



UNIVERSITAT DE BARCELONA



L'Univers proper i llunyà

Estrelles, galàxies i cosmologia

Carme Jordi i Nebot

Universitat de Barcelona –

Institut de Ciències del Cosmos – IEEC

Uc^e

UNIVERSITAT
CATALANA
D'ESTIU

Agost-2007

Estrelles, galàxies i cosmologia

1. Les estrelles

- Observacions: brillantor, colors
- Què són ? Per què brillen ?
- Formació, evolució

M39



magnitud \leftrightarrow brillantor

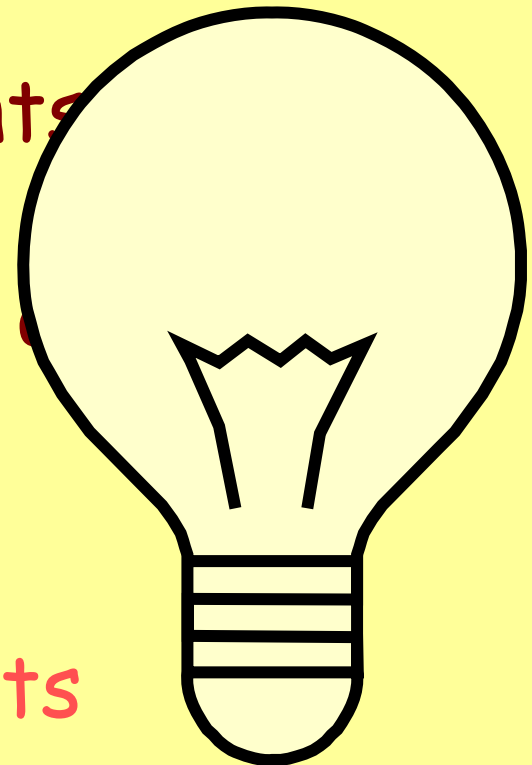
Hiparco (150 a.C.)

1^a. magnitud/categoria
les més brillants

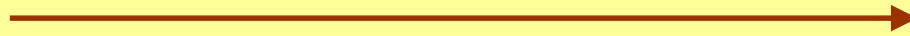
6^a. magnitud/categoria
les més dèbils



60 Watts \rightarrow 6.000 Watts



0 0,5 1,0 1,8 6 7,5 8,0 10 11,6 21,2 25,4



telescopi

-30 -26,7 -15 -2,3 -1,0 0

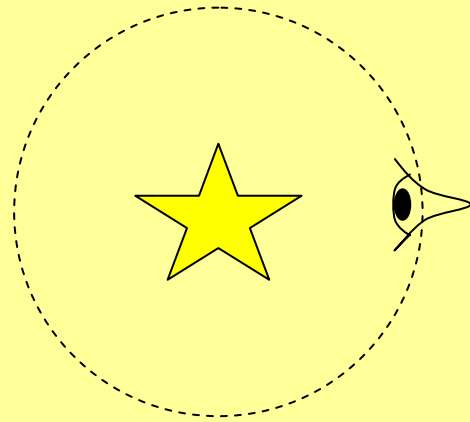
Sol

- 5 mag diferència → 100 vegades
- 10 mag diferència → 10.000 vegades
- 15 mag diferència → 1.000.000 vegades

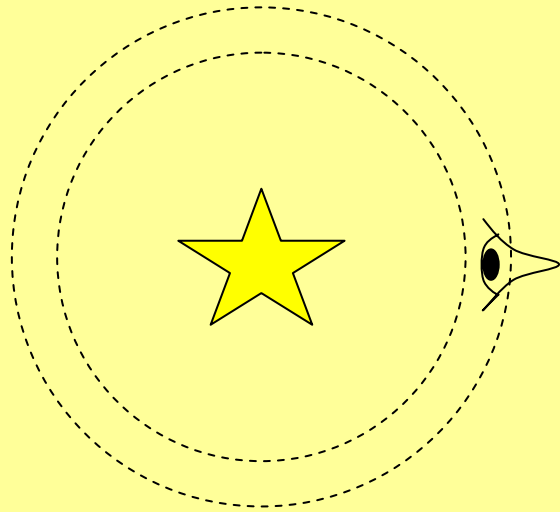
Magnitud aparent: energia rebuda



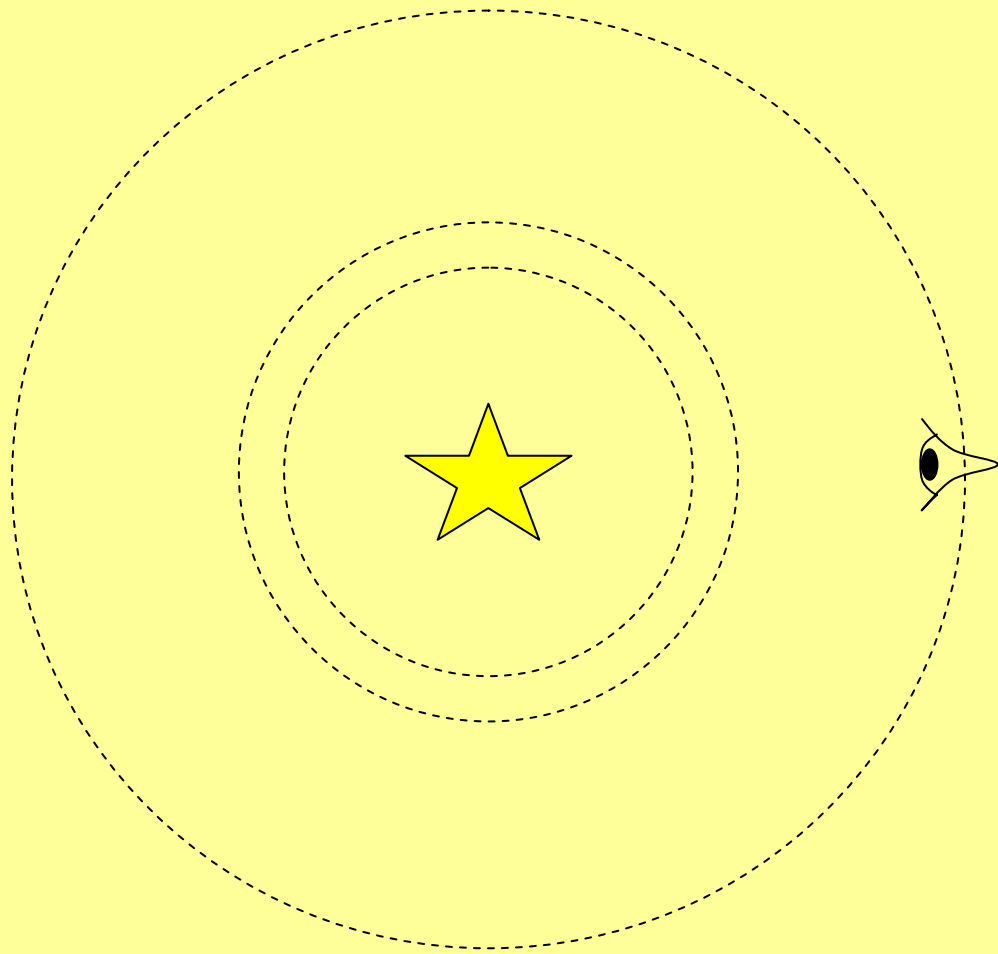
Magnitud aparent: energia rebuda



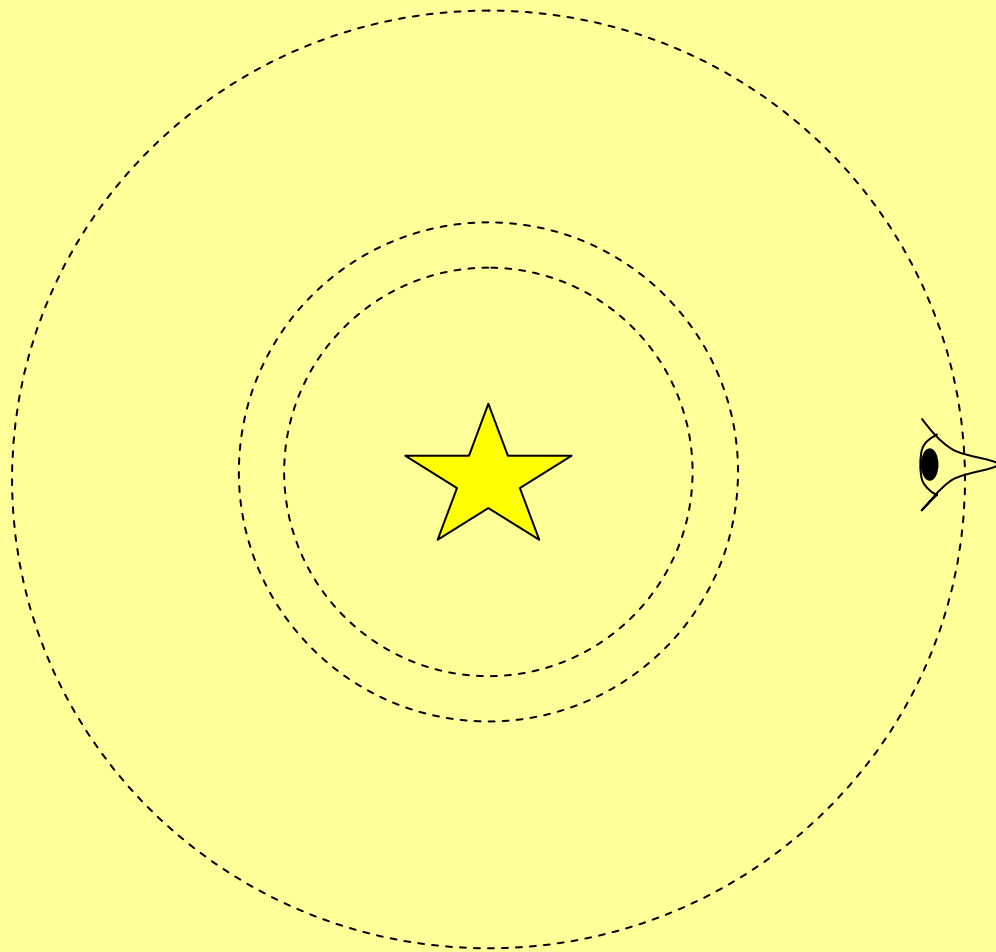
Magnitud aparent: energia rebuda



Magnitud aparent: energia rebuda



Magnitud aparent: energia rebuda

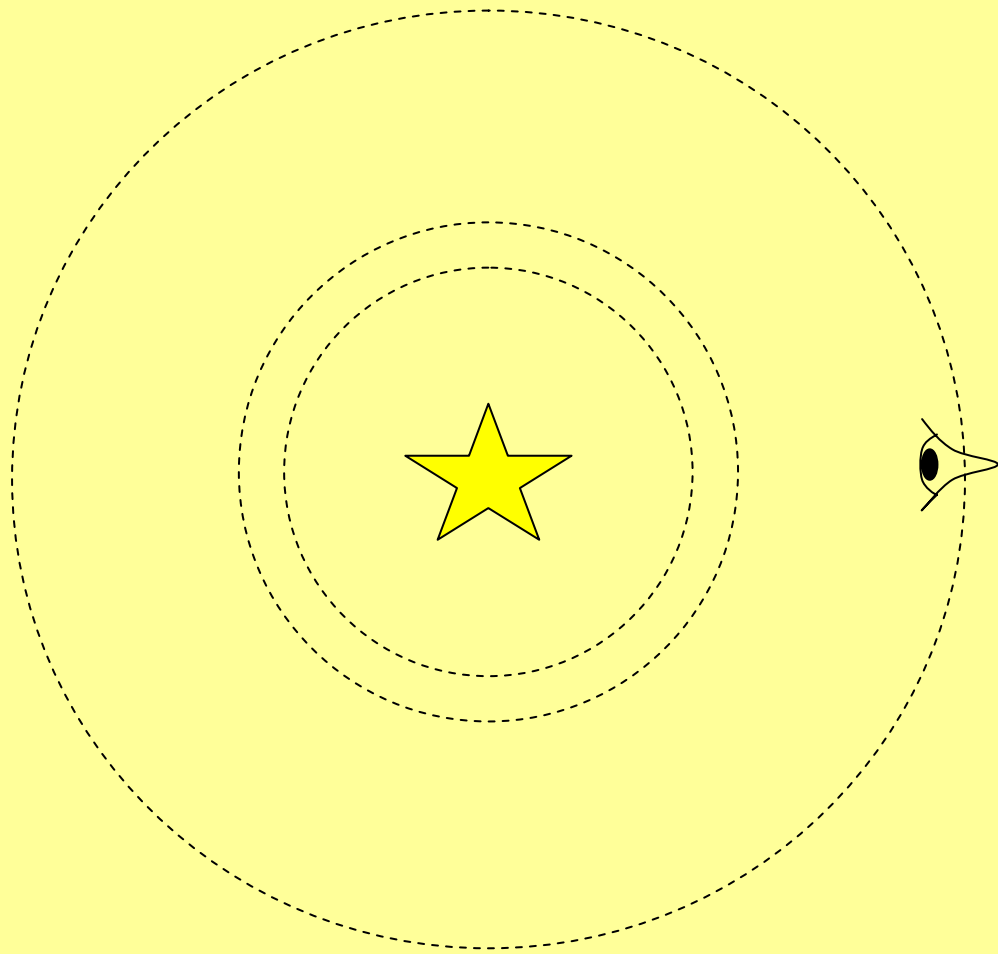


Indica si veiem
l'estrella molt
brillant o poc

No indica si
l'estrella és
molt brillant o
poc

Magnitud aparent: energia rebuda

Magnitud absoluta: energia emesa



Indica si
l'estrella és
molt brillant o
poc

Sol		-26.72	4.8	G2V
<u>Sirius</u> Alpha <u>CMa</u>	8.6	-1.46	1.4	A1Vm
<u>Canopus</u> Alpha <u>Car</u>	74	-0.72	-2.5	A9II
<u>Rigel</u> <u>Kentaurus</u> Alpha <u>Cen</u>	4.3	-0.27	4.4	G2V + K1V
<u>Arcturus</u> Alpha <u>Boo</u>	34	-0.04	0.2	K1.5IIIp
<u>Vega</u> Alpha <u>Lyr</u>	25	0.03	0.6	A0Va
<u>Capella</u> Alpha <u>Aur</u>	41	0.08	0.4	G6III + G2III
<u>Rigel</u> Beta <u>Ori</u>	1400	0.12	-8.1	B81ae
<u>Procyon</u> Alpha <u>CMi</u>	11.4	0.38	2.6	F5IV-V
<u>Achernar</u> Alpha <u>Eri</u>	69	0.46	-1.3	B3Vnp
<u>Betelgeuse</u> Alpha <u>Ori</u>	1400	0.50v	-7.2	M2Iab
<u>Hadar</u> Beta <u>Cen</u>	320	0.61v	-4.4	B1III
<u>Acrux</u> Alpha <u>Cru</u>	510	0.76	-4.6	B0.5Iv + B1Vn
<u>Altair</u> Alpha <u>Aql</u>	16	0.77	2.3	A7Vn
<u>Aldebaran</u> Alpha <u>Tau</u>	60	0.85v	-0.3	K5III
<u>Antares</u> Alpha <u>Sco</u>	520	0.96v	-5.2	M1.5Iab
<u>Spica</u> Alpha <u>Vir</u>	220	0.98v	-3.2	B1V
<u>Pollux</u> Beta <u>Gem</u>	40	1.14	0.7	K0IIIb
<u>Fomalhaut</u> Alpha <u>PsA</u>	22	1.16	2.0	A3Va
<u>Becrux</u> Beta <u>Cru</u>	460	1.25v	-4.7	B0.5III
<u>Deneb</u> Alpha <u>Cyg</u>	1500	1.25	-7.2	A2Ia
<u>Regulus</u> Alpha <u>Leo</u>	69	1.35	-0.3	B7Vn
<u>Adhara</u> Epsilon <u>CMa</u>	570	1.50	-4.8	B2II
<u>Castor</u> Alpha <u>Gem</u>	49	1.57	0.5	A1V + A2V

