

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЦЕНТРАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО
АСТРОНОМИЯ

XV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

<http://astro-olymp.org>

IV кръг, 12 юли 2012 г., х. Бузлуджа, практически тур

Старша възраст

Задача 1: Фотометрично изследване на звездния куп M15

Широкоивичната фотометрия е един от методите за изследване на физическите характеристики на звездните купове. Чрез фотографирането им в различни филтри можем да получим много достоверна информация за температурите на звездите в тях.

Променливите звезди от тип RR Lyræ са често срещани пулсиращи променливи звезди в кълбовидните звездни купове. Използват се като стандартни свещи за определяне на разстоянието до тях. На предоставената Ви диаграма на Херцшпрунг-Ръсел е показано тяхното местоположение в ивицата на нестабилност (област от диаграмата на Херцшпрунг – Ръсел, в която се намират всички пулсиращи променливи звезди). От нея се вижда, че те образуват хоризонтална ивица в нея.

В тази задача Ви предоставяме възможността да получите няколко характеристики на кълбовидния звезден куп M15. Разполагате с таблица, съдържаща измерените звездни величини на звезди, принадлежащи на този куп, във филтър V и техните B-V цветови индекси.

А) Начертайте диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел за M15, базираща се на тези данни. С оглед на получената диаграма, коментирайте накратко какви типове звезди съдържа този куп.

Б) Определете разстоянието до купа. Направете това, използвайки т.нар. хоризонтален клон на променливите от тип RR Lyræ.

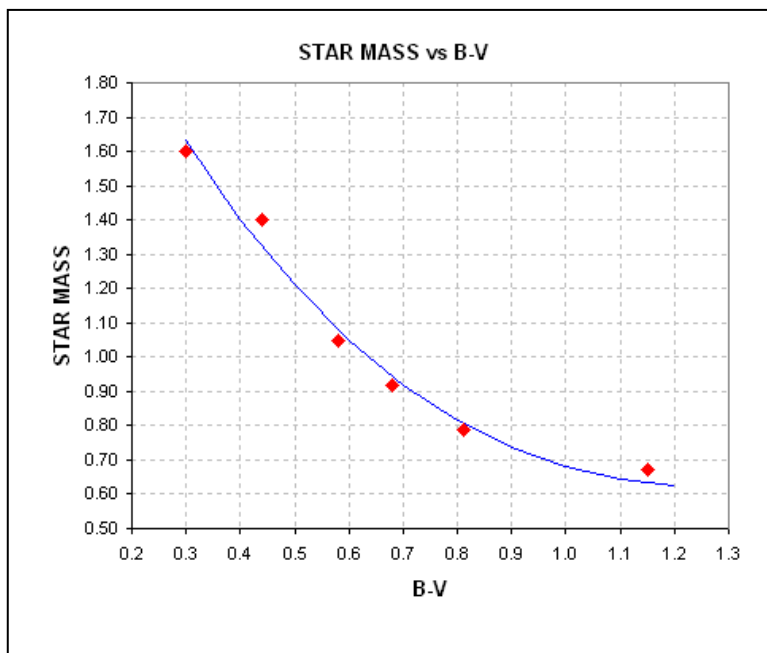
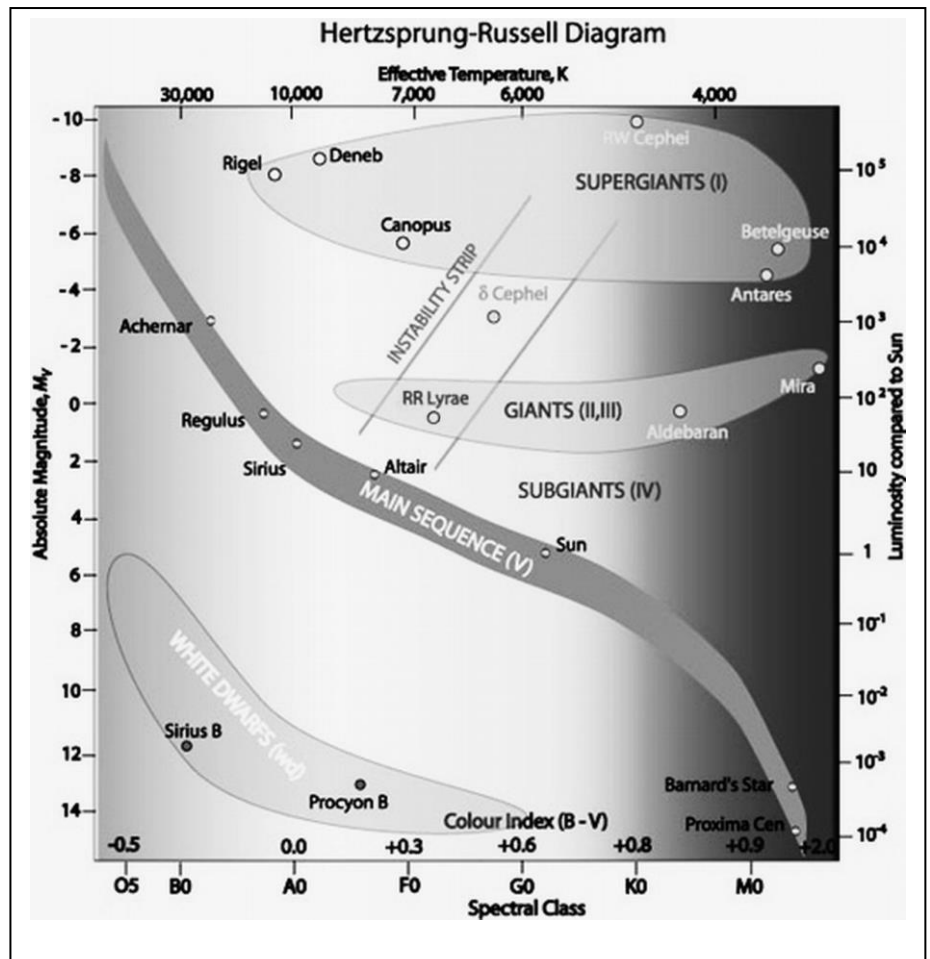
В) Определете възрастта на M15.

