

# 54 – Masas y Binarias

# Masas de las estrellas

La **masa** es la propiedad más importante de cualquier estrella.

En cada etapa de la vida de una estrella, la masa determina ...

- qué es su luminosidad
- cuál es su tipo espectral

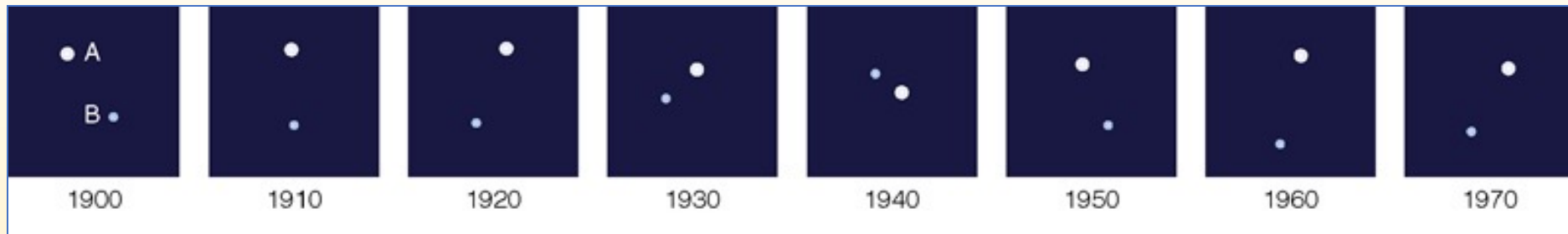
La masa de una estrella sólo se puede medir directamente por ...  
observando el efecto que la gravedad de otro objeto tiene en la  
estrella

Esto es más fácil de hacer por dos estrellas que orbitan entre sí ...  
**una estrella binaria!**

# Estrellas binarias (dos estrellas que orbitan entre sí)

Dobles ópticos = dos estrellas independientes que están en la misma zona del cielo

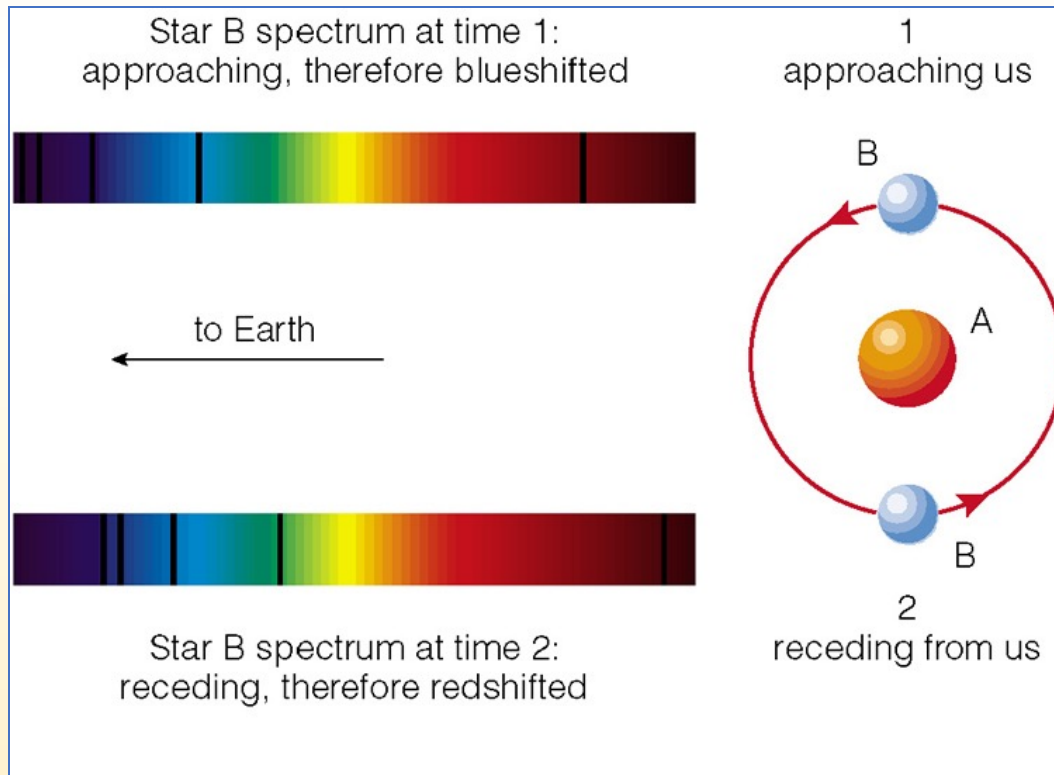
Binarias visuales = una binaria que es espacialmente resuelta, es decir, vemos dos estrellas (por ejemplo, Sirio)



