

TURISMO ASTRONÓMICO

CURSO DE ASTRONOMÍA

(NIVEL AVANZADO)

PARTICIPACIÓN CIUDADANA | JUVENTUD
AYUNTAMIENTO PRIEGO DE CÓRDOBA

PROGRAMA

- 1.- Exoplanetas
- 2.- Formación y evolución estelar
- 3.- Cosmología
- 4.- Manejo y observación con telescopios (práctica)
- 5.- Astrofotografía de gran campo y cielo profundo (práctica)



QR Inscripción

Sábado 10:00 - 13:30 h. (Teoría) y 18:00 - 22:00 h. (Práctica)

Domingo 10:00 h. - 11:30 h. (Teoría) / 12:00 - 13:30 (Obs. solar)
18:00 h. - 22:00 h. (Práctica)

Plazas limitadas. Inscripción gratuita.

Dr. Rafael Luque - Instituto de Astrofísica de Andalucía



INICIACIÓN A LA ASTRONOMÍA II

SESIÓN 2: Formación y evolución estelar

Dr. Rafael Luque - Instituto de Astrofísica de Andalucía

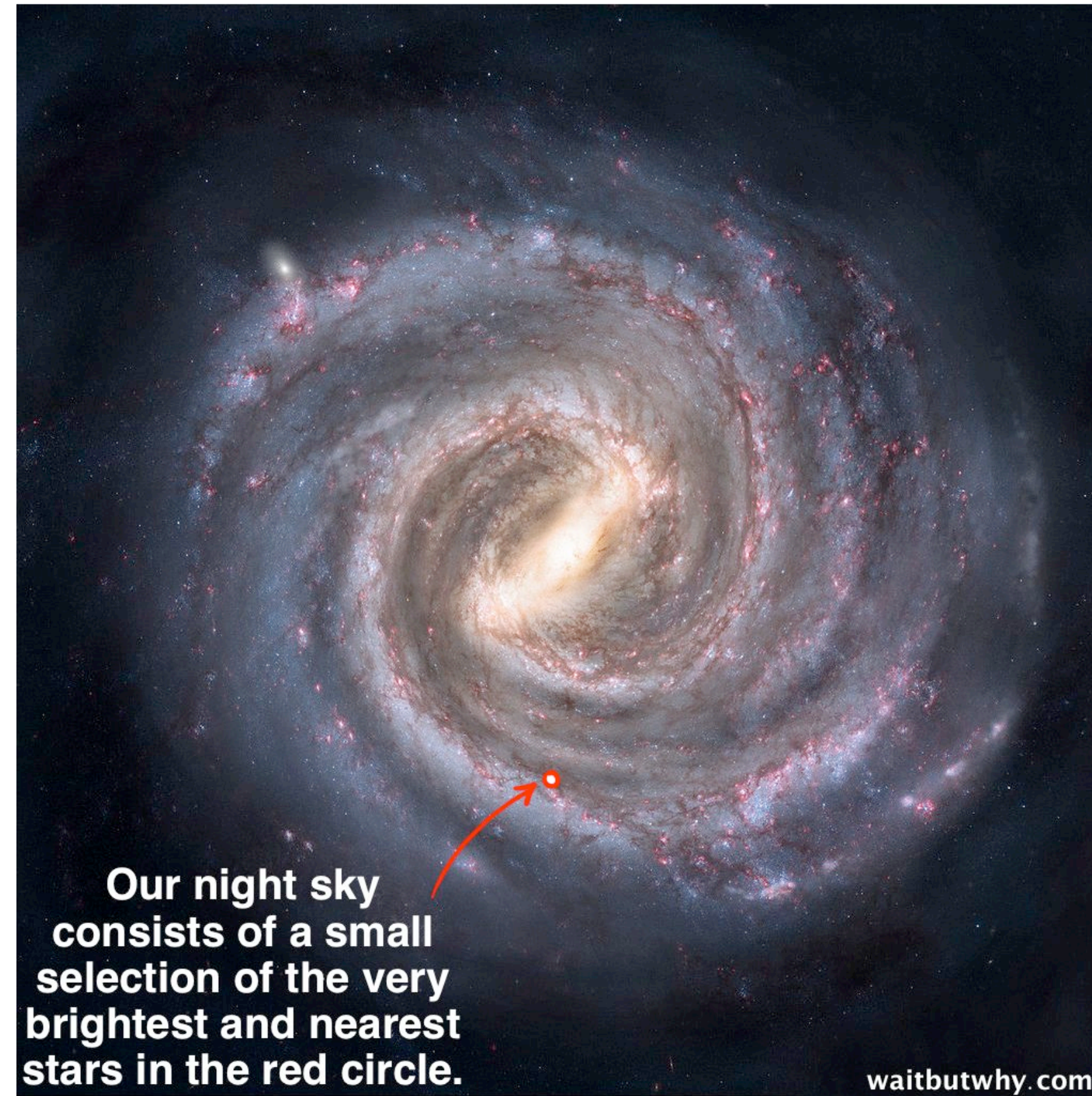


¿Qué es una estrella?

- ▶ Una estrella es un esferoide de gas, tan caliente que se encuentra en forma de plasma, que mantiene su forma debido a su propia gravedad
- ▶ El “nacimiento” de una estrella se considera cuando esta alcanza el **equilibrio hidrostático**, es decir, cuando su propia gravedad está perfectamente contrarrestada por la energía que se produce en las reacciones químicas en su núcleo
- ▶ Las estrellas son los elementos básicos que constituyen las galaxias, y en la Vía Láctea solamente se estima que hay unas 100.000.000.000 de ellas
- ▶ Todas las estrellas que vemos a simple vista en el cielo pertenecen a la Vía Láctea

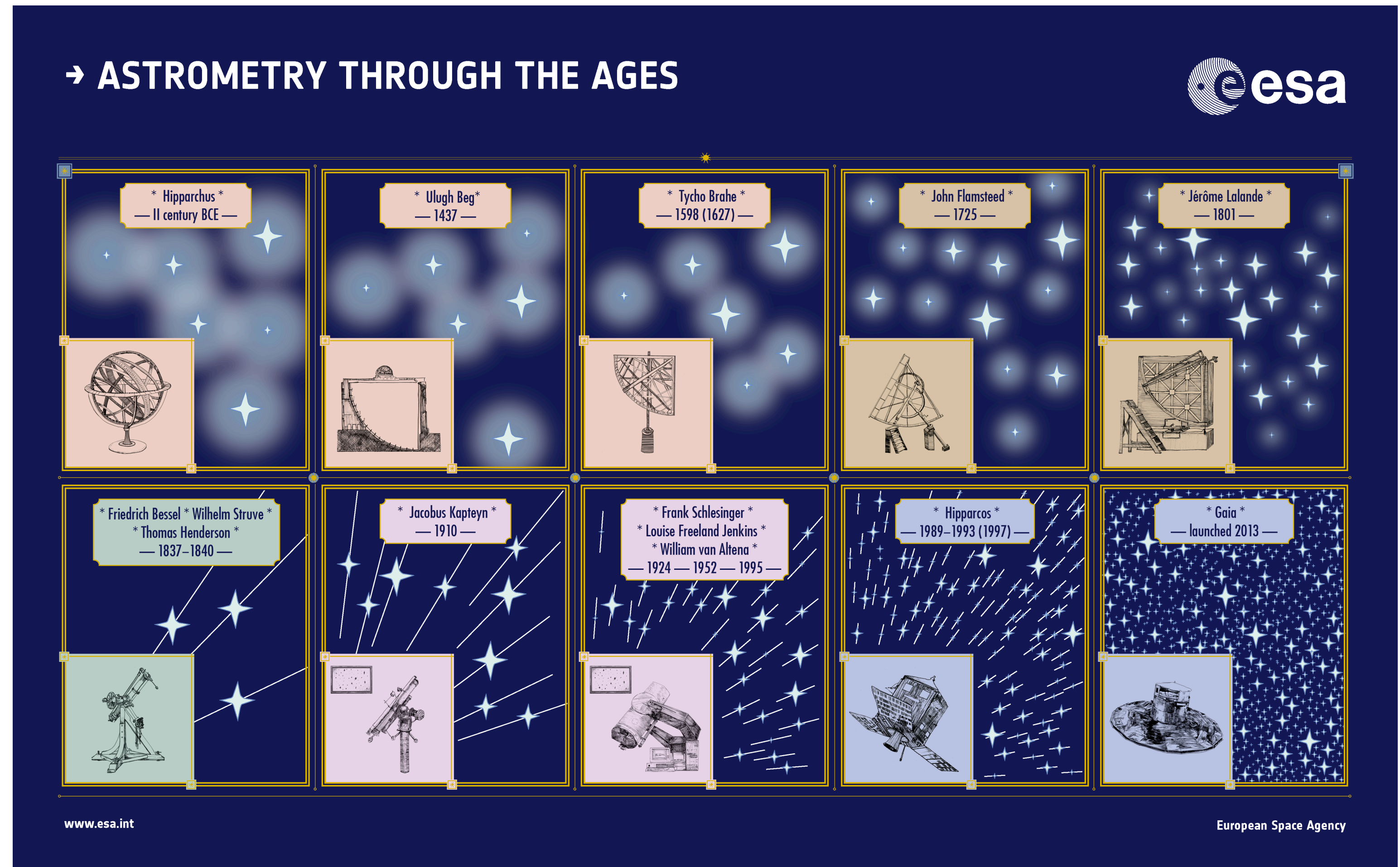
¿Qué es una estrella?

- Todas las estrellas que vemos a simple vista en el cielo pertenecen a la Vía Láctea



Catalogando estrellas

- ▶ Para su identificación, ordenamos las estrellas en constelaciones (las más brillantes) y, tras la invención del telescopio, en catálogos
- ▶ Catálogos más importantes: Bayer, Flamsteed, Lalande, Henry Draper, Gliese, SAO, Hipparcos, Gaia



Catalogando estrellas

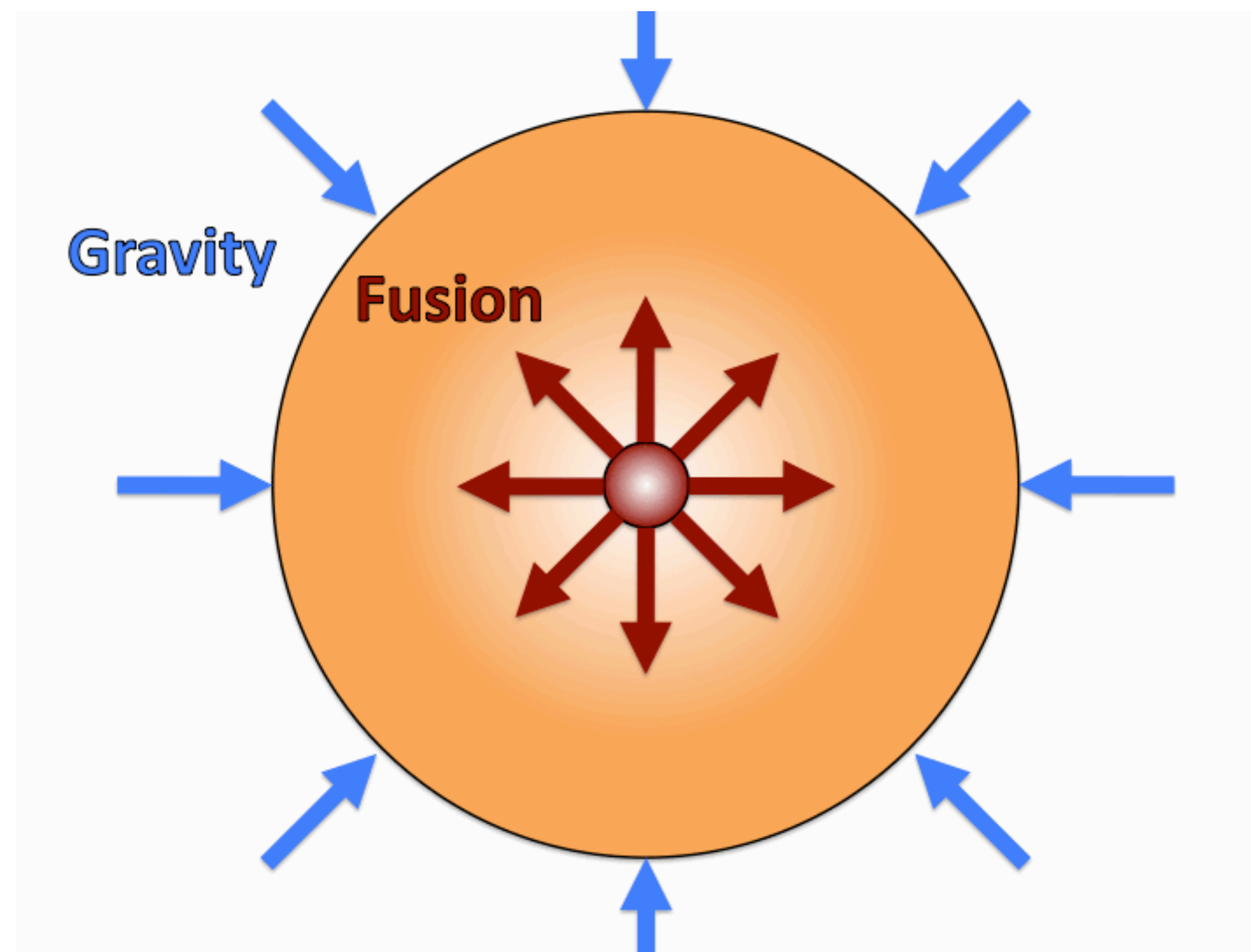
- ▶ La Unión Astronómica Internacional es la que regula el nombre de las estrellas y cuál es el que se debe usar entre todos los catálogos que existen
- ▶ COMPRAR ESTRELLAS O NOMBRAR ESTRELLAS ES UN NEGOCIO FRAUDULENTO Y NO ESTÁ RECONOCIDO POR LA UAI.

