

Paralaje estelar y la definición de unidad de distancia: parsec

Dr. José Antonio García Barreto

Investigador Titular B

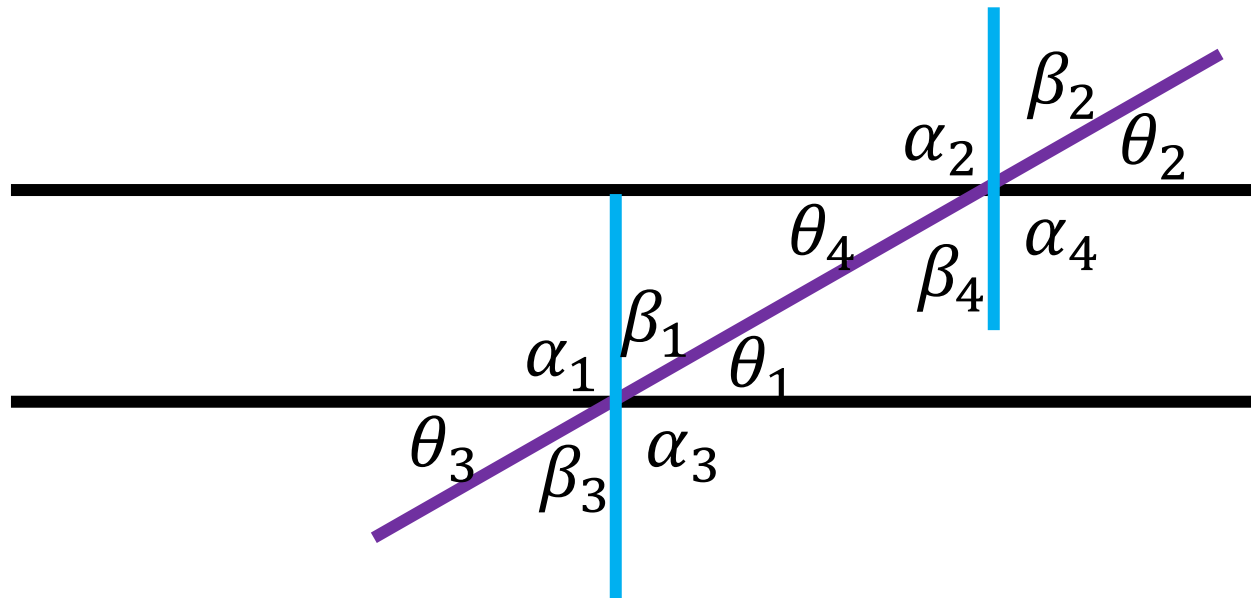
Instituto de Astronomía,

Universidad Nacional Autónoma de México

Material didáctico para el curso ***Astrofísica General*** ofrecido e nivel licenciatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM, para estudiantes de física, Abril 2020

1: ángulos

Iniciamos con algunas propiedades geométricas de los ángulos, y la suma de los ángulos en un triángulo rectángulo, ver figuras:



Sean las dos líneas **negras paralelas**, la línea **morada** inclinada haciendo un ángulo θ_1 con la línea negra inferior, y un ángulo θ_2 con la línea negra superior. Las líneas **azules** son dos líneas perpendiculares a las líneas negras, haciendo ángulos α_1 y α_2 .

Por las propiedades geométricas, los ángulos $\alpha_1 = \alpha_2 \equiv 90^\circ$ así mismo, los ángulos $\alpha_3 = \alpha_1 \equiv 90^\circ$, y $\alpha_4 = \alpha_2 \equiv 90^\circ$

Sabemos que θ_1 es el ángulo que hace la línea inclinada con la línea horizontal inferior. La línea inclinada continúa hacia la parte superior de la figura y cruza con la línea horizontal superior haciendo un ángulo θ_2 .

