



15 Aprile 2008

7° Corso di Aggiornamento per Insegnanti

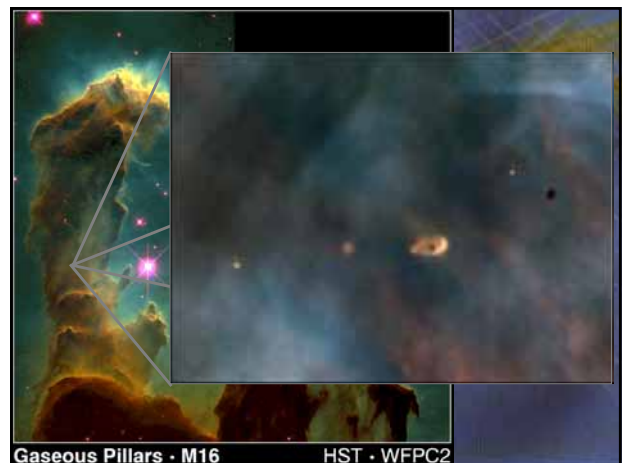
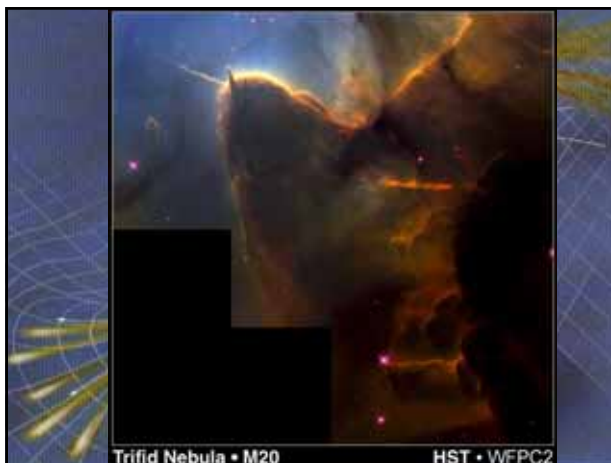
6° Lezione  
**L' IMPORTANZA DELLE SUPERNOVAE**  
 2° parte: morte delle stelle

Rel. Federico MANZINI



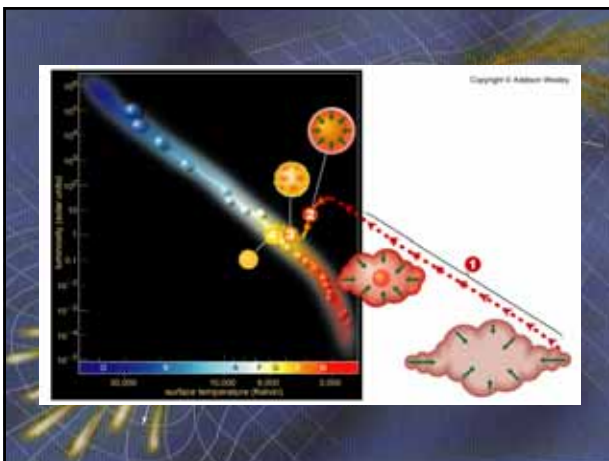
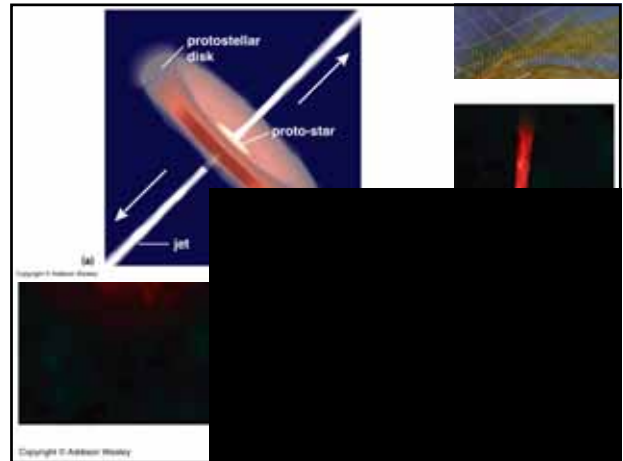
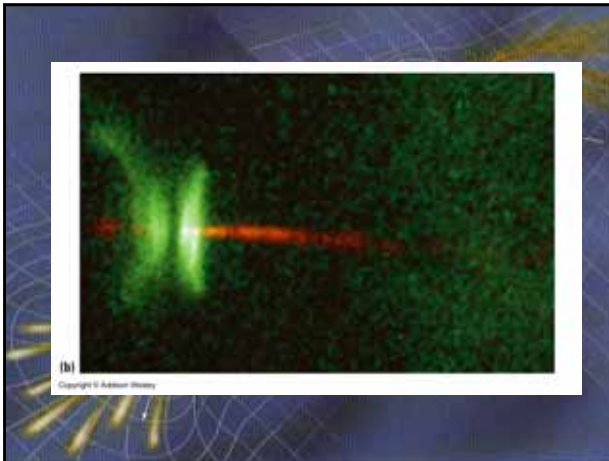
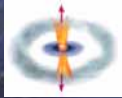
**Vita e morte di una stella**

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



## La vita di una stella

1. Una stella inizia la sua vita come tutte le altre stelle come nube di idrogeno molecolare.
2. Questa nube collapsa per gravità in un nucleo.
3. In circa un milione di anni si forma un piccolo, caldo e denso nucleo chiamato protostella.



