

La Vida de les Estrelles

Alexandre Costa, Beatriz García,
Ricardo Moreno, Rosa M Ros

*International Astronomical Union
Escola Secundária de Loulé, Portugal
ITeDA y Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Colegio Retamar de Madrid, España
Universitat Politècnica de Catalunya, España*



Objectius

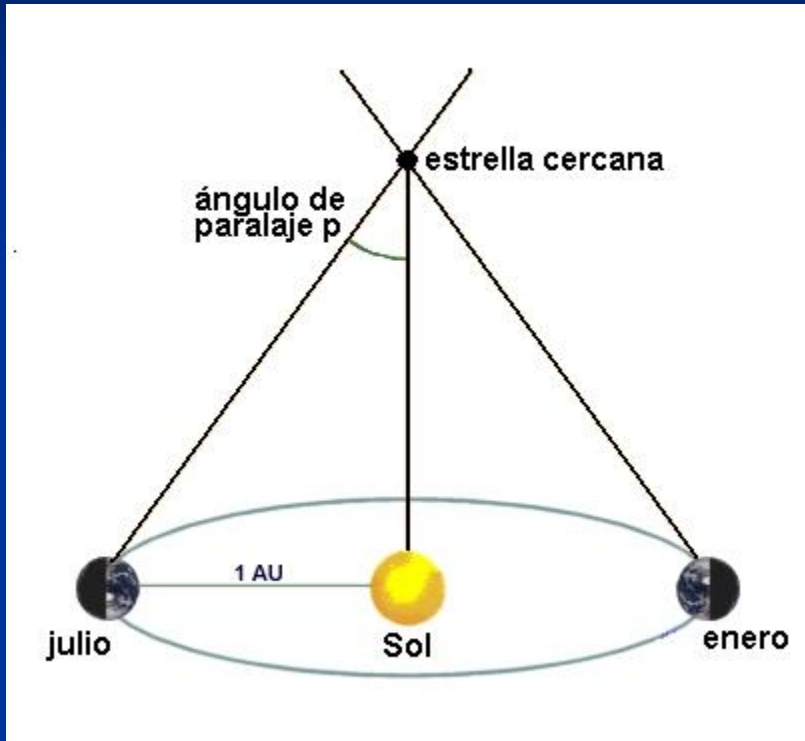
- Comprendre la diferència entre magnitud aparent i magnitud absoluta.
- Comprendre el diagrama Hertzsprung-Russell confeccionant un diagrama color/magnitud.
- Comprendre conceptes com supernova, estrella de neutrons, púlsar i forat negre.

Activitat 1: Simulació de la Paral·laxi



- Mantingues el teu dit polze apuntant cap amunt, a la distància del teu propi braç.
- Primer mira'l només amb el teu ull esquerre obert, després només amb l'ull dret obert. Què observes?
- Mou ara el teu dit fins a la meitat del camí cap al teu nas i repeteix l'observació. Què observes?

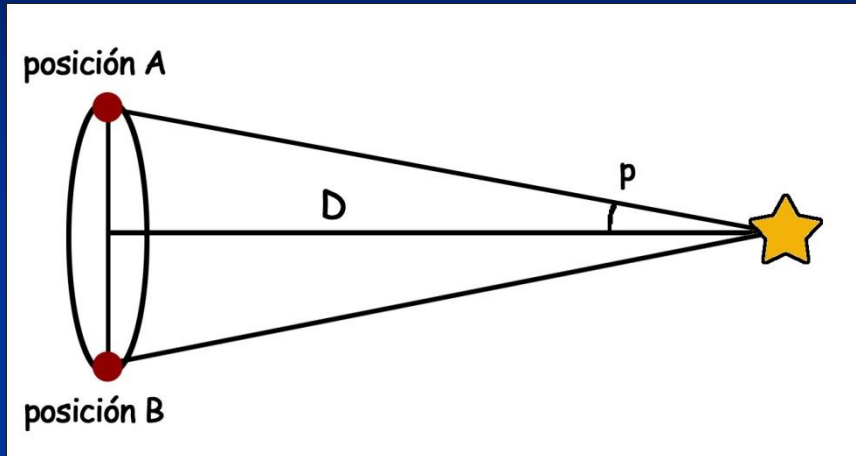
Paral·laxi



Font: Columbia University.

- Paral·laxi és el canvi aparent en la posició d'un objecte, quan es mira des de diferents llocs.
- La posició de l'estrella propera sobre el fons sembla canviar quan és vista des de dos ubicacions en l'òrbita terrestre separades 6 mesos.
- Així podem saber la distància a les estrelles properes.

Paral·laxi



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB / 2}{p}$$

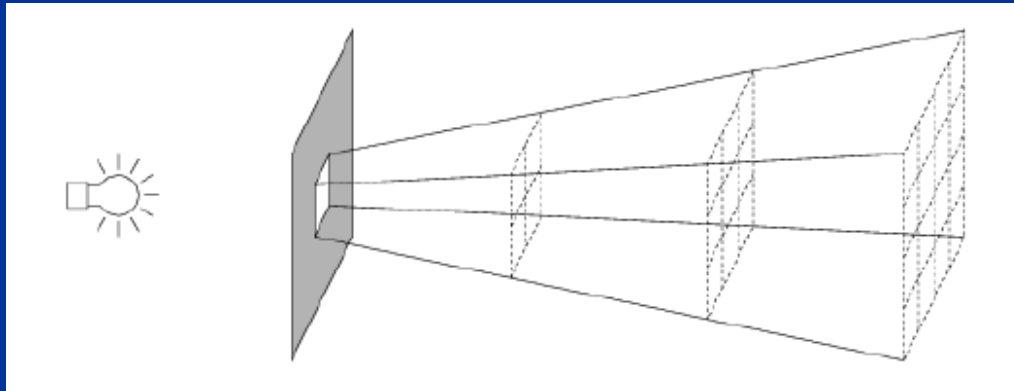
$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ a.l.}$$

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ a.l.}$$

$$D = 1/p$$

Activitat 2: Llei de la inversa del quadrat

Una estrella emet radiació en totes direccions. La intensitat que arriba a una distància D serà la lluminositat L (= potència) repartida entre l'àrea d'una esfera amb centre a l'estrella.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

Activitat 2: Llei de la inversa del quadrat

Quan la distància passa a ser el doble, l'àrea sobre la qual incideix la llum serà quatre vegades més gran, després la intensitat lluminosa (la llum que arriba per unitat d'àrea) passarà a ser un quart.

La intensitat és inversament proporcional al quadrat de la distància a la font.



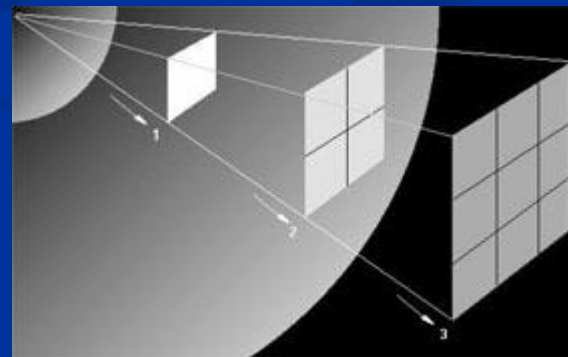
Sistema de magnituds

Les estrelles ens mostren diversos brillantor.

Les més brillants poden ser petites i properes, o grans i llunyanes.

La brillantor podríem definir-la com:

$$B = F = \frac{L}{4\pi D^2}$$



Sistema de magnituds

Hiparc va néixer a Nicea,
(coneguda avui com
Iznik, Turquia) en 190 a.
C. Es creu que va morir a
Rodes, Grècia, en 120 a. C.

Uns 125 anys a. C. va
definir el sistema de
magnituds.



