

# Белорусские астрономические олимпиады

## III ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

### Решения и схема оценивания заданий практического тура

3 – 6 января 2009 года

**1. Тренировка.** Для тренировочных звезд ( $\# 1-5$ ) звездные величины даны в таблице. Используйте их для тренировки определения звездных величин в полосах  $B$  и  $V$  измерительным средством.

**2. Калибровка.** Выполните измерения звездных величин в полосах  $B$  и  $V$  звезд  $\# 6-9$ . Проведите несколько независимых измерений. В таблицу запишите средние значения. При большом расхождении отдельных результатов, повторите первый пункт.

Задачи 1 и 2 являются тренировочными, поэтому не оцениваются.

**3. Измерение.** Выполните измерения звездных величин в полосах  $B$  и  $V$  всех оставшихся звезд (группы  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ) и результаты запишите в таблицу.

**4. Показатель цвета.** Вычислите показатель цвета  $B-V$  для каждой из звезд, результаты занесите в таблицу.

**5. Температура.** Определите температуры звезд, используя предложенную графическую зависимость  $T = T(B - V)$ . Результаты занесите в таблицу.

Измеренные звездные величины и вычисленные на их основе показатели цвета и температуры приведены в таблице.

**Схема оценивания:** определение звездных величин в лучах  $B$  и  $V$  – **2 балла**, вычисление показателя цвета – **1 балл**, определение температур – **1 балл**. Всего за задачи 3-5: **4 балла**.

**6. Диаграмма Герцшпрunga-Рассела.** Главная последовательность диаграммы для Гиад изображена на предложенном Вам рисунке. Нанесите звезды  $M12$  на данную диаграмму.

На рисунке ниже приведена диаграмма с нанесенными на нее звездами скопления  $M12$  (наши (Ваши) измерения – красные квадраты, реальные астрономические результаты (для сравнения) – голубые кружки).

**Схема оценивания:** нанесение звезд на диаграмму – **1 балл**.

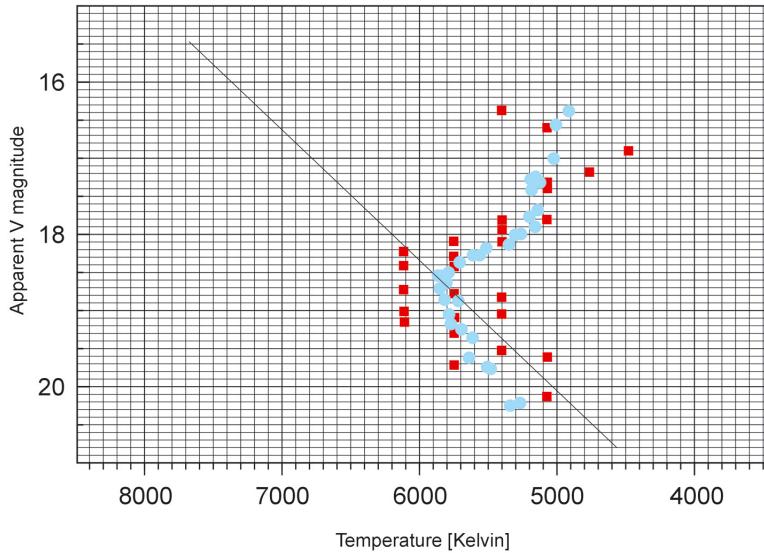
**7. Модуль расстояния.** Используя результаты предыдущей задачи, определите модуль расстояния  $t - M$  для скопления  $M12$ . Опишите метод. Оцените погрешность найденного значения.

Нижняя часть диаграммы с изображенными звездами Гиад и  $M12$  достаточно короткая, поэтому результаты очень чувствительны к наклону прямой, аппроксимирующей главную последовательность  $M12$ . Для упрощения процесса и устранения результата, который может нас

расстроить, мы будем предполагать, что форма главной последовательности абсолютно одинакова для всех звезд везде скоплений, независимо от их возраста, и, следовательно для Гиад и M12 они параллельны. Поэтому мы можем использовать наклон главной последовательности Гиад.

