

Evolución Estelar

Prof: Patricio Rojo

¿Cómo nacen las estrellas?



En un principio...

- Solo existían H y He
- Se atraen gravitacionalmente formando
 - Cúmulos de galaxias
 - Galaxias
 - Nubes Moleculares
 - ...

Nacimiento en nubes moleculares

- Composición típica nubes moleculares
 - 70% H
 - 28% He
 - 2% otros
- Mayoritariamente moléculas
 - H₂, CO, ...
 - 10-30 K
 - 300 partículas/cm³

Medio Interestelar

- Polvo
 - Opaco en visible



Medio Interestelar

- Polvo
 - Opaco en visible
 - Absorve
 - En azul más eficientemente
 - Emite
 - En infrarojo

Animación:
Multiwavelength

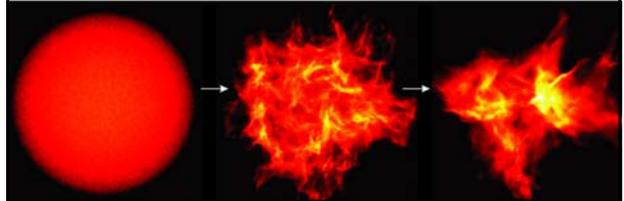


Medio Interestelar



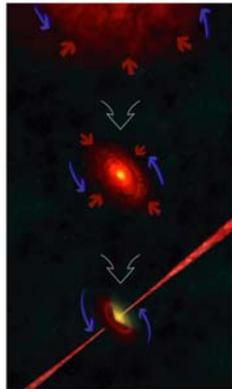
Formación Estelar

- Colapso Nube
 - fragmentación
- Formación protoestrella
 - Gran opacidad
 - Calor atrapado



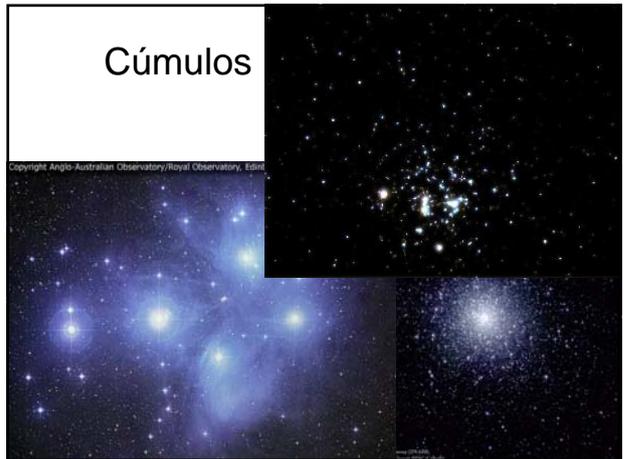
Formación Estelar

- Disco
 - Por momentum angular
- Jets
- ~50% binarios
- También en cúmulos
 - Abiertos
 - Cerrados



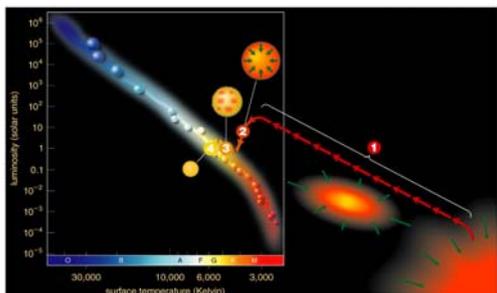
© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

Cúmulos



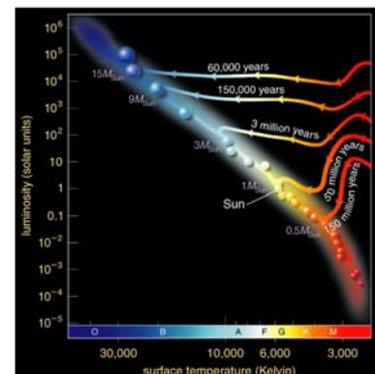
Formación Estelar

- Colapso protoestrella



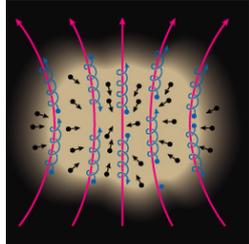
Formación Estelar

- Tiempo depende de masa



Formación Estelar

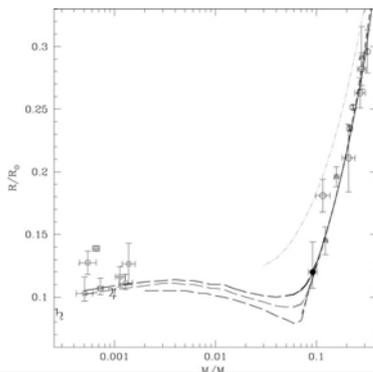
- Resistencias/dificultades
 - Magnetismo
 - Gas se acaba