В решението на задачата можете да използвате, че времето, което една звезда прекарва на Главната последователност се задава в формулата:

$$T[\text{год.}] = 10^{10} \text{ год.} \cdot M[M_{\text{Сл.}}]^{-2.5}$$

На втората диаграма е показана масата на звездите от Главната последователност, като функция на техния B-V цветен индекс.

V	B-V
15,84	0,27
15,92	0,27
15,81	0,3
15,9	0,3
15,95	0,31
15,91	0,32
15,9	0,36
15,94	0,38
15,89	0,41
15,85	0,42
15,88	0,45
19,07	0,45
15,98	0,47
18,76	0,47
15,83	0,48
19,1	0,48
19,3	0,48
18,6	0,49
18,43	0,5
19,56	0,51
15,79	0,52
20,03	0,55
17,75	0,58
17,97	0,58
20,37	0,6
17,96	0,62
20,87	0,68
17,3	0,69
21,39	0,72
17,15	0,74
16,59	0,77
21,39	0,77
16,13	0,79
15,69	0,86
21,64	0,87
15,35	0,91



Решение:

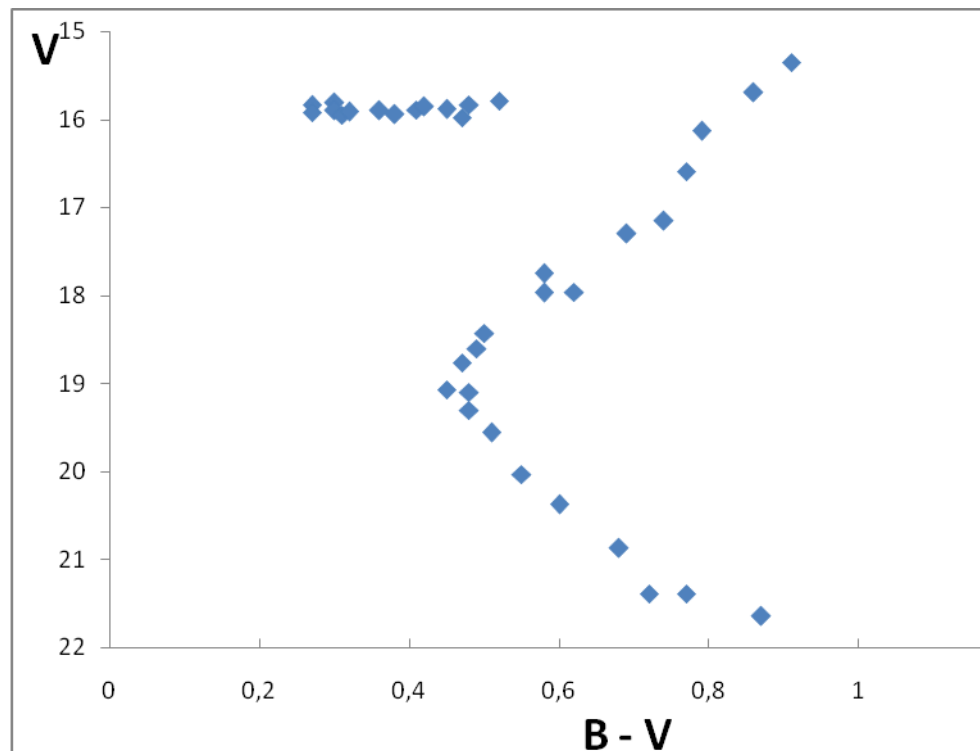
А) Диаграмата на Херцшпрунг – Ръсел за М15 показва изменението на светимостта на звездите в купа като функция на техните температури. В нашия случай, е удобно като показател за температурата да използваме $B - V$ цветовия индекс, а за светимостта звездната величина във филтър V .

