

Shine on you crazy diamond

*L'origine dell'Universo (meglio
parlare di evoluzione)*

Bonistallo, 13 giugno 2007

*roberto spighi, INFN Bologna
spighi@bo.infn.it*

L'uomo e l'Universo

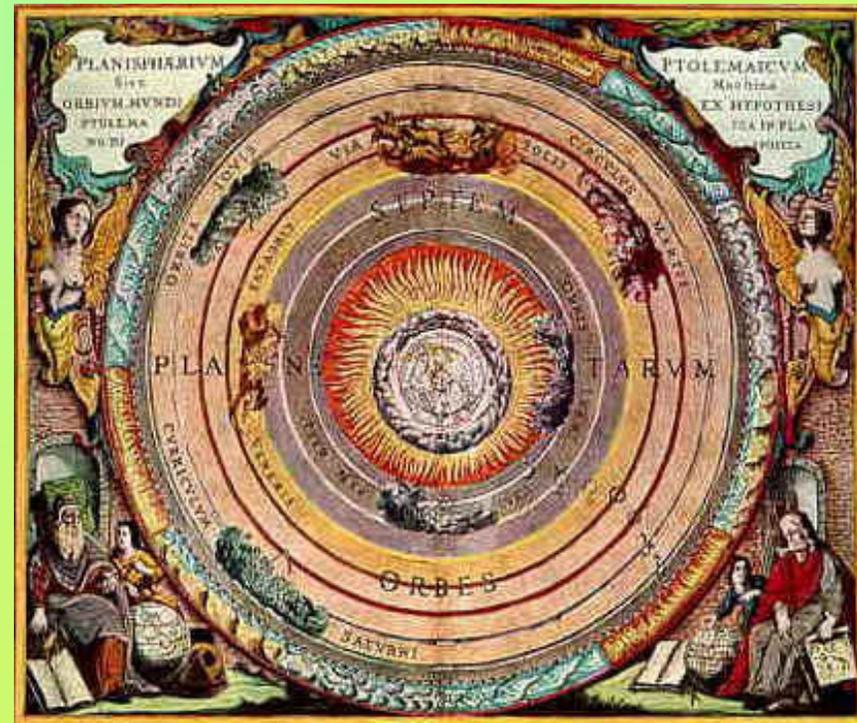
ASTRI identificati come *DEI* che guidano il destino umano

GENESI → descrizione cristiana della creazione

ARISTOTELE (300 AC) teorizzò Universo Geocentrico
→ Terra e uomo al centro e i corpi celesti ruotano attorno



TOLOMEO (200 DC) conferma teoria geocentrica e descrive il moto dei pianeti



L'uomo e l'Universo

~1500 si comincia a criticare sistema geocentrico

1550-1600 GIORDANO BRUNO → Universo infinito e privo di Centro → fu messo al rogo

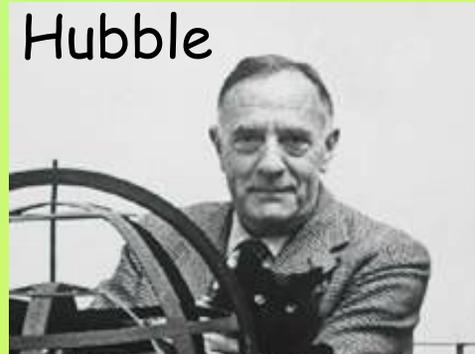


1514 un anonimo (Nicolò Copernico) propose sistema eliocentrico, sostenuto poi da G. Galilei e da Keplero (problemi con la Chiesa)



1687 Newton pubblicò "Philosophiae naturalis principia mathematica" → legge di Gravitazione Universale

1900 inizia la cosmologia moderna, (Einstein, Hubble, Friedmann ...) → teoria BIG BANG



E' facile da piegare e da capire?

Purtroppo no, contiene tutte le teorie più avanzate della fisica moderna

Teoria della relatività

Spazio/tempo

Teoria dei campi



Meccanica quantistica

particelle

Interazioni

3 scoperte fondamentali

TEORIA BIG BANG BASATA SU POCHE SCOPERTE

LEGGE DI HUBBLE



*UNIVERSO IN
ESPANSIONE*

*SCOPERTA RADIAZIONE
COSMICA DI FONDO*



*UNIVERSO
INIZIALMENTE
CALDO*

*PRESENZA DI MOLTO
ELIO NELL'UNIVERSO*



*CONFERMA TEORIA
ESPANSIONE*

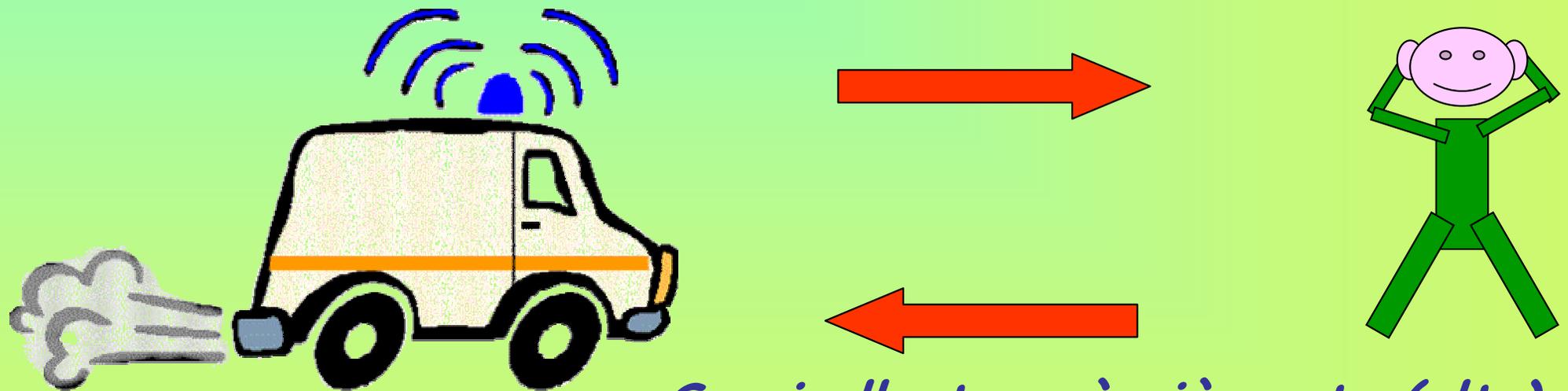
+ TUTTA LA FISICA DELLE PARTICELLE

La legge di Hubble

Se un corpo emette delle onde (stella, ambulanza ...) si può capire se l'oggetto si avvicina o si allontana

EFFETTO DOPPLER

Se si avvicina il suono è più grave (basso)



Se si allontana è più acuto (alto)

→ Appliciamolo ad una stella

Legge di Hubble → red shift

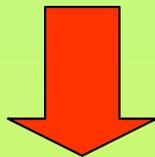
La stella non si ascolta come la sirena, ma si può guardare



stelle più lontane → righe più verso rosso (=suono alto)

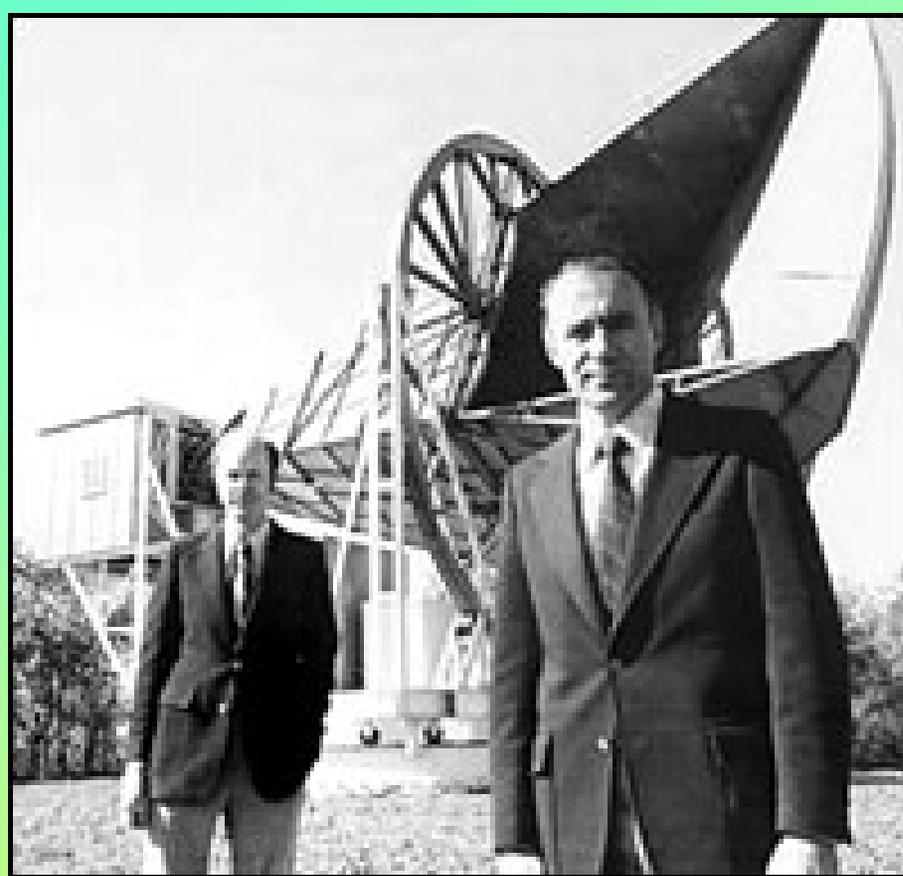


si allontanano più velocemente



UNIVERSO SI ESPANDE → inizio era un piccolo volume

La radiazione cosmica di fondo



l'UNIVERSO è pieno di radiazione (oltre quella del sole o di fonti note) formata nei primi istanti dell'Universo

Penzias e Wilson, 1965

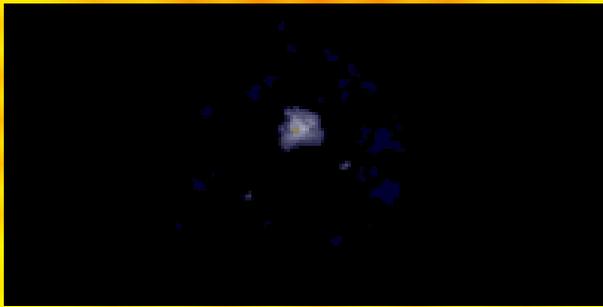
Studio sulla temperatura (energia) della RCF → Temperatura iniziale molto alta