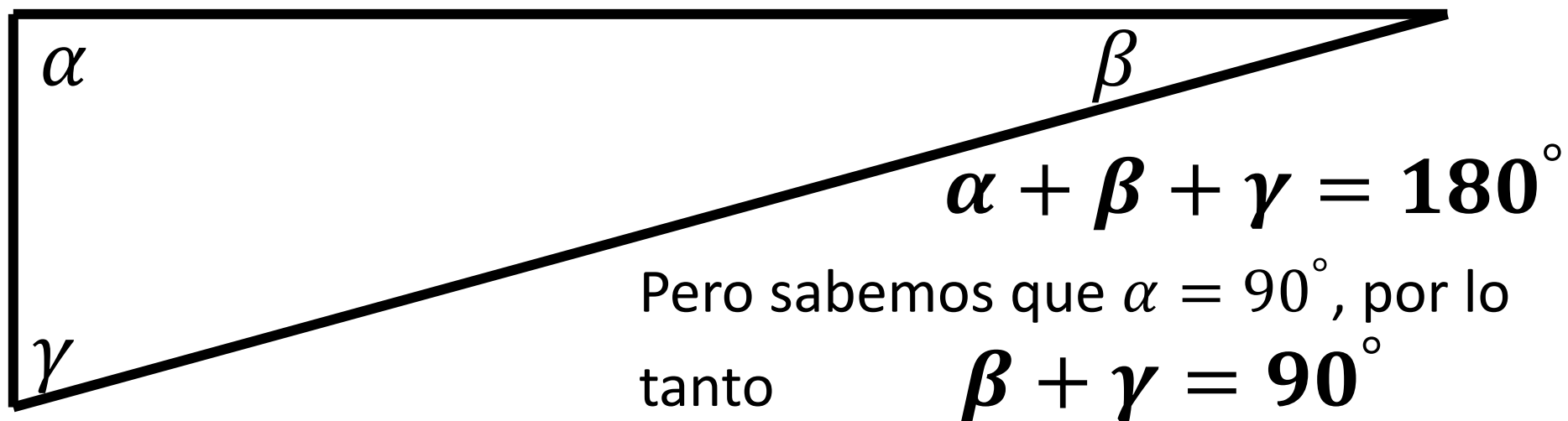
Pero, las líneas horizontales son paralelas, y la línea inclinada es la misma, por lo tanto $\theta_1 = \theta_2$

Por otro lado, el ángulos θ_3 es opuesto al vértice de la línea inclinada con la línea horizontal inferior, por lo tanto

$\theta_3 = \theta_1$, similarmente $\theta_4 = \theta_2$.

Sabemos que $\theta_1 + \beta_1 = 90^\circ$, y similarmente $\theta_2 + \beta_2 = 90^\circ$
por lo tanto, $\beta_3 = \beta_1$ y $\beta_4 = \beta_2$

Por último debemos recordar que la suma de los ángulos interiores de un triángulo rectángulo debe ser igual a 180°



2: paralaje estelar

Se dice por ahí que el concepto de un modelo heliocéntrico fue originalmente por un filósofo griego conocido como Anaxágoras quien nació del año 500 antes de nuestra era (AnE) y murió en el año 428 AnE en la ciudad de Clazomenas (actualmente noroeste de Turquía) y vivió unos años en la Cd. de Atenas por la época de 483 años AnE. Sin embargo no hay mucho escrito sobre él por el periodo de guerras.

Fue Aristóteles quien retomó la idea del modelo heliocéntrico en donde la Tierra era la que rotaba sobre su eje y además se traslada alrededor del Sol en un movimiento circular. El fue mas allá y postuló la hipótesis de que si el modelo fuese válido, entonces un observador en la Tierra debería de notar **“un paralaje estelar”**.

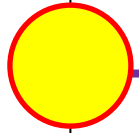
El concepto de **paralaje estelar** en palabras es el fenómeno de **observación de una estrella** por parte de un astrónomo en la Tierra, digamos **la noche del 21 de Marzo**, y escribe en su bitácora de observación **cuáles estrellas están proyectadas cercanas a la estrella en ésta fecha**.

