La fisica del '900: una "rivoluzione" mondiale

- un veloce viaggio nell'antichità
- nascita e sviluppo della fisica
- la fisica moderna
- la fisica oggi

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

Con il fondamentale aiuto del prof. Roberto Ruini, docente di lettere presso il Liceo Scientifico "C. Livi"

Prato, scuole Datini, 25 novembre 2008

L'inizio

L'uomo da sempre ha avuto la curiosità di sapere, di capire come funziona il mondo, l'universo ...

"fisica" deriva dal greco "physikė" → natura

fisica→ studia le leggi della natura, dall'infinitamente piccolo (particelle) all'infinitamente grande (astrofisica)

Molte teorie si sono succedute nel corso dei secoli

Teoria aristotelica (300 A.C.) la più completa accettata per ~ 2000 anni

Simplicio rispose a Galileo:" ... non esiterei a crederti se Aristotele non avesse detto il contrario"

La teoria aristotelica

Corpi divisi in due categorie

Corpi celesti → perfetti (detti la quinta essenza)

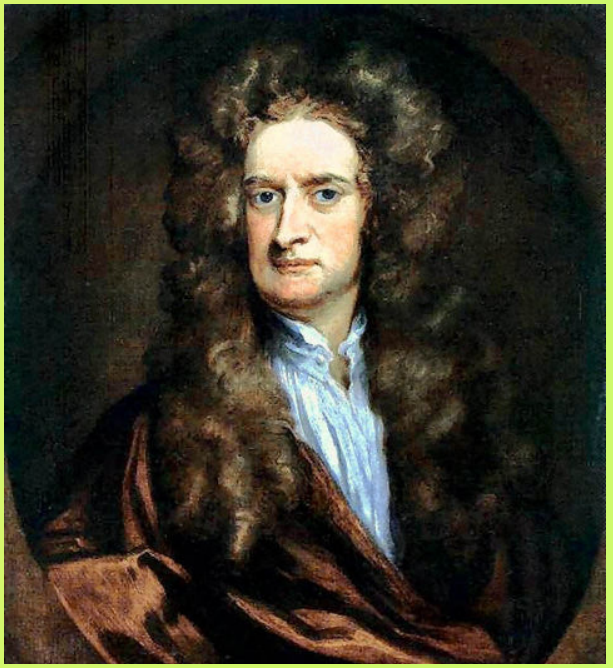
Corpi terrestri → mutevoli

Etere:
non esiste sulla terra, eterno, inalterabile, confine terra -cosmo

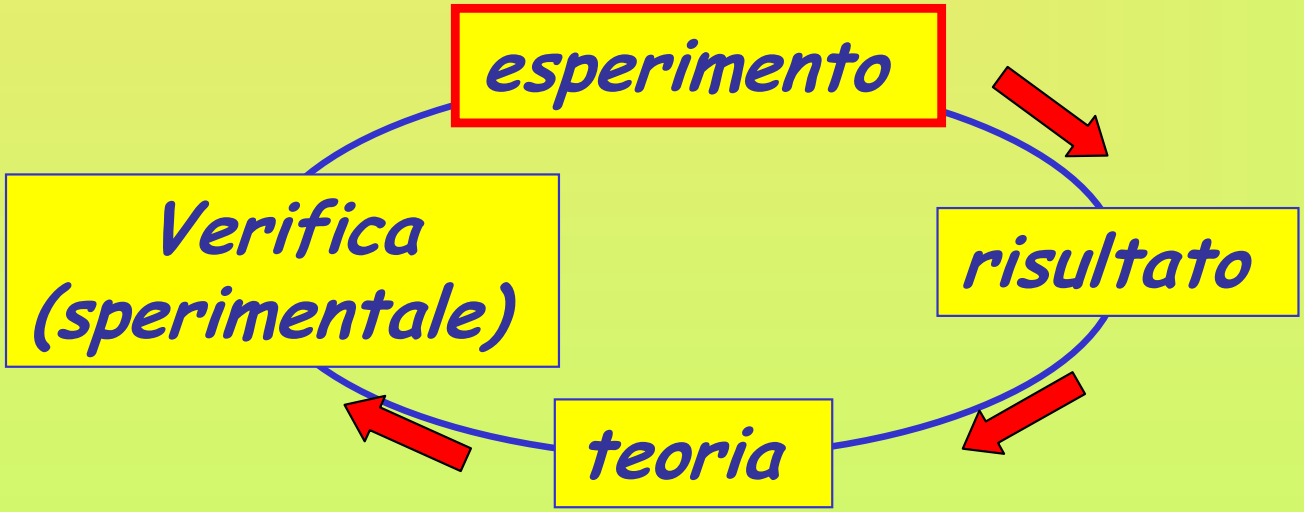
1600: La nascita della fisica

Alcuni padri

- *N. Copernico (Polonia 1473-1543)*
- *G. Galilei (Pisa 1564-1642)*
- *Newton (Inghilterra 1642-1727)*



Il metodo scientifico (Galileo)

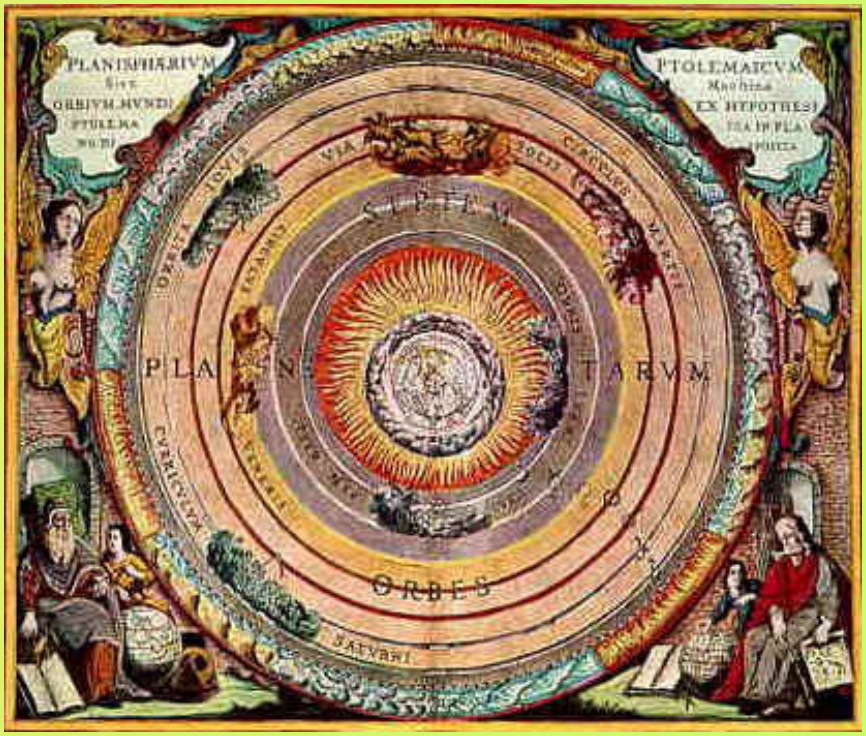


Aristotele osserva, la fisica in più misura → metodo cambia

Esperimenti → tutti i corpi cadono con la stessa velocità

La prima rivoluzione: il sistema eliocentrico

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

"1500 si comincia a criticare sistema geocentrico

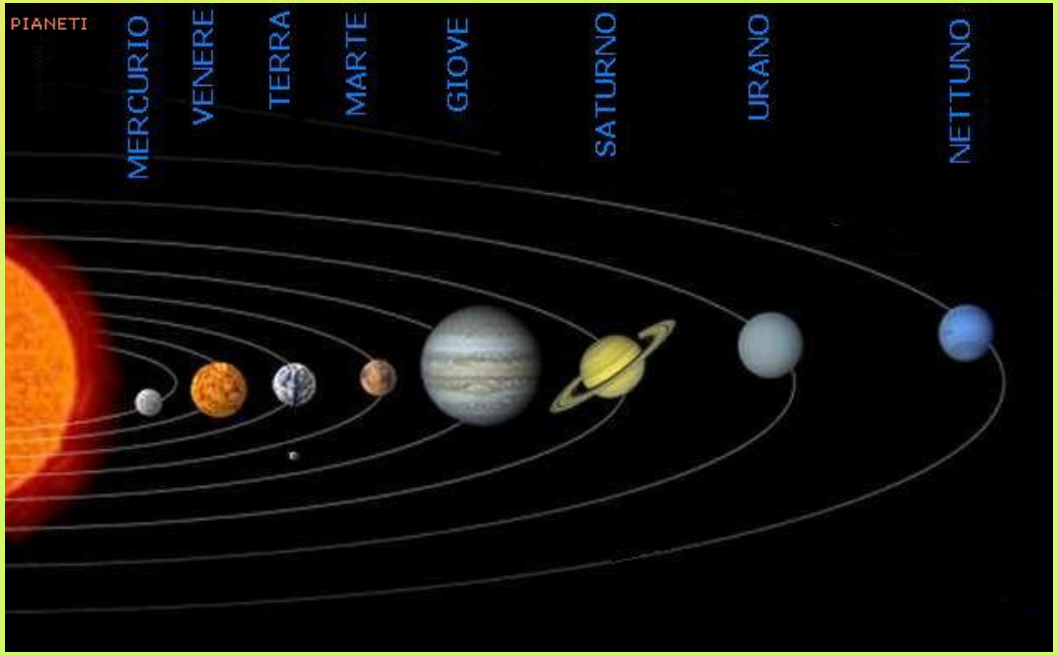
1550-1600 GIORDANO BRUNO → Universo infinito e privo di Centro → fu messo al rogo

La prima rivoluzione: il sistema eliocentrico

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

1687 Newton → legge di gravitazione universale

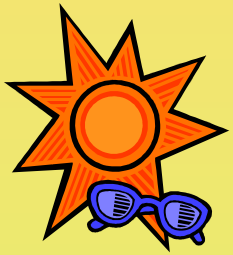
Comprensione della fisica "macroscopica"



Rivoluzione non soltanto scientifica, ma anche culturale → l'uomo non era più il centro dell'universo

700-800: le nuove missioni della fisica

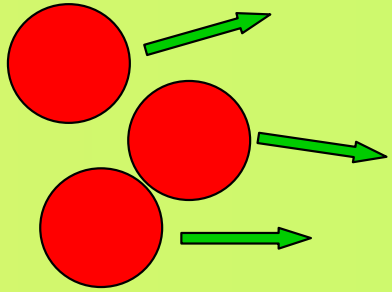
fenomeni non compresi



LUCE

Huygens → onda

Newton → corpo



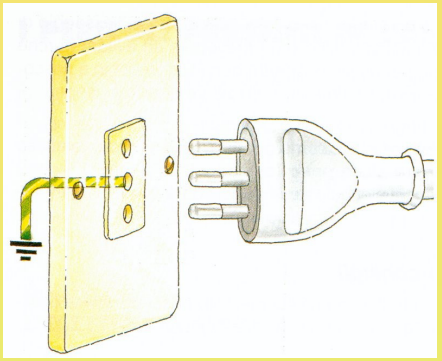
elettricità

ambra strofinata attrae i corpi (600AC)

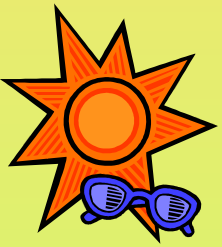
magnetismo

Che forza sono?

1700-1800: le nuove missioni della fisica



Ørsted comprese (1829) che campo magnetico e elettrico sono simili



Maxwell (1865) scoprì che anche la luce era un campo elettromagnetico

Comprensione dell'elettromagnetismo

elettricità
magnetismo
ottica

Prima grande unificazione

1700-1800: le nuove "missioni" della fisica

ELETTRICITA' MAGNETISMO, OTTICA,
CALORE, TEMPERATURA, ...