10^{-4} s

L'INIZIO (si fa per dire)

$$t = 0 \quad T = \infty$$

BIG BANG



Big Bang

13.7 ± 0.2 G anni fa

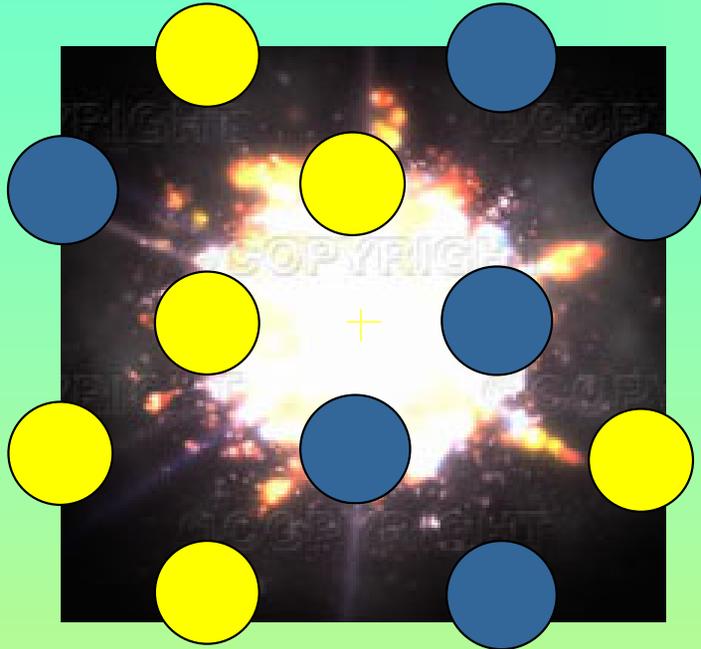
Una "pallina" ("brodo" di radiazione e materia?) piccolissima e caldissima che esplose

Una sola FORZA SUPERGRAVITA'

Frazioni di miliardesimo di miliardesimo di ... di metro (molto meno di un nucleo atomico)

1° FOTO (10^{-43} s)

INIZIA ESPANSIONE E RAFFREDDAMENTO



$$T = 10^{19} \text{ GeV}$$
$$(10^{32} \text{ K} \cong 10^{32} \text{ C})$$

MATERIA DIVENTA PIU' COMPLESSA:
"BRODO" → SI FRAZIONA IN PARTICELLE

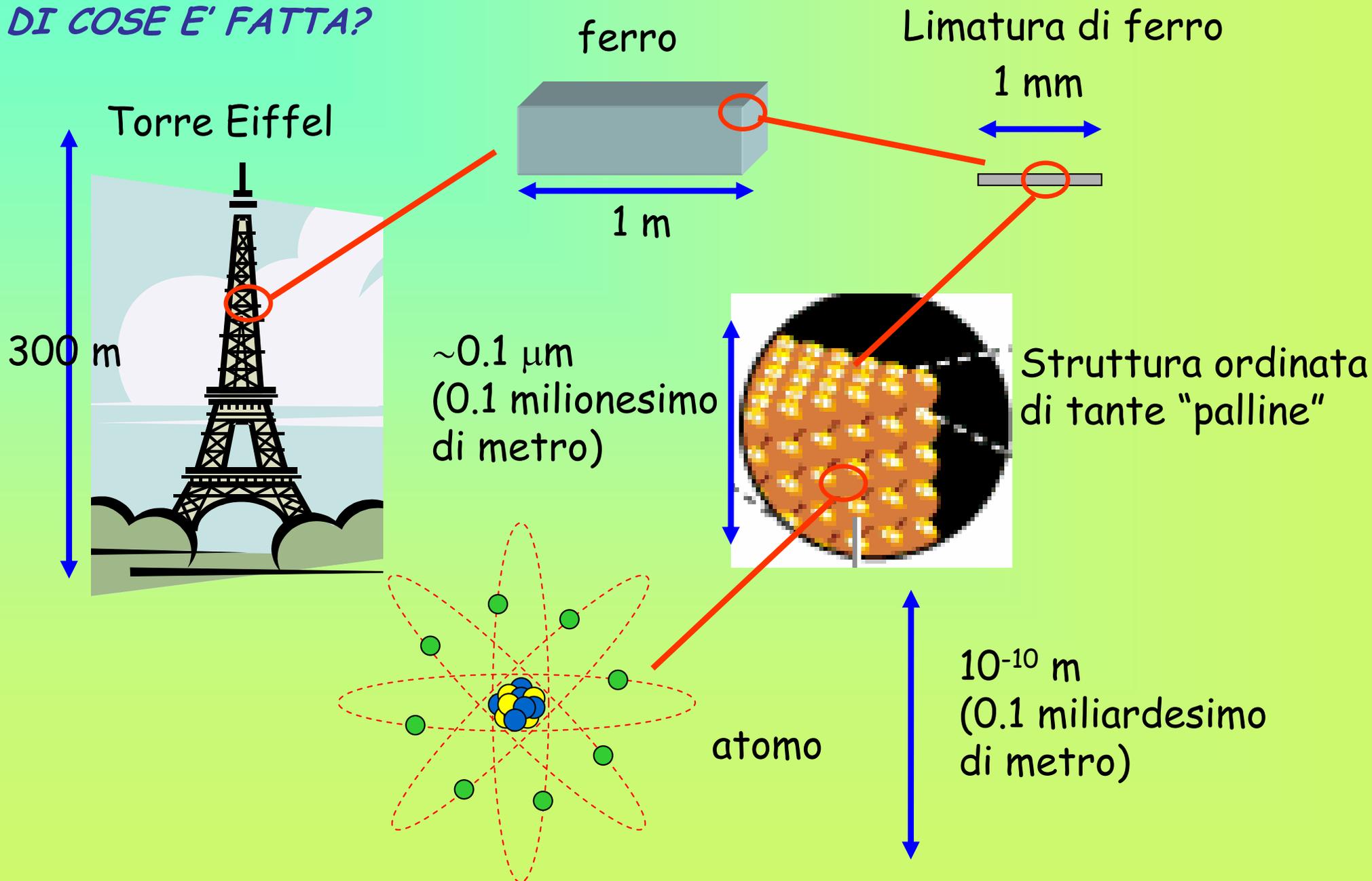
LA FORZA DEVE GESTIRE OGGETTI DIVERSI → SI DIFFERENZIA
IN 2 → UNA PER MONDO MICROSCOPICO E UNA MACROSCOPICO



STUDIARE IL BIG BANG → CREARE PARTICELLE DI ALTA ENERGIA

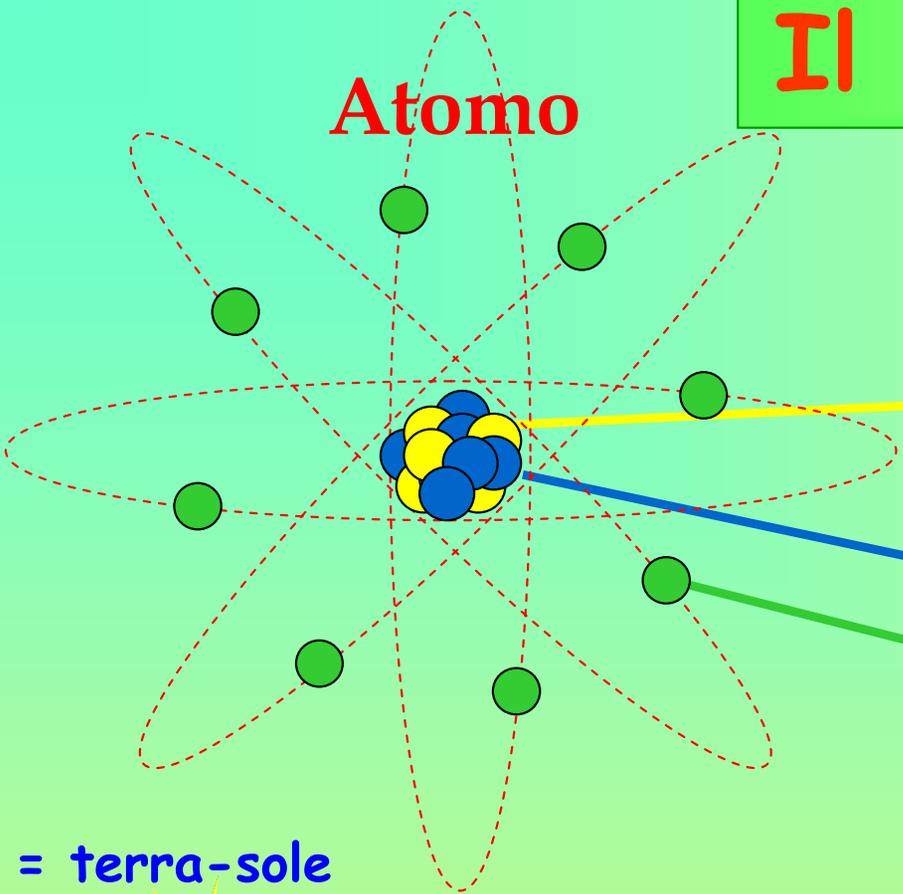
PARTICELLE-FORZE? fermiamoci un attimo!

LA MATERIA CHE CI CIRCONDA
DI COSE E' FATTA?

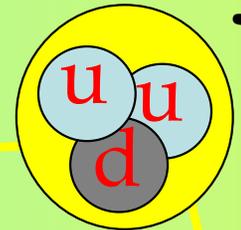


Il mondo che ci circonda

Atomo



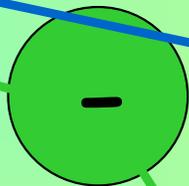
protone



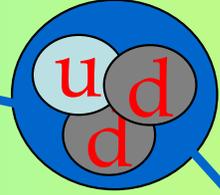
+

Film Atomo

elettrone



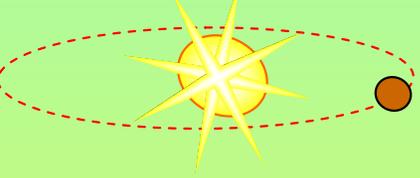
neutrone



10^{-35} s

3 m

= terra-sole



la materia è fatta da
ELETTRONI, QUARK U e D

Leptoni

Quark

Materia

e^-	μ^-	τ^-	u	c	t
ν_e	ν_μ	ν_τ	d	s	b

Antimateria

e^+	μ^+	τ^+	\bar{u}	\bar{c}	\bar{t}
$\bar{\nu}_e$	$\bar{\nu}_\mu$	$\bar{\nu}_\tau$	\bar{d}	\bar{s}	\bar{b}

I 24 "mattoni" che formano
tutte le particelle e la materia

LE FORZE

FORZE TRA PARTICELLE = SCAMBI DI PARTICELLE

RICEVERE (DARE)
UN PUGNO (VA
INDIETRO)

