L'evoluzione (e la fine?) dell'Universo

Masiano, 29 gennaio 2010

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

La Genesi

In principio Dio creò il cielo e la terra

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 …

quinto giorno

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

sesto giorno

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

settimo giorno

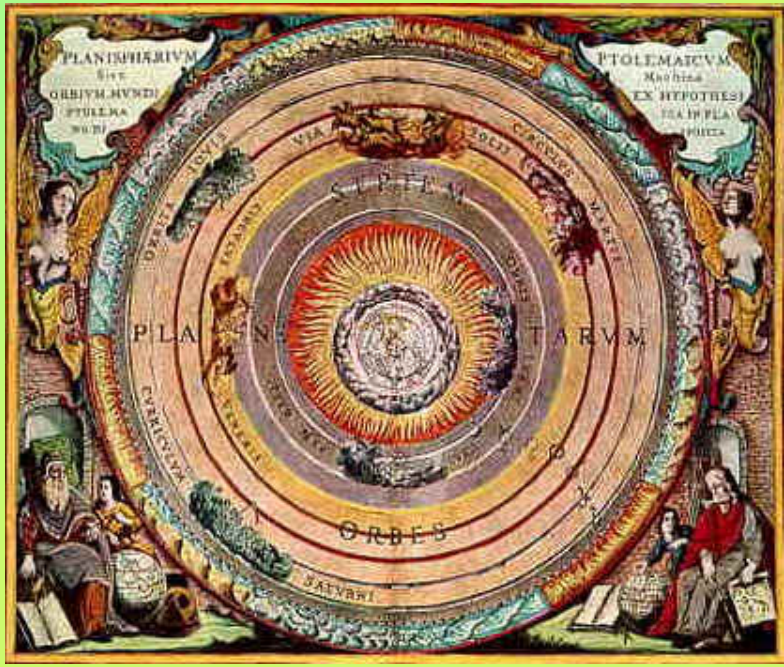
Dio benedisse il settimo giorno e lo consacrò, perché in esso aveva cessato da ogni lavoro …

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

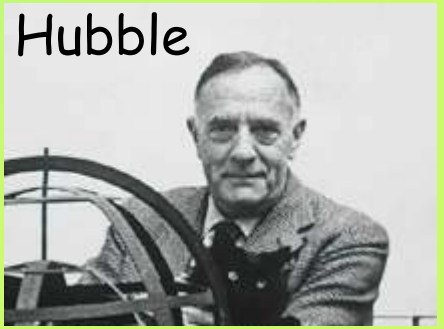
L'uomo e l'Universo

"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

3 m

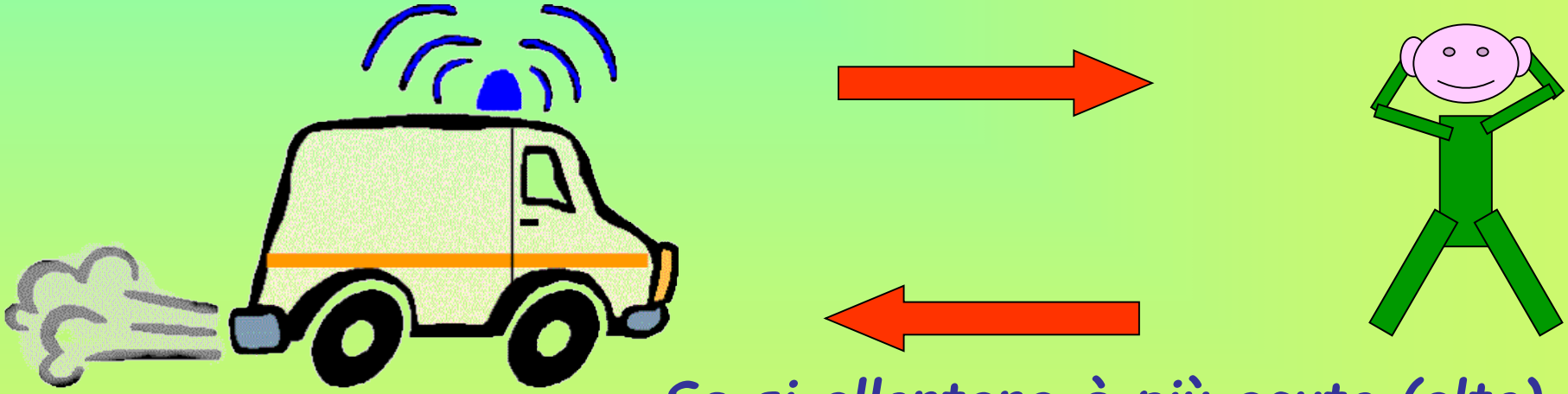
+ TUTTA LA FISICA DELLE PARTICELLE

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)

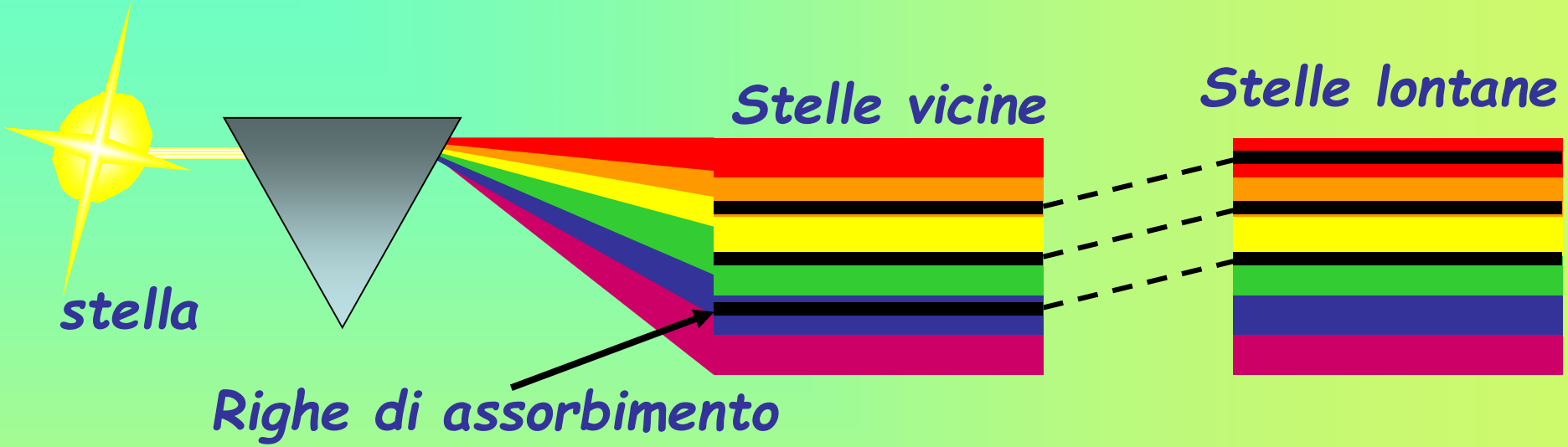


Se si allontana è più acuto (alto)

→ *Applichiamolo 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

Penzias e Wilson, 1965

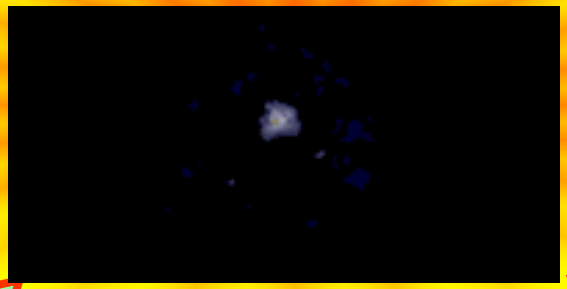
l'UNIVERSO è pieno di radiazione (oltre quella del sole o di fonti note) formata nei primi istanti dell'Universo

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

10^{-4} s

L'INIZIO (si fa per dire)

BIG BANG



$t = 0 \quad T = \infty$

Big Bang

13.7 ± 0.2 G anni fa

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

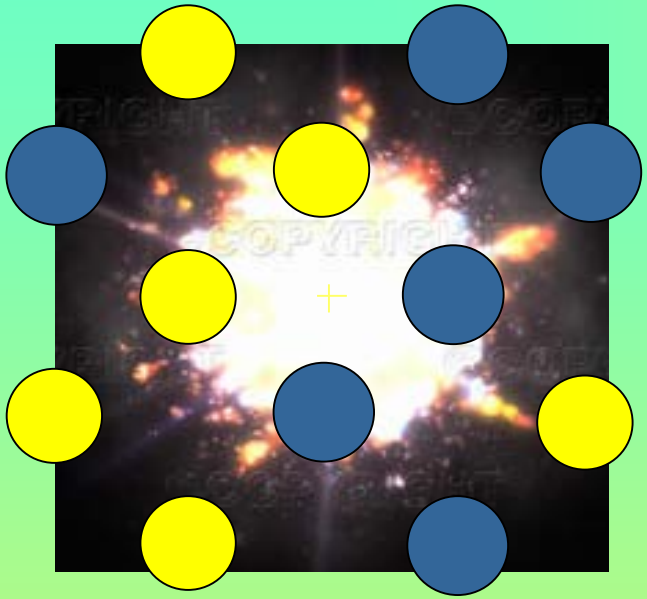
Una sola FORZA SUPERGRAVITA'

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

MA CHI L'HA MESSA LI' QUELLA PALLINA?