color \leftrightarrow temperatura

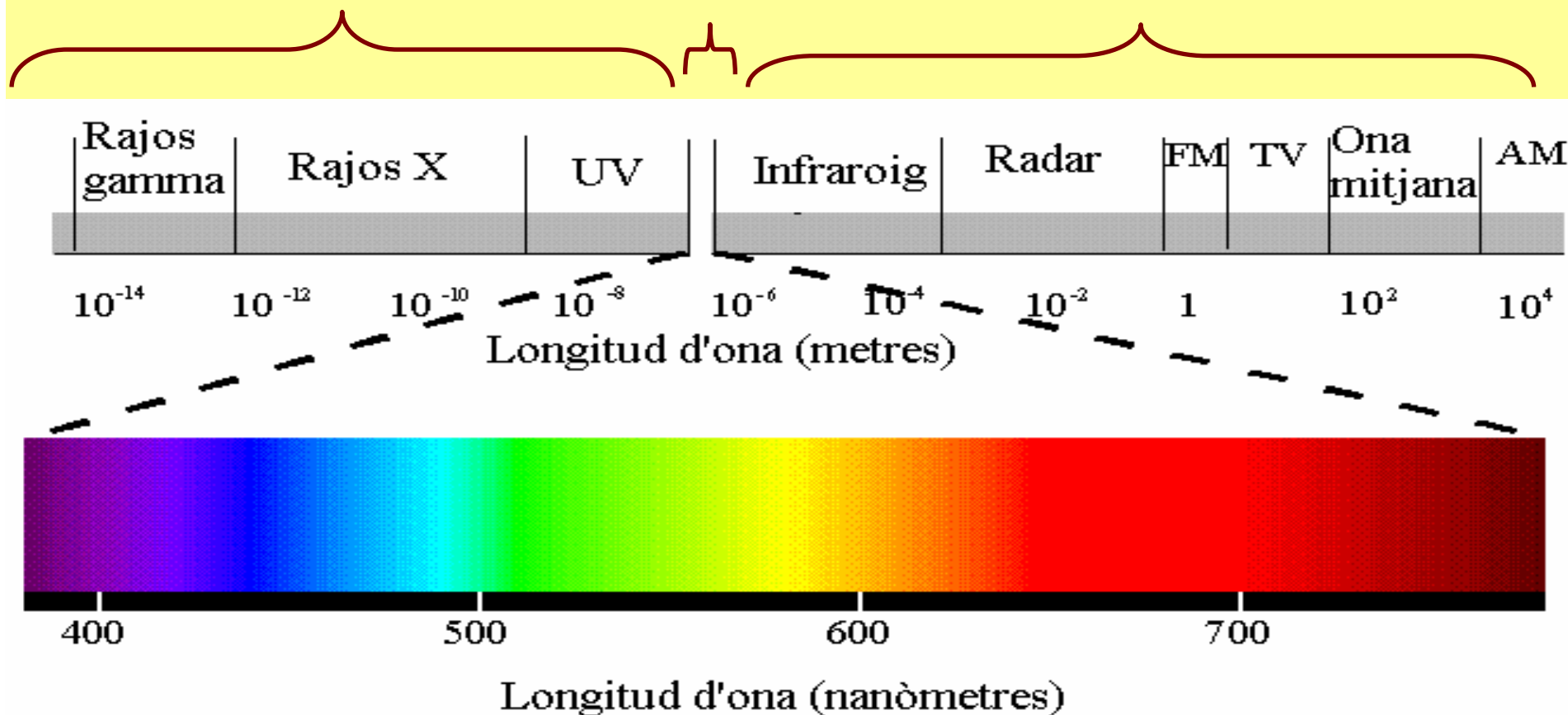
M39



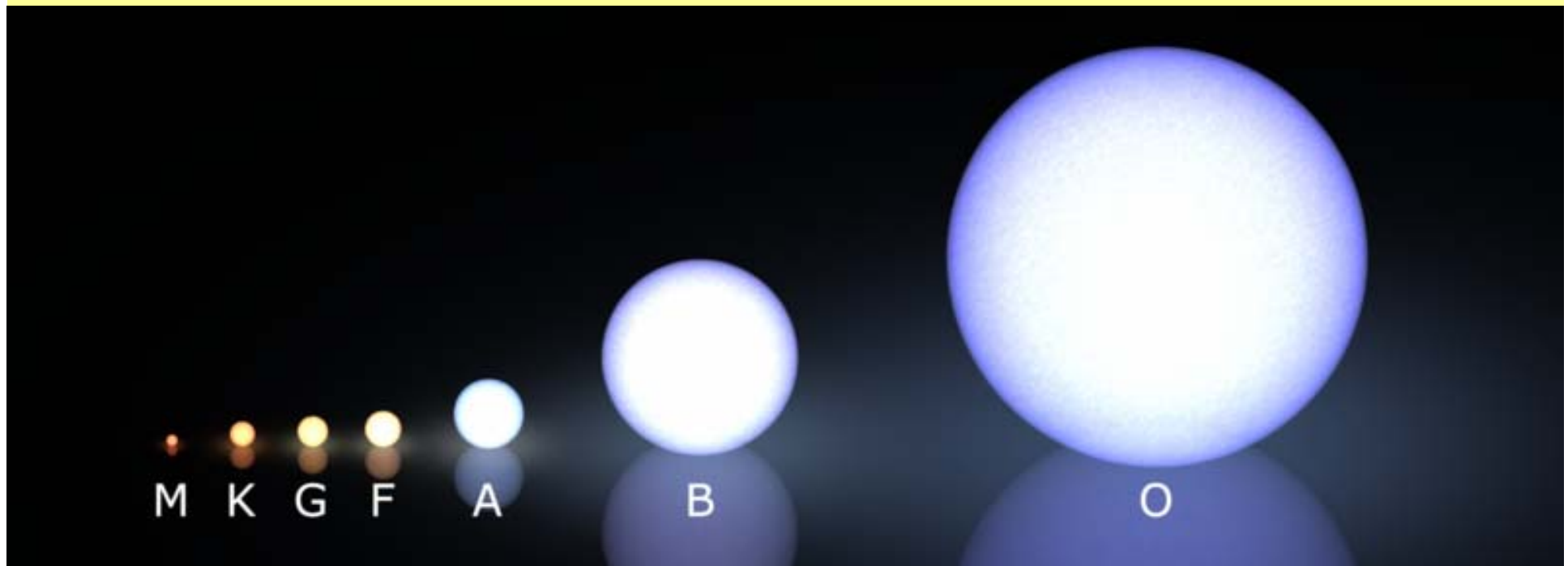
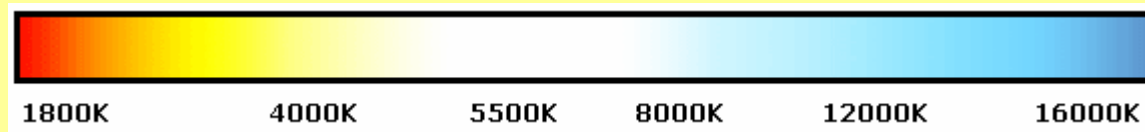
Des de l'espai
satèl·lits artificials