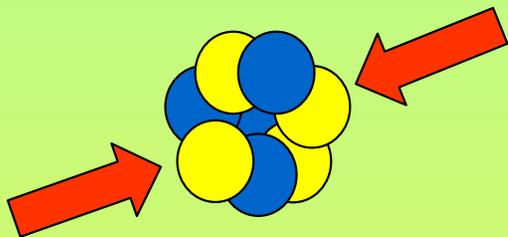


TIRARSI
UNA PALLA



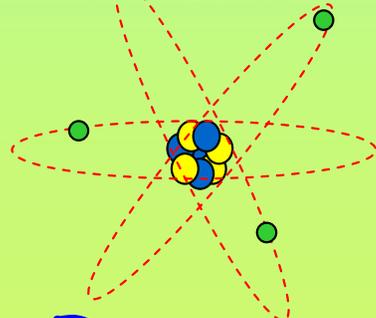
→ SCAMBIARSI UNA FORZA SENZA TOCCARSI (PARTICELLE)

FORTE UNISCE
NUCLEI



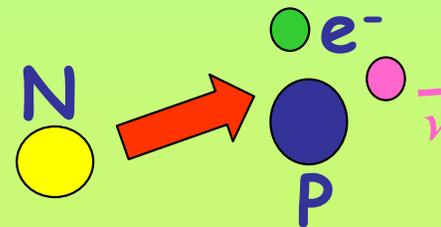
Gluoni g^k

E.M. UNISCE
ATOMI



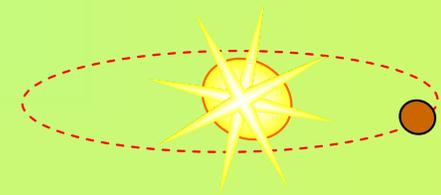
Fotone γ

DEBOLE →
DECADIMENTO



$W^+ W^- Z^0$

GRAV UNISCE
CORPI



Gravitone G

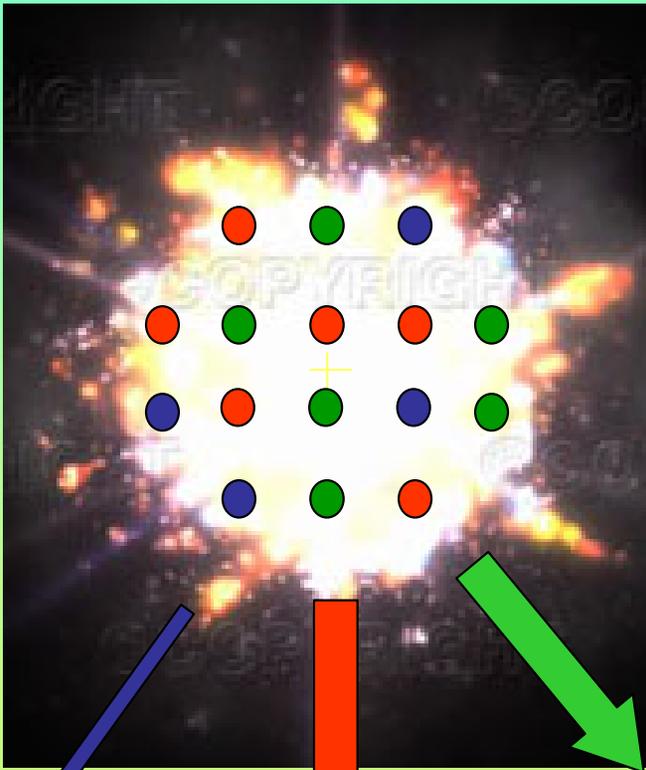
TORNIAMO AL NOSTRO FILM

*NELL'UNIVERSO CI SONO TUTTI I TIPI DI
PARTICELLE E DI "PALLINE" DOVUTE ALLE FORZE*

2° FOTO (10^{-35} s)

CONTINUA ESPANSIONE E RAFFREDDAMENTO

$$T = 10^{15} \text{ GeV} \quad (10^{28} \text{ K} \cong 10^{28} \text{ C})$$



PARTICELLE COME PRIMA (quarks ...)

u

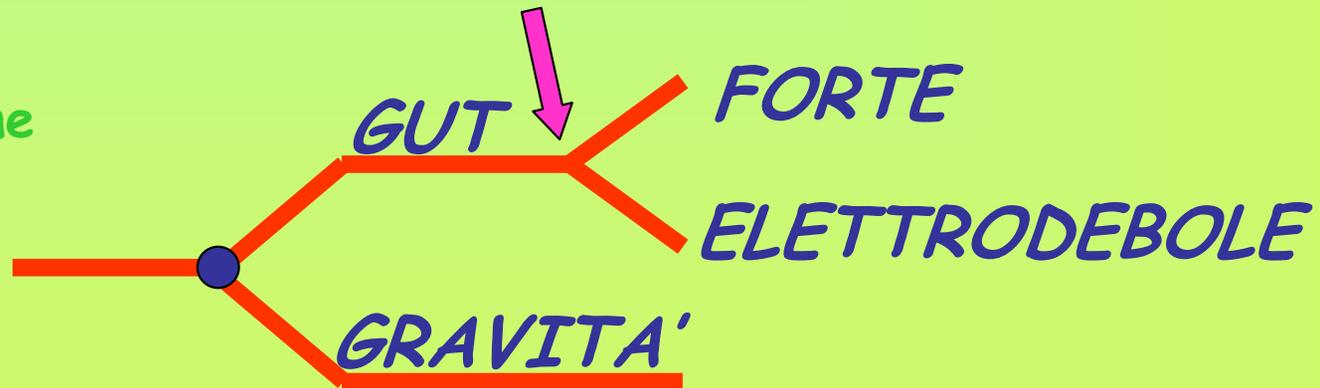
d

e

particelle

MA, PREDOMINA MATERIA SU ANTIMATERIA

CAMBIAMENTO NELLE FORZE



Antimateria

Materia

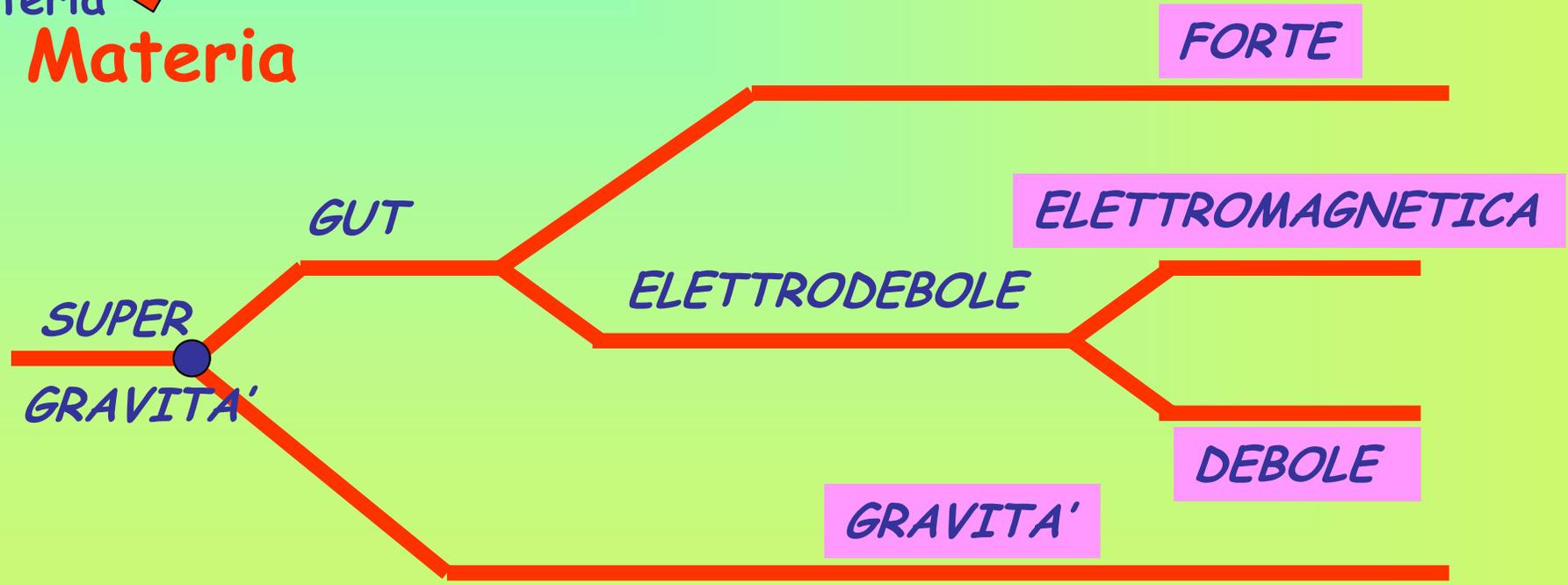
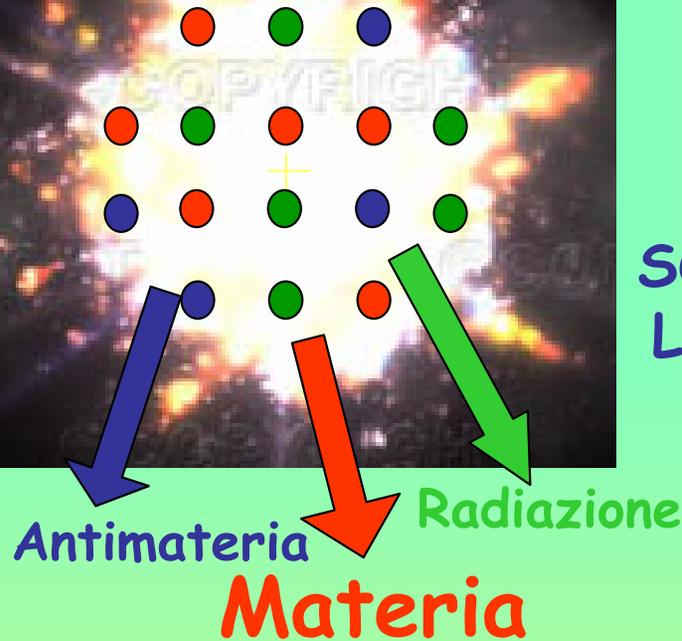
Radiazione

3° FOTO (10^{-10} s)

$T = 10^2 \text{ GeV}$ ($10^{15} \text{ K} \cong 10^{15} \text{ C}$)

SOPRAVVIVONO QUASI TUTTE
LE PARTICELLE (PIU' LEGGERE)

FORZE GIA' COMPLETAMENTE DEFINITE



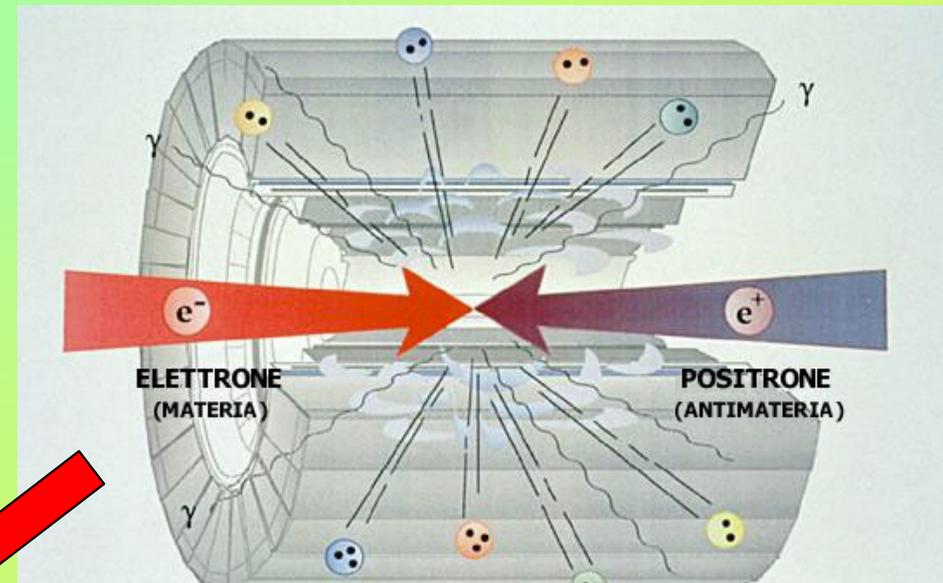
DA ORA UNIVERSO RIPRODOTTO AGLI ACCELERATORI
CON URTI DI PARTICELLE AD ALTA ENERGIA

COME SI STUDIA IL BIG BANG?