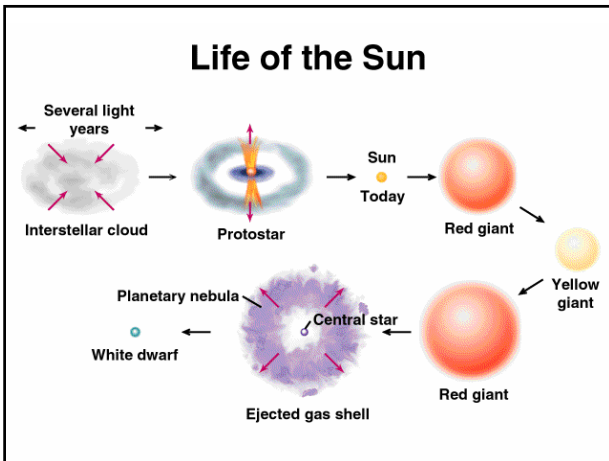
4. Quando la temperatura raggiunge i  $10^8$  K, nel nucleo inizia la fusione che trasforma la protostella in una stella di sequenza principale.


Sun  
Today

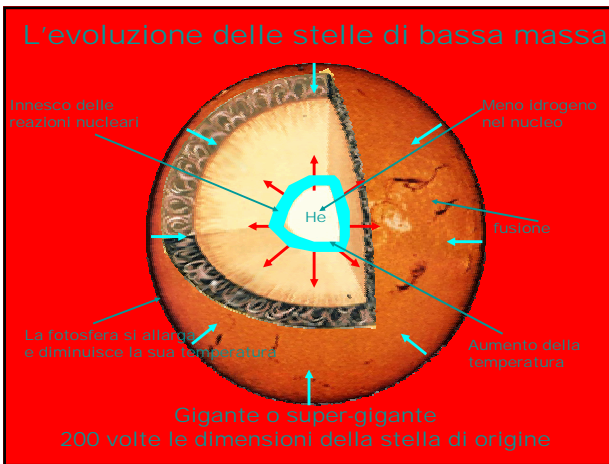
5. Stelle di massa solare rimangono in sequenza principale per circa 10 miliardi di anni e più.

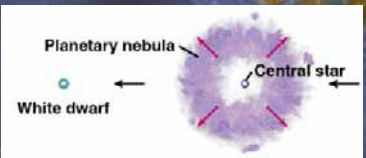
Nota: Stelle di grande massa stanno sulla sequenza principale per circa 1 miliardo di anni.

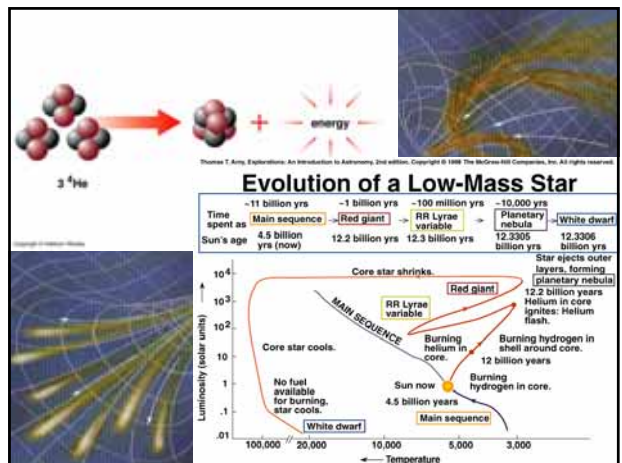


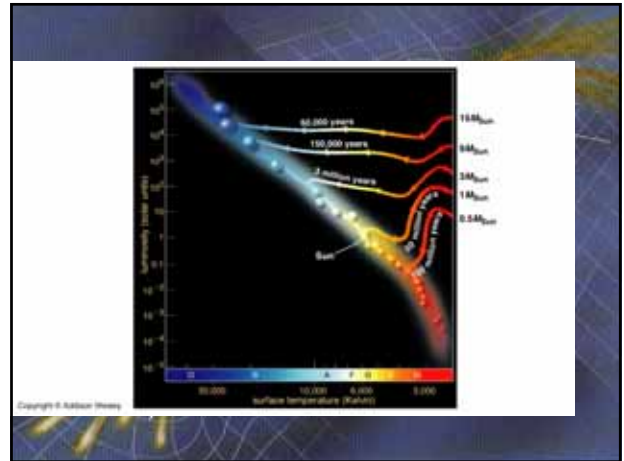
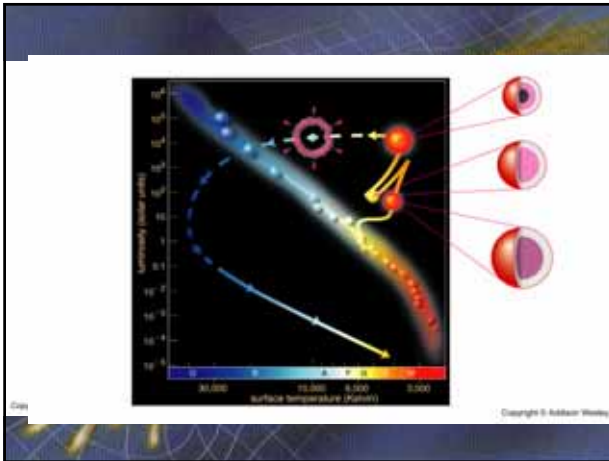


- 6. La fusione dell'idrogeno inizia in uno shell attorno al nucleo e la stella si espande in una Gigante Rossa. 
- 7. Dopo che gran parte dell'idrogeno è fuso in elio, inizia la fusione dell'elio in un evento chiamato il Flash dell'Elio.
- 8. Le stelle divengono allora instabili e iniziano a pulsare come variabili RR Lyrae o variabili Cefei.