# Estrellas Binarias

## Binarias Espectroscópicas

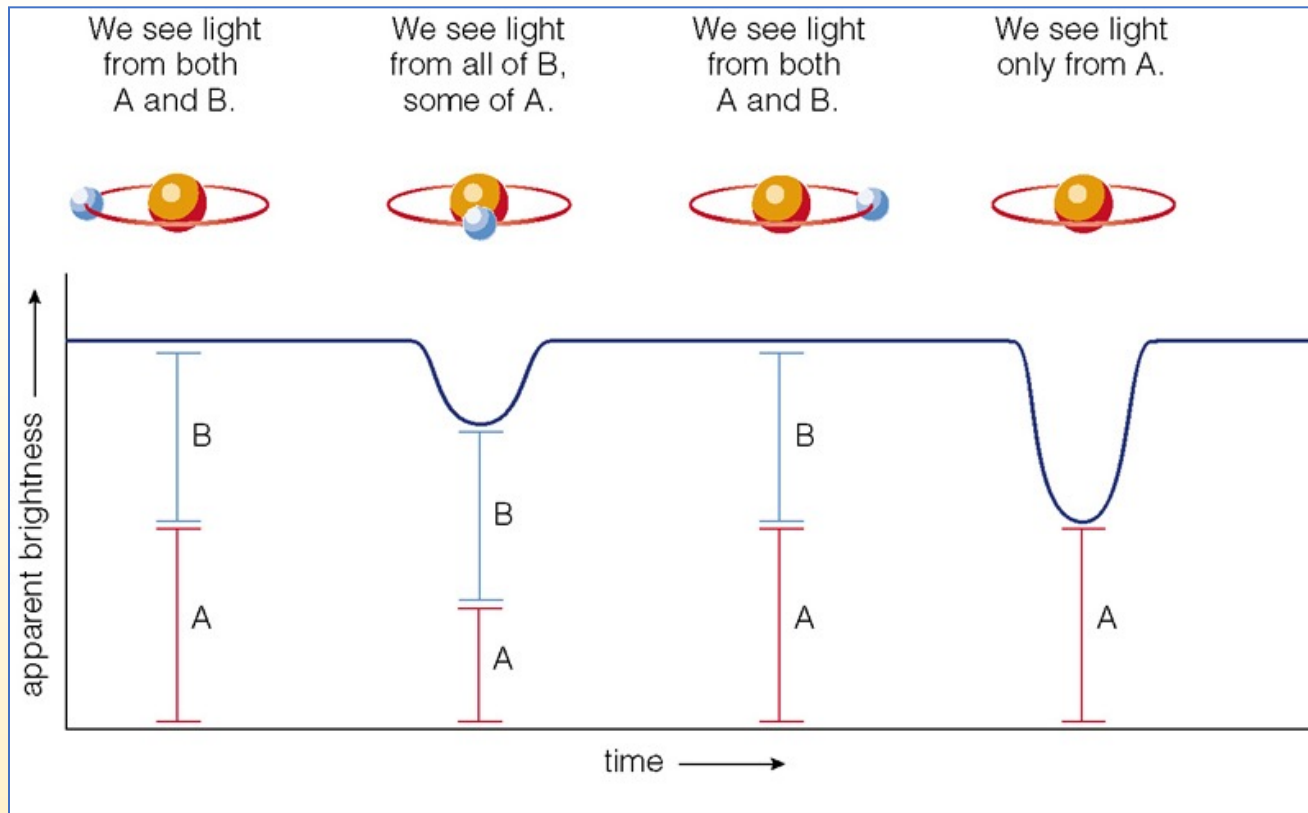
= una binaria que no podemos resolver espacialmente, es decir, sólo una estrella es visible; la existencia de la segunda estrella se deduce de la frecuencia Doppler de las líneas.

