

## Практический тур

### Решения задач

#### 6. (8 баллов за задачу)

**а) (3 балла)** Любой уважающий себя астроном должен знать хотя бы несколько самых ярких объектов из знаменитого каталога Мессье. Поэтому самый простой способ получить ответ – отождествить на карте известные вам объекты, вспомнить их тип и посмотреть, какой фигурой они обозначены.

Если же каталог Мессье пугает одним только названием, можно попробовать включить логику. Все треугольники расположены в плоскости Млечного Пути – это обычное место расположения рассеянных звездных скоплений и диффузных туманностей, из которых они образуются. В данном случае **треугольники – это рассеянные скопления**. Квадраты расположены вне плоскости Млечного Пути – значит, это объекты, которые не привязаны к галактической плоскости и наблюдению которых мешает пыль в плоскости Млечного Пути. Это либо шаровые звездные скопления, либо галактики. Все же ярких шаровых скоплений куда больше, чем ярких галактик, поэтому **квадраты – это шаровые скопления**. Кругов очень мало, значит, это объекты, которые довольно трудно наблюдать в маленькие телескопы. Например, из-за их малого углового размера. Под это описание лучше всего подходят **планетарные туманности**.

**б) (5 баллов)** Дата, на которую рассчитана карта, очень близка к дате проведения олимпиады. Любой хороший астроном всегда любит звездным небом и точно знает, какие созвездия и другие объекты доступны наблюдениям в сегодняшний вечер. Поэтому любой астроном скажет, что ярчайшими объектами в этот момент времени на данном участке неба будут **Юпитер** и **Сатурн** (снизу слева), а также звезды, образующие летне-осенний треугольник: **Вега**, **Денеб** и **Альтаир**.

#### 7. (6 баллов за задачу)

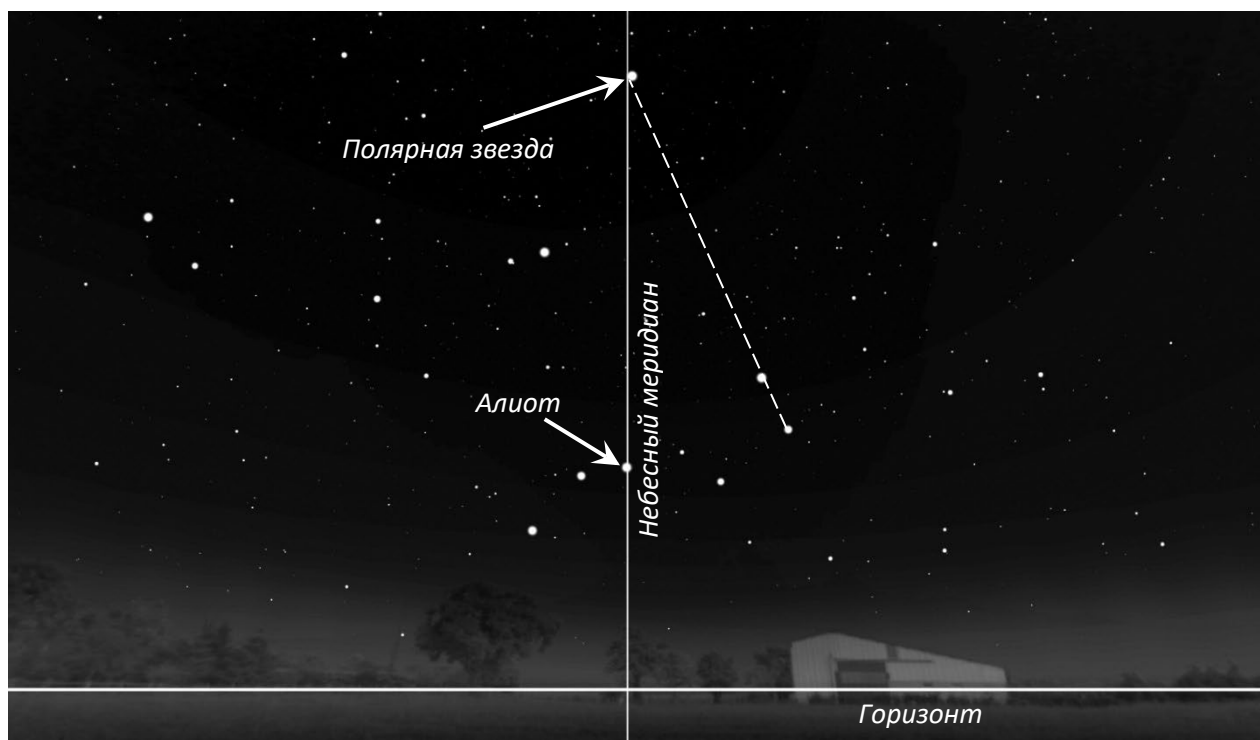
**а) (2 балла)** Все прекрасно знают, как отыскать Полярную звезду. Она приблизительно и будет Северным полюсом мира, а линия на фото, проведенная вертикально через Полярную, будет являться небесным меридианом. Как видим, звезда Алиот ( $\epsilon$  Большой Медведицы) оказалась точно на меридиане, т. е. у нее сейчас нижняя кульминация. В нижней кульминации часовой угол  $t = 12^h$ , а прямое восхождение Алиота из таблицы равно  $12^h 54^m$ . Тогда звездное время момента составит