На милиметровата хартия начертаваме графика по чиято хоризонтална ос нанасяме цветовия индекс на звездите, а по вертикалната звездната им величина във филтър V .

Използваме следните мащаби:

- По оста $Ox - 1\text{cm} = 0,1^m$
- По оста $Oy - 1\text{cm} = 1^m$.

Начертаваме оста на звездните величина така, че яркостта на звездите да нараства нагоре.



Можем да приемем, че във всеки един звезден куп всички звезди са се образували по едно и също време. Поради това, техните възрасти са еднакви. Сферичните купове са стари звездни образувания и техните възрасти са достигат до 10 милиарда години. Следователно, голяма част от звездите в тях са напуснали Главната последователност и са се насочили към областта на червените гиганти.

Звездите с по – малка маса и светимост, чието време на живот на Главната последователност е по – дълго все още се намират на нея. На диаграмата на Херцшпрунг – Ръсел

на всеки сферичен звезден куп се открояват следните области:

- звезди от Главната последователност, които са означени с 1 на получената диаграма (колкото по – стар е купът, толкова по – ниски светимост имат най – ярките звезди, които са все още на ГП)
- червени гиганти, означени с 2
- субгиганти – 3
- звезди гиганти от хоризонталния клон, които в нашия случай се явяват променливите от тип RR Lyrae, означени с 4.

Много важна част от ХР диаграмата на всеки сферичен куп е т.нар. точка на обръщане. Това е точката в която Главната последователност преминава в клон на субгигантите. Тя показва каква е светимостта и температурата на онези звезди от Главната последователност, които я напускат в момента. Тяхното време на живот (време за престой върху Главната последователност) е равно на възрастта на купа.

Б) Променливите звезди от тип RR Lyrae се намират в хоризонталния клон на гигантите, който е означен в 4 на нашата диаграма спектър – светимост.

От предоставената ни ХР диаграма, виждаме, че този тип звезди имат приблизително еднакви светимости. Тяхната абсолютна звездна величина, която измерваме е $M \approx 0,4^m$. На получената от нас диаграма, звездната величина на хоризонталния клон е $m \approx 15,9^m$. От тук получаваме, че модулът на разстоянието до M15 е равно на:

$$m - M \approx 15,5^m.$$

Знаем, че ако r е разстоянието, то:

$$m - M = 5 \cdot \lg r [\text{pc}] - 5.$$

Оттук намираме, че: $r \approx 12\,500$ pc.

В) От получената ХР диаграма на M15 измерваме, че точката на обръщане съответства на цветови индекс $B-V \approx 0,46^m$.

От графиката, показваща изменението на масата на звездите от Главната последователност като функция на този цветови индекс, намираме, че те имат маса $M \approx 1,3 M_{\text{SUN}}$.

Това са звездите, които в момента приключват периода в който пребивават върху Главната последователност. Понеже те са образувани заедно с останалите звезди от купа, то тяхната възраст е мярка за възрастта на целия куп.

Използвайки дадената ни формула, пресмятаме, че времето за което те пребивават на Главната последователност е $t \approx 5$ млрд. г.

Критерии за оценяване (20т.):

А) – правилно начертана графика – 5т

- коментар за типовете звезди по диаграмата – 3т

Б) – измерване на абсолютната звездна величина на хоризонталния клон – 2т

- намиране на модула на разстоянието – 2т.

- изчисляване на разстоянието в парсеци – 2т.

В) – измерване на цветовия индекс на точката на обръщане – 2т.

- намиране на масата на звездите в нея – 1т.

- коментар за възрастта на купа – 2т.

- пресмятане на възрастта – 1т.