



Firmament: conjunt d'esferes concèntriques [esfera de les estrelles fixes, esferes dels 5 planetes coneguts, la Lluna i el Sol] → La Terra és el centre de l'Univers!

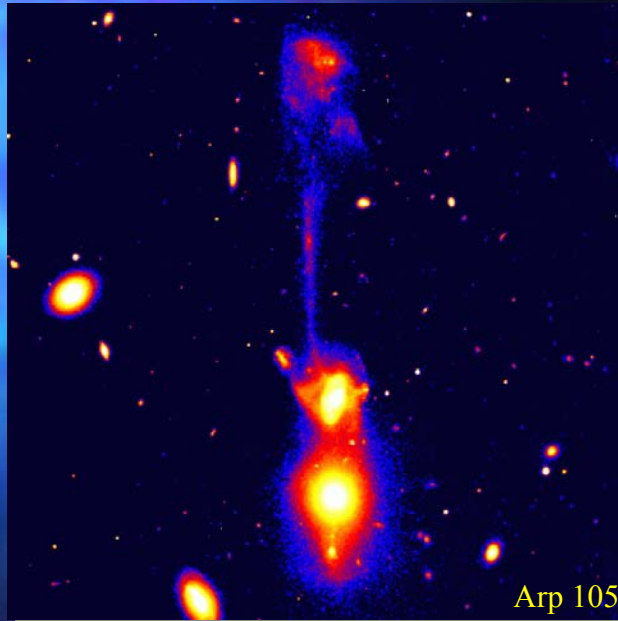


El Centre de l'Univers...



C. Luis Antúnez 13, Barcelona

La música de les esferes...



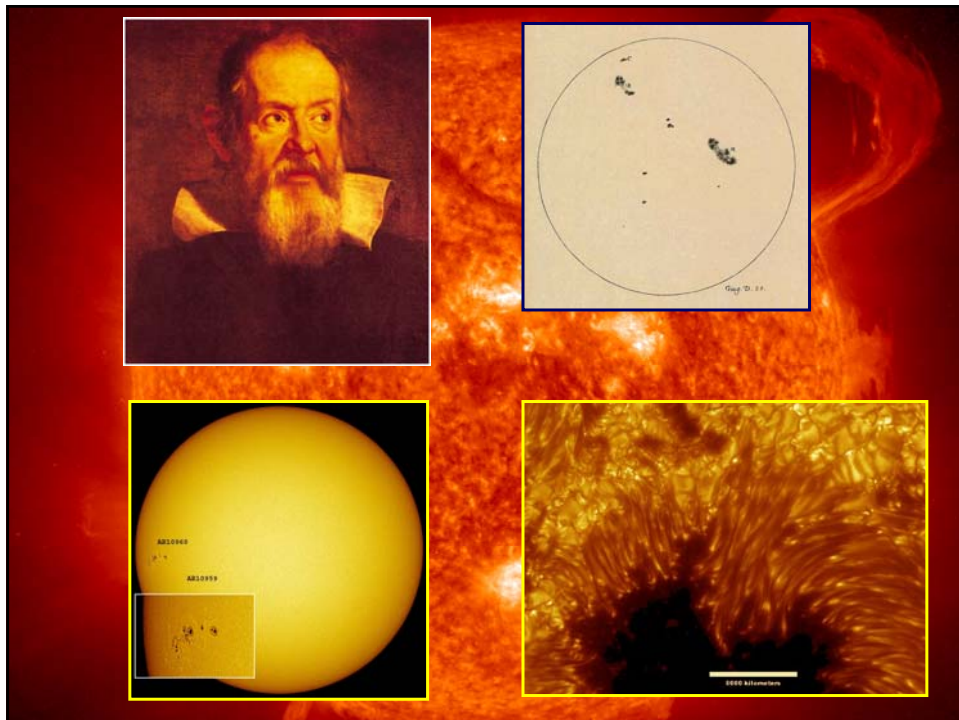
Arp 105

La **concepció actual de l'univers** és fruit de dues activitats complementàries:

- * desenvolupament d'instruments i tècniques experimentals i observacionals
- * formulació i comprovació d'hipòtesis



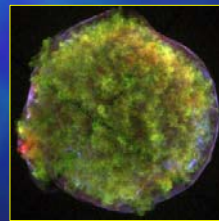
La perfecció celest: immutabilitat dels cels?