Antenes

Ull humà



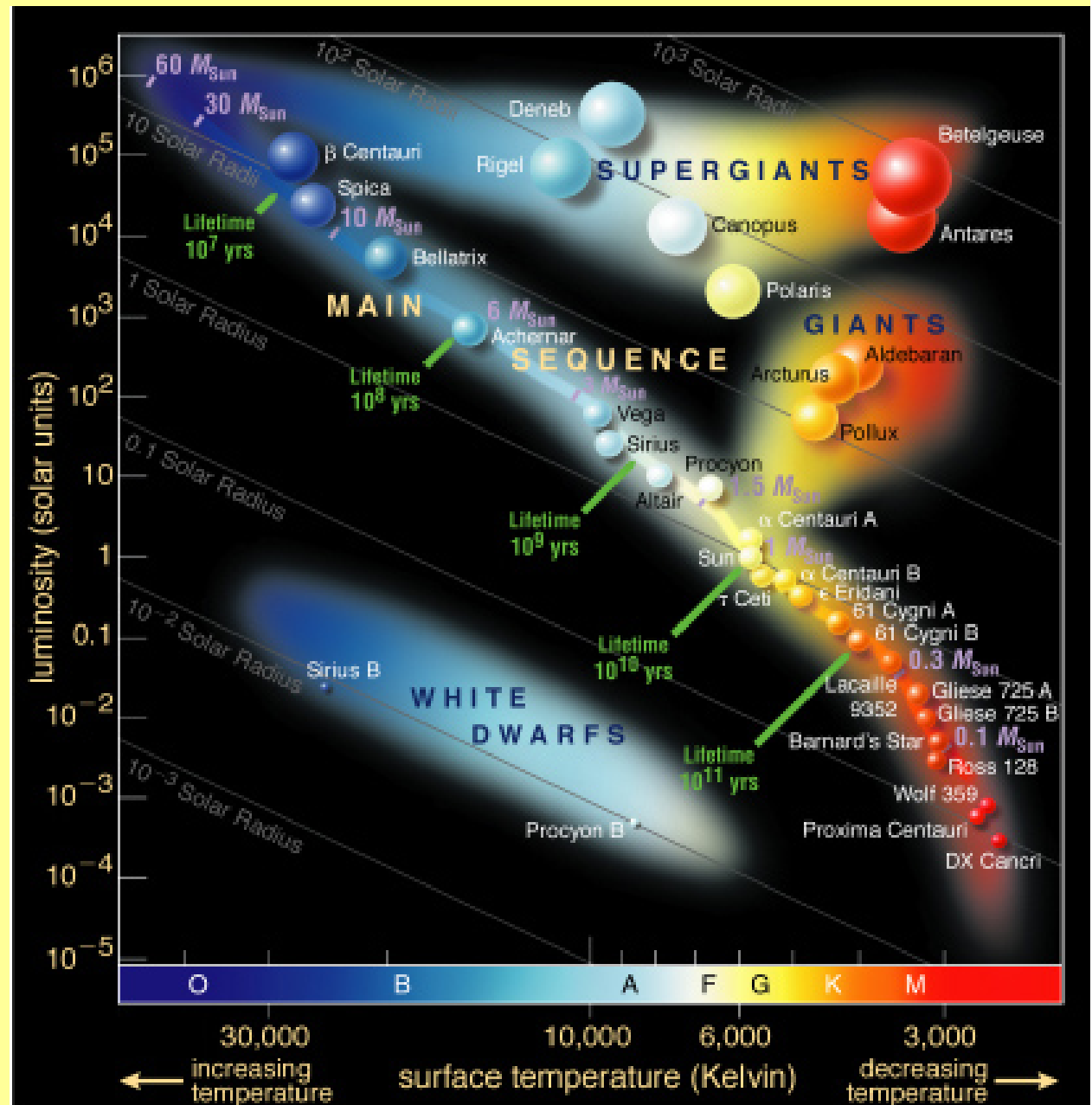
Color \leftrightarrow temperatura

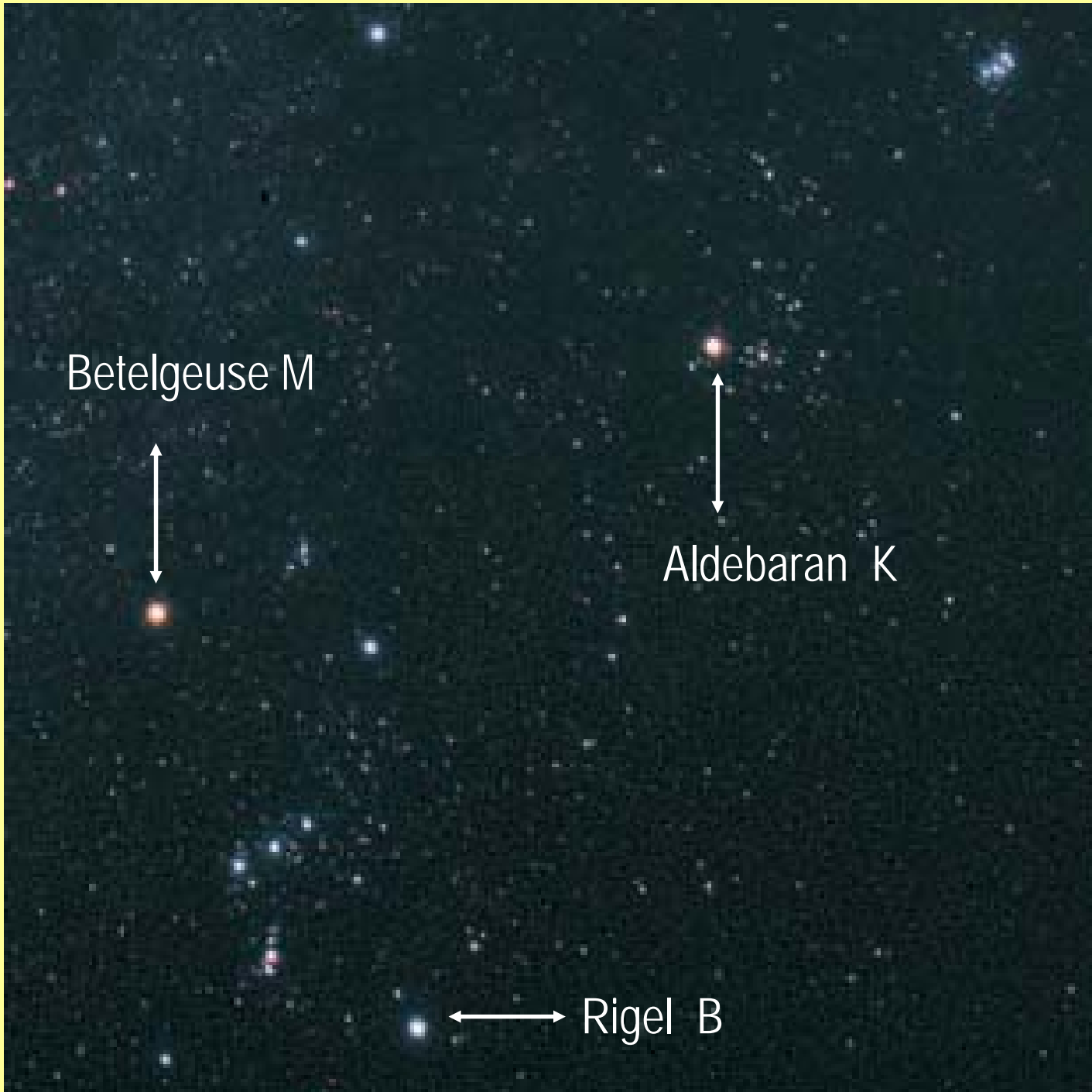


El color es fa servir per classificar les estrelles

Temperatura alta:
estrelles blaves

Temperatura baixa:
estrelles vermelles





Betelgeuse M



Aldebaran K



Rigel B



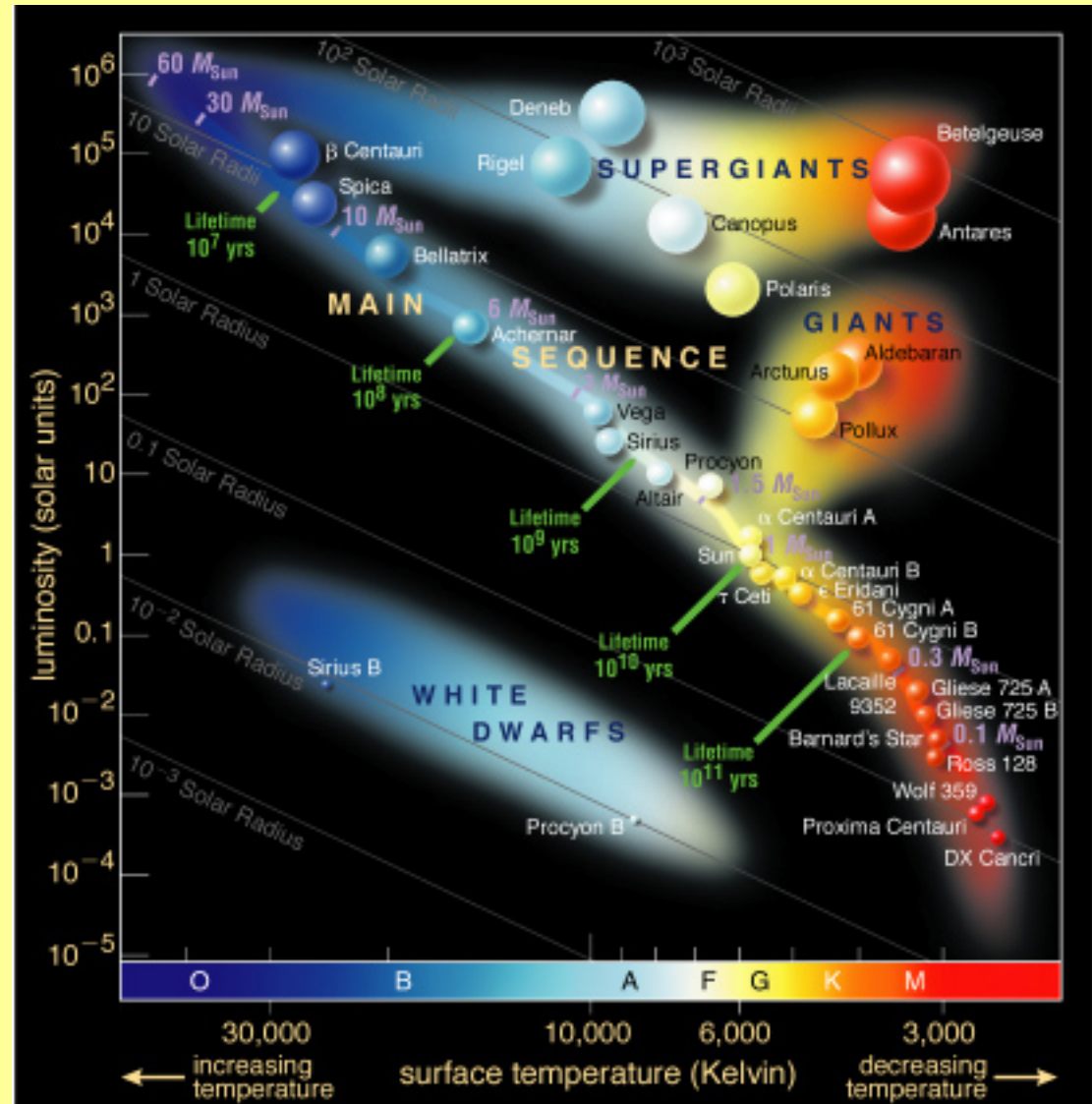
Sol		-26.72	4.8	G2V
<u>Sirius</u> Alpha <u>CMa</u>	8.6	-1.46	1.4	A1Vm
<u>Canopus</u> Alpha <u>Car</u>	74	-0.72	-2.5	A9II
<u>Rigel</u> <u>Kentaurus</u> Alpha <u>Cen</u>	4.3	-0.27	4.4	G2V + K1V
<u>Arcturus</u> Alpha <u>Boo</u>	34	-0.04	0.2	K1.5IIIp
<u>Vega</u> Alpha <u>Lyr</u>	25	0.03	0.6	A0Va
<u>Capella</u> Alpha <u>Aur</u>	41	0.08	0.4	G6III + G2III
<u>Rigel</u> Beta <u>Ori</u>	1400	0.12	-8.1	B81ae
<u>Procyon</u> Alpha <u>CMi</u>	11.4	0.38	2.6	F5IV-V
<u>Achernar</u> Alpha <u>Eri</u>	69	0.46	-1.3	B3Vnp
<u>Betelgeuse</u> Alpha <u>Ori</u>	1400	0.50v	-7.2	M2Iab
<u>Hadar</u> Beta <u>Cen</u>	320	0.61v	-4.4	B1III
<u>Acrux</u> Alpha <u>Cru</u>	510	0.76	-4.6	B0.5Iv + B1Vn
<u>Altair</u> Alpha <u>Aql</u>	16	0.77	2.3	A7Vn
<u>Aldebaran</u> Alpha <u>Tau</u>	60	0.85v	-0.3	K5III
<u>Antares</u> Alpha <u>Sco</u>	520	0.96v	-5.2	M1.5Iab
<u>Spica</u> Alpha <u>Vir</u>	220	0.98v	-3.2	B1V
<u>Pollux</u> Beta <u>Gem</u>	40	1.14	0.7	K0IIIb
<u>Fomalhaut</u> Alpha <u>PsA</u>	22	1.16	2.0	A3Va
<u>Becrux</u> Beta <u>Cru</u>	460	1.25v	-4.7	B0.5III
<u>Deneb</u> Alpha <u>Cyg</u>	1500	1.25	-7.2	A2Ia
<u>Regulus</u> Alpha <u>Leo</u>	69	1.35	-0.3	B7Vn
<u>Adhara</u> Epsilon <u>CMa</u>	570	1.50	-4.8	B2II
<u>Castor</u> Alpha <u>Gem</u>	49	1.57	0.5	A1V + A2V

magnitud \leftrightarrow brillantor

color \leftrightarrow temperatura

Estrelles per a tots els gustos

- ☞ Estrelles grans i calentes
- ☞ Estrelles grans, però fredes
- ☞ Estrelles petites i fredes
- ☞ Estrelles petites, però calentes



Estrelles, galàxies i cosmologia

1. Les estrelles

- Observacions: brillantor, colors
- Què són ? Per què brillen ?
- Formació, evolució

Els objectes calents brillen !

Llum = Energia

Calor=Energia

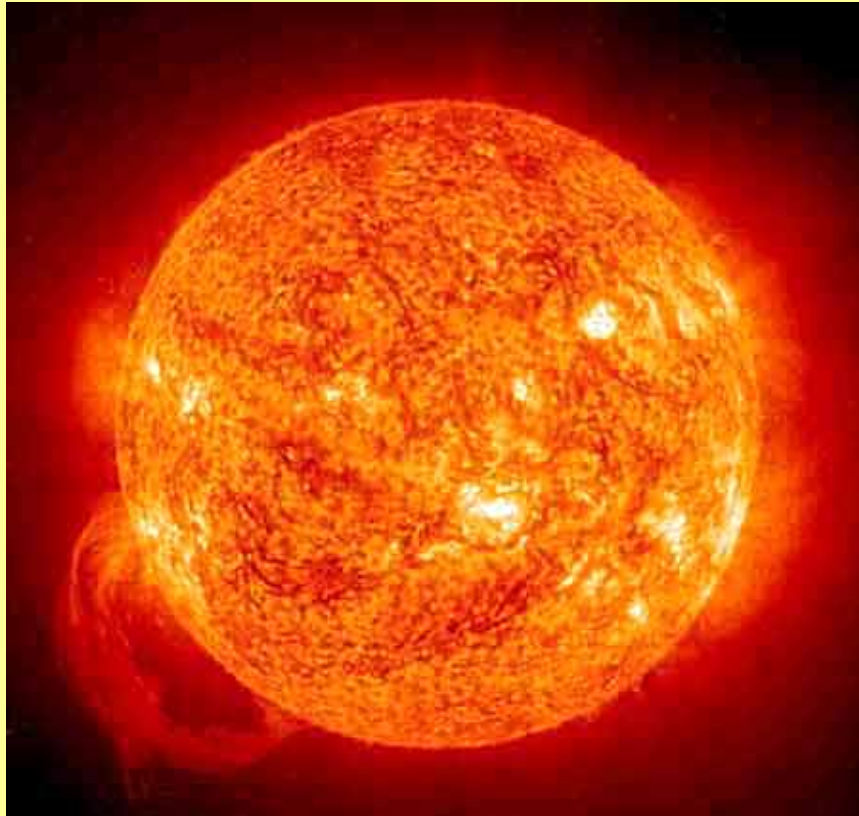
Bombeta
d'incandescència



Metalls a altes temperatures



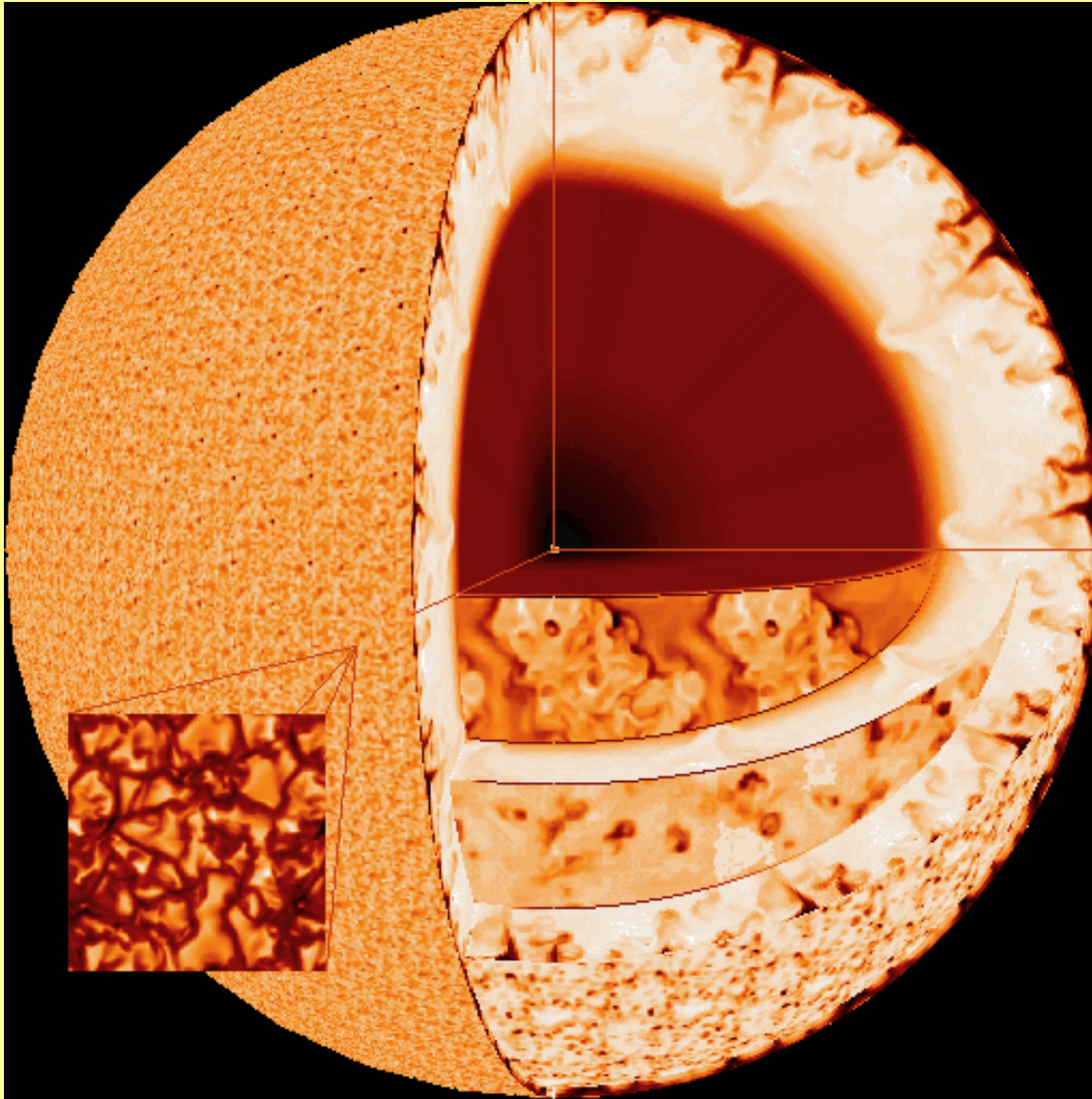
TENEN TEMPERATURES
MOLT ALTES!