Bisognava studiare la materia microscopica

Inversione di studi:

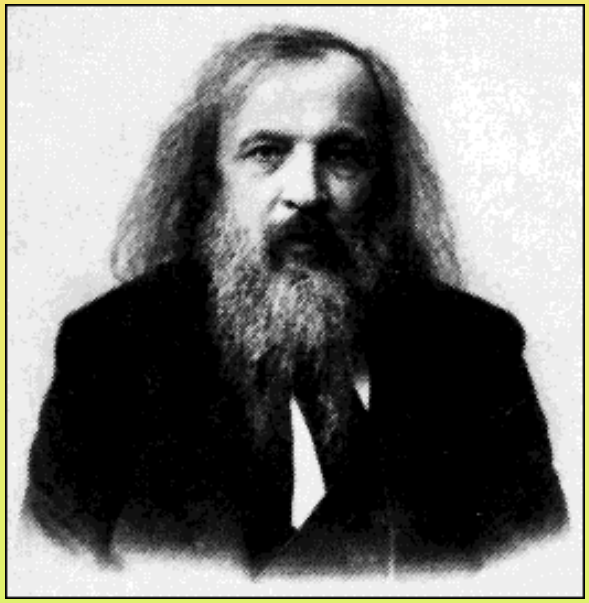
1600 → IMMENSAMENTE GRANDE

1800 → IMMENSAMENTE PICCOLO

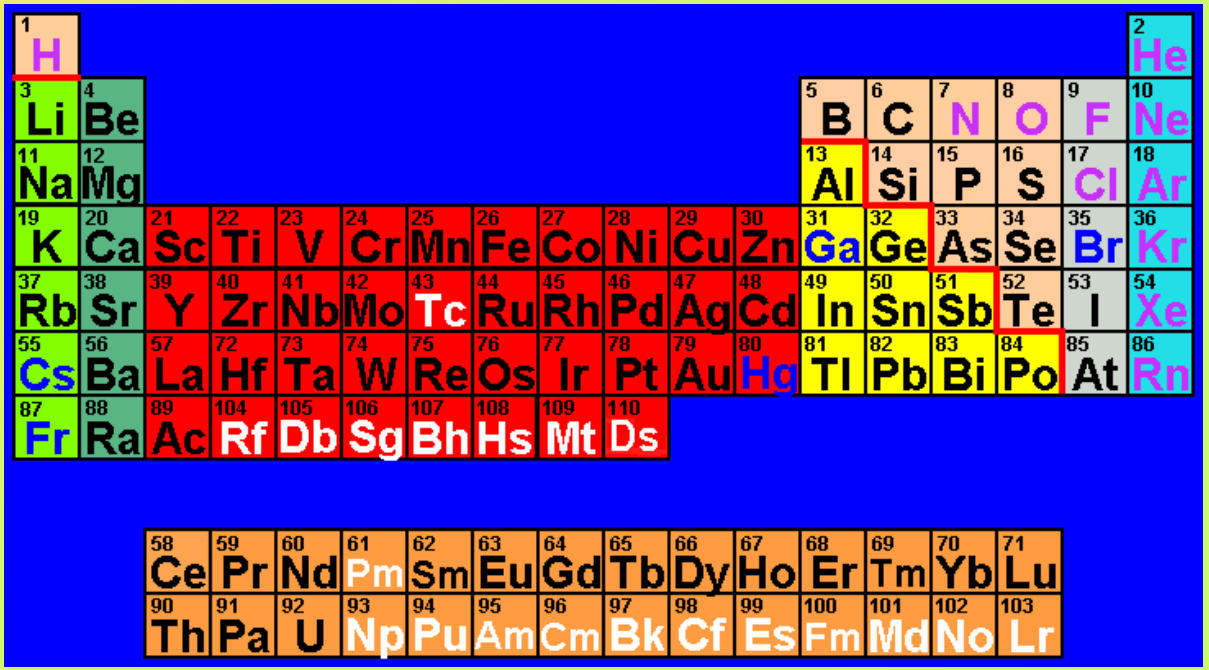
(non era un'idea nuova → 400 AC scuola atomismo)

la meccanica newtoniana non funzionava

Mendeleev-Meyer: la tavola periodica degli elementi (1870)



Catalogazione degli elementi noti in base al numero atomico (~grandezza)



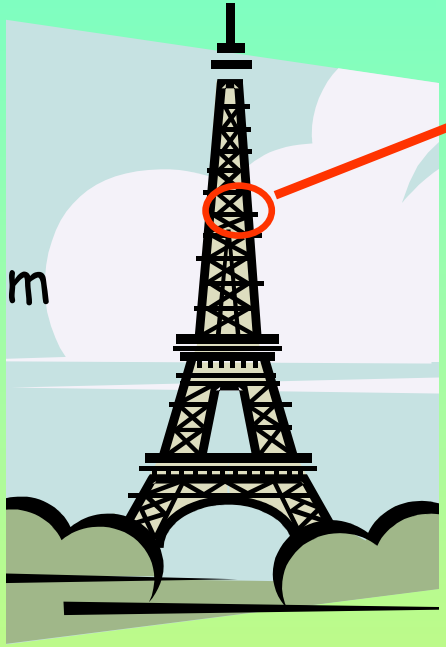
La regolarità della tabella fece capire che la natura è fatta da pochi costituenti fondamentali

Ma cosa sono questi atomi?

LA MATERIA CHE CI CIRCONDA DI COSE E' FATTA?

Torre Eiffel

300 m



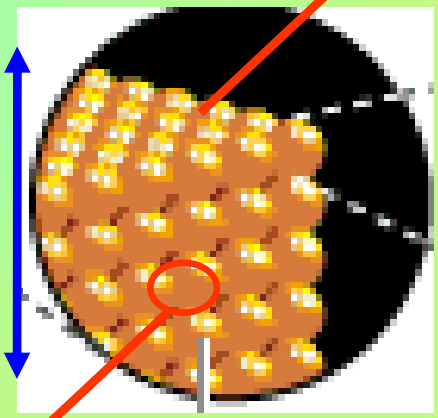
ferro

1 m

Limatura di ferro

1 mm

"0.1 μm
(0.1 milionesimo
di metro)

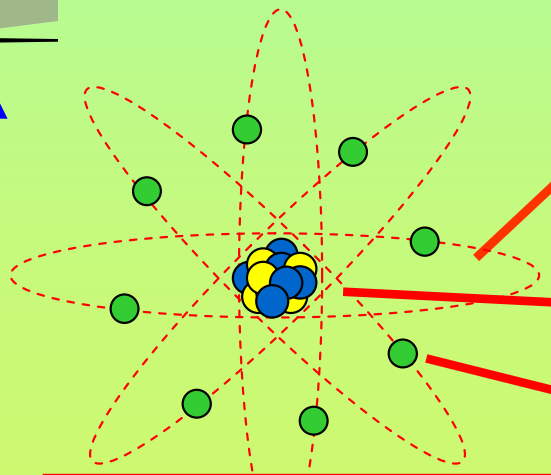


Struttura ordinata
di tante "palline"

Film atomo

10^{-10} m

Simile terra-sole



Atomo (Bohr 1913)

nucleo

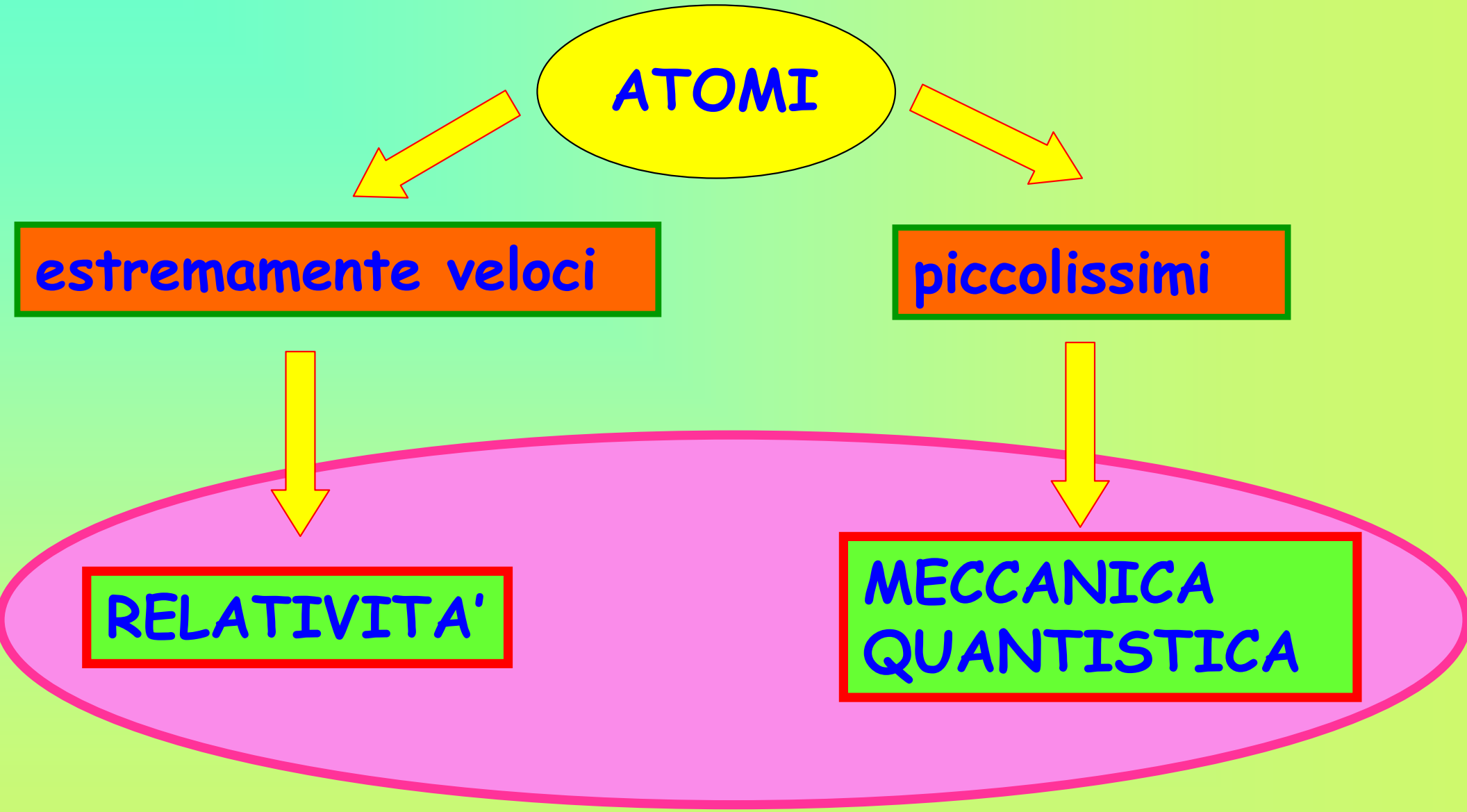
protoni

neutroni

10^{-14} m

elettroni

La fisica del mondo microscopico



1900-1930 la fisica propone un modo completamente diverso di descrivere la realtà

La rivoluzione scientifica

RELATIVITA'

Tempo e spazio sono relativi

Massa diventa energia e viceversa

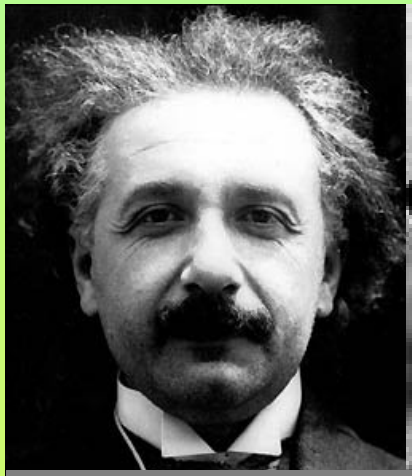
→ rel

MECCANICA QUANTISTICA

Non si può conoscere esattamente posizione e velocità nello stesso istante

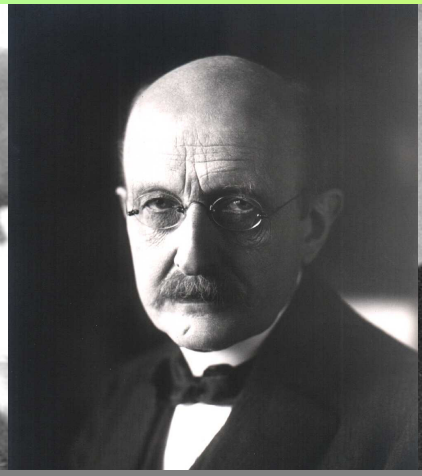
L'energia è quantizzata

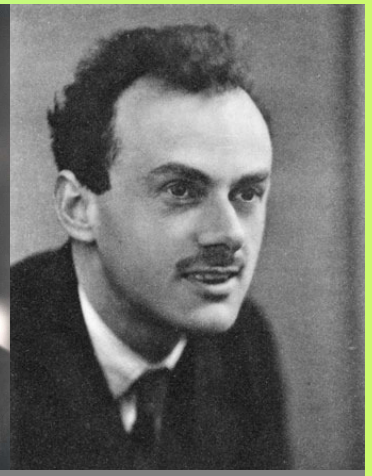
→ mec. q.