Sistema de magnituds

Hiparc va anomenar estrelles de 1^a magnitud a les més brillants, de 2^a al grup següent i així va seguir fins a les més febles, que va anomenar de 6^a magnitud.

Aquest sistema, una mica adaptat, segueix avui dia: com més gran és la magnitud, l'estrella és més feble.

Els astrònoms es refereixen a la brillantor d'una estrella en parlar de la seva magnitud.



Sistema de magnituds

En 1850, Robert Pogson va proposar que una diferència de 5 magnituds havia de ser equivalent, exactament, a una relació de brillantors de 100/1.

Aquesta constitueix la definició formal de l'escala de magnituds que utilitzen els astrònoms en l'actualitat.



Llei de Pogson

Des del punt de vista de la computació, és útil escriure aquesta relació prenent logaritmes:

$$2.5 \log (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

Per exemple:

- Sírius, l'estrella més brillant del cel, presenta una magnitud de -1.5
 - la magnitud de Venus és -4,
 - la de la Lluna -13
 - la del Sol -26.8



Magnitud aparent i absoluta

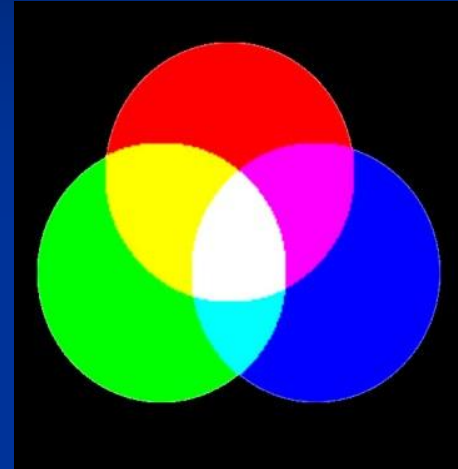
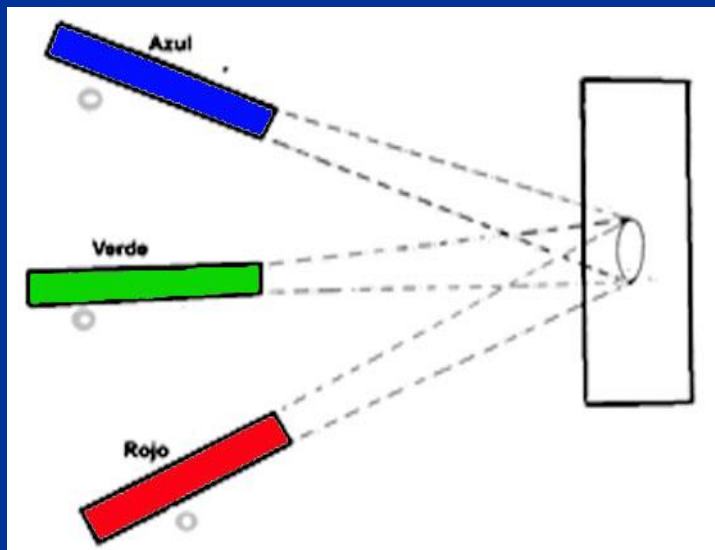
- Però una estrella molt potent i molt llunyana podem veure-la de la mateixa magnitud aparent m que una altra estrella més feble, però propera.
- Els astrònoms han establert el concepte de Magnitud Absoluta M com la que tindria aquesta estrella a una distància de 10 parsecs (32 a.l.) de nosaltres.
- Amb la Magnitud Absoluta podem comparar els "brillantors reals" de dues estrelles o el que és equivalent, la seva potència o Luminositat.
La relació matemàtica entre m i M és:

$$M = m + 5 - 5 \log D$$

on “D” és la distància real a la que està l'estrella en pc.

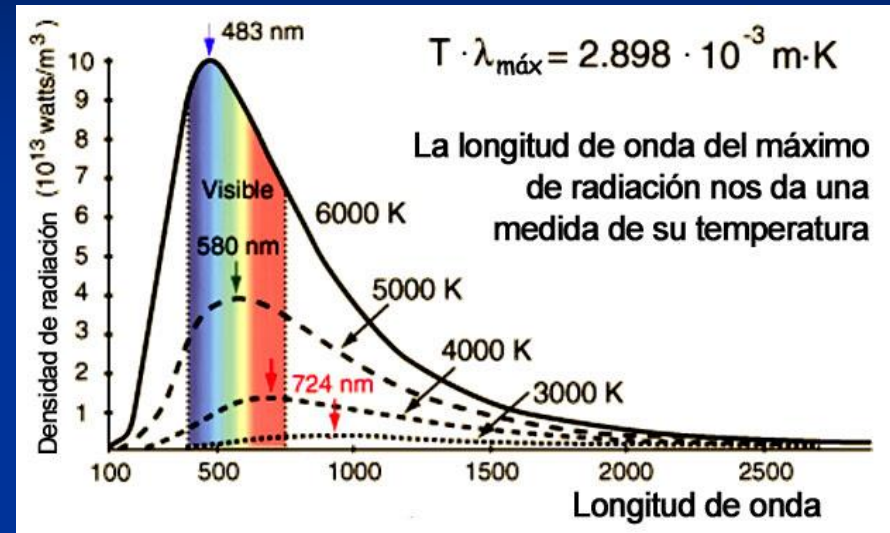
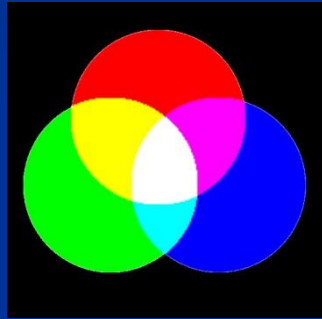


Activitat 3: Colors de les estrelles



Activitat 3: Colors de les estrelles

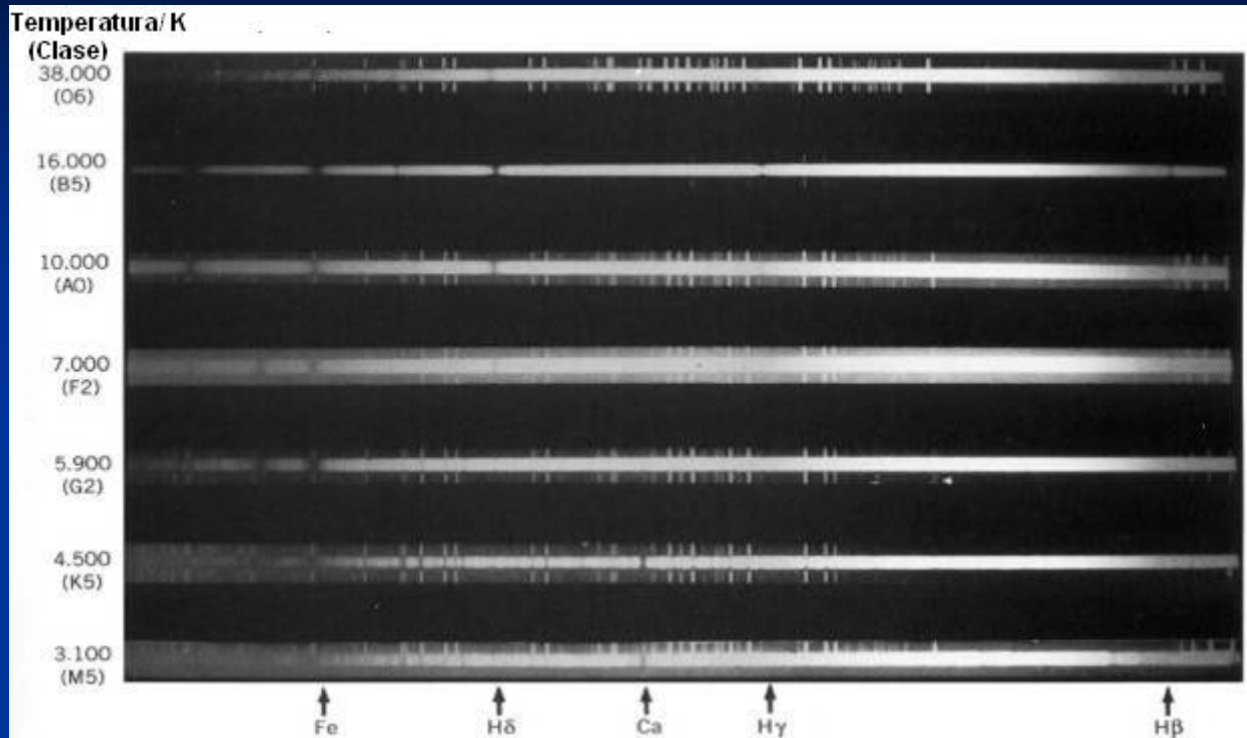
Les estrelles es veuen de determinat color segons la seva temperatura.