Rango de Masas

- Superior: 150 Msol
 - No se ha encontrado nada mayor
 - Modelos indican que se despedazarían a si mismos.
- Inferior: 0.08 Msol
 - Enanas café
 - No se alcanza 10 millones K en el interior
 - No se conocen muchas

Masa-Radio



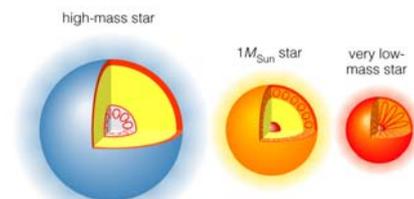
Frenado

- Cuando comienzan las reacciones nucleares (10^7 K)
 - Pres. radiación contrarresta pres. gravedad
- Y si 10^7 K no son alcanzados?
 - Pres. degenerada

Presión

- Estrellas
 - Presión termal
 - $P=f(T)$
 - Mayor temperatura, mayor presión
- Enanas Café
 - Presión degenerada
 - Principio de exclusión de Pauli
 - Independiente de Temperatura
 - Emisión por contracción

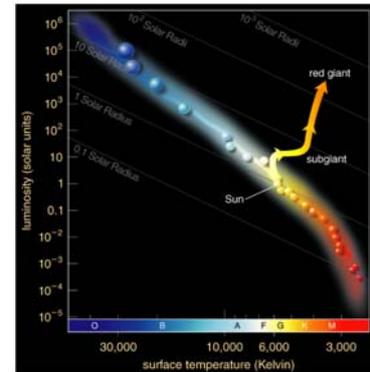
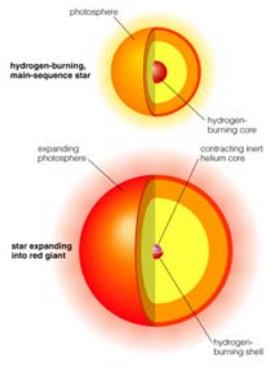
En la Secuencia Principal



© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

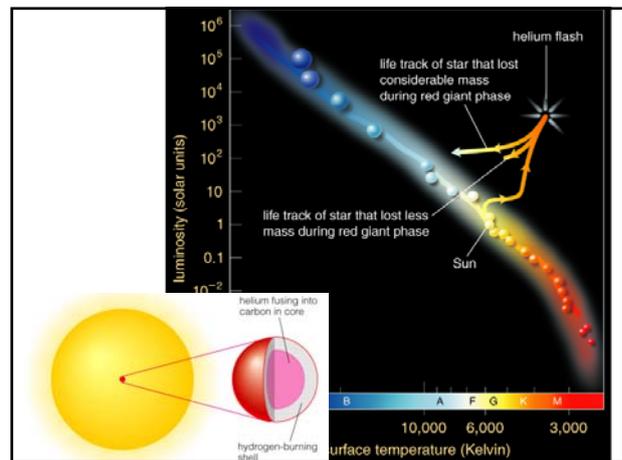
Después de la Secuencia Principal

- He en el centro
- Contracción
 - H se quema en capas
 - No termostato (ya que la fusión no se produce en el centro)
 - Mayores temperaturas
 - Expansión superficial