Catalogando estrellas

- ▶ La Unión Astronómica Internacional es la que regula el nombre de las estrellas y cuál es el que se debe usar entre todos los catálogos que existen
- ▶ COMPRAR ESTRELLAS O NOMBRAR ESTRELLAS ES UN NEGOCIO FRAUDULENTO Y NO ESTÁ RECONOCIDO POR LA UAI.

Producción de energía

- ▶ El equilibrio hidrostático nos habla de una fuerza de presión que contrarresta la gravedad de la propia estrella
- ▶ ¿Cómo se genera esta fuerza? ¿Qué tipo de fuerza es?



Producción de energía

- ▶ Podemos preguntarnos cuánta energía ha producido el Sol durante su vida
 - ▶ Asumimos que el Sol tiene una edad aproximadamente como la Tierra
-> aprox. 5×10^9 años
 - ▶ Asumimos que el Sol ha radiado más o menos con la misma intensidad durante todo ese tiempo
 - ▶ Luminosidad del Sol es 4×10^{26} J/s -> en toda su vida ha emitido un total de 6×10^{43} J
 - ▶ Si el Sol tiene una masa de 2×10^{30} kg, entonces cada kg de materia ha emitido 3×10^{13} J

Producción de energía

- ▶ **¿Qué proceso energético puede producir una energía de 3×10^{13} J/kg?**
- ▶ Las reacciones químicas más violentas que conocemos no producen más de 4×10^8 J/kg $\rightarrow$ lo que implicaría que si el Sol produjese energía por reacciones químicas su vida hubiese sido solamente de 50.000 años
- ▶ Otra posibilidad es que la estrella se esté contrayendo lentamente por su gravedad, lo que produce energía. Para el Sol esto sería de 2×10^{11} J/kg insuficiente

Producción de energía

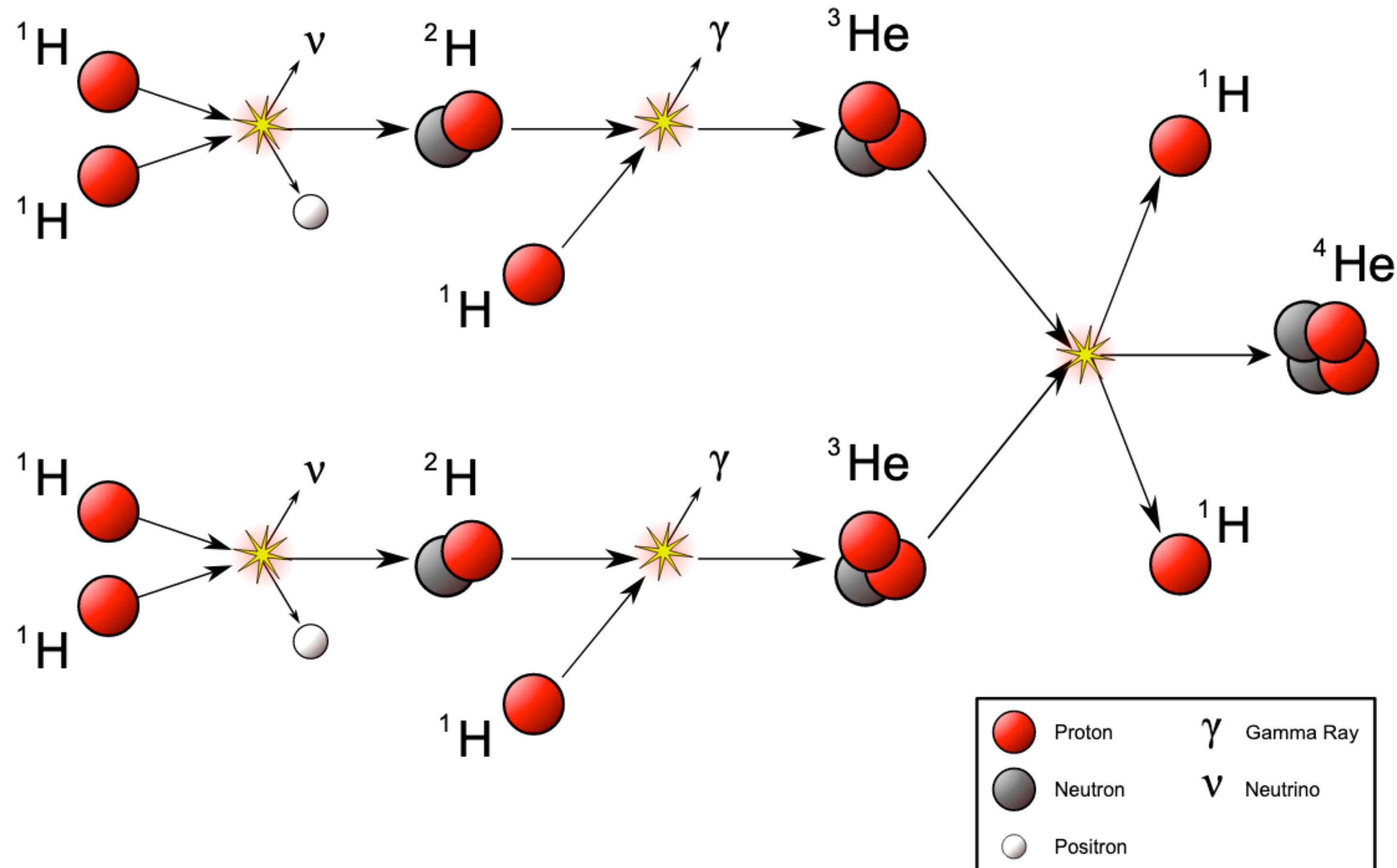
- ▶ **La fusión termonuclear puede explicarlo.**
- ▶ La diferencia de masa entre 2 átomos de hidrógeno (reactivos) y 1 de helio (producto) puede explicarlo.
- ▶ $E = (4m_H - m_{He}) \cdot c^2 = 4.1 \times 10^{-12} \text{ J}$
- ▶ En 1kg de Hidrógeno esto se corresponde a una energía de **$6 \times 10^{14} \text{ J}$**
- ▶ Bingo!
- ▶ Para que esto ocurra, las temperaturas en el núcleo de la estrella deben ser de varios millones de grados. En los años 30 se estableció que la fusión nuclear es la responsable de que las estrellas brillen.

Nucleosíntesis

► La fusión nuclear sólo permite una cierta combinación de reacciones

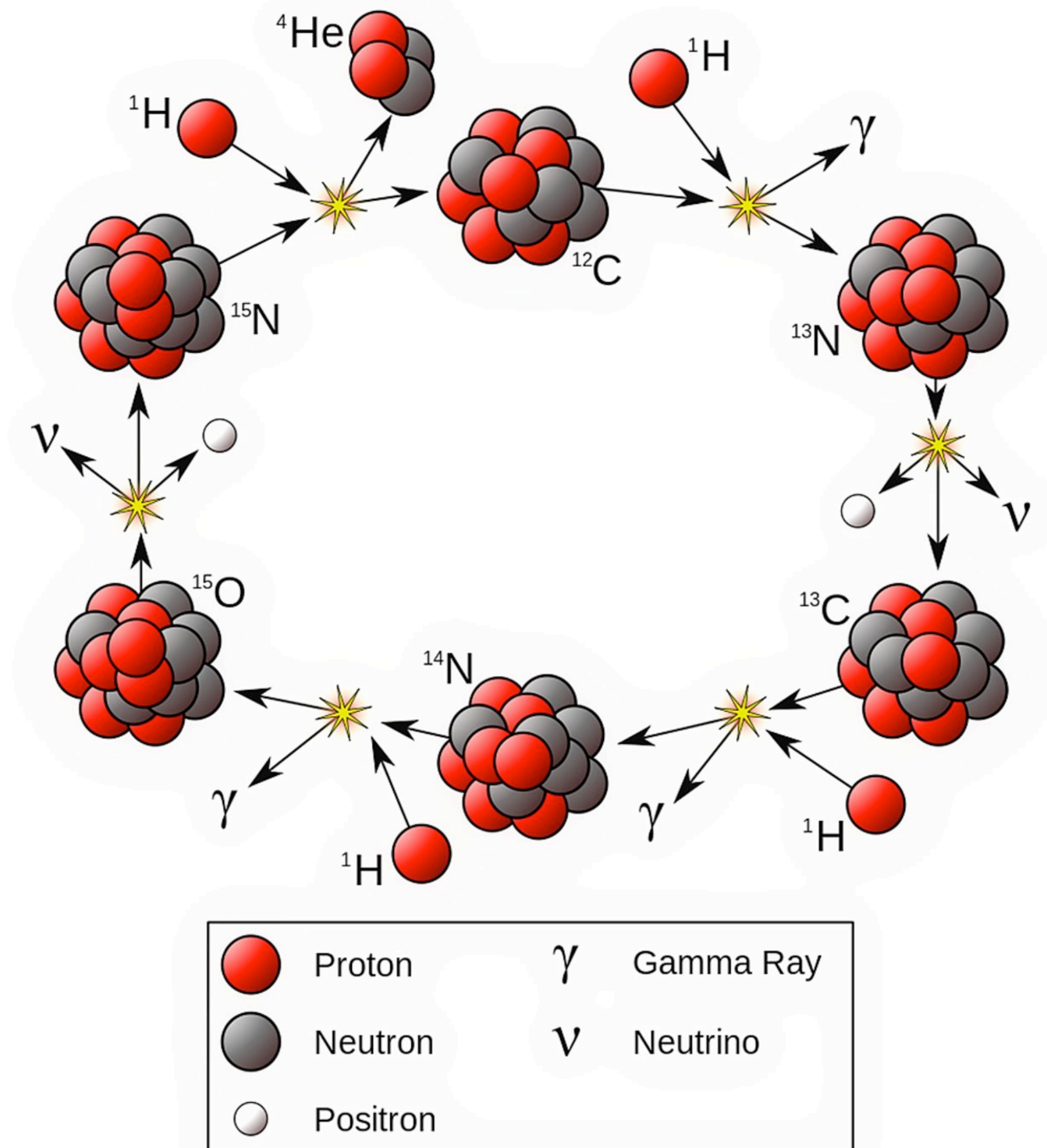
Nucleosíntesis

► Protón - Protón ($T < 20$ millones de grados)



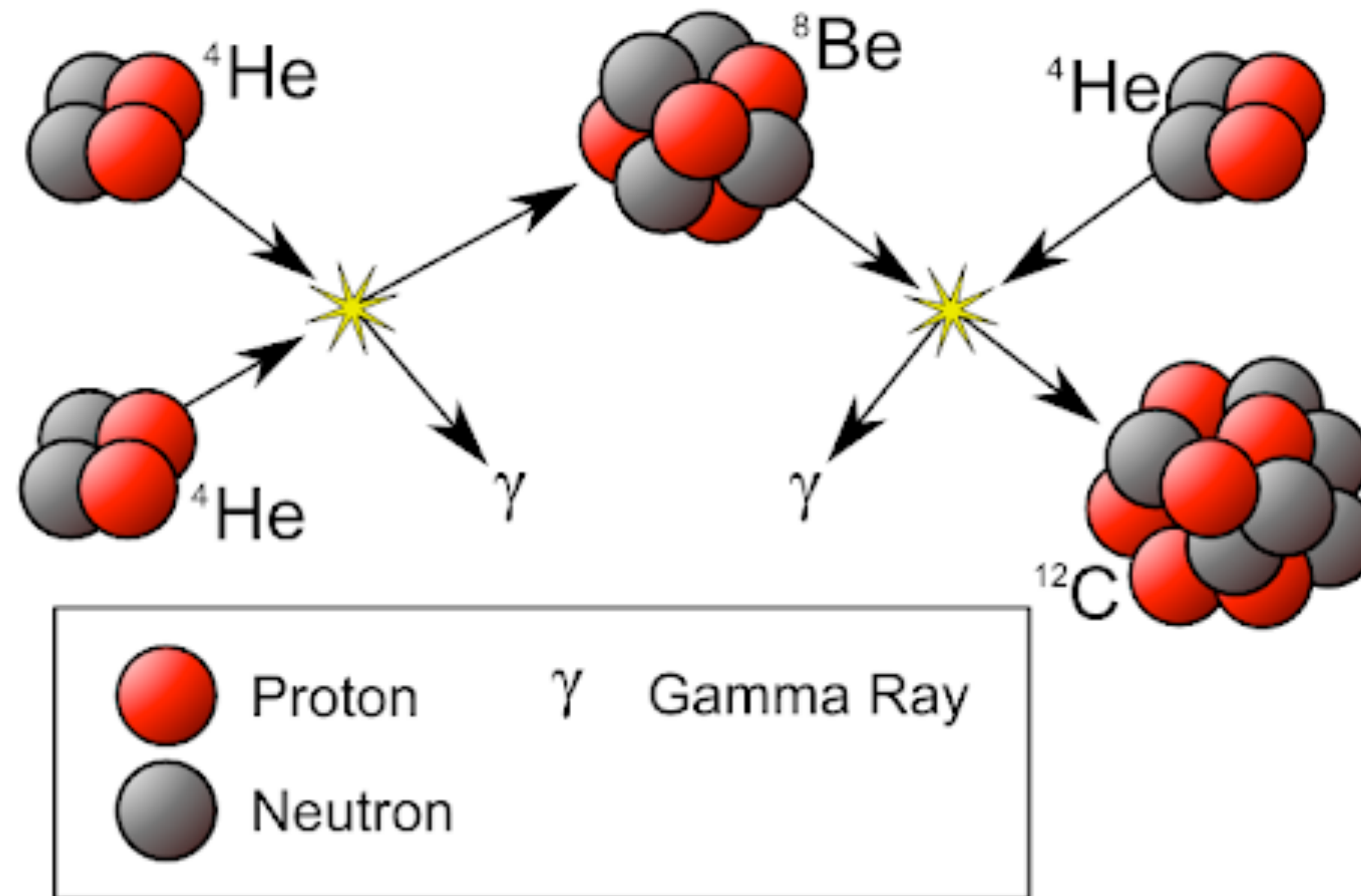
Nucleosíntesis

► Ciclo del carbono ($T > 20$ millones de grados)