$$s = \alpha + t = 12^h 54^m + 12^h = 24^h 54^m = 0^h 54^m.$$

В ответе допускается ошибка  $\pm 10^m$ . Участники олимпиады должны либо знать названия звезд Большой Медведицы, либо отождествить их в соответствии с таблицей координат.

**б) (2 балла)** Звездное время можно измерять как по Алиоту, так и по Солнцу:  $s = \alpha_{\odot} + t_{\odot}$ . Прямое восхождение Солнца в день зимнего солнцестояния мы, конечно же, знаем:  $\alpha_{\odot} = 18^h$ . Тогда  $t_{\odot} = 24^h 54^m - 18^h = 6^h 54^m$ . А истинное солнечное время составит  $T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h = 18^h 54^m$ . Точно так же допускается ошибка  $\pm 10^m$ .

**в) (2 балла)** Угловой масштаб снимка можно отыскать по расстоянию между какой-нибудь звездой Большой Медведицы и Полярной звездой. Например, расстояние от Алиота до полюса мира составляет практически ровно  $34^\circ$  (это видно из его склонения в таблице). Тогда по фото пропорционально можно отыскать и угловое расстояние полюса от горизонта – это и будет широта. В данном случае получается  $53^\circ$ , однако, поскольку в реальности угловой масштаб по кадру немного меняется, а тип проекции не указан, то при наличии правильного решения допускается ошибка в несколько градусов.



## 8. (10 баллов за задачу)

**а) (2 балла)** Если посмотреть на профиль линии  $H_{\alpha}$ , то можно заметить, что длина волны для самой нижней ее части составляет около  $6639 \text{ \AA}$ , верхнего края -  $6649 \text{ \AA}$ , а центр расположен примерно на  $6644 \text{ \AA}$ . В центре галактики основная масса звезд движется тангенциально, и смещение линии обусловлено только удалением самой галактики. Найдем скорость этого удаления:

$$v = \frac{6644 \text{ \AA} - 6563 \text{ \AA}}{6563 \text{ \AA}} \cdot c = 3700 \text{ км/с.}$$

**б) (2 балла)** Для определения орбитальной скорости звезд можно отыскать скорость звезд относительно Земли на одном краю галактики, а затем отнять ее от скорости центра. Получим около **230 км/с**. Заметим, что на самом краю звезды движутся целиком радиально, поэтому мы имеем право назвать лучевую скорость орбитальной.

**в) (2 балла)** Воспользуемся законом Хаббла:

$$r = \frac{v}{H} \approx 50 \text{ Мпк.}$$

**г) (2 балла)** Здесь главное – не забыть, что в задаче нам дан угловой **диаметр**, а отыскать необходимо линейный **радиус**:

$$R = r \cdot \sin(d/2) = 30 \text{ кпк.}$$

**д) (2 балла)** Орбиты звезд в спиральных рукавах и в том числе на окраине галактик являются круговыми. Тогда масса равна:

$$M = \frac{Rv^2}{G} = 7,4 \cdot 10^{41} \text{ кг} = 3,7 \cdot 10^{11} M_{\odot}.$$

Полученный ответ вполне согласуется с типичными массами галактик. Разве что можно заметить, что это еще не вся ее масса. Разреженные облака газа могут простираются и за пределы радиуса спиральных рукавов, темная материя также не ограничивается найденным нами радиусом. Поэтому вполне вероятно, что в реальности масса этой галактики окажется на порядок выше.

**Всего 24 балла за практический тур**