1° FOTO (10^{-43} s)

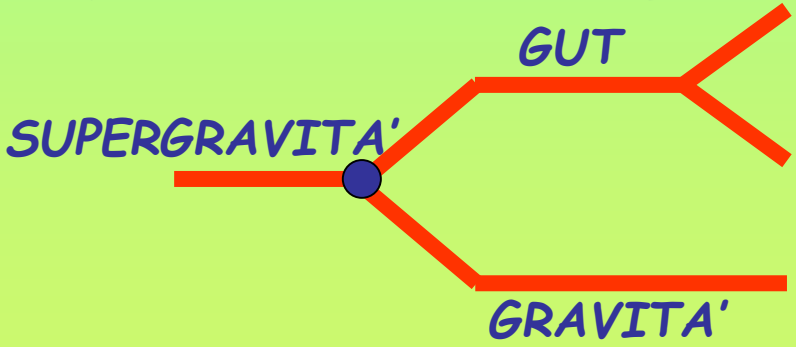
INIZIA ESPANSIONE E RAFFREDDAMENTO



$T = 10^{19}$ GeV ($\approx 10^{32}$ 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?

ferro

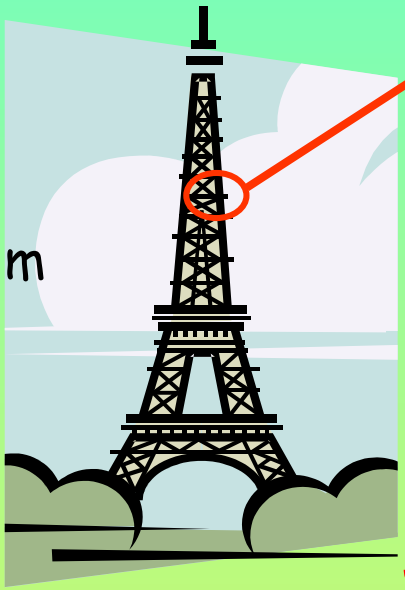
1 m

Limatura di ferro

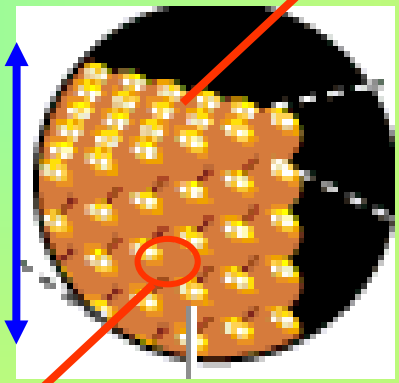
1 mm

Torre Eiffel

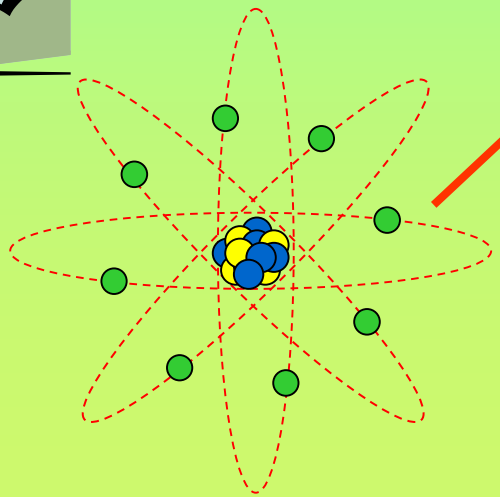
300 m



"0.1 μm
(0.1 milionesimo
di metro)



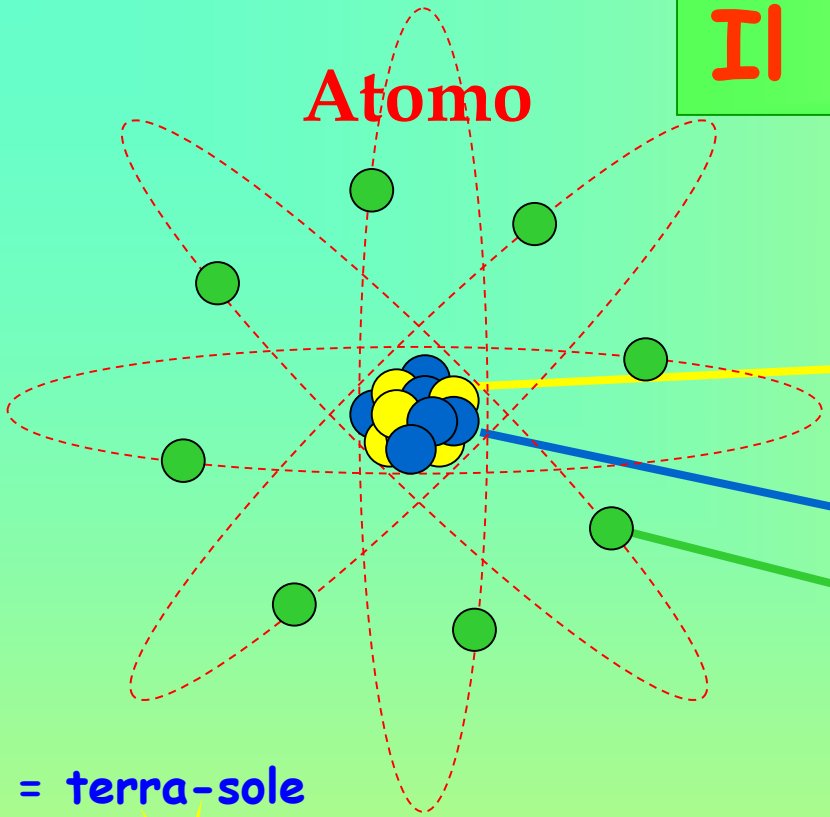
Struttura ordinata
di tante "palline"



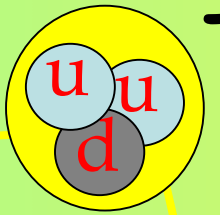
atomo

10^{-10} m
(0.1 miliardesimo
di metro)

Il mondo che ci circonda

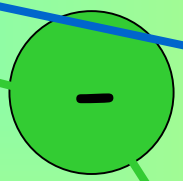


protone

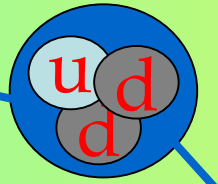


+

elettrone



neutrone



Film Atomo

molecole

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 4 FORZE

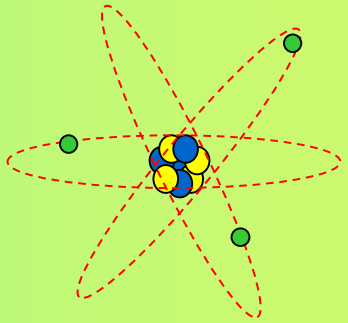
CORPI "GRANDI"

NELL'INFINITAMENTE PICCOLO

GRAVITA'
UNISCE CORPI

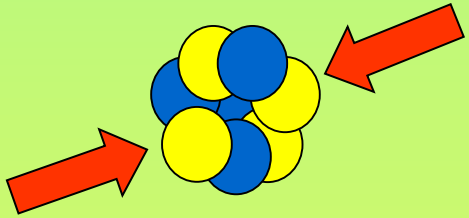
Gravitone G

ELETTROMAGNETICA
UNISCE ATOMI



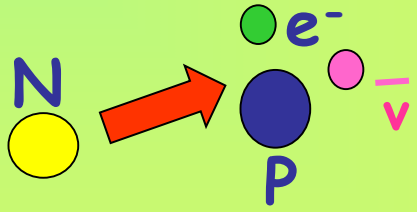
Fotone γ

FORTE
UNISCE NUCLEI



Gluoni g^k

DEBOLE →
DECADIMENTO



W^+ W^- Z^0

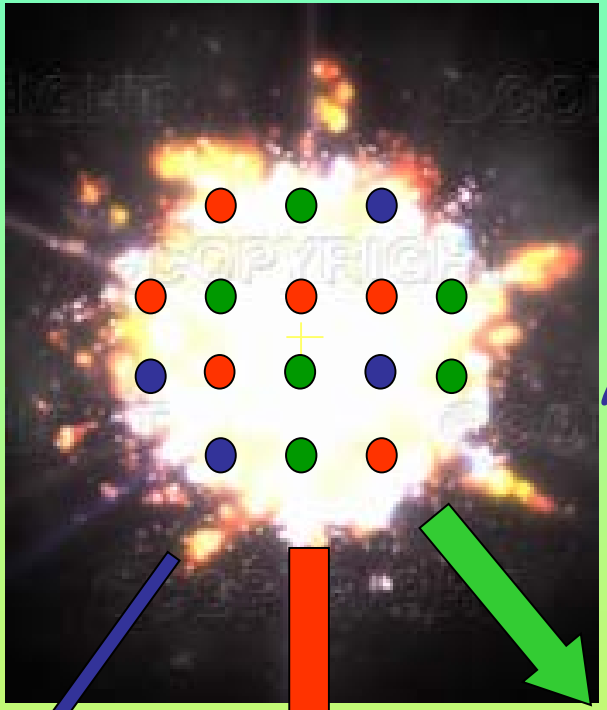
TORNIAMO AL NOSTRO FILM

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

2° FOTO (10^{-35} s)

CONTINUA ESPANSIONE E RAFFREDDAMENTO

$T = 10^{15}$ GeV (10^{28} C)



Antimateria

Radiazione

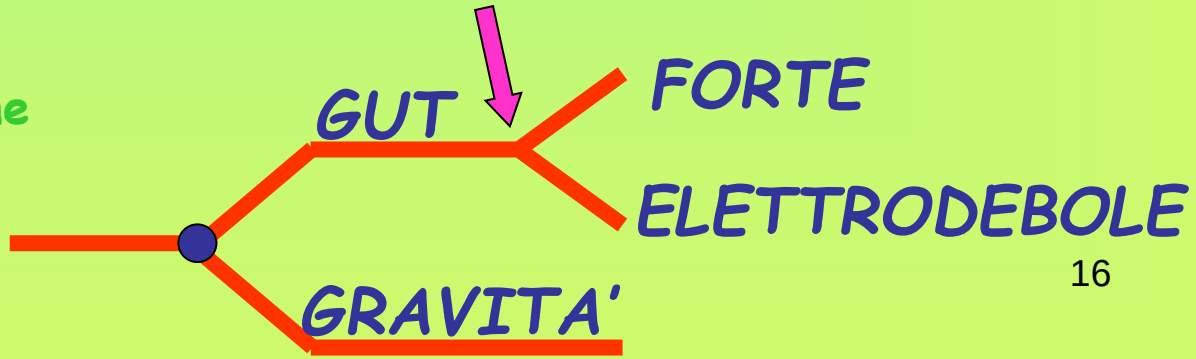
Materia

PARTICELLE COME PRIMA (quarks …)