Измеряя, получим  $m_V - M_V = 13.9$ . Погрешность данного значения зависит от применяемого метода (на рассмотрение жюри).

**Схема оценивания:** метод – **1 балл**, определение модуля расстояния – **1.5 балла**, погрешность – **0.5 балла**.



**8. Расстояние.** Используя результаты предыдущей задачи, определите расстояние до M12 и его погрешность.

Расстояние до скопления:

$$D = 10^{(m-M+5)/5} = 10^{3.78} = 6.03 \text{ кпк.}$$

Погрешность данного результата зависит только от погрешности модуля расстояния в предыдущей задаче и вычисляется через нее. Оценивается только пересчет погрешности.

**Схема оценивания:** расстояние – **1.5 балла**, погрешность – **0.5 балла**.

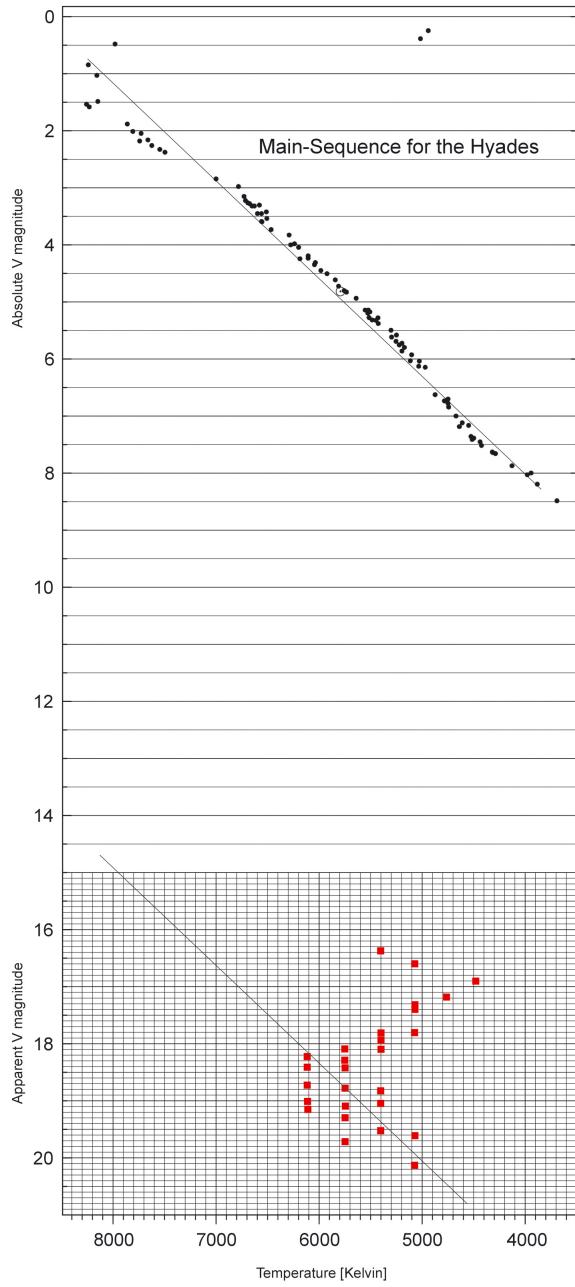
**9. Межзвездное поглощение.** Считая межзвездное поглощение в Галактике в направлении исследуемого скопления равным  $A_V = 0.57^m$ , заново определите расстояние до M12. Сравните полученный результат с задачей 8.

Расстояние до скопления с учетом межзвездного поглощения:

$$D = 10^{(m-M-0.57+5)/5} = 10^{3.666} = 4.63 \text{ кпк.}$$

**Схема оценивания:** расстояние – **1 балл**.

**10. Точка поворота.** Определите видимую звездную величину, светимость (в светимостях Солнца) и массу звезд (в массах Солнца) в точке поворота главной последовательности на ветвь гигантов. Используйте следующие данные: зависимость масса – светимость для звезд главной последовательности  $L \sim \mu^{3.8}$  и видимую звездную величину Солнца  $m_\odot = -26.5^m$ .



