



15 Aprile 2008

**G.A.T.**

7° Corso di Aggiornamento per insegnanti

6° Lezione  
**L' IMPORTANZA DELLE SUPERNOVAE**  
 1° parte: nascita delle stelle

Rel. Federico MANZINI

Joseph Howard

# Una Stella è nata

Come nasce una stella

Prof. Federico Manzini  
 Stazione Astronomica di Sozzago  
 (IAU A12)

## Una situazione nebbiosa

Consideriamo una larga nube (grandissima!)

- **Massa:** 100-1000M<sub>⊙</sub>
- **Temperatura:** da 20K (-250°C) a 100K (-170°C)
- **Densità:** circa 10 atomi/cm<sup>3</sup> (a livello del mare: 3x10<sup>19</sup> molecole → 30.000.000.000.000.000 molecole/cm<sup>3</sup>)

In parole povere: ... un ambiente freddo e quasi completamente vuoto.

## Esaminiamo una regione di formazione stellare

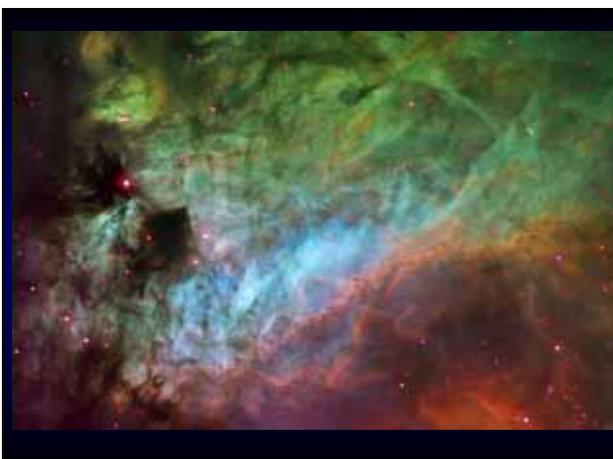


## Regioni di Formazione stellare



M42 (and M43) © Anglo-Australian Observatory Photo by David Malin





## Processi nella nebulosa

Due processi agiscono per modificare la forma della nebulosa originaria.

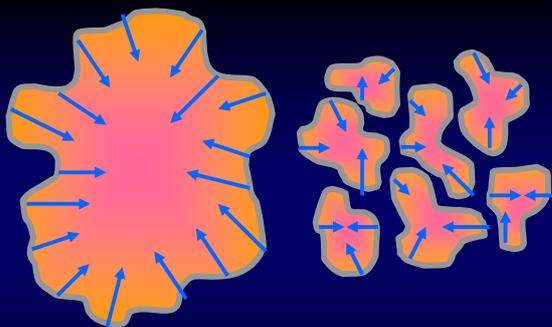
1. Energia Termica (Cinetica): il “calore” tende a disperdere la nube.
2. Gravità : tende a forzare la contrazione.

## Costruire una stella??

Questi due processi agiscono in opposizione l'uno all'altro. Quale vince?

Almeno qualche volta deve vincere la gravità perchè si formi qualche stella.

Le stelle nascono dal collasso di una grande nube, seguito da parecchi altri collassi secondari o “**frammentazioni**” che hanno avuto luogo durante il collasso generale della nebulosa primaria.



Affinchè la nebulosa possa collassare: la massa, il raggio e la temperatura devono essere in accordo perchè la gravità prenda il sopravvento.

## Scenari di formazione stellare

### Collasso spontaneo

La nebulosa si trova nelle più fortunate circostanze ed inizia essa stessa un movimento verso il collasso gravitazionale.

### Collasso forzato

Un “evento” nei pressi della nebulosa crea una interazione con il suo materiale e lo comprime a partire dal bordo, così può iniziare un collasso. In che modo può capitare ciò?

