

**L'UNIVERSO
Infinitamente lontano
IN UNA SCATOLA**

Breve viaggio alla scoperta del cosmo...
...e della vita extraterrestre

Seminario divulgativo di astronomia e astrofisica

Foto: NASA/ESA, ESA/ESA, ESA/ESA, ESA/ESA, ESA/ESA

Lo spettro elettromagnetico

un solido incandescente o un gas molto distante caldo producono uno spettro continuo

un gas caldo a bassa densità produce uno spettro con righe brillanti ad emissione

Uno spettro continuo, osservato attraverso un gas caldo, viene assorbito diventando uno spettro continuo con righe scure di assorbimento (SOLE)

Elemento chimico = specifiche righe spettrali

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 2

Lo spettro ed il RED-SHIFT

innesco di spettro continuo

nube di gas

spettro con righe di assorbimento

Righe di assorbimento spostate verso il rosso

Foto dello spettro prodotta da Vesto Slipher

Galassia vicina (usata come riferimento)

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 3

Cos'altera lo spettro

effetto Doppler

Red-shift quantistico

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 4

L'idea dell'Universo in espansione ed il BIG BANG

Edwin Hubble, 1929: il cosmo è come un tessuto tirato in tutte le direzioni che allontana tra loro i disegni dipinti sulla sua superficie.

Le galassie non si muovono, è lo spazio che si espande, come l'uvetta in un panettone che lievita non si muove, ma è la pasta che gonfia ed allontana i chicchi d'uva, così avviene per lo spazio tra le galassie l'osservate.

13,7 miliardi di anni + 200 milioni

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 5

Big Bang: due teorie compatibili

Teoria dell'inflazione caotica

Sorto dal nulla (fisico) a causa di un'anomalia quantistica

Particelle e antiparticelle (ordinarie o esotiche) in eterna annichilazione materia prevale sull'antimateria => nascita dello spazio-tempo

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 6

Big Bang: due teorie compatibili

Teoria delle stringhe e collisioni

Il Big Bang è il risultato di una collisione tra brane.

Neil Turok, Università di Cambridge - Paul Steinhardt, Università di Princeton - 2001

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 7

Big Bang: la collisione tra brane

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 8

Universo "finito" o "infinito"?

L'Universo osservabile è finito a causa della velocità della luce.

L'orizzonte cosmico si trova a 13,7 miliardi di anni luce di distanza

Nei tempi trascorsi affinché la luce sia arrivata fino a noi, questo bordo ha continuato ad espandersi...

22 marzo 2013 Profilo B. Sembroni divulgatore per le scuole 9

La fine dell'Universo o una sua rinascita?

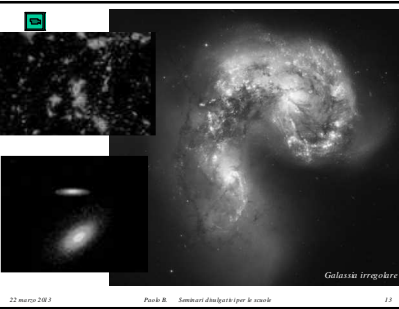
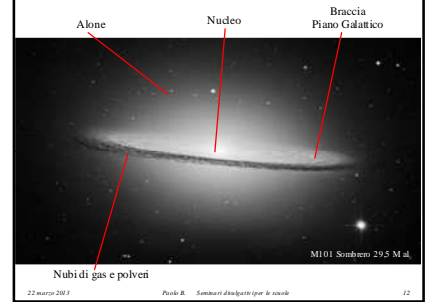
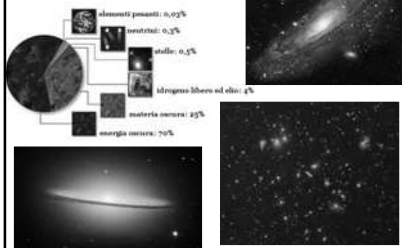
Il grande congelamento o morte entropica
Tra oltre un milione di miliardi di anni
Non ci sarà più energia libera e fine della genesi stellare
Dissoluzione delle galassie - Evaporazione dei buchi neri

