечно, получится одинаковой: $T = \frac{4R}{2V} = \frac{2R}{V}$. Получить из этой формулы численный ответ можно двумя способами – подставив все данные, выраженные в единицах СИ, либо, обратив внимание, что расстояние $2R$ свет проходит за 20 лет, двигаясь со скоростью 300 тыс. км/с. Для второго пути сразу получается ответ, что при скорости движения в 300 км/с время, затраченное на пересечение диаметра скопления, будет в 1000 раз больше, т. е. 20000 лет.

Для первого способа выразим радиус скопления в единицах СИ:

$$R = 10 \text{ световых лет} = 10 \cdot 300000 \text{ км/с} \cdot 1000 \cdot (3600 \cdot 24 \cdot 365,25 \text{ с}) \approx 9,47 \cdot 10^{16} \text{ м.}$$

$$\text{Тогда } T = 2 \cdot 9,47 \cdot 10^{16} / 3 \cdot 10^5 = 6,31 \cdot 10^{11} \text{ с} \approx 20000 \text{ лет.}$$

Ответ: 20000 лет

Критерии оценивания

- За верное понимание картины происходящего (т. е. того, как расположены скопления в начале и конце столкновения, и какой путь они должны пройти) **+2 балла**. Это может быть указано явно с подробным описанием, а может проявиться в верном использовании формул (т. е. использования величины V для пути $2R$ или $2V$ для пути $4R$).
- Верная запись выражения для длительности (явная запись или следующая из решения и ответа) оценивается в **3 балла**.
- Получение ответа в 20000 лет (± 500) оценивается в **3 балла** (при решении задачи с использованием единиц измерения времени, отличных от года, за верный ответ в этих единицах (например, в секундах – $6,3 \cdot 10^{11}$ с) ставится **+2 балла** и за правильный перевод к годам ещё **+1 балл**).

Использование радиуса вместо диаметра (с ответом в 2 раза меньше требуемого) **снижает оценку на 2 балла**.

При указании ответа с избыточной точностью (стоят значащие цифры в знаке единиц лет или после запятой) оценка **снижается на 1 балл**.

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.