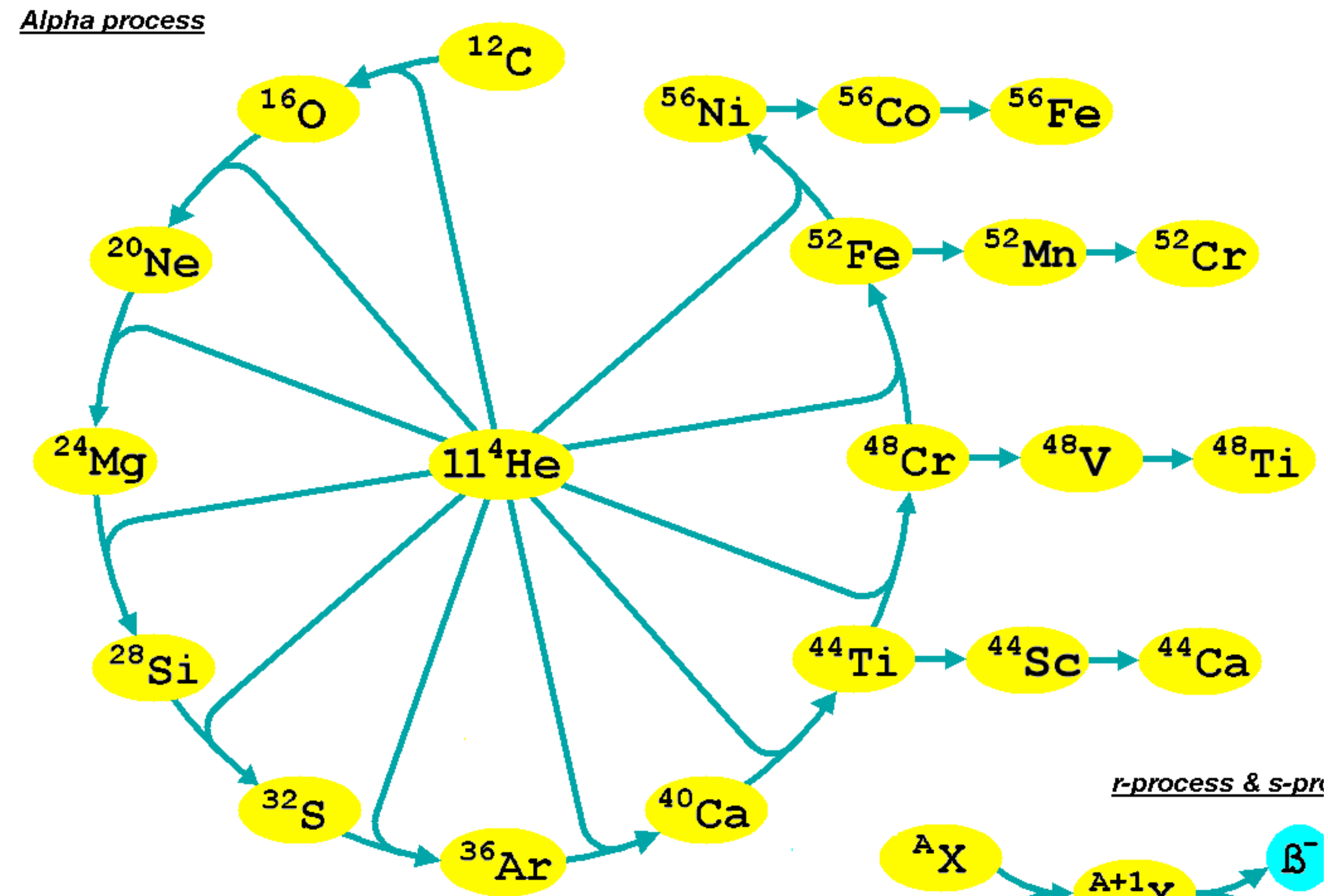
Nucleosíntesis

► Reacción triple alpha ($T > 100$ millones de grados)



Nucleosíntesis

► Reacciones alpha



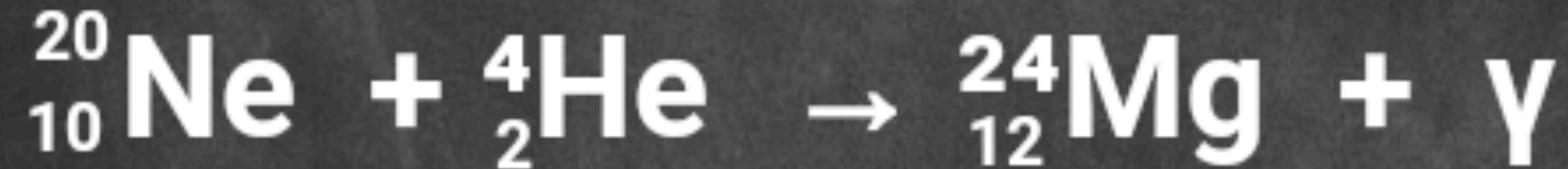
Nucleosíntesis

- Combustión del carbono (T = 500 - 800 millones de grados)



Nucleosíntesis

- Combustión del neón ($T = 1.000$ millones de grados)

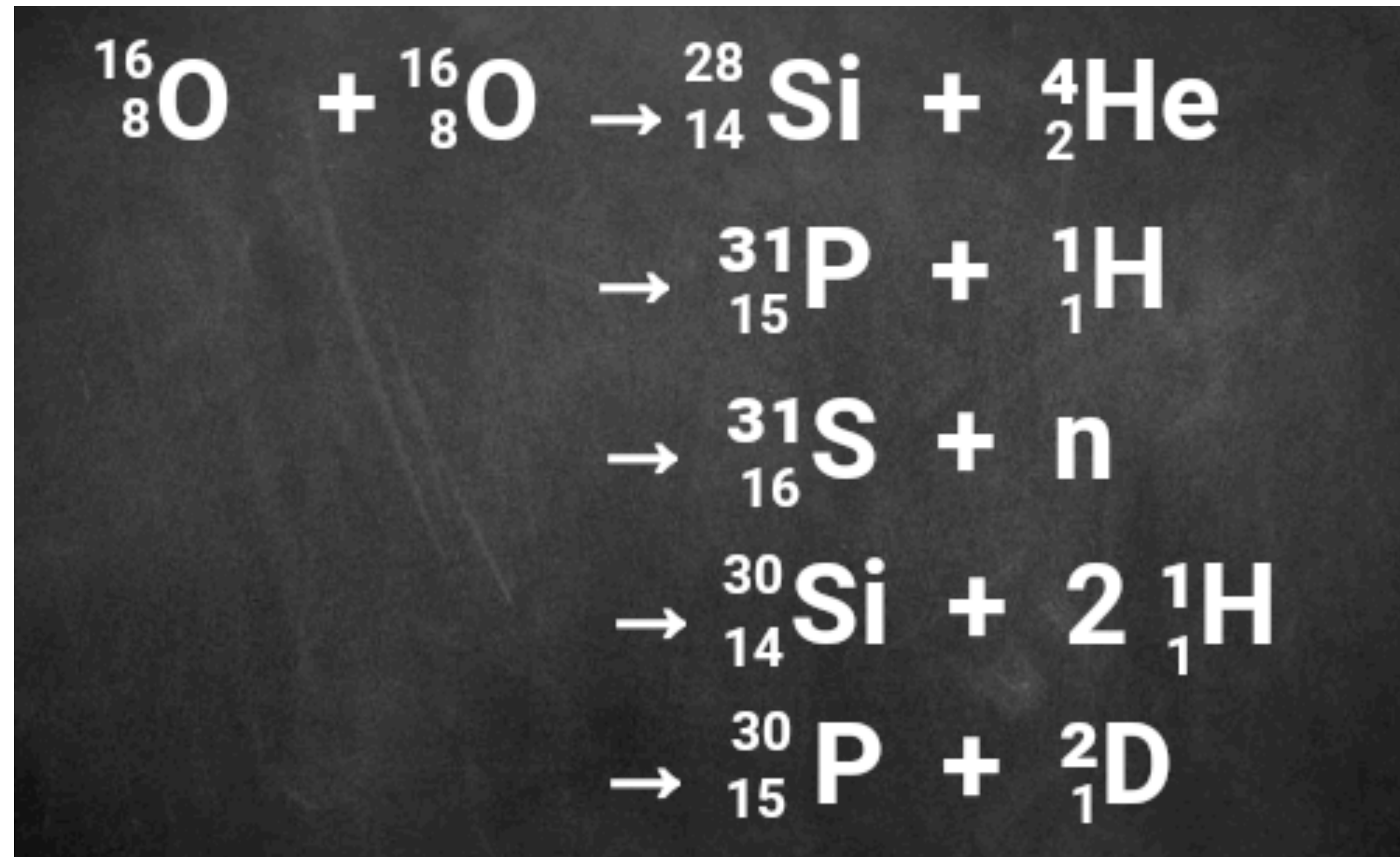


Alternatively



Nucleosíntesis

► Combustión del oxígeno (T = 1.500 millones de grados)



Nucleosíntesis

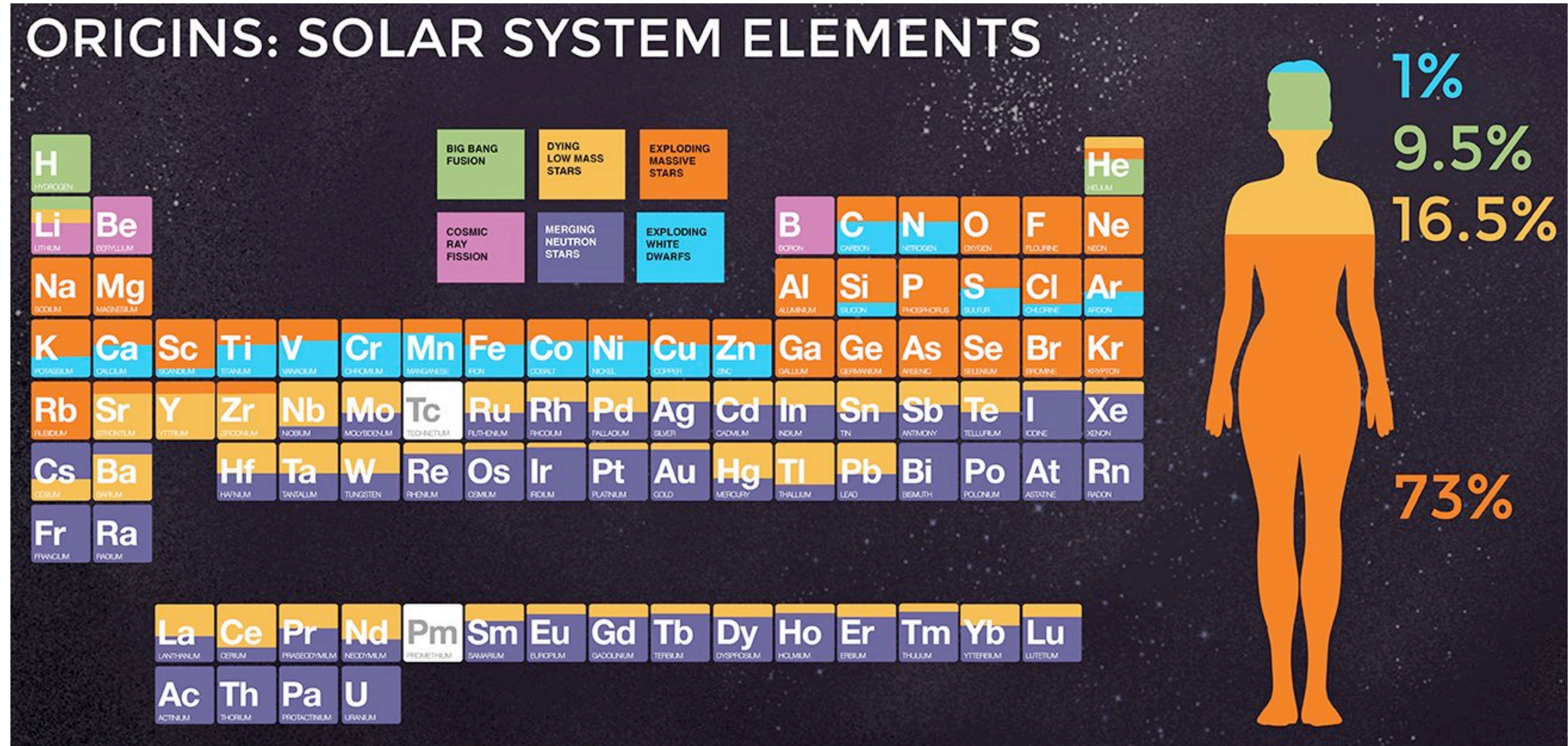
► Combustión del silicio ($T > 3.000$ millones de grados)