NUCLI: 15 milions de °C

SUPERFÍCIE: 3000 - 30000 °C

Aquestes temperatures tan enormes són l'autèntica
ànima de les estrelles, la raó de la producció de la seva
llum



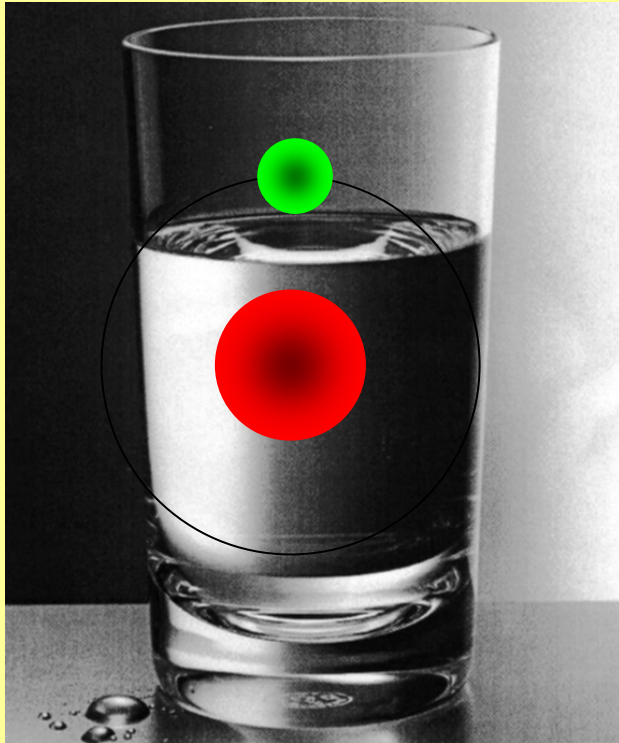
Enormes esferes de gas

Estructura en capes (com una ceba)

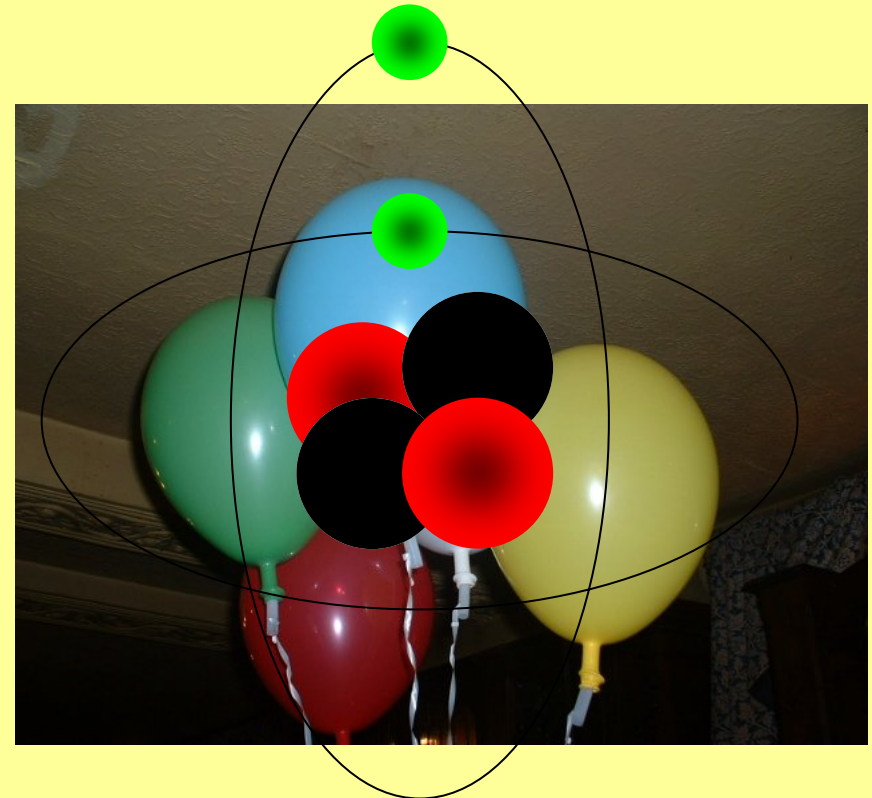
Canvia densitat, temperatura, pressió, composició

L'energia NOMÉS es genera al nucli

Dos elements principals



Hidrogen (~75%)

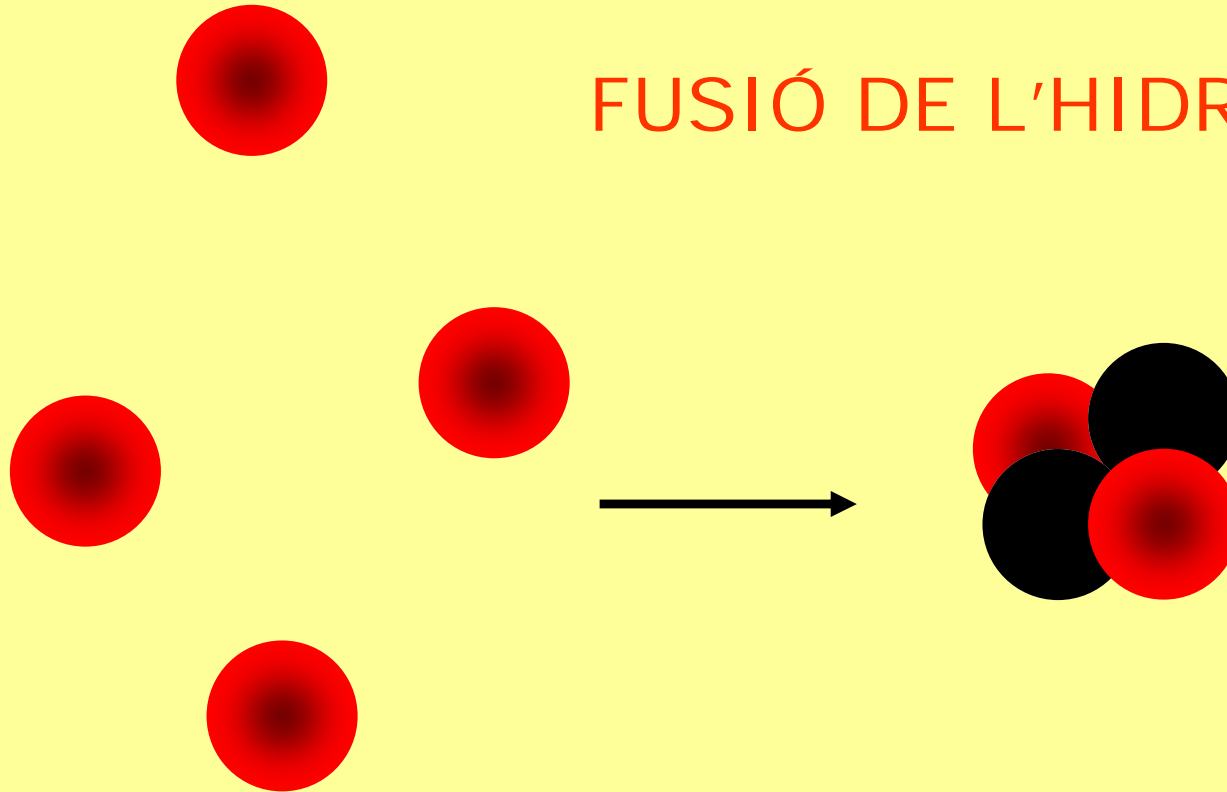


Heli (~23%)

Altres (~2%)

Dos elements principals

FUSIÓ DE L'HIDROGEN



Hidrogen (~75%) ↓

Heli (~23%) ↑

Altres (~2%)

Fusió de l'hidrogen:

és una reacció química

- No és energia gravitatòria

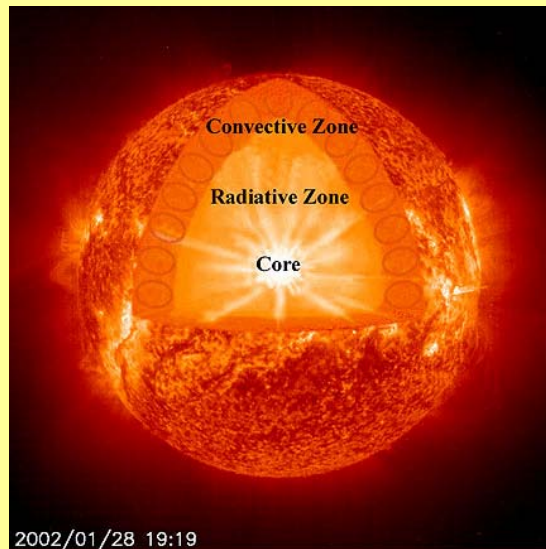
- És una reacció tèrmica nuclear

Es poden produir per les altes temperatures:

només al nucli són prou altes



L'energia produïda per mitjà de reaccions termonuclears als nuclis de les estrelles conserva la temperatura del nucli i es transmet cap a les capes externes:



i acaba sortint per la superfície ...

...en un viatge que pot durar fins a 1 milió d'anys !!

Estrelles, galàxies i cosmologia

1. Les estrelles

- Observacions: brillantor, colors
- Què són ? Per què brillen ?
- Formació, evolució

M103



NGC 869, 884
h+ γ Persei



Pleiades



M45 © Royal Observatory Edinburgh/Anglo-Australian Observatory
Photograph from UK Schmidt plates by David Malin

