Determinación Distancia
Método de Movimiento de Grupo de Estrellas

José Antonio García Barreto

Investigador Titular B
Instituto de Astronomía
Universidad Nacional Autónoma de México

Apdo. Postal 70-264, México D.F. 04510, México
Tel: (55)5622-39-08, Fax: (55)5616-06-53, http://www.astroscu.unam.mx

Julio 2008.

Determinación de Distancias a Estrellas

Determinar distancias a estrellas es aún hoy en día un reto. Existen varios métodos para determinar la distancia a una estrella. En éstas notas trataremos el método de movimiento de estrellas.

La velocidad total, v_{tot}, de un objeto en la esfera celeste puede expresarse como la suma vectorial de dos componentes. Una es la componente de velocidad radial, v_{rad}, que es la velocidad que el observador en la Tierra mide cuando la estrella se aleja o se acerca a lo largo de la línea imaginaria que une al observador con la estrella. La segunda componente, v_{tan}, es perpendicular a v_{rad}, y es la velocidad de la estrella en la bóveda celeste. Como las estrellas estan a grandes distancias, cuando se habla de movimientos en la bóveda celeste se refiere comunmente a movimientos en el *plano del cielo* (ver Figura 1). A éste movimiento se le conoce comunmente como *movimiento propio*.

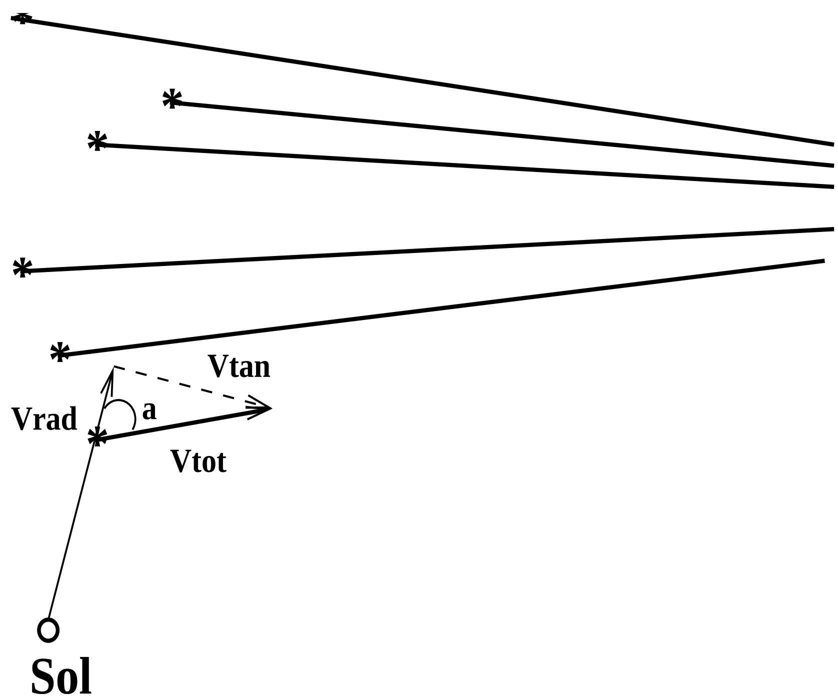

Figure 1: Dibujo esquemático del movimiento de una estrella. El vector de velocidad total, v_{tot}, se puede expresar como la suma vectorial del vector de velocidad radial, v_{rad} y el vector de velocidad tangencial, v_{tan}. La velocidad tangencial es la distancia que recorre la estrella en la bóveda celeste en un intervalo de tiempo, y comunmente se le conoce como *movimiento propio* de la estrella.

La velocidad radial es perpendicular a la velocidad tangencial. Sin embargo dependiendo de la magnitud de cada una de las velocidades, el vector velocidad total hará un ángulo a con respecto al vector de velocidad radial, ver Figura 1.

$$sen(a) = \frac{v_{tan}}{v_{tot}}, \quad (1)$$

$$cos(a) = \frac{v_{rad}}{v_{tot}}, \quad (2)$$

de tal manera que combinando las expresiones (1) y (2) se tiene

$$tan(a) = \frac{v_{tan}/v_{tot}}{v_{rad}/v_{tot}}, \quad (3)$$

la velocidad total en el numerador se cancela con la del denominador y finalmente se puede expresar la velocidad radial en términos de la velocidad tangencial