STUDIARE I PRIMI ISTANTI DELL'UNIVERSO → AUMENTARE L'ENERGIA DEI PROTAGONISTI (PARTICELLE) CHE LO FORMANO

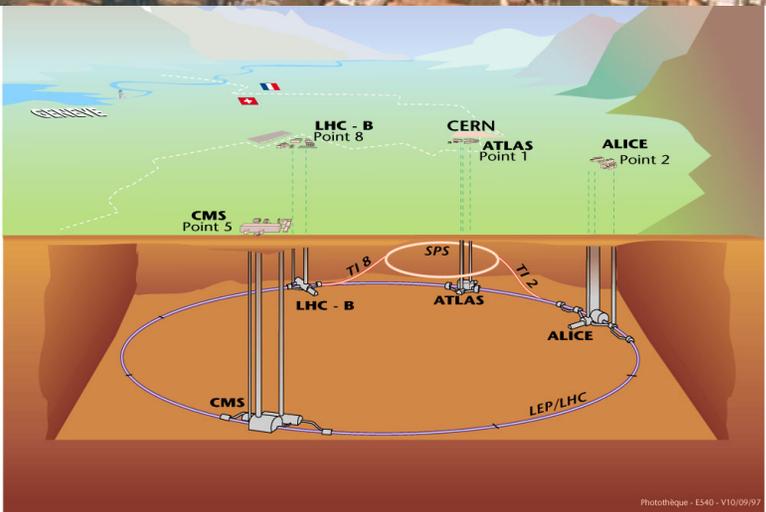
CERN (GINEVRA) 27 KM CIRC.

SCONTRARE PARTICELLE AD ENERGIE SEMPRE MAGGIORI

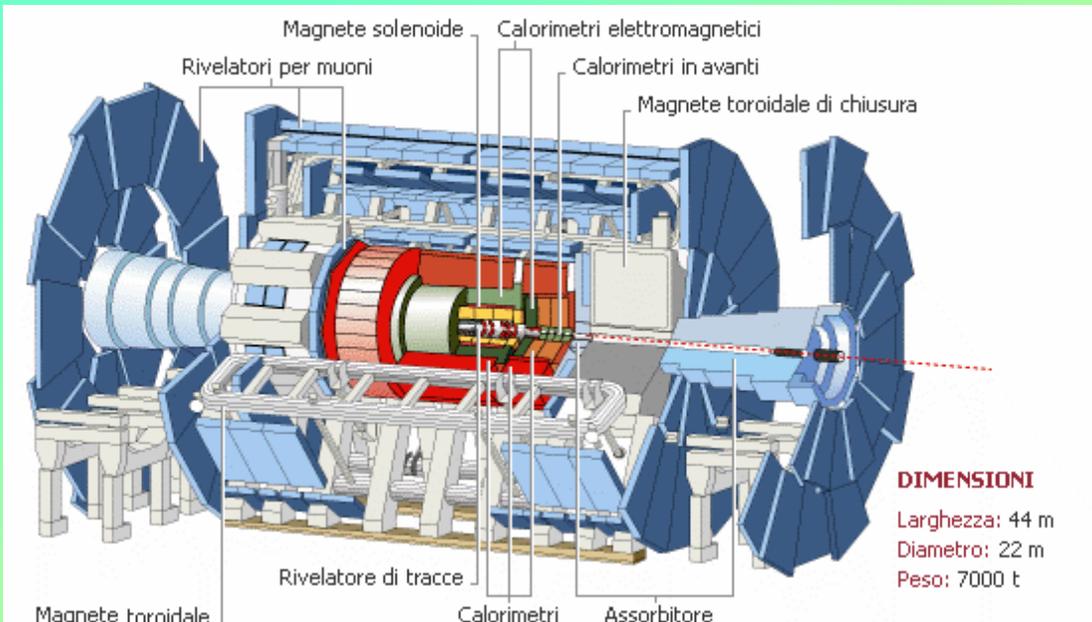


MOLTE PARTICELLE
COME BIG BANG

$E \sim 200 \text{ GeV} \rightarrow 10^{-10} \text{ s}$

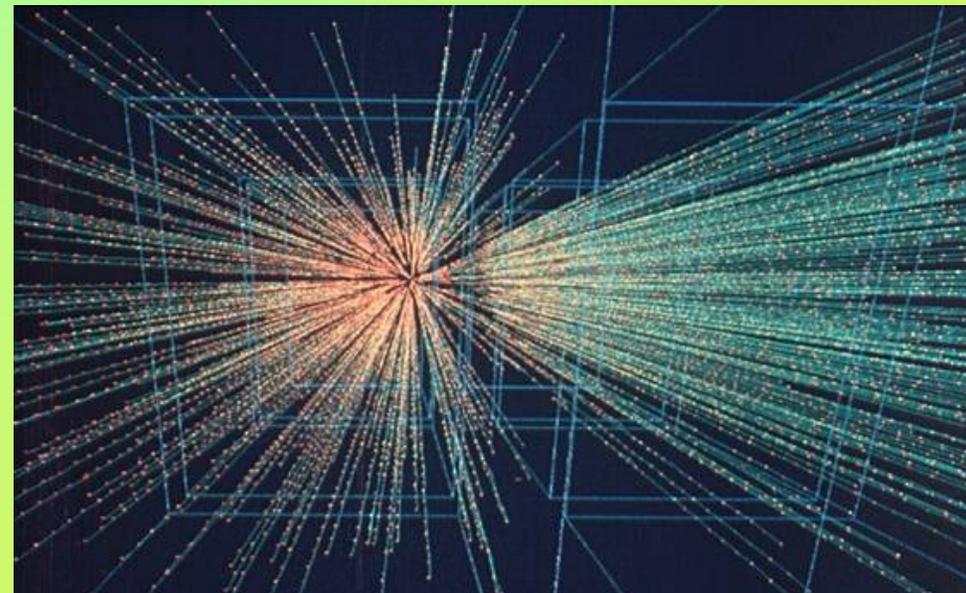


ESPERIMENTO ATLAS



Atlas

TIPICO URTO TRA 2
PARTICELLE AD ALTA ENERGIA



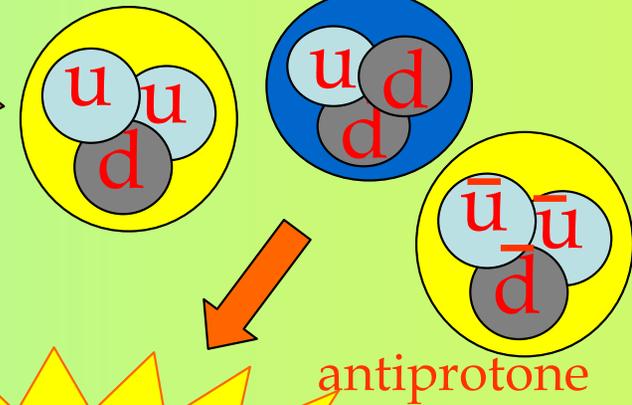
**CHIUDIAMO LA PARENTESI SUGLI
ACCELERATORI DI PARTICELLE
(che ogni volta inserisco per cercare
di giustificare i soldi che prendiamo
dai contribuenti!!)**

4° FOTO (10^{-4} s)

$T=10^2$ MeV ($10^{12}K \cong 10^{12}C$)

SI CREANO PROTONI, NEUTRONI E
ANTIMATERIA (dai quarks)

protone neutrone



ANNICHI

LAZIONE

MATERIA

NEUTRINI

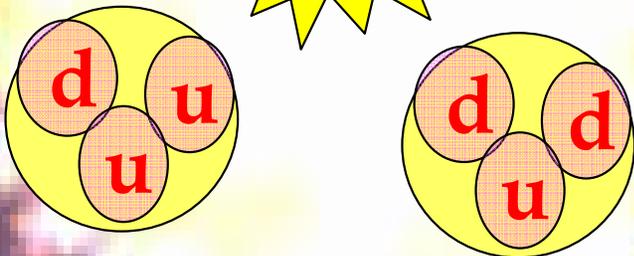
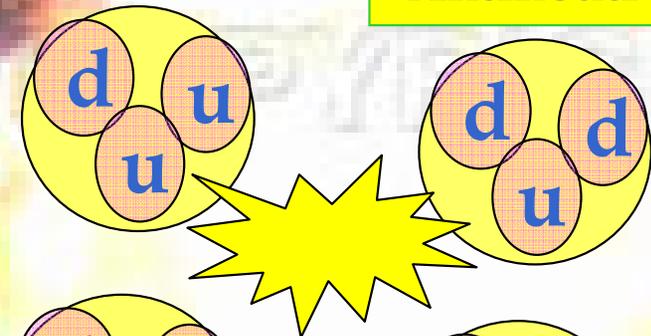
LUCE

RCF

SPARISCE ANTIMATERIA

Antiprotone

Antineutrone



Protone

Neutrone

5° FOTO (1 s)