Nebulosa de l'Angel



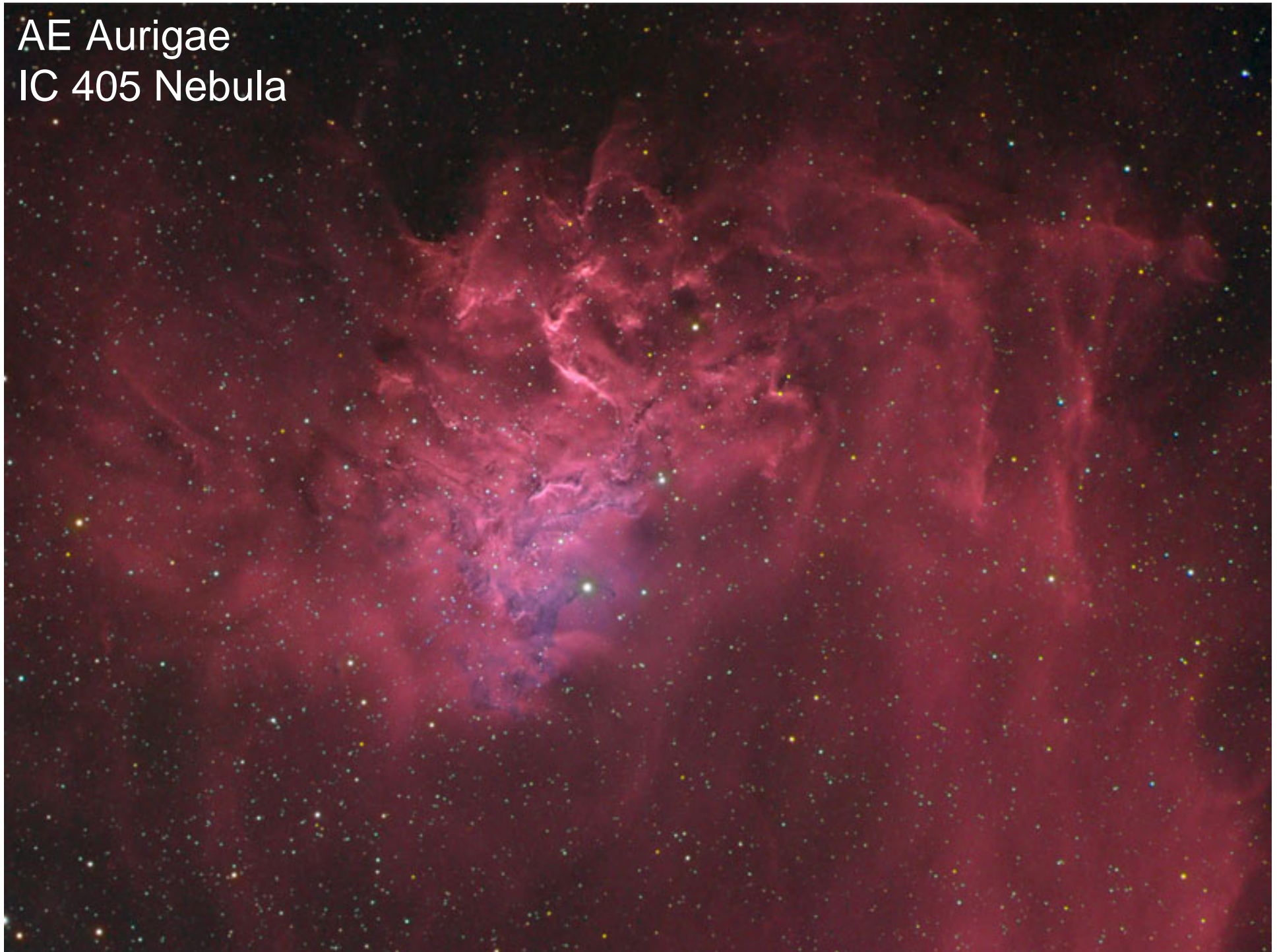
Sharpless 171



Eta Carinae

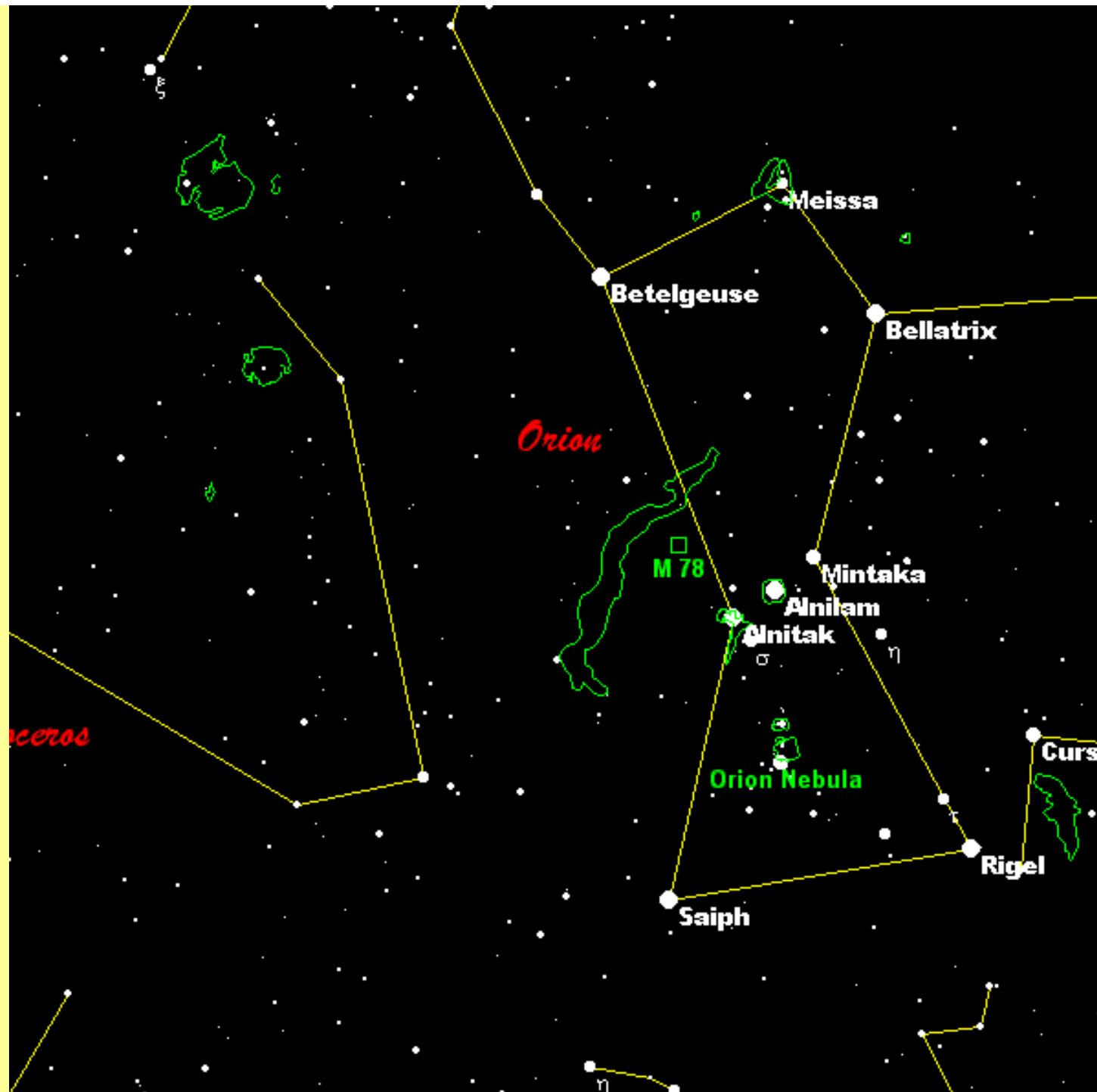


AE Aurigae
IC 405 Nebula



M20, nebulosa Trífida
Reflexió, emissió, absorció



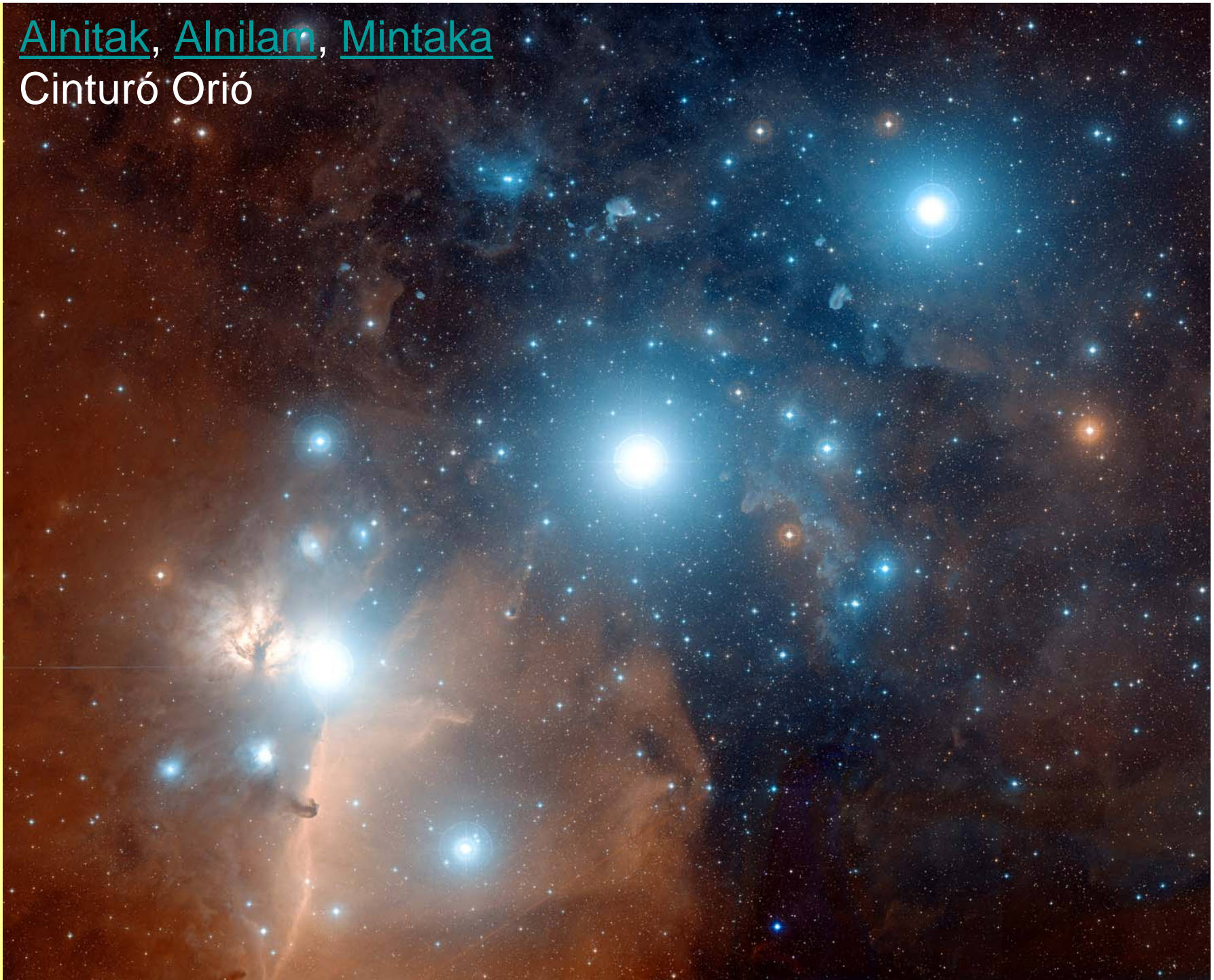


scorpi

Cursa

Alnitak, Alnilam, Mintaka

Cinturó Orió



M42, Nebulosa Orió



M42, Nebulosa Orió



Orion Nebula Mosaic

HST · WFPC2

PRC95-45a · ST ScI OPO · November 20, 1995

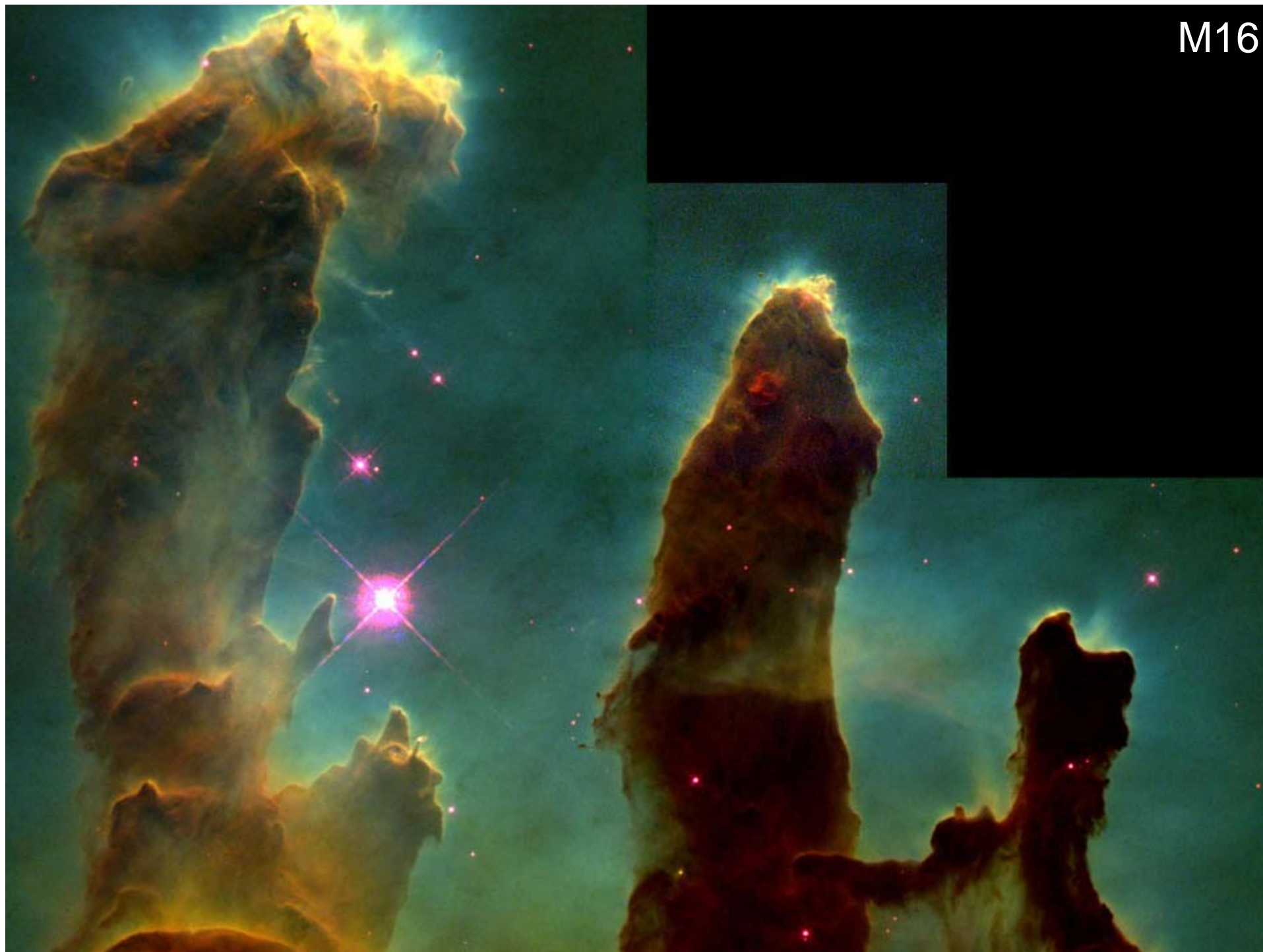
C. R. O'Dell and S. K. Wong (Rice University), NASA

Eagle Nebula
M16



Hubble
Heritage

M16





Star-Birth Clouds · M16

HST · WFPC2

PRC95-44b · ST Sci OPO · November 2, 1995
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA



Cone Nebula

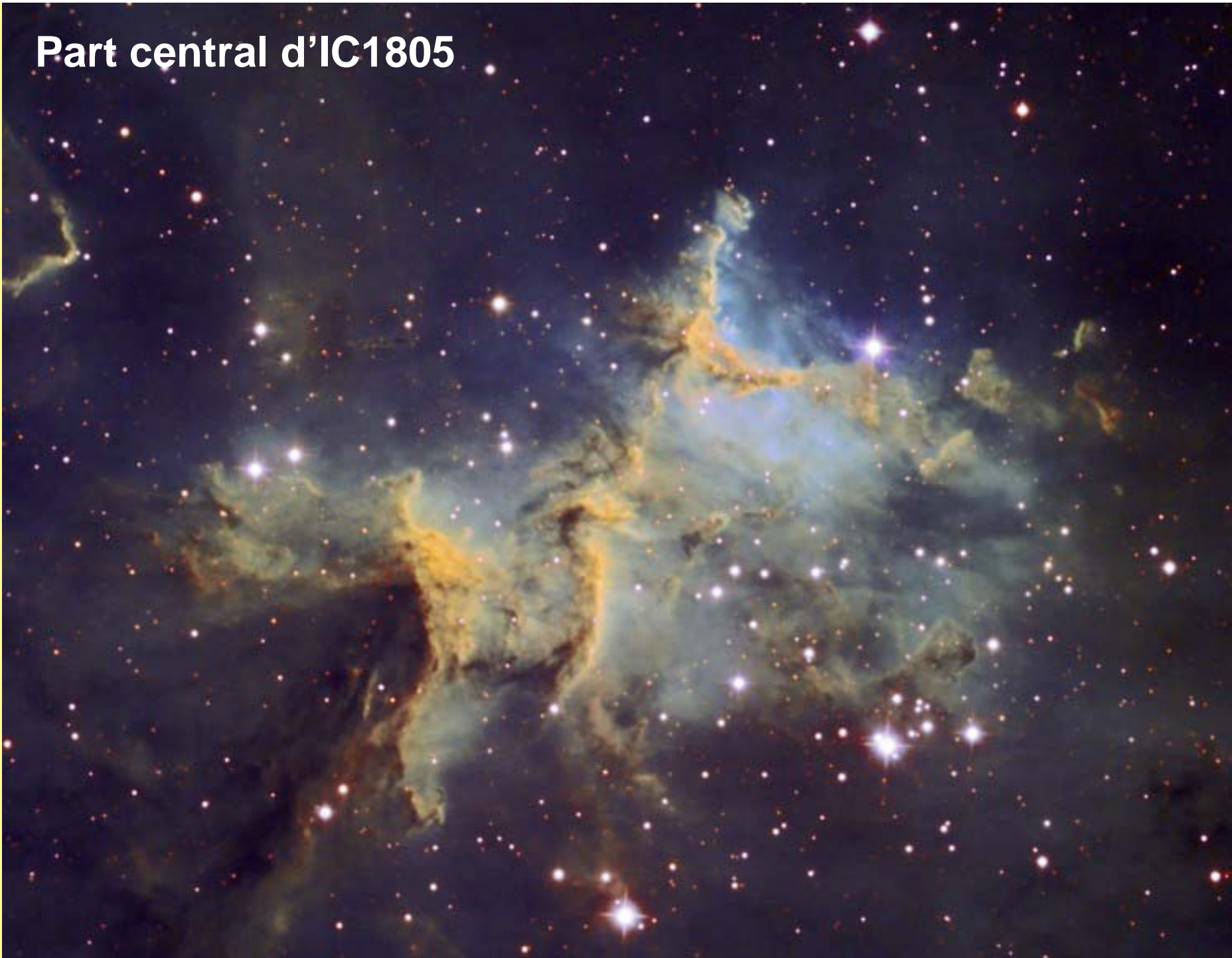
HST • ACS

NASA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCSC/LO), M. Clampin (STScI),
G. Hartig (STScI), the ACS Science Team and ESA • STScI-PRC02-11b