Il grande collasso o BIG CRUNCH e BIG BOUNCE
Oltre i 100 miliardi di anni
Espansione regressiva dell'Universo
Contrazione e stato estremamente caldo e denso.
Teoria dell'Universo Oscillante - Gravità Quantistica

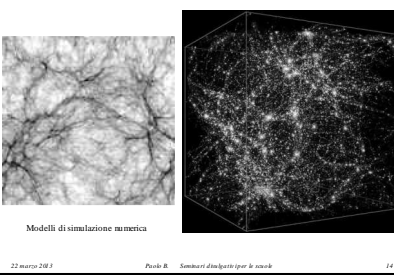
Il grandestrappo - BIG RIP
Oltre i 200 miliardi di anni
Accelerazione illimitata dell'espansione
Lacerazione dei sistemi gravitazionali e degli atomi?
Dissoluzione?



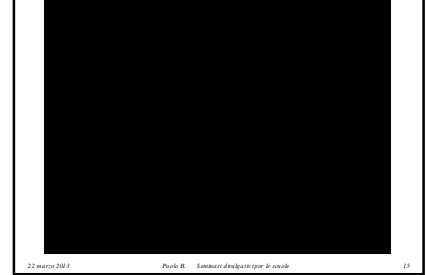
L'Universo conosciuto, oggi.



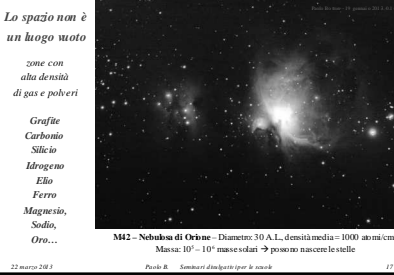
L'aspetto dell'Universo



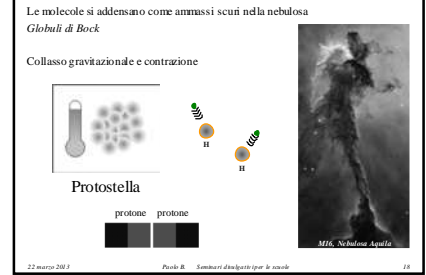
LANIAKEA: l'enorme ragnatela cosmica



Dove nascono le stelle



Nascita di una stella



La fase di stabilità: da protostella a stella

M < 0,08 Ms **nane brune** 0,08 Ms < M < 100 Ms **stelle** M > 100 Ms **ipermovae**

H + H -> D + γ
D + H -> He-3
He-3 + He-3 -> He-4

oltre 10 milioni di gradi
 oltre 10 milioni di atmosfere
 circa 10 milioni di anni

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 19

1 + 1 < 2... Il difetto di massa

$E = mc^2$

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 20

Equilibrio idrostatico

Perché la stella non esploda consumando istantaneamente il combustibile

Pressione radiativa (energia da fusione)

Contrazione gravitazionale (il peso del gas)

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 21

I colori di una stella

Aldebaran - α Tau

Betelgeuse - α Orione

Classe	Temperatura (K/C)	Colore
O	28 000 - 50 000	bluazzurro
B	9 000 - 28 000	blauo-azzurro
A	7 500 - 9 000	blauo
F	5 700 - 7 500	biancoazzurro
G	4 000 - 5 700	giallo
K	3 000 - 4 000	giallorosso
M	1 200 - 3 200	rosso

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 22

Le dimensioni delle stelle a confronto

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 23

Sistemi binari - circa il 65% dei sistemi

Algol - β Persei

Sirius - β Lyrae

Sirius - α Canis Major

Aldebaran - β Cygni

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 24

Aggregati stellari: ammassi globulari e ammassi aperti

M15 (Pegaso)

NGC 869 - NGC 884

M45

M13 (Bicelle)