$T = 1 \text{ MeV} \quad (10^{10} \text{ K} \cong 10^{10} \text{ C})$

E' RIMASTA SOLO MATERIA E LUCE

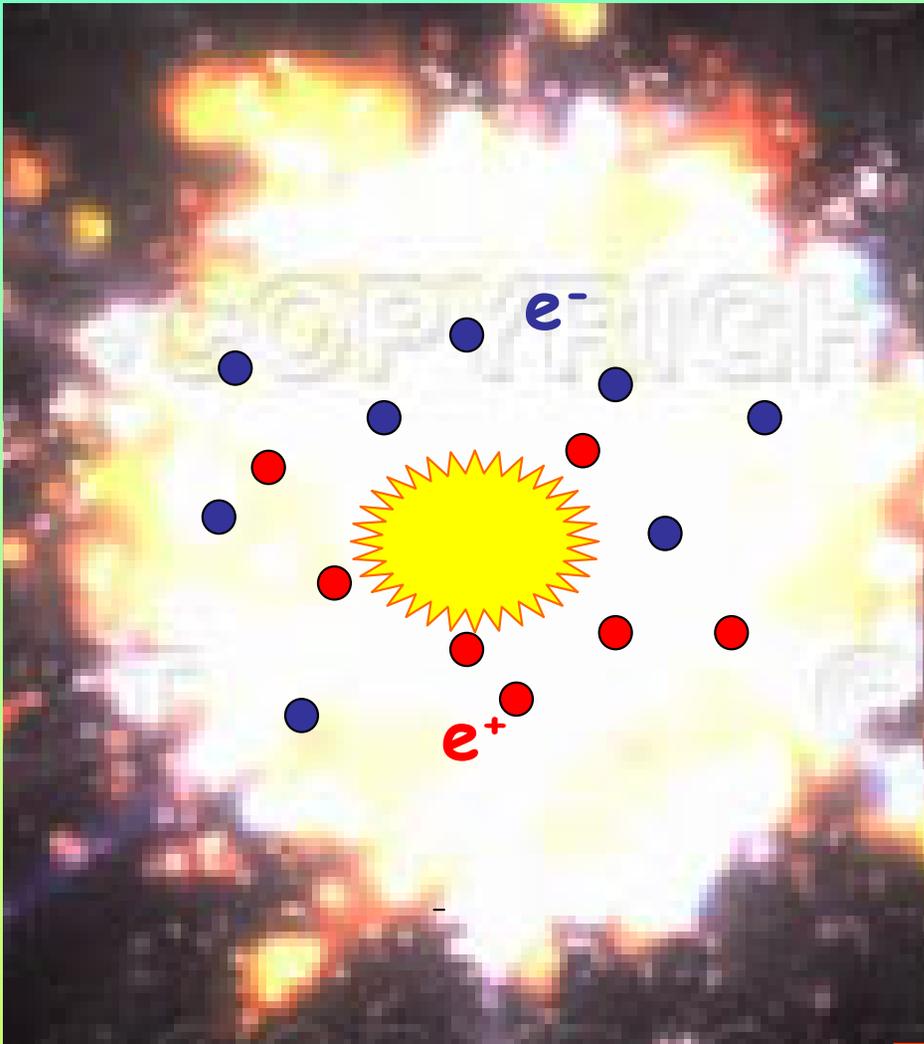
ELETTRONI E POSITRONI
ANNICHILANO A LORO
VOLTA



NEUTRINI

LUCE
(RCF)

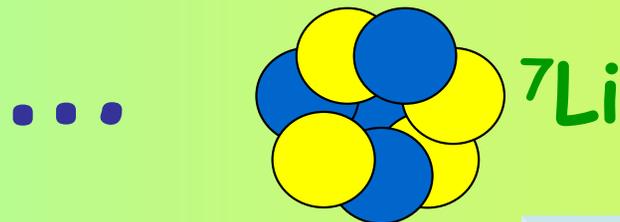
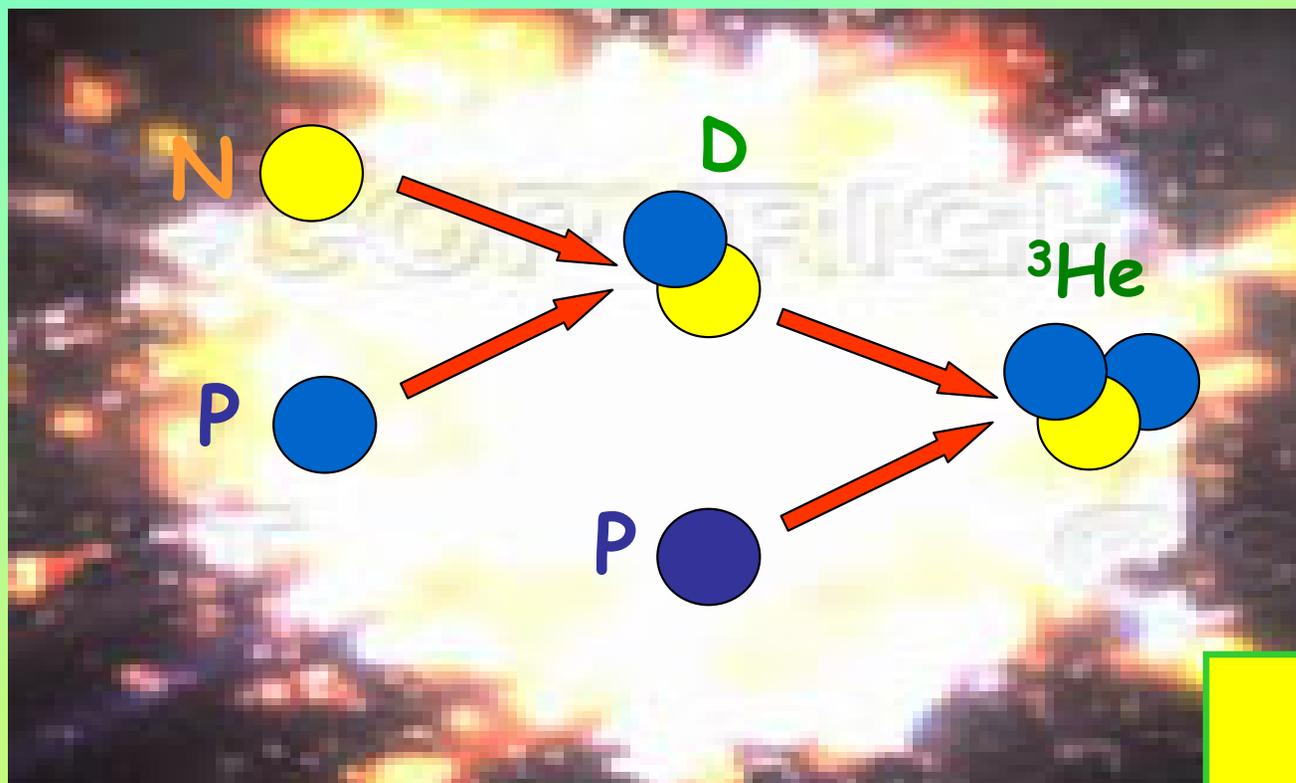
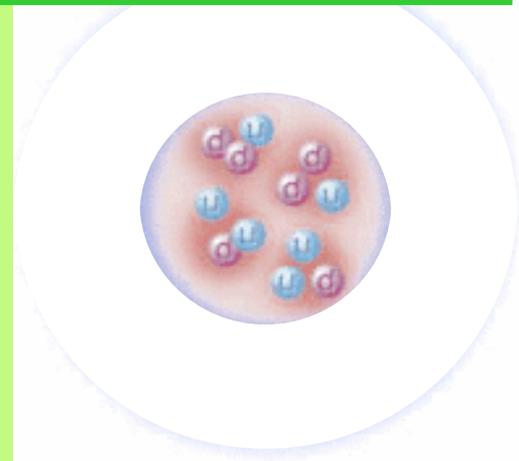
MATERIA



6° FOTO (3 m)

$T = 0.1 \text{ MeV}$ ($10^9 \text{ K} \cong 10^8 \text{ C}$)

NUCLEOSINTESI → FORMANO I
NUCLEI PIU' LEGGERI



↑
atomo

MATERIA
(H, D, ^3He , Li ...)

ABBONDANZA DI ELIO

↑
elio

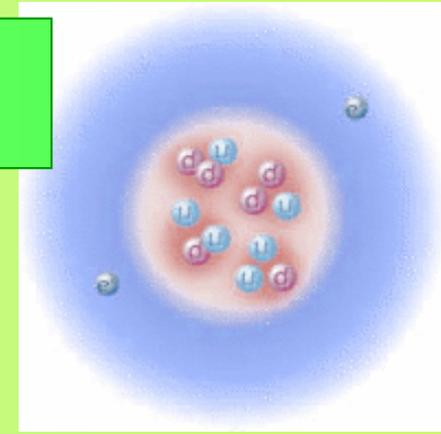
75%

25%

(3P, 4N)

7° FOTO (700000 anni)

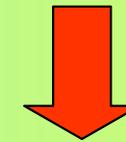
$T = 1 \text{ eV}$ ($10^4 \text{ K} \cong 10000 \text{ C}$)



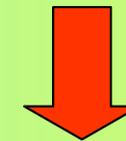
D

NEUTRINI

NUCLEI CATTURANO
GLI ELETTRONI



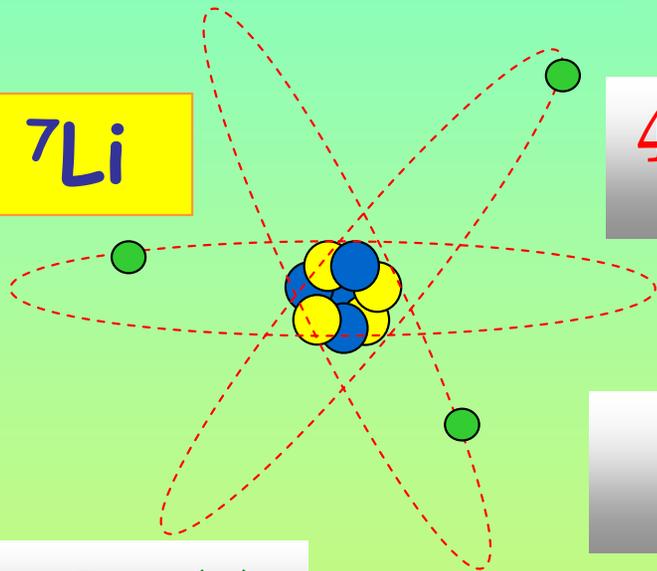
ATOMI NEUTRI



RADIAZIONE NON
INTERAGISCE PIU' CON
MATERIA

${}^7\text{Li}$

${}^4\text{He}$



H

LUCE (γ)