u d e particelle

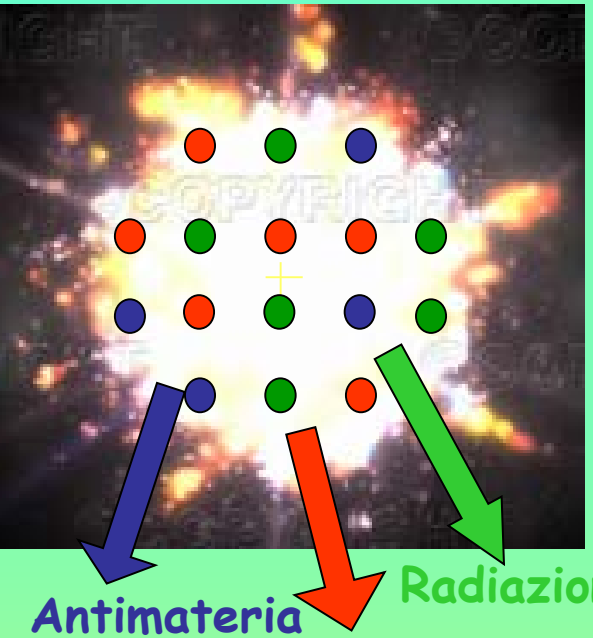
MA, PREDOMINA MATERIA SU ANTIMATERIA

CAMBIAMENTO NELLE FORZE



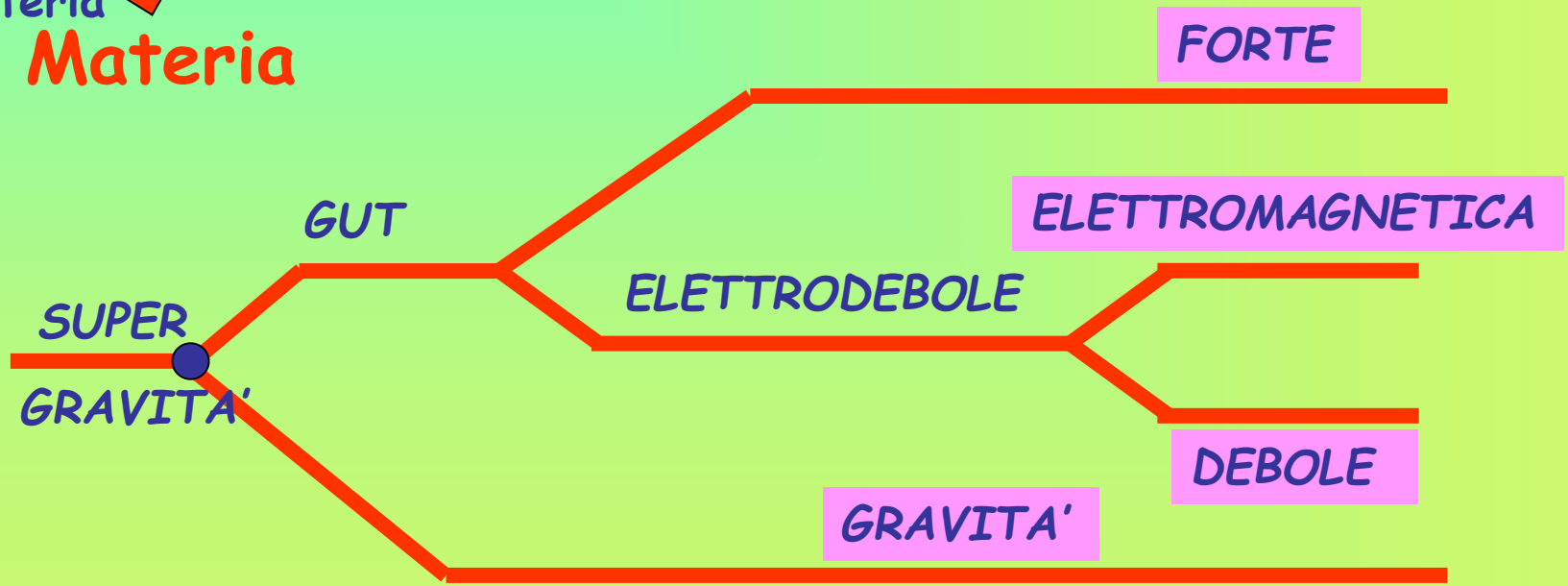
3° FOTO (10^{-10} s)

$T = 10^2$ GeV (10^{15} C)



SOPRAVVIVONO QUASI TUTTE
LE PARTICELLE (PIU' LEGGERE)

FORZE GIA' COMPLETAMENTE DEFINITE

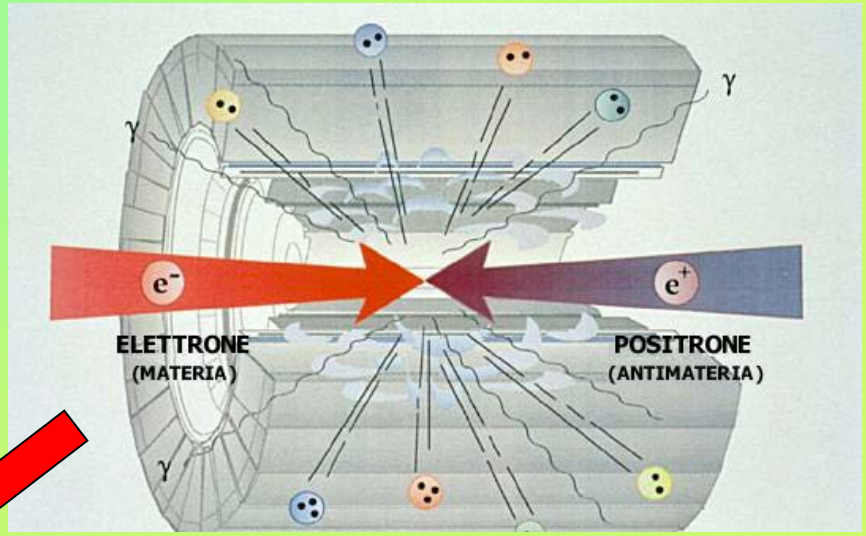


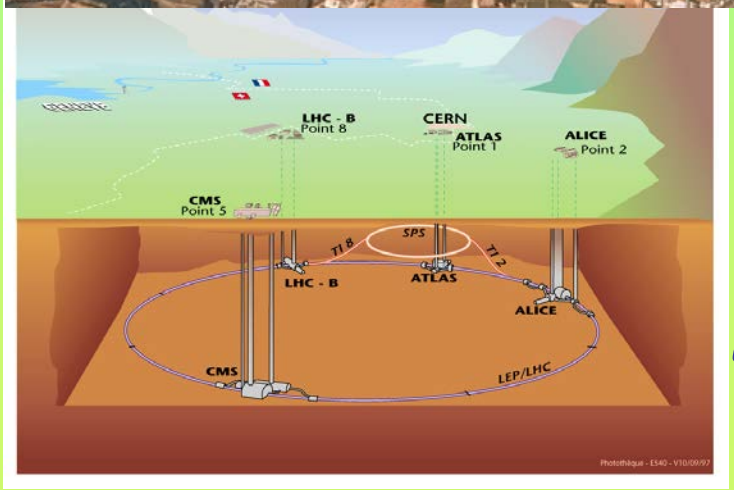
DA ORA UNIVERSO RIPRODOTTO AGLI ACCELERATORI
CON URTI DI PARTICELLE AD ALTA ENERGIA

COME SI STUDIA IL BIG BANG?

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

SCONTRARE PARTICELLE AD ENERGIE SEMPRE MAGGIORI

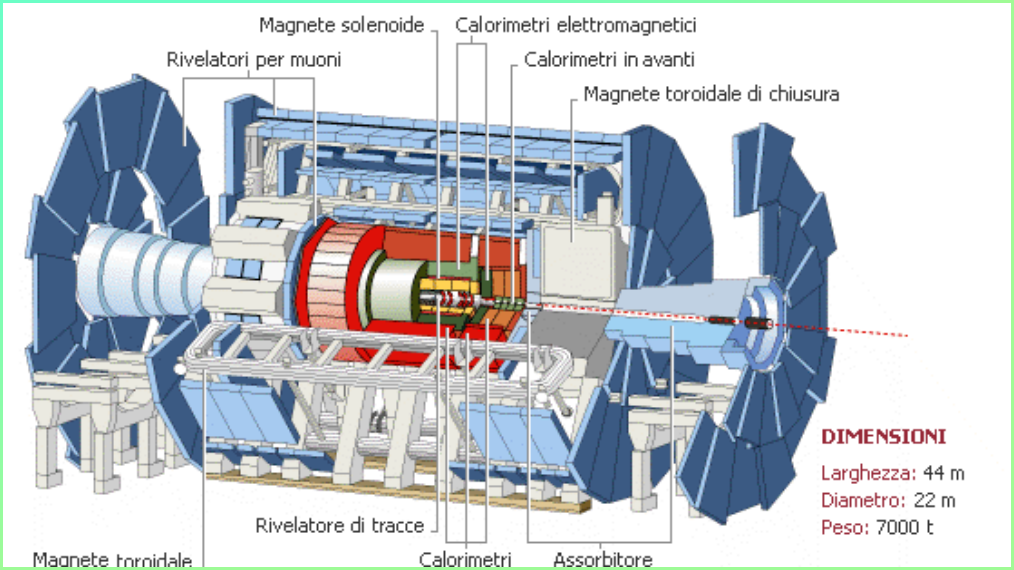




MOLTE PARTICELLE COME BIG BANG

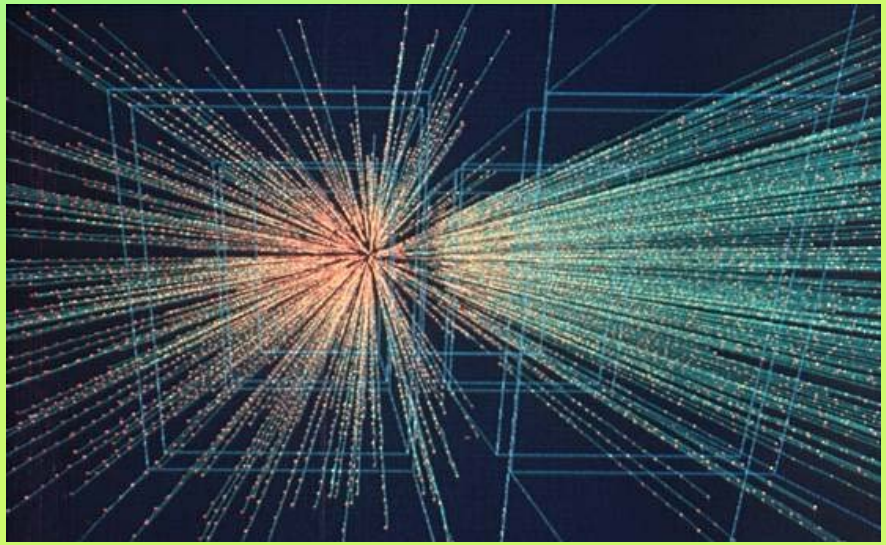
200 GeV → 10^{-10} s (ora ~10 TeV)

ESPERIMENTO ATLAS



Atlas

TIPICO URTO TRA 2
PARTICELLE AD ALTA ENERGIA



CHIUDIAMO LA PARENTESI SUGLI ACCELERATORI DI PARTICELLE

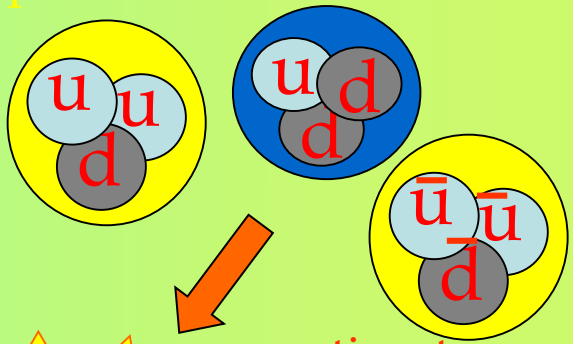
(che ogni volta inserisco per cercare di giustificare i soldi che prendiamo dai contribuenti!!)