IC 4628: The Prawn Nebula

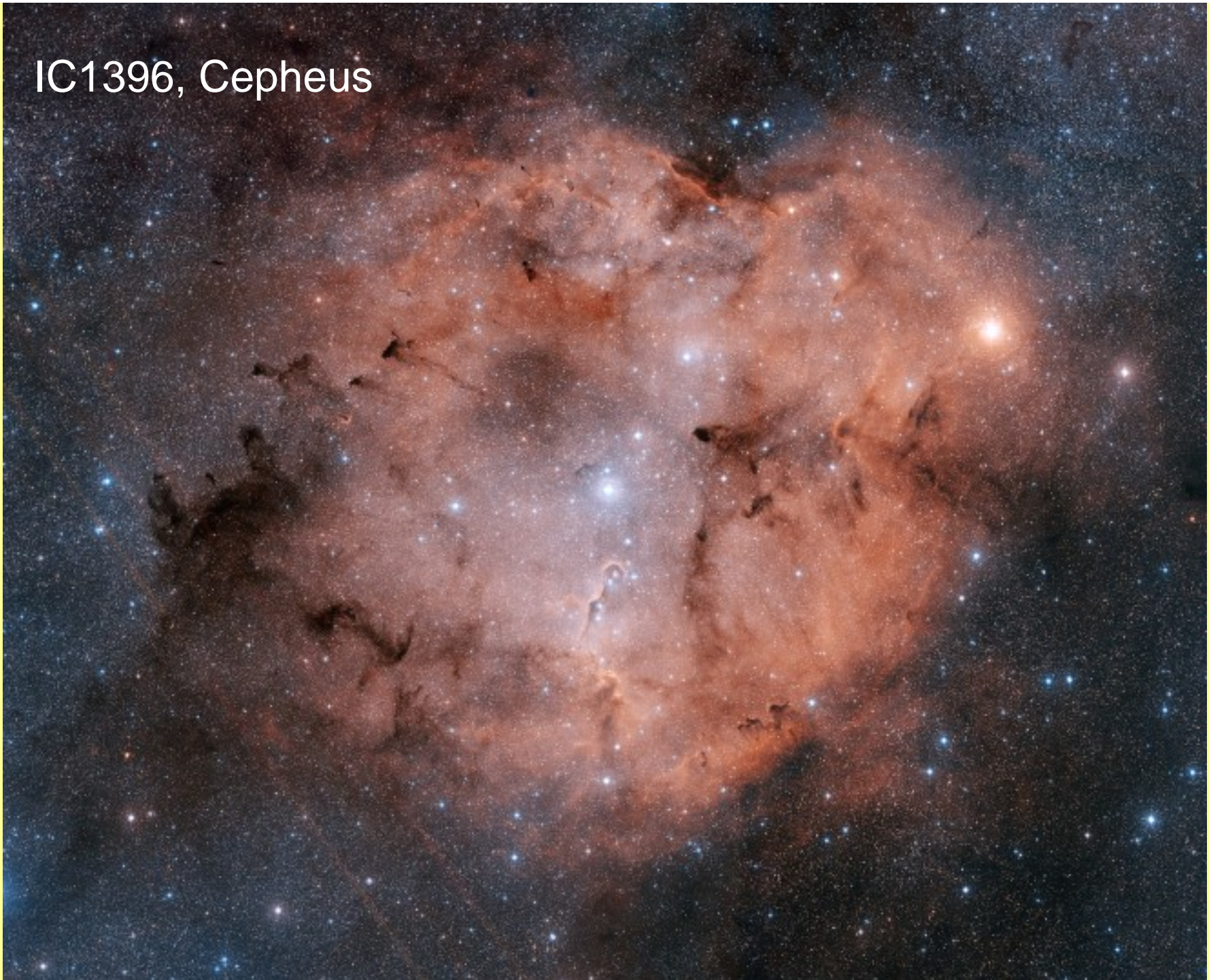


Part central d'IC1805



1. Col·lapse d'enormes núvols de gas molecular fred
2. Fragmentació en protoestrelles
3. Col·lapse gravitatori de les protoestrelles
4. Escalfament i augment densitat

IC1396, Cepheus



6. Vent estel·lar intens

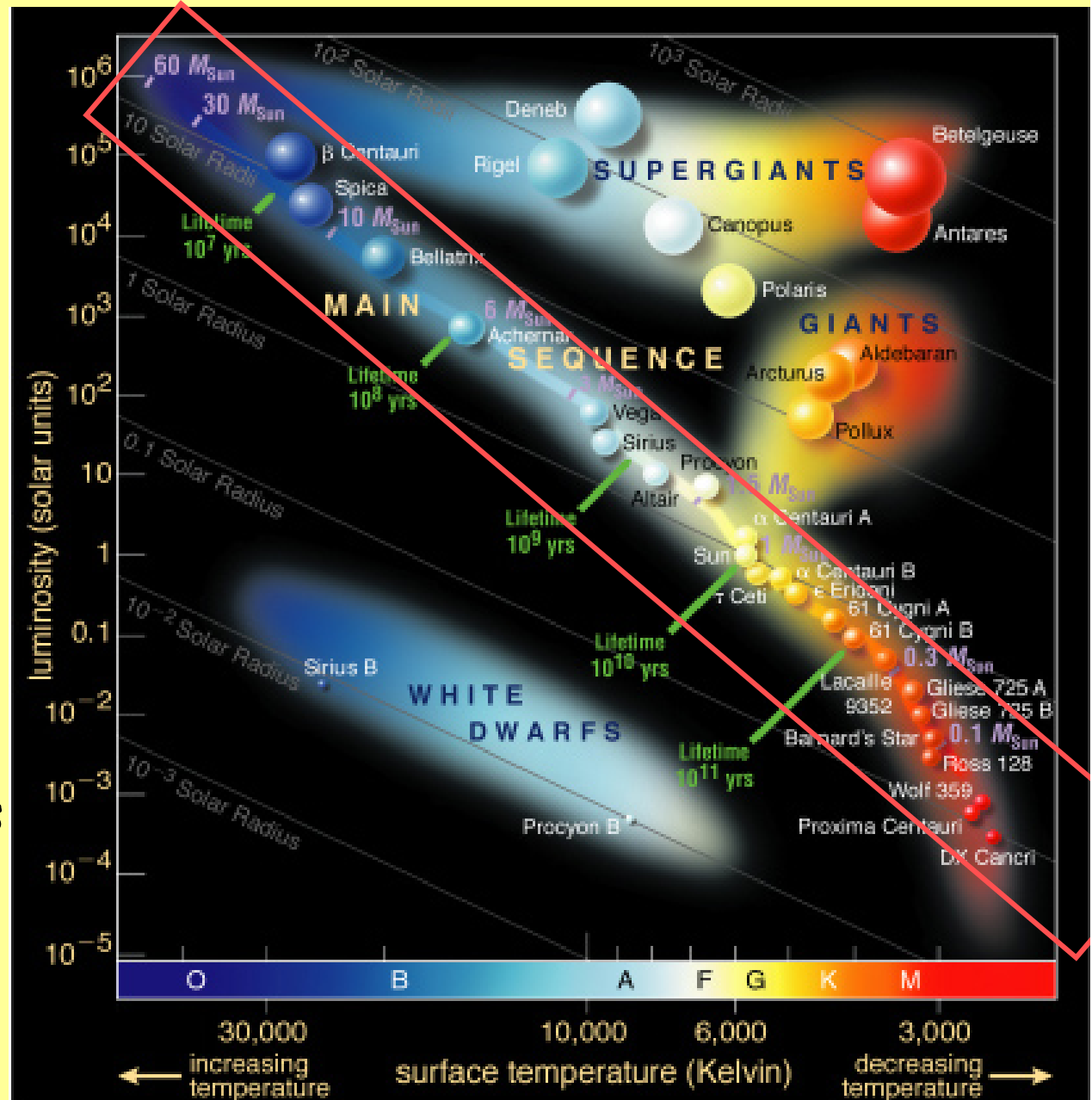
7. Quan la temperatura al nucli és prou elevada → inici fusió de l'hidrogen

8. Ha nascut una estrella !

Més massa → més temperatura → més reaccions per segon → més lluminoses → vida més curta

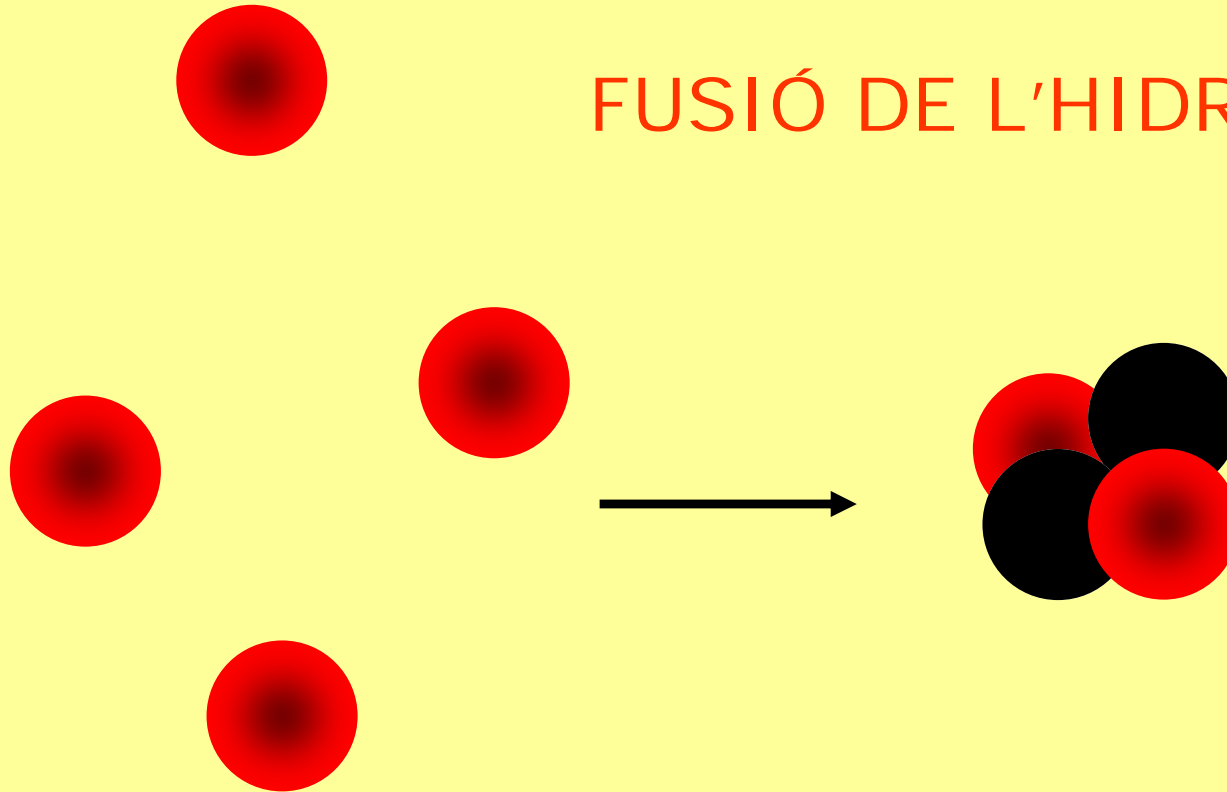
Temperatura alta:
estrelles blaves

Temperatura baixa:
estrelles vermelles



Dos elements principals

FUSIÓ DE L'HIDROGEN



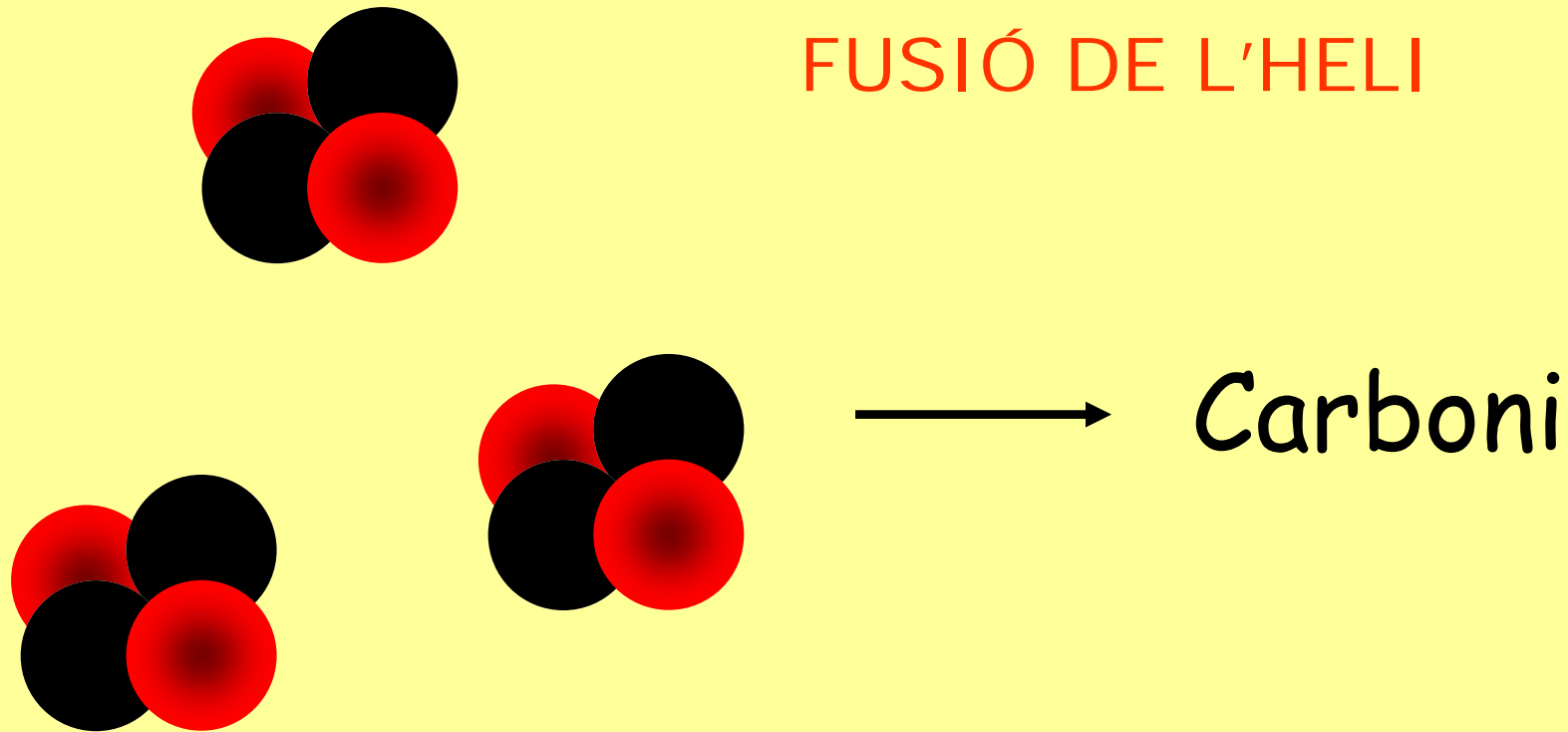
Hidrogen (~75%) ↓

Heli (~23%) ↑

Altres (~2%)