$$v_{rad} tan(a) = v_{tan}. \quad (4)$$

Por otro lado se conoce que

$$v_{tan} = \frac{d_t}{t}. \quad (5)$$

Si t = 1 año y d_t está expresado en parsecs,

$$v_{tan} = \frac{d_t(pc)}{t(años)}. \quad (6)$$

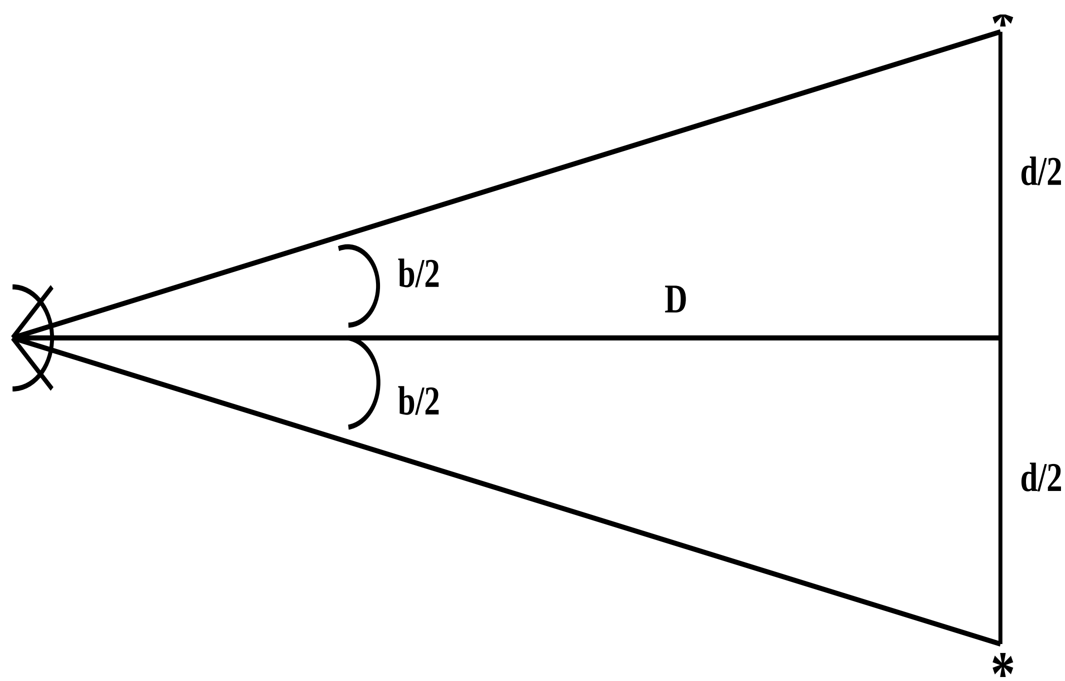

Figure 2: Dibujo esquemático del movimiento de una estrella en el plano del cielo (en la bóveda celeste) ó movimiento tangencial. La estrella enb este ejemplo se encuentra a una distancia D(pc) del observador y se mueve una distancia d en un intervalo de tiempo t. El ángulo que subtiende el movimiento de la estrella es b.

En la Figura (2) la estrella se encuentra a una distancia D del observador. Esta distancia D es muy grande y casi es igual al inicio de la observación que al final de un intervalo de tiempo t. Por lo tanto el ángulo $b/2$ es muy pequeño.

$$tan(b/2) = \frac{d/2}{D}, \quad (7)$$

para ángulos pequeños, el cateto adyacente (en éste caso la distancia D) es casi igual que la hipotenusa del triángulo. Por lo tanto

$$tan(b/2) \sim sen(b/2) = \frac{d/2}{D}, \quad (8)$$

y para ángulos muy pequeños $b \ll 1$ radian,

$$sen(b/2) \sim \frac{b}{2}, \quad (9)$$

con $\frac{b}{2}$ medido en radianes (ó su equivalente en segundos de arco, con la correspondiente constante de proporcionalidad).

$$b\ (radianes) = \frac{d}{D}\ (radianes) \quad (10)$$

$$\frac{b}{t} = \frac{v_{tan}}{D}, \quad (11)$$

donde $d = v \times t$. Si v_{tan} esta medida en unidades de km/seg y la distancia en parsecs, y el tiempo en años se debe tener las constantes de proporcionalidad correspondientes

$$\frac{b(rad)}{t(años)} = \frac{v_{tan}(km/seg)}{D(pc)} \frac{1pc}{3.08 \times 10^{13} km} \frac{3.16 \times 10^7 seg}{1año}, \ (12)$$

$$\frac{d}{t} = v_{tan}(km/s) \times 1.02 \times 10^{-6}, \frac{pc}{año}, \ (13)$$

pero de (11)