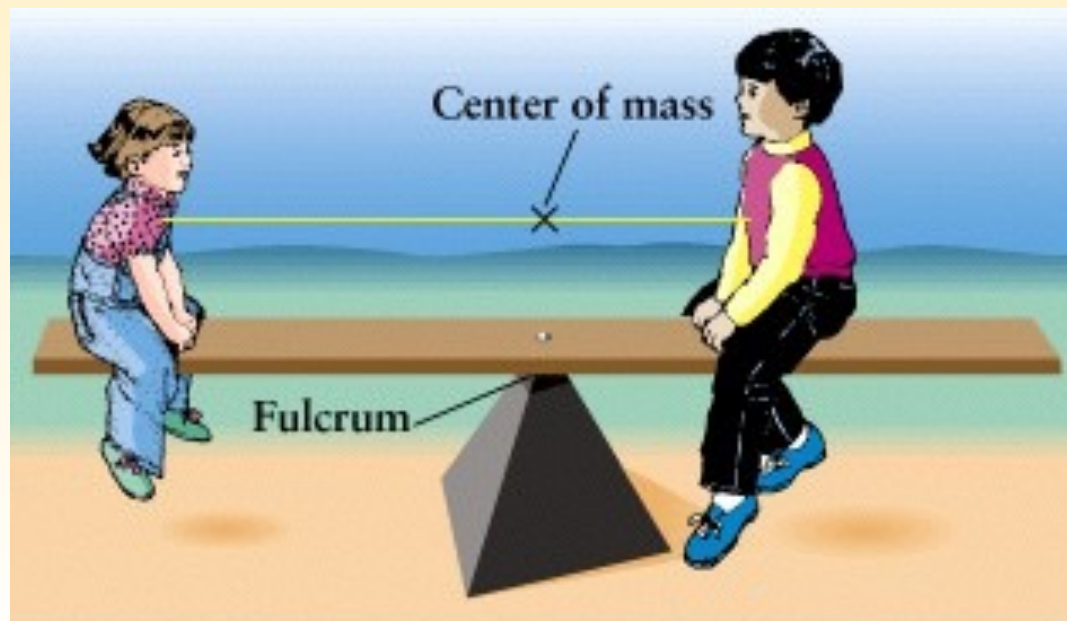


# Estrellas Binarias

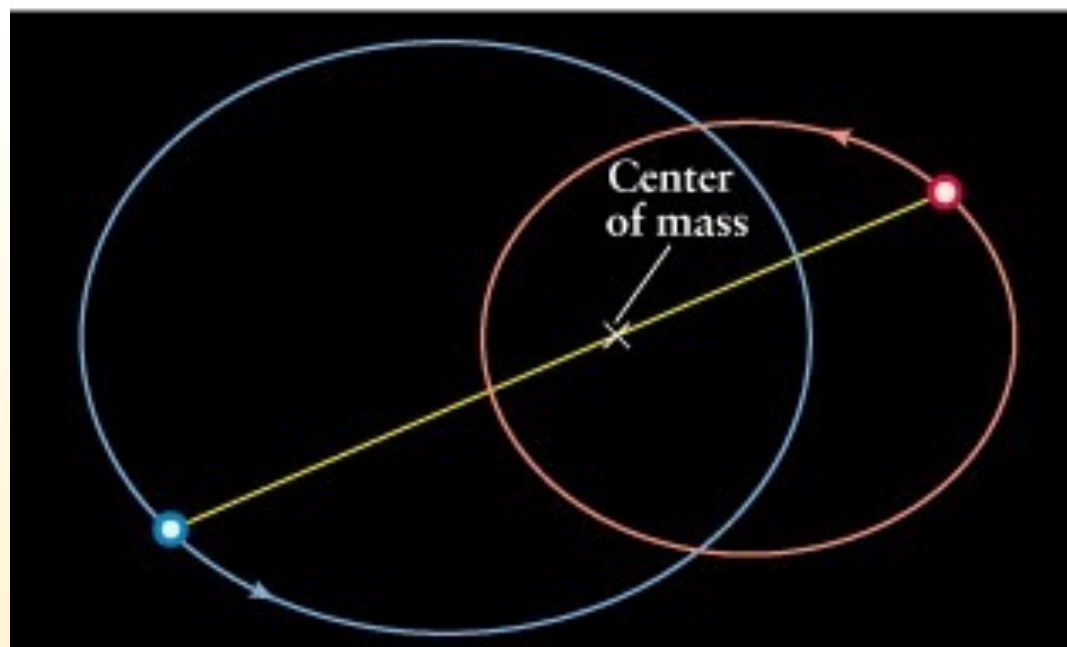
## Binarias eclipsantes

= una binaria cuyo plano orbital se encuentra a lo largo de nuestra línea de visión, lo que causa "caída" en la curva de luz.





