

# 4. Estrellas



Las Pléyades, cúmulo estelar acompañado por nubes de polvo de color azulado.

Las estrellas son enormes esferas de gases a muy alta temperatura que emiten radiación electromagnética y partículas. El Sol es la estrella más cercana, pero todas las demás están a una enorme distancia de nosotros.

## Formación de las estrellas

■ Las estrellas se originan en nubes de gas interestelar. Por efecto de las fuerzas gravitacionales, las partículas se atraen y se van agrupando. ■ En un proceso que puede durar millones de años, las partículas que se agrupan pueden alcanzar una cierta magnitud de masa (conocida como masa crítica) que determina que la materia empiece a comprimirse bajo la acción de la fuerza de gravedad. ■ En este proceso conocido como colapso gravitacional, las partículas caen hacia el centro de la nube, su energía potencial gravitatoria se transforma en energía cinética y la energía cinética se transforma en calor. ■ La temperatura y la radiación de la nube van en aumento hasta que ésta se transforma en una protoestrella. La luminosidad y el radio de una protoestrella pueden ser bastante mayores que los de una estrella de la misma masa, pero su temperatura es mucho menor.

■ A medida que la protoestrella continúa comprimiéndose, su temperatura va aumentando. ■ Cuando los gases al interior de la protoestrella alcanzan unos 10 millones de grados Kelvin, el hidrógeno (principal elemento constituyente de una estrella) comienza a experimentar reacciones termonucleares que liberan energía en forma de radiación. ■ Estas reacciones conducen a la formación de una estrella; cuando la fuerza ejercida por la presión de la radiación iguala a las fuerzas gravitacionales, la estrella entra en estado de equilibrio y permanece así durante millones de años.

## ¿A qué distancia están las estrellas?

En la figura A, por semejanza de triángulos:

$$\frac{OP}{RS} = \frac{PQ}{SQ}, \text{ de donde: } OP = RS \left( \frac{PQ}{SQ} \right)$$

Como las distancias  $RS$ ,  $PQ$  y  $SQ$  pueden obtenerse de modo directo, también es posible calcular la distancia  $OP$ .

Este procedimiento de determinación indirecta de una distancia nos proporciona la idea básica para calcular las distancias astronómicas.

Cuando un objeto es observado desde dos puntos distintos, su posición con respecto a los objetos del fondo se modifica. Este hecho permite medir la distancia a la que se encuentran las estrellas.

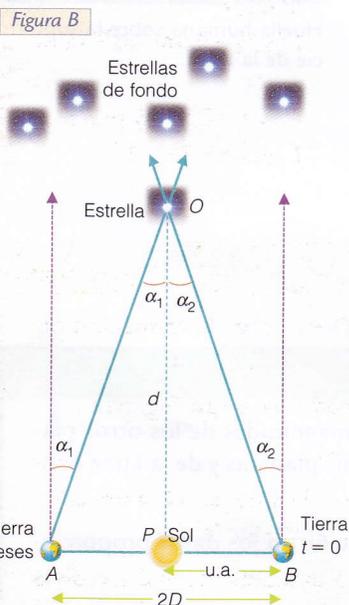
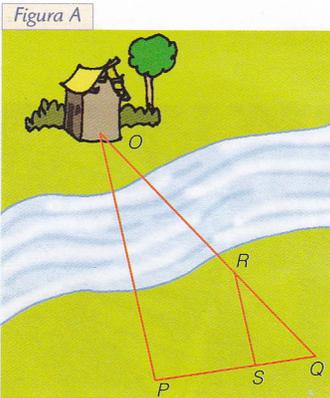
En la figura B, en el punto  $O$  está una estrella. Queremos conocer su distancia  $d$  hasta el punto  $P$ . La línea base es  $2D$ . Cuando desde los puntos extremos,  $A$  y  $B$ , de la línea base se observa la estrella en  $O$  y también otra estrella (mucho más distante) del fondo, se determinan los ángulos  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ . El ángulo  $\alpha$  ( $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ ) es el paralaje de la estrella. Conociendo  $D$  y  $\alpha$  se determina  $d$ .

$$\tan \alpha_1 = \tan \alpha_2 = \frac{D}{d}$$

Para ángulos pequeños ( $\alpha \leq 4^\circ \approx 7 \cdot 10^{-2}$  [rad]) se cumple que  $\tan \alpha \approx \alpha$  [rad].

