

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**.

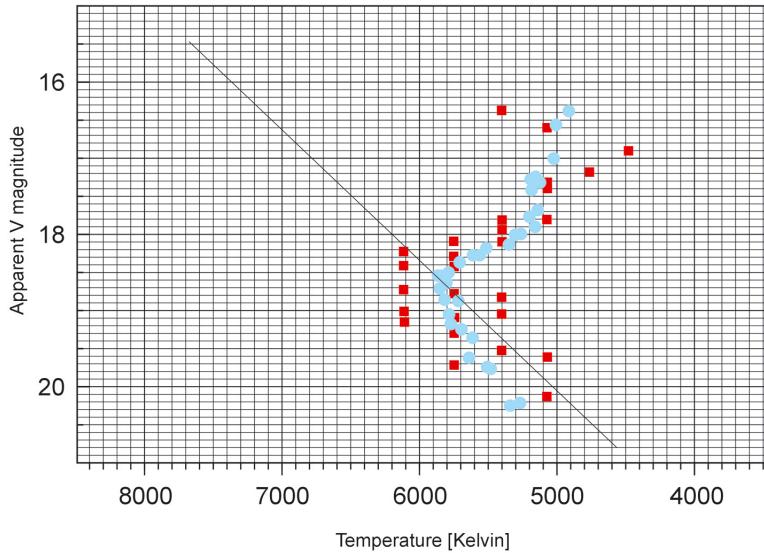
7. Модуль расстояния. Используя результаты предыдущей задачи, определите модуль расстояния $t - M$ для скопления $M12$. Опишите метод. Оцените погрешность найденного значения.

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 в звездных 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**.

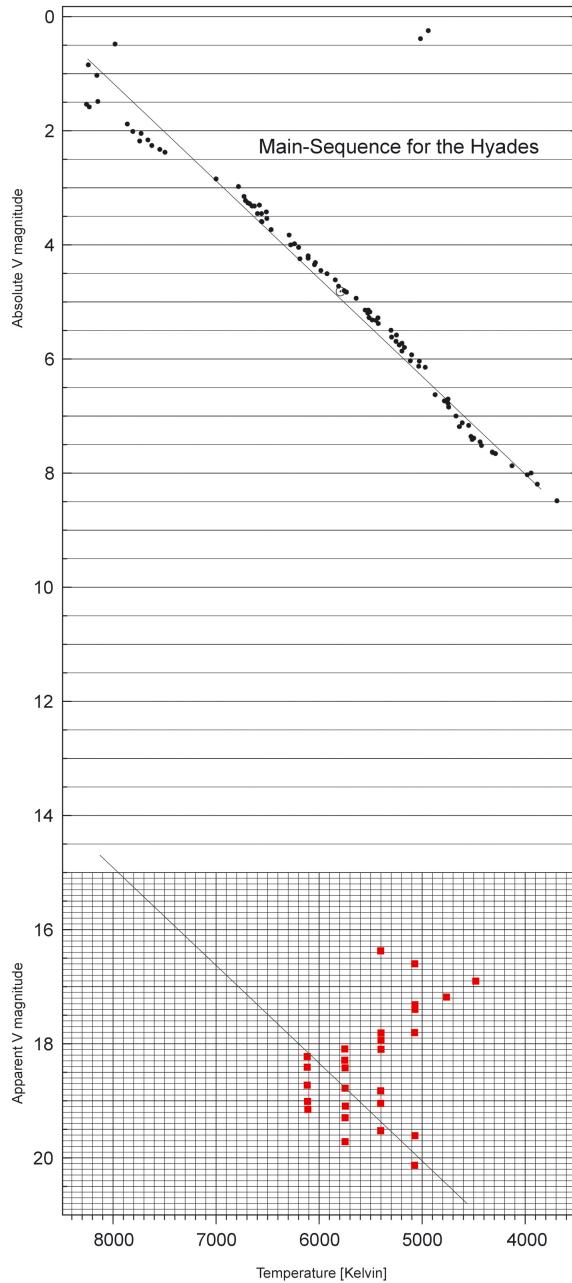
9. Межзвездное поглощение. Считая межзвездное поглощение в Галактике в направлении исследуемого скопления равным $A_V = 0.57^m$, заново определите расстояние до M12. Сравните полученный результат с задачей 8.

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 ± 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°), 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° :

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

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.