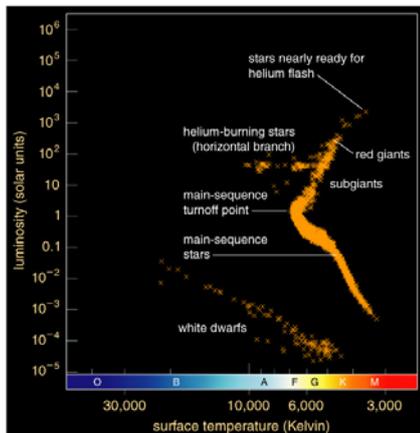


Comienzo de la Fusión de Helio

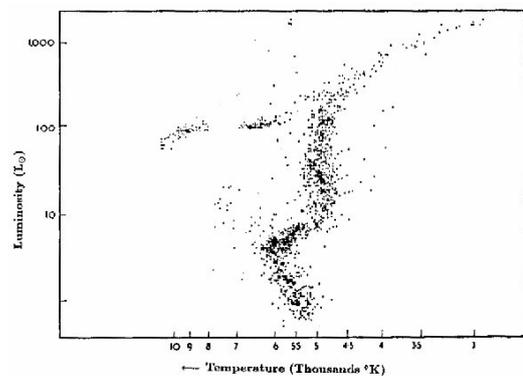
- Si en el núcleo hay presión degenerada.
 - Flash del Helio
- Expansión capas
 - Enfriamiento y disminución reacción
 - Contracción superficial
- Luego a la rama horizontal (horizontal branch)
- $3 \text{ } ^4\text{He}$ se convierten en $1 \text{ } ^{12}\text{C}$ (triple alpha)



Cúmulo

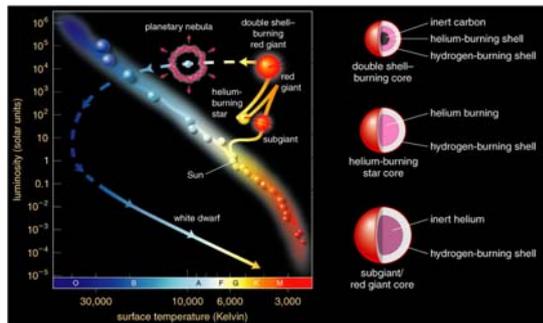
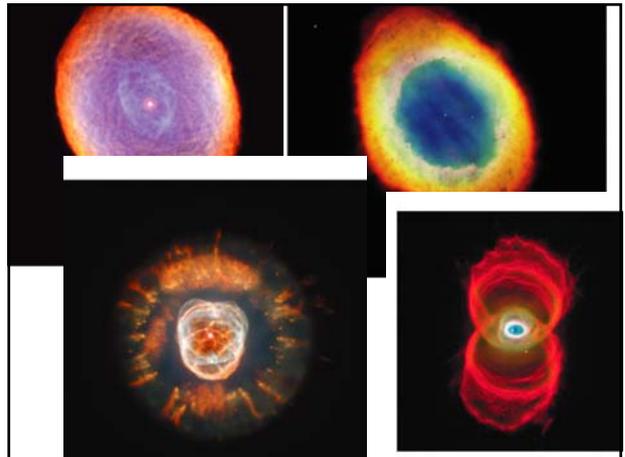


Otro cúmulo

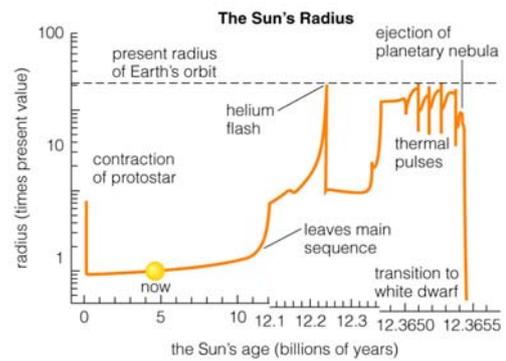


Y después del Helio?

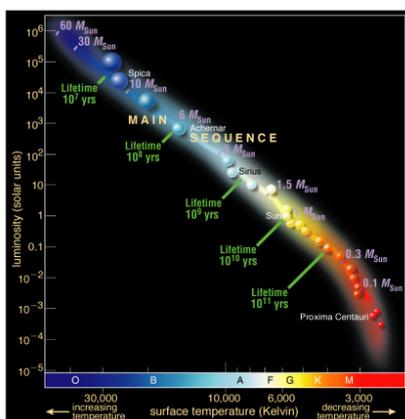
- Carbón
 - 600 millones K
- Pero colapso es detenido por presión degenerada si no hay suficiente masa
- Eyección de capas externas
 - Nebulosas planetarias



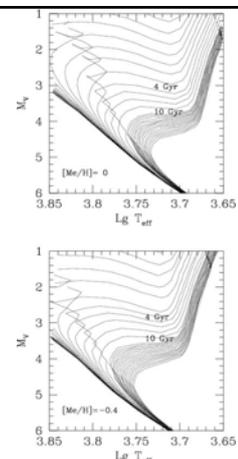
© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley



© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

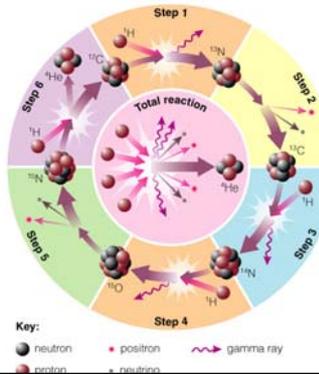


- Isocronas

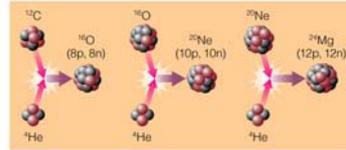


Estrellas Masivas

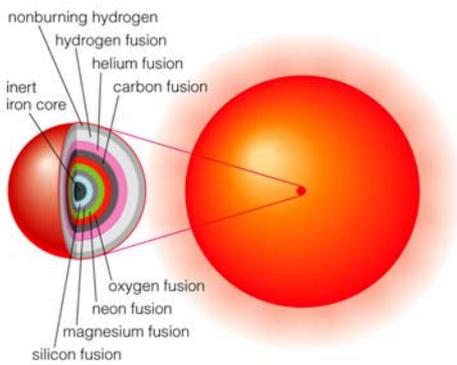
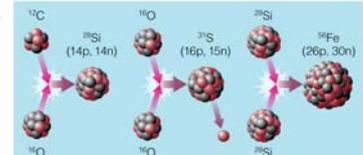
- Ciclo CNO
 - Convierte H en He en forma más rápida que el ciclo P-P



Más Fusión

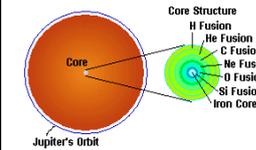


© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as A



© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

Massive ★

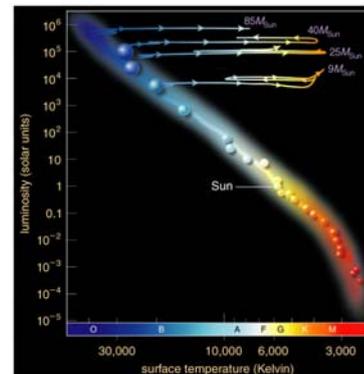
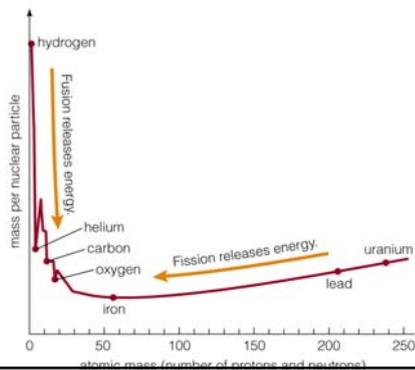


Fusing	Main Fusion Products	Time
H	He	6 million years
He	C, O	700000 years
C	Ne, O	1000 years
Ne	O	9 Months
O	S, Si, Ar	4 Months
Si	Fe, Cr	1 day

End result ?
A star whose core looks like an onion

Finalmente?

- Fierro
 - No puede producir energía



© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

Table 11-1
Main-Sequence Lifetimes

Mass (M_{\odot})	Surface temperature (K)	Luminosity (L_{\odot})	Time on main sequence (10^6 years)	Spectral class
25	35,000	80,000	3	O
15	30,000	10,000	1.5	B
3	11,000	60	500	A
1.5	7,000	5	3,000	F
1.0 (Sun)	6,000	1	10,000	G
0.75	5,000	0.5	15,000	K
0.50	4,000	0.03	200,000	M

- ¿Podimos habernos desarrollado en torno a una estrella mucho más masiva?
 - Radiación incidente
 - Tiempo de vida
- ¿Podimos habernos desarrollado sin estrellas masivas?

- ### Pruebas?
- Enriquecimiento estelar
 - Captura Alfa
 - Mayor número par

