

Mediciones astronómicas: Distancias determinadas de velocidades

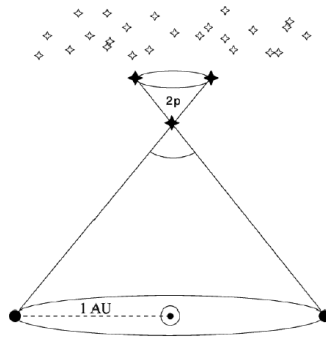
Mauro Jélvez

October 2024

Paralajes trigonométricos

$$\frac{r}{D} = \tan p \approx p$$

1 pc = 206 265 AU = 3.086×10^{18} cm, parsec (pc), $p = 1''$



$$D = \left(\frac{p}{1''} \right)^{-1} \text{ pc}$$

Movimientos propios

Componente radial de la velocidad:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c$$

Y para la tangencial:

$$v_t = D\mu$$

O también:

$$\frac{v_t}{\text{km/s}} = 4.74 \left(\frac{D}{1 \text{ pc}} \right) \left(\frac{\mu}{1''/\text{yr}} \right)$$

Lo que nos lleva a:

$$\frac{v_t}{\text{km/s}} = 4.74 \left(\frac{\mu}{1''/\text{yr}} \right) \left(\frac{p}{1''} \right)^{-1}$$

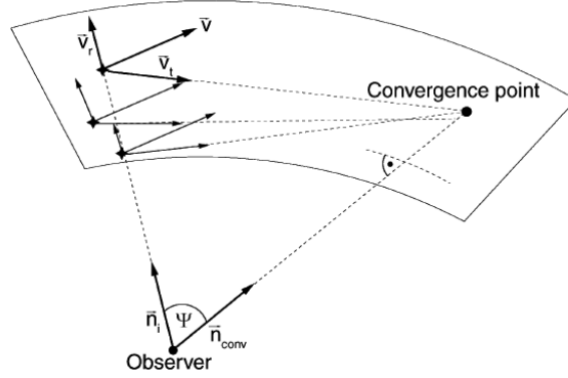
Paralajes de cúmulos estelares en movimiento

Sólo para cúmulos cercanos consideramos la misma velocidad espacial para todas las estrellas: v

La posición de la estrella i con el tiempo está dada por:

- $r_i(t) = r_0 + vt$

- $\hat{n}_i(t) := \frac{r_i(t)}{|r_i(t)|}$
- $\hat{n}_i(t) \rightarrow \frac{v}{|v|=n_{conv}}$ con $t \rightarrow \infty$



$$\cos \Psi = \hat{n} \cdot v / |v| = n_{conv} \cdot n$$

- $v = |v|$
- $v_r = v \cos \Psi$
- $v_t = v \sin \Psi$
- $v_t = v_r \tan \Psi$
- $\mu = \frac{v_t}{D} = \frac{v_r \tan \Psi}{D} \rightarrow D = \frac{v_r \tan \Psi}{\mu}$

Distancia fotométrica, extinción y enrojecimiento

$$m - M = 5 \log(D/\text{pc}) - 5$$

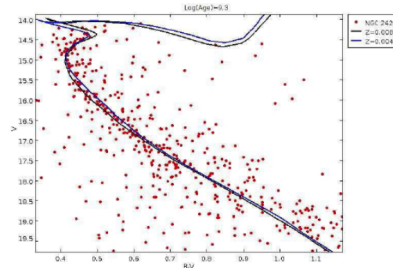
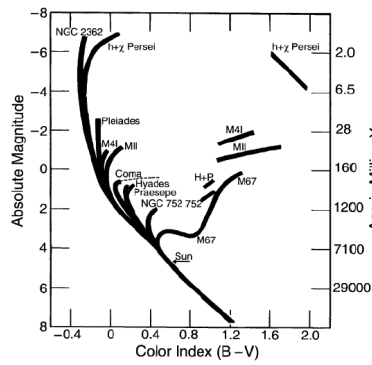


Fig. 9. Fitting of the two best isochrones on the CMD, $\log(\text{age}) = 9.3$, $Z=0.004$ (black curve) and $Z=0.008$ (blue curve).