a



# Estrellas Binarias

- Las estrellas orbitan entre sí a través de la gravedad.
- Así que las leyes de Kepler y Newton se aplican!
- Recuerde la versión de Newton de la tercera ley de Kepler:

$$P^2 = 4\pi^2 a^3 / G (m_1 + m_2)$$

- Si puedes medir el período orbital del sistema binario (P) y la distancia entre las estrellas (a), entonces puedes calcular la suma de las masas de ambas estrellas ( $m_1 + m_2$ ).

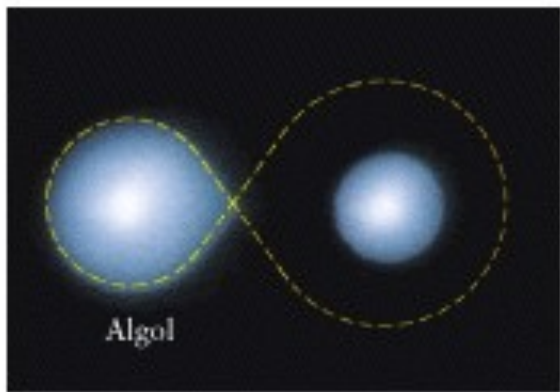
# Transferencia de masa en sistemas binarios cercanos puede producir estrellas dobles inusuales

Sistemas binarios cercanos tienen separaciones de sólo unos pocos diámetros de una estrella o menos

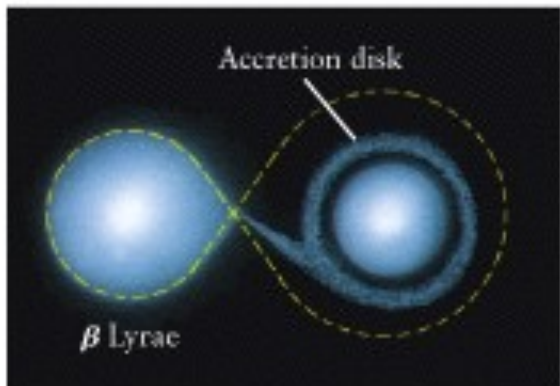
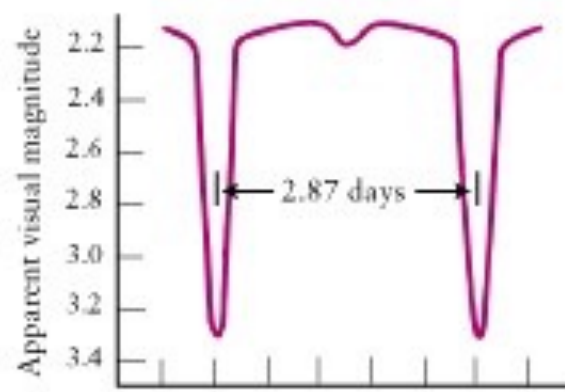
Masa puede ser dramáticamente transferida entre las estrellas

- Binaria independiente (no hay transferencia de masa)
- Binaria interactuaria (material puede fluir a través de un camino llamado el **lóbulo de Roche**)
- Binaria de contacto (dos estrellas en un sistema binario de estrellas cuyas componentes están tan cerca que se tocan entre sí o se han fusionado para compartir sus capas gaseosas)

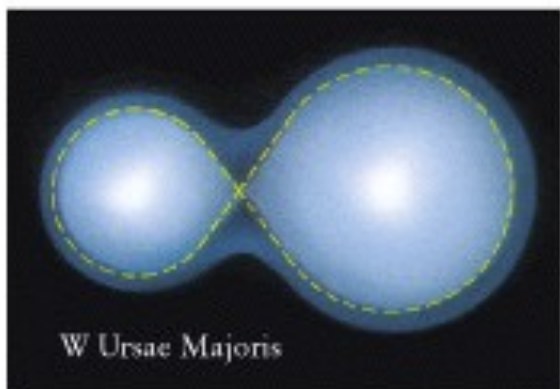
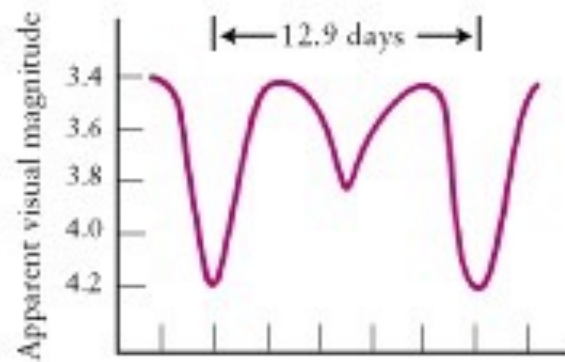