Guest Stars in the *Cosmic Movie Screen*!

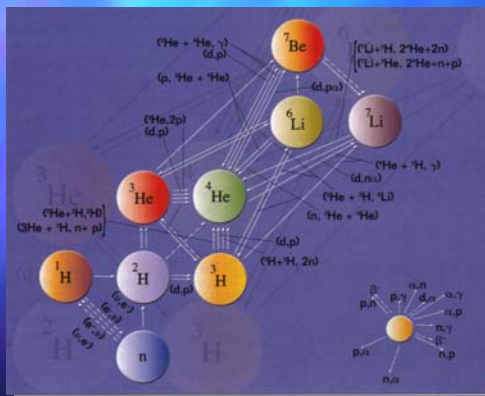
"El vespre de l'onze de novembre, després de la posta de sol... vaig adonar-me d'una **nova i inusual estrella**, que excedia en brillantor a la resta d'estels... i com que des de la infantesa, coneixia totes les estrelles del firmament a la perfecció, em va resultar evident que **mai hi havia hagut cap estrella en aquella posició del cel [...]** Estava perplexe per aquesta visió [...] un miracle de fet, que mai abans s'havia vist, des de l'inici del món."

SN 1572 (Tycho)



Una nova estrella
("nova stella")
11 Nov. 1572
Tycho Brahe

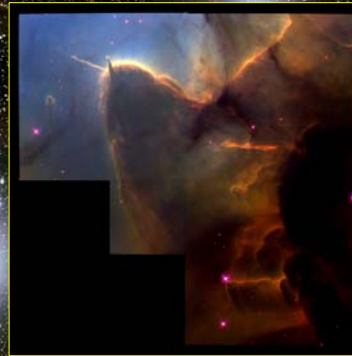
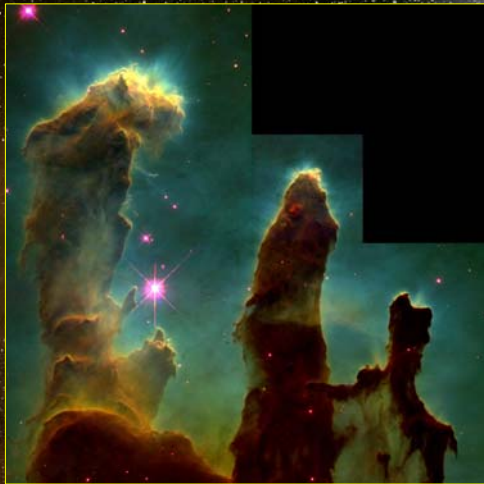
Nucleosíntesi primordial:
~20 minuts després del
Big Bang...



Composició química de
l'Univers primitiu:
75% H
25% ^4He
+ traces de D, ^3He , ^7Li

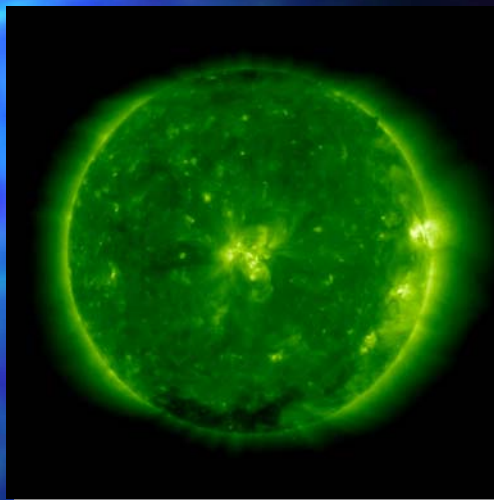
Formació estel·lar (població III; $Z \sim 0$)