4° FOTO (10^{-4} s)

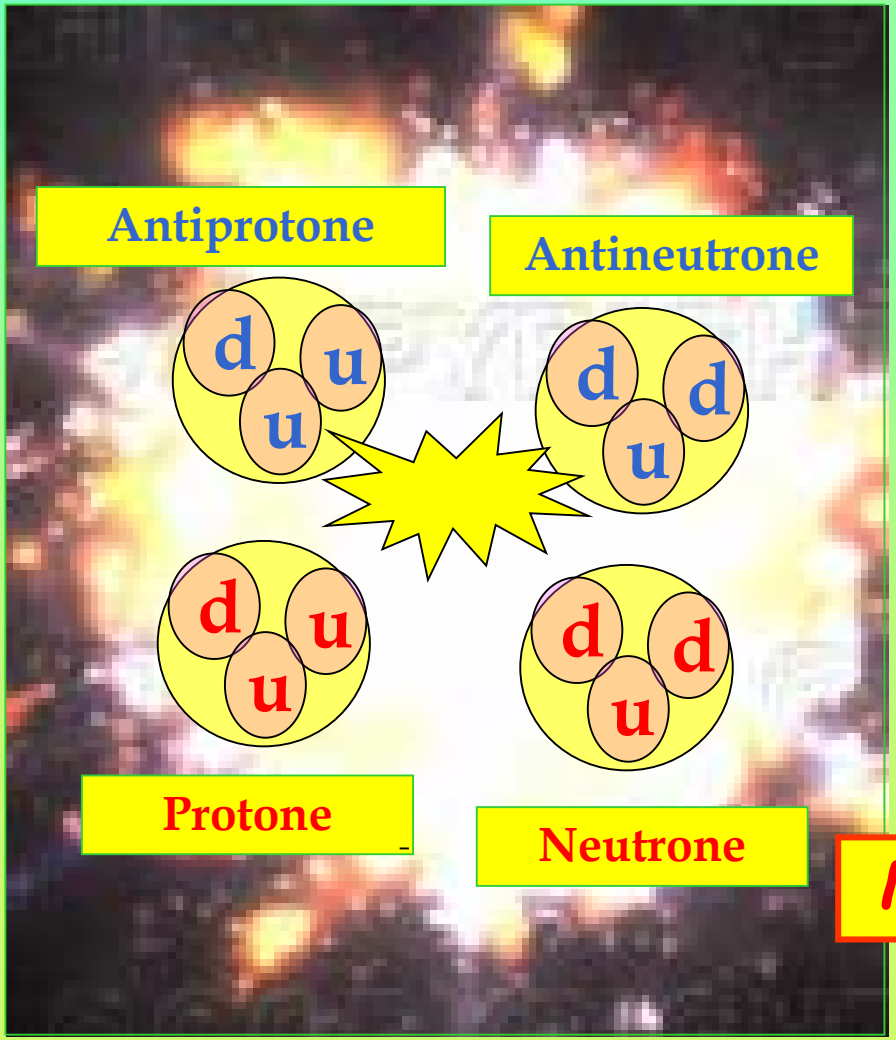
$T=10^2$ MeV (10^{12}C)

SI CREANO PROTONI, NEUTRONI E ANTIMATERIA (dai quarks)

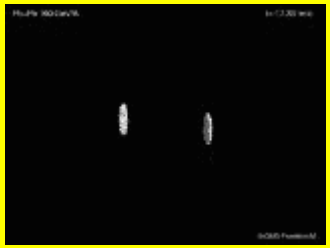
protone neutrone



antiprotone



ANNICHI



LAZIONE

MATERIA

NEUTRINI

LUCE

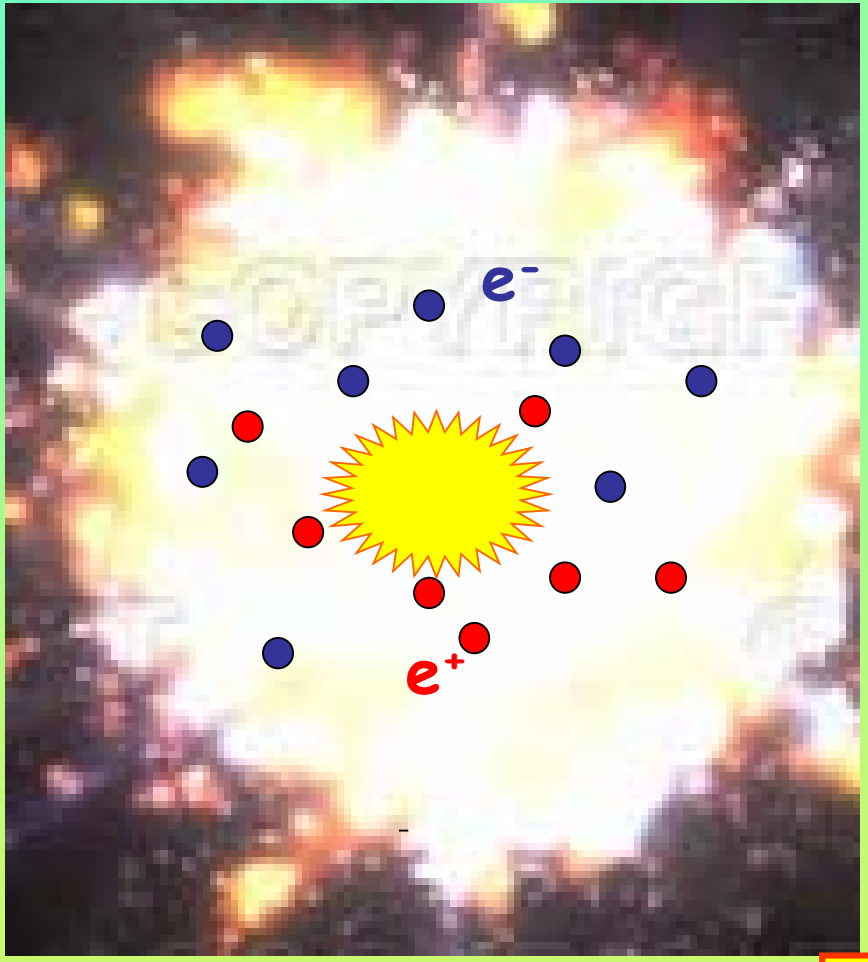
RCF

SPARISCE ANTIMATERIA

5° FOTO (1 s)

T = 1 MeV (10¹⁰ C)

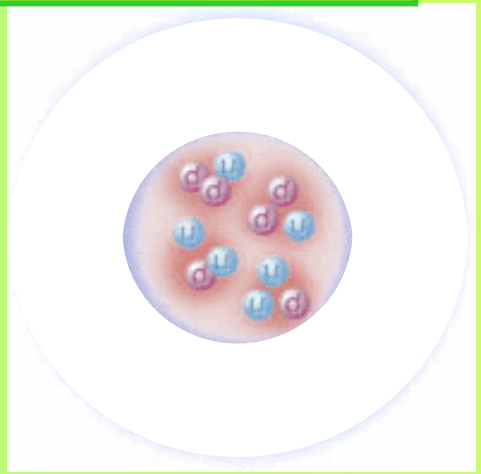
E' RIMASTA SOLO MATERIA E LUCE



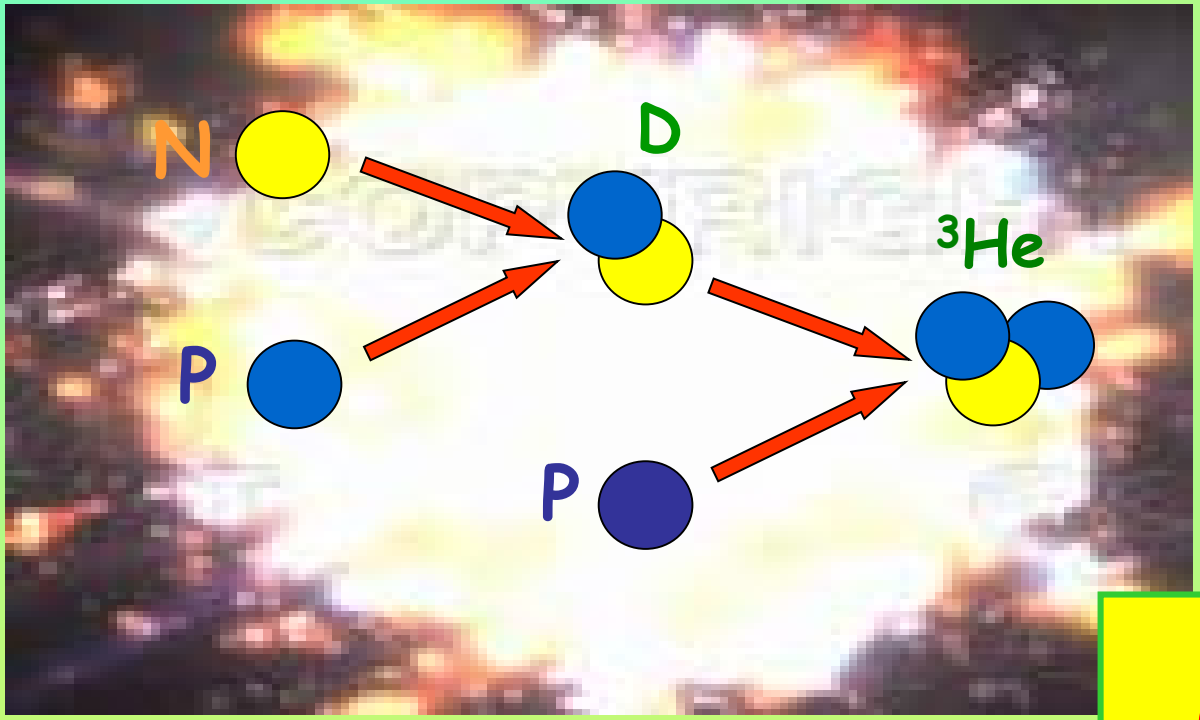
ELETTRONI E POSITRONI ANNICHILANO A LORO VOLTA

6° FOTO (3 m)

T = 0.1 MeV (10⁹C)



NUCLEOSINTESI → FORMANO I NUCLEI PIU' LEGGERI



... ^{7}Li

atomo

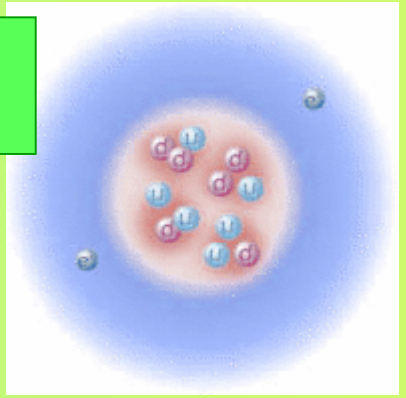
MATERIA
(H, D, ^{3}He, Li ....)