- 9. Quando una stella inizia a "bruciare" elio in carbonio, la pressione di radiazione spinge via gli strati esterni e crea una Nebulosa planetaria. 
- 10. Ciò lascia un nucleo esposto e la stella è chiamata Nana Bianca. Queste stelle hanno lo stesso diametro del pianeta Terra.



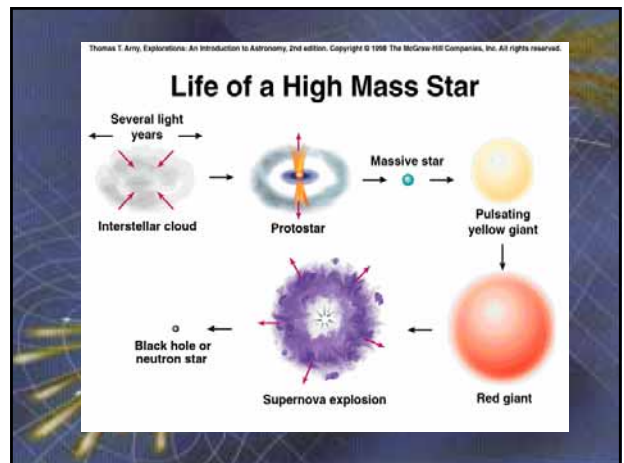
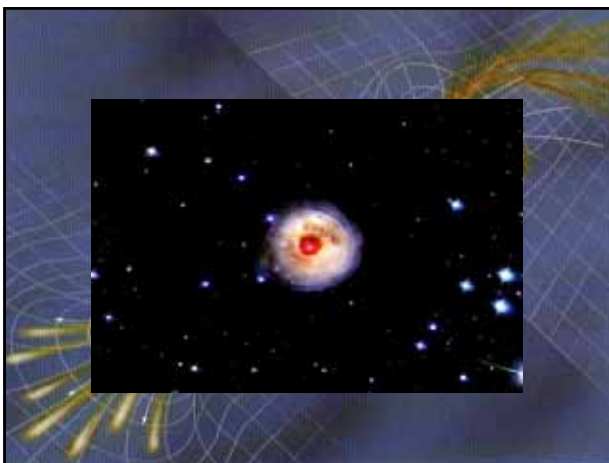
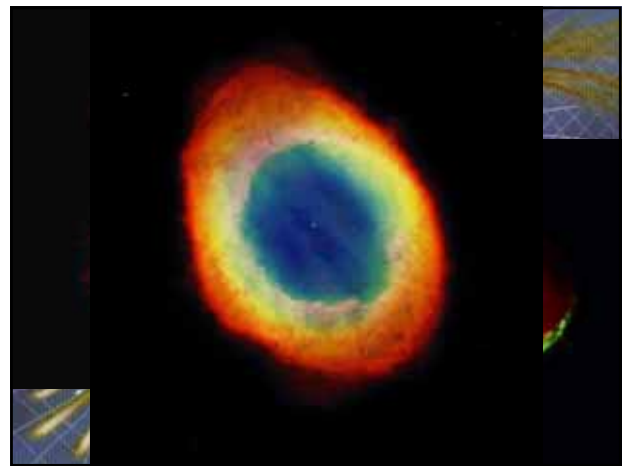


**Fine della vita...**

... per stelle con massa inferiore a 6 Masse solari: eiezione dell'involuppo esterno della stella

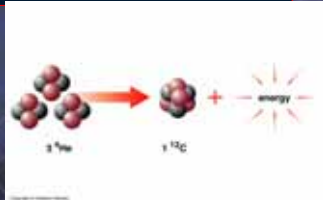
**Nebulosa planetaria + nana bianca**

Taglia dell'ordine di quello della Terra. Massa +/- della stella originaria. La sua temperatura diminuisce progressivamente...



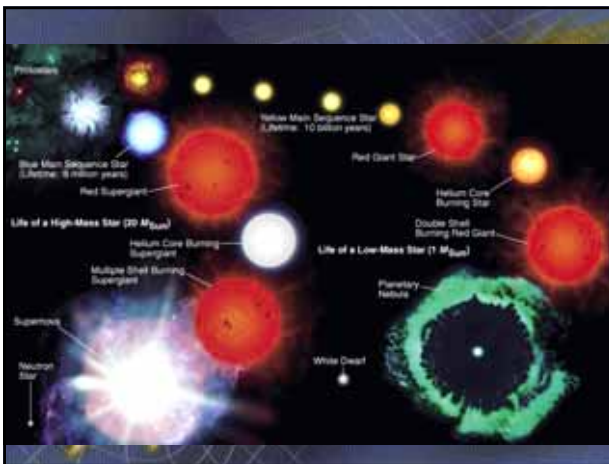
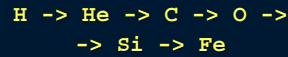
- Punti da 1 a 5: come prima...
  - Nube interstellare
  - Nucleo denso
  - Protostella
  - Stella di sequenza principale
- 6. Quando una stella di grande massa esaurisce l'idrogeno nel suo nucleo, lascia la sequenza principale e inizia la fusione dell'elio.