Согласно нашим измерениям, видимая звездная точка поворота равна  $18.7^m$ . Отношение светимостей:

$$\frac{L}{L_\odot} = \left( \frac{D}{D_\odot} \right)^2 \cdot \left( \frac{F}{F_\odot} \right).$$

Расчитаем отношение потоков излучения:

$$\frac{F_\odot}{F} = 10^{(m-m_\odot)/2.5} = 10^{(18.7 - (-26.5))} = 10^{18.08} = 1.202 \times 10^{18}.$$

Отношение расстояний:

$$\frac{D}{D_\odot} = \frac{4634 \times 3.086 \times 10^{13}}{1.498 \times 10^8} = 9.559 \times 10^8.$$

И, наконец, отношение светимостей:

$$\frac{L}{L_\odot} = (9.559 \times 10^8)^2 \times 8.318 \times 10^{-19} = 0.76.$$

Отношение масс:

$$\frac{\mu}{\mu_{\odot}} = \left( \frac{L}{L_{\odot}} \right)^{1/3.8} = 0.93.$$

**Схема оценивания:** видимая звездная величина – **1 балл**, светимость – **2 балла**, масса – **1 балл**.

**11. Возраст.** Используя зависимость масса звезды – время ее жизни на главной последовательности ( $t \sim \mu^{-2.8}$ ) и расчетную длительность главной последовательности Солнца  $t_{\odot} = 8.2 \times 10^9$  лет, оцените возраст шарового скопления. Сравните с предполагаемым возрастом Вселенной.

Найдем возраст M12:

$$\frac{t}{t_{\odot}} = \left( \frac{\mu}{\mu_{\odot}} \right)^{-2.8} = 1.224 \implies t = 1.224 \times 8.2 \times 10^9 = 10 \times 10^9 \text{ лет.}$$

Современное значение предполагаемого возраста Вселенной (возраста согласно современным моделям) составляет  $13.7 \pm 2.2$  млд. лет. Шаровые звездные скопления – старые объекты.

Участники олимпиады могут оценивать возраст Вселенной, считая его равным хаббловскому или использовать литературные данные. Все оценивается одинаково.

**Схема оценивания:** определение возраста – **1 балл**, сравнение – **1 балл**.

**12. Размер.** Используя изображение M12 (сторона кадра  $0.25^{\circ}$ ), найдите диаметр скопления (в пк). Опишите метод.

Участники олимпиады определяют линейный размер скопления с помощью его углового радиуса, применяя *самостоятельно придуманный* метод нахождения границы скопления. Все методы при их пригодности и обоснованности оцениваются одинаково (на рассмотрение жюри). Например, рассчитаем линейный диаметр скопления, соответствующий его угловому диаметру  $0.22^{\circ}$ :

$$d = D \cdot 0.22 \times \pi / 180 = 17.8 \text{ пк.}$$

**Схема оценивания:** определение размера – **1 балл**, метод – **0.5 балла**.

**13. Число звезд.** Считая абсолютную звездную величину скопления  $M = -7.32^m$  (в полосе V), оцените число звезд в скоплении. Укажите использованные в расчетах приближения. Как они влияют на полученный результат?

Первое приближение: звезды являются солнцеподобными. Второе: они не экранируют друг друга. Число звезд:

$$N = L_{M12}/L_{\odot} = 2.512^{M_{\odot}-M_{M12}} \simeq 9 \times 10^4.$$

**Схема оценивания:** вычисление числа звезд – **1 балл**, описание приближений – **0.5 балла**.

**Всего за практический тур: 20 баллов.**

**Примечания к схеме оценивания:** Данная схема может быть изменена по решению жюри, при этом необходимо придерживаться соотношения баллов за теоретический и практический тур 1:1. Результаты измерений участников олимпиады Вашего региона могут отличаться от приведенных в данном решении.