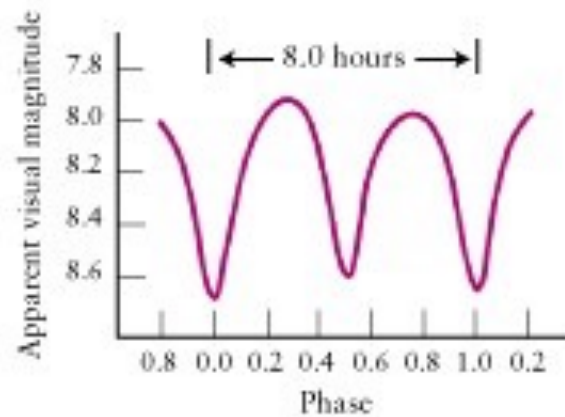
a



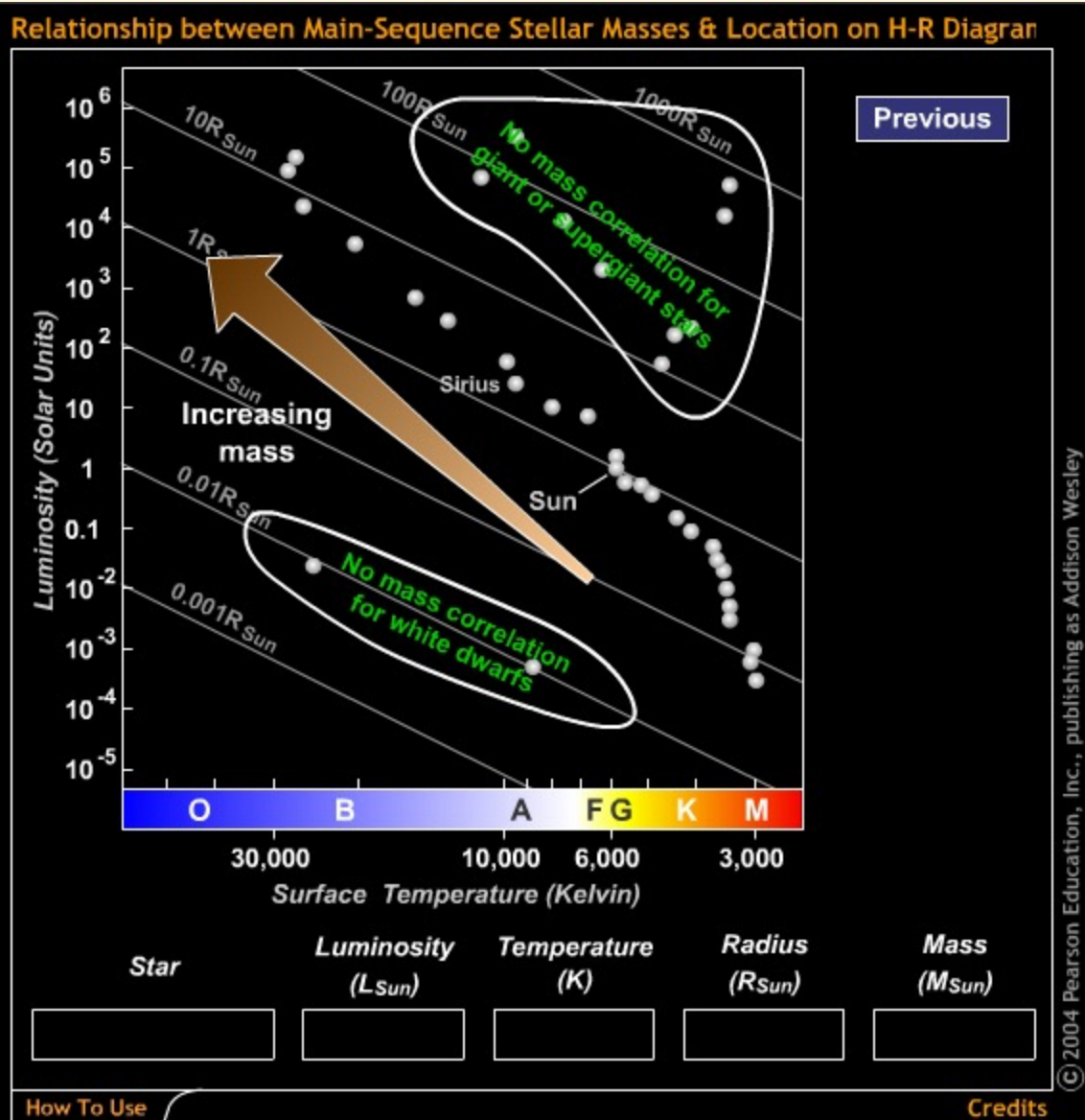
b



c



# Masas estelares en el diagrama H-R



Existe solo una correlación para estrellas de la secuencia principal indicada por la flecha.

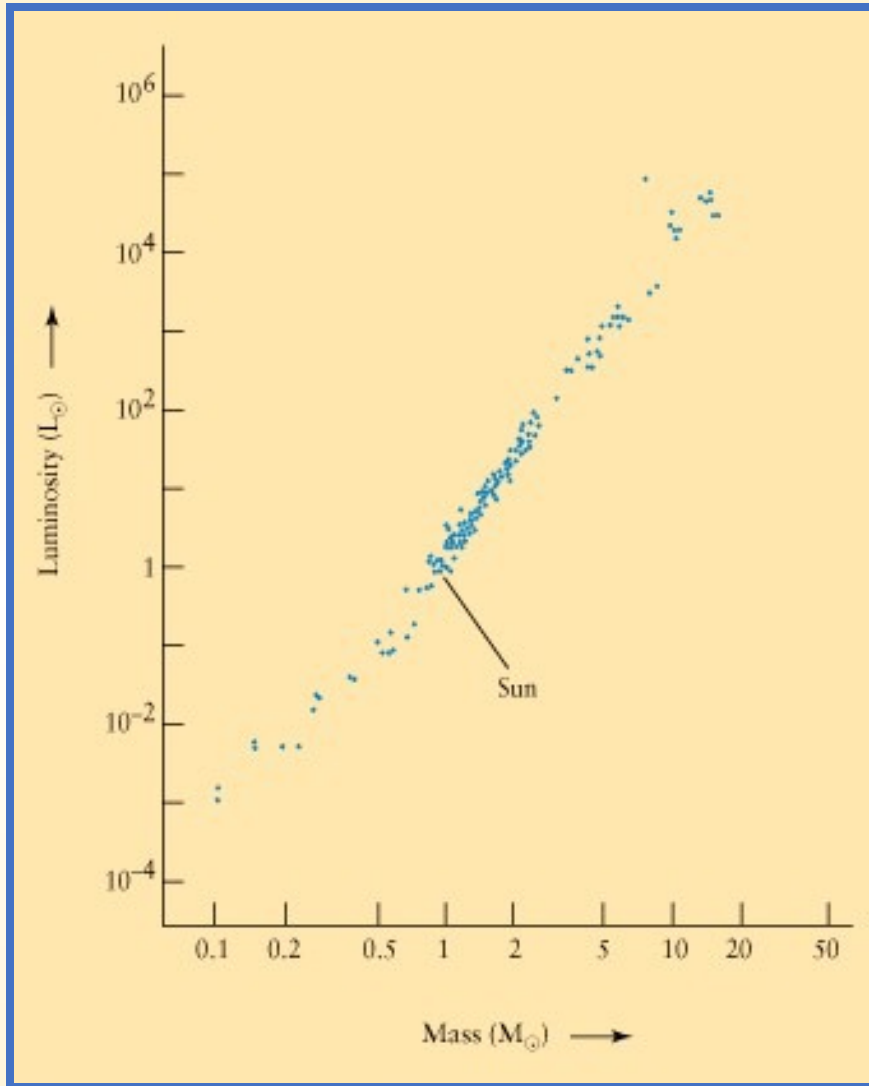
Usamos estrellas binarias para medir directamente la masa de las estrellas de todo tipo. Esto lleva a la:

## Mass-Luminosity Relation relación masa-luminosidad

$$L \sim m^{3.5}$$

Solo para la secuencia principal

A medida que uno se mueve a la parte superior izquierda de la secuencia principal:  
estrellas son más masivas  
estrellas son más luminosas  
estrellas aparecen en menor número



Existe una relación entre masa y luminosidad para las estrellas de secuencia principal

-  
Mientras más masiva, más brillante!