Ciento ochenta días después, digamos **la noche del 21 de septiembre**, hace una **observación similar** hacia la misma **estrella** y escribe **cuáles estrellas están proyectadas cercanas a la estrella en esa fecha**.

Aristóteles predecía que las estrellas proyectas cercanas a la estrella de observación **deberían ser diferentes** en las dos fechas. Ver siguiente figura (**no a escala**)

21 de Septiembre

Debo recalcar que la figura **no está** a escala, ya que la **distancia** del Sol a la estrella si estuviese a escala **debería de ser alrededor de 300km** y no 11 cm!

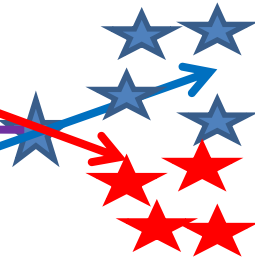


Al ángulo β se le conoce como ángulo de **paralaje estelar**



21 de Marzo

Con el comentario superior se puede adivinar que el **ángulo β es muy pequeño**



En la época de Aristóteles ~ 350 años AnE con observaciones con el ojo humano, **no fue posible detectar ningún paralaje estelar** en fechas diferentes por 180 días, sin importar la estación del año.

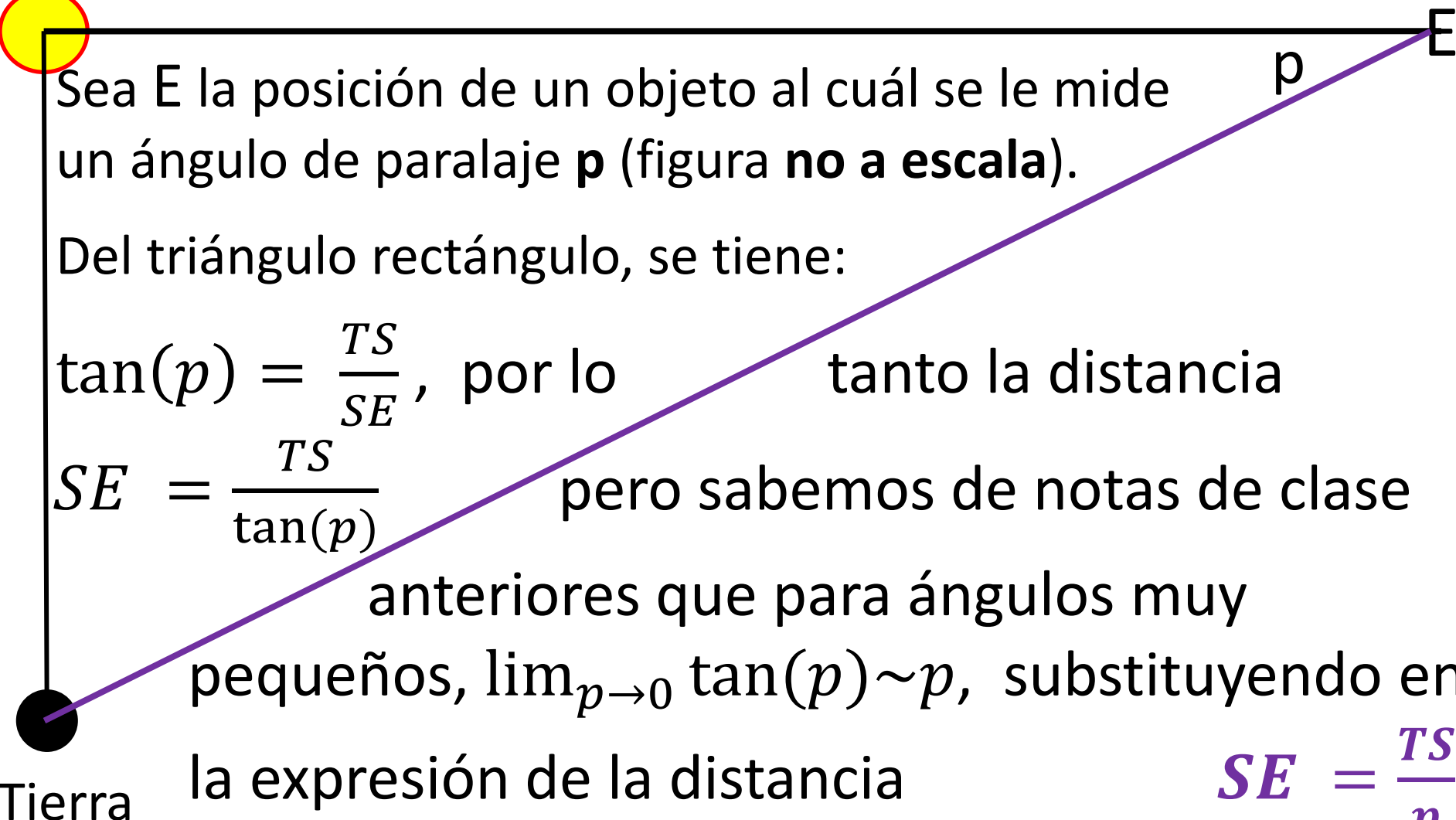
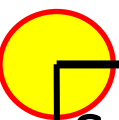
Por lo tanto Aristóteles desechó la idea del modelo heliocéntrico y ancló el modelo Geocéntrico del Sistema Solar en donde la Tierra esta fija y es la bóveda celeste la que se mueve.