Formació estel·lar



“Des de setembre, està fent més i més fred. També he notat que hi ha menys hores de llum diurna. Això només pot significar una cosa: el Sol s’apaga. En pocs mesos, la Terra serà una bola de gel fosca i sense vida. El pare diu que el Sol no s’apaga. Diu que fa més fred perque l’òrbita terrestre ens està allunyant del Sol. Diu que l’hivern arribarà aviat. ¿No és trist veure com algunes persones s’aferren a les seves vides de forma tan precària que prefereixen abraçar qualsevol idea ridícula abans que afrontar la crua realitat?”

El Sol: un astre *solter*...



Calvin & Hobbes

Font d'energia: reaccions termonuclears (H) $\rightarrow$ $M_{\min} = 0,08 M_{\odot}$

Distinció planetes $\longleftrightarrow$ estrelles

El Sol en numerets...

Radi: 696 000 km =

109 R_{Terra}

Massa: $1,99 \times 10^{30}$ kg =

333 000 M_{Terra}

$M_{\text{Júpiter}} = 0,001 M_{\text{Sol}} \sim$
 $M_{\min, \text{estrella}} / 80$



A solar-like star...

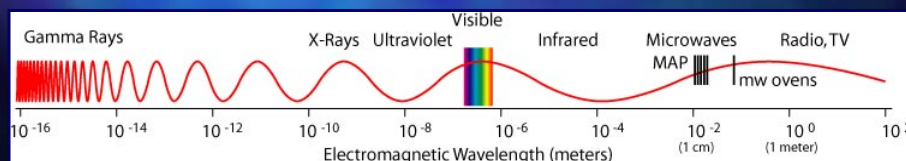
En el Sol [i altres estrelles de *Seqüència principal*]:
fusió termonuclear $\text{H} \rightarrow \text{He}$