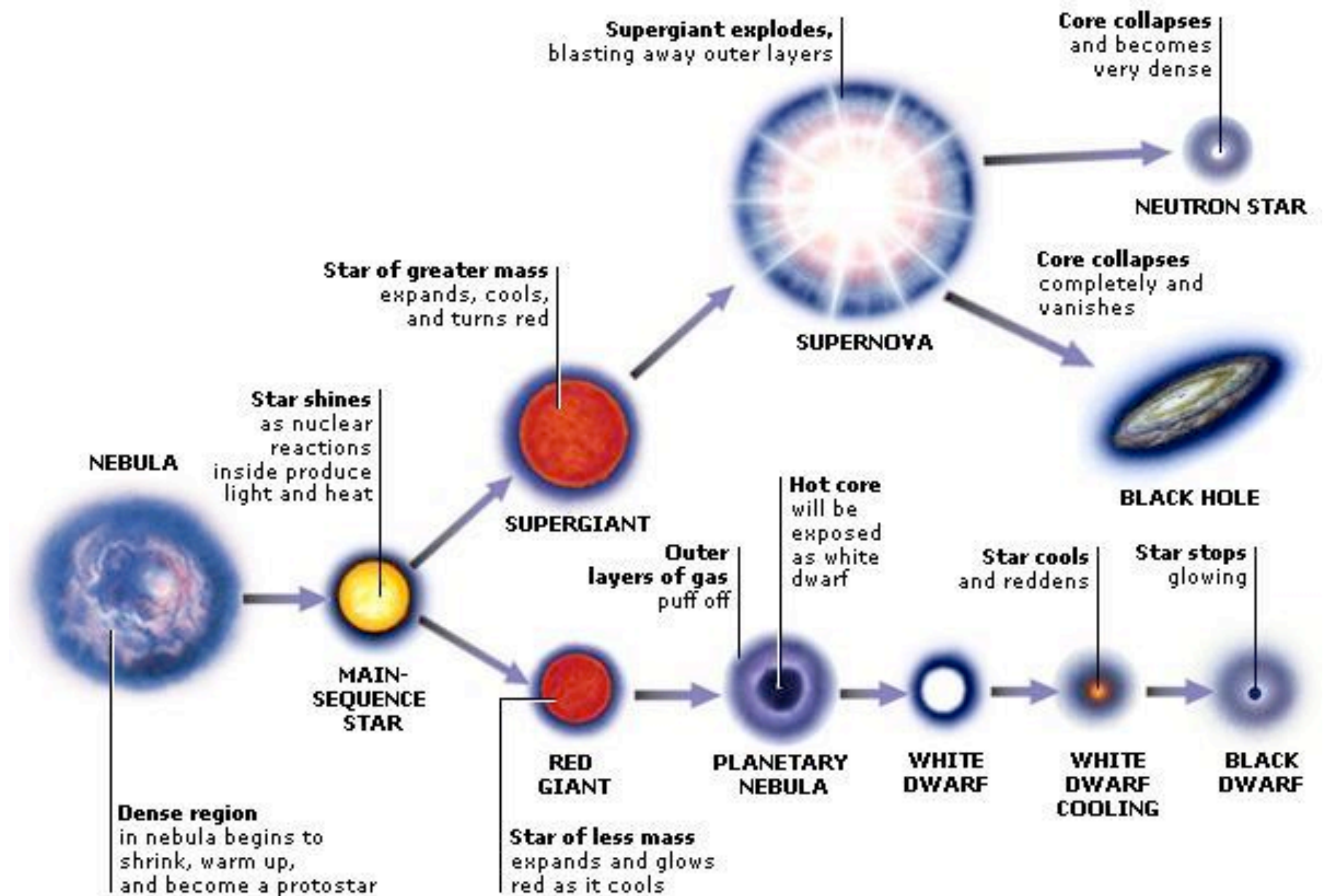
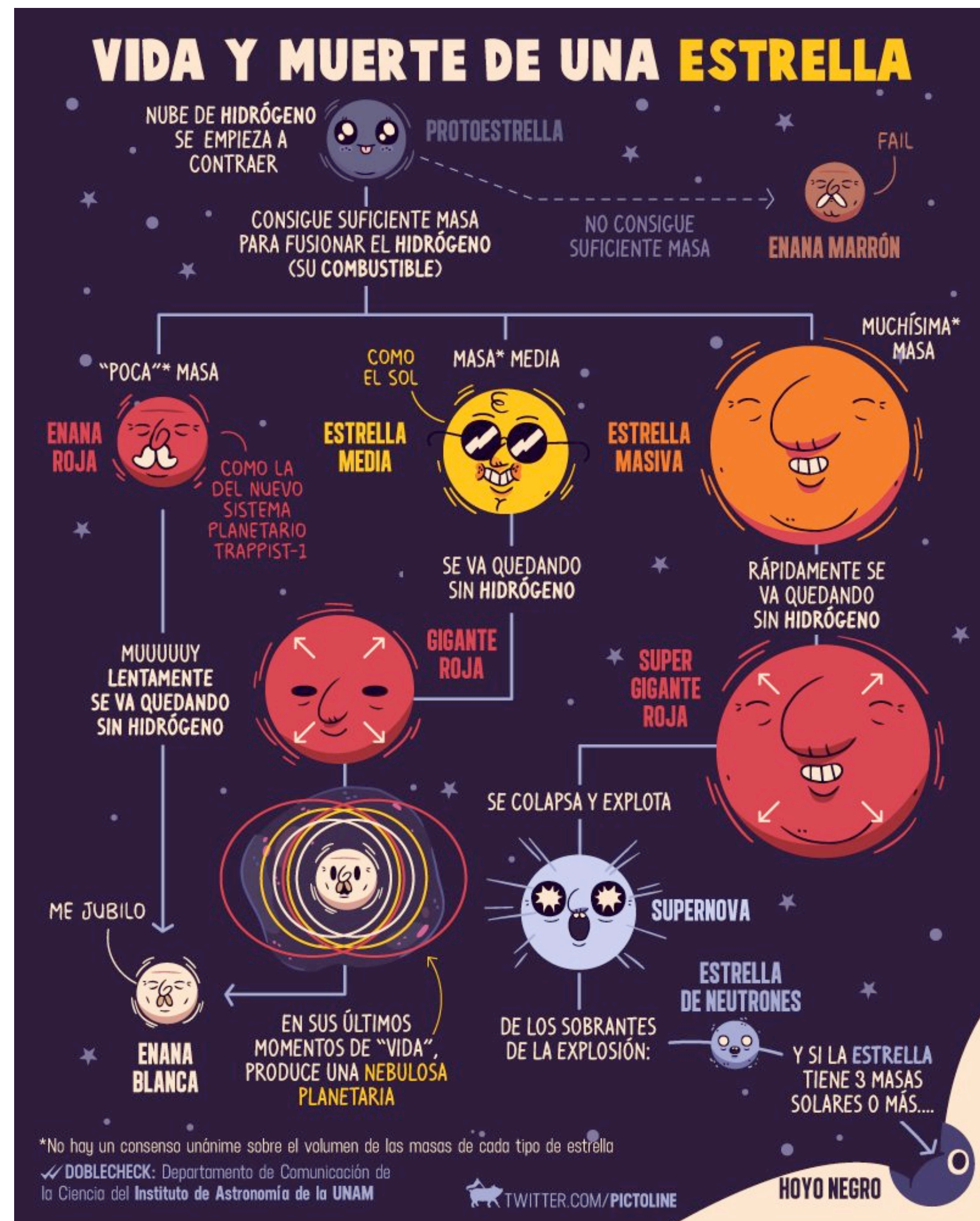
Nucleosíntesis

- ▶ A partir del hierro, los elementos más pesados no se forman por reacciones de fusión nuclear
- ▶ **¿Cómo tenemos más elementos en la tabla periódica?**

Nucleosíntesis



Formación y evolución estelar



Nacimiento

- ▶ Las estrellas nacen por la contracción gravitatoria de gas que existe en el medio interestelar
- ▶ Hay varios mecanismos para “activar” esta contracción del gas (brazos espirales de galaxia, onda de choque de una supernova, ...)
- ▶ Hay varios mecanismos que se “oponen” a la formación de estrellas: presión interna debido a la temperatura, fuerza centrífuga, campos magnéticos, etc.
- ▶ Observamos el nacimiento de las estrellas a través de las nebulosas oscuras, los objetos de Barnard o los glóbulos de Bok

Nacimiento

- ▶ Las estrellas nacen en el medio interestelar
- ▶ Hay varios mecanismos de formación de estrellas en las espirales de galaxias
- ▶ Hay varios mecanismos de formación de estrellas: presión interna, campos magnéticos, etc.
- ▶ Observamos el nacimiento de estrellas en las nebulosas oscuras, los objetos



s que existe en el

del gas (brazos
, ...)

de estrellas:
a, campos

nebulosas

Nacimiento

- ▶ Las estrellas se forman en el medio interestelar
- ▶ Hay varios tipos de nebulas: espirales o de reflexión
- ▶ Hay varios factores que influyen en la formación: presión interestelar, campos magnéticos, etc.
- ▶ Observamos nebulas oscuras, las que absorben la luz de las estrellas cercanas



existe en el

as (brazos

estrellas:
mpos

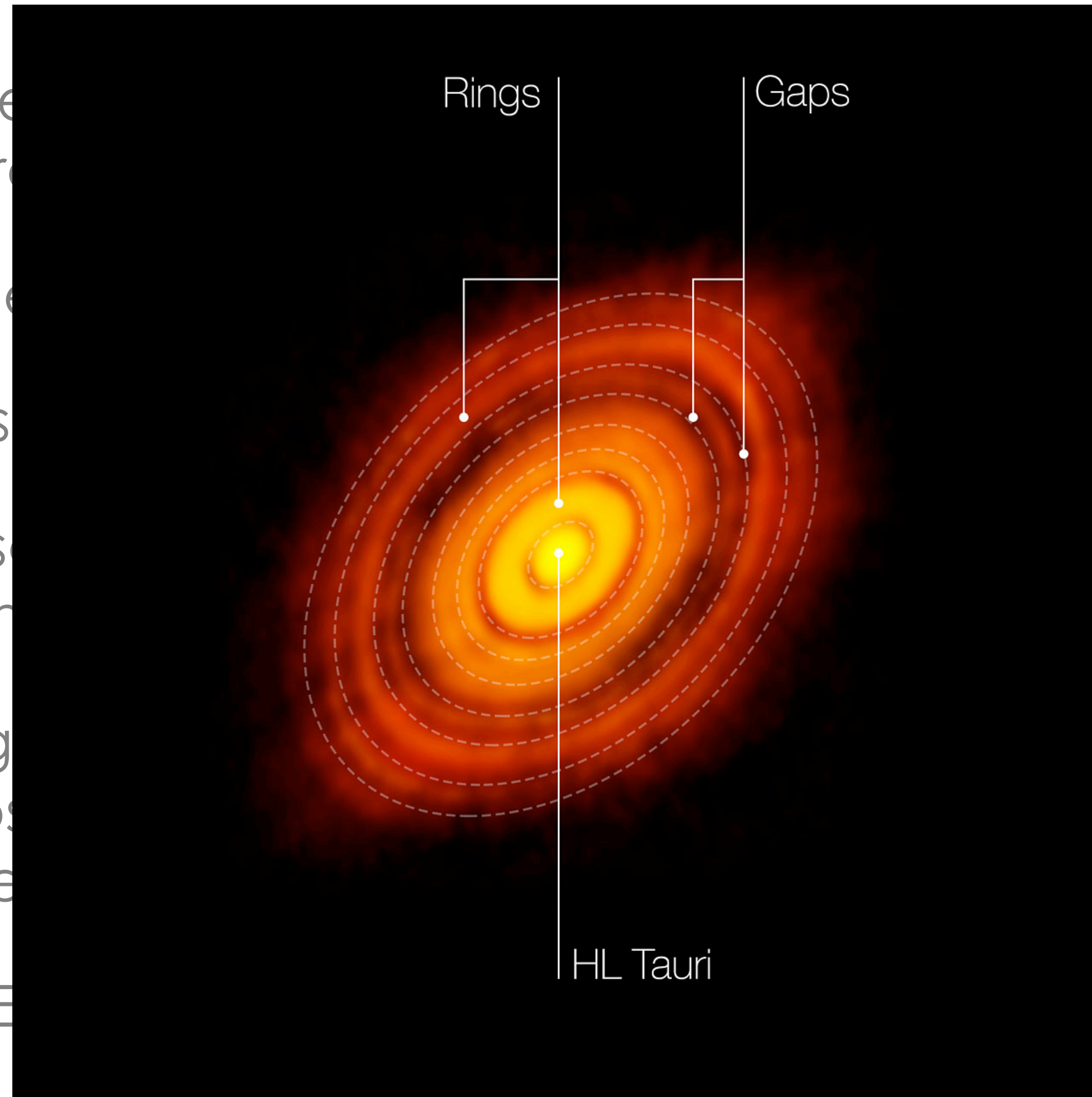
losas

Protoestrellas

- ▶ Cuando la nube se contrae hasta alcanzar temperaturas de 10.000 °C, todo el gas se encuentra ionizado y se contrarresta la contracción gravitatoria
- ▶ Es el nacimiento de una proto-estrella
- ▶ Esta nueva fase es más lenta y suele durar decenas de millones de años
- ▶ Las protoestrellas son difíciles de observar porque viven “poco” tiempo y están envueltas en una nube de gas y polvo bastante densa
- ▶ La protoestrella sigue acertando masa hasta que el equilibrio se rompe y se produce un colapso gravitatorio. Cuando la temperatura en el centro alcanza los millones de grados, las reacciones nucleares comienzan
- ▶ HA NACIDO UNA ESTRELLA