### Evoluzione di una stella di grande massa

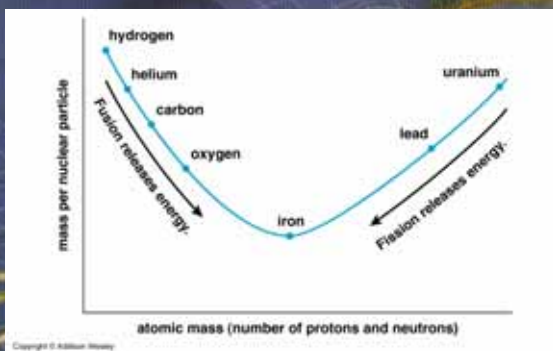
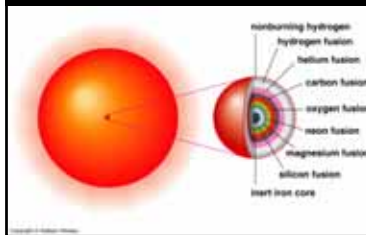
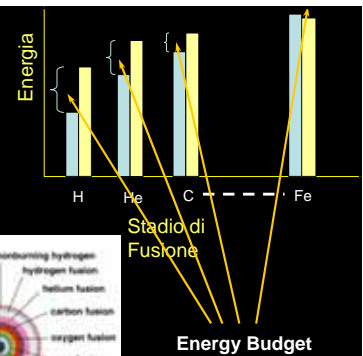


- 7. La stella diviene una Supergigante Rossa dopo alcuni milioni di anni dall'inizio della fusione dell'elio.

- 8. Quando termina l'elio, inizia la fusione di elementi più pesanti. Questo processo è detto nucleosintesi.

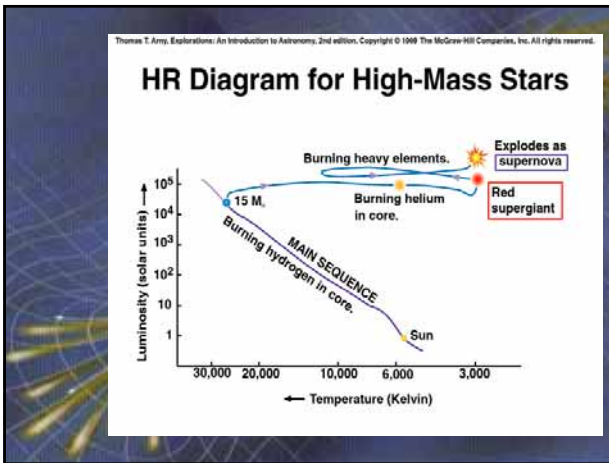


Una stella di grande massa sviluppa un nucleo a "cipolla"



- 9. Una stella con un nucleo di ferro ha terminato il "combustibile".
- Motivo: gli atomi di Ferro non possono esseri fusi e rilasciano energia.
- 10. Il nucleo crolla per la pressione ridotta e il nucleo di ferro si converte in neutroni.
- 11. La pressione nel nucleo allora sorge imponente e spinge gli strati esterni in una esplosione titanica: una supernova!





### Fine della vita...

... per stelle di grande massa, superiore a 6 Masse solari.

Supernovae

Pulsar e stelle di neutroni

Buco nero

rimane il nucleo stellare: circa 1,5 masse solari  
→ solo 20 km !!!  
Densissimo, gravità elevatissima.  
Un cucchiaino da cucina peserebbe 400000 tonnellate

rimane il nucleo stellare 1,5 - 3 masse solari  
→ meno di 10 km !!!  
Gravità tanto forte da deviare e « assorbire » i raggi di luce

→ → →

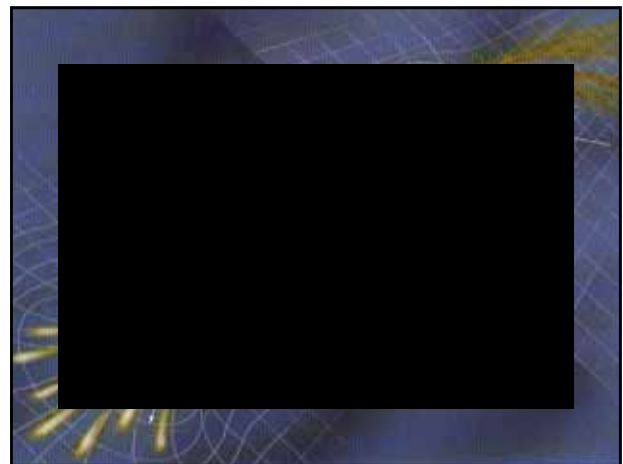
### Le supernovae

**Nova** → significa "nuova stella", ma sono esplosioni stellari

**Supernova** → è una esplosione stellare che segna la fine dell'evoluzione di una stella

**Supernovae di Tipo I** →  
occorrono in sistemi binari dove una stella è una nana bianca

**Supernovae di Tipo II** →  
occorrono quando il nucleo di Ferro di una stella massiccia collassa



### Le stelle di neutroni

- Sono residui stellari di stelle di massa media
  - Si trovano al centro di alcune SN di tipo II.
  - Hanno diametro di circa 10 km.
  - Ruotano in qualche millisecondo (**conservazione del momento angolare**).
  - Hanno masse superiori alla Massa di Chandrasekhar (1.4 masse solari)...

*Conservation of Angular Momentum*

### I buchi neri

- Sono residui stellari di stelle di grande massa
  - Quelle maggiori di 3 masse solari.
  - Hanno una tale gravità che gli stessi fotoni non riescono ad allontanarsi.
  - Si trovano in alcuni sistemi binari e vi possono essere buchi neri giganteschi al centro delle galassie...