Hidrogen s'ha esgotat al nucli
col·lapse al nucli, augment temperatura

FUSIÓ DE L'HELI



HeLi (~98%)



Carboni

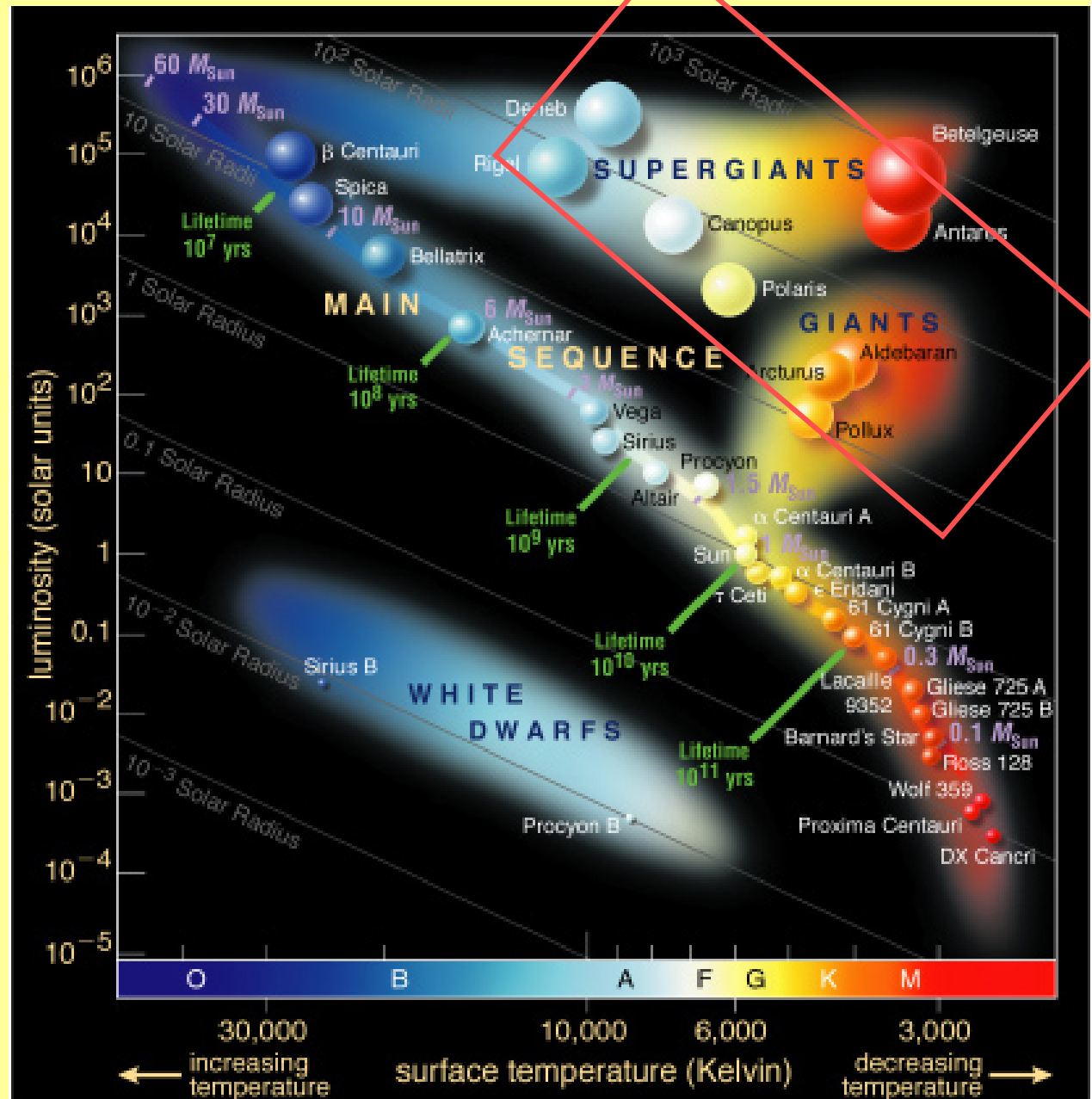


Altres (~2%)

temperatura al nucli 100 milions de graus → etapa més curta

30% de la durada de l'etapa de l'hidrogen

Estrelles gegants vermelles



I quan s'esgota l'heli del nucli ?

- Col·lapse del nucli
- Augment de la temperatura
- Fusió del Carboni



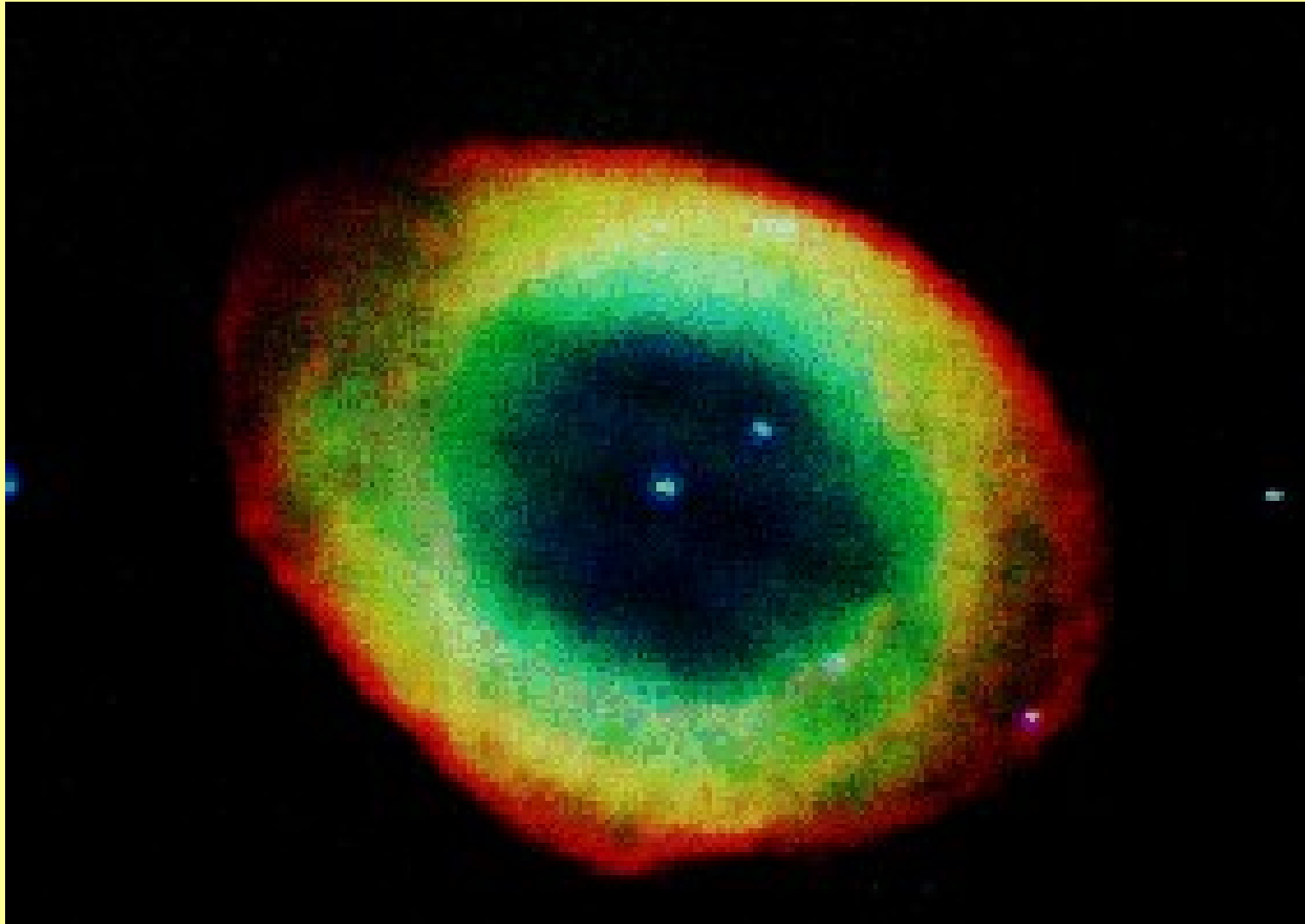
El nombre d'etapes depèn de la massa

Mort de l'estrella

1. Nebulosa planetària (nana blanca)

2. "Explosió de supernova"
(púlsar=estrella de neutrons; forat negre)

