

FOTOMETRIA FOTOELÉTRICA DAS PLÊIADES

CLEA - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy - Department of Physics, Gettysburg College

<http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>

<http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/clea/VIREO.html>

Texto adaptado pelos professores Maria de Fátima Saraiva e Kepler Oliveira

Conceitos envolvidos: magnitude absoluta, magnitude aparente, índice de cor, distância, diagrama HR

Objetivos:

1. Usar um fotômetro simulado para medir as magnitudes aparentes B e V de 24 estrelas do aglomerado das Plêiades.
2. Fazer e comparar diagramas H-R, para encontrar a relação entre magnitude aparente e magnitude absoluta.
3. Determinar a distância do aglomerado.

Material necessário:

Calculadora, papel milimetrado, folha de papel ou plástico transparente (transparência para retro-projetor, ou papel celofane, ou papel de seda), caneta adequada para escrever na transparência, computador com Windows ou Wine no linux.

Introdução:

O programa “Photoelectric Photometry of the Pleiades”, que pode ser baixado de http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea_products/pc/PhotoLab.zip (também está incluso no programa maior: http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/clea_products/pc/VIREO.zip), faz uma simulação realista de um fotômetro acoplado a um telescópio profissional de tamanho moderado. O telescópio é controlado por um computador que permite mover o telescópio de uma estrela para outra e fazer medidas. Filtros diferentes podem ser selecionados para cada medida, e o tempo de integração pode ser ajustado. O computador também executa o trabalho de converter a contagem de fótons em magnitudes aparentes e fornece uma estimativa da qualidade dos dados coletados.

Na primeira parte deste exercício, você coletará dados de 24 estrelas do aglomerado estelar das Plêiades. Você medirá as magnitudes aparentes de cada estrela, em cada uma das duas cores.

Na segunda parte, você construirá um diagrama H-R (Herzprung-Russel), mostrando as magnitudes aparentes das estrelas do aglomerado em função de seus índices de cor. O índice de cor, B-V, é a magnitude aparente azul (B) menos a magnitude aparente visual (V). *Assumiremos que todas as estrelas do aglomerado estão aproximadamente à mesma distância.* Essa hipótese é razoável, uma vez que todas as estrelas pertencem ao mesmo aglomerado e, portanto, foram formadas da mesma nuvem, e é necessária, pois do contrário as magnitudes aparentes das estrelas dependeriam também de suas distâncias individuais. Você então criará um outro diagrama H-R, referente a um grupo de estrelas da sequência principal com magnitudes absolutas conhecidas. Sobrepondo e alinhando estes dois gráficos, você poderá associar a magnitude aparente (m) de uma estrela do aglomerado com uma magnitude absoluta (M) de uma estrela da sequência principal. Conhecendo a magnitude aparente e a magnitude absoluta de uma estrela, você poderá determinar sua distância, em parsecs, a partir da equação:

$$(m_V - M_V) = -5 + 5 \log d \longrightarrow d = 10^{(m_V - M_V + 5)/5}$$

onde $(m_V - M_V)$ é o *módulo de distância* e

m_V = magnitude **aparente** no filtro V, também chamada de V.

M_V = magnitude absoluta no filtro V

d = distância em parsecs

Primeira parte: Determinação das magnitudes aparentes B e V e índice de cor (B-V) de cada estrela

1. Inicializar o programa e entrar as informações do estudante

- Clique em **login**, entre seu nome em **Student#**. Clique , e clique quando perguntar "**Have you finished logging in**".

A primeira tela do laboratório de fotometria vai aparecer.

2. Acessar a tela de ajuda

- Clique em para abrir a tela de ajuda, e então clique em **Getting Started** para acessar os textos de ajuda e se familiarizar com os controles. Para sair desta tela, clique no botão cinza no canto superior direito da janela branca.

3. Iniciar a observação

- Clique no botão do menu.
- Clique em para abrir (open) a cúpula (dome) do observatório. Quando a cúpula estiver totalmente aberta, o centro da tela mostrará uma vista do céu noturno.
- Clique em para ligar o acompanhamento do telescópio e compensar o movimento de rotação da Terra.
- Clique em para ver uma visão ampliada da região dentro da caixa no centro da vista do céu.