Einstein

Heisemberg

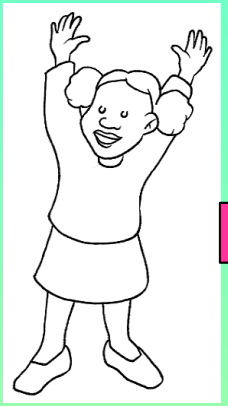
Pauli


Planck


Dirac

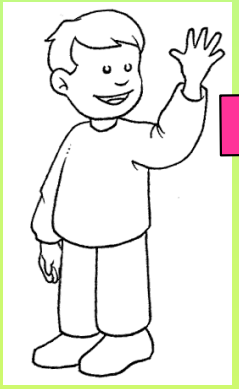
tempo e spazio: l'esperienza di tutti i giorni

Ila

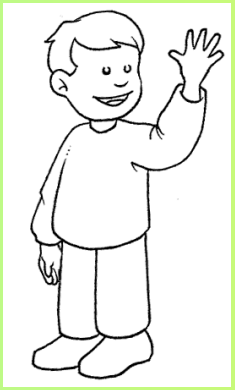


Ore 8
escono

Ale



Ale



Ila

Ore 18
tornano

Per entrambi sono passate 10 ore: il tempo è trascorso allo stesso modo

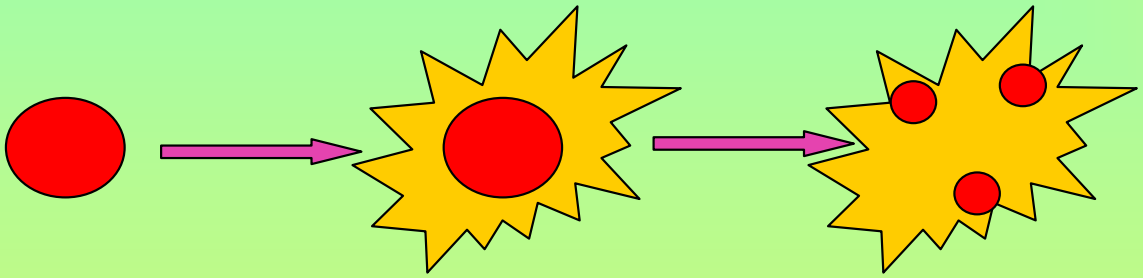
Rivoluzione nel mondo scientifico

Tempo e spazio dipendono dalla velocità

scienziati inizialmente non credettero a questa teoria

Lorentz trovò la stessa cosa e pensò di aver sbagliato

DIM.: alcune particelle dopo un certo tempo esplodono



Se particella si muove vive più a lungo

Fenomeno "visibile" ad alta velocità (es c=300 000 km/s)

uomo su un razzo (40000 km/h) guadagna < di 20 ms/anno

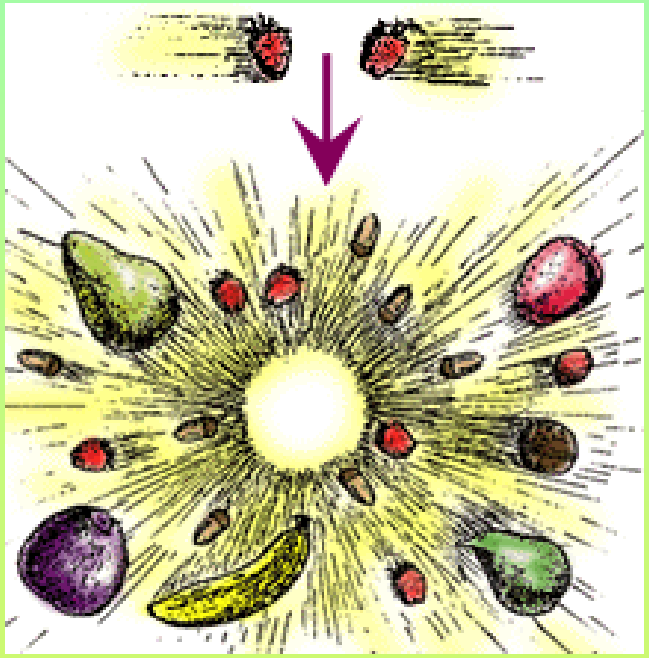
Einstein → nobel per l'effetto fotoelettrico !!

Un'altra eredità della relatività

Un altro concetto "strano"

$$E = MC^2$$

nel mondo microscopico l'energia si trasforma in massa



Prendo 2 fragole le scaglio violentemente l'una contro l'altra e creo una macedonia intera (nel nostro mondo non si è mai visto!!)

Scoperta con conseguenze eccezionali o disastrose

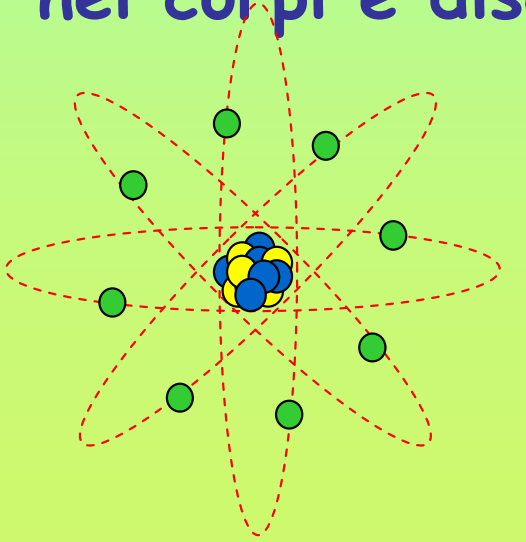
La meccanica quantistica

Principio di indeterminazione

O conosco benissimo la posizione o la velocità, non entrambe allo stesso tempo

L'energia è quantizzata

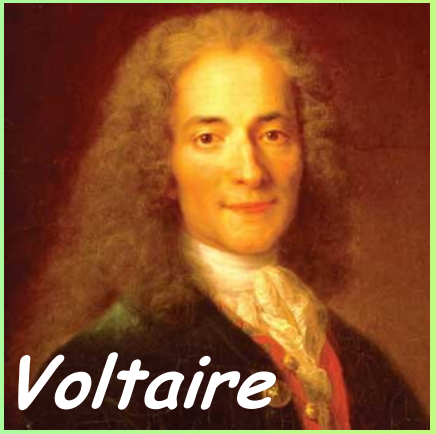
nel mondo microscopico la quantità di energia contenuta nei corpi è discreta→ ad es. h, 2h ...



quanto di energia → il **fotone**

elettroni stanno negli orbitali (energia definita) non dove vogliono, saltano da uno all'altro emettendo o assorbendo **fotoni**

la letteratura e l'arte



1700: Illuminismo → ragione

1800: Romanticismo → passione

1850: Positivismo → Applicazione del metodo scientifico ai vari aspetti della cultura

TUTTI danno risposte universali ai bisogni della vita umana

Decadentismo rompe col passato ⟷ Come la Fisica

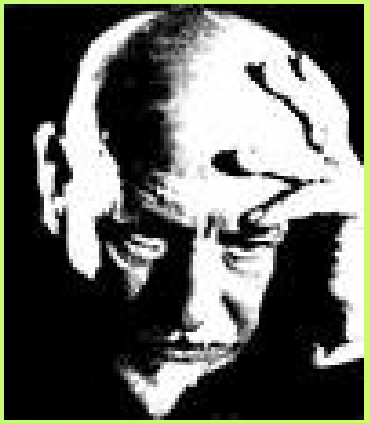
Il senso del relativo nella letteratura e nell'arte

Fisica perde il senso dell'assoluto
(spazio tempo posizione energia massa)

Decadentismo esprime il senso dell'incertezza

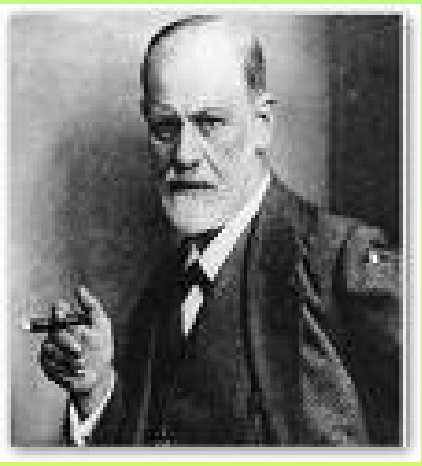
Individualismo → Non c'è una risposta univoca

"Uno, nessuno e centomila"



Relatività → io diviso e infinità del mondo

Assenza di certezze → la realtà è inspiegabile



Percezione → si procede attraverso sensazioni

Inconscio → interesse per l'animo umano
(Freud e la psicanalisi)

L'artista decadente

Wilde, Baudelaire, Rimbaud, Verlaine, Pascoli, D'Annunzio

L'artista coglie il senso nascosto delle cose → simbolismo

Baudelaire, Corrispondenze (1857):

L'uomo attraversa la Natura:
tra foreste di simboli dagli occhi familiari. I profumi e i colori
e i suoni si rispondono come echi
lunghi che di lontano si confondono
in unità profonda e tenebrosa …

Pascoli, Il Fanciullino:

"È dentro noi un fanciullino …
che piange e ride senza perché,
di cose che sfuggono ai nostri sensi e alla nostra ragione"

L'opera perde la sua struttura oggettiva

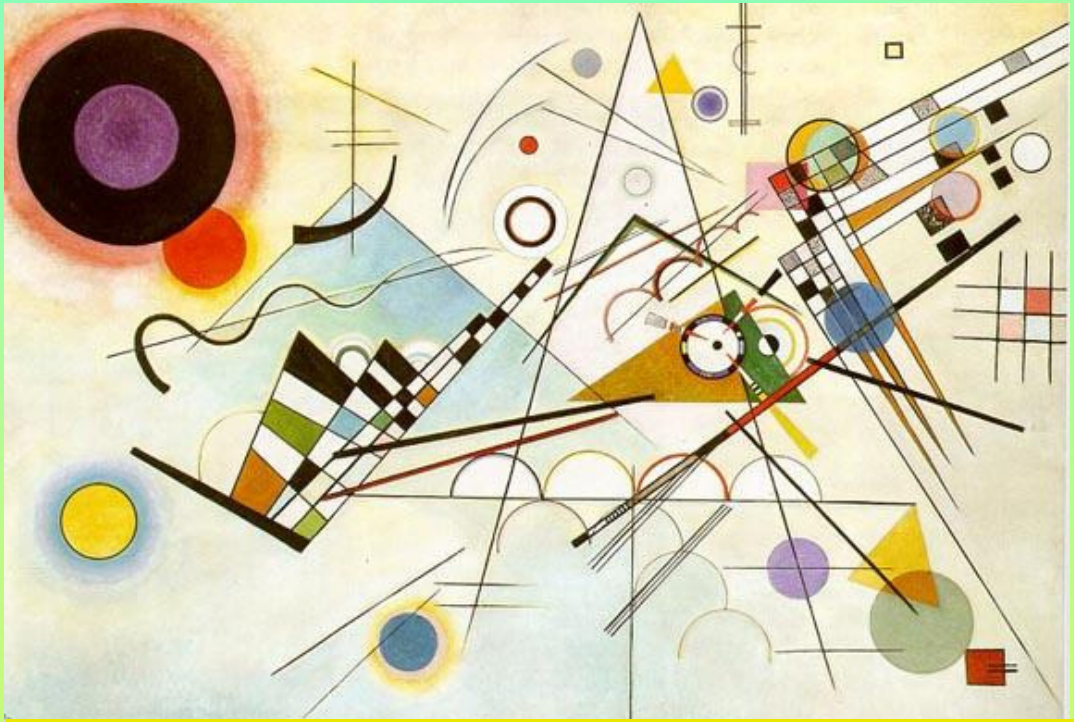
- **Poesia: perdita metrica**
- **Arte: rottura della forma**

Il senso del relativo nell'arte

non c'è più struttura

arte insegue disordine della realtà
(principio di indeterminazione)

Arte astratta



Kandinskij: "composizione 8" (1923)

cubismo

Picasso "Les demoiselles d'Avignon" (1907)

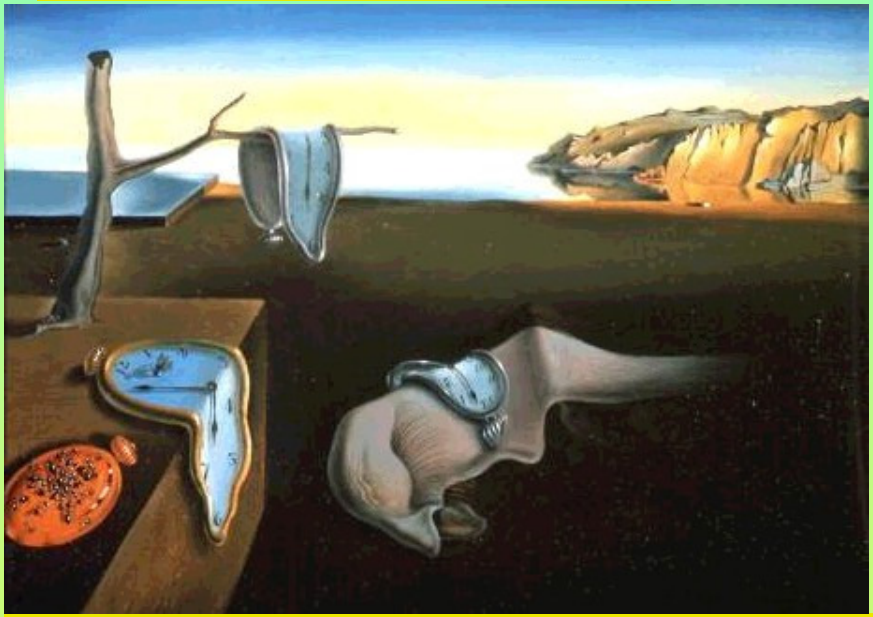
Il senso del relativo nell'arte

futurismo →disordine della realtà

divisione tra le arti non ha senso

La relatività del tempo

S. Dalì (1904-1989)



Persistenza della memoria (1931)

A. Soffici (1879-1964)

BIFSZF+18/Simultaneità

Il senso del relativo nella letteratura

si procede per sensazioni, per assenze

...