Protoestrellas

- ▶ Cuando la nube se enfría, el gas se encuentra
- ▶ Es el nacimiento de
- ▶ Esta nueva fase es
- ▶ Las protoestrellas se están envueltas en
- ▶ La protoestrella sigue produce un colapso alcanza los millones
- ▶ HA NACIDO UNA ESTRELLA



de 10.000 °C, todo
ción gravitatoria

illones de años

“poco” tiempo y
ensa

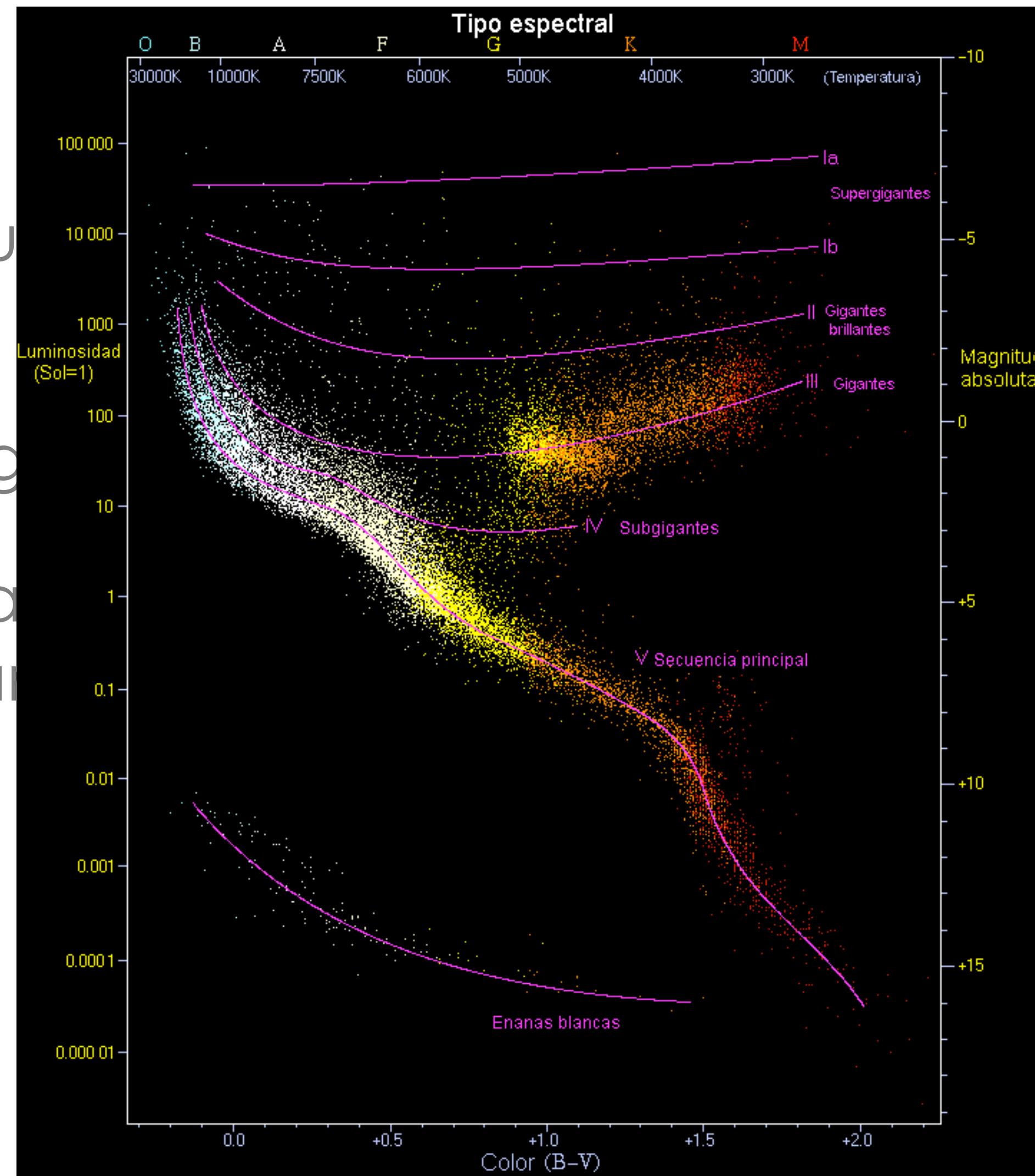
brío se rompe y se
en el centro
comienzan

La secuencia principal

- ▶ Esta es la fase en la que la estrella está en equilibrio hidrostático
- ▶ La energía se produce únicamente por la combustión de hidrógeno en el núcleo
- ▶ Es la etapa más larga en la vida de una estrella
- ▶ La duración de esta etapa depende de la masa de la estrella: más masiva, más rápidamente consume el hidrógeno y también más temperatura

La secuencia principal

- ▶ Esta es la fase en la
- ▶ La energía se produ
- núcleo
- ▶ Es la etapa más larg
- ▶ La duración de esta
- masiva, más rápida
- temperatura



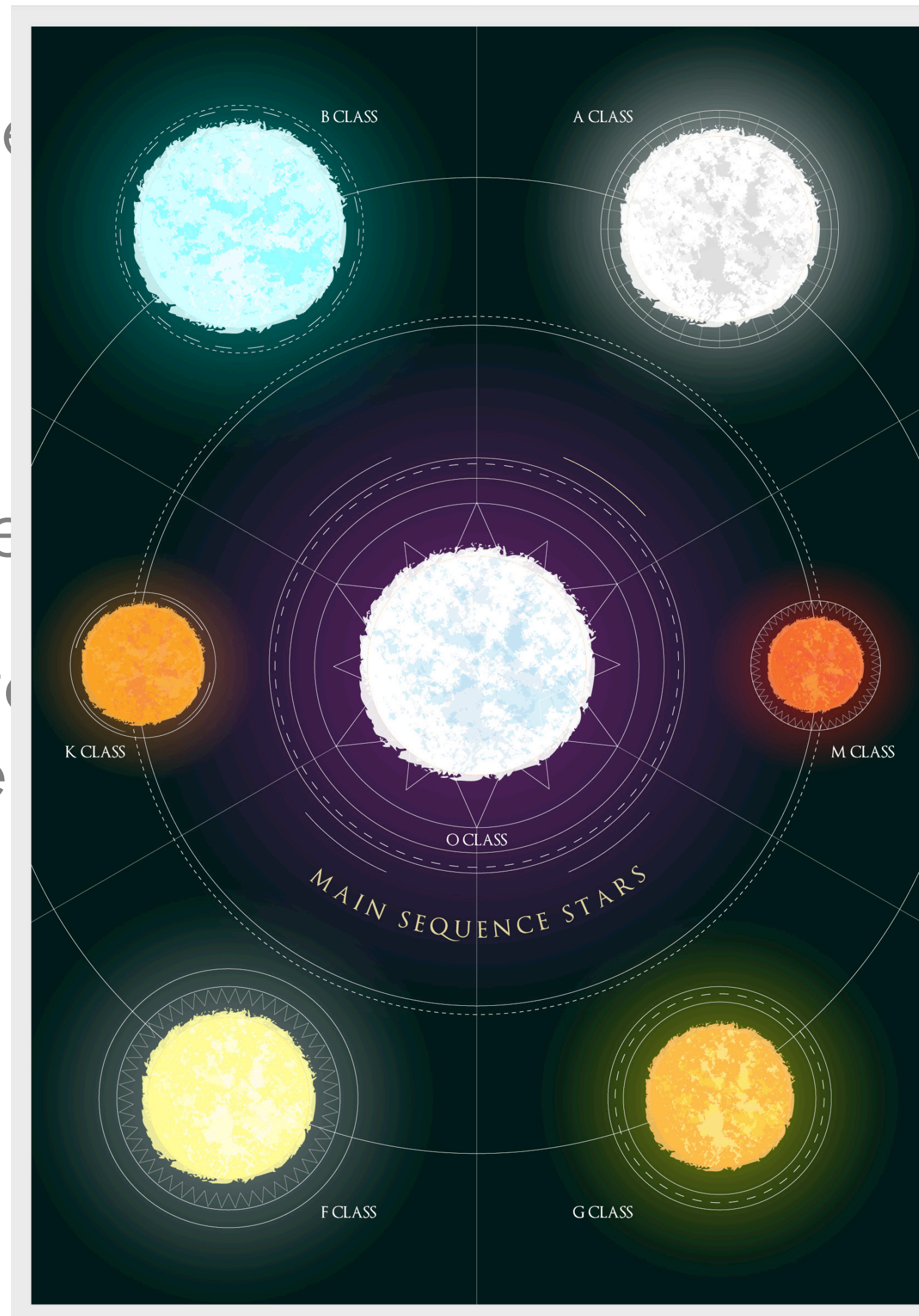
hidrostático

n de hidrógeno en el

la estrella: más
también más

La secuencia principal

- ▶ Esta es la fase en la que la estrella alcanza el equilibrio hidrostático
- ▶ La energía se produce por fusión de hidrógeno en el núcleo
- ▶ Es la etapa más larga de la vida de la estrella: más masiva, más rápidamente agota su combustible y también más corta
- ▶ La duración de esta etapa depende de la masa de la estrella: más masiva, más rápidamente agota su combustible y también más corta



io hidrostático

stión de hidrógeno en el

de la estrella: más
y también más

Estrellas gigantes

- ▶ La fase de secuencia principal acaba cuando se agota el hidrógeno en el núcleo
- ▶ La presión interna del núcleo no puede soportar el peso de las capas externas, la estrella se comprime, la temperatura se eleva en el centro, permitiendo reacciones termonucleares más complejas
- ▶ El destino de la estrella depende de su masa

Estrellas gigantes

- ▶ La fase de secuencia principal: el hidrógeno en el núcleo
- ▶ La presión interna de las capas externas, la estrella se expande, permitiendo reacciones nucleares
- ▶ El destino de la estrella depende de su masa

ta el hidrógeno en

so de las capas
eva en el centro,
as

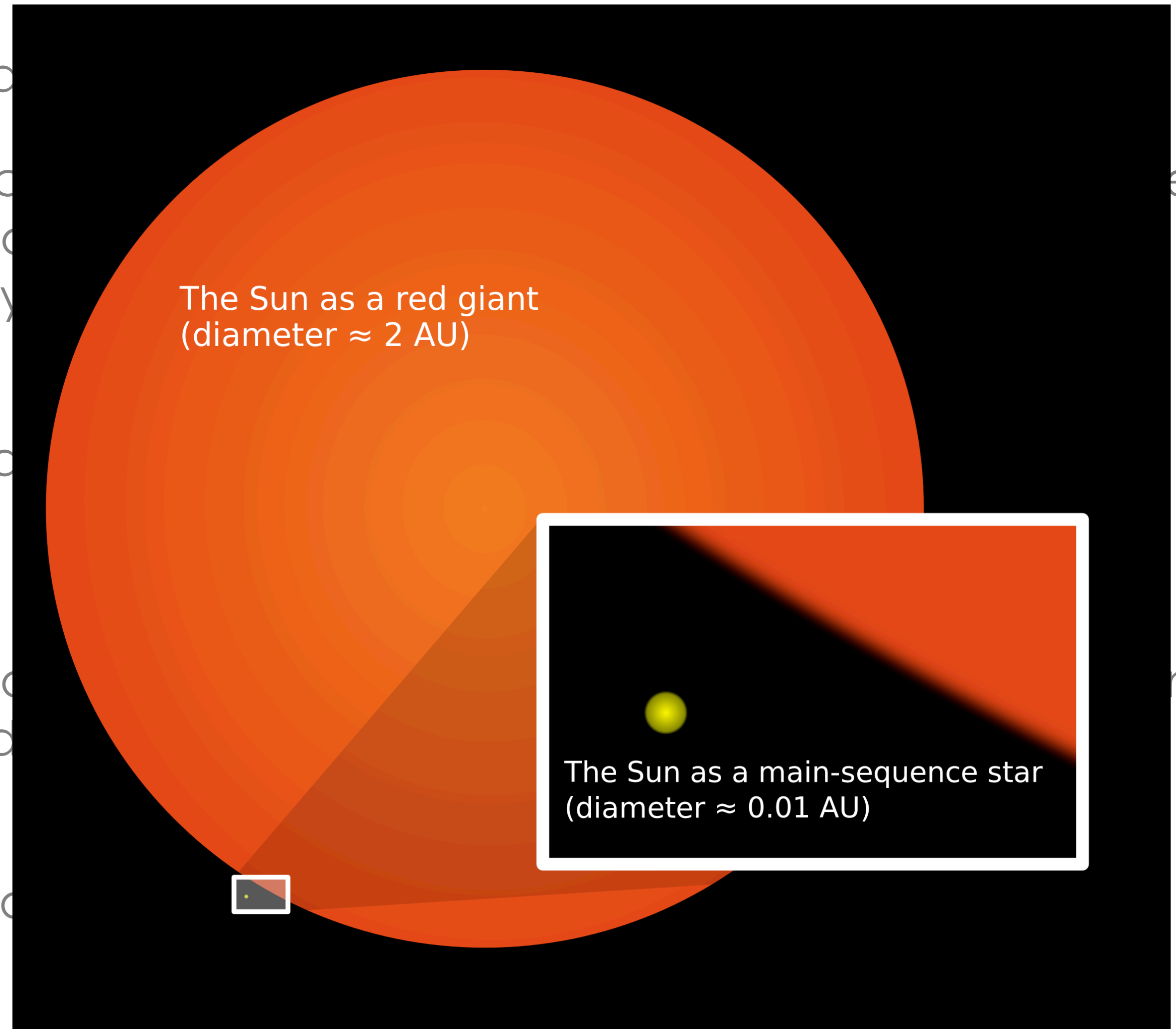
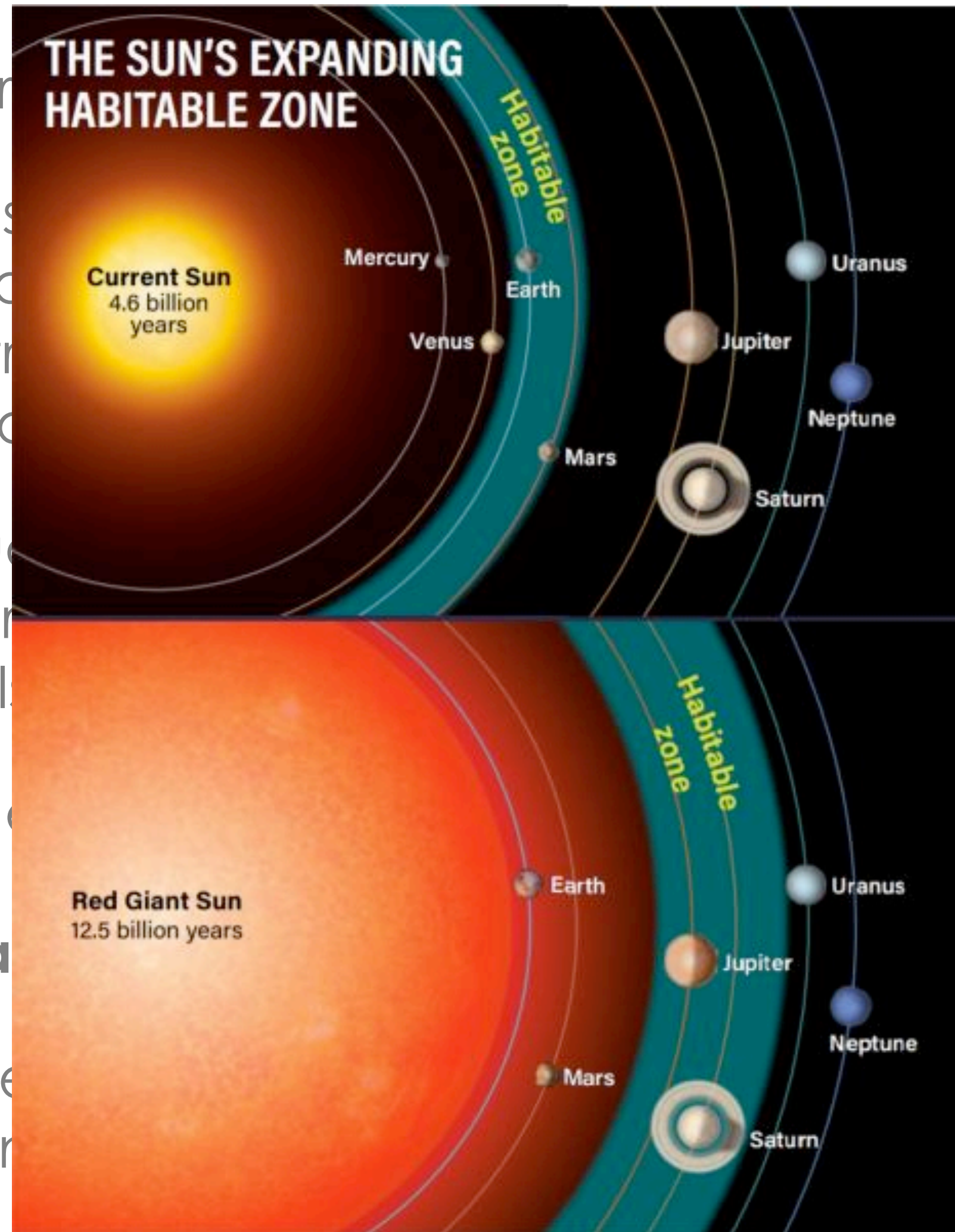