Les estrelles de temperatura intermèdia presenten emissió màxima en llum verda, però també emeten molta llum vermella i blava, el resultat és una mitjana de les longituds d'ona visibles i la suma de tots els colors de l'espectre és el blanc.

Per això no hi ha estrelles verdes!

Classes Espectrals



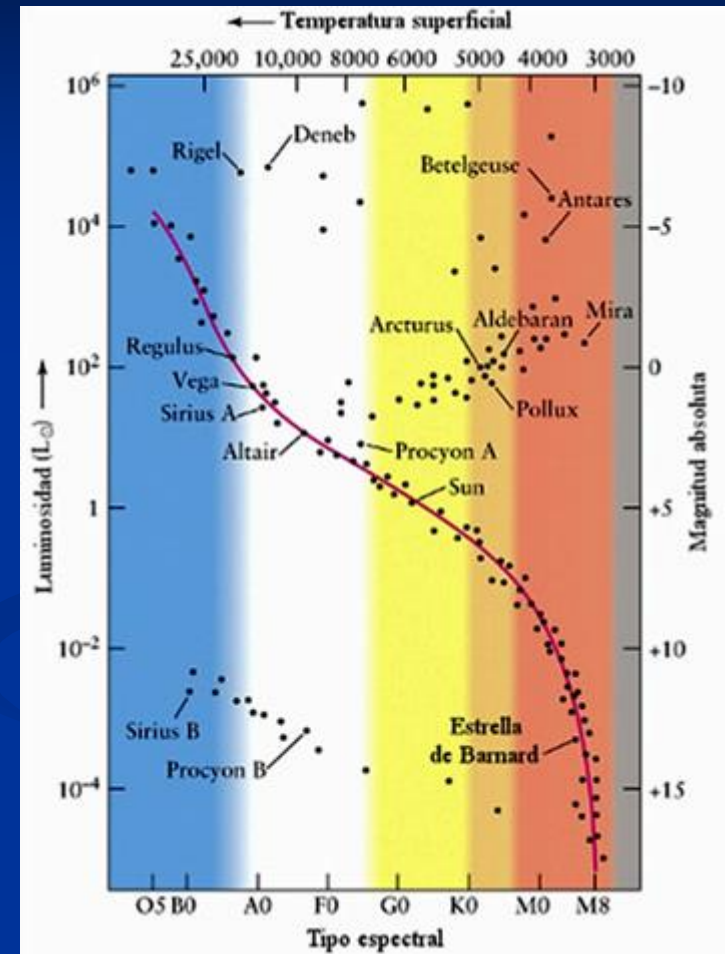
Relació entre classificació espectral,
temperatura i color de les estrelles.

Diagrama de Hertzsprung-Russell

Les estrelles poden organitzar-se en un diagrama empíric, a partir de la temperatura superficial (o tipus espectral) i lluminositat (o magnitud absoluta).

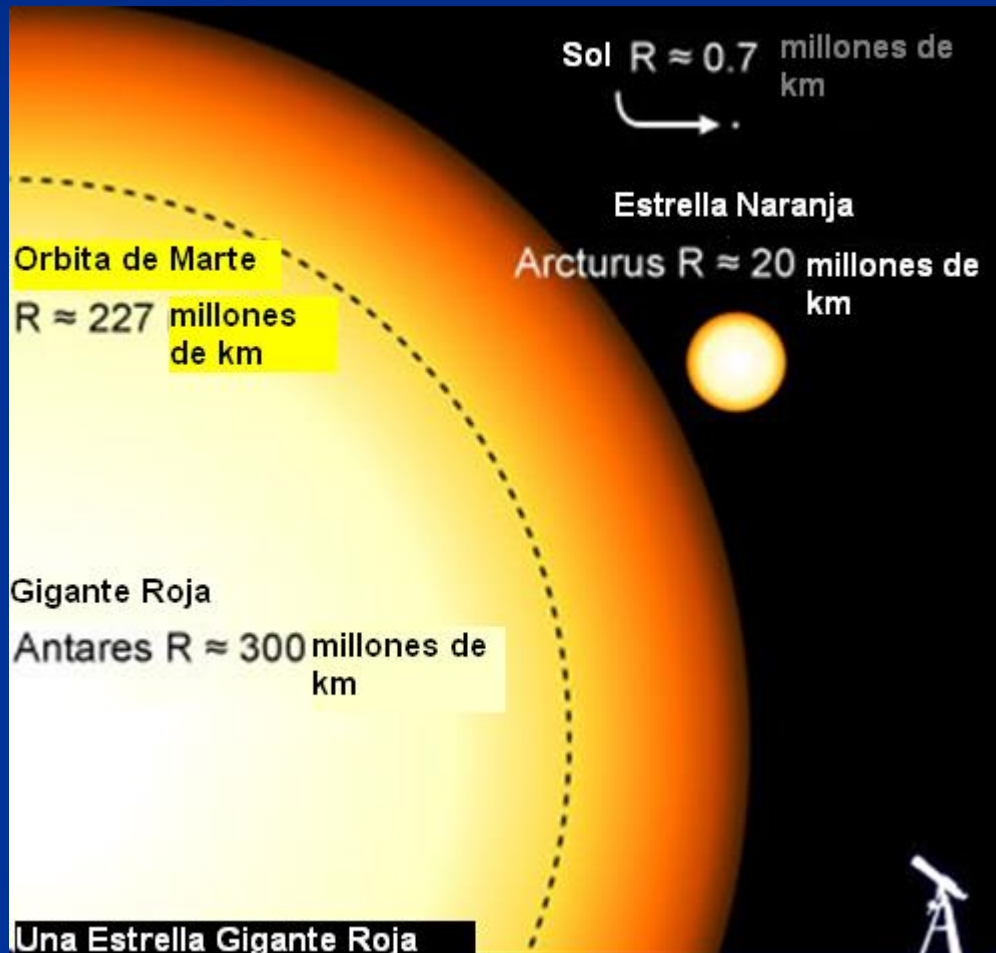
En general, les estrelles se situen en determinades regions del diagrama.

Es pot saber de quin tipus és un estel i quin és el seu estat evolutiu.



Evolució Estel·lar

Formació d'una Gegant Vermella



Les estrelles evolucionen a diferents estadis que depenen de la massa amb la qual neixen.

Evolució Estel·lar

Formació d'una Gegant Vermella



Una estrella de massa intermèdia o baixa, com el Sol, evoluciona a una nana blanca, una forma de mort estel·lar no catastròfica.

Nebulosa de l'Hèlix



Crèdit: NASA/ESA/HST

L'objecte central, petit i blanc és una nana blanca, l'estrella morta, que ja no produeix energia per fusió i és només visible perquè està a molt alta temperatura.