$$\frac{dI_\nu}{ds} = -\kappa_\nu I_\nu$$

$$I_\nu(s) = I_\nu(0)e^{-\tau_\nu(s)}$$

$$S_\nu = S_\nu(0)e^{-\tau_\nu(s)}$$

La extinción se caracteriza según el parámetro A_ν que es la cantidad de magnitudes de luz perdida debido al polvo. La relación entre la magnitud aparente observada m_0 y la magnitud corregida es:

$$m_0 = m + A_\nu$$

$$A_\nu = 1.086\tau_\nu$$

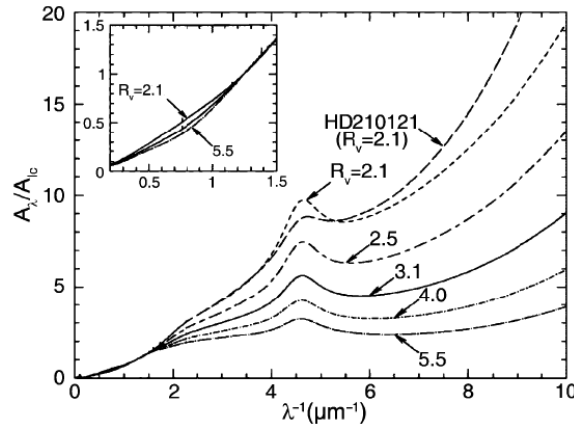
Donde τ_ν es la profundidad óptica, el coeficiente de absorción κ_ν depende de la frecuencia, la absorción siempre está ligada a un cambio en el color. Lo cual es descrito por el exceso de color o también conocido como enrojecimiento:

$$E(B - V) = (B - V)_0 - (B - V)$$

El ratio $A_x/A_y = \tau_\nu(x)/\tau_\nu(y)$ depende solamente de las propiedades de las profundidades ópticas del polvo o más específicamente el ratio de los coeficientes de absorción en las dos bandas de frecuencia x e y . Por lo que el exceso de color es proporcional al coeficiente de extinción:

$$E(X - Y) = A_x R_x^{-1}$$

$$A_V = R_V E(B - V) = (3.1 \pm 0.1) E(B - V)$$



El gráfico muestra la *dependencia de la extinción del coeficiente* A_λ en función de la longitud de onda λ , normalizada al coeficiente de extinción A_I a una longitud de onda específica $\lambda = 9000 \text{ \AA}$. La gráfica se organiza de la siguiente manera:

Ejes

- **Eje X:** Representa el *inverso de la longitud de onda* (λ^{-1}) en micrómetros inversos (μm^{-1}). En el eje horizontal se muestra un rango de 0 a 10 μm^{-1} , lo que indica que las frecuencias aumentan hacia la derecha.
- **Eje Y:** Representa la extinción normalizada A_λ/A_I , es decir, la razón entre la extinción a una longitud de onda particular λ y la extinción a $\lambda = 9000 \text{ \AA}$.

Curvas

Las diferentes curvas muestran cómo varía la extinción para diferentes valores de R_V , el parámetro que caracteriza la *ley de enrojecimiento* (reddening law), que está relacionado con el tipo de nubes interestelares que se encuentran en el medio interestelar.

- **Curvas etiquetadas** con valores de R_V (2.1, 2.5, 3.1, 4.0, 5.5): Estas curvas representan distintos tipos de nubes interestelares.
 - Cuanto mayor es el valor de R_V , más plana es la curva en longitudes de onda largas.
 - Las curvas con valores más bajos de R_V (por ejemplo, 2.1) tienen una mayor extinción en longitudes de onda cortas (región ultravioleta) en comparación con los valores altos de R_V .

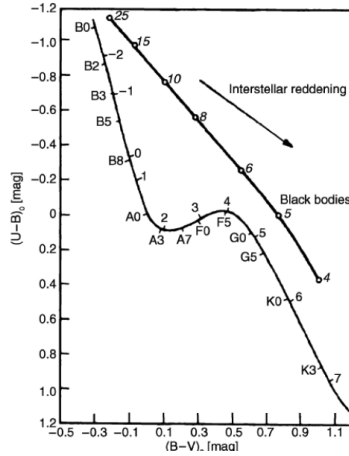
- **Línea sólida:** Especifica la curva promedio de extinción galáctica. Esto representa la extinción causada típicamente por el polvo interestelar en la Vía Láctea.