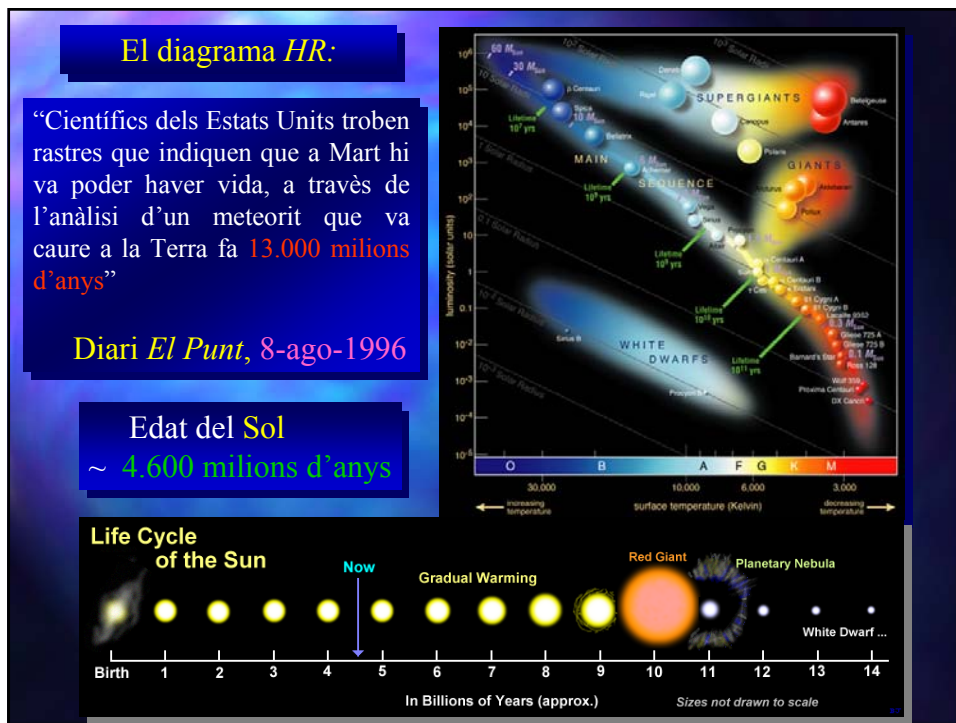
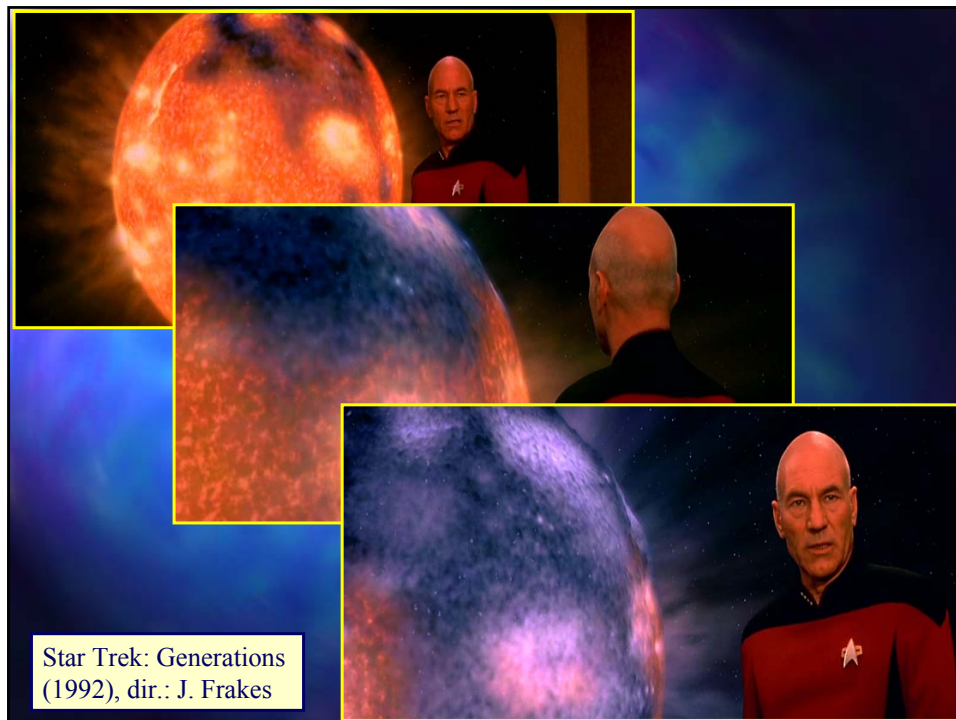
Sol: 600 milions de tones d'H per segon!

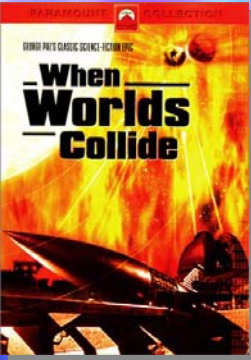


Emissió de fotons γ : brillantor de les estrelles

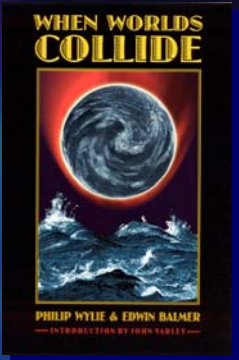
En el seu periple cap a la fotosfera ($\tau \sim 10^6$ a), els fotons γ
perden energia i es transformen en fotons de λ visible