Nebulosa de l'Ull de Gat



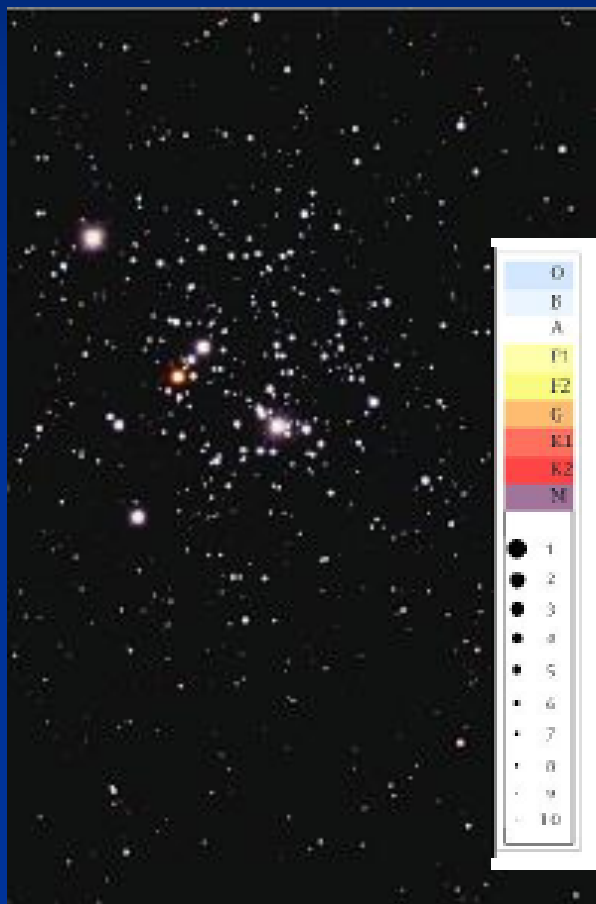
La nebulosa Ull de Gat és una nebulosa planetària de gran bellesa. Aquí es veu la foto a la regió visible (HST) i en Raigs X (Chandra).

Activitat 4: L'edat dels cúmuls oberts

És possible determinar l'edat d'un cúmul comparant el diagrama HR del mateix amb els diagrames d'altres cúmuls, les edats dels quals són conegudes.



Activitat 4: L'edat dels cúmuls oberts

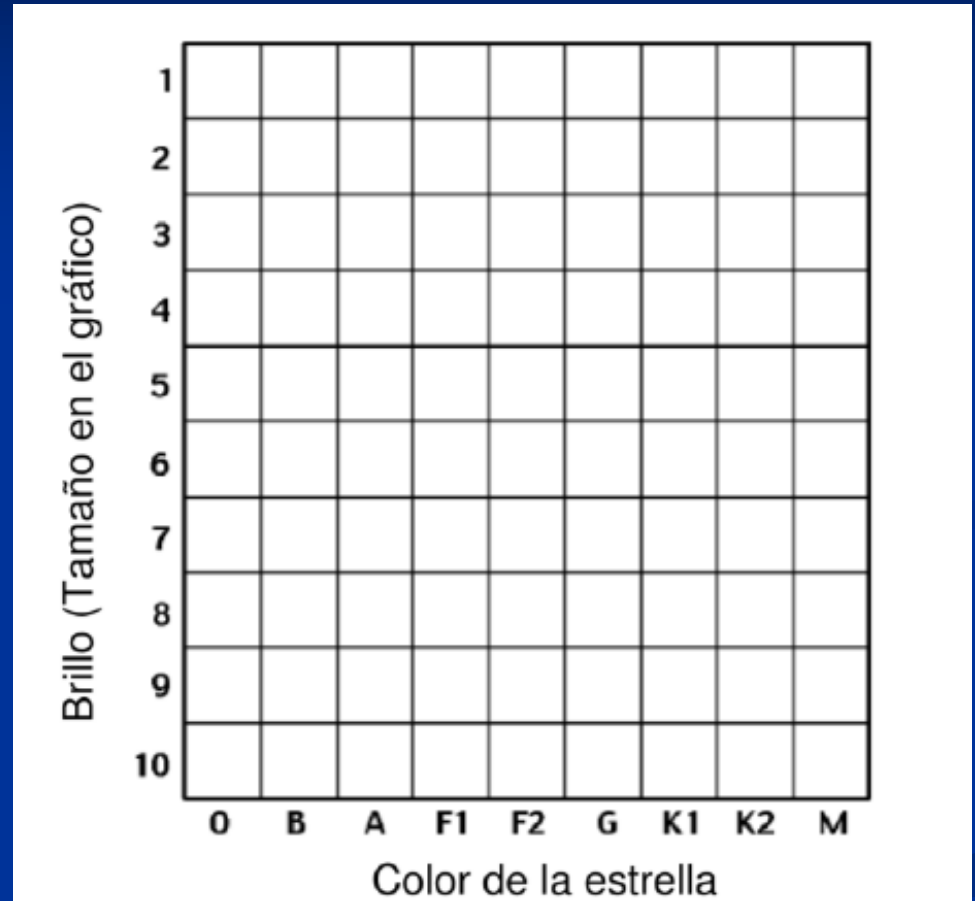


La Caixa de Joies (kappa Crucis)

- Dibuixa un quadrat de 4 cm de costat centrat en el cúmul.
- Mesura la brillantor de l'estrella escollida comparant-la amb els punts a la guia.
- Estima el color de l'estrella escollida amb ajuda de la guia de colors de comparació.

Activitat 4: L'edat dels cúmuls oberts

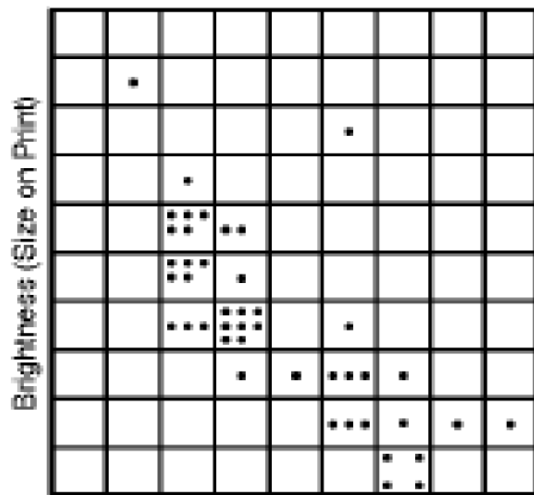
- Situa aquesta estrella a la quadrícula de la dreta.
- Repeteix el procés amb altres estrelles.



Activitat 4: L'edat dels cúmul oberts

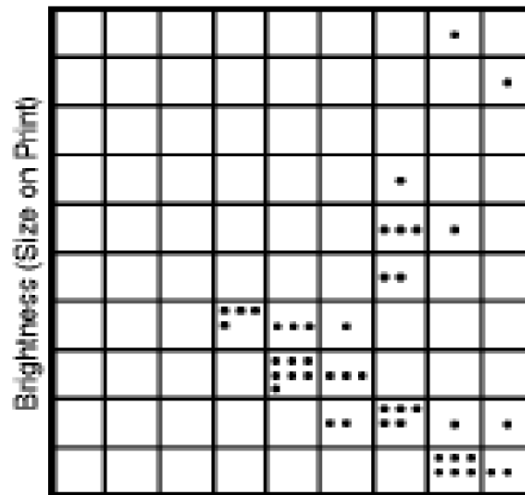
Compara el diagrama obtingut amb aquests altres.
Quina edat li estimes?