Non domandarci la formula che mondi possa aprirti

sì qualche storta sillaba e secca come un ramo.

Codesto solo oggi possiamo dirti,

ciò che non siamo, ciò che non vogliamo.

Montale: Non chiederci la parola (1923)

Perdita della metrica

Apollinaire (1925)

La seconda guerra mondiale

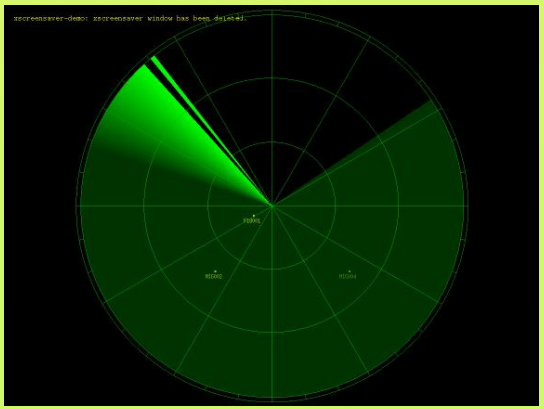
1922 Mussolini prende il potere in Italia
1924 Stalin in Russia
1933 Hitler in Germania

1939-1945: il mondo è in guerra

fisici e ingegneri sono "richiestissimi" ,alcune scoperte possono cambiare l'esito della guerra

telecomunicazioni,
codici cifrati (enigma)

es: Radar → vedere
il nemico nascosto

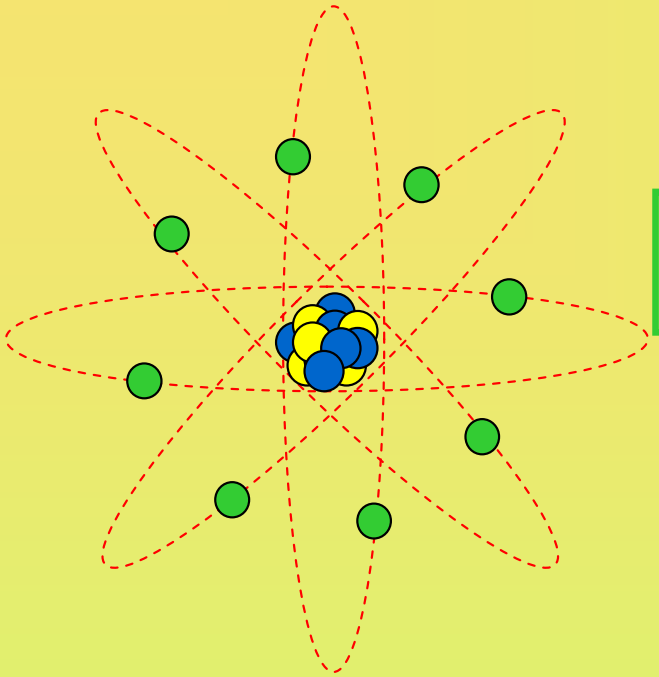


ARMI

Bomba atomica
razzi (V2)

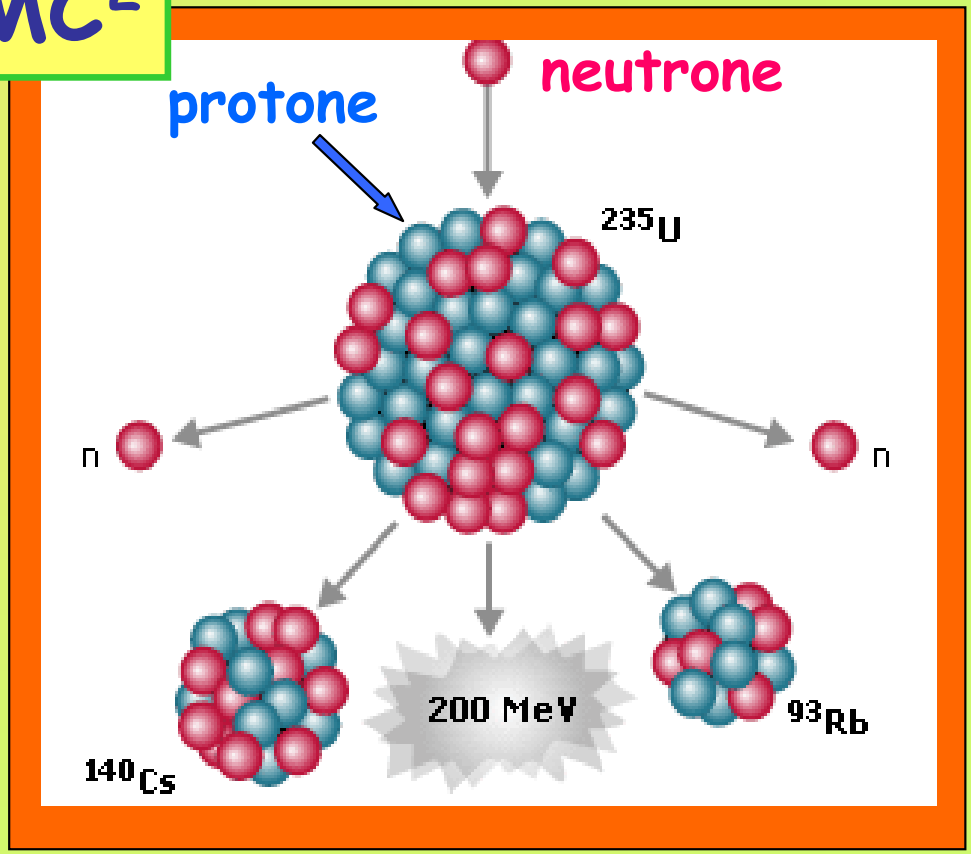
Il nucleare

1930-45 si studiano le potenzialità del nucleo ('38 USA ricerche → reattore)



+

$E = MC^2$



Nucleo = protoni (+) e neutroni

si respingono

forza (energia) molto grossa che li tiene uniti

fissione

Fissione nucleare → estrarre energia dai nuclei

Il progetto Manhattan

1938 USA sovvenziona studi per un reattore nucleare

1941 attacco di Pearl Harbor → USA entra in guerra

Progetto Manhattan

Fermi Oppenheimer

Compton **500 persone** Bethe

Szilard Bloch

Einstein?

Los Alamos
(new Mexico)

Scopo: produrre un'arma micidiale

La bomba atomica

Hiroshima 6 agosto 1945: prima bomba atomica

Nagasaki 9 agosto 1945: seconda bomba atomica

Hiroshima: rasa al suolo oltre 10 km², morti ~ 130.000

bomba atomica

i fisici hanno deciso le sorti della guerra

La letteratura e l'arte contro la bomba atomica

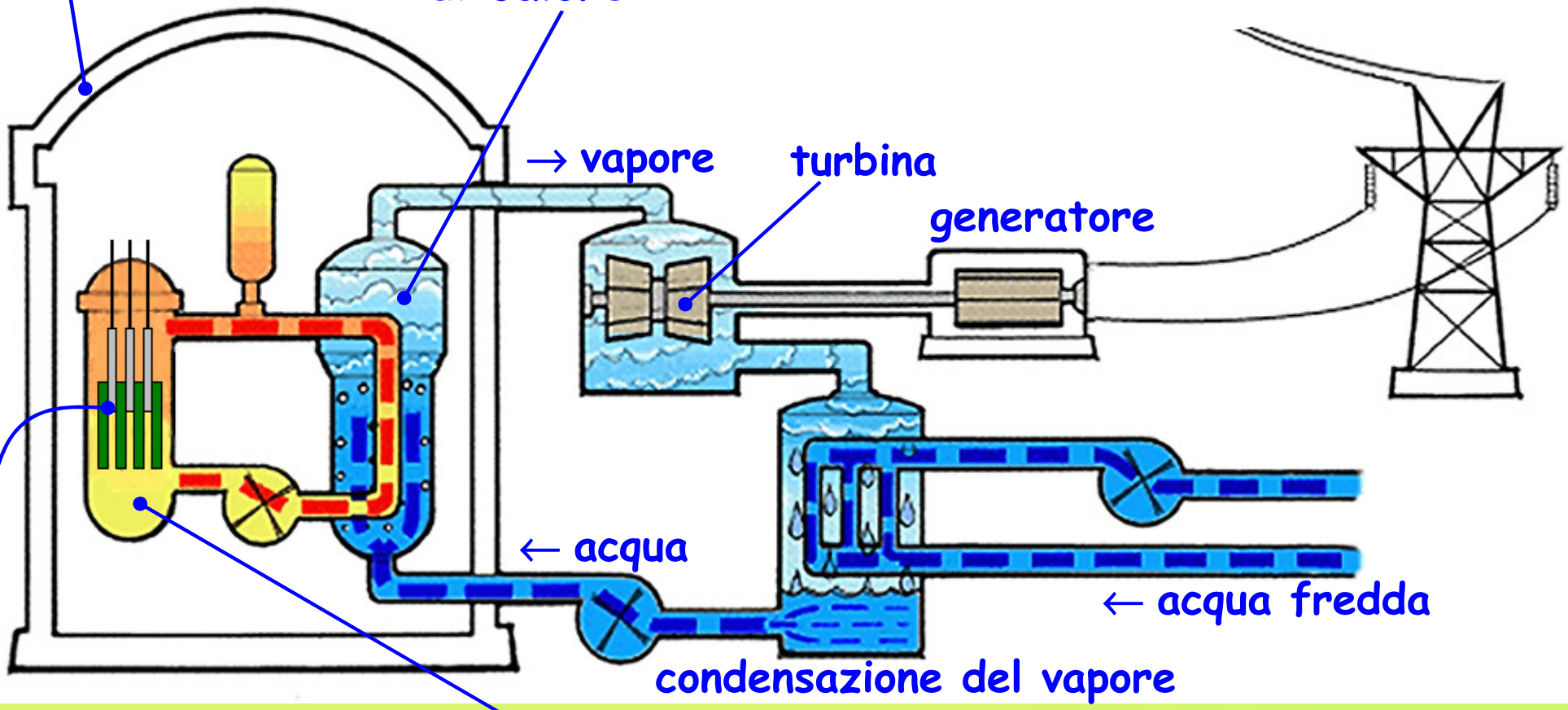
Sei ancora quello della pietra e della fionda,
uomo del mio tempo. Eri nella carlinga,
con le ali maligne, le meridiane di morte,
t'ho visto – dentro il carro di fuoco, alle forche,
alle ruote di tortura. T'ho visto: eri tu,
...

Quasimodo: uomo del mio tempo, 1947

"la disintegrazione dell'atomo fu
per me come la disintegrazione
del mondo... tutto divenne
incerto, mutevole ..."