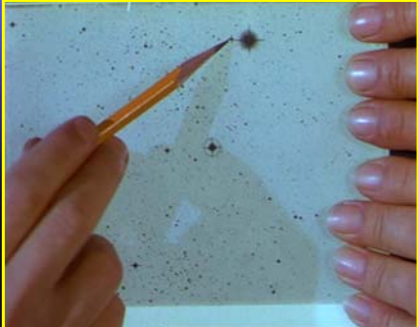


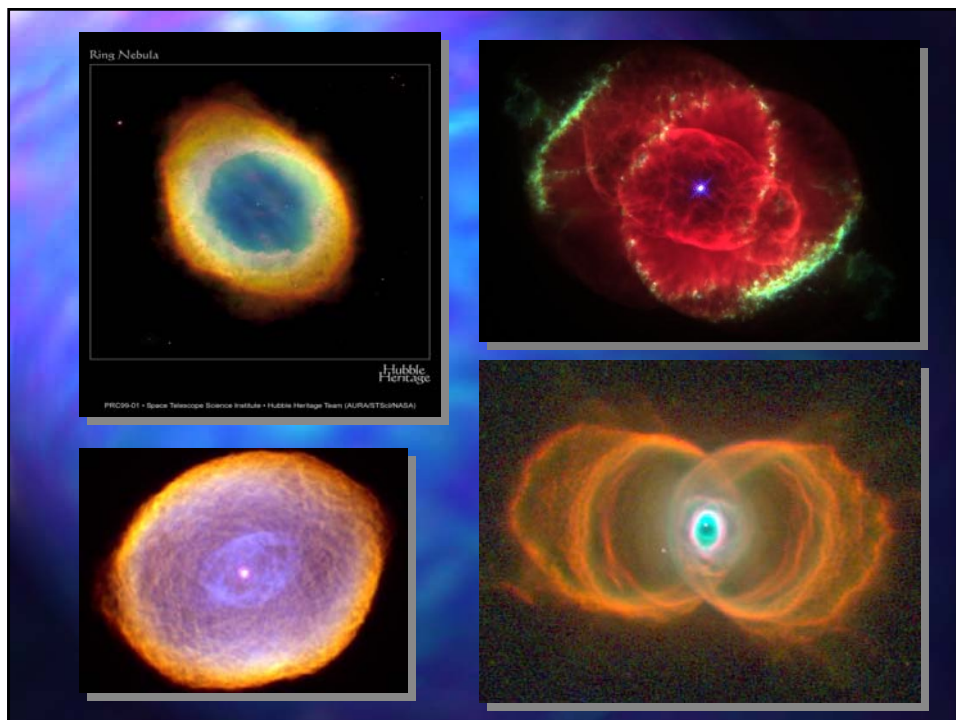


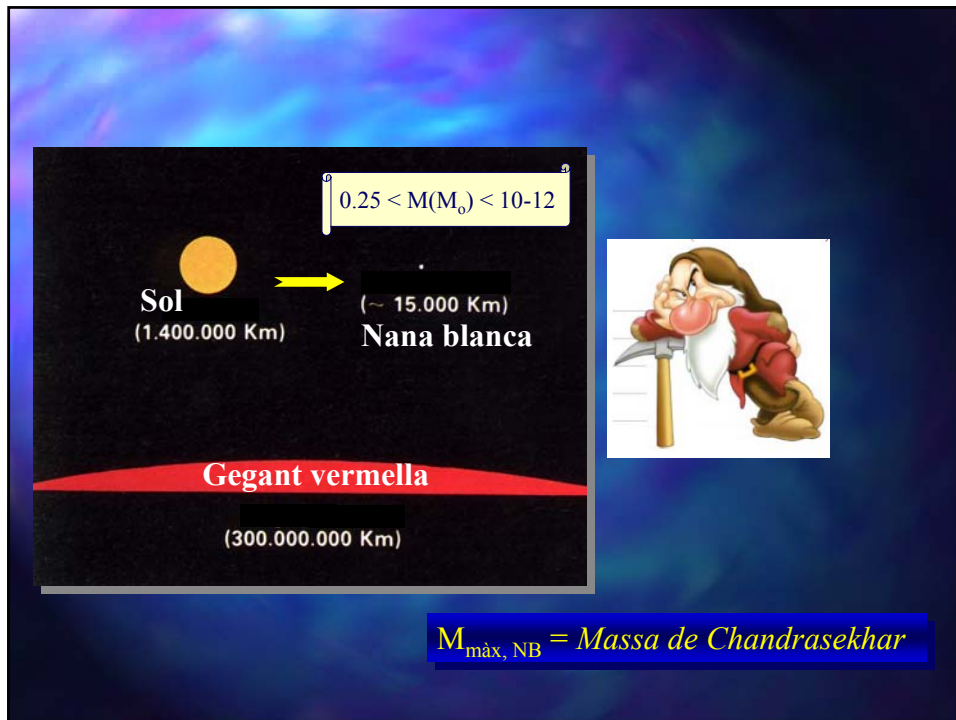


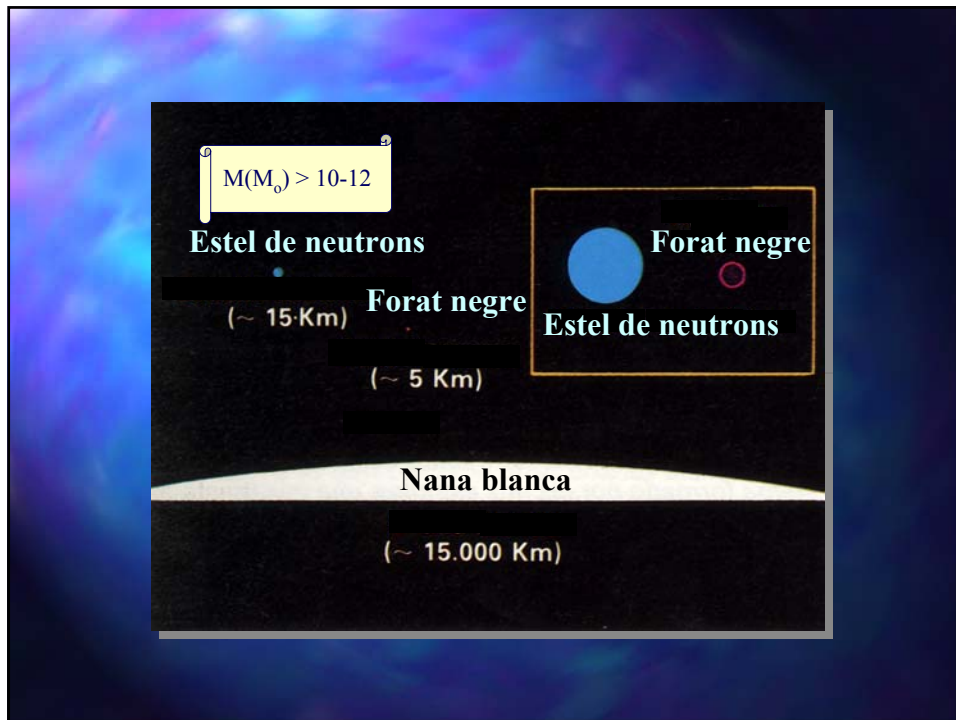
Sistema Bellus-Zyra:
 Bellus, estel gegantí, 12
 vegades major que la Terra!
 ($0.1 R_{\text{Sol}}$) ➔
 $M \sim M_{\text{Jup}} \ll M_{\text{min. estrella}}$









Forats negres

Un matí de l'any 1666... Un accident natural sota un sol encisador

D'alguna cosa va servir el 'nyanyo' aquest...

Mr. Isaac

→ **Llei de la Gravitació Universal (I. Newton, 1687)**

Velocitat mínima per a escapar del camp gravitatori d'un cos massiu (estel, planeta, lluna...):

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{2GM/R} = \sqrt{2g_s R}$$

LA ECOLOGÍA ES EL NUEVO COMUNISMO, Y LO DEL CAMBIO CLIMÁTICO ES LA TAPADERA DE LOS AMIGOS DE ZAPATERO PARA DISIMULAR QUE NOS HA METIDO EN UNA CRISIS DE ORPAGO.

¿QUÉ OPINA DE LA LEY DE LA GRAVEDAD?