Puesto que  $\alpha_1 = \alpha_2 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ , tenemos que:

$$\tan \alpha \approx \alpha \text{ [rad]} = \frac{D}{d} \Rightarrow d = \frac{D}{\alpha} \text{ [m]} \quad 16$$



## Paralaje geocéntrico y paralaje heliocéntrico

Si la línea base es el diámetro de la Tierra, el paralaje es **geocéntrico**. Si la línea base es el diámetro de la órbita terrestre, que mide por definición 2 [u.a.], el paralaje es **heliocéntrico**. De la ecuación 16 se sigue que:

$$d = \frac{\text{Radio terrestre}}{\alpha [\text{rad}]} \quad (\text{geocéntrico}) \quad 17 \quad d = \frac{1}{\alpha [\text{rad}]} \quad [\text{u.a.}] \quad (\text{heliocéntrico}) \quad 18$$

### ANALIZA LOS EJEMPLOS

- Debido a que las distancias en el cosmos son inmensas, resulta incómodo expresarlas en kilómetros, por eso se usa el parsec que es la distancia que corresponde a un paralaje heliocéntrico de 1". Analicemos esta definición.

En este caso,  $d = 1$  [pc] y  $\alpha = 1$  ["] . Convirtamos 1 ["] a radianes:

$$\alpha = 1 ["] \cdot \frac{1 [^\circ]}{3600 ["]} \cdot \frac{2\pi [\text{rad}]}{360 [^\circ]} = 4,848136811 \cdot 10^{-6} [\text{rad}]$$

Por lo tanto, a partir de la ecuación 18 tendremos:

$$d = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow 1 [\text{pc}] = \frac{1}{4,848136811 \cdot 10^{-6}} [\text{u.a.}] = 206264,8062 [\text{u.a.}] \approx 206265 [\text{u.a.}]$$

Es decir:  $1 [\text{pc}] \approx 206265 [\text{u.a.}]$

- En 1838 el astrónomo Thomas Henderson logró determinar por el método de paralaje la distancia de la estrella Alfa Centauro. Si el paralaje heliocéntrico de Alfa Centauro es de 0,75 segundos de arco, ¿a qué distancia se halla en años luz?

Convertimos 0,75 segundos de arco a radianes:

$$\alpha = 0,75 ["] \cdot \frac{1 [^\circ]}{3600 ["]} \cdot \frac{2\pi [\text{rad}]}{360 [^\circ]} = 3,636 \cdot 10^{-6} [\text{rad}]$$

Aplicando la ecuación 18 tenemos:

$$d = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{3,636 \cdot 10^{-6} [\text{rad}]} = 275020,69 [\text{u.a.}]$$

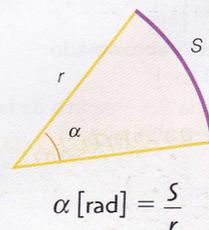
Convertimos las unidades astronómicas a años luz:

$$275020,69 [\text{u.a.}] \cdot \frac{150 \cdot 10^6 [\text{km}]}{1 [\text{u.a.}]} \cdot \frac{1 [\text{u.a.}]}{9,46 \cdot 10^{12} [\text{km}]} = 4,3 [\text{a.l.}]$$

### Distancia a algunas estrellas

Alfa Centauro: 4,3 años luz.  
Sirio: 8,6 años luz.  
Proción: 11,4 años luz.  
Tau Ceti: 11,9 años luz.  
Vega: 27 años luz.  
Arturo: 42 años luz.  
Aldebarán: 55 años luz.  
Regulus: 77 años luz.  
Antares: 220 años luz.

### Recuerda



### Apunte

Conversiones importantes

Unidad astronómica

$$1 [\text{u.a.}] = (149597870660 \pm 20) [\text{m}]$$

Año luz

$$1 [\text{a.l.}] = 9,46 \cdot 10^{12} [\text{km}]$$

Parsec

$$1 [\text{pc}] = 206265 [\text{u.a.}]$$

$$1 [\text{pc}] = 3,26 [\text{a.l.}]$$

## Comprueba que estás entendiendo

- Utiliza el modelo explicativo de la formación de las estrellas para formular una hipótesis sobre la formación del Sistema Solar.
- Si una nave espacial viajara hacia Alfa Centauro a una velocidad de 33 [km/s], ¿en cuánto tiempo llegaría?
- Una estrella tiene un paralaje heliocéntrico de  $7 \cdot 10^{-7}$  [rad]. ¿A qué distancia está del Sol?
- En 1838 el astrónomo F. W. Bessel obtuvo un paralaje heliocéntrico de 0,31 segundos de arco para la estrella 61 de la constelación del Cisne. Si su cálculo era correcto, ¿a qué distancia se hallaba esa estrella del Sol?
- ¿A qué distancia de tus ojos tienes que colocar una moneda de Bs 1 para que cubra exactamente el disco de la Luna? Pista: utiliza como datos el diámetro de la moneda, el diámetro de la Luna y la distancia de la Tierra a la Luna.