Subgráfico (insert)

El subgráfico muestra un detalle en la región del infrarrojo cercano (NIR), con valores de λ^{-1} más bajos (de 0 a $1.5 \mu m^{-1}$). En esta región, las diferencias entre los valores de R_V son menos pronunciadas, lo que indica que la extinción depende menos de R_V en estas longitudes de onda más largas.

Observaciones adicionales

- La estrella **HD210121** se menciona en la leyenda con un valor de $R_V = 2.1$, representando la extinción observada para esta estrella particular. Se puede notar que la curva de extinción para esta estrella se desvía ligeramente del modelo estándar, lo que sugiere variaciones en la ley de enrojecimiento que se aplica a diferentes entornos interestelares.



Este gráfico es un *diagrama color-color* que muestra la relación entre dos índices de color estelares: $(U - B)_0$ y $(B - V)_0$, donde:

- $(U - B)_0$: Es la diferencia de magnitudes entre los filtros U (ultravioleta) y B (azul).
- $(B - V)_0$: Es la diferencia de magnitudes entre los filtros B (azul) y V (visible).

Este diagrama es útil para entender las propiedades de las estrellas de la secuencia principal y cómo afecta el *enrojecimiento interestelar* (interstellar reddening).

Ejes

- **Eje X:** Representa el índice de color $(B - V)_0$ en magnitudes, con valores que van desde -0.5 hasta 1.1 .
- **Eje Y:** Representa el índice de color $(U - B)_0$ en magnitudes, con valores que van desde -1.2 hasta 1.0 .

Curvas

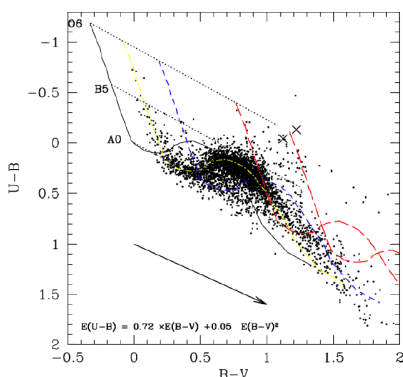
- **Curva superior (Black bodies):** Muestra la secuencia de *cuerpos negros* ideales, que representarían las estrellas si no tuvieran ninguna influencia del medio interestelar. Cada punto en esta curva está etiquetado con la **temperatura efectiva** de un cuerpo negro, representada en unidades de $T/10^3$ K.
 - Las estrellas más calientes (tipo espectral O y B) tienen valores negativos de $(U-B)_0$ y $(B-V)_0$.
 - Las estrellas más frías (tipo espectral K y M) tienen valores positivos.
- Los **tipos espectrales** están indicados a lo largo de la curva, desde **B0 (calientes)** hasta **K3 (frías)**.

Enrojecimiento interestelar (Interstellar reddening)

La flecha que apunta hacia abajo y hacia la derecha indica el **vector del enrojecimiento interestelar**. Este efecto ocurre debido a la dispersión de la luz por el polvo interestelar, lo que desplaza a las estrellas en este diagrama de color hacia esa dirección.

- Este desplazamiento es paralelo a la flecha, lo que implica que las estrellas observadas pueden aparecer más rojas debido al polvo interestelar.

Este gráfico es un diagrama color-color que compara los índices de color $U-B$ y $B-V$ de varias estrellas observadas. Estos índices de color son útiles para estudiar propiedades estelares como la temperatura superficial y el efecto de la extinción interestelar.



Descripción del gráfico

El gráfico tiene los siguientes componentes clave:

- El eje horizontal muestra el índice de color $B-V$, que es la diferencia entre las magnitudes en los filtros fotométricos azul (B) y visible (V).
- El eje vertical muestra el índice de color $U-B$, que es la diferencia entre las magnitudes en los filtros ultravioleta (U) y azul (B).
- La mayoría de los puntos negros representan estrellas observadas que siguen la secuencia principal estelar.
- Hay varias líneas de referencia que corresponden a diferentes modelos estelares o correcciones por extinción interestelar, representadas en amarillo, azul y rojo.

- Los tipos espectrales de estrellas (como O6, B5, A0) están indicados en el lado izquierdo, mostrando su posición típica en este diagrama.
- La extinción interestelar está representada por una flecha que apunta en la dirección de cómo el polvo interestelar afecta los colores de las estrellas, enrojeciéndolas.

La fórmula que describe la extinción es:

$$E(U - B) = 0.72 \times E(B - V) + 0.05 \times E(B - V)^2$$