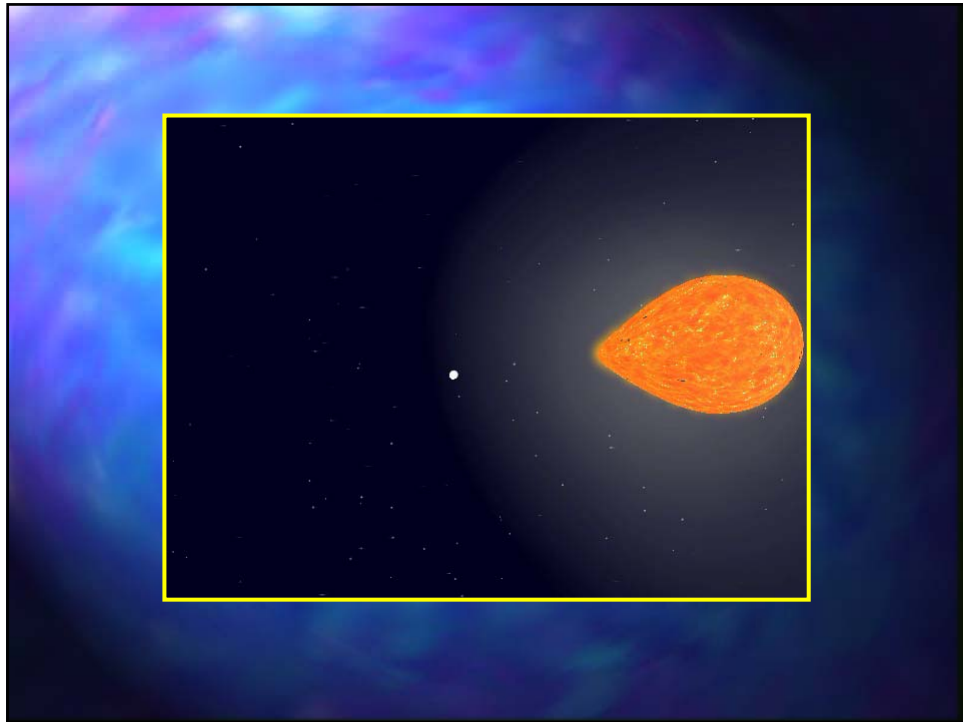
QUE NO ES TAN GRAVE COMO DICEN.

Cos	Massa (M_T)	Radi (R_T)	V_{esc} (km/s)
Terra	1	1	11.2
Lluna	0.01	0.27	2.4
Mart	0.11	0.53	5
Júpiter	318.1	11.24	60
Sol	330 000	109	617
Estel de neutrons	500 000	0.002 (15 km)	200 000
Forat negre	M	$R_{Sch} = 2 G M / c^2$	>c

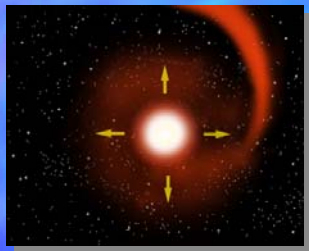
Sistemes estel·lars binaris

Fenòmens explosius en sistemes binaris:

- Noves clàssiques [Nanes blanques]
- Supernoves (SN Ia) [Nanes blanques]
- X-ray bursts* [Estels de neutrons (+RG)]



Noves i supernoves:



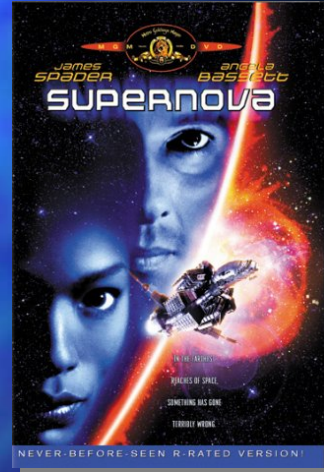
Ejecció de matèria

Evolució química de la Galàxia, emissió d'alta energia (telescopis espacials), formació de grans i pols...

Què és una Supernova?