M57: Nebulosa de la Lyra



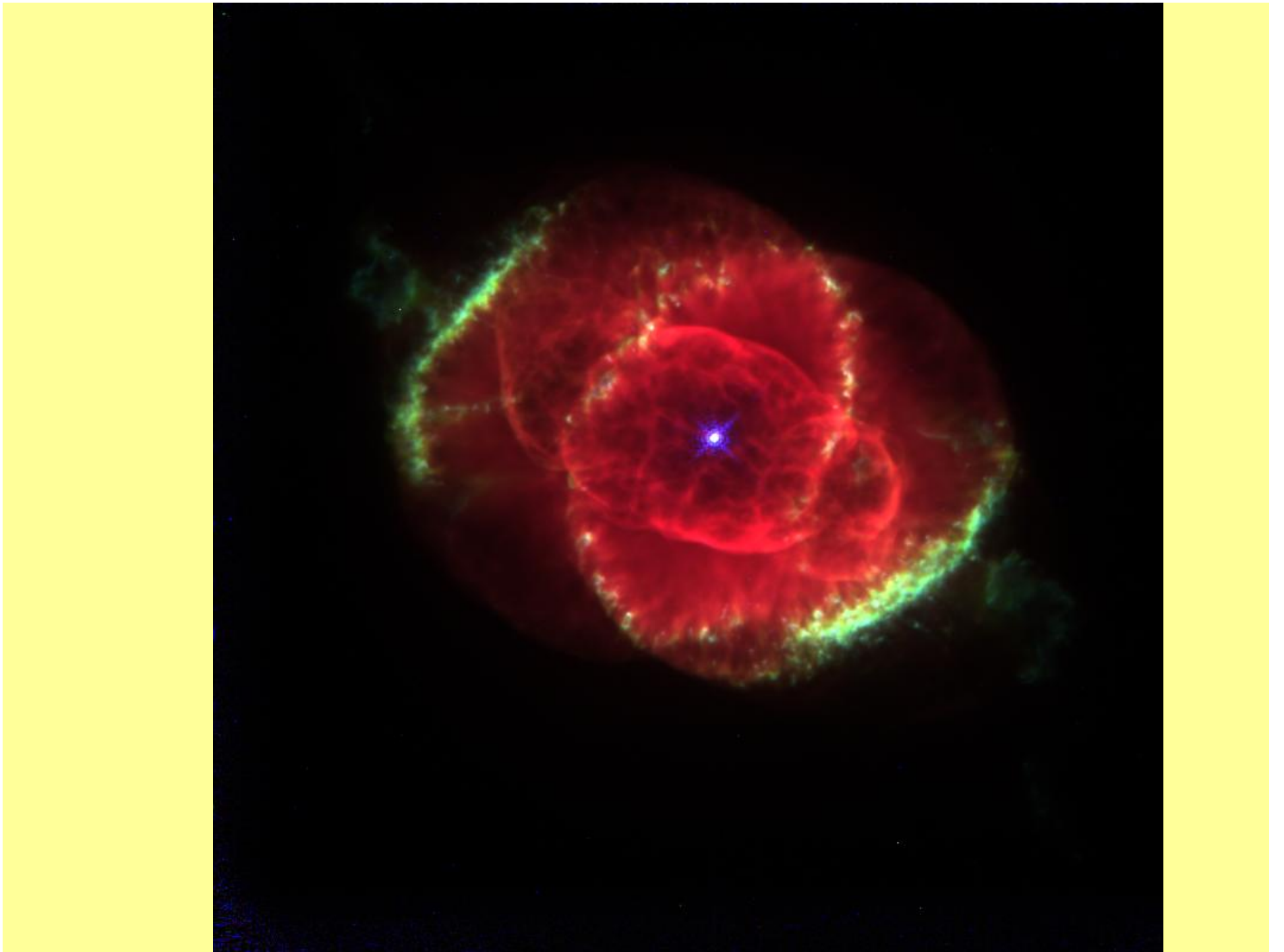
NGC 6543





M27, Nebulosa Dumbbell

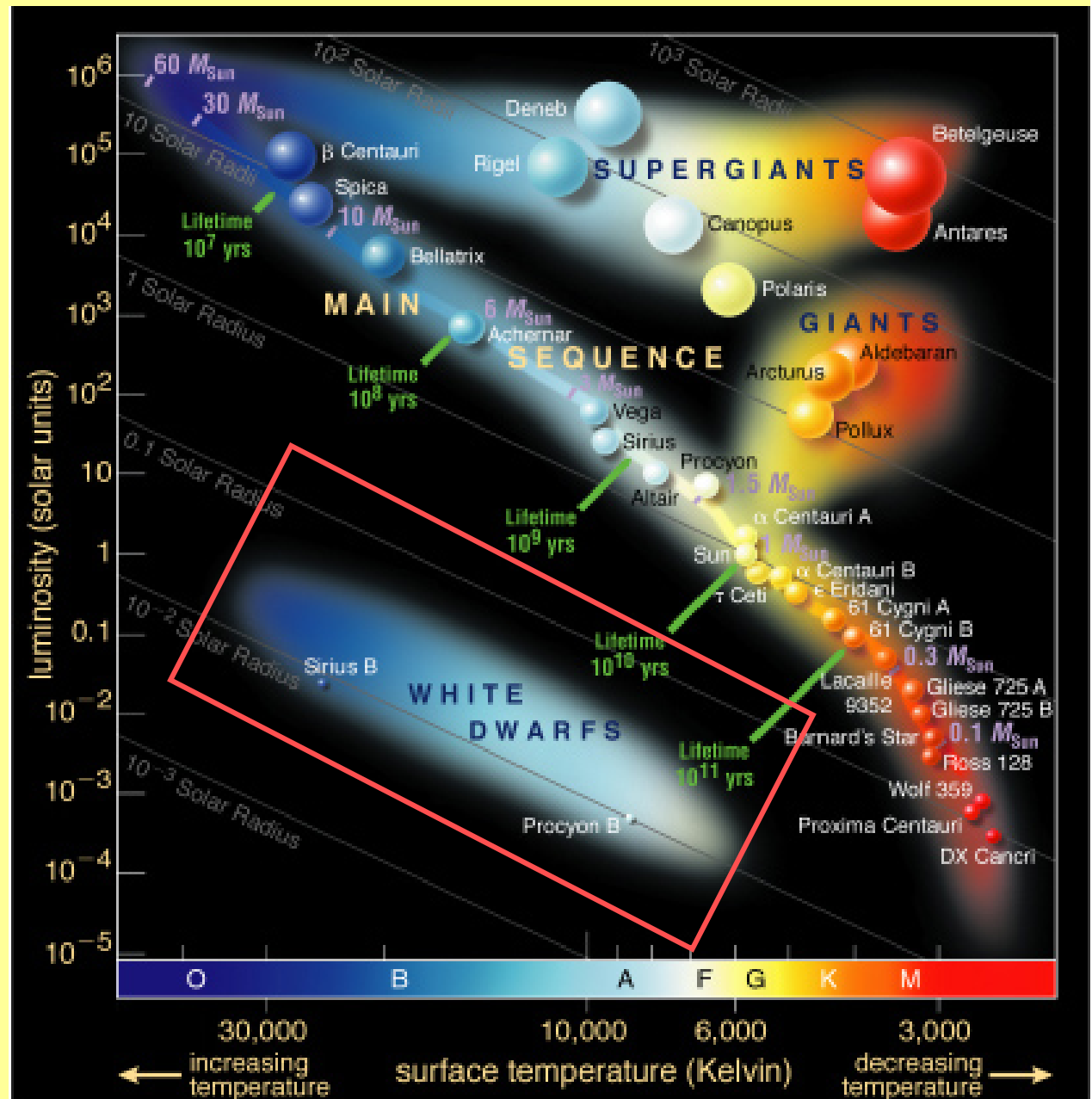




Cadàvers de la majoria d'estrelles

Es refreden lentament

Es van tornant fosques



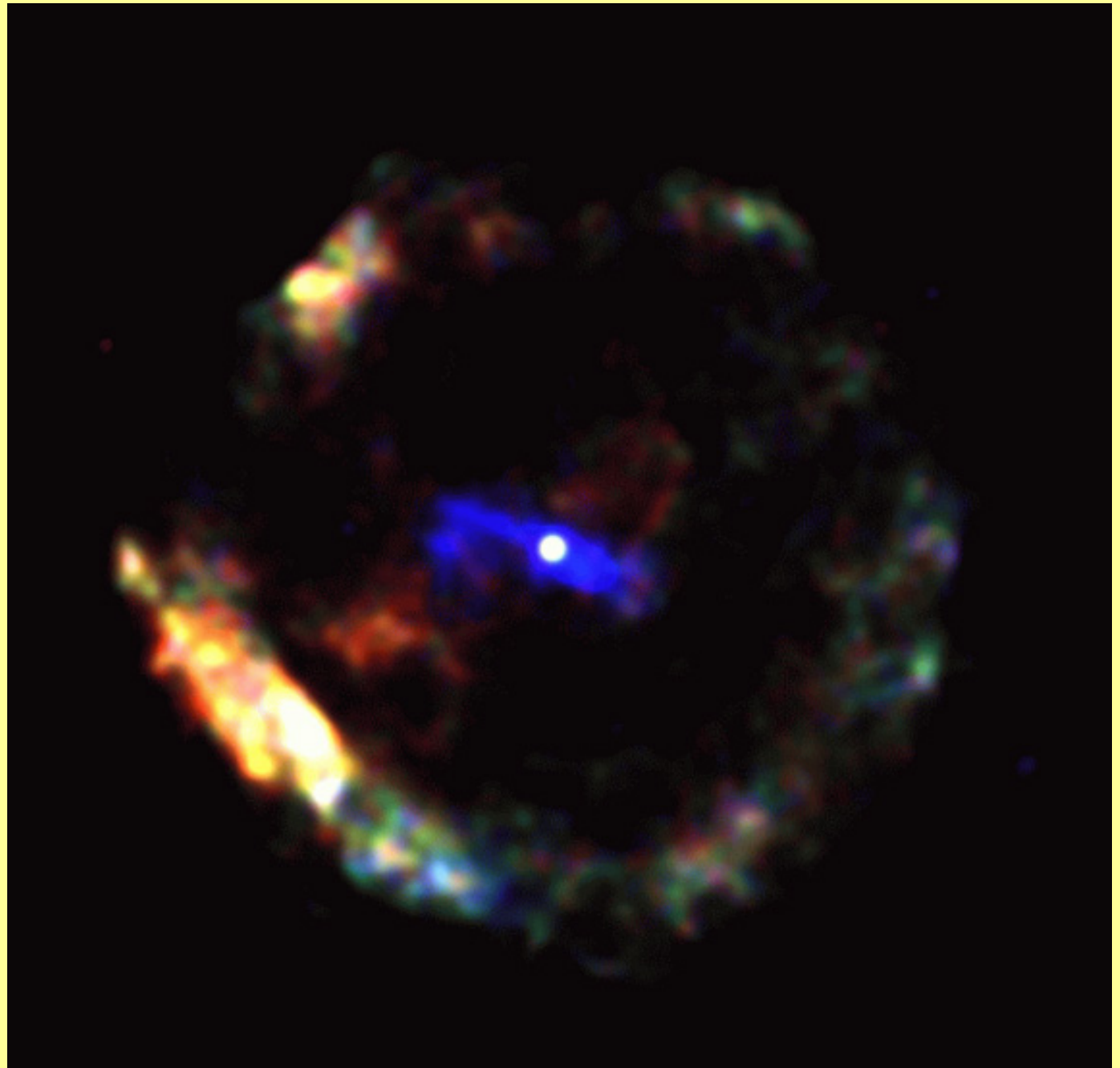
Mort de l'estrella

1. Nebulosa planetària (nana blanca)

2. "Explosió de supernova"
(púlsar=estrella de neutrons; forat negre)

Obs. Chandra

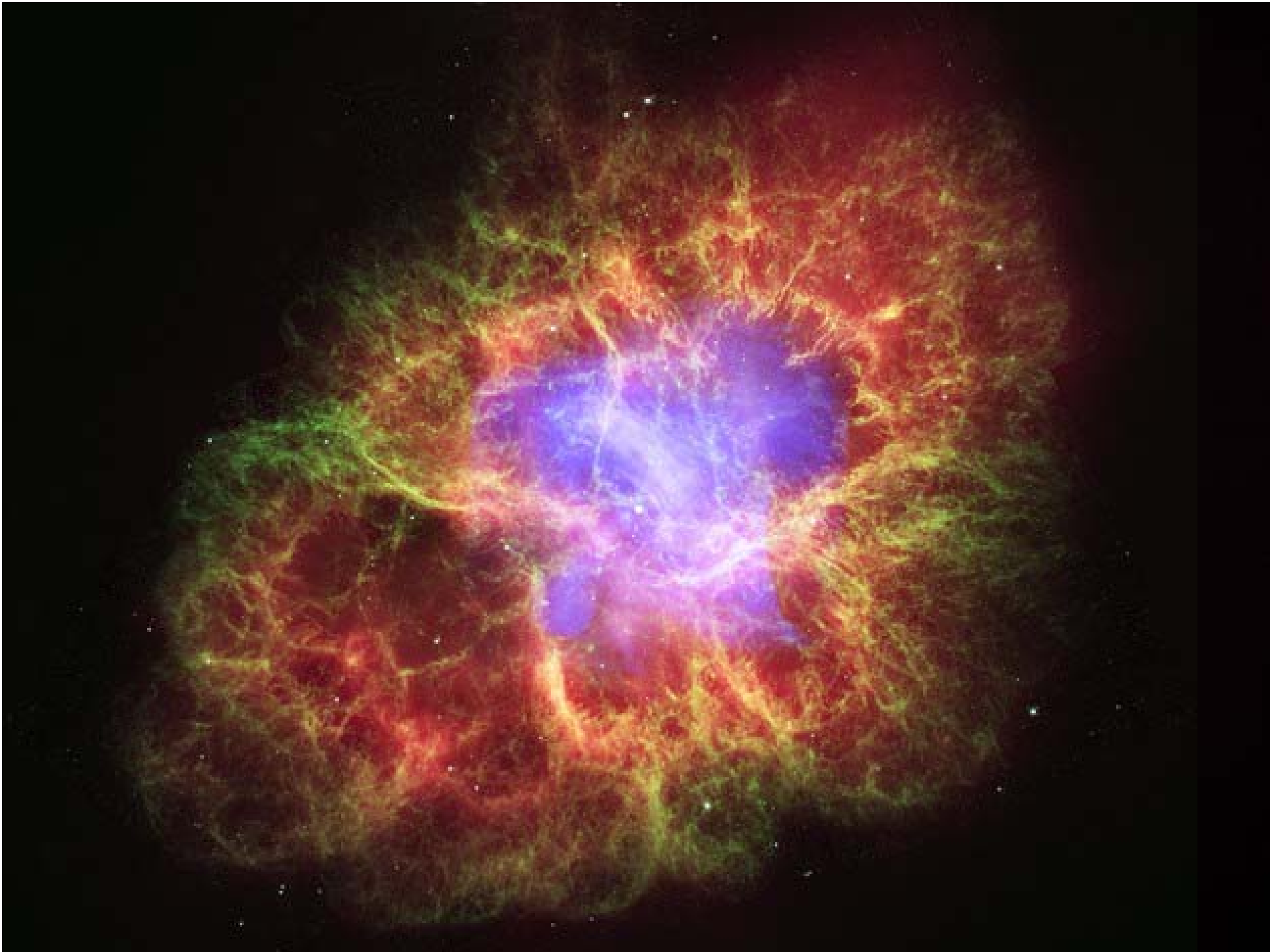
386 d.C.



Nebulosa
del Cranc

1054 d.C.

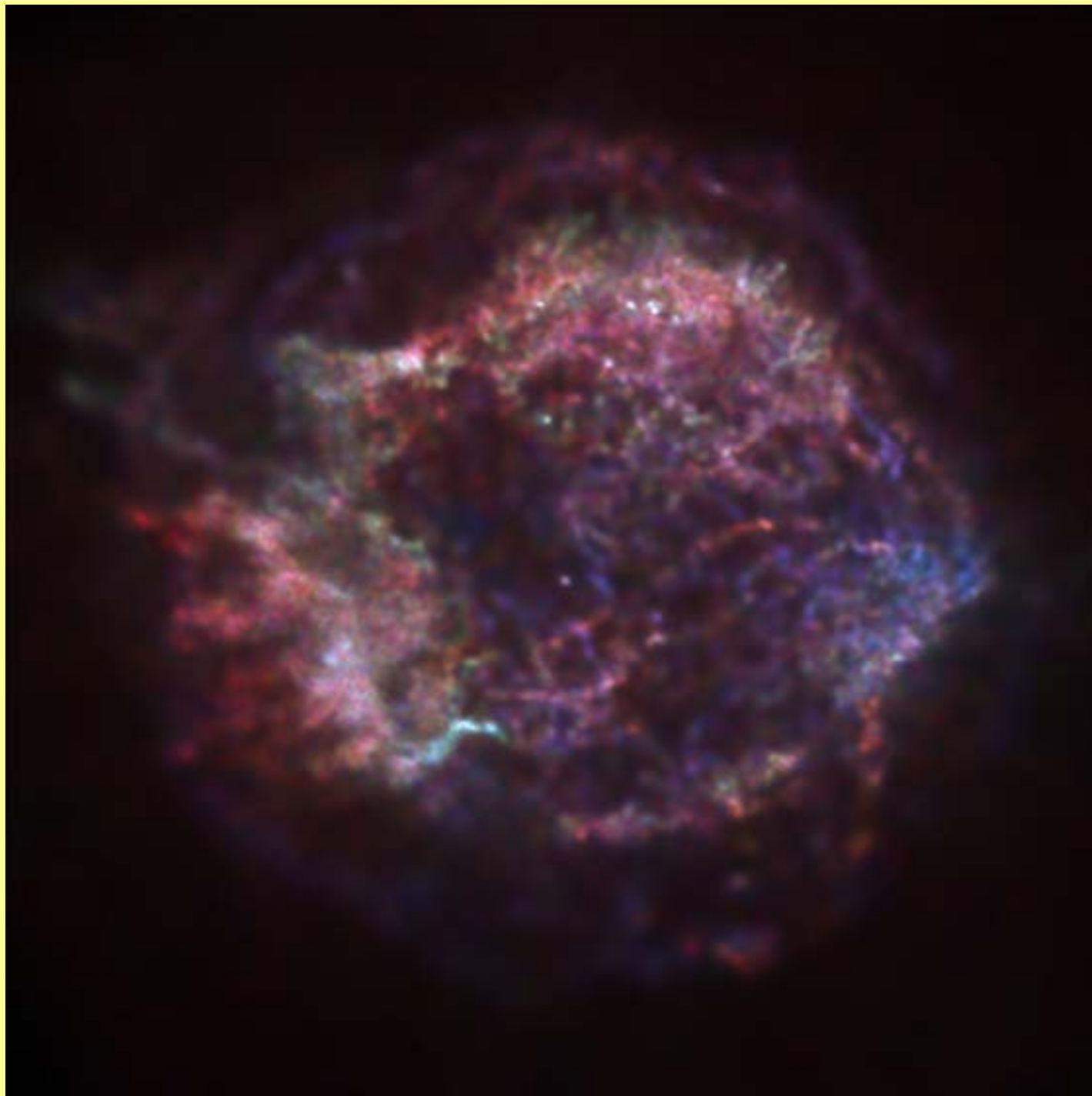




Cas A

Finals
s.XVII

Raigs X



Resum

- Estrelles són esferes de gas
- Molt calentes a l'interior
- Reaccions termonuclears → energia
- Tenen vida limitada
- Neixen, viuen i moren
- Les etapes i la durada depèn de la massa
- La mida, el color, la brillantor canvien