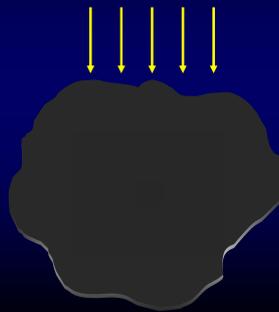
## Formazione Stellare Forzata

**Collisioni fra Nebulose:** due nubi di varia dimensione e temperatura possono collidere causando anche il collasso gravitazionale di ambedue, perchè durante la loro collisione la rispettiva densità tende ad aumentare.

**Onde d'urto da Supernovae:** la morte violenta di una stella vicina (o di più stelle) spinge letteralmente la nube verso la condizione di collasso.

**Onde di Densità:** all'interno del materiale galattico (stelle, nebulose, etc) sembrano esservi zone in cui la densità del materiale è maggiore. Queste zone possono interagire con le nebulose spingendole al collasso.

## Ripasso



Quando la nube inizia a collassare per gravità, si **frammenta** in “bolle” che si contraggono in singole stelle.

Le “bolle” splendono debolmente nelle radioonde o nelle microonde perchè sono veramente fredde.

Mentre si contraggono, si riscaldano gradualmente e iniziano a risplendere nell'infrarosso, ma rimangono nascoste dalle polveri della nebulosa originaria.

## Ora costruiamo una stella

Partiamo con una nebulosa enorme di 100-1000 $M_{\oplus}$  & 100 K

La nube inizia a collassare.

Può procedere anche la Frammentazione.

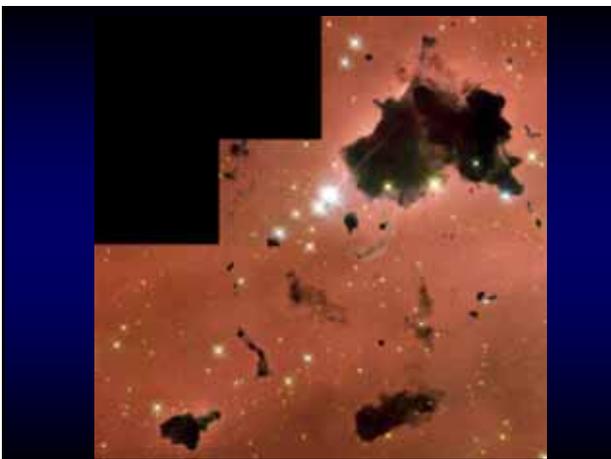
Le nubi più piccole continuano a collassare e si produce sempre più frammentazione.

Finchè si raggiunge una più ragionevole massa nebulare di circa 1 $M_{\oplus}$

Continueremo ad osservare cosa avviene all'interno di una di queste "nebulosette"

## Passi verso una Nuova Stella

1. **La nebulosa** inizia il collasso. ( $D \uparrow, T \uparrow$ ) La densità e la temperatura iniziano a crescere!
2. Il nucleo della nebulosa si riscalda fino a circa 1000K  $\rightarrow$  2000K. Il materiale della nebulosa inizia ad aumentare molto la sua densità ( $D \uparrow$ ).



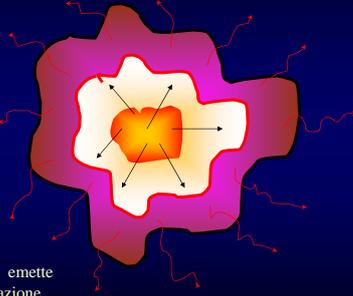
## Passi verso una Nuova Stella

3. La "Polvere" e le regioni più esterne della nube diventano dense tanto da assorbire radiazione e iniziano a splendere in infrarosso.

**Radiazione di corpo nero:** ogni oggetto riscaldato produce la sua stessa radiazione elettromagnetica che dipende solo dalla sua temperatura.

## Passi verso una nuova Stella

4. Questa "protostella" è un nucleo caldo con un involucro esterno I.R.. Ha alta luminosità (a causa delle sue larghissime dimensioni - anche  $10^3 R_{\odot}$ ), ma è ancora un oggetto relativamente freddo.