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 25

Il declino delle stelle: la gigante rossa

9-10 Miliardi di anni; idrogeno nel nucleo in esaurimento

Prevala la pressione gravitazionale il NUCLEO si contrae
 100.000.000° H -> Carbonio
 Flash dell'Elio

Fusione H residuo negli strati esterni
 Espansione dell'involuppo (la stella si gonfia)
 Temperatura superficiale in diminuzione
 Il colore si fa via via più rosso

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 26

La gigante rossa

Terra

Marte

Il Sole nella fase di gigante rossa (diametro = 2 UA)

Il Sole nella sequenza principale (diametro = 0,02 UA)

22 marzo 2013 Paolo B. Samburski divulgatore per le scuole 27

Il destino delle stelle come il sole: le *nane bianche*

$$M_{\text{stella}} < 2 M_{\text{sole}}$$

Elio esaurito ma fusione del carbonio impossibile
Contrazione del nucleo ed espulsione dell'involuppo

Residuo: nucleo caldo e denso (C e O) della stella scoperto...

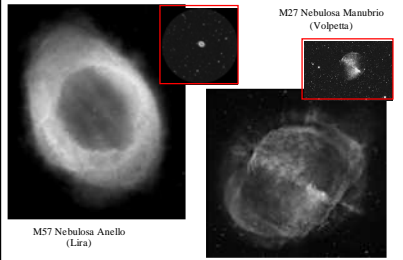
NANA BIANCA

Massiccia e densa: ~1 tonnellata/cm³
Calda: 8000-40000 K in superficie
Vita media: ~15 miliardi di anni.



NEBULOSA PLANETARIA
stella centrale e nubi di gas espulso

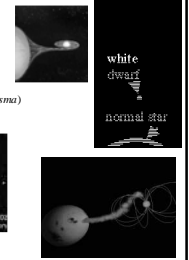
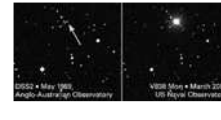
Nebulose planetarie



Le novae

Origine

Nana bianca di un sistema binario
Acquisizione di materia della compagna
Aumento della densità e temperatura
Bruciamento esplosivo dell'idrogeno (*atacchisma*)
Improvviso aumento della luminosità



Supernovae di Tipo Ia

Origine - prima possibilità:

Nana bianca in sistema binario compatto
Le due stelle sono così vicine che l'involuppo esterno della stella dominante (tipicamente gigante o supergigante) cade nel campo gravitazionale della compagna
Soglia d'innescio pari a 1,44 Ms (*Limite di Chandrasekhar*)

Implosione del nucleo

Esplosione distruttiva

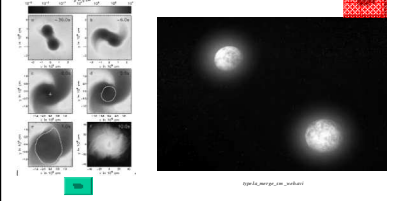
Vaporizzazione del sistema binario



Supernovae di Tipo Ia

Origine - seconda possibilità:

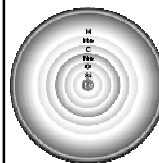
Processi di *merging* in sistema binario stretto
Le due stelle sono così vicine che si fondono



Supernovae di Tipo II

$$M_{\text{stella}} > 2 M_{\text{sole}}$$

La pressione permette successivi processi di fusione
Ripetizione del ciclo di contrazione ed espansione



COMBUSTIONE DEL CARBONIO (700-800 milioni di gradi con produzione di *ossigeno, magnesio, sodio e neon*).
COMBUSTIONE DEL NEON (1,2 miliardi di gradi con produzione di *ossigeno e magnesio*).
COMBUSTIONE DELL'OSSIGENO (1,4 miliardi di gradi con produzione di *silicio, zolfo, fosforo*).
COMBUSTIONE DEL SILICIO (oltre i 2,7-3 miliardi di gradi con produzione *nicel* che decade prima in *cobalto* che a sua volta decade in *ferro*, elemento stabile).