ABBONDANZA DI ELIO

elio

75% 25% (3P, 4N)

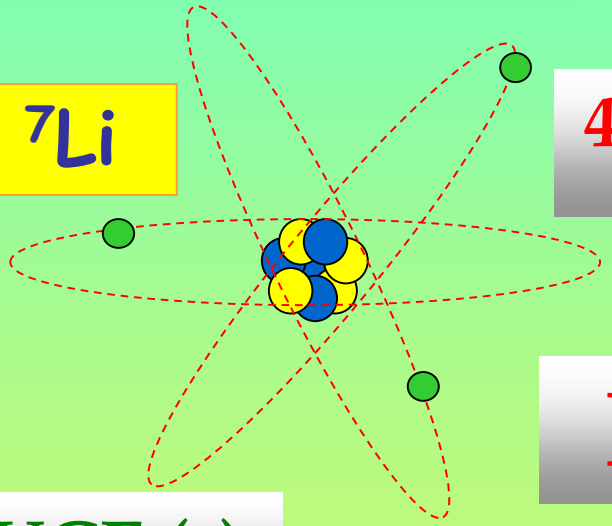
7° FOTO (700000 anni)



T = 1 eV (10000 C)

D

NEUTRINI



^{7}Li

^{4}He

H

LUCE (γ)

GRAVITONI

NUCLEI CATTURANO GLI ELETTRONI

↓

ATOMI NEUTRI

↓

RADIAZIONE NON INTERAGISCE PIU' CON MATERIA

MATERIA E RADIAZIONE → VITA INDIPENDENTE

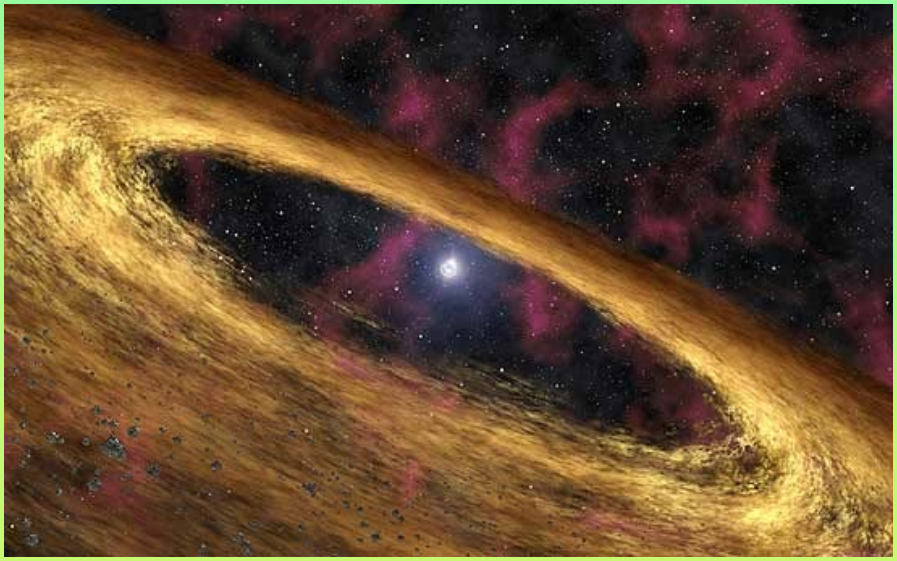
8° FOTO (1 MILIARDO di anni)

$T = 0.1$ eV (10^3 K ≃ 1000 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

~10 MILIARDI DI ANNI: TERRA E SOLE

9° FOTO (QUALCHE MILIARDO di anni)