GRAVITONI

MATERIA E RADIAZIONE \rightarrow VITA INDIPENDENTE

8° FOTO (1 MILIARDO di anni)

$$T = 0.1 \text{ eV} \quad (10^3 \text{ K} \cong 1000 \text{ C})$$

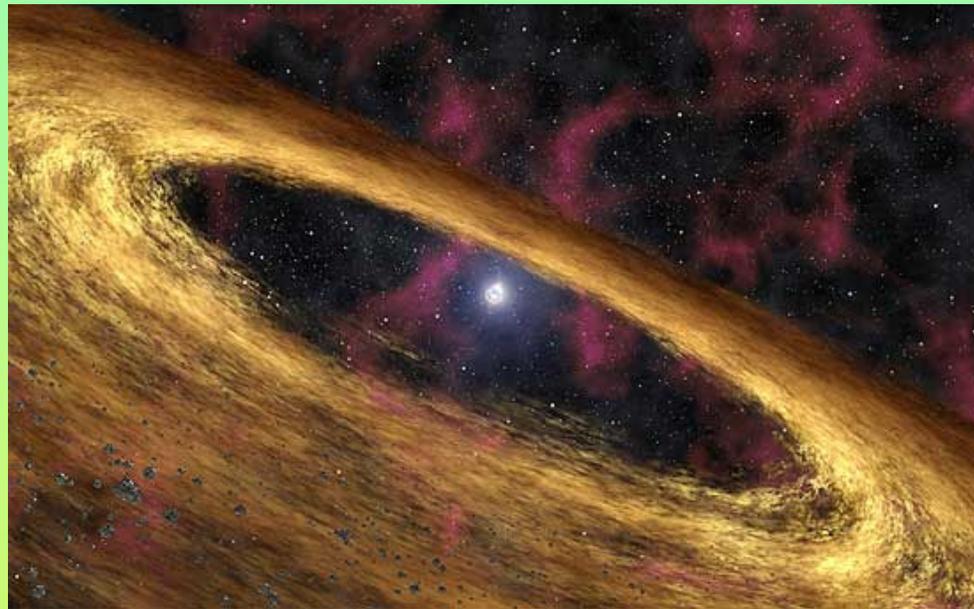
SI FORMANO LE STELLE

F. GRAVITAZIONALE → UNISCE ATOMI DI H (75%) ED He (25%)

AL CENTRO ALTA ρ - T (10^6 C) → FUSIONE NUCLEARE → ENERGIA

PARTE ESTERNA A VOLTE
ESPULSA E FORMA I PIANETI

F. GRAVITAZIONALE PICCOLA
→ PROCESSO LENTISSIMO



STELLA GRANDE ALLA FINE
COLLASSA ED ESPLODE (SUPERNOVA)



supernova
23/8/2005

Stella neutroni

9° FOTO (QUALCHE MILIARDO di anni)

STELLE SI ATTRAGGONO → FORMANO LE GALASSIE



Formazione galassie

LE GALASSIE

La Via Lattea

>100 MILIARDI DI STELLE

ROTAZIONE LENTA
(220 MILIONI ANNI)

SOLE



DIM. 100000 ANNI LUCE ESA (EUROPEAN SPACE AGENCY)

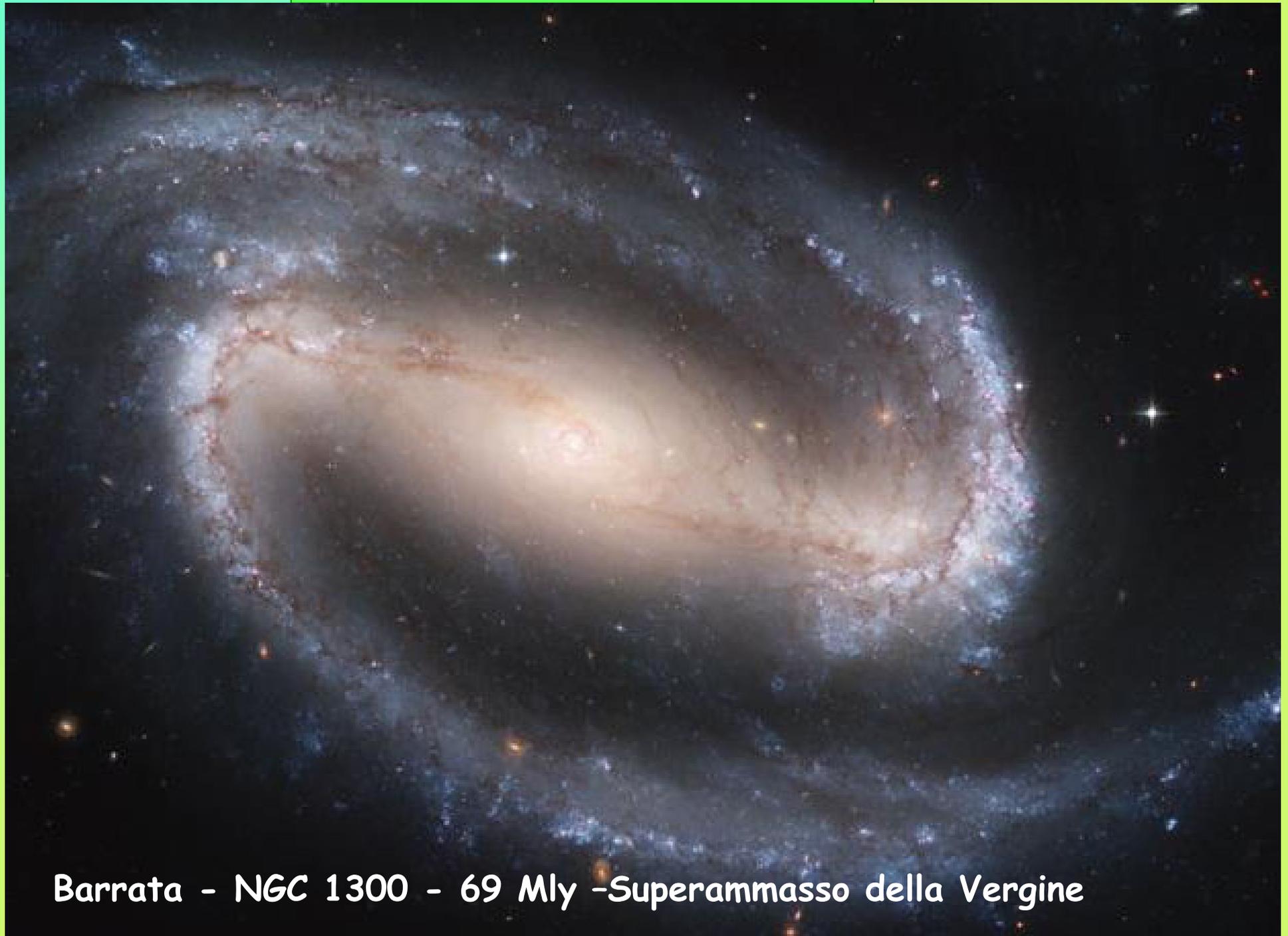
1 ANNO LUCE = 10000 MILIARDI KM

LE GALASSIE



Spiral - NGC 4622 - 110 Mly
Superammasso della Vergine

LE GALASSIE



Barrata - NGC 1300 - 69 Mly - Superammasso della Vergine

LE GALASSIE



Barred - NGC 4594 - M104 - 28 Mly - Superammasso della Vergine

COME SONO FOTOGRAFATE?

ATTRAVERSO TELESCOPI IN ORBITA



Lancio del
veicolo

Telescopio
su marte



OSSERVATORI A TERRA

OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI PADOVA, DI BOLOGNA

OSSERVATORIO ASTROFISICO
DI ARCETRI



ogni mese visite guidate, diurne e notturne



SCUOLE: richiesta scritta (lettera o fax), a:

Osservatorio Astrofisico di Arcetri

(Sezione Didattica)

Largo E. Fermi 5 - 50125 FIRENZE

Fax: 055 220039

e-mail: lauram@arcetri.astro.it

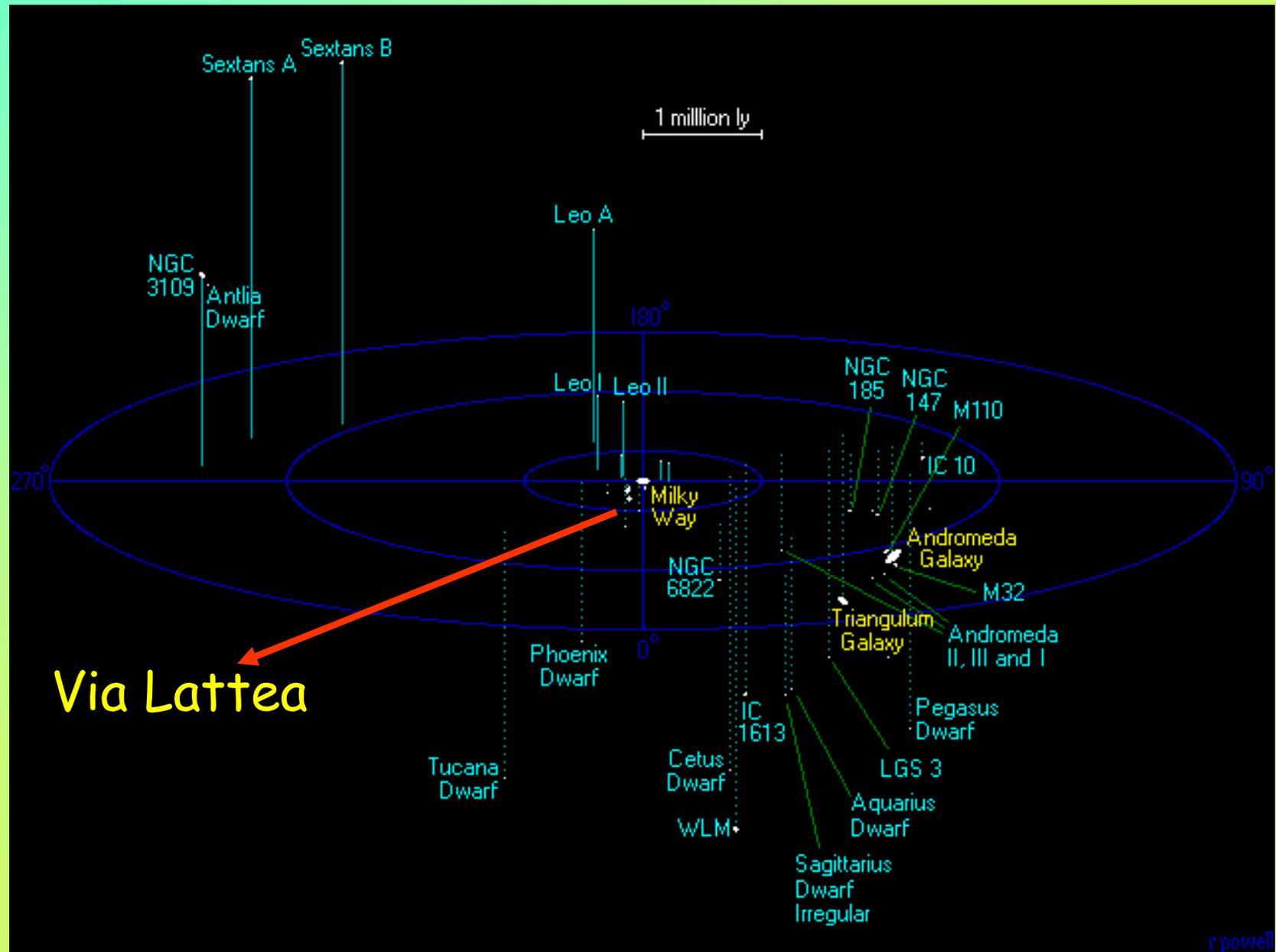
Info: tel 055 2752270 (tra le 10 e le 12)