Supernova (1992), dir.: J. Miñón



Supernova, el fin del Universo (2000, Supernova), dir.: W. Hill

Supernoves: la mare de totes les explosions



- * **Supernoves termonuclears** (SN Ia): explosions de nanes blanques en sistemes binaris (no deixen romanent) → **Factories galàctiques de Fe!**
- * **Supernoves de col·lapse gravitatori** (SN II, SN Ib/c): explosions d'estrelles massives ($M \geq 10 M_{\odot}$) (romanents: **estel de neutrons** o **forat negre**)

$$v \sim 10^4 \text{ km/s}, E \sim 10^{51} \text{ erg}, M_{\text{ej}} \geq M_{\odot}$$

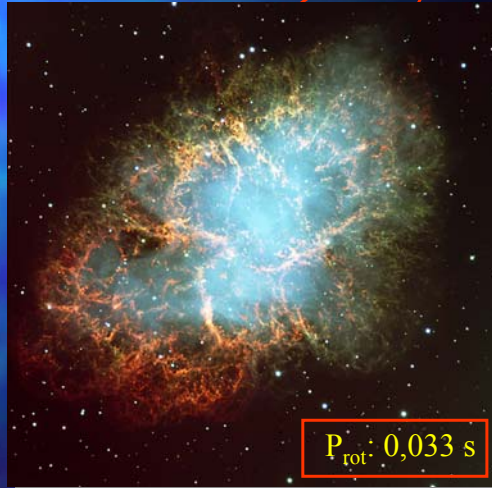
Freqüència: ~1 supernova cada 30 anys per galàxia

Supernoves històriques

185 aC, 386, 393, 1006, 1054, 1181, 1572, 1604

"Durant el 5^e mes del primer any del regnat Chih-ho [4 de juliol, 1054], una estrella invitada va aparèixer pel matí al costat del guardià est T'ien-kuan [ζ Taur]. Fou visible durant el dia, com Venus. De tots els seus costats, s'emetien raigs i el seu color era blanc-vermellós. Fou visible durant 23 dies."

Sung-hui-yao

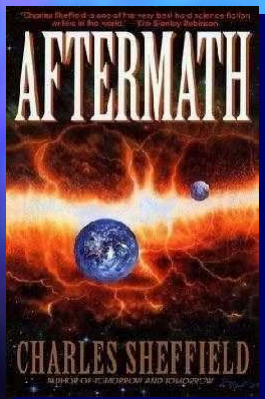


Gravats anasazi, Chaco Culture Nat'l Historical Park, NM



Es troba la humanitat amenaçada per explosions de supernova?

I. Shklovskii, C. Sagan: supernoves com a possibles responsables d'alguns episodis d'extinció massiva de la Terra?



$P_{\text{ona exp.}} > P_{\text{vent solar}} \rightarrow 150 \text{ anys-llum}$

^{60}Fe = Empremta dactilar d'una explosió de SN
($\tau = 1,5 \text{ Ma}$)
 $\rightarrow$ Descobert al fons oceànic terrestre

Possibles efectes: reducció 20-60% de la concentració d'ozó atmosfèric
 $\rightarrow$
* fitoplàncton
* extinció de moluscs

$\rightarrow$ Registres fòssils de fa 2 Ma (Pliocè/Pleistocè)

Escenaris associats: γ -ray bursts (GRB)

GRB = explosions de raigs γ , molt energètiques, de curta durada (0.001 - 1000 s) i extraordinària freqüència (3 GRB/dia)

Origen: formació d'estrelles de neutrons i/o forats negres a escala cosmològica en SN hiperenergètiques (controvèrsia!)

Efectes possibles segons alguns models teòrics de GRBs: catastròfics per a la vida a la Terra (inclús a nivell submari o subterrani)

Probabilitat d'aquest esdeveniment: 1 cada 70 milions d'anys ~ promig d'extincions massives terrestres!

Resol això la paradoxa de Fermi?





Moltes gràcies per la vostra atenció!

⊗ VI Jornada de Física i Química a l'IEC
L'astronomia, ciència fronterera
Barcelona, 4 de novembre de 2009

Jordi José

<http://www.fen.upc.edu/users/jjose>

Explosions estel·lars: fars a l'oceà còsmic