Cumulo Joven (<100 M. de años)



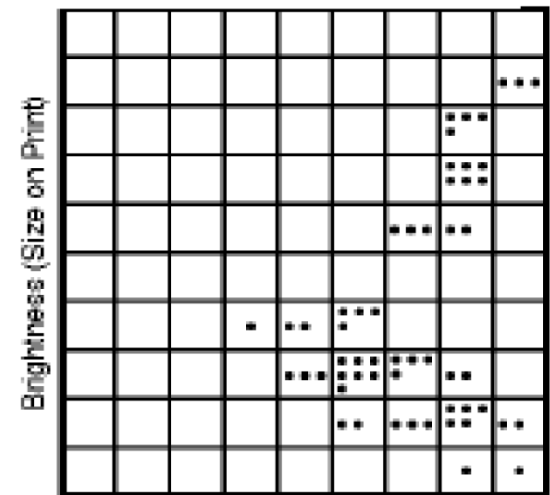
Color de la estrella

Cumulo edad intermedia (100-3000 M. de años)



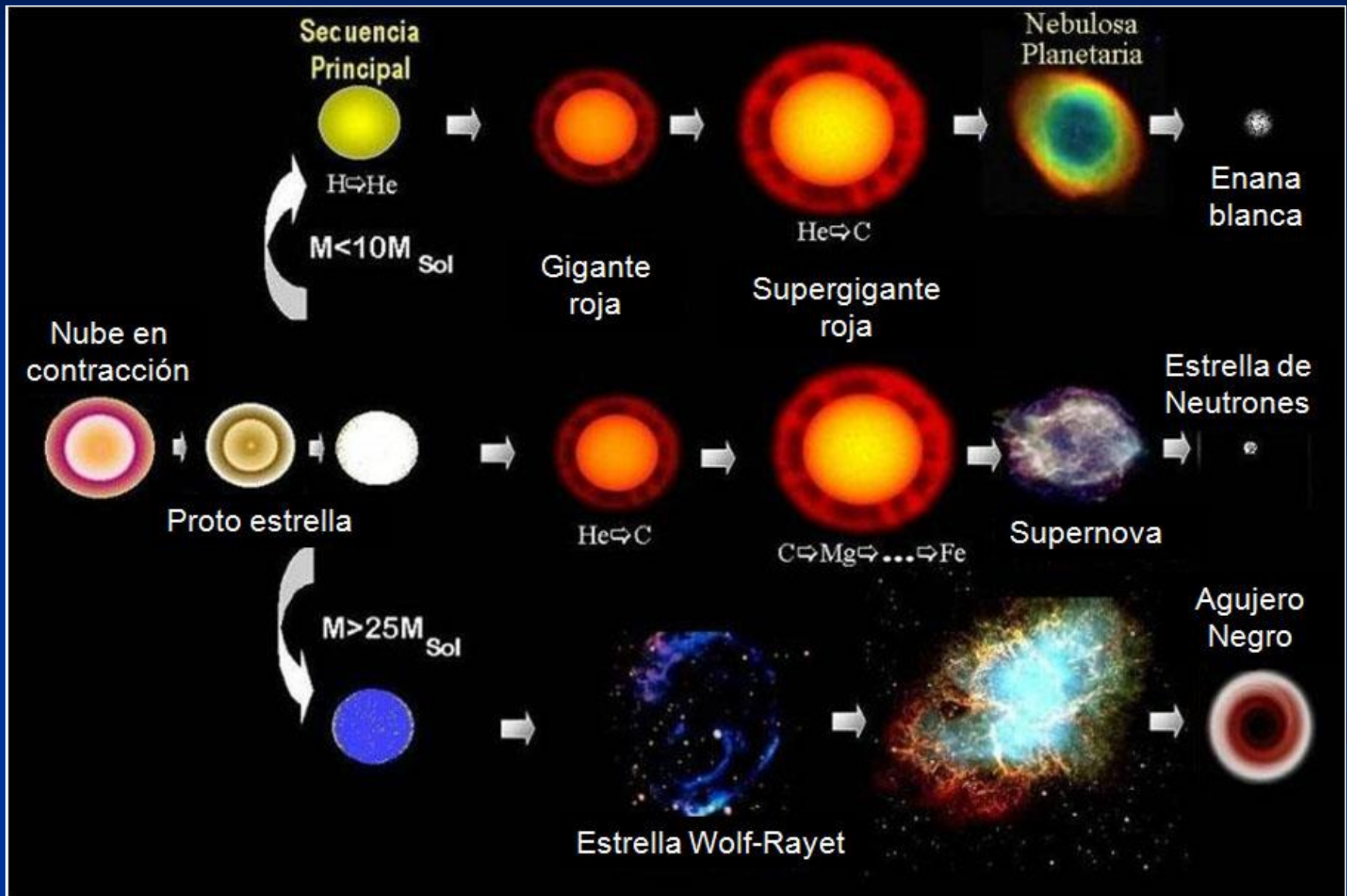
Color de la estrella

Cumulo Viejo (> 3000 M. de años)