SINGOLI: info e prenotazioni tel 055 2343723 (tra le 9 e le 13)

IL GRUPPO LOCALE

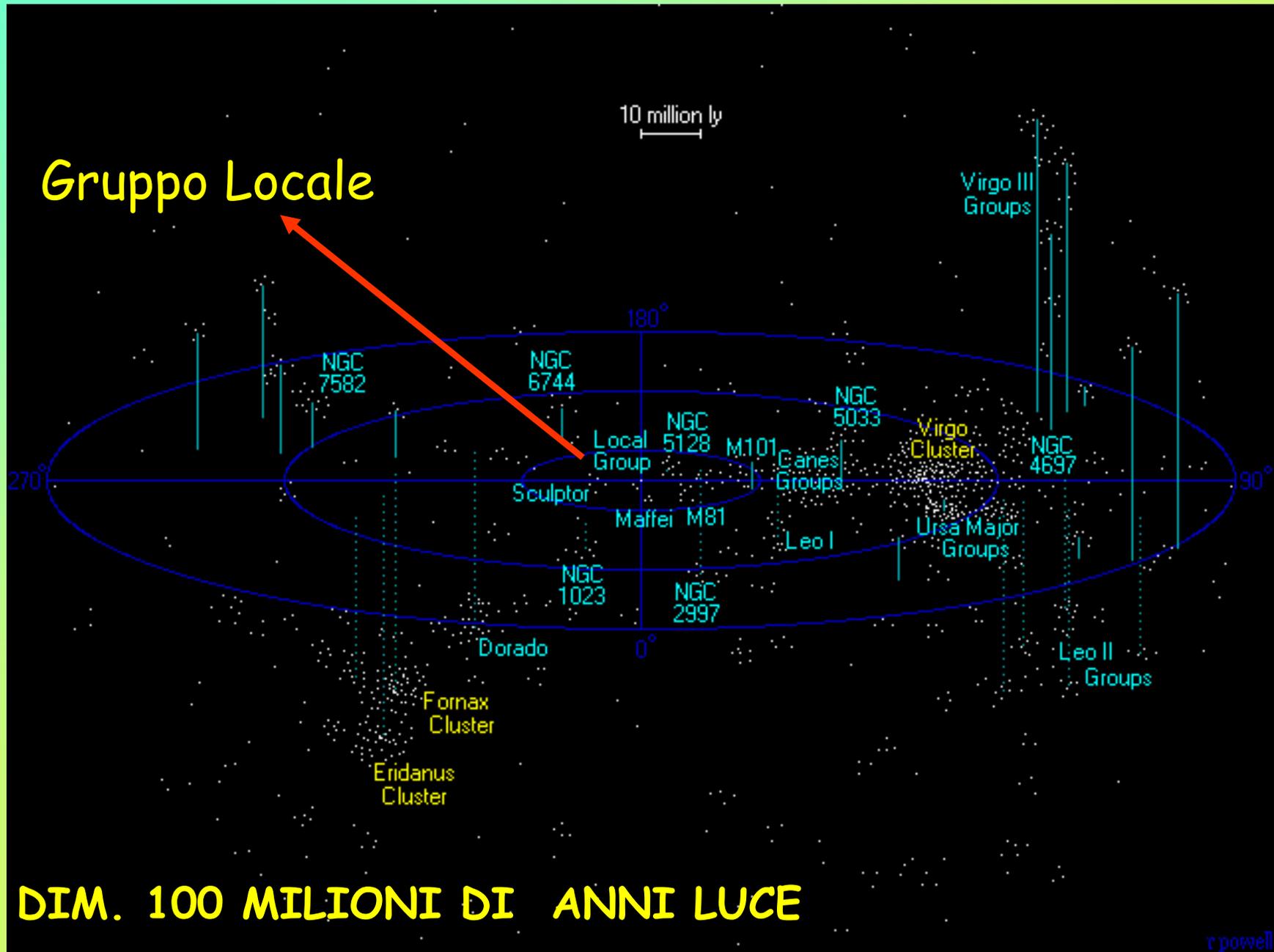
LE GALASSIE SONO ORGANIZZATE IN GRUPPI

QUALCHE MILIONE DI ANNI LUCE



SUPERAMMASSO DELLA VERGINE

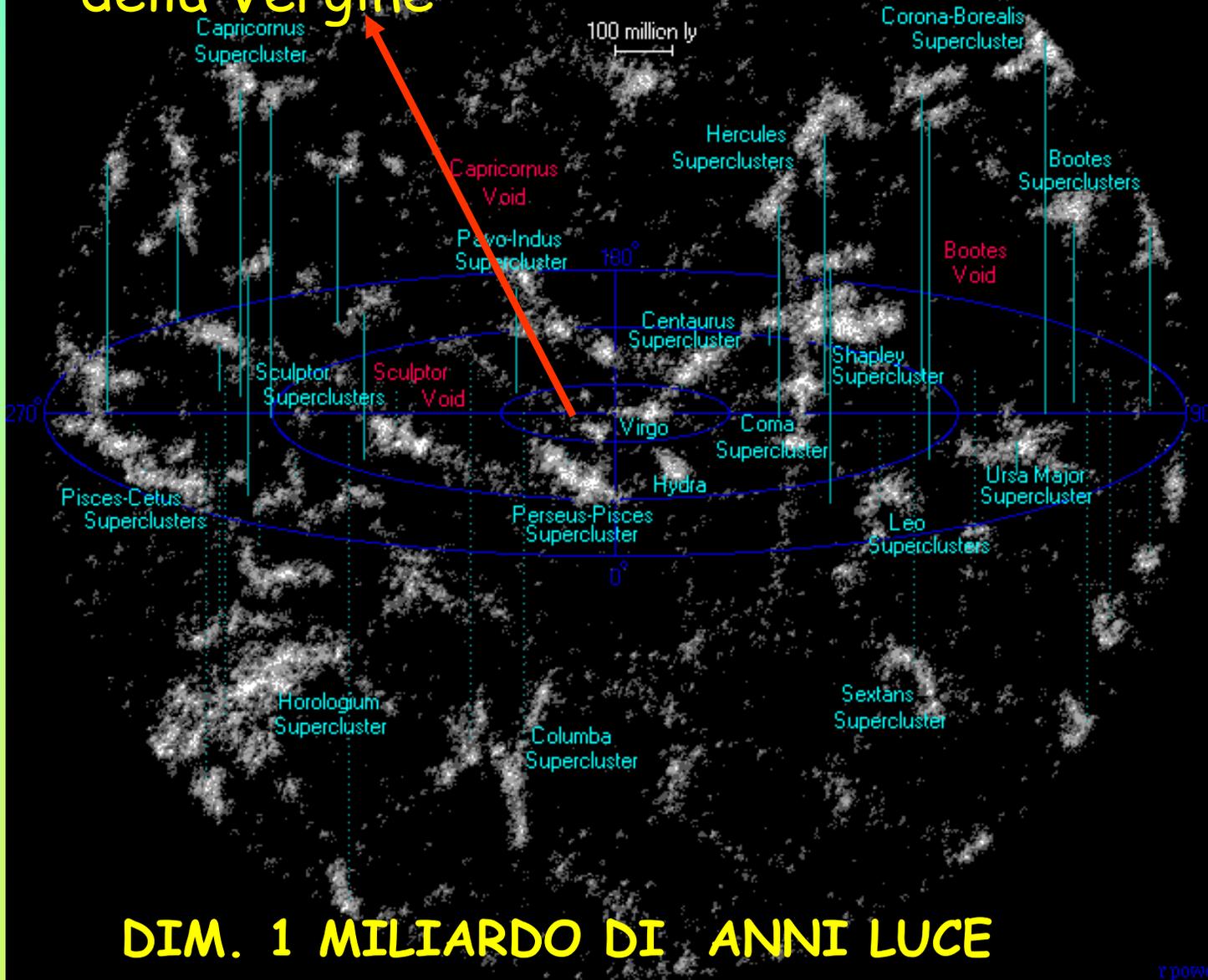
I GRUPPI SONO ORGANIZZATI IN SUPERAMMASSI



I SUPERAMMASSI PROSSIMI

I SUPERAMMASSI SONO LE ULTIME STRUTTURE ESISTENTI

Superammasso
della Vergine



AL DI FUORI GRANDI VUOTI, OPPURE ...

galassie

DIM. 1 MILIARDO DI ANNI LUCE

Universo chiuso o aperto?

Pensate all'Universo come ad una bomba che esplode

*Se esplosione è **debole** → frammenti si allontanano e poi si riavvicinano per la forza di gravità*

*Universo chiuso → si espande fino ad una dimensione massima per poi ricollassare con un processo opposto al big bang (**BIG CRUNCH**)*

contrazione

Big Crunch

*Se esplosione è **forte** → frammenti si allontanano indefinitamente*

Universo aperto → si espande per sempre

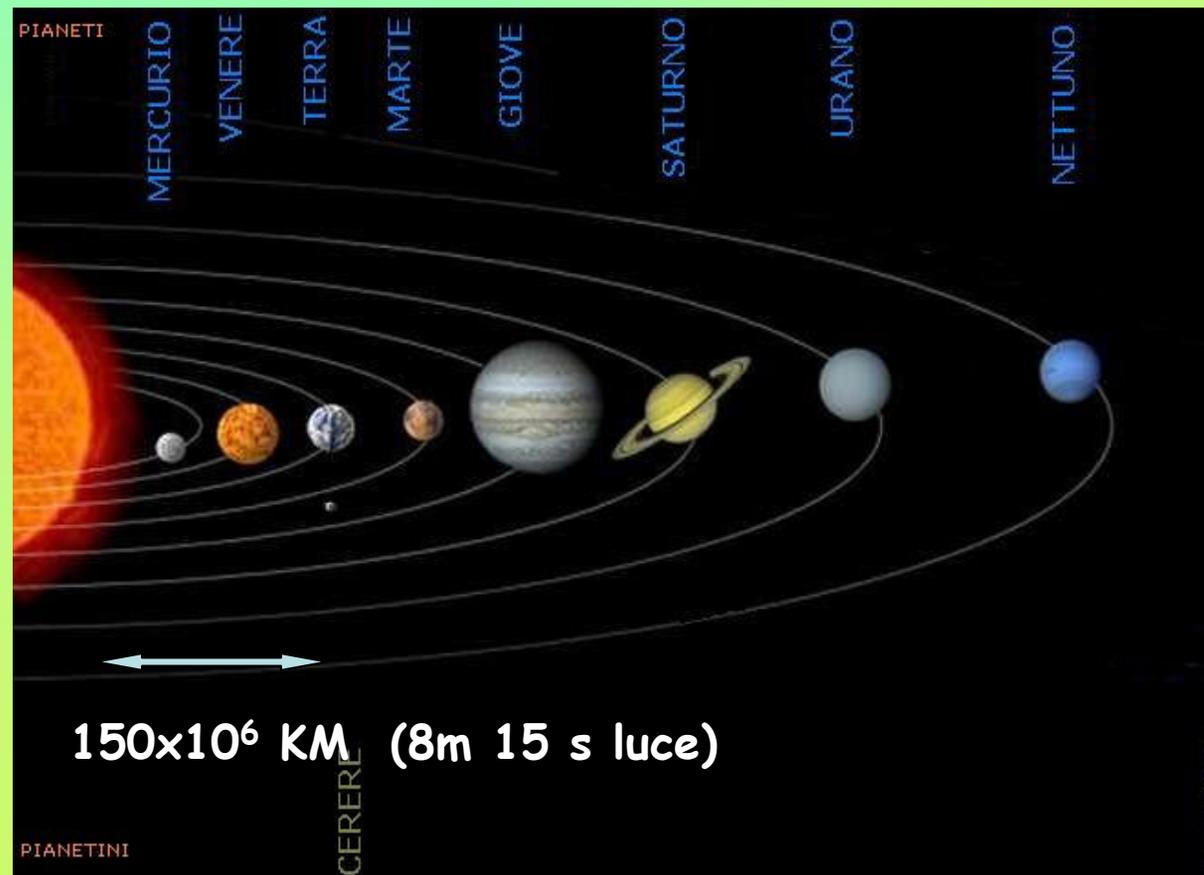
*I risultati non chiari, ma sembrano favorire **UNIVERSO APERTO***