### Dimensioni relative

Terra

Nana bianca

Stella di neutroni

### Supernovae di tipo II: SN1987A

- La stella rilascia più energia in pochi minuti di quella che emette in tutta la sua vita.
- La luminosità rimane alta per centinaia di giorni.

### Supernovae di oggi:

<http://www.rochesterastrophysics.org/shiv/adaa/>

### Immagini in tempo reale del Sole:

<http://solar.pbs.com/nasa.gov/data/realtime-images.html>

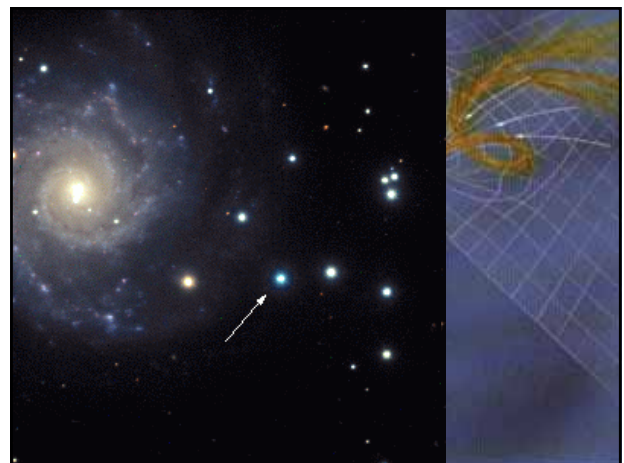
### Output di energia per SN di Tipo I e Tipo II

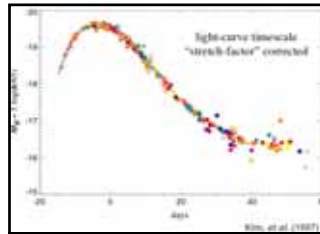
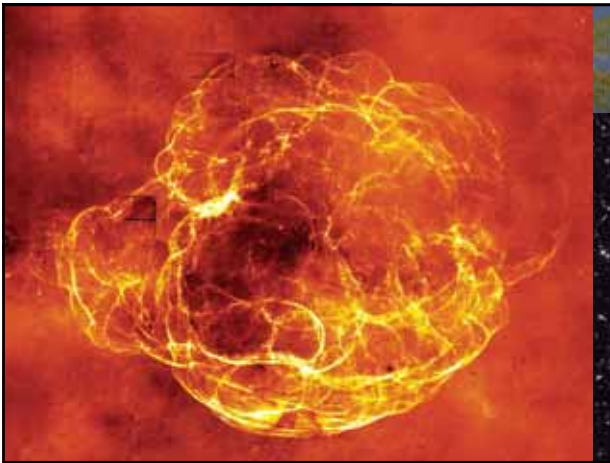
- **Supernovae di Tipo II**
  - $10^{53}$  erg totali,  $\rightarrow 10^{51}$  erg dovuti ad Energia Cinetica degli shell eiettati.
  - $\rightarrow 10^{50}$  erg dovuti alla luce.
  - il resto si trova nei neutrini fuggenti...
- Le Supernovae di Tipo I sono anche più energetiche.

### Tipi di SN

- **Tipo I**
  - Non viene osservato Idrogeno
  - Gli strati stellari esterni sono già mancanti prima dell' esplosione - dovuta ad evoluzione di un sistema binario
  - Si trovano in galassie ellittiche e spirali
  - Sottogruppi sono Ia, Ib e Ic
- **Tipo II**
  - Si osserva l'idrogeno
  - Derivano da stelle di grande massa
  - Si trovano soprattutto nelle braccia delle galassie a spirale

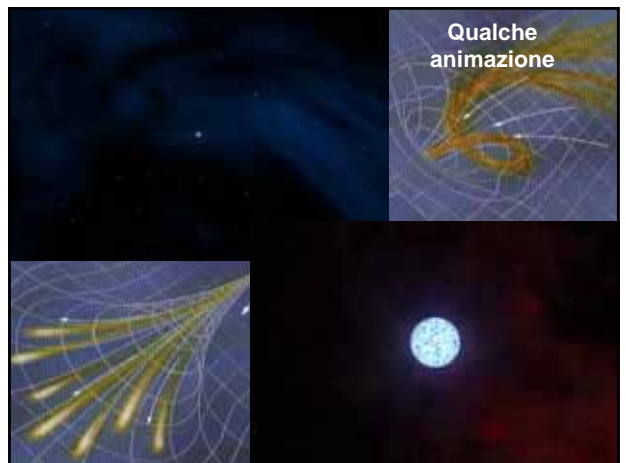
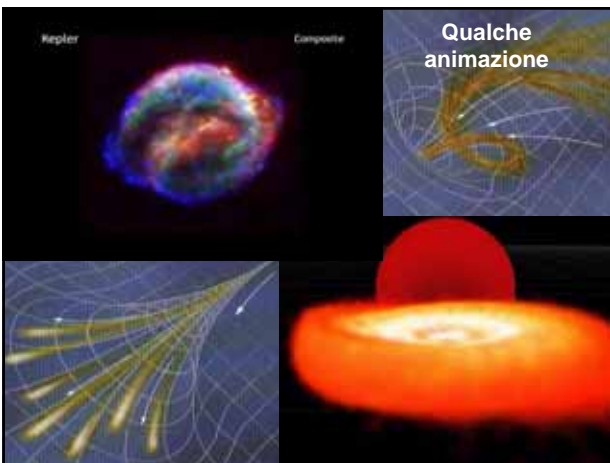
SN1987A