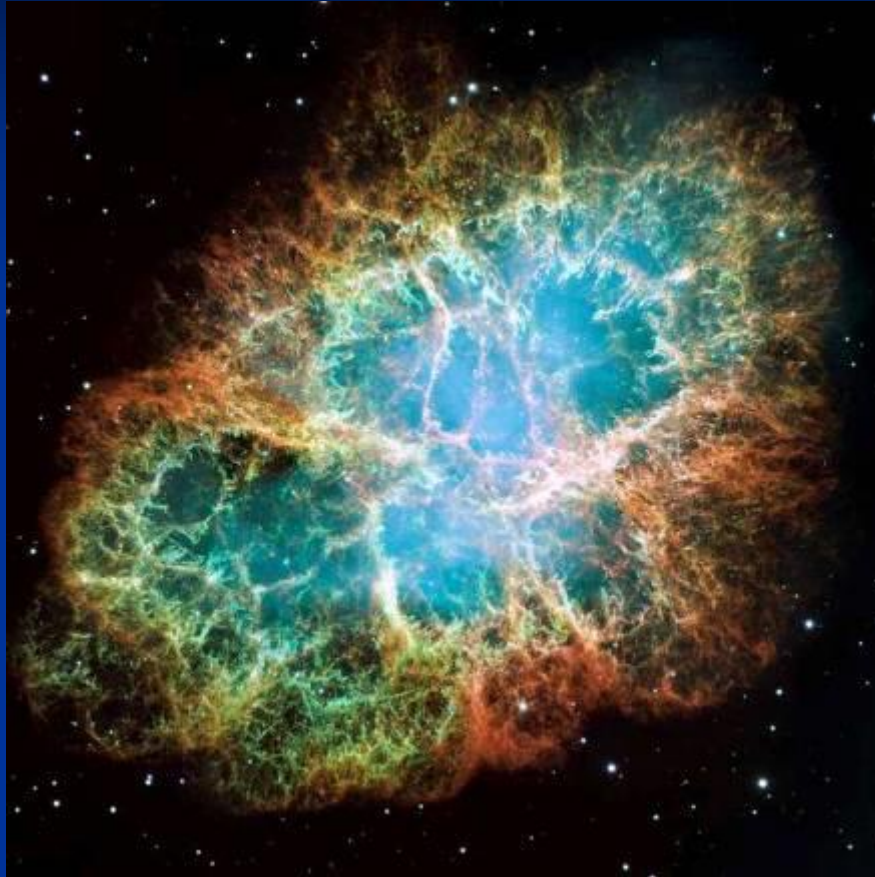


Color de la estrella

Relació entre la massa i la mort de les estrelles

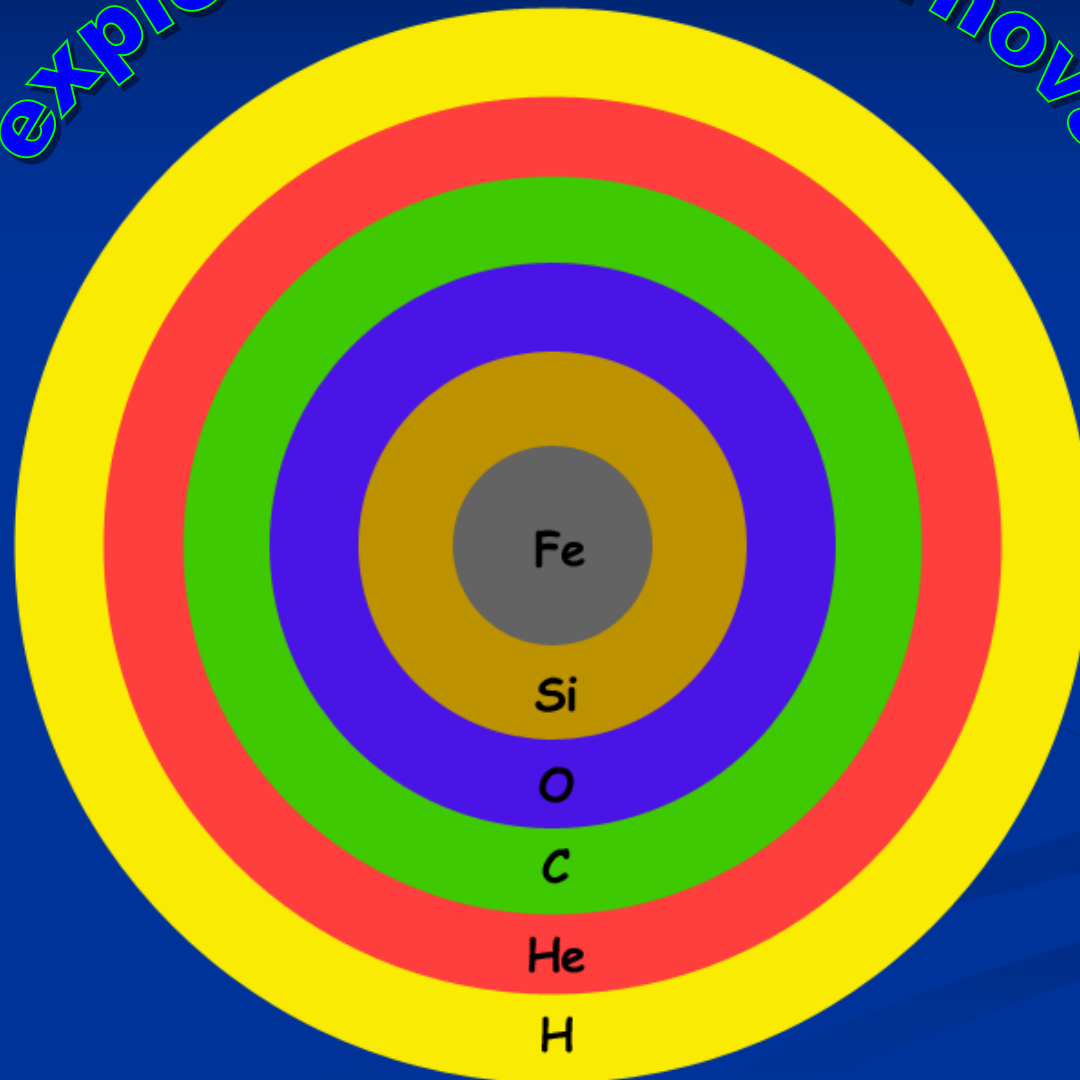


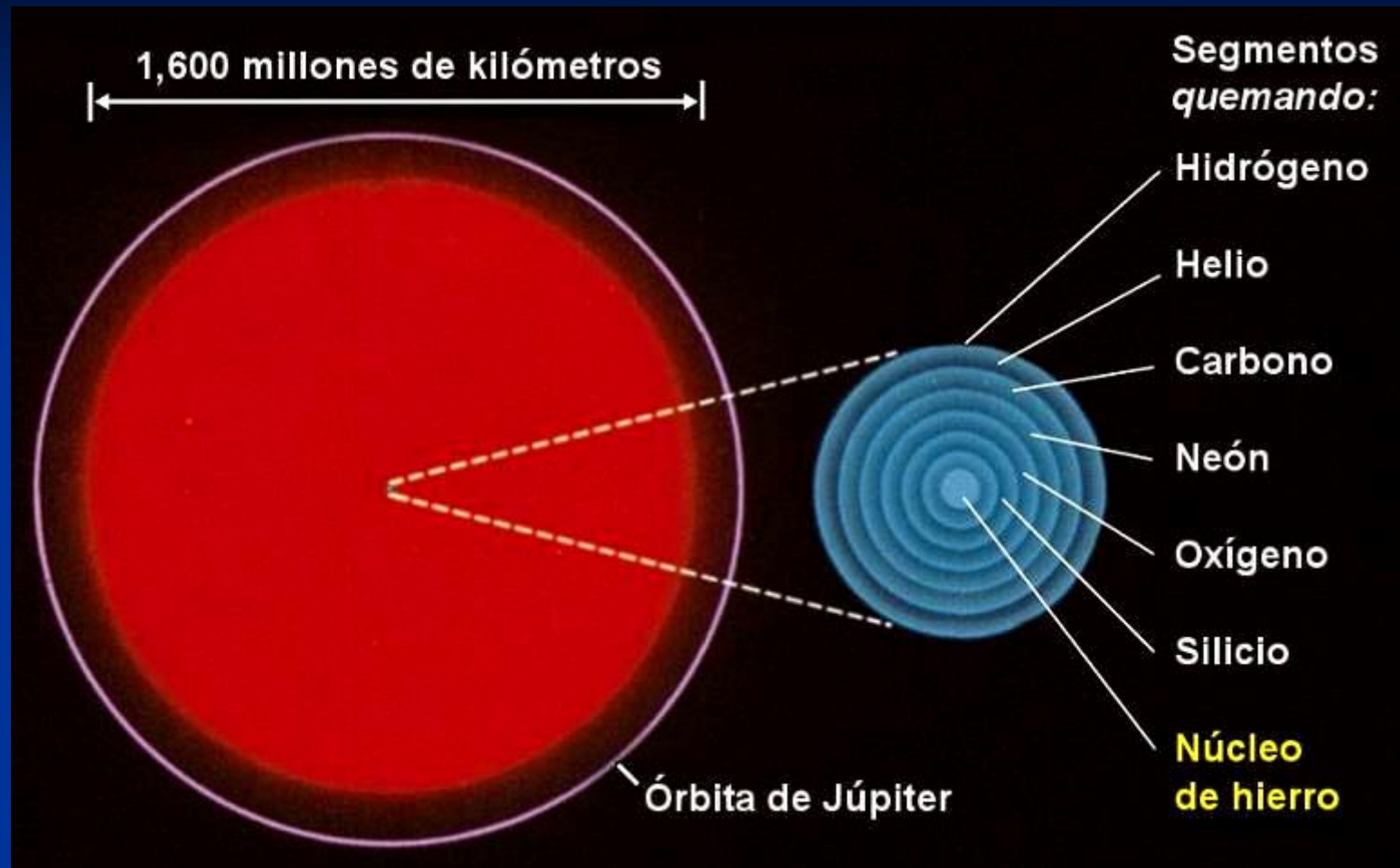
La mort d'estrelles massives



M1: La Nebulosa del Cranc, a Taure, és el romanent de supernova vist l'any 1054.

Estrella a punt per explotar com supernova





Característiques d'una estrella a punt per explotar com supernova.

Una estrella de 20 masses solars dura:

- 10 milions d'anys transformant hidrogen en el seu nucli (seqüència principal).
- 1 milió d'anys transformant l'heli.
- 300 anys el carboni.
- 200 dies l'oxigen.
- 2 dies en consumir el silici: l'explosió de la supernova és imminent.



Supernova 1987 A



La supernova 1987 A va ser vista el 1987 al Gran Núvol de Magalhães. El núvol està a 168.000 a.l.: la llum va trigar aquest temps en arribar a la Terra.