IL SISTEMA SOLARE

4.6 MILIARDI DI ANNI FA → gravitazione unisce polveri H e He

8 PIANETI PRINCIPALI E MOLTI ALTRI CORPI MINORI
(SATELLITI, ASTEROIDI, METEORITI, COMETE, POLVERI ...)

IL SOLE DOVREBBE VIVERE CIRCA 15 MILIARDI DI ANNI



LA TERRA

TERRA PRIMORDIALE PIENA DI VULCANI IN CONTINUA ERUZIONE



PIOGGE PER MILIONI DI ANNI →
FORMAZIONE OCEANI

ATMOSFERA H SPAZZATA DA
VENTO SOLARE

ERUZIONI E ACQUA → SECONDA ATMOSFERA (VAPORE
ACQUEO, ANIDRIDE CARBONICA, AMMONIACA, METANO ...)

ATMOSFERA + FULMINI E RAGGI UV DEL SOLE IDEALE PER
FORMAZIONE DI MOLECOLE ORGANICHE

VITA POSSIBILE SOLO SOTT'ACQUA (> 10m)

LA CREAZIONE DELLA VITA

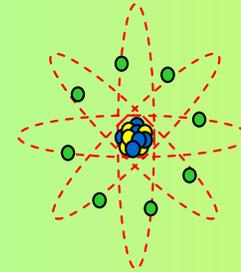
SOLO 6 (SU 112) ELEMENTI COINVOLTI NELL'EVOLUZIONE

3.8 MILIARDI DI ANNI FA

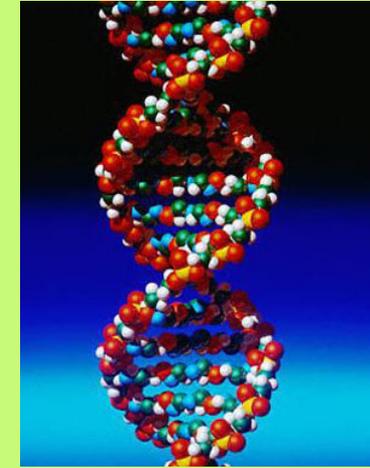
H C N
O P S



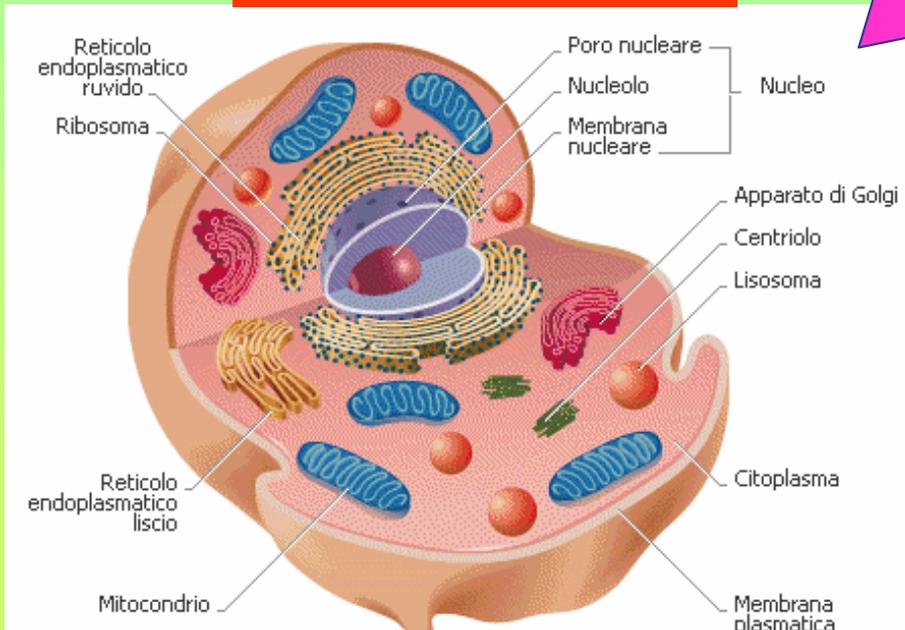
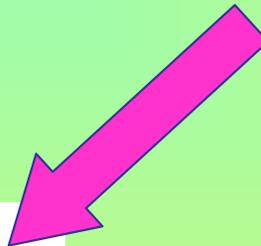
CATENE DI ATOMI



NUCLEOTIDI (DNA), AMINOACIDI,
LIPIDI, CARBOIDRATI ...



CELLULA



PRIMO ORGANISMO
VIVENTE

NASCE, SI NUTRE, SI
RIPRODUCE, MUORE

MISTERO: UNA ATOMO NON
HA VITA, MA TANTI ATOMI SI

LA CREAZIONE DELLA VITA

3.5 MILIARDI DI ANNI FA OCEANI
PULLULAVANO DI ORGANISMI UNICELLULARI



FOTOSINTESI CLOROFILLIANA →
 O_2 → PIANETA + ABITABILE

700 10⁶ DI ANNI FA → ORGANISMI
+ COMPLESSI (SPUGNE MEDUSE)

SI FORMA OZONO → SCHERMA DA UV → VITA ANCHE SU TERRA

400 10⁶ DI ANNI FA SBARCANO SULLA TERRA I VEGETALI, 20
MILIONI DI ANNI DOPO GLI ANIMALI

MISTERO: UNA CELLULA NON HA PENSIERO, MA TANTE SI

LA CREAZIONE DELLA VITA

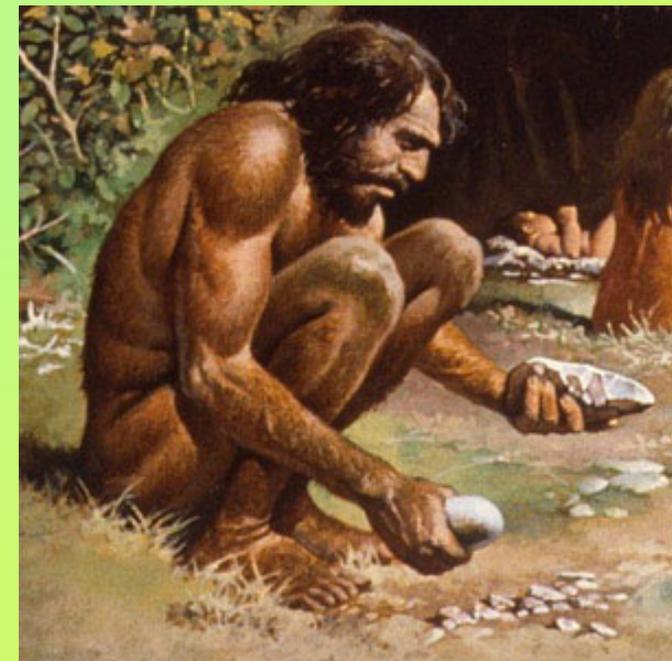
250 MILIONI DI ANNI FA EVENTO
CATASTROFICO (ASTEROIDE, COMETA,
VULCANO ...) → 90% FORME VIVENTI ESTINTE



PERIODO DEI GRANDI RETTILI

65 10^6 ANNI FA ESTINZIONE DI MASSA
(ASTEROIDE ~ 10 KM DIAMETRO FORSE
INDIVIDUATO CRATERE NELLO YUCATAN)

POI MAMMIFERI E L'UOMO (2 10^6 ANNI FA)



Conclusione

TANTE QUESTIONI APERTE, MA TANTE COMPRESSE

*STUDIARE L'IMMENSAMENTE PICCOLO →
CAPIRE L'IMMENSAMENTE GRANDE*

Grazie a tutti



ai due "neutrini"

SLIDES DI RISERVA

IL SISTEMA SOLARE

VEGA SIMILE INIZIO SISTEMA SOLARE

Disco polveri e ghiaccio



Stella vega (1983)

Encarta Enciclopedia, Corbis/NASA

La Genesi

In principio Dio creò il cielo e la terra

settimo giorno

Dio benedisse il settimo giorno e lo consacrò, perché in esso aveva cessato da ogni lavoro ...

sesto giorno

animali, rettili, bestiame e ...
l'uomo che domina ...

quinto giorno

... esseri viventi che vivono nelle
acque e tutti gli uccelli ...



primo giorno

Sia la luce!". E la luce fu

secondo giorno

Sia il Firmamento ...

terzo giorno

Sia la terra ed il mare ...

quarto giorno

Siano le luci del Firmamento ...

LA VITA DI UNA STELLA (grande)

F. GRAVITAZIONALE → UNISCE ATOMI DI H (75%) ED He (25%)

ALTA DENSITA' E T (10^6 C) → H FUSIONE NUCLEARE → ENERGIA

H FINISCE → STELLA COLLASSA → T $\sim 10^8$ C → FUSIONE He
...

FINO ALLA FUSIONE DEL FERRO → LE
REAZIONI NUCLEARI SI SPENGO

LA STELLA COLLASSA ED
ESPLODE (SUPERNOVA)

LUCE

SI FORMANO ELEMENTI PESANTI

supernova
23/8/2005

Stella neutroni

BIG BANG CREA H E He → STELLA CREA FINO Fe →
ESPLOSIONE IL RESTO DELLA MATERIA

La radiazione cosmica di fondo



Penzias e Wilson, 1965

l'UNIVERSO è pieno di radiazione (oltre quella del sole o di fonti note) formata nei primi istanti dell'Universo

*Studio sulla temperatura (energia) della RCF → **Temperatura iniziale molto alta***

RCF proviene uniformemente da tutto lo spazio, piccole anisotropie → "semi" delle galassie

10^{-4} s