Vale la pena recalcar que la explicación científica del porqué no se detectó ningún paralaje estelar, es que las observaciones se realizaron con el ojo humano y sólo podían observar estrellas brillantes.

La primera observación de un paralaje estelar fue hasta el año 1838 de nuestra era por el astrónomo alemán Bessel con sus estudios con telescopio (con el que si se podían detectar estrellas más débiles) de la estrella 61 Cyg.

3: definición de distancia, parsec

Sol



Sea E la posición de un objeto al cuál se le mide un ángulo de paralaje **p** (figura **no a escala**).

Del triángulo rectángulo, se tiene:

$$\tan(p) = \frac{TS}{SE}, \text{ por lo tanto la distancia}$$

$$SE = \frac{TS}{\tan(p)} \text{ pero sabemos de notas de clase}$$

anteriores que para ángulos muy pequeños, $\lim_{p \rightarrow 0} \tan(p) \sim p$, substituyendo en

la expresión de la distancia

$$SE = \frac{TS}{p}$$

!!! El ángulo **p** deberá estar expresado en radianes!!!

Tierra

Sí y sólo sí el ángulo de **par**alaje **p** es 1 **seg**undo de arco entonces la distancia SE, que denominaremos D , substituyendo el valor actual de la distancia Tierra – Sol 1 Unidad Astronómica = 149, 597,870. 691 km, e incluimos la conversión de 1'' en radianes, es

$$D = \frac{1.49597870691 \times 10^{13} \text{ cm}}{1'' \times \frac{1'}{60''} \times \frac{1^\circ}{60'} \times \frac{\pi \text{ radianes}}{180^\circ}}$$

$$D = 1.49597870691 \times 10^{13} \times 206264.806 \text{ cm}$$

Finalmente

$$D \cong 3.085677 \times 10^{18} \text{ cm}$$

A ésta distancia se le conoce como

$$D = 1 \text{ parsec} \equiv 1 \text{ pc}$$

4: Distancia a un objeto en pc

La ultima expresión en la diapositiva anterior, la **distancia**, se puede generalizar para estrellas ó nebulosas para las cuales se les puede estimar su ángulo de paralaje estelar en segundos de arco, **p**

$$D = \frac{1}{p''} pc$$