Supernova 1987A 10 anys després



El material expulsat després de l'explosió s'allunya a gran velocitat de l'estrella.

Aquesta foto de la SN 1987A va ser presa pel Telescopi Espacial Hubble en 1997.





Exemple de supernova en una galàxia allunyada. A cada galàxia hi ha de mitjana una supernova cada segle.

A la Via Làctia fa 400 anys que no s'observa una supernova.

Activitat 5: Simulació de l'explosió d'una supernova

Quan una estrella esclata com supernova, els àtoms lleugers de les capes externes cauen sobre àtoms més pesats de l'interior i aquests reboten en el massís nucli central.

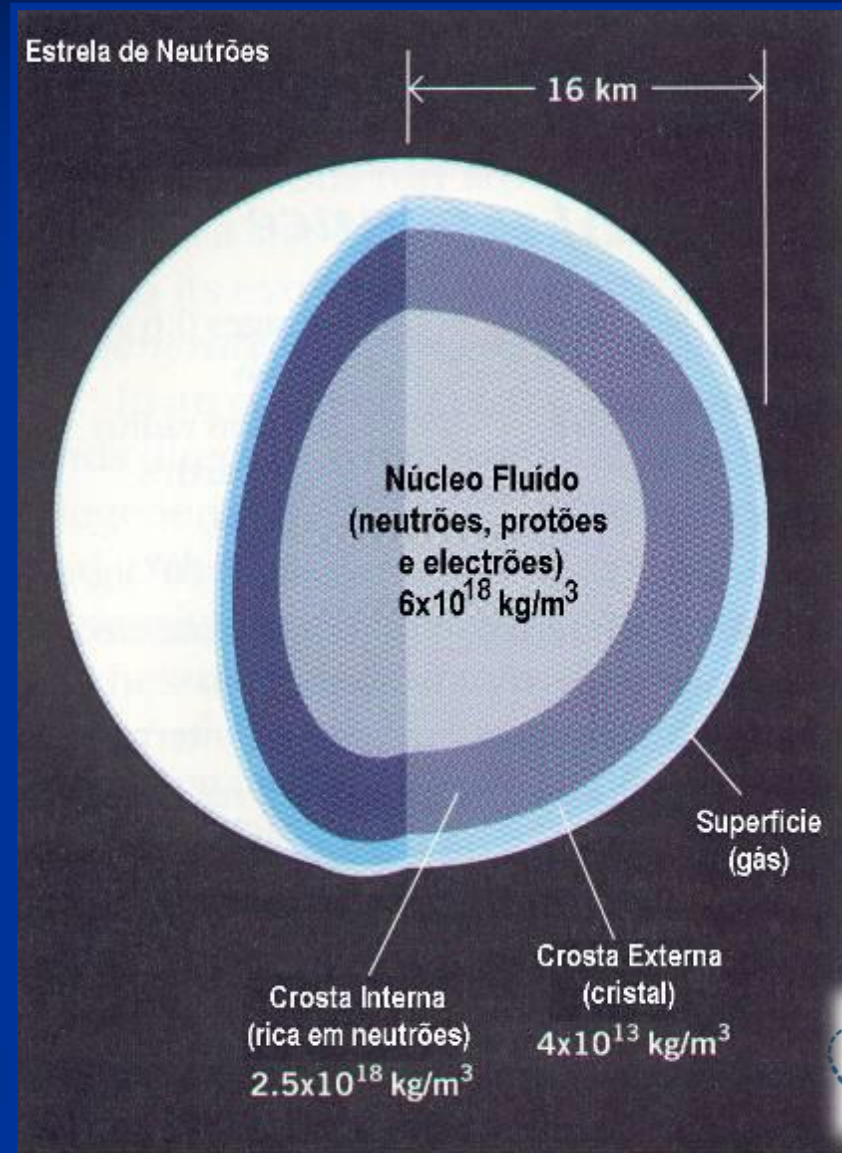


En aquest model, el terra representa el nucli massís de l'estrella de neutrons, la pilota de bàsquet seria un àtom pesat que rebotja i al seu torn empeny a l'àtom lleuger que ve darrere d'ell, representat per la pilota de tennis.

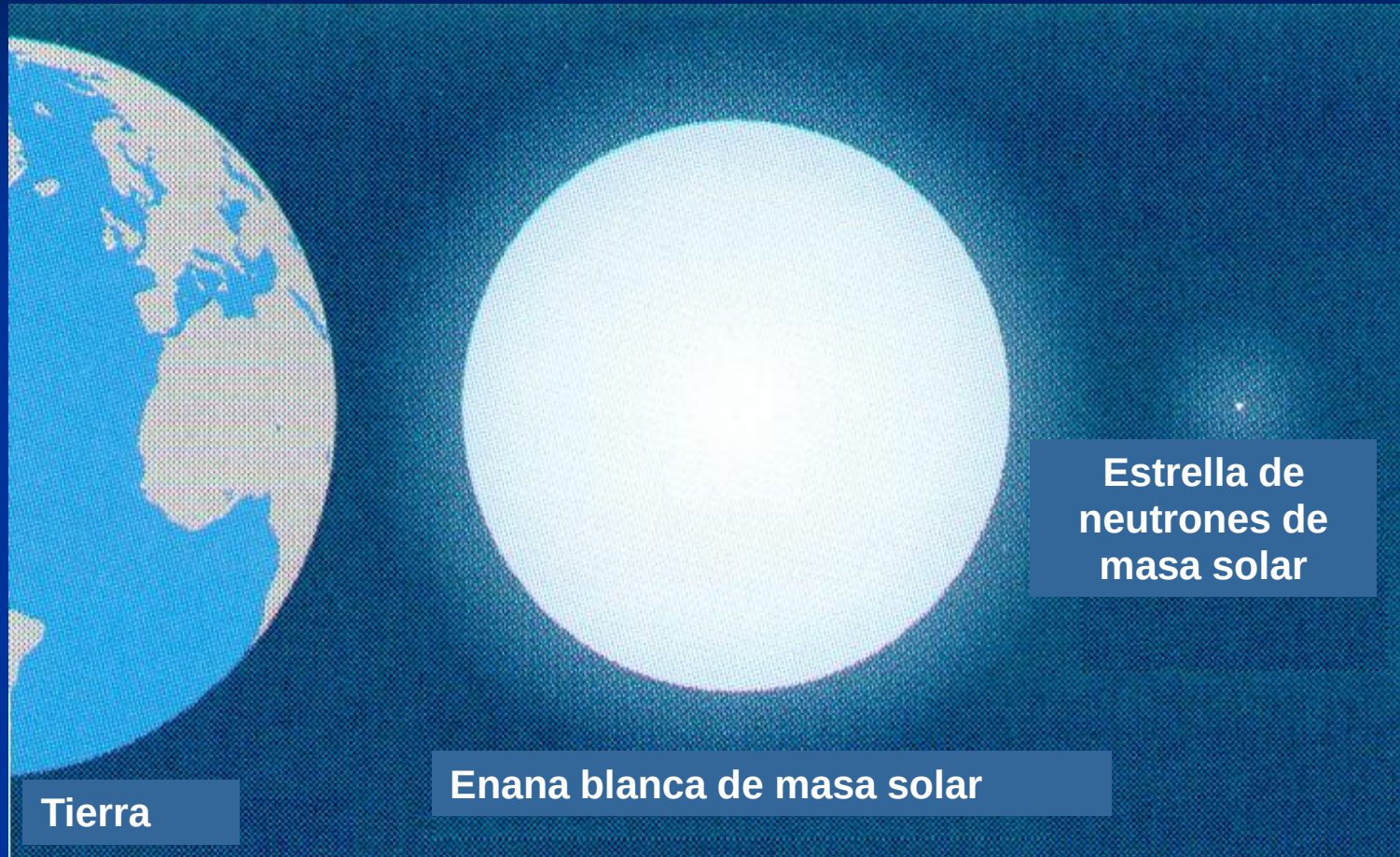


Estrelas de Neutrons

Una altra forma de mort estel·lar la constitueixen les estrelles de neutrons o púlsars.