STELLE SI ATTRAGGONO → FORMANO LE GALASSIE

Formazione galassie

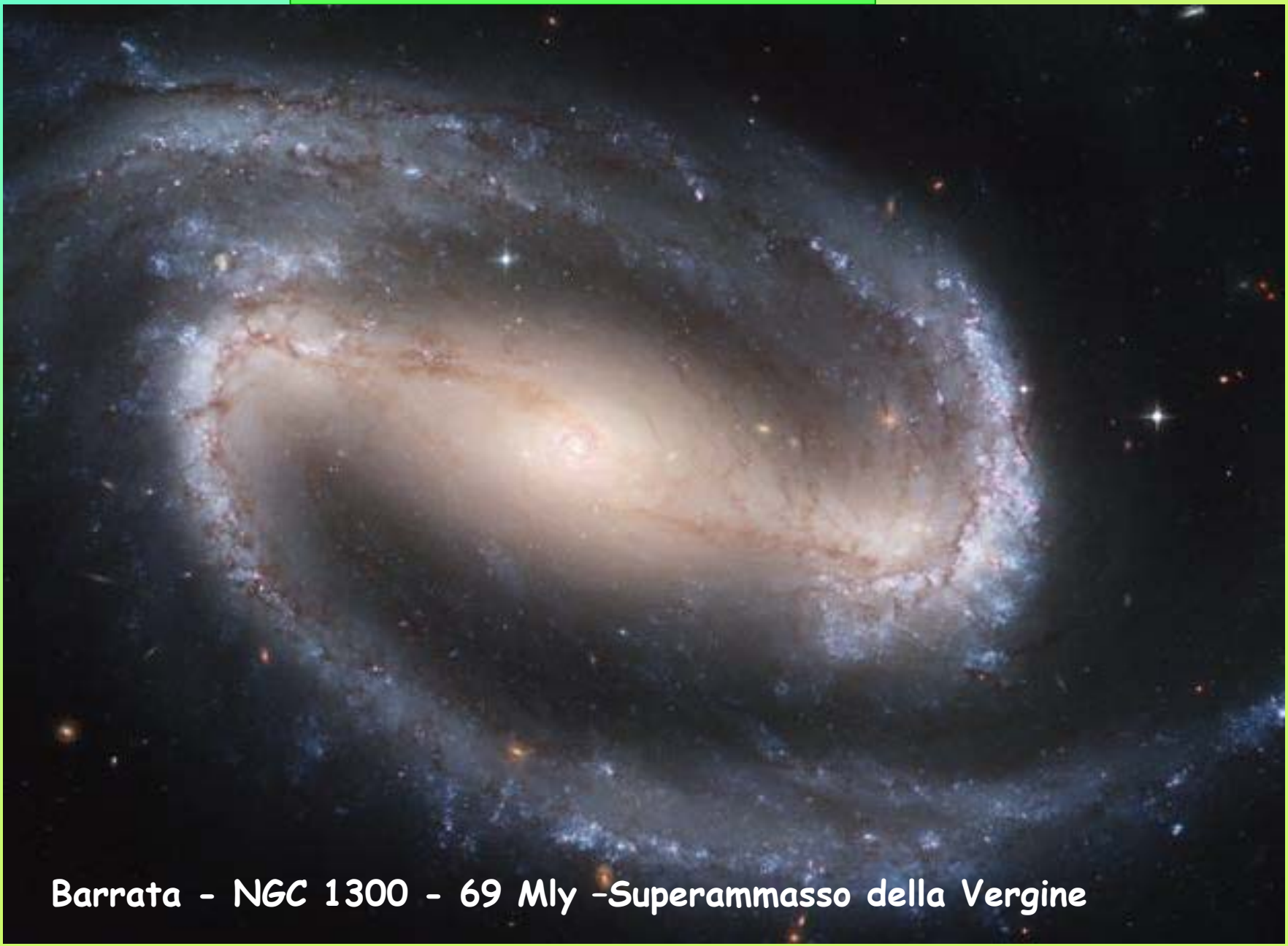
LE GALASSIE

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

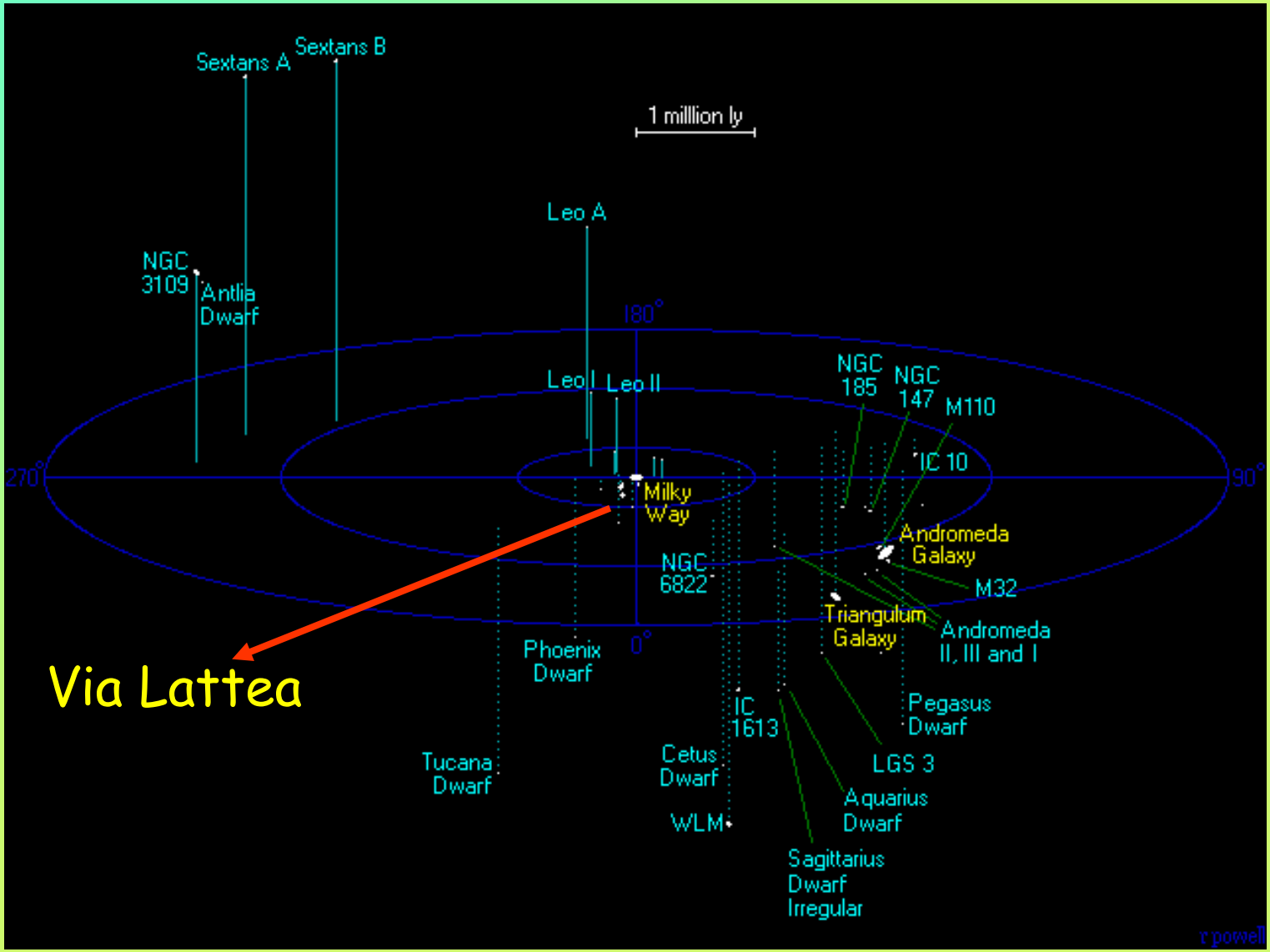
LE GALASSIE

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

IL GRUPPO LOCALE

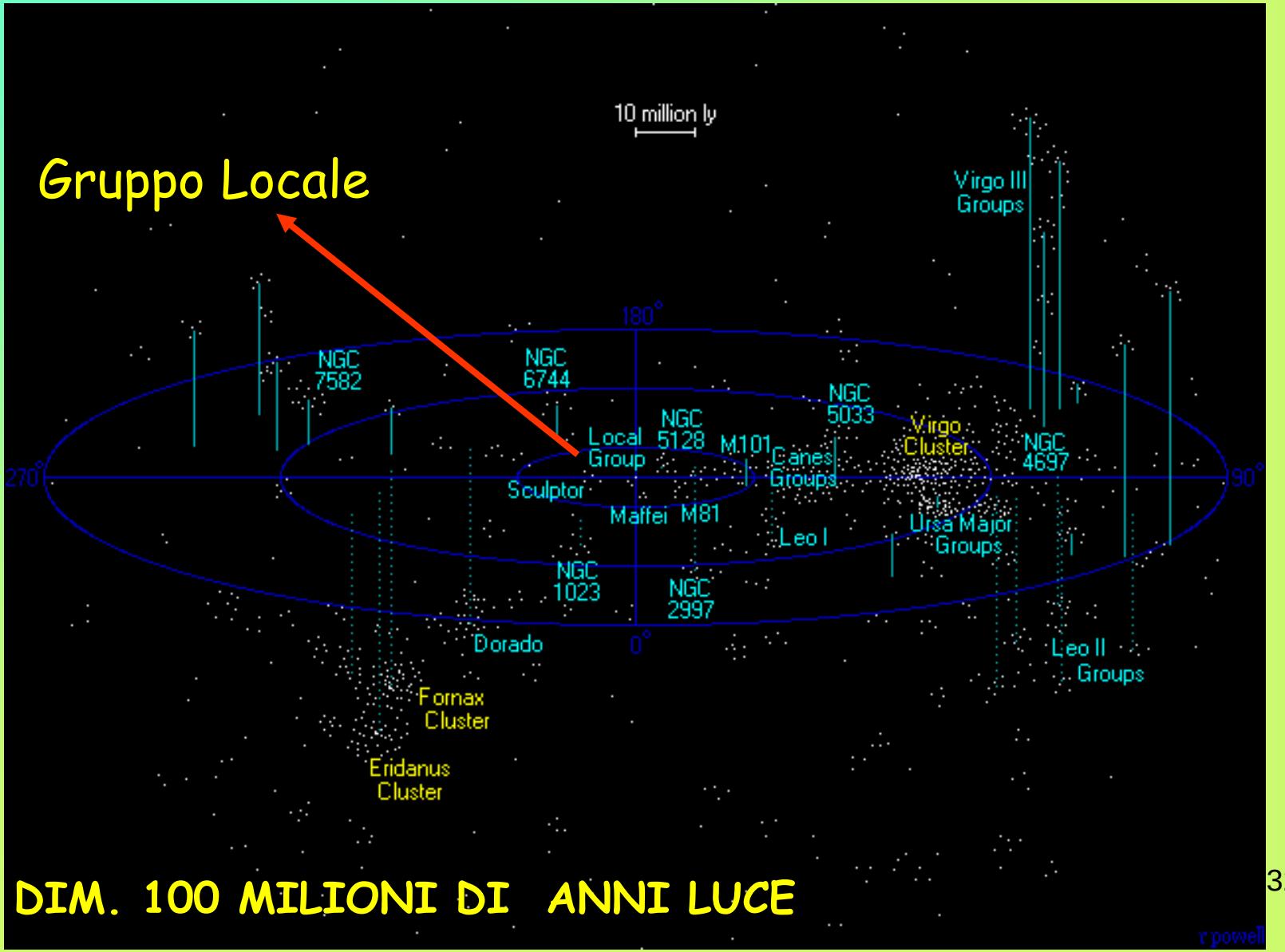
LE GALASSIE SONO ORGANIZZATE IN GRUPPI

QUALCHE MILIONE DI ANNI LUCE



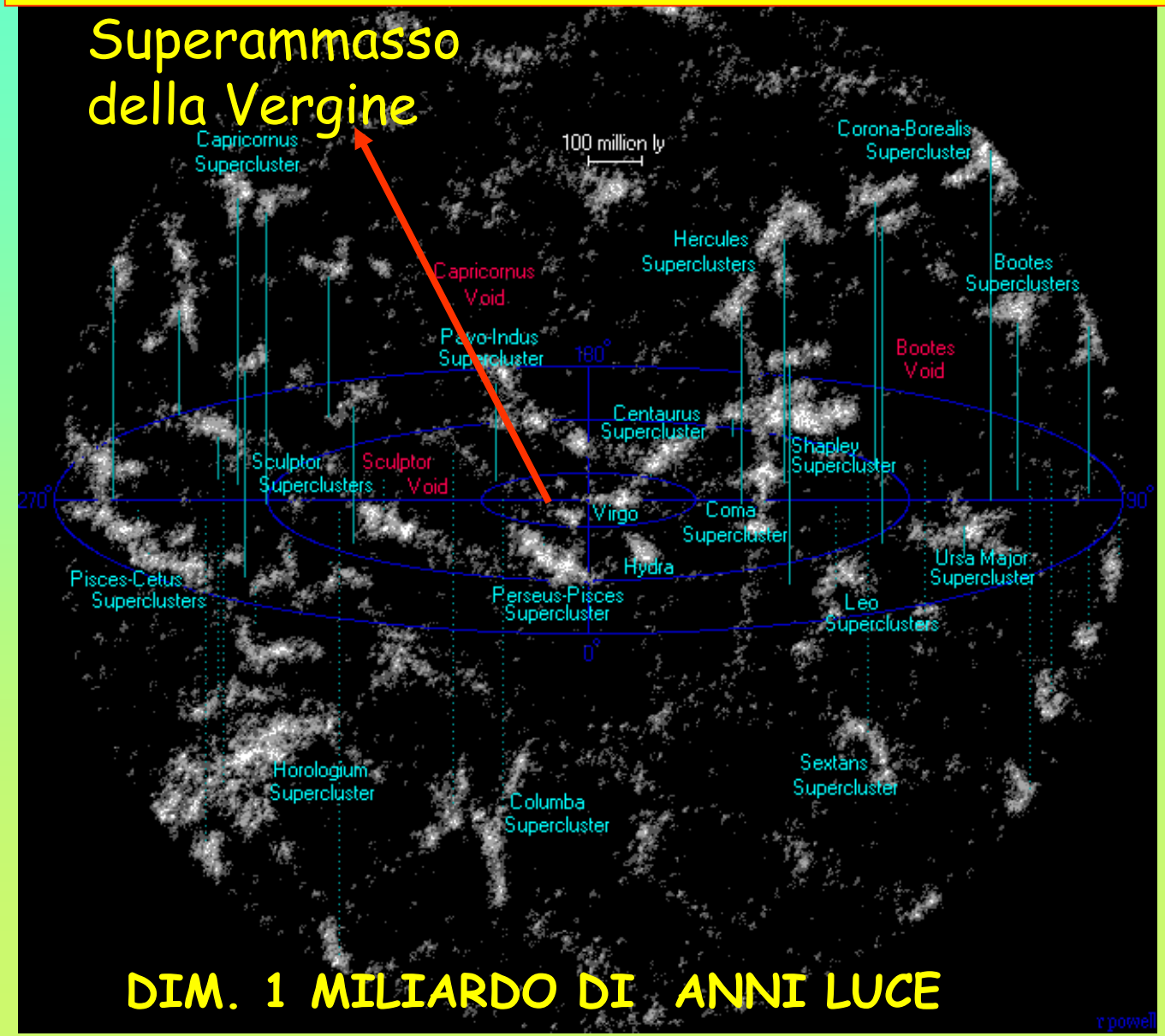
SUPERAMMASSO DELLA VERGINE

I GRUPPI SONO ORGANIZZATI IN SUPERAMMASSI



I SUPERAMMASSI PROSSIMI

I SUPERAMMASSI SONO LE ULTIME STRUTTURE ESISTENTI



AL DI FUORI GRANDI VUOTI, OPPURE ...

galassie

Universo chiuso o aperto?

dipende dalla quantità di materia nell'universo → gravità

Pensate all'Universo come ad una bomba che esplode

*esplosione **debole** → frammenti si allontanano, poi si avvicinano (**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