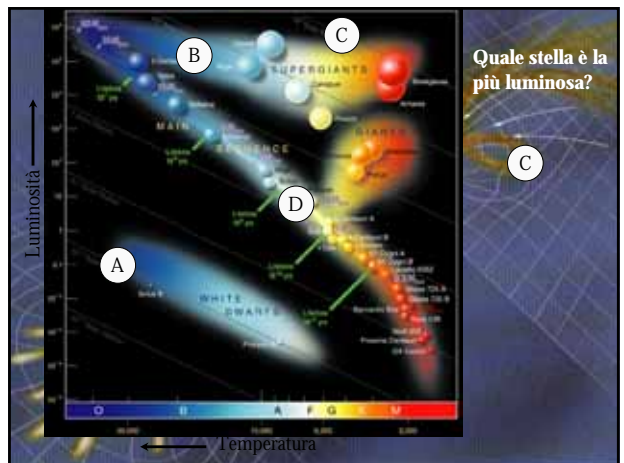
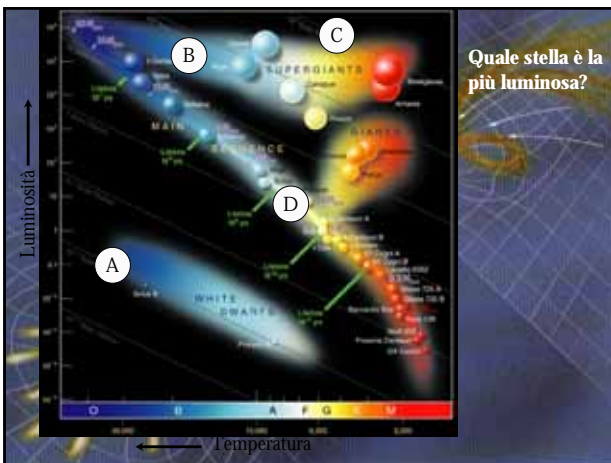
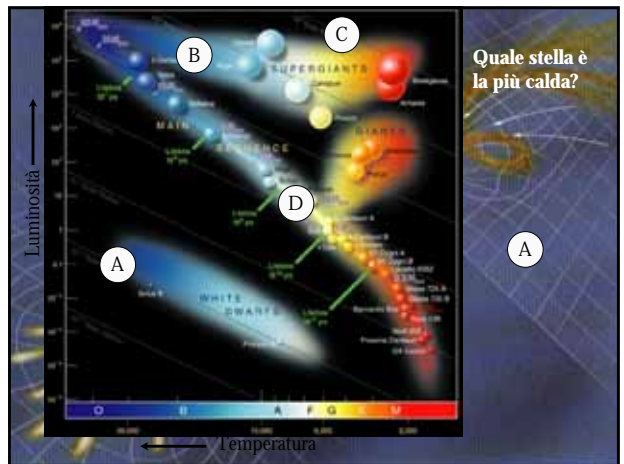
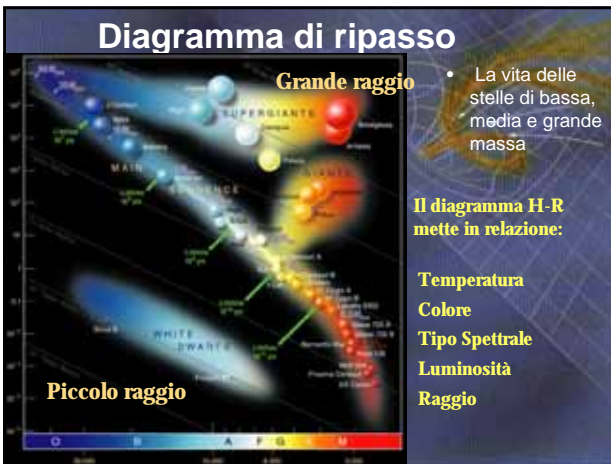
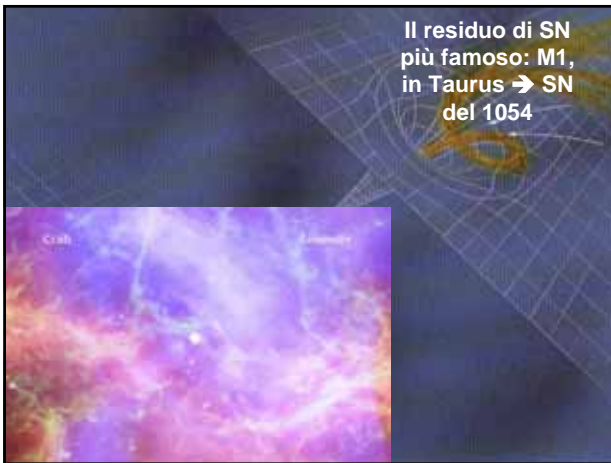