4. Fazer medidas do Céu

- Coloque o círculo, que representa a abertura do fotômetro, em uma região sem estrelas para medir o brilho do céu. Para mover o telescópio use os botões , , , , na parte esquerda da tela. Você pode mudar a velocidade de movimento do telescópio com o botão .
- Clique em até aparecer o filtro B (azul)
- Clique em para escolher o tempo de integração de cada medida. O tempo pode ser ajustado entre 0.1 e 10 segundos. Quanto mais fraca a estrela, mais longo deve ser o tempo de integração. Use 10 segundos para as medidas do céu.
- Clique em para escolher o número de integrações. Coloque 5 integrações para as medidas do céu: (Mean Sky/Counts/sec).
- Clique em para iniciar a integração.
- Repita as medidas do céu para o filtro V. Anote os valores médios de contagens por segundo do céu em cada filtro na Tabela 1:

Table 1: Medidas do céu

Filtro	Céu médio (contagens/segundo)
B	
V	

5. Cálculo da magnitude:

- Mova o telescópio para um estrela mais brilhante que aparece no centro do campo, e verifique suas coordenadas AR (Right Ascension) e Dec (Declination) abaixo do botão **S**.

AR = _____ DEC = _____

- Centre a estrela no diafragma (círculo vermelho) e faça medidas dessa estrela no filtro **V**, usando tempo de integração de 0,1 s e número de integrações igual a 5. Anote abaixo o número de contagens por segundo da estrela, o número de contagens do céu, a razão sinal/ruído, e a magnitude V da estrela:

contagens/segundo(estrela)	sinal/ruído(estrela)	contagens/segundo(céu)	magnitude V

- Agora mova o telescópio de forma a centrar o diafragma na estrela mais próxima da que mediste, e anote suas coordenadas:

AR = _____ DEC = _____

- Faça medidas dessa estrela no filtro **V**, usando tempo de integração de 0,1 s e número de integrações igual a 5. Anote abaixo os valores obtidos:

contagens/segundo(estrela)	sinal/ruído(estrela)	contagens/segundo(céu)	magnitude V

- Mostre que para as duas estrelas medidas se aplica a relação:

$$V_1 - V_2 = -2,5 \log \frac{F_1}{F_2}$$

sendo

$F_1 = \text{contagens/segundo(estrela}_1) - \text{contagens/segundo(céu)}$, $V_1 = \text{magnitude V da estrela}_1$
e

$F_2 = \text{contagens/segundo(estrela}_2) - \text{contagens/segundo(céu)}$, $V_2 = \text{magnitude V da estrela}_2$

- Calcule a constante const_V da escala de magnitude usada, lembrando que:

$$V_1 = -2,5 \log F_1 + \text{const}_V, \quad V_2 = -2,5 \log F_2 + \text{const}_V$$

Faça o cálculo da constante a partir das duas estrelas, e determine o seu valor médio:

6. Medidas das estrelas

- Centre a estrela no diafragma (círculo vermelho) e faça medidas dessa estrela nos dois filtros, como foi feito para o céu, mas ajustando o número de integrações e o tempo de integração de forma que a razão sinal/ruído (**SN ratio**) esteja próxima de 100 (se estiver maior não tem problema, só não pode estar muito menor).

As estrelas mais brilhantes necessitarão tempos de integração menores, e as mais fracas, maiores.

- Localize a estrela, por suas coordenadas, na planilha de dados de fotometria fotoelétrica (em anexo). Anote na planilha todas as magnitudes até três casas decimais.
- Quando tiver feito as medidas de todas as estrelas, clique no botão para desligar o acompanhamento do telescópio, e clique no botão para fechar a cúpula.
- Calcule os índices de cor B-V até duas casas decimais e anote na planilha. Estrelas quentes terão B-V pequenos, e em alguns casos negativos. Estrelas frias terão B-V entre 1 e 2.

Segunda Parte: Diagrama H-R e distância do aglomerado

1. Construção do diagrama H-R das Plêiades

- Para construir seu diagrama H-R, você deve usar uma folha de papel milimetrado, ou quadriculado, ou um programa de computador, como Excel. Plote no eixo horizontal (x), os valores de (B-V) calculados para as estrelas, e no eixo vertical (y), plote as magnitudes aparentes respectivas. Lembre que quanto mais fraca uma estrela é, maior é o número representando sua magnitude aparente.

Plote seu eixo y de modo que a magnitude zero está no topo do eixo, e a magnitude 20 está no limite inferior do eixo. O eixo x deve cobrir o intervalo entre -0.4 (na esquerda) e 1.6 (na direita). Use a escala de 10 mm = 0,1 mag no eixo X, e de 10 mm = 1 mag no eixo Y.