Fases finales: estrellas de baja masa

- ▶ Para estrellas hasta 4 veces de la masa del Sol
- ▶ Tras la secuencia principal, el núcleo se compacta hasta que se inician las reacciones triple alfa de combustión de helio. Esta reacción ocurre de manera muy rápida en toda la estrella, que provoca una expansión muy violenta (flash de helio) y la estrella crece enormemente de tamaño
- ▶ Cuando las reacciones triple alpha se paran, la temperatura no es suficientemente alta para combustiones de carbono. Poco a poco las reacciones van parando y se producen pulsaciones térmicas
- ▶ En estas pulsaciones se expulsan las capas más externas de la estrella. Cuando la radiación de la estrella ioniza el gas expulsado podemos ver los restos en forma de **nebulosa planetaria**
- ▶ El resto de la estrella seguirá contrayéndose hasta convertirse en una **enana blanca** que consiste solamente en electrones

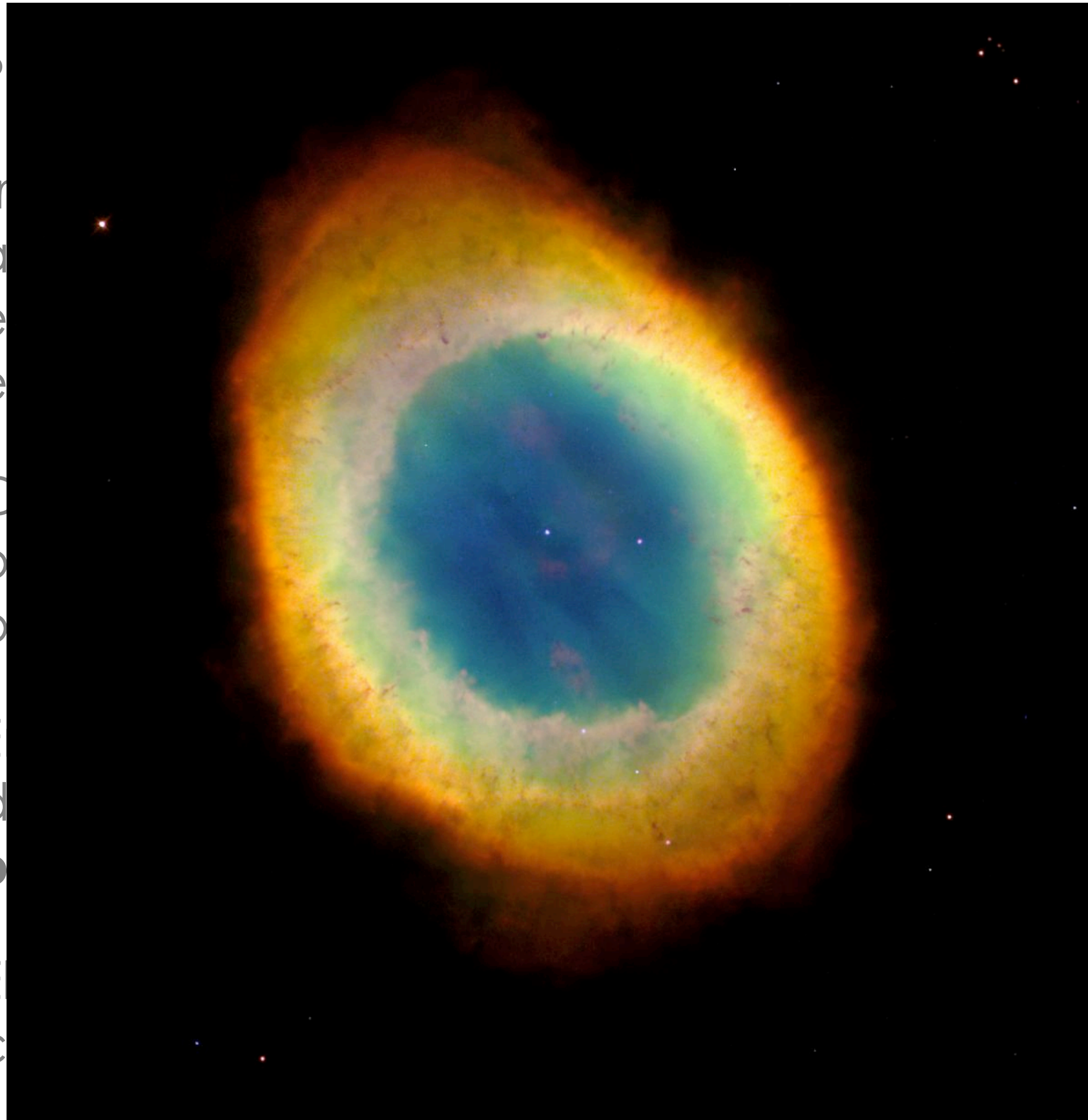
Fases finales: estrellas de baja masa

- Par
- Tras
- alf
- estr
- end
- Cu
- par
- pul
- En
- de
- pla
- El re
- cor



Fases finales: estrellas de baja masa

- ▶ P
- ▶ Tr
- ▶ C
- ▶ E
- ▶ E

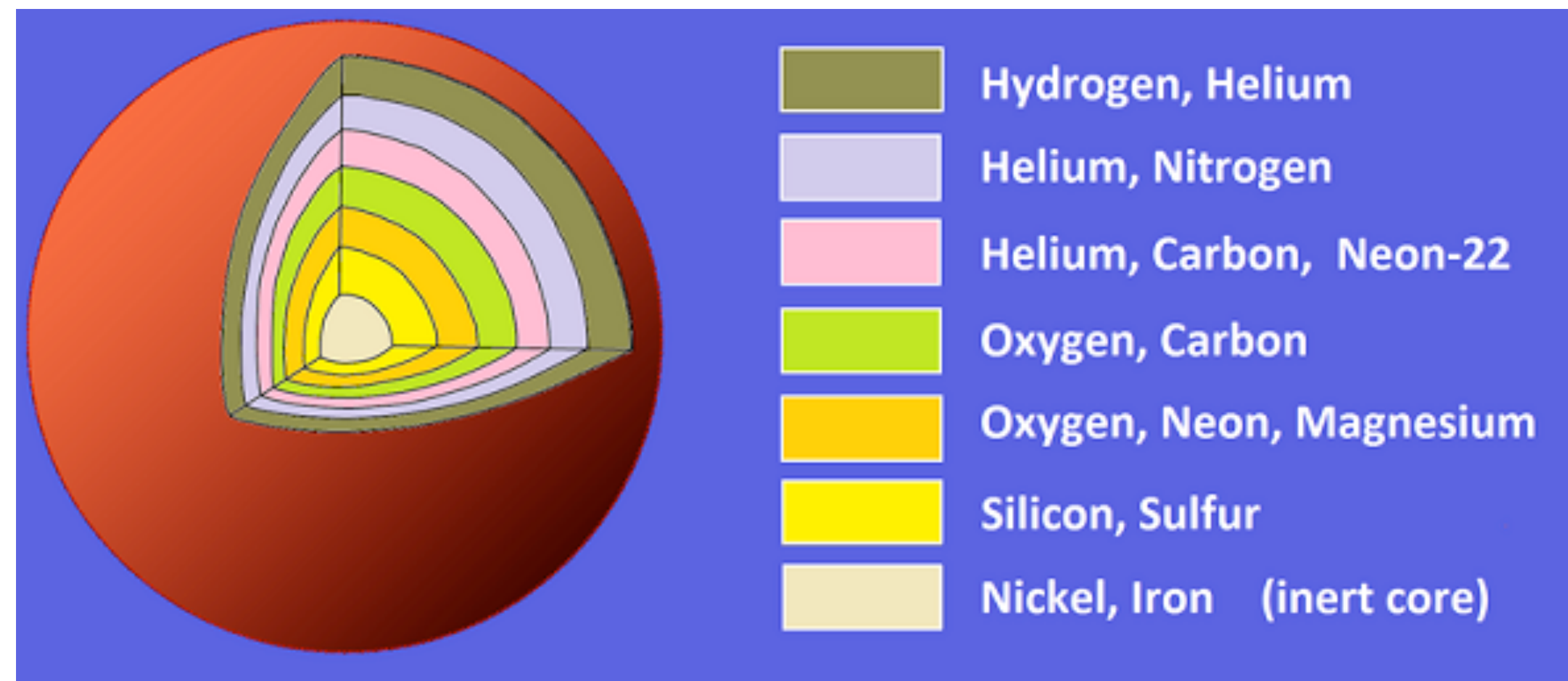


Fases finales: estrellas de masa media

- ▶ Para estrellas entre 4 y 8 veces de la masa del Sol
- ▶ La combustión de helio comienza de forma progresiva, cuando se agota el helio se consume carbono
- ▶ Cuando todo el núcleo está formado por carbono degenerado se produce un mecanismo similar al flash de helio con la detonación de carbono
- ▶ Esta reacción es muy violenta y produce la explosión de la estrella
- ▶ Esta explosión conoce el nombre de supernova, que destruye la estrella progenitora