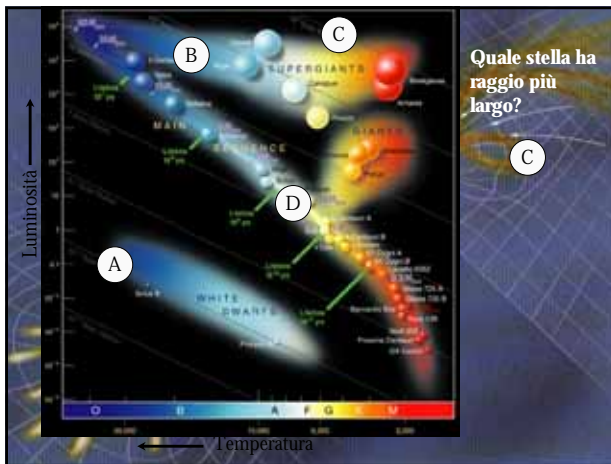
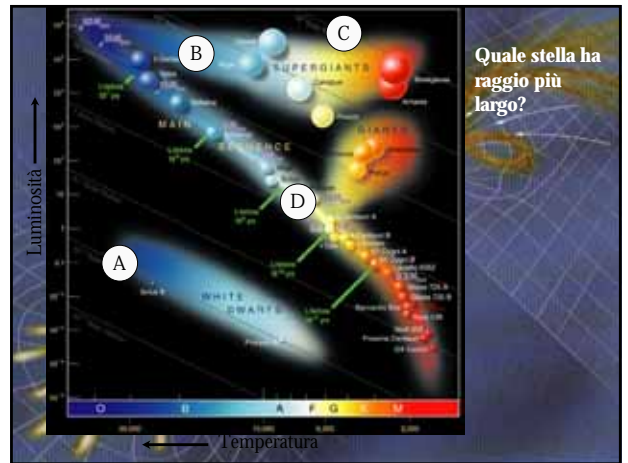
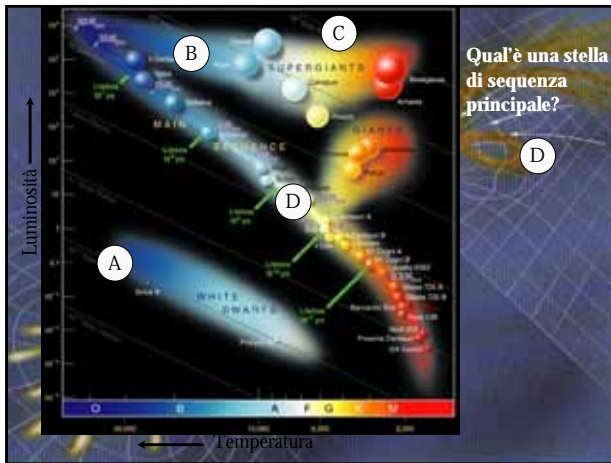
### Distanze delle SN di tipo Ia

- Tutte le SN Ia sono dovute all'implosione di nane bianche di 1.4  $M_{\odot}$ , hanno perciò tutte la stessa quantità di materiale da "bruciare" e quindi producono tutte la stessa luminosità
- Agiscono quindi da candele standard per la misura delle distanze nell'universo
- Il tempo di decadimento della curva di luce è correlato alla luminosità assoluta
- La luminosità deriva dal decadimento radioattivo del Cobalto e del Nickel in Ferro
- Alcune SN Ia si trovano in galassie con variabili Cefeidi
- Ottime per misurare distanze con precisione del 20%









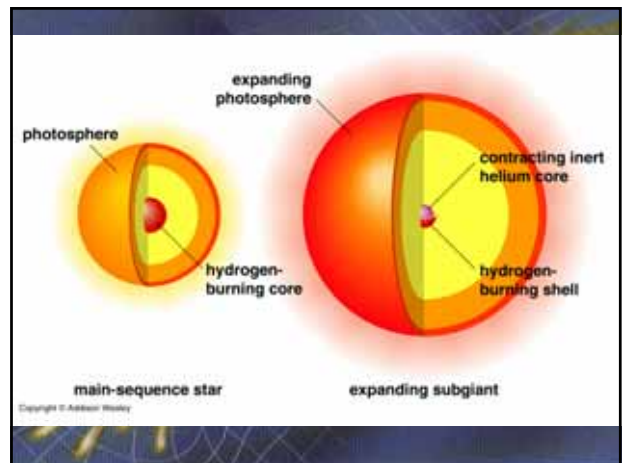
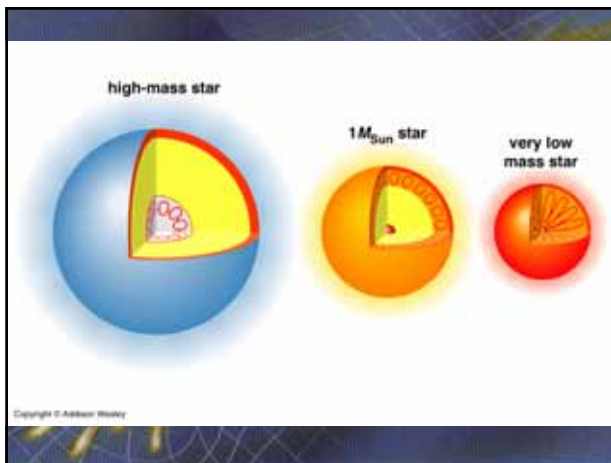
... ripasso