Kandinskij

Il reattore nucleare



NOCCIOLO (FISSIONE)
combustibile, barre di controllo

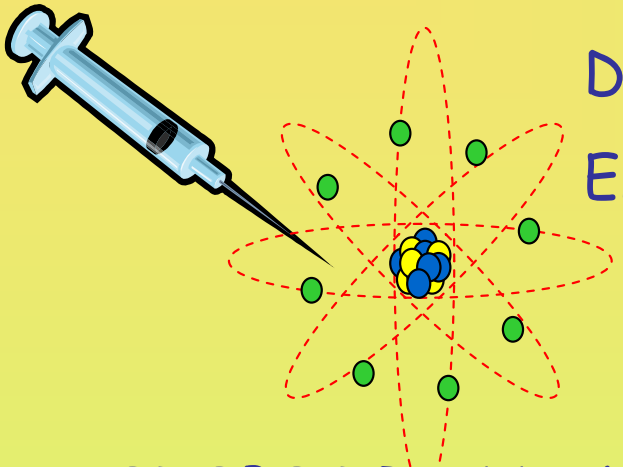
refrigerante e moderatore (H_2O)

REATTORE → energia estratta poco alla volta

BOMBA ATOMICA → energia esce istantaneamente

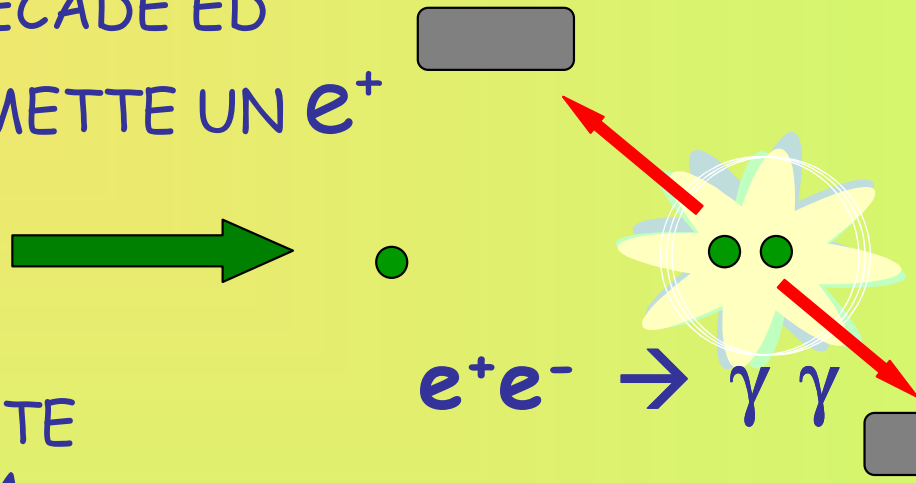
USI: Medicina nucleare e diagnostica

PET (POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY)

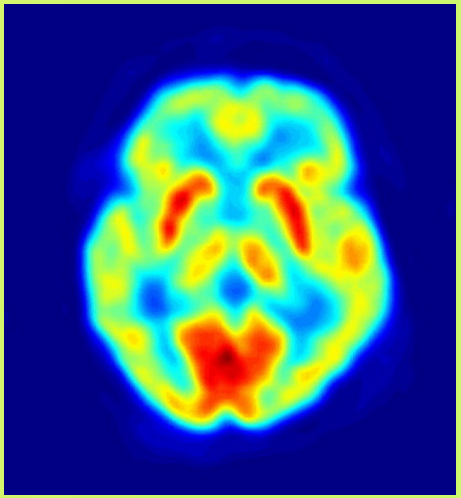


DECADE ED

EMETTE UN e^+



$e^+e^- \rightarrow \gamma\ \gamma$



3D

ISOTOPO TRACCIANTE
A BREVE VITA MEDIA

MACCHINA

TAC (TOMOGRAFIA ASSIALE COMPUTERIZZATA)

RAGGI X CHE RUOTANO ATTORNO AL PAZIENTE → VARIE SEZIONI

ADROTERAPIA

CURA DEI TUMORI → IRRAGGIAMENTO CON PROTONI

VANTAGGIO: AGISCONO SOLO ALLA PROFONDITA' STABILITA

Rmn, scintigrafia, radiazioni, cobaltoterapia ...

Utilizzi del nucleare: Datazione

CARBONIO 14 (INSTABILE)→ DATAZIONE MATERIALI ORGANICI

PRESENTE NELL'ATMOSFERA → NEGLI ORGANISMI VIVENTI FINCHE' RESPIRANO POI CALA

MISURANDO LA QUANTITA' SI RISALE AL TEMPO PASSATO DALLA MORTE (FINO 50000 ANNI ERRORE 2-5%)

Es. **SACRA SINDONE**

DATATA TRA 1295-1360

DUBBI:
INCENDIO DEL 1532

OTZI: L'UOMO DEI GHIACCI (1991)

FINE NEOLITICO
(3350 – 3140 A.C.)

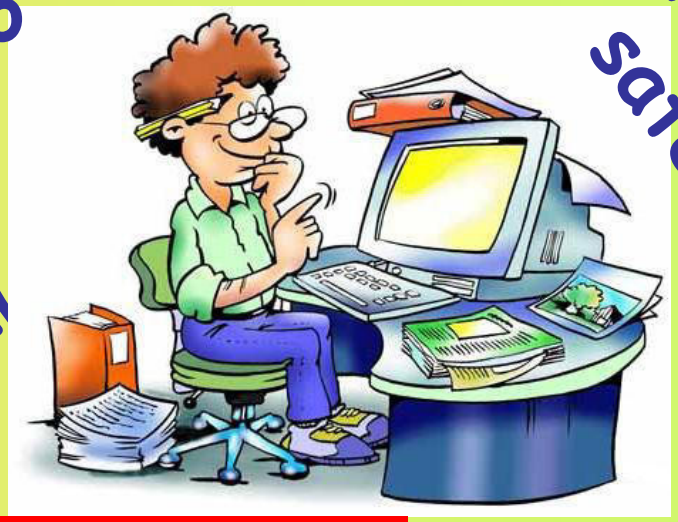
Utilizzi del nucleare: nanotecnologie

Drogaggio di ioni nel silicio fatto con acceleratori

computer

Dispositivi elettronici

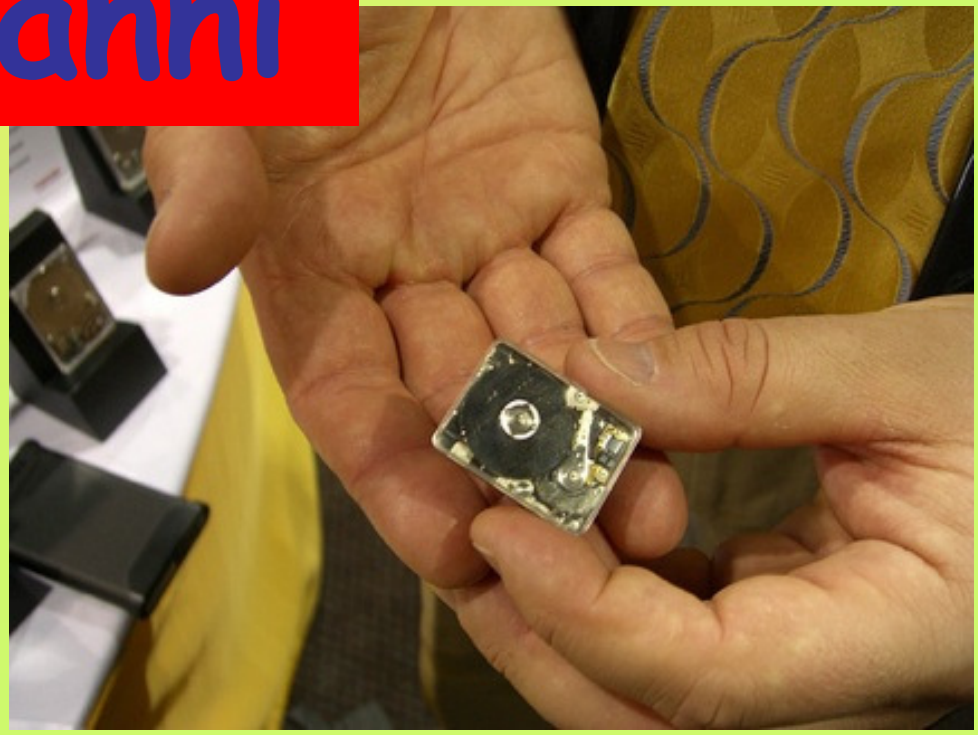
telefonini



Navigatori satellitari

< 40 anni

=



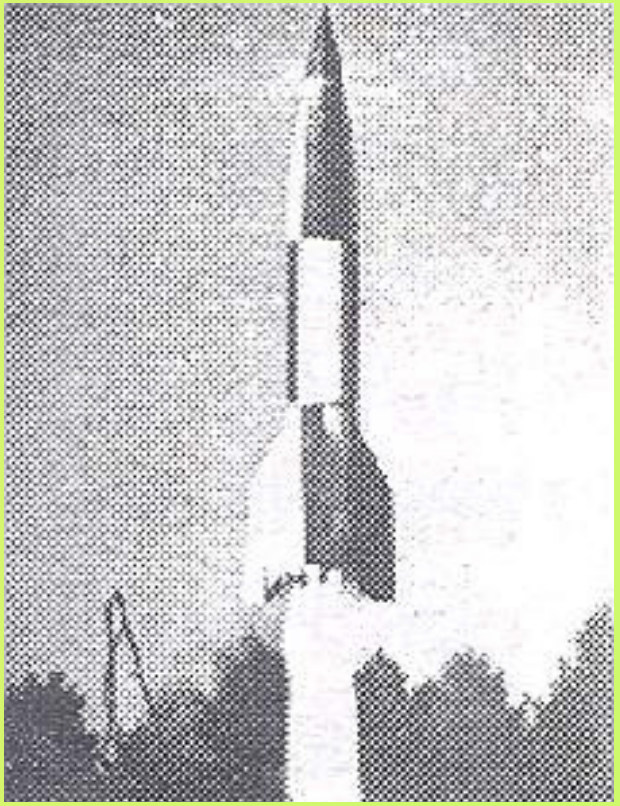
Armi: razzi V2

V2 (Vergeltungswaffe 2, "arma di rappresaglia 2")

1942 Hitler sovvenziona progetto per missile a lungo raggio

Wernher von Braun a capo di un gruppo di scienziati

Sparati su Londra 7/9/44 → 2500 morti



Gittata 350 Km
alto 14 m
peso 14 T
vel 5200 Km/h

Fine della guerra

von Braun ed altri andarono in USA

Altri alla russia

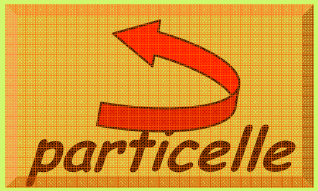
Ripercussioni nei 30 anni successivi

L'eredità della guerra

AMERICA

RUSSIA

GUERRA FREDDA



DIMOSTRARE DI ESSERE LA NAZIONE PIU' FORTE

CONQUISTA DEI CIELI (luna, satelliti, ...)

ARMAMENTI (nucleare, particelle,...)

La conquista dei cieli: primo uomo in orbita

URSS: 4/10/57 primo lancio di un satellite (Sputnik 1)

USA: 31/1/58 satellite
Explorer 1 (capo von Braun)

URSS: 12/4/61 primo uomo in orbita Jurij Gagarin (1934-68)

Qualche dubbio su questa missione

La fama aveva reso inaffidabile Gagarin → morì in modo strano (precipitò con l'aereo per mancanza di benzina)

Esistono prove (mai confermate da URSS) che molte persone morirono bruciate nel rientro

URSS stà vincendo la "guerra" della tecnologia con USA

La conquista dei cieli: l'uomo sulla luna

JFK (1917-1963) nel 1962 "...abbiamo scelto di andare sulla luna entro 10 anni "

Discorso JFK

Molti soldi dedicati alla ricerca: nasce la NASA (1958)

Progetto MERCURY, GEMINI

URSS progetto LUNA1-10: 1966 orbita attorno alla luna

USA: missioni APOLLO1-17

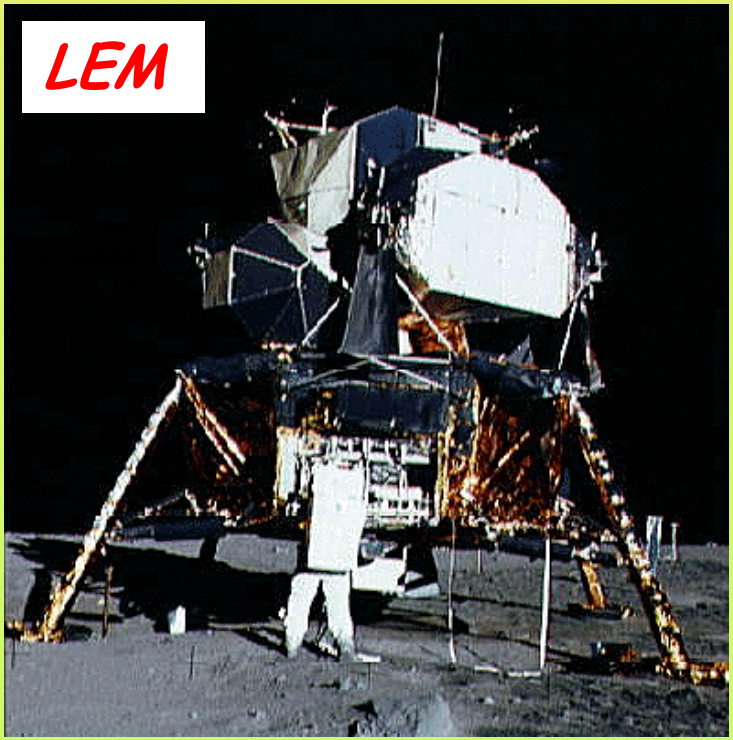
Armstrong Collins Aldrin

20/7/69 APOLLO 11
l'uomo è sulla luna

N.A.: "questo è un piccolo passo per un uomo, ma un grande balzo per l'umanità"