Supernovae di Tipo II

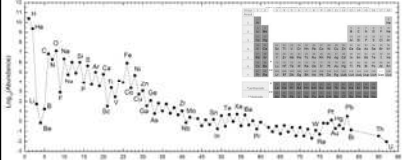
Il nucleo non può produrre ulteriore energia - si raffredda
Contrazione gravitazionale non più compensata
Collasso del nucleo in 8,1 secondi e onda d'urto in 34,8ms



L'esplosione di Supernova di tipo II dura ~10 secondi

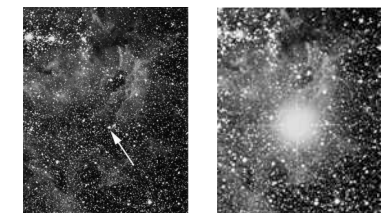
Nucleosintesi degli elementi più pesanti

La supernova rilascia una enorme quantità di energia che rende possibile la formazione di nuclei più pesanti del ferro entro pochi secondi dall'esplosione: zoro, uranio, germanio, sodio, molibdeno, piombo, iodio, tungsteno, oro, argento...



Le supernovae sono il principale meccanismo di arricchimento chimico del cosmo.
Dalla morte delle stelle, la vita va nel cosmo...

Supernova SN1987A



23 Feb 1987 - Grande Nube di Magellano (LMC) - galassia satellite
Distanza: ~50 kpc (163.000 AL)
Stella progenitrice: Sanduleak-69° 202a (SK-69 202), supergigante blu, M ~18M_{sole}

M1 - Nebulosa Granchio (4 luglio 1054)

22 marzo 2013 37

Supernovae e collasso gravitazionale

Il nucleo collassa sotto la propria spinta gravitazionale
Forma un oggetto estremamente denso e compatto...

$M_{nucleo} < 2 M_{sole}$
nana bianca

$2 M_{sole} < M_{nucleo} < 3.2 M_{sole}$
Limite di Volkoff-Oppenheimer

I nuclei si fondono con gli elettroni = *stella di neutroni* o *pulsar*
diametro di circa 10km → molto densa

$M_{nucleo} > 3.2 M_{sole}$
Limite di Volkoff-Oppenheimer

Collasso inarrestabile e irreversibile = *bucco nero*

22 marzo 2013 38

Bucco Nero

22 marzo 2013 39

Pulsar: pulsating radio source

Conservazione del momento angolare $m \times v \times r = \text{costante}$

E.M. Banti

22 marzo 2013 40

Infiniti mondi
infinite possibilita...

C'è qualcuno, là fuori?

22 marzo 2013 41

Esopianeti: metodi d'indagine

Curve di luce

Spostamento delle linee spettrali

500
milioni di possibili
pianeti di tipo terrestre
nella galassia

22 marzo 2013 42

I pianeti scoperti dal satellite KEPLER

Current Potential Habitable Exoplanets

Ranked in Order of Similarity to Earth

#1 Kepler-62 e 0.82	#2 Gliese 581 g* 0.80	#3 Gliese 667C e 0.79	#4 Kepler-22 b 0.73	#5 Tau Ceti e** 0.74
#6 Kepler-61 b 0.71	#7 Kepler-62 f 0.69	#8 Gliese 163 c 0.68	#9 HD 40307 g** 0.61	#10 Gliese 581 f 0.57

3845 corpi orbitanti candidati ad essere pianeti 961 confermati

22 marzo 2013 43

Kepler-62e Gliese 581g

Two most Earth-like planets yet found

An international team of astronomers – including two at San Diego State University – have found two planets closer to Earth (in terms of distance and temperature) than any found before.

NASA illustrations

22 marzo 2013 44

Il sistema GLIESE 581

Gliese 581g 20.5 A.L. dalla Terra

Probabile presenza di acqua
Gravità 1,6 volte quella terrestre
Temperatura: da 1 °C a 51,1 °C
Rivoluzione: 13 giorni
Rotazione: ignota

Gliese 581: nana rossa

22 marzo 2013 45