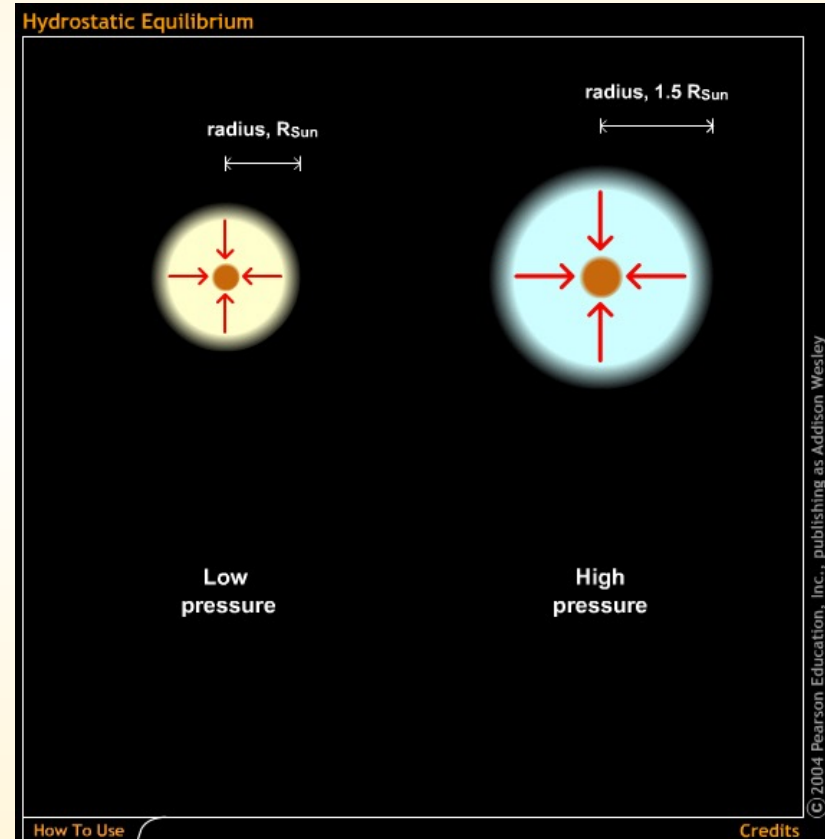
# Mass–Luminosity Relation

Todas las estrellas de secuencia principal convierten H en He en sus núcleos.

La luminosidad depende directamente de la masa debido a que:

más masa significa más peso de las capas exteriores de la estrella

tasa de fusión nuclear debe ser más alta con el fin de mantener el equilibrio gravitatorio



Tiempo de permanencia en la secuencia principal (MS)

¿Cuánto tiempo pasará antes de que estrellas de MS agotan su combustible (hidrógeno)?

¿Cuánto combustible hay?

$M$

¿Qué tan rápido es consumido?

$L \sim M^{3.5}$

¿Cuánto tiempo pasa antes que se agote?

$$M/L = M/M^{3.5} = M^{-2.5}$$

# Lifetime on the Main Sequence

- Enanos O y B queman combustible como un autobús!
- Enanos M queman combustible como un coche compacto!
- Nuestro Sol tendrá una duración de  $10^{10}$  años en la secuencia principal
- Tiempo de MS  $\tau = 10^{10} \text{ yrs} / M^{2.5}$

## Lifetime on the Main Sequence

Entonces, por ejemplo:

|                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Enano B2 (10 $M_{\odot}$ ) tiene  | $3.2 \times 10^7$ yr    |
| Enano F0 (2 $M_{\odot}$ ) tiene   | $1.8 \times 10^9$ yr    |
| Enano M0 (0.5 $M_{\odot}$ ) tiene | $5.6 \times 10^{10}$ yr |

Pero el Universo tiene  $1,37 \times 10^{10}$  años de edad!

Cada enana M que se haya creado todavía está en la secuencia principal!