Sbarco luna

La conquista dei cieli: le missioni lunari



Apollo 9
lift off

razzi Saturn V evoluzione V2

7 missioni lunari (una fallita)

L'America ha vinto la sfida

La conquista dei cieli: oggi

era SHUTTLE: primo lancio 12/4/1981

5 navette: ATLANTIS CHALLENGER
COLUMBIA DISCOVERY ENDEAVOUR

>120 missioni: 66 satelliti in orbita, manutenzione Hubble esperimenti, sonde per pianeti lontani, allestimento basi spaziali MIR e ISS (International Space Station)

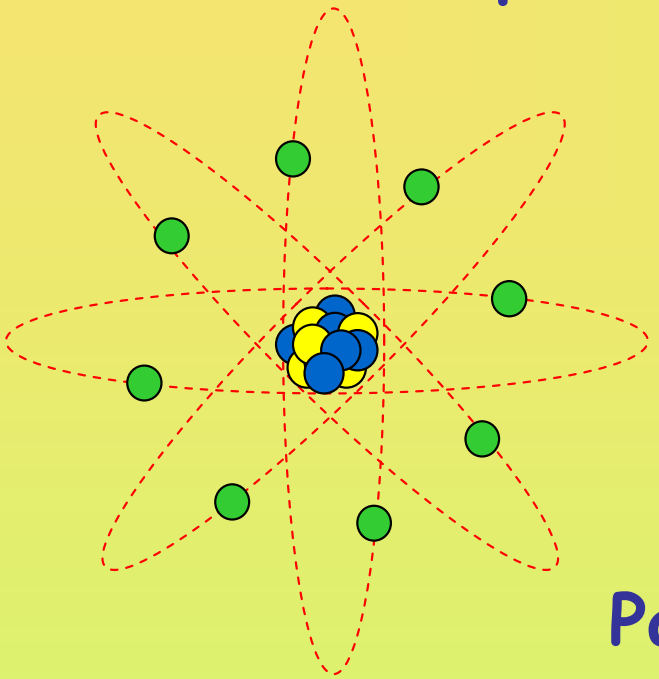
28/1/1986 Challenger (7 morti)

1/2/2003 Columbia (7 morti)

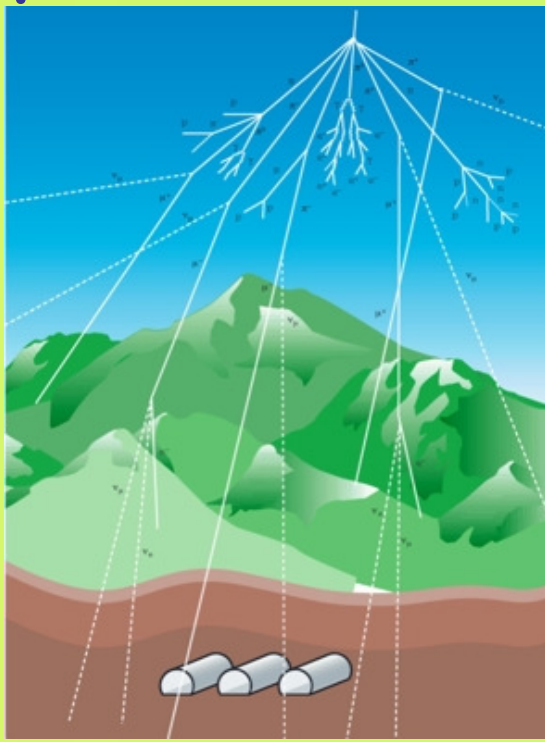
Disastro challenger

Le prime scoperte nel mondo delle particelle

Anni 50 -60 periodo d'oro della fisica delle particelle



Studio dei raggi cosmici



Si scopre che esistono molte altre particelle

Particelle e **antiparticelle**

Piccioni, Occhialini, Segrè, Amaldi ...