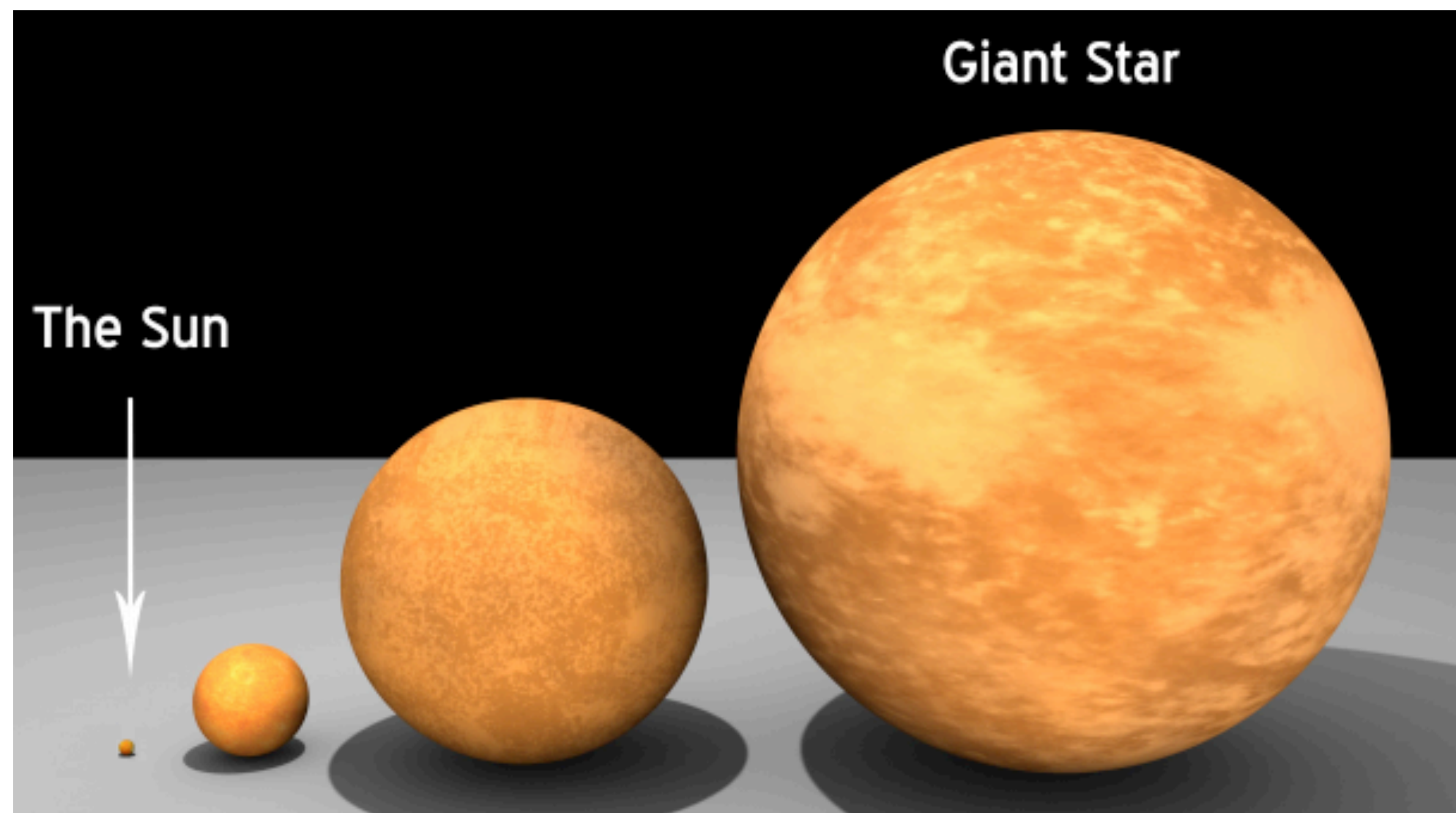
Fases finales: estrellas muy masivas

- ▶ Para estrellas con más de 8 veces de la masa del Sol
- ▶ El núcleo nunca llega a estar en estado degenerado y no hay explosiones de ningún elemento
- ▶ La nucleosíntesis se produce hasta llegar a la fusión del oxígeno, neón, magnesio y silicio. La estrella tiene una estructura similar a una cebolla



Fases finales: estrellas muy masivas

- ▶ Estas estrellas se conocen como supergigantes rojas. Si por los vientos estelares expulsan sus capas más externas se conocen como supergigantes azules.
- ▶ Al haber hierro en el núcleo, que no reacciona con nada, la situación es tremendamente inestable y la estrella explota como supernova

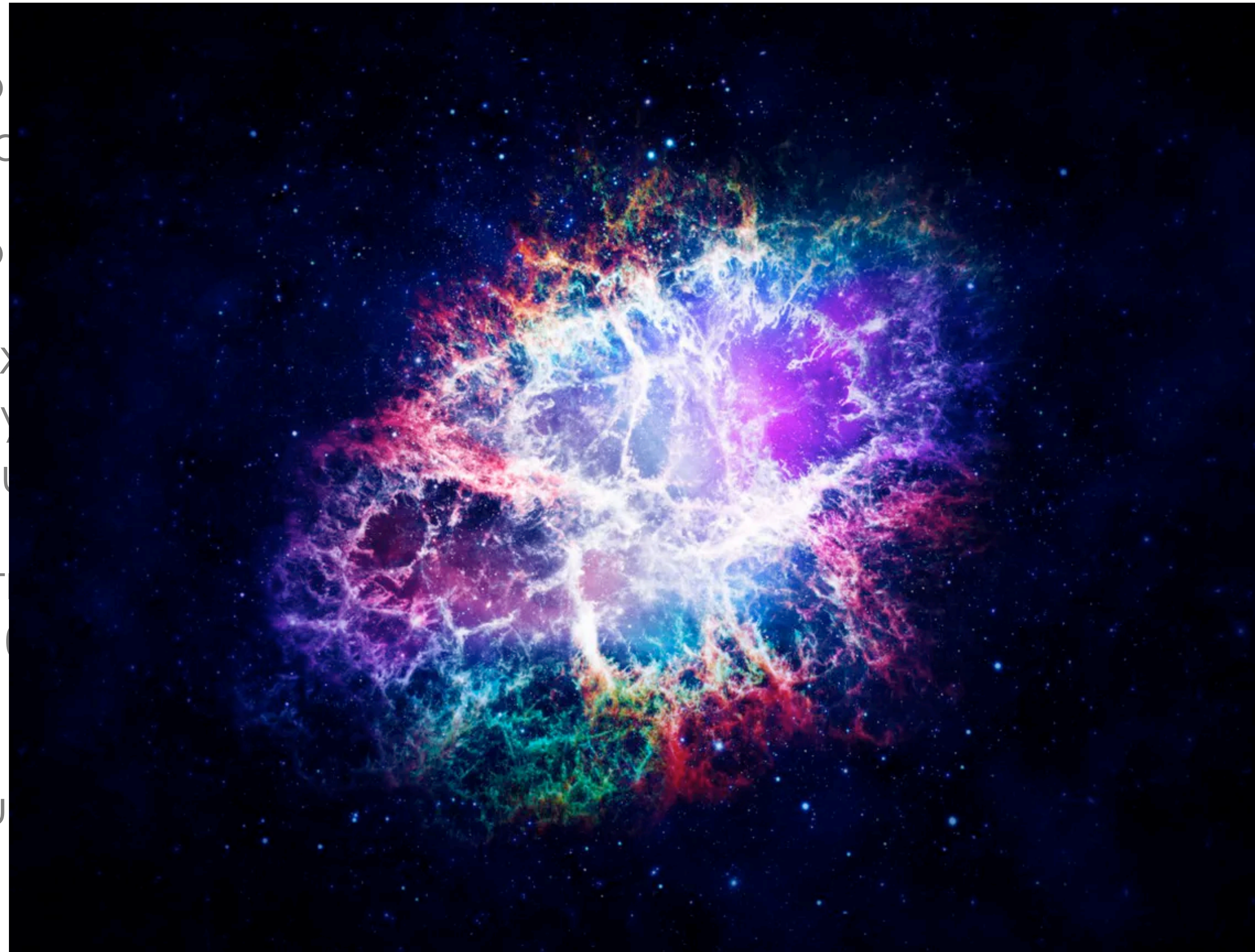


Fases finales: supernovas

- ▶ Una explosión de supernova libera una energía 100 veces mayor que la energía que ha liberado el Sol durante toda su vida
- ▶ Esta explosión es más luminosa que una galaxia entera
- ▶ Durante la explosión se expulsa al medio un 96% de la masa total de la estrella progenitora y las energías son tan altas que se pueden producir todos los elementos químicos más pesados que el hierro
- ▶ Se han registrado al menos 6 explosiones de supernova en nuestra galaxia. La primera en 1054 registrada por astrónomos chinos, la famosa nebulosa del cangrejo
- ▶ Se estima que ocurre una de estas explosiones cada 50 años en nuestra galaxia

Fases finales: supernovas

- ▶ Una explosión que ha liberado
- ▶ Esta explosión
- ▶ Durante la explosión, la estrella progenitora y los elementos que
- ▶ Se han registrado la primera en 100 años en el Cangrejo
- ▶ Se estima que