2. Construção do diagrama H-R das estrelas padrões

Você agora criará um segundo gráfico na sua transparência. Neste segundo gráfico, você plotará os dados constantes na Tabela 2 (na folha seguinte), referente a um grupo de estrelas da sequência principal para as quais as magnitudes absolutas visuais (M_V) são bem determinadas.

- Coloque a folha de papel ou plástico transparente sobre seu gráfico, e com uma régua trace os eixos x e y de forma que eles fiquem exatamente do mesmo tamanho, e com as mesmas divisões que os do diagrama H-R dos dados observados. A diferença é que o eixo y deste novo gráfico terá uma escala entre **-8 (limite superior) e +12 (limite inferior)**. A escala do eixo x fica a mesma. Novamente use 10 mm = 0,1 mag no eixo X, e de 10 mm = 1 mag no eixo Y. O papel transparente deve ter o mesmo tamanho do papel milimetrado.
- Agora plote as estrelas de calibração da Tabela 2 na folha transparente.

Table 2: Estrelas da Seqüência Principal

Magnitude Absoluta (M_V)	B-V	Tipo Espectral
-5.8	-0.35	O5
-4.1	-0.31	B0
-1.1	-0.16	B5
0.7	0.00	A0
2.0	0.13	A5
2.6	0.27	F0
3.4	0.42	F5
4.4	0.58	G0
5.1	0.70	G5
5.9	0.89	K0
7.3	1.18	K5
9.0	1.45	M0
11.8	1.63	M5

3. Distância do aglomerado

- Deslize o papel transparente sobre o papel milimetrado para cima e para baixo até a posição em que as duas seqüências principais de estrelas se sobreponham melhor na parte central, sempre mantendo os eixos y superpostos. As estrelas vermelhas frias na parte inferior direita do gráfico observacional podem ter um espalhamento grande e não se ajustarem bem.
- Quando as duas seqüências estão superpostas, cada estrela da seqüência principal combinada pode ser descrita ou em termos de m ou de M. A relação entre magnitude absoluta e magnitude aparente é a mesma para todas as estrelas, não importa sua magnitude. Então pegue qualquer magnitude na escala de magnitude absoluta e leia sua magnitude aparente correspondente. Leia cada escala com precisão de uma casa decimal.

Conhecendo a magnitude aparente e a magnitude (V) e a magnitude absoluta (M_V) de uma estrela, você poderá determinar sua distância, a partir da equação:

$$(V - M_V) = -5 + 5 \log d \longrightarrow d = 10^{(m-M+5)/5}$$

Lembre-se que a distância determinada na equação acima está em parsecs. Então converta sua resposta para anos-luz.

Em 1958, H.L. Johnson e R.I. Mitchell calcularam a distância deste aglomerado, achando o valor de 410 anos-luz. Compare seu valor com este, e escreva a comparação de forma percentual.

4. Para entregar:

Em uma folha separada coloque os resultados, ordenando-os como está abaixo:

Magnitude absoluta V (lida na folha transparente) : M_V :

Magnitude aparente V (lida na folha milimetrada) : m_V :

Distância ao aglomerado: d : parsecs

Distância ao aglomerado: d : anos-luz

Meu valor é % (mais alto/mais baixo) do que o valor medido por Johnson e Mitchell. Anexe à folha com os resultados a tabela com as medidas, o diagrama HR das estrelas padrões (na transparência) e o diagrama HR das Plêiades.

Photoelectric Photometry Data Sheet

Star	RA hr min sec	Dec deg min sec	B	V	B-V
1	3 41 18.0	23 58 00			
2	3 42 55.1	24 29 36			
3	3 44 06.6	24 20 12			
4	3 45 06.5	24 15 50			
5	3 45 12.5	24 28 02			
6	3 45 40.2	24 37 39			
7	3 45 42.4	25 03 26			
8	3 45 43.2	24 16 13			
9	3 45 48.4	24 52 43			
10	3 46 27.3	24 15 18			
11	3 46 27.8	23 35 35			
12	3 46 34.2	23 37 27			
13	3 46 50.5	23 14 22			
14	3 46 59.3	24 31 12			
15	3 47 01.4	24 22 24			
16	3 47 29.1	24 06 18			
17	3 47 36.9	23 36 34			
18	3 47 50.8	24 40 45			
19	3 48 13.4	25 05 56			
20	3 48 20.8	23 25 16			
21	3 48 30.1	24 20 44			
22	3 49 07.5	24 00 40			
23	3 49 25.1	23 47 42			
24	3 49 56.6	24 20 56			