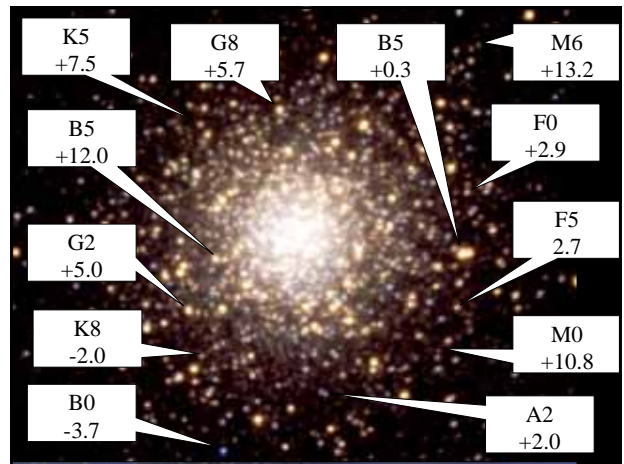
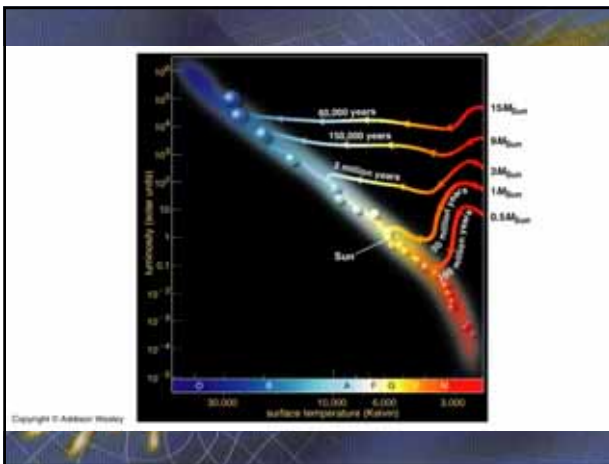
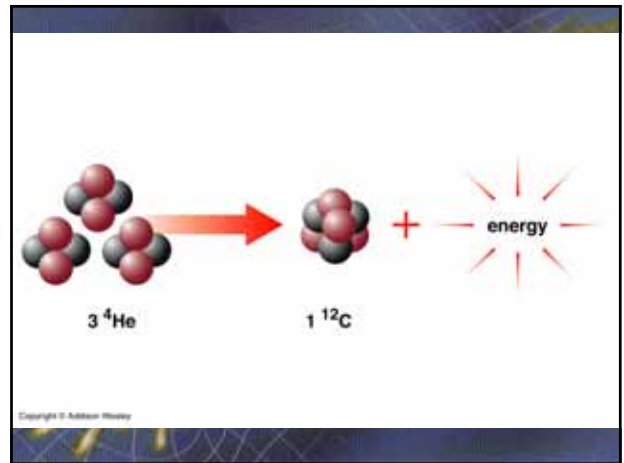
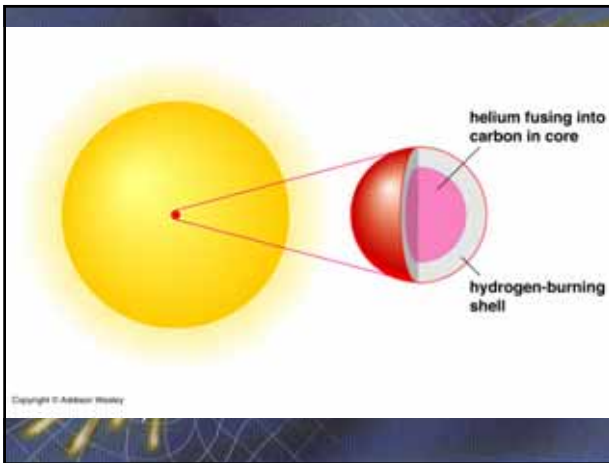
Core Shrinkage as a Star Ages

Hydrogen burning in core → A → Hydrogen burning in shell.

Outer layers expand and cool. A red giant forms.

As fuel is exhausted, outward pressure in core drops, and gravity compresses it. Core contracts. Outer layers expand. Rising heat in contracting core creates pressure that causes outer layers to expand. Shell of H outside core ignites.





## Le supernovae sul web

**Tutorial:**

- [Introduction to Supernovae](#) by Qing Zhang
- [Stellar Death \(en Français\)](#)
- [NASA's Observatorium Stellar Evolution & Death](#)
- [Stellar Evolution](#) chapter of a hypertextbook from the [Electronic Universe Project](#)
- [Nucleosynthesis in Stars](#) chapter of the same hypertextbook as above
- [What is a Supernova?](#), from the [National Maritime Museum/Royal Greenwich Observatory](#)
- [Remanentes de Supernova \(en español\)](#) by Roger Leiton Thompson
- [Supernova Remnants](#) by Dr. David Burrows (PSU)
- [Supernova Remnants](#) by Samuel Lightner
- [Supernovae and Supernova Remnants \(Level 1\)](#) from HEASARC's *Imagine the Universe!*
- [Supernovae \(Level 2\)](#) from HEASARC's *Imagine the Universe!*
- [Supernovae, Supernova Remnants, and Young-Earth Creationism](#) by Dave Moore
- [Goddard Home Page for SNRs](#)

**Pagine di amatori e professionisti osservatori di SNe:**

- [M1 Supernova Page](#) from Agrupación Astronómica de Madrid
- [Astronomical association Jyväskyläns Sirius ry](#)
- [Supernova Images](#) from Kopernik Observatory, NY

## Le supernovae sul web

**Pagine di amatori e professionisti osservatori di SNe :**

- [International Supernovae Network](#), per amatori e professionisti
- [VSNET's Supernovae Page](#)
- [Mr. Galaxy's Supernovae \(a.k.a Wayne Johnson\)](#)
- [Larry Robinson's Supernova Page](#)
- [The OMEGA Group Extragalactic Supernova Search](#)

**Tassonomia:**

- [Dr. M. Richmond's Current Supernovae Taxonomy](#)
- [Supernova Taxonomy by Dr. M. Montes](#)

**Statistica:**

- [Supernova Statistics](#) from the [International Supernovae Network](#)



Clicca sull'immagine per ritornare

## Conservation of Angular Momentum