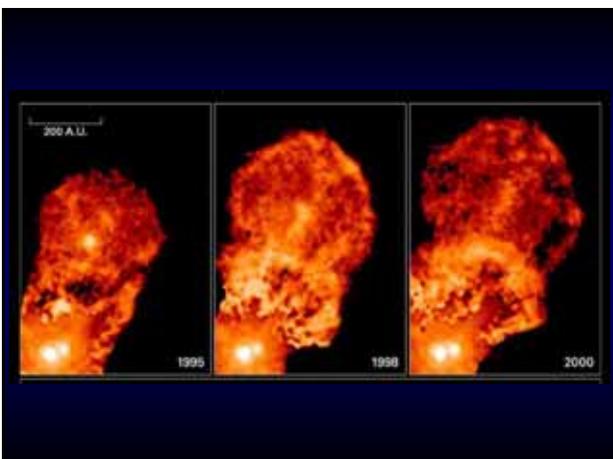
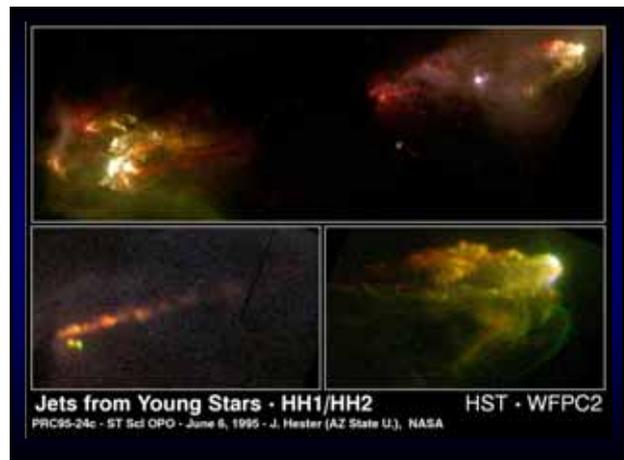
Quando la protostella si contrae, emette nubi di gas lungo il suo asse di rotazione.

Questi sono chiamati oggetti **Herbig-Haro**

## Passi verso una nuova Stella

5. Il nucleo continua a riscaldarsi! (D ↑, T ↑)
6. (Luminosità ↑, T ↑) La luminosità prodotta dal riscaldamento del nucleo tende a fuoriuscire e a far evaporare il "guscio" esterno, esponendo il nucleo caldo. Quando la protostella inizia ad "illuminarsi", la sua luminosità può variare, e le regioni circostanti possono essere riempite con il materiale rilasciato dalla nebulosa.

Questo tipo di oggetti è chiamato stella **T-Tauri**.



## Passi verso una nuova Stella

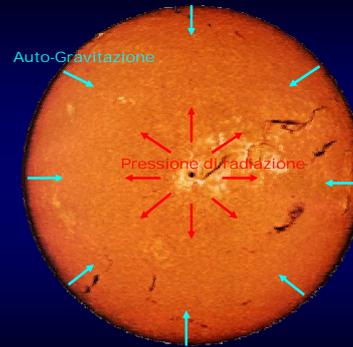
7. Il nucleo continua a collassare e a riscaldarsi finchè raggiunge circa 10-15 milioni di gradi Kelvin !! Questo vuol dire **caldissimo!!**
8. Quando è raggiunta questa temperatura nella zona più interna del nucleo della protostella, iniziano le **reazioni nucleari** e possiamo dire ora che "**Una Stella è nata!**"

## Una Stella è Nata!

9. La Pressione che ora si genera nel nucleo a causa di questi processi ferma il collasso gravitazionale della stella. La stella è circondata da gas e polvere e questo può essere il momento in cui un ulteriore collasso gravitazionale differenziato da origine ai pianeti. **Formazione di pianeti per ogni stella?**