$$\frac{b}{t} = \frac{d/t}{D} = \frac{v_{tan} \times 1.02 \times 10^{-6}}{D} = \mu'' \frac{1 rad}{206605\ seg - arc}, \quad (14)$$

por lo tanto

$$206605 \times 1.02 \times 10^{-6} \frac{v_{tan}}{D} = \mu'', \quad (15)$$

llevando a cabo la multiplicación, se tiene finalmente que el movimiento propio medido en segundos de arco, μ es:

$$\mu'' = \frac{v_{tan}}{4.74D}. \quad (16)$$

Finalmente de la expresión (16) se tiene la distancia en unidades de parsecs

$$D_{pc} = \frac{v_{tan}}{4.74\mu''}, \quad (17)$$

pero de la expresión (4) $v_{tan} = v_{rad} tan(a)$, se puede escribir la expresión

$$\frac{4.74\mu''}{v_{rad} tan(a)} = \frac{1}{D}. \quad (18)$$

El término $\frac{1}{D}$ podría expresar el paralaje de la estrella si la distancia a la estrella es D y la observación se lleva a cabo 6 meses aparte (ver Figura 3)

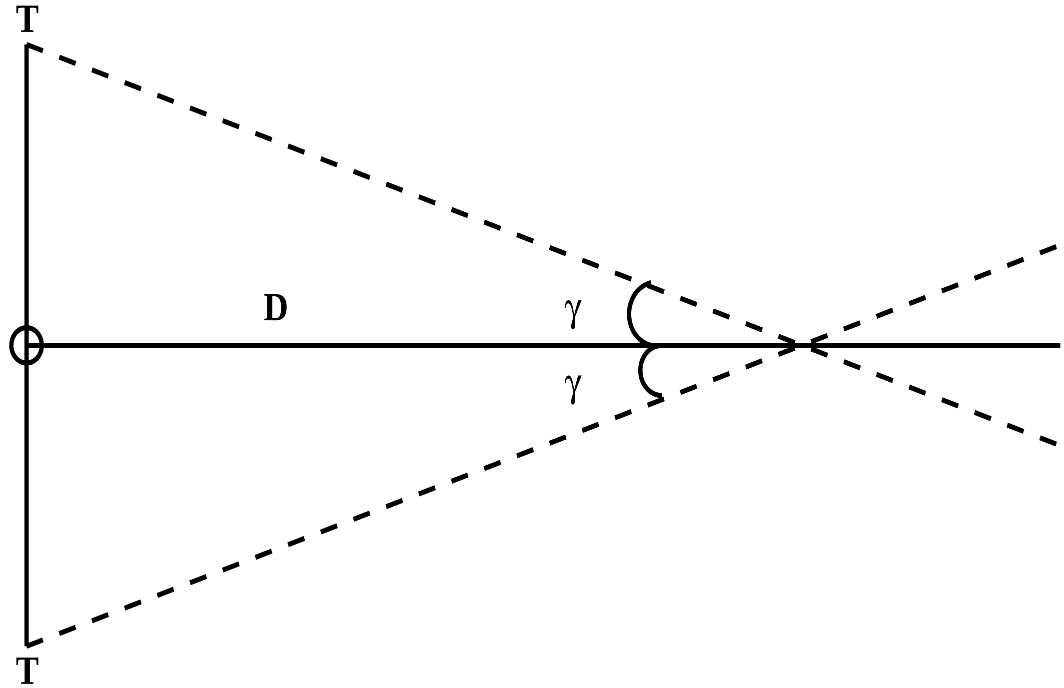

Figure 3: Dibujo esquemático del paralaje de una estrella. La estrella en este ejemplo se encuentra a una distancia D(pc) del observador y se mide su paralaje γ. La distancia entre **T** y **T** son dos Unidades Astronómicas ó $\sim 3 \times 10^{13}$ cm y equivale a dos veces la distancia de la Tierra al Sol. Si $\gamma = 1''$ entonces $D(pc) = 1$ pc.

$$\gamma = \frac{1 Unidad Astronomica}{D(pc)}, \quad (19)$$

Finalmente la expresión (18) se puede expresar como

$$\frac{4.74\mu''}{v_{rad}} tan(a) = \pi'' \quad (20)$$

donde μ'' es el movimiento propio de la estrella (movimiento en la bóveda celeste medido en segundos de arco por año) y π'' es el paralaje estelar medido 6 meses aparte.

Bibliografía

Mihalas, D. y Binney, J. 1981 *Galactic Astronomy* (San Francisco: W. H. Freeman and Co.)