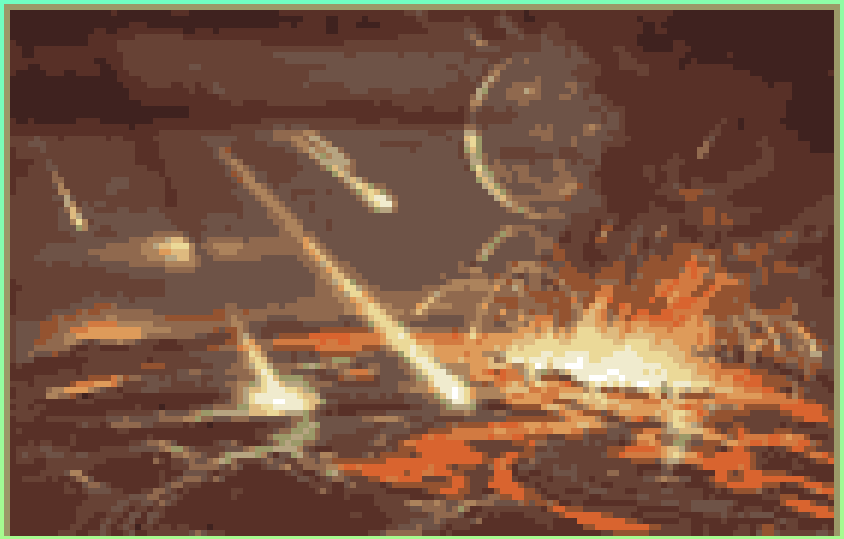
*Se esplosione è **forte** → frammenti si allontanano indefinitamente*

Universo aperto → si espande per sempre

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

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

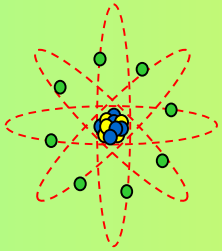
6 ELEMENTI (SU 112) COINVOLTI NELL'EVOLUZIONE (~particelle)

3.8 MILIARDI DI ANNI FA

H C N

O P S

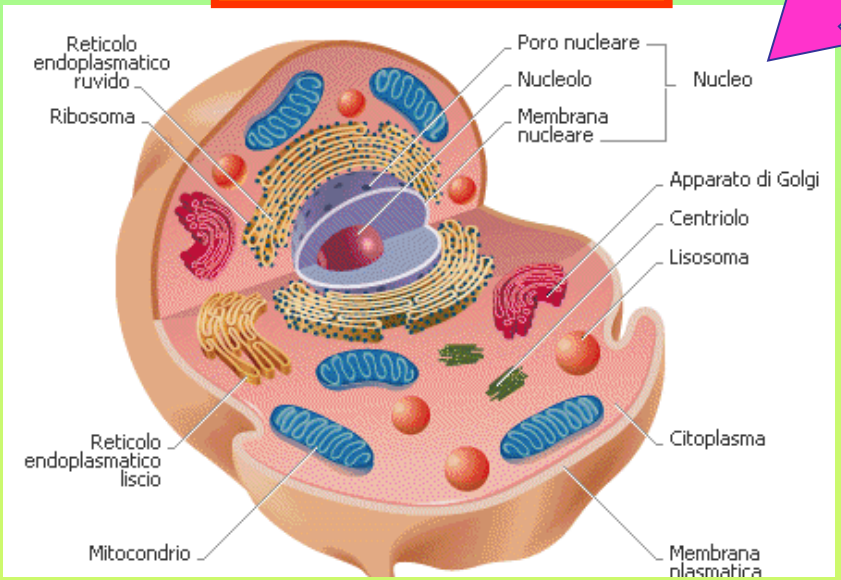
CATENE DI ATOMI



Partic.

NUCLEOTIDI (DNA), AMINOACIDI, LIPIDI, CARBOIDRATI …

CELLULA



PRIMO ORGANISMO VIVENTE

NASCE, SI NUTRE, SI RIPRODUCE, MUORE

LA CREAZIONE DELLA VITA

3.5 MILIARDI DI ANNI FA OCEANI PULLULAVANO DI ORGANISMI UNICELLULARI

FOTOSINTESI CLOROFILLIANA→ O_2 → PIANETA + ABITABILE

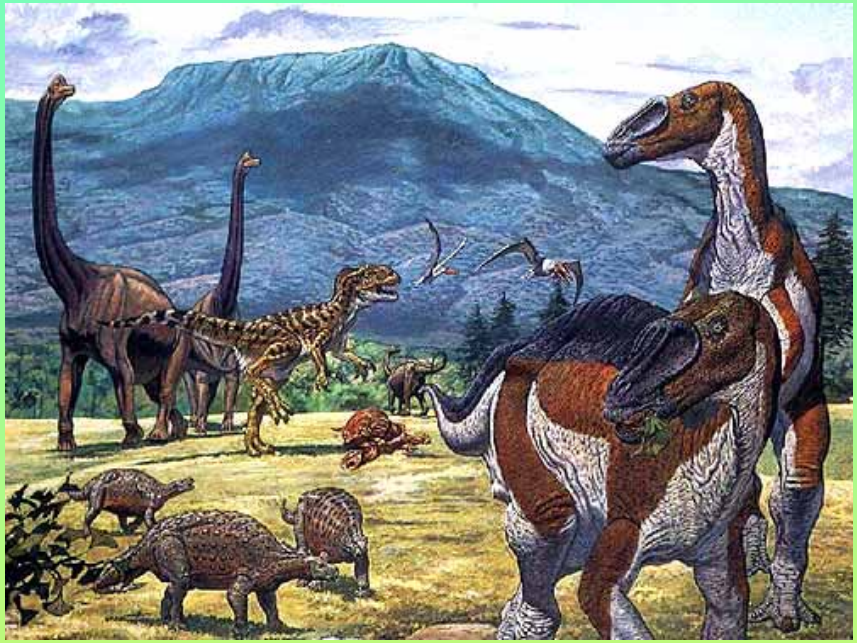
700 10^6 DI ANNI FA → ORGANISMI + COMPLESSI (SPUGNE MEDUSE)

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

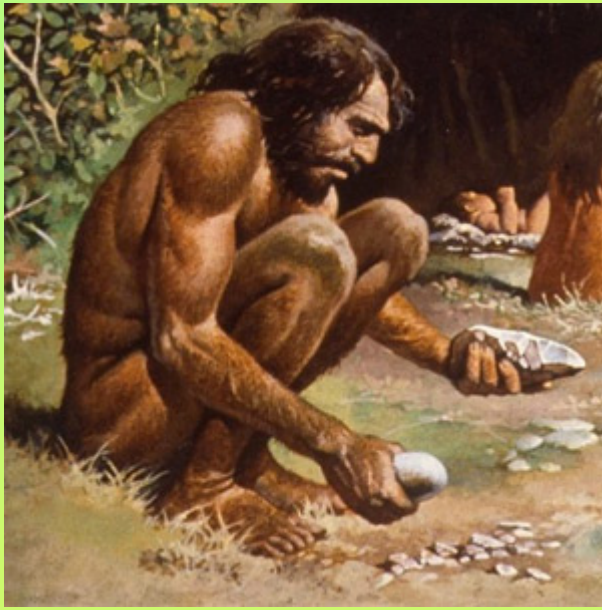
400 10^6 DI ANNI FA SBARCANO SULLA TERRA I VEGETALI, 20 MILIONI DI ANNI DOPO GLI ANIMALI

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)

E DOPO LA VITA?

QUANDO MORIRA' LA TERRA?

IL SOLE VIVRA' ANCORA
~10 MILIARDI DI ANNI

QUANDO IL SOLE SI "SPEGNERA'" LA VITA SULLA TERRA FINIRA'

CI SONO TANTE PREVISIONI SULLA FINE DELLA TERRA

ULTIMAMENTE QUELLA PIU' DI MODA RIGUARDA I MAYA:

21 DICEMBRE 2012

I MAYA

PERIODO: 1800 a.C. : 1530 d.C

POPOLAVANO L'AMERICA CENTRALE (MESSICO, HONDURAS, EL SALVADOR ..

AL CENTRO MONUMENTI E TEMPLI

PERIFERIA LE CASE DEI CONTADINI

NUMERAZIONE IN BASE 20

STUDIAVANO IL CIELO

UN SUPREMO DIO CREATORE E TANTI DEI PIU' PICCOLI (DRAGO,GIAGUARO,SERPENTE-UCCELLO)

IL CALENDARIO MAYA

BASATO SU DEI CICLI (COME NOI, GIORNI, MESI, ANNI)

AVEVANO 2 CALENDARI

SACRO "TZOLKIN" 13 MESI DI 20 GIORNI = 260 GIORNI (GESTAZIONE)

CIVILE "HAAB" 18 MESI DI 20 GIORNI + UN MESE CORTO DI 5 GIORNI = 365

OGNI 52 ANNI I 2 CALENDARI SI UNISCONO PARTENDO DALLO STESSO GIORNO DETTA "LA FESTA DEL NUOVO FUOCO"

CICLO PIU' CORTO

I CICLI ASTRONOMICI

SECONDO I MAYA IL SISTEMA SOLARE COMPIE UN MOTO DI AVVICINAMENTO ED ALLONTANAMENTO DAL CENTRO DELLA GALASSIA (25625 ANNI)

GIORNO GALATTICO

DIVISO IN 5 ERE ("SOLI") OGNUNA DI 5125 ANNI

- ACQUA → ATLANTIDE?
- ARIA
- FUOCO
- TERRA
- ORO → ATTUALE

LA QUINTA ERA: L'ETA' DELL'ORO

INIZIATA IL 13 AGOSTO 3114 A.C.

TERMINERA' IL 21 DICEMBRE 2012 D.C.