Muoni μ^+ μ^-

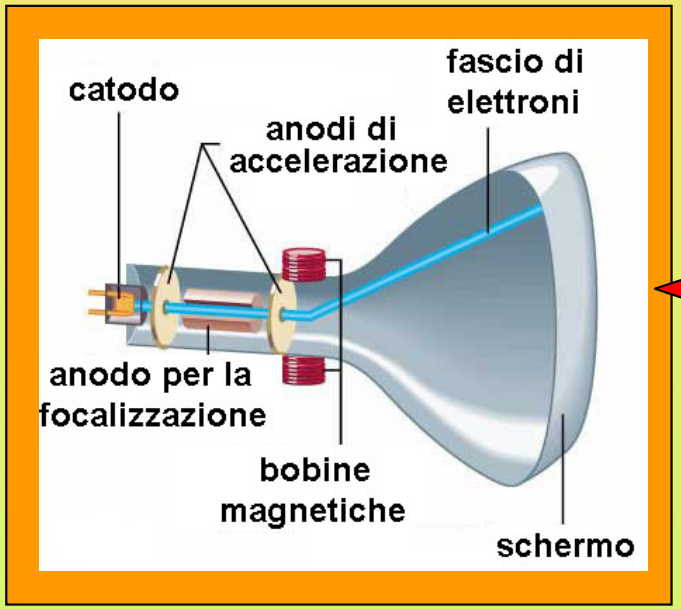
pioni π^+ π^-

kaoni K^+ K^- K^0 $\overline{K^0}$

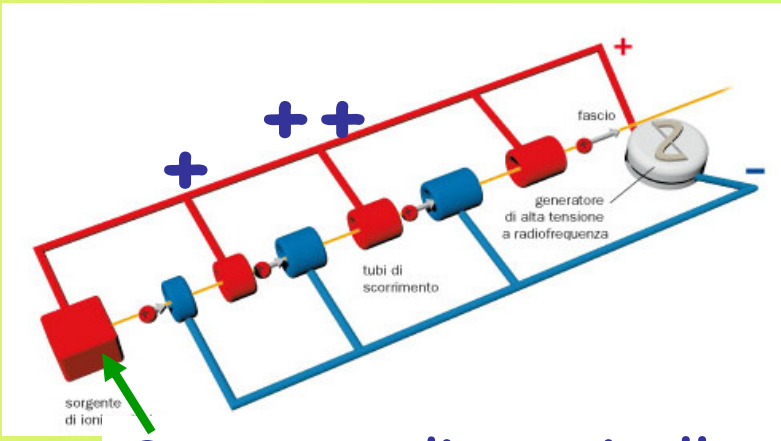
Nascono i primi acceleratori

studiare cose piccole→ urti con particelle a grande energia

acceleratori → estraggono particelle da materia e le accelerano



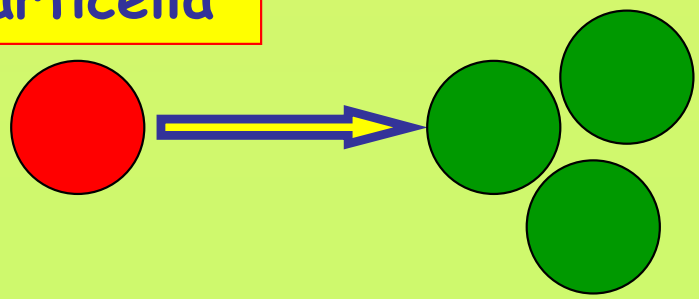
Primo acceleratore



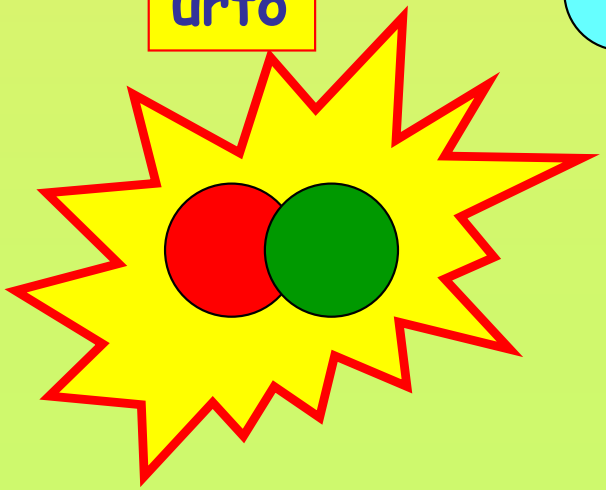
Sorgente di particelle

particella

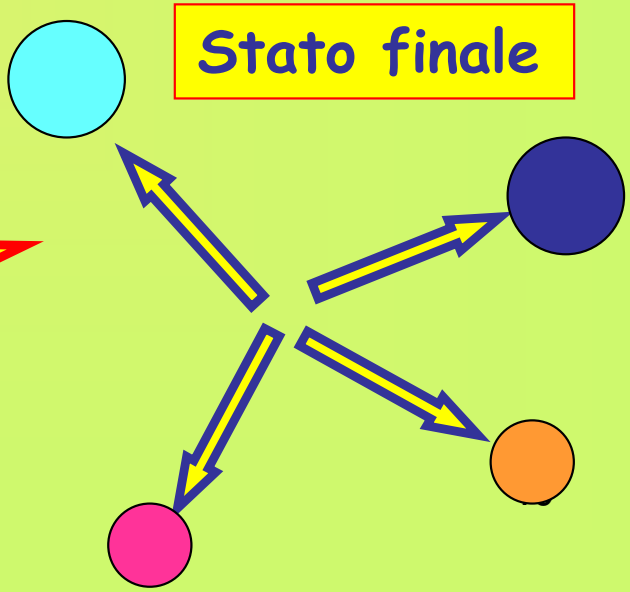
bersaglio



urto

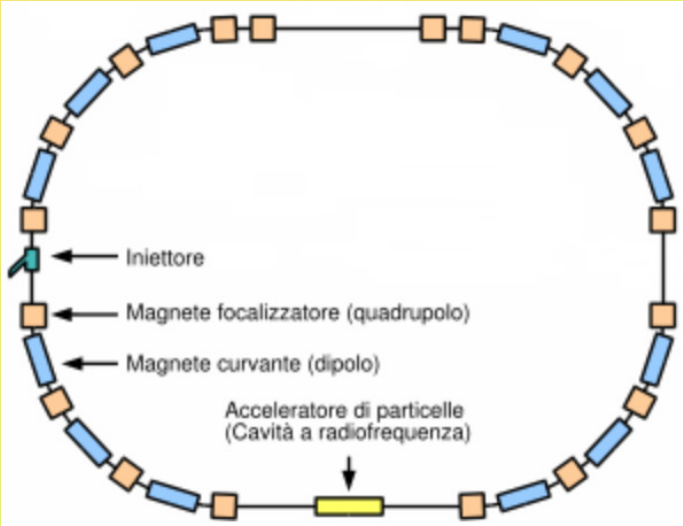


Stato finale

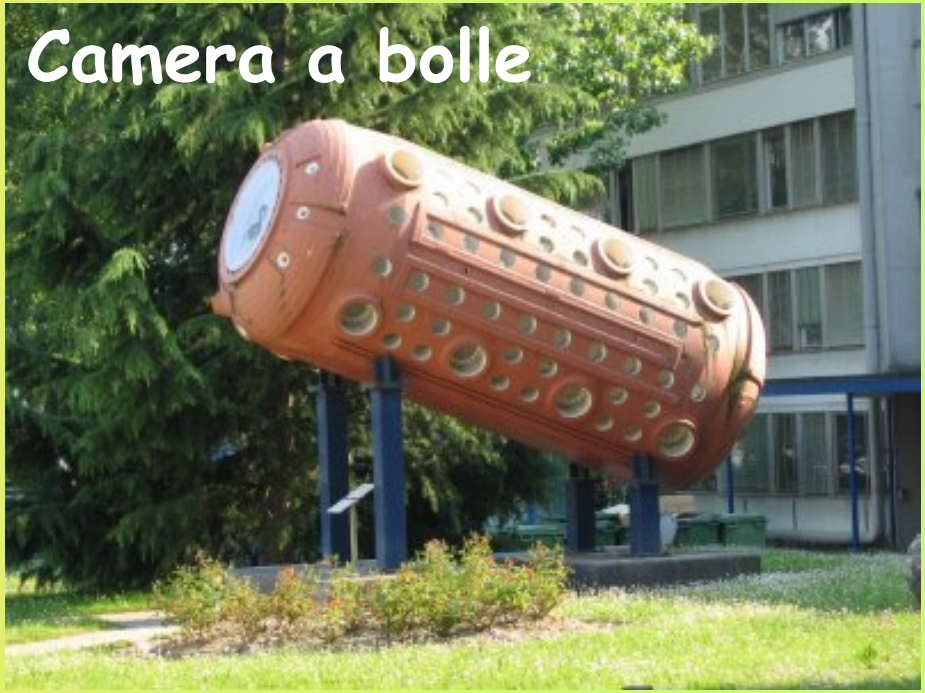


Acceleratori più moderni

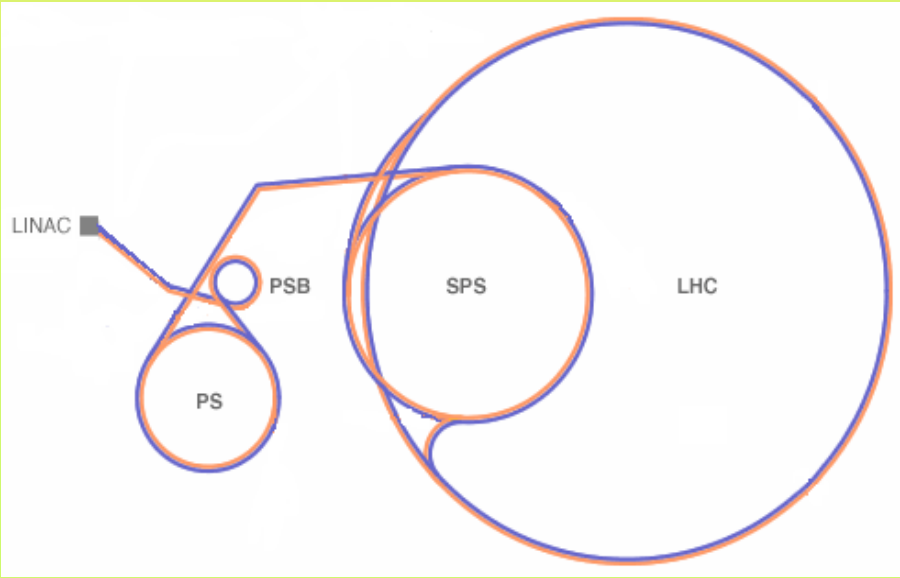
Acceleratore circolare



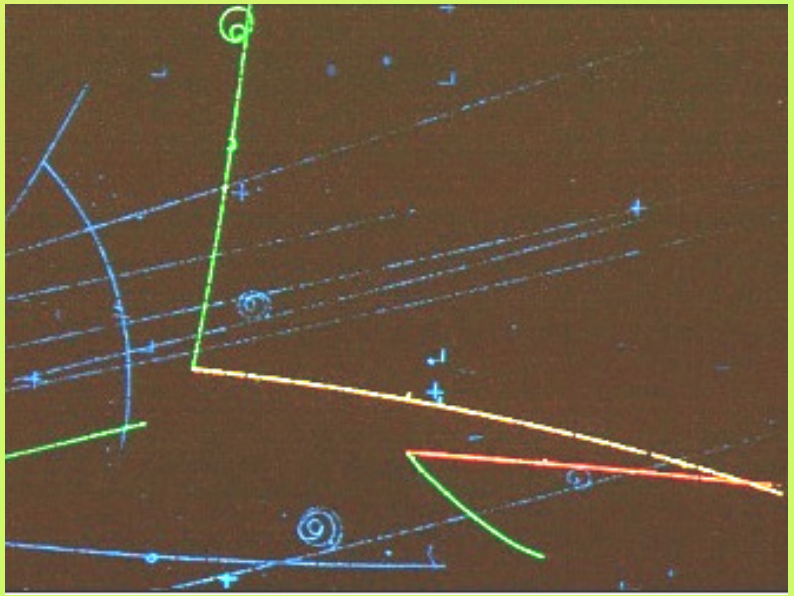
Camera a bolle



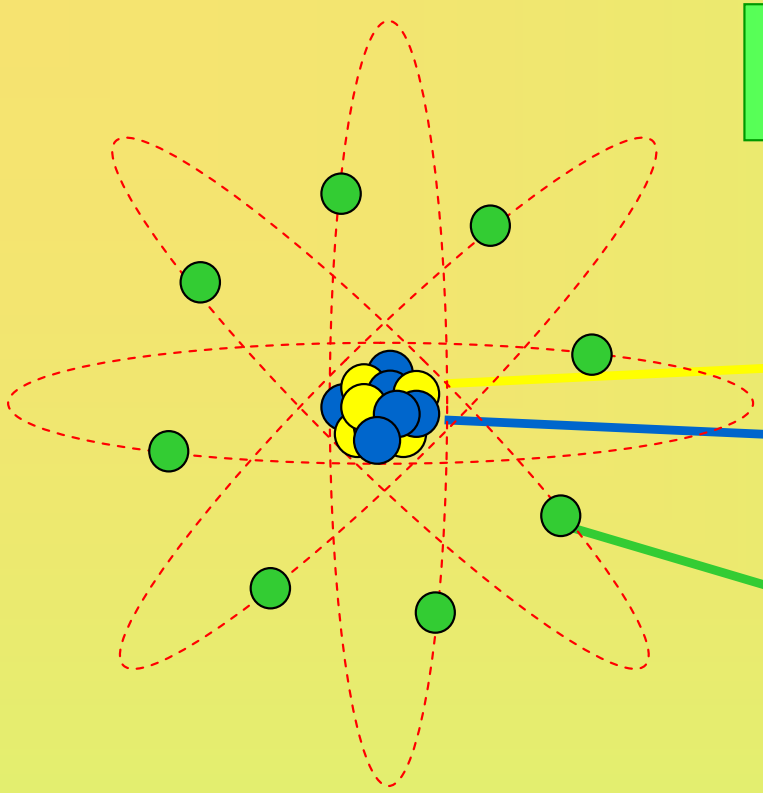
Serie di acceleratori



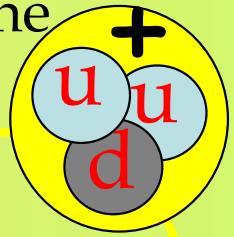
Tracce di particelle

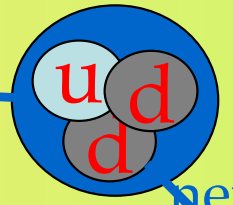


Cosa abbiamo scoperto



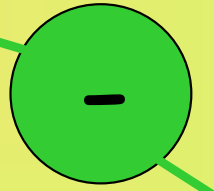
protone





neutrone

elettrone



	Leptoni			Quark		
Materia	e^-	μ^-	τ^-	u	c	t
	ν_e	ν_μ	ν_τ	d	s	b
Antimateria	e^+	μ^+	τ^+	$\bar{u}$	$\bar{c}$	$\bar{t}$
	$\bar{\nu}_e$	$\bar{\nu}_\mu$	$\bar{\nu}_\tau$	$\bar{d}$	$\bar{s}$	$\bar{b}$

γ g Z W H

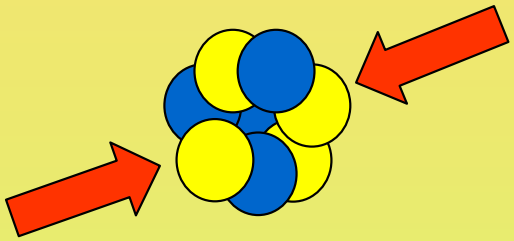
la materia è fatta da ELETTRONI, QUARK U e D

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

NELLA TEORIA MANCA UNA PARTICELLA: IL BOSONE DI HIGGS

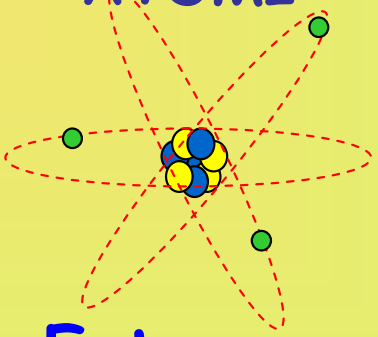
L'unificazione delle forze

FORTE UNISCE NUCLEI



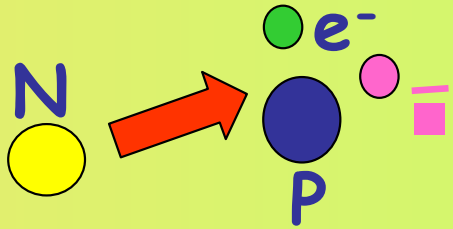
Gluoni

E.M. UNISCE ATOMI



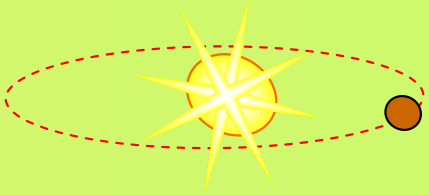
Fotone

DEBOLE → DECADIMENTO



W^+ W^- Z^0

GRAV UNISCE CORPI



Gravitone G

Si pensa che inizialmente (big bang) ci fosse una sola forza

→ CERCARE DI RIPRODURRE AGLI ACCELERATORI URTI DI PARTICELLE AD ALTA ENERGIA PER SIMULARE IL BIG BANG

Teoria attuale riesce ad unificare forza elettromagnetica e debole → forza elettrodebole