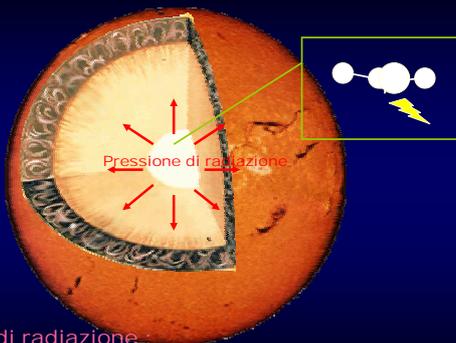
10. La nostra Stella è ora sulla **“Sequenza principale.”**

## Come funziona una stella?



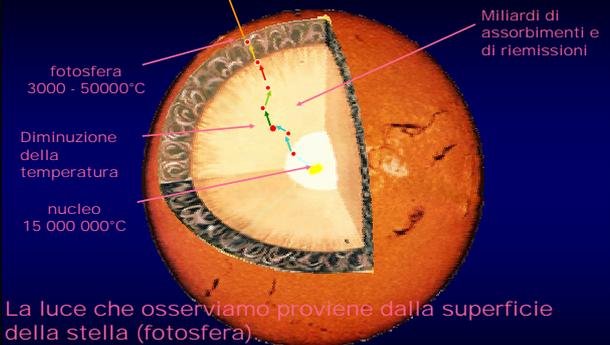
Si ottiene una stella in equilibrio

## Come funziona una stella?



Pressione di radiazione... proviene dalle reazioni nucleari al centro della stella.

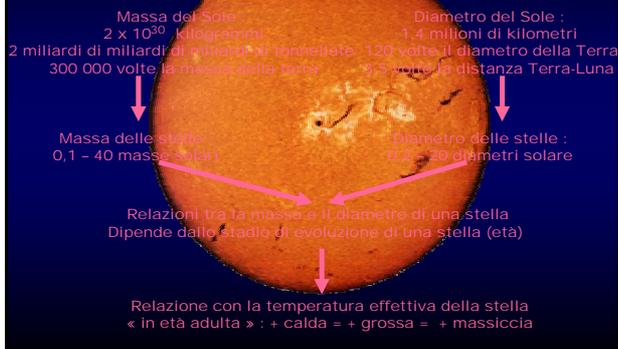
## Come funziona una stella?



La luce che osserviamo proviene dalla superficie della stella (fotosfera). Il « colore » di questa luce dipende dalla temperatura della superficie della stella

## Come classificare le stelle

massa e diametro



## La composizione finale di una stella

10% atomi di elio

Helium

Tutti gli altri elementi

1% di tutti gli altri atomi

Hydrogen

90% atomi di idrogeno

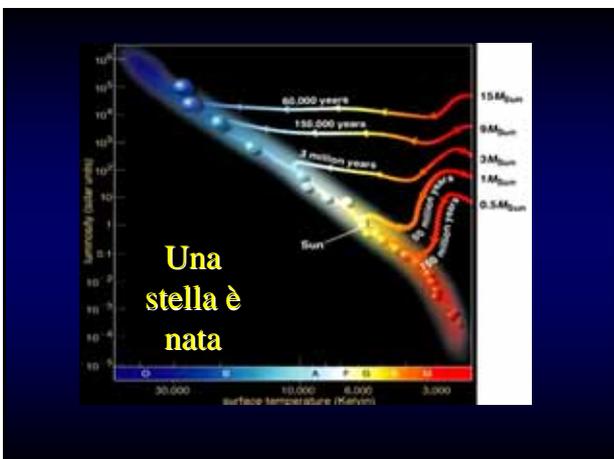
**L'abbondanza di tutti gli altri elementi incrementa gradualmente con il tempo e sono creati solo all'interno delle stelle !!**