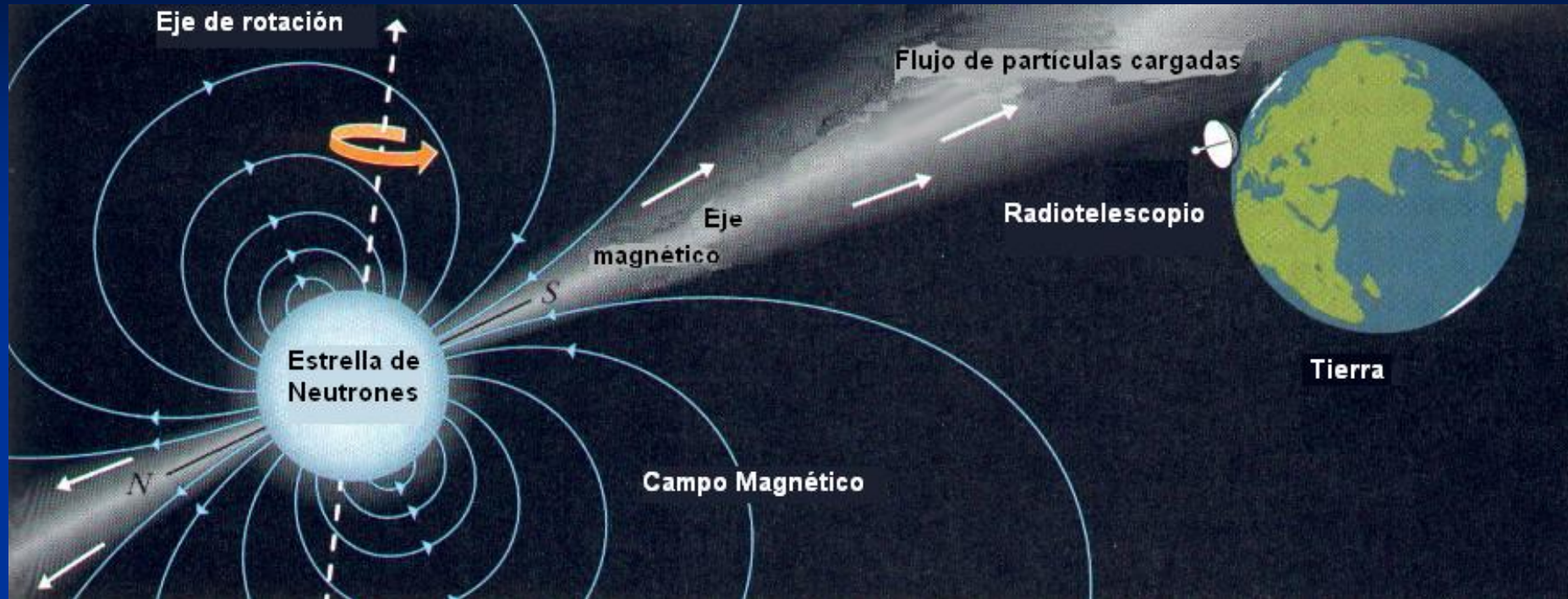
Estrelles de Neutrons



Comparació de mides.



Púlsars



Com es veu la radiació emesa per un púlsar des de Terra.

Jocelyn Bell, la descobridora dels púlsars.



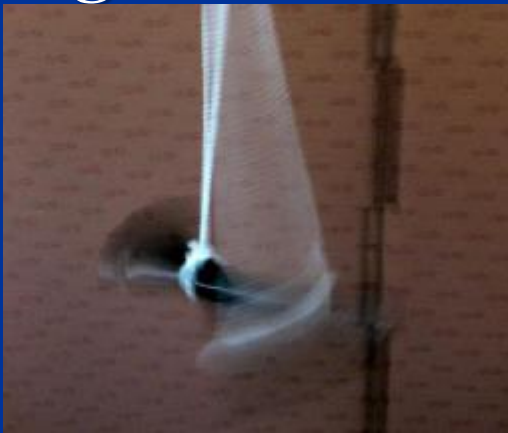
Activitat 6: Simulació d'un púlsar

Un púlsar és una estrella de neutrons, molt massissa, que gira molt ràpidament. Emet radiació, però la font no està totalment alineada amb l'eix de gir, de manera que l'emissió dóna voltes com un far.

Si està orientat cap a la Terra, el que veiem és una radiació polsant diverses vegades per segon.



Muntatge



Gir



Tercera forma de mort estel·lar: Forats Negres

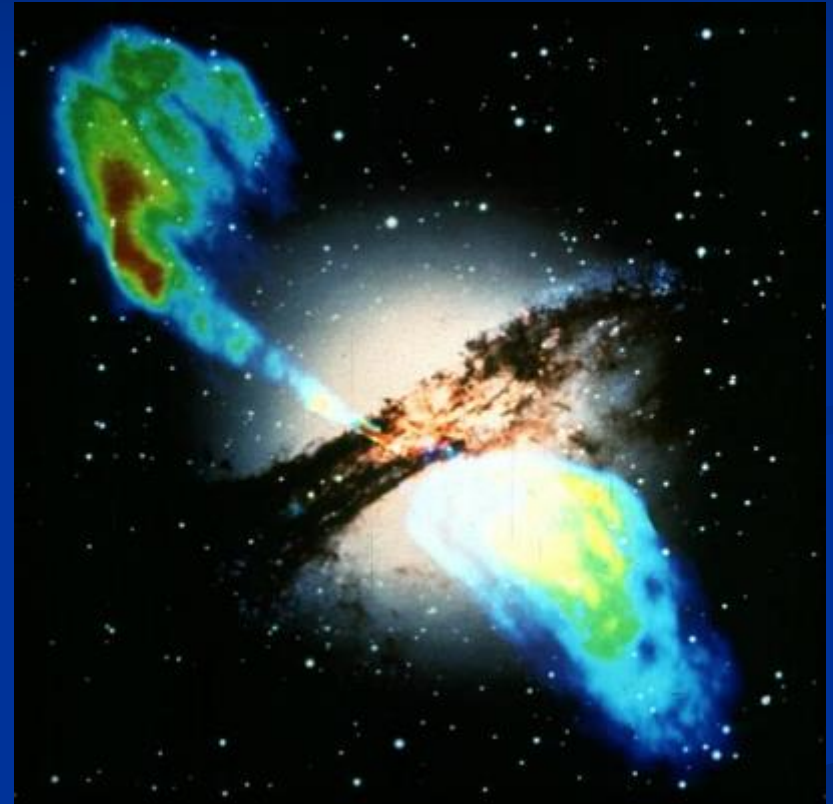
John Mitchell i Simon Laplace van proposar la possibilitat d'objectes supermassius col·lapsats gravitacionalment al final de la seva vida.



Els van denominar forats negres, degut a que seria impossible detectar-los òpticament, doncs la seva gravetat seria tal que res escaparia d'ells, ni tan sols la llum.



Evolució Estel·lar: Forats Negres



Hi ha forats negres supermassius en els
nuclis de les galàxies.

Activitat 7: Simulació de la curvatura de l'espai i d'un forat negre

És possible simular la curvatura de l'espai determinada per un forat negre fent servir un tros de teixit elàstic (licra) i un globus ple d'aigua.



La trajectòria de la pilota de tennis no és una línia recta sinó una corba.

Activitat 7: Simulació de la curvatura de l'espai i d'un forat negre

També serveix una xarxa elàstica de venda en farmàcies.

Si destensem una mica la tela, el pou és més gran i simulem un forat negre.



Moltes gràcies
per la seva
atenció!