

# PREMESSA

- La Fisica è una delle scienze di base insieme con Matematica, Chimica, Biologia
- Si usa distinguere tra *Fisica Sperimentale* e *Fisica Teorica*; ci sono anche varie ramificazioni in dipendenza del contesto di ricerca: *Fisica delle particelle, Fisica Nucleare, Fisica Atomica, Fisica dello stato Solido, Elettronica, Astrofisica, Fisica Terrestre, Fisica dell'Atmosfera, Fisica dello Spazio, ce n'è per tutti...e molte di queste linee di ricerca si ritrovano nelle attività di questo Dipartimento. Oggi vedremo a grandi linee come si è evolta la Fisica - un ottimo riferimento è: A.Einstein e L.Infeld, 'L'Evoluzione della Fisica', Bollati-Boringhieri.*

In questo Dipartimento di Fisica si conducono ricerche in diretta connessione a quanto verrà illustrato in questa presentazione, *materiali speciali per il quantum computing, ricerche su dark matter, ricerche numeriche su onde gravitazionali, sulla fisica delle particelle, sui sistemi complessi e tanto altro.* Nel corso della visita avrete modo di conoscere alcuni degli “attori” e delle “attrici” che sono anche docenti dei corsi di laurea triennale in Fisica, del corso di Fisica Magistrale e del corso di Dottorato.

# La fisica: sfide recenti e future

*Università di Parma - 28/11/2023*

## PIANO DELLA PRESENTAZIONE

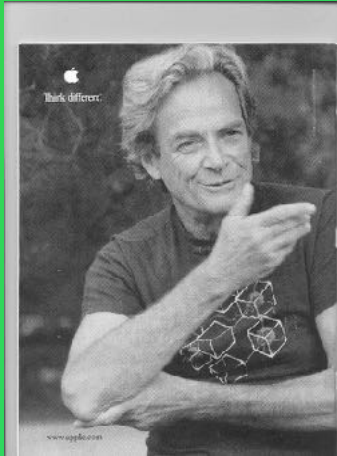
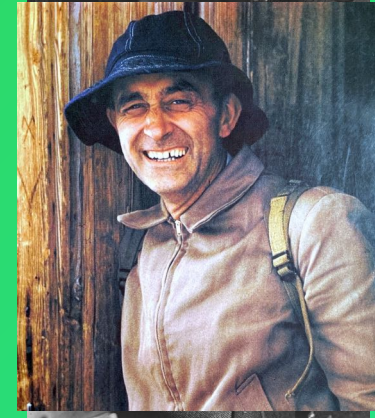
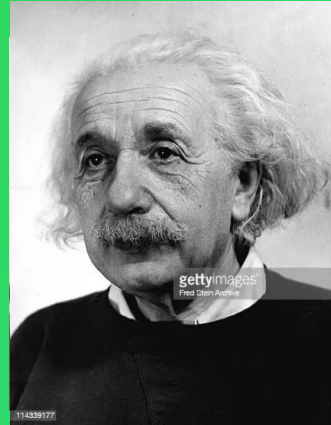
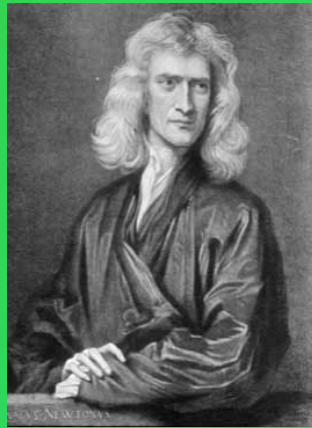
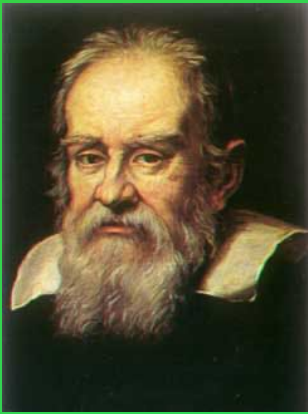
- » LA FISICA DELLE ORIGINI (GALILEO)
- » LA FISICA IN ETÀ MODERNA (NEWTON-EINSTEIN)
- » LA FISICA NELL'ULTIMO PERIODO: LA VISIONE DEL MICROCOSMO E DELLA STRUTTURA IN GRANDE DELL'UNIVERSO



**da una conferenza presso Liceo Sc. Marconi di dieci anni fa**

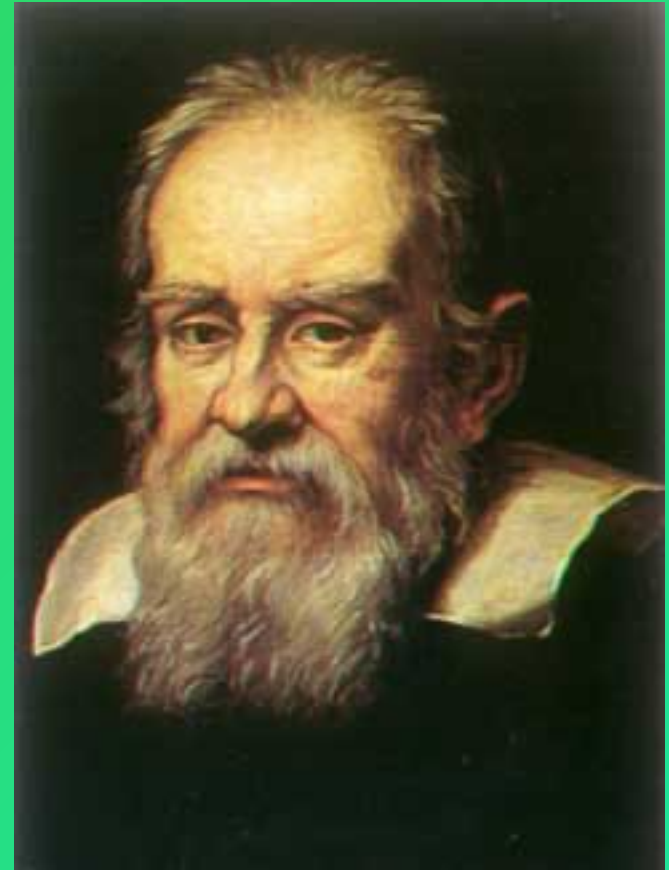
VISITA DAL LICEO VIRGILIO DI MANTOVA

# Riconoscete i vari personaggi? (slide 52)



# Galileo Galilei