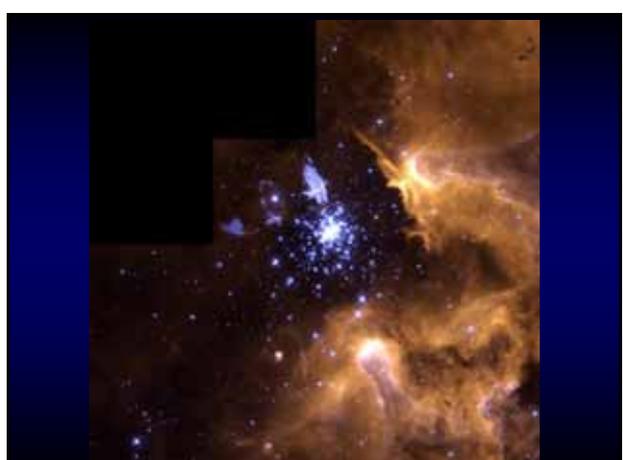


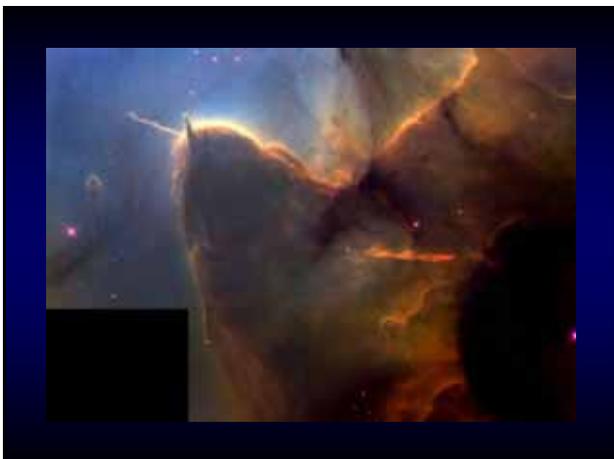
### Quanto ci vuole per fare una Stella?

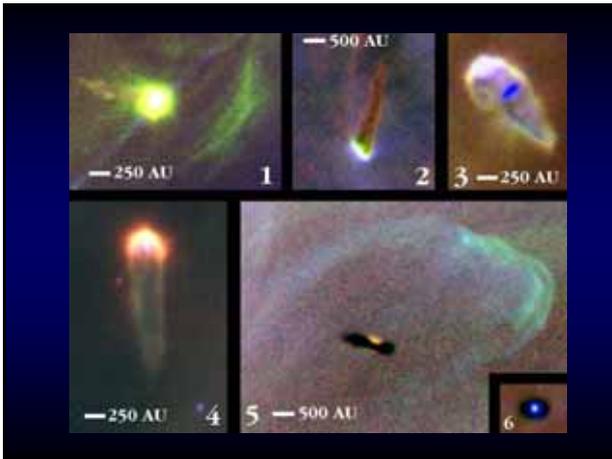
Quanto richiede questo processo? (Contraazione – per formare una stella di “Sequenza Principale” ?)

0.1M <sub>☉</sub>	→	1 miliardo di anni
1.0M <sub>☉</sub>	→	30 milioni di anni
2.0M <sub>☉</sub>	→	8 milioni di anni
15M <sub>☉</sub>	→	160,000 anni



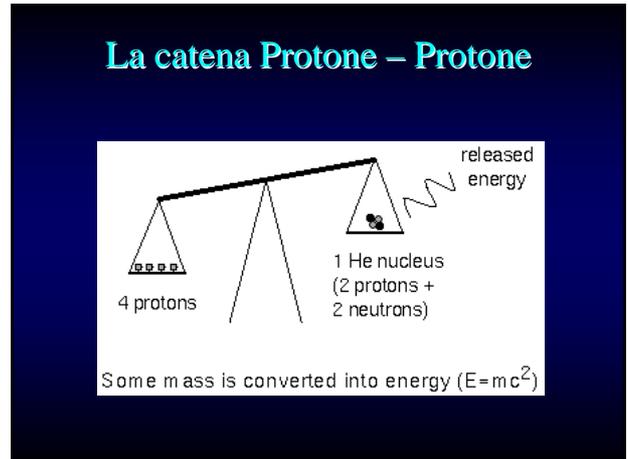






**La catena Protone – Protone**

Fusione Nucleare & Stelle



**Legenda**

- Protone
- Neutrone
- Positrone ( $e^+$ )
- Neutrino ( $\nu$ )
- Raggio  $\gamma$