CATASTROFE

RINNOVAMENTO SPIRITUALE

FLUSSO DI ENERGIA DAL CENTRO DELLA GALASSIA → FORTE ATTIVITA' SOLARE

(VISTA NEL 1997 DALLA SONDA SOO)

NUOVA ETA' DELL'ORO

IL CODICE DRESDA

UNO DEI MIGLIORI DOCUMENTI MAYA

CALCOLI ASTRONOMICI MOLTO PRECISI

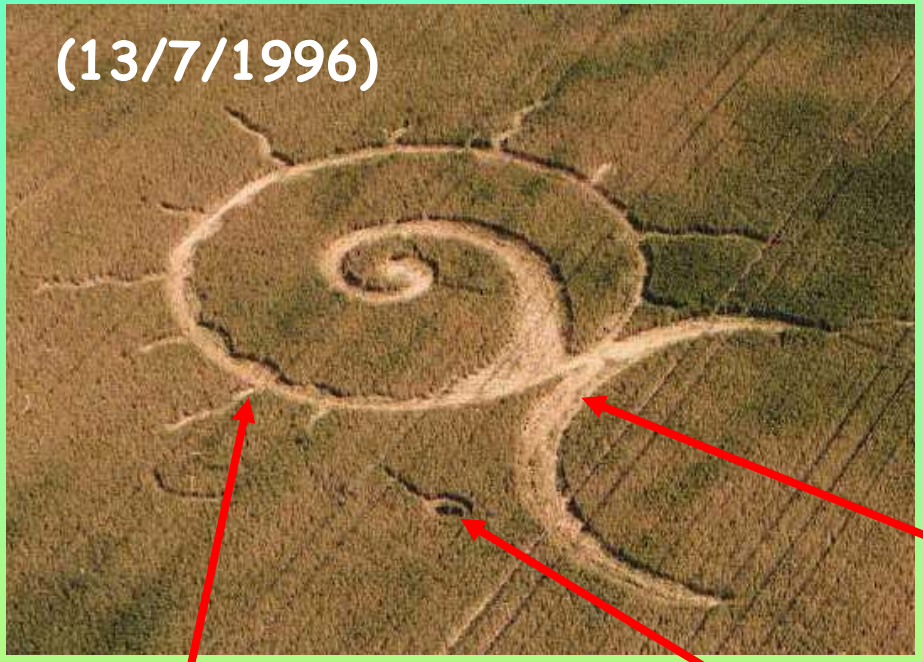
PREVISTO (~ SEC) ECLISSI
DEL 11 AGOSTO 1991

INIZIO DI UN PROCESSO CHE PORTERA'
ALL'INCONTRO CON I SIGNORI DELLE STELLE

GUAI A VOI DELLA TERRA,
VERRA' LA FINE DEI CAVALIERI GIAGUARO
E L'INIZIO DI UNA NUOVA ERA
CHE SORGERA' SULLE CENERI DELLA PRECEDENTE.
E SARA' IL TEMPO DELL'INCONTRO
CON I SIGNORI DELLE STELLE

CROP CYRCLE DEGLI ULTIMI ANNI

IN INGHILTERRA SONO APPARSI MOLTI CERCHI NEL GRANO



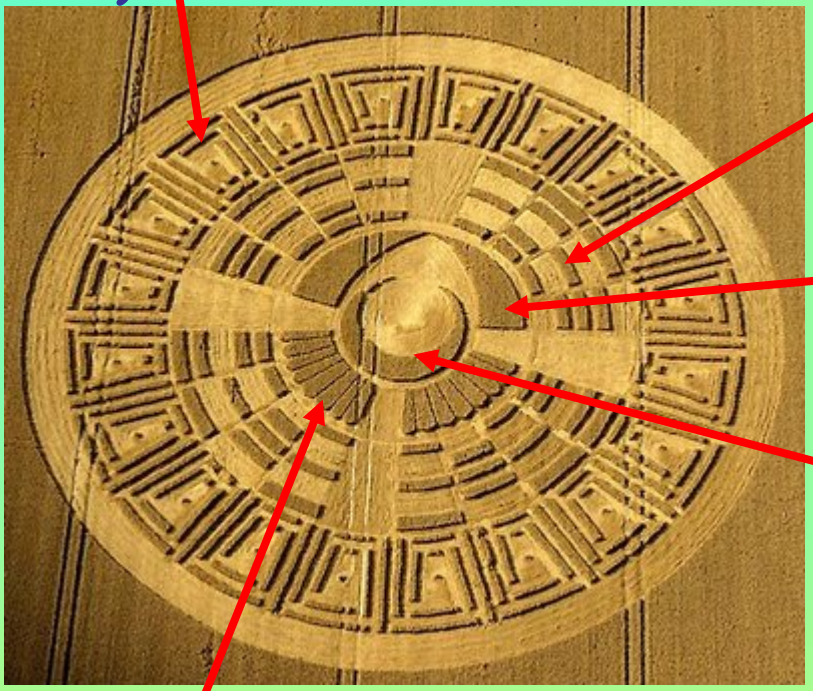
RAPPRESENTA IL SIMBOLO MAYA HUNABKU (CENTRO DELLA GALASSIA)

DISPOSIZIONE DEL CIELO CHE DOVREBBE VERIFICARSI NEL DICEMBRE 2012

FORSE UNA CIVILTA' ALIENA CI STA PARLANDO?

TZOLKIN: CROP CYCLE 9/8/2005

20 ELEMENTI (MESI)



13 SERIE DI BARRE (GIORNI)

MEZZO ARCO = GIORNO ZERO → ALLINEAMENTO PLEIADI SOLE TERRA (20 MAGGIO)

ECLISSI PARZIALE SOLE (20/5/2012)

16 PIUME

20 MAGGIO 2012

5 GIUGNO TRANSITO DI VENERE SUL SOLE

INDICA LA FINE DI UN CICLO E QUESTO TRANSITO E' L'ULTIMO DEI 25625 – 5125 – 52 ANNI

Conclusione

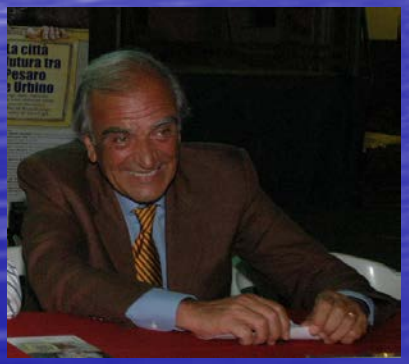
TANTE QUESTIONI APERTE, MA TANTE COMPRESE

STUDIARE L'IMMENSAMENTE PICCOLO →
CAPIRE L'IMMENSAMENTE GRANDE

PER IL 2012 IO STAREI TRANQUILLO, CASOMAI

...

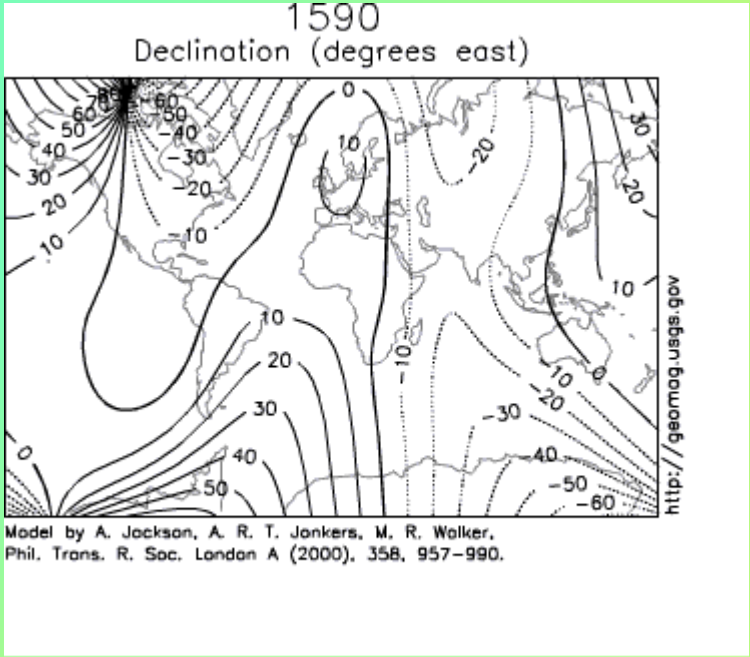
DIVERTIAMOCI MOLTO FINCHE' SIAMO IN TEMPO



Grazie a tutti

spighi@bo.infn.it o http://www.bo.infn.it/~spighi

CAMPO MAGNETICO TERRESTRE



STUDI DICONO CHE SI INVERTONO I POLI OGNI 300 MILA ANNI CIRCA. L'ULTIMA PARE SIA AVVENUTA 780 MILA ANNI FA NON SI SA IL PERCHE'

STUDI SU ROCCE DICONO 65 MILIONI DI ANNI FA I POLI ERANO INVERTITI

INVERSIONE NON E' UN FENOMENO ISTANTANEO MA LENTO E CONTINUO

COME SONO FOTOGRAFATE?

ATTRAVERSO TELESCOPI IN ORBITA

Lancio del vettore

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)

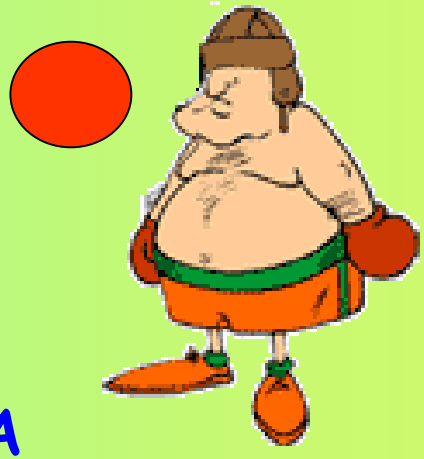
LE FORZE

FORZE TRA PARTICELLE = "TIRARSI DELLE PALLINE"

RICEVERE (DARE) UN PUGNO (VA INDIETRO)

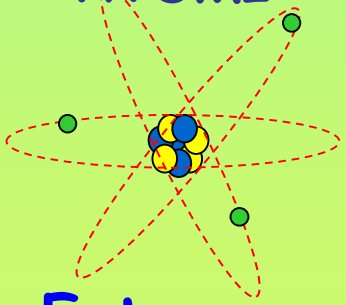
=

TIRARSI UNA PALLA



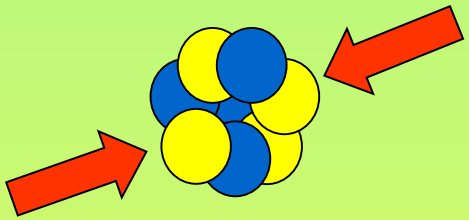
→ ESERCITARE UNA FORZA SENZA TOCCARSI (PARTICELLE)

E.M. UNISCE ATOMI



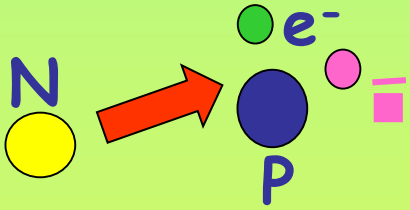
Fotone γ

FORTE UNISCE NUCLEI



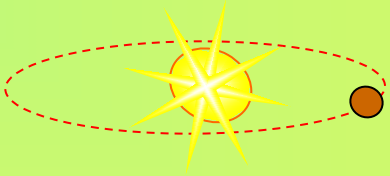
Gluoni g^k

DEBOLE → DECADIMENTO



W^+ W^- Z^0

GRAV UNISCE CORPI



Gravitone G

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