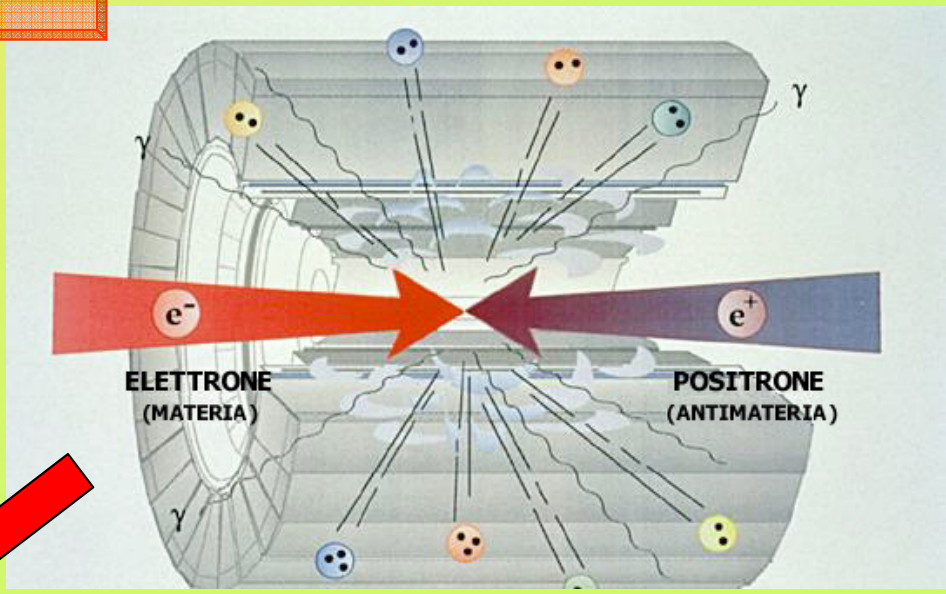
LHC

TROVARE IL BOSONE DI HIGGS

STUDIARE ORIGINE DELL'UNIVERSO

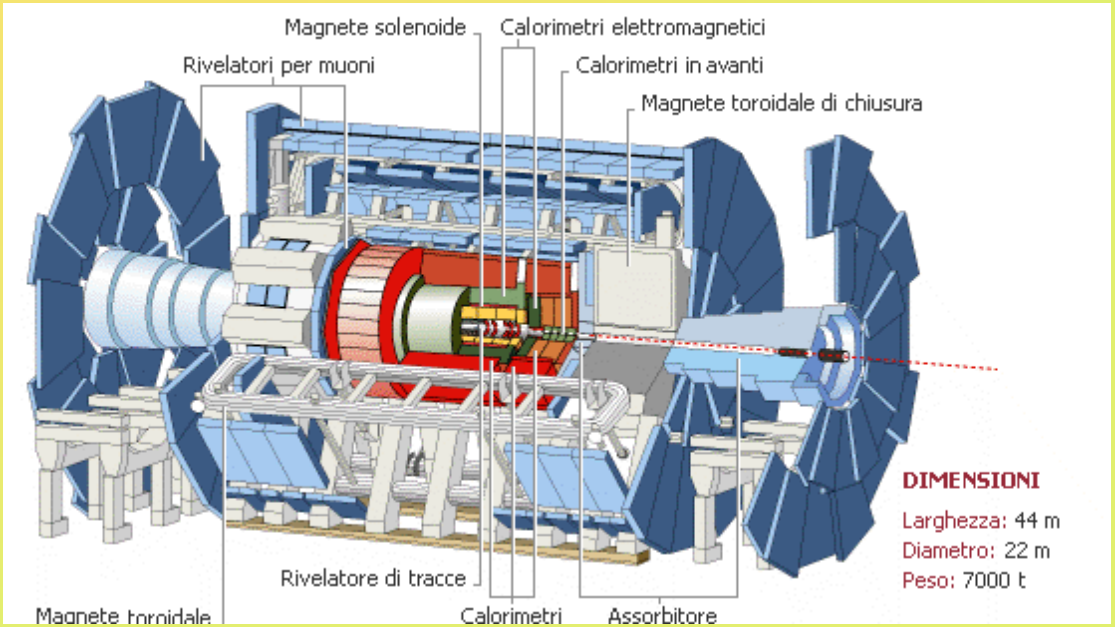
SCONTRARE PARTICELLE
ENERGIA 14 TeV

ATLAS



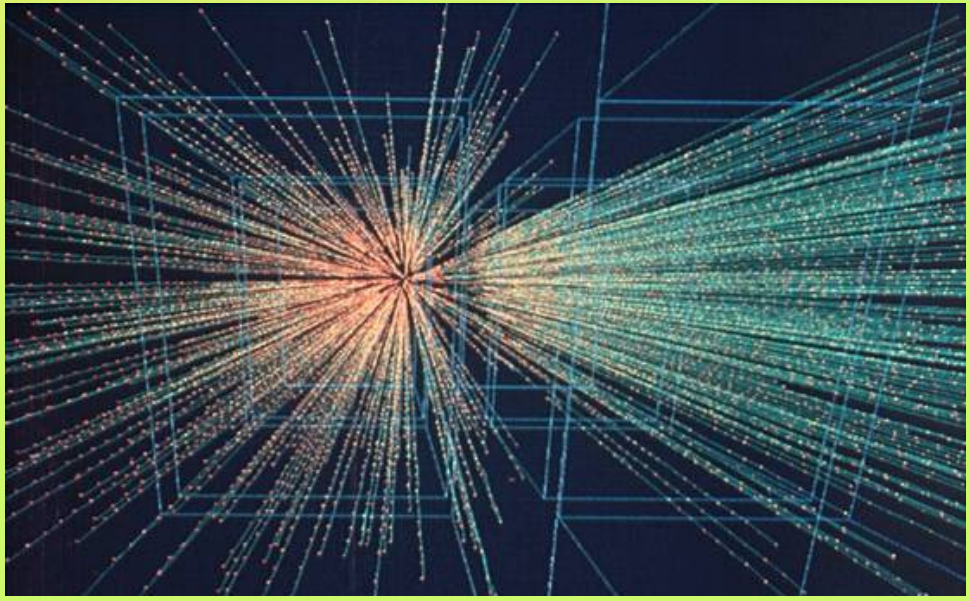
14 TeV = ad es. EUROSTAR a 200 Km/h

ESPERIMENTO ATLAS



URTO TRA 2 PARTICELLE AD ALTA ENERGIA

EVENTO



10/9/2008 ~ ore 9 → primo fascio ha circolato e primo urto

19/9/2008 incidente ad un magnete (9000)

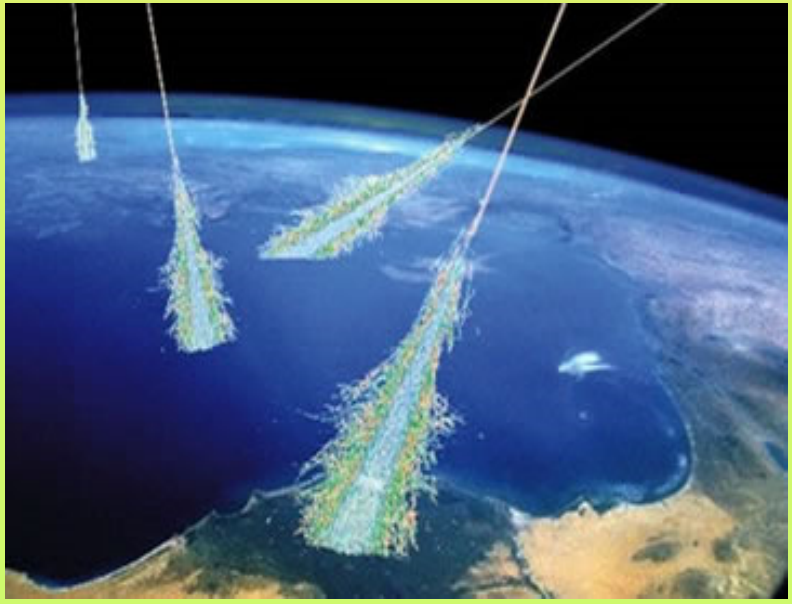
"LHC creerà un buco nero e distruggerà il mondo"

Dopo la bomba atomica in genere il fisico fa paura

Buco nero: stella grande → esaurisce combustibile nucleare → collassa → piccolissima → attrae tutti i corpi e niente esce più da lì (neanche la luce)

teorie (non dimostrate): LHC può formare micro buchi neri

Energia necessaria 10^{15} > LHC



Su terra 250000/s urti di cosmici con energia > LHC → saremo stati disintegrati da millenni

Buco nero

Conclusione

La fisica ha seriamente influenzato il 900

La relatività e la meccanica quantistica sono alla base dell'attuale sviluppo tecnologico (e un pò anche culturale)

Siete molto fortunati ad avere docenti che si impegnano a farvi vedere oltre il programma ministeriale

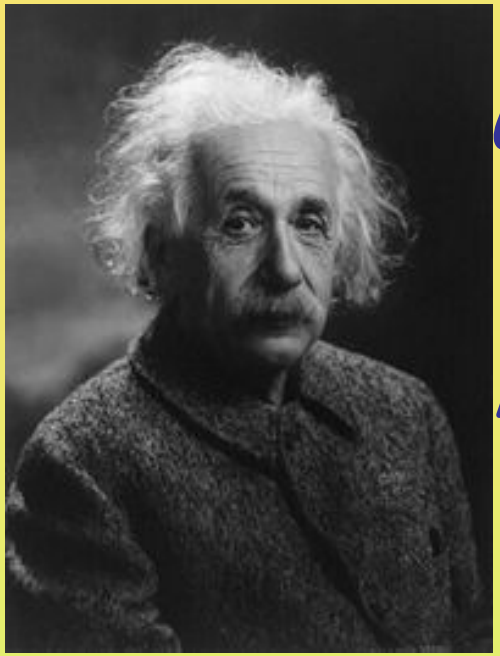
Un caro ringraziamento a tutti ed in particolare alla Prof.ssa Carla Lomi per avermi invitato

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

In memoria del Prof. Antonio Vitale (1943 – 2008)

riserve

Albert Einstein



Ulma 1879– Princeton 1955 da famiglia ebrea

Alle elementari è lento nell'apprendimento

Frequenti trasferimenti Pavia, Berna, Monaco

Non ammesso la prima volta al politecnico di zurigo ci riuscì la seconda e si laureò nel 1900

1898 si innamorò di Mileva Maric ed ebbero una figlia (prima del matrimonio!!!) di cui si sono perse le tracce (morta, adottata?)

Lavora presso ufficio brevetti di berna

1903 si sposarono ed ebbero altri 2 figli

Albert Einstein

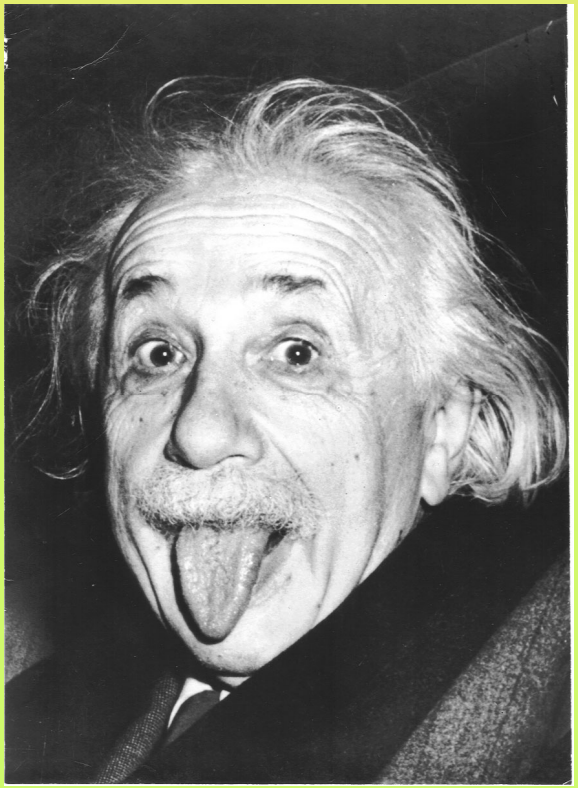
1905 scrive tre articoli che sconvolgeranno il mondo

1908-33 insegna a università di Berna, Praga e Berlino

1919 divorzia e sposa la cugina Elsa

Non fu un campione di fedeltà

si narra che incontrasse una giovane ventenne 2 volte alla settimana



1921 premio nobel per la fisica

1933 Hitler salì al potere e licenziò i professori ebrei

Disprezzava la violenza e la guerra

1933 si trasferì a Princeton, morì nel 55

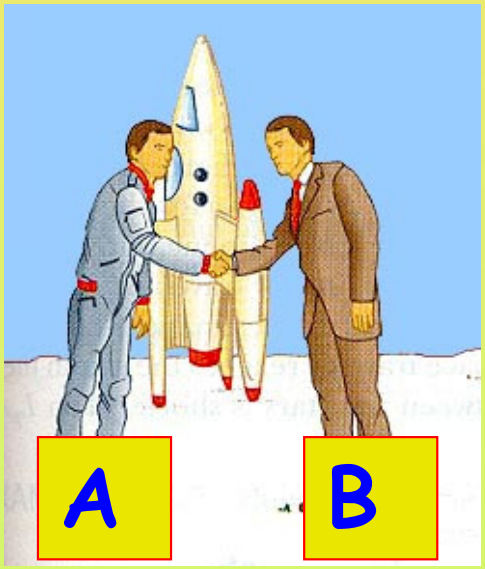
Discorso di Einstein

It followed from the special theory
of relativity that mass and energy
are both but different
manifestations of the same thing.
A somewhat unfamiliar
conception for the average mind.
Furthermore, the equation E is equal to m
c-squared, in which energy is put equal to
mass, multiplied by the squared root of the velocity of light,
showed that very small amounts of mass may be
converted to a very large amount of energy and viceversa
The mass and energy were in fact equivalent
according to the formula mentioned before.
This was demonstrated by Cockcroft and Walton in 1932,
experimentally.

tempo e spazio in corpi molto veloci

Tempo e spazio non sono uguali per tutti: dipendono da velocità del corpo

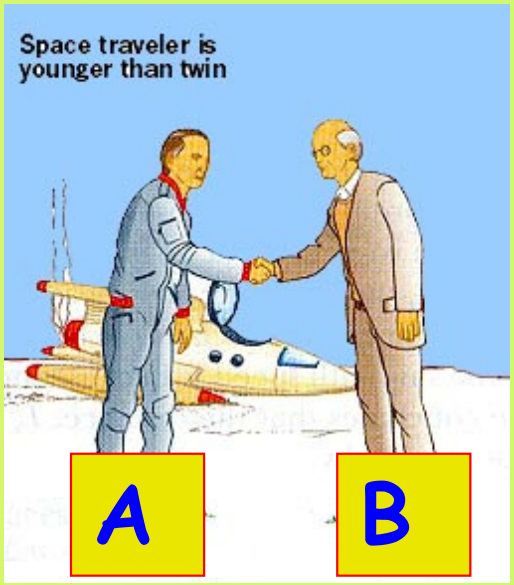
Due gemelli



A Parte con razzo (v→c)

B Sta fermo sulla terra

A dopo anni torna a terra



A Più giovane B

Fenomeno "visibile" ad alta velocità (es c=300 000 km/s)

Astronauta su razzo (11.2 km/s > 40000 km/h) guadagna meno di 20 millesimi di secondo all'anno

fisica e fantascienza

Star trek (1966): vel luce iperspazio, teletrasporto

Star wars (1977)

(1985)

J. M. Crichton (1942-2008)

Timeline, Jurassic Park, ER medici in prima linea