**Primo passo**

$1H + 1H \rightarrow 2H + \nu + e^+$

**Legenda**

- Protone
- Neutrone
- Positrone (e<sup>+</sup>)
- Neutrino (ν)
- ~ Raggio γ

**Passo 2**

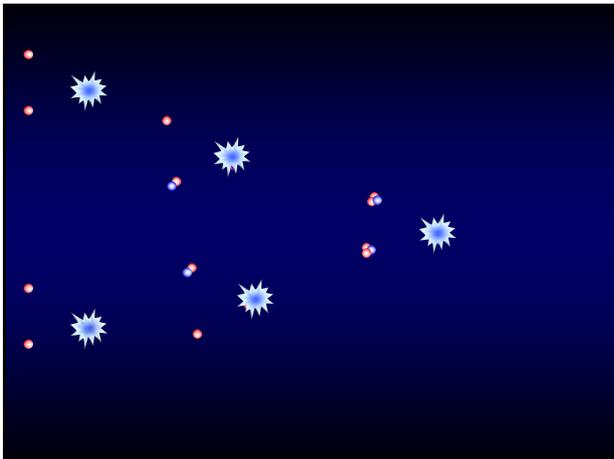
$1\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 2\text{He} + \gamma$

**Legenda**

- Protone
- Neutrone
- Positrone (e<sup>+</sup>)
- Neutrino (ν)
- ~ Raggio γ

**Passo 3**

$3\text{He} + 3\text{He} \rightarrow 4\text{He} + 1\text{H} + 1\text{H}$



**L'origine degli Elementi**

Il processo con cui gli elementi (nuclei) sono creati (sintetizzati) è chiamato **nucleosintesi**

La nucleosintesi è iniziata con la creazione dell'universo e continuerà per sempre

Gli elementi creati si collegano ad altri per formare qualunque materiale a noi noto, anche noi stessi !!

**Il calendario della vita**

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	
December											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
23	24	25	26	27	28	29	30	31			
<p>15:15am Apes appear</p> <p>8:24pm First human ancestor to walk upright</p> <p>10:40pm Homo erectus appears</p> <p>11:14am Anatomically modern humans appear</p> <p>11:59-45pm Invention of writing</p> <p>11:59:50pm Pyramids built in Egypt</p> <p>1 second before midnight: Voyage of Christopher Columbus</p>											

## L' Universo in un Giorno

Evento	Quando succede
<b>Big Bang</b>	<b>12:00:00 mezzanotte</b>
Si formano i primi Atomi	12:00:08 a.m.
<b>Si formano Stelle e Galassie</b>	<b>12:29:00 a.m.</b>
Nasce il nostro Sole	4:00:00 p.m.
<b>Nasce la Terra</b>	<b>4:38:00 p.m.</b>
Si forma la Luna	4:48:00 p.m.
<b>Primi segni di vita sulla Terra</b>	<b>5:55:00 p.m.</b>
Prima vita multi-cellulare sulla Terra	10:53:00 p.m.
<b>Appaiono i Dinosauri</b>	<b>11:41:00 p.m.</b>
Muiono i Dinosauri	11:54:00 p.m.
<b>Si forma la specie Umana</b>	<b>11:59:56 p.m.</b>
Oggi	12:00:00 mezzanotte di oggi
<b>Il Sole diventa una Gigante Rossa</b>	<b>8:00:00 a.m. domani</b>
Il Sole diventa una Nana Bianca	8:19:00 a.m. domani