que la energía

de la estrella
todos los

a galaxia. La
ulosa del

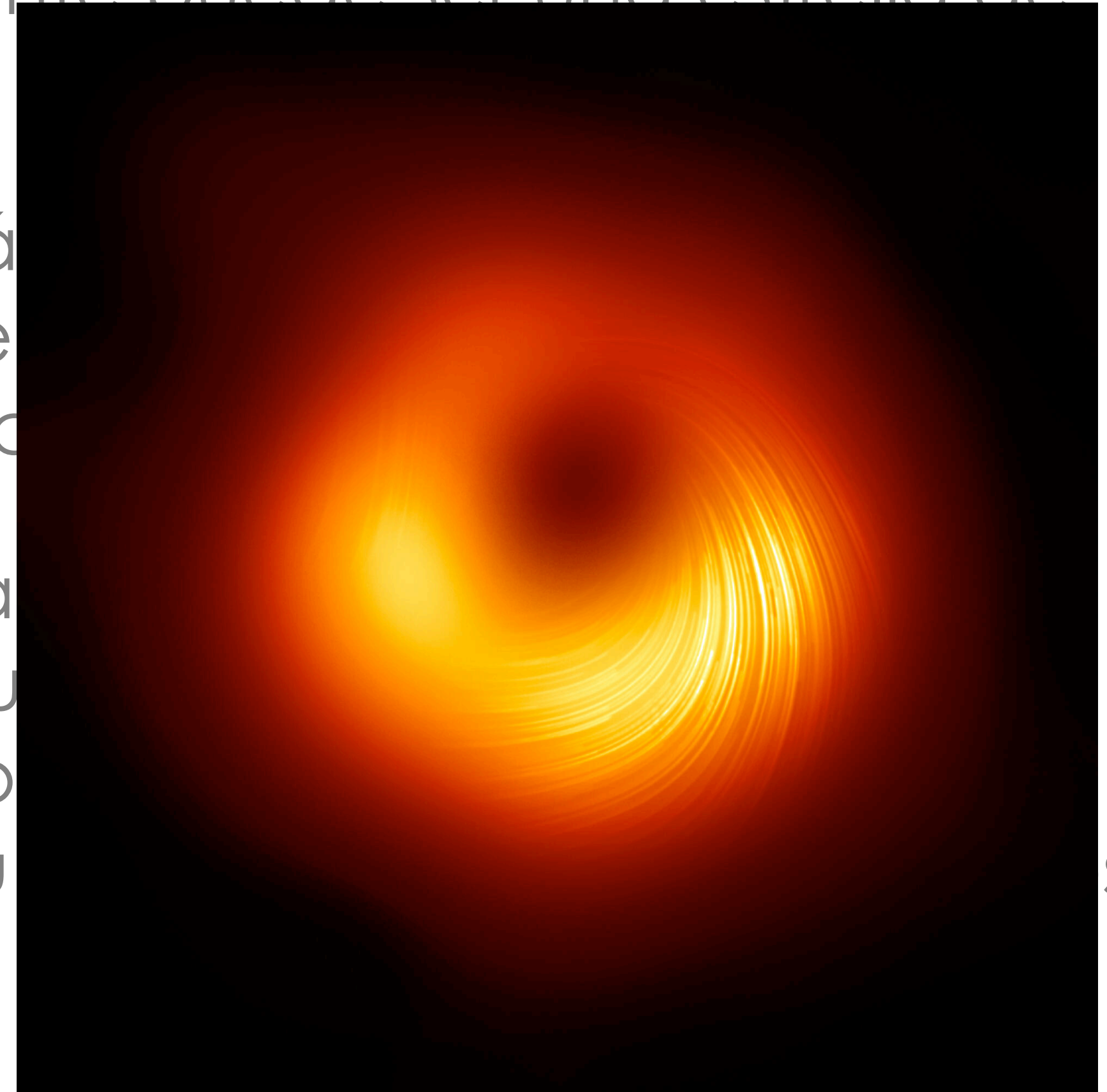
uestra galaxia

Fases finales: supernovas

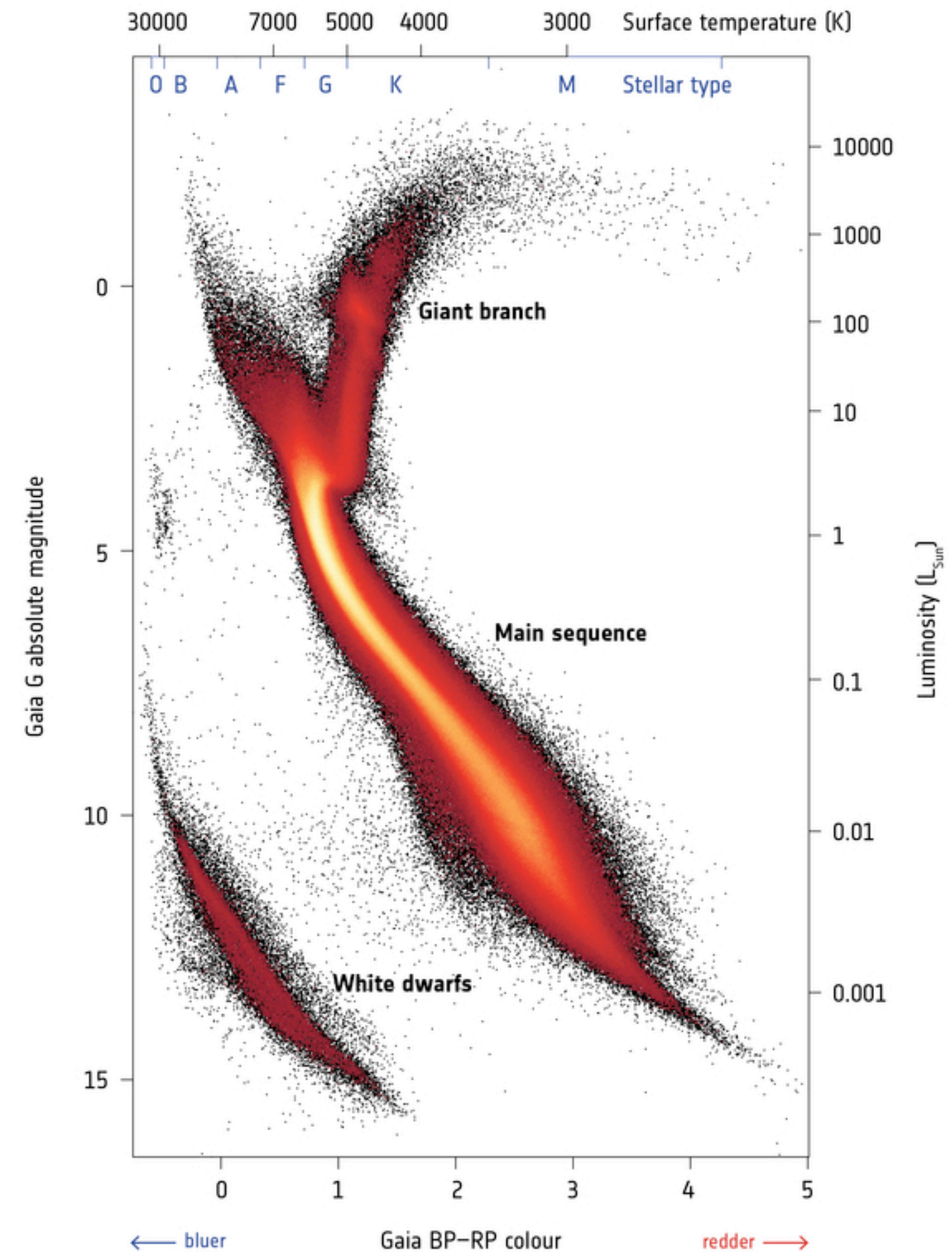
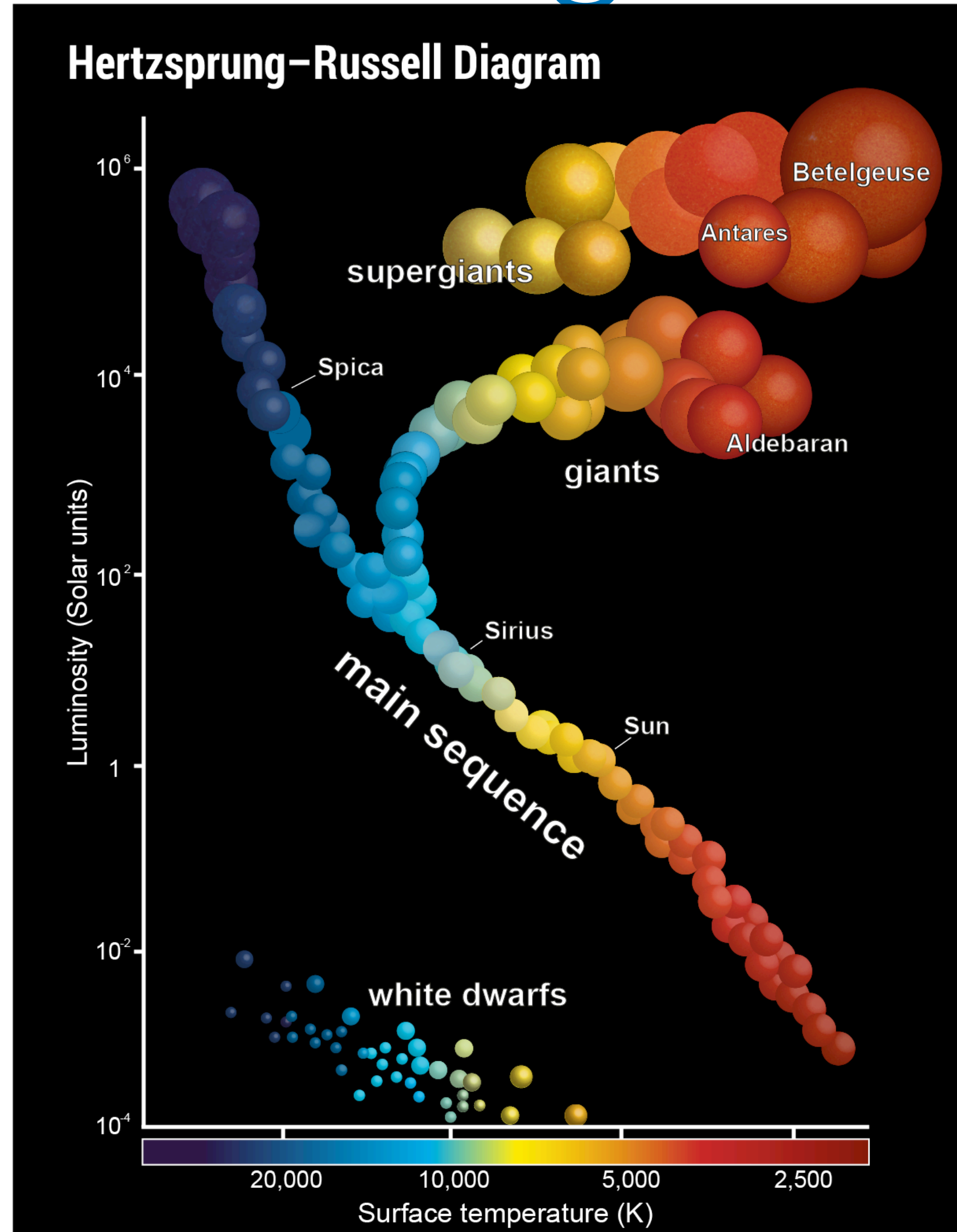
- ▶ Tras una explosión de supernova, el remanente puede ser una estrella de neutrones o un agujero negro
- ▶ Las estrellas de neutrones son los objetos más densos conocidos. Contienen la masa del sol en un espacio de una ciudad como Madrid. Podemos observarlos como púlsares o erupciones de rayos X
- ▶ Los agujeros negros son una región del espacio-tiempo donde la gravedad es tan grande que ni siquiera la luz puede escapar. Podemos “observarlos” a través de diferentes métodos (acretando material, ondas gravitacionales en sistemas binarios o por su efecto gravitatorio sobre otros cuerpos)

Fases finales: supernovas

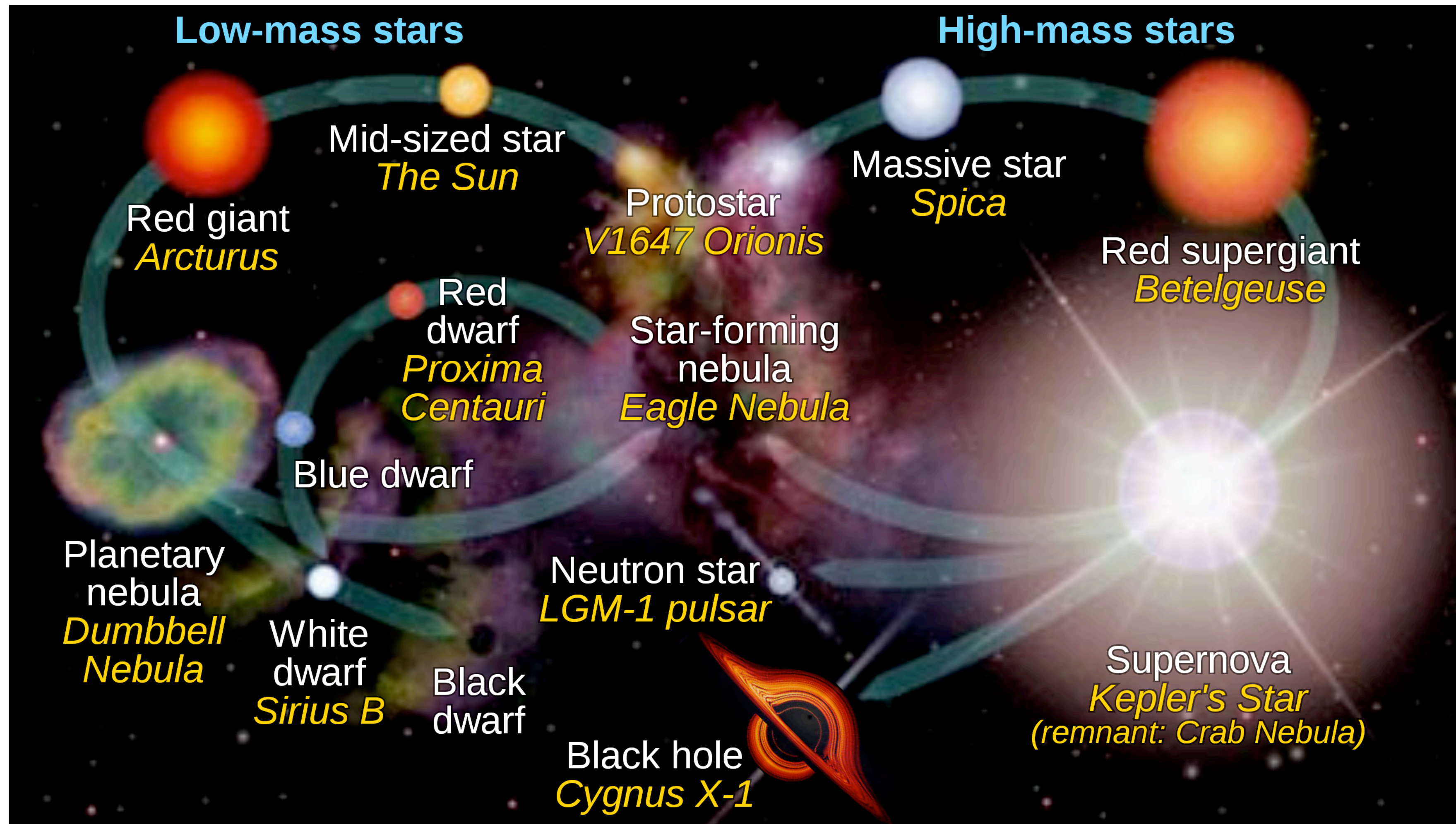
► Tras una explosión de supernova, el remanente puede ser una estrella de



Take home diagrams

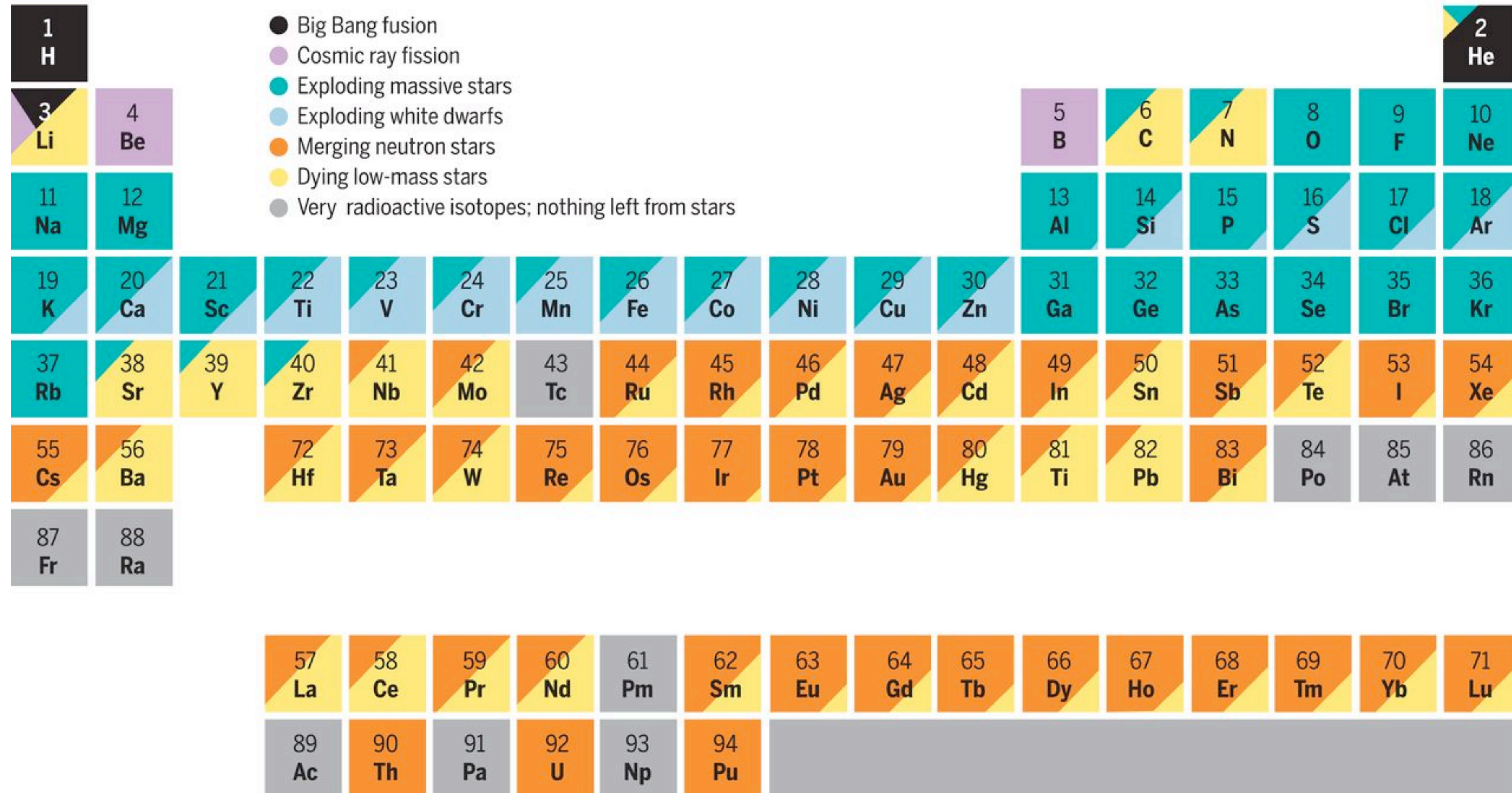


Take home diagrams



Take home diagrams

The evolving composition of the Universe



**THE NITROGEN IN OUR DNA,
THE CALCIUM IN OUR TEETH, THE IRON IN OUR BLOOD,
THE CARBON IN OUR APPLE PIES WERE
MADE IN THE INTERIORS OF COLLAPSING STARS.
WE ARE MADE OF STARSTUFF.”**

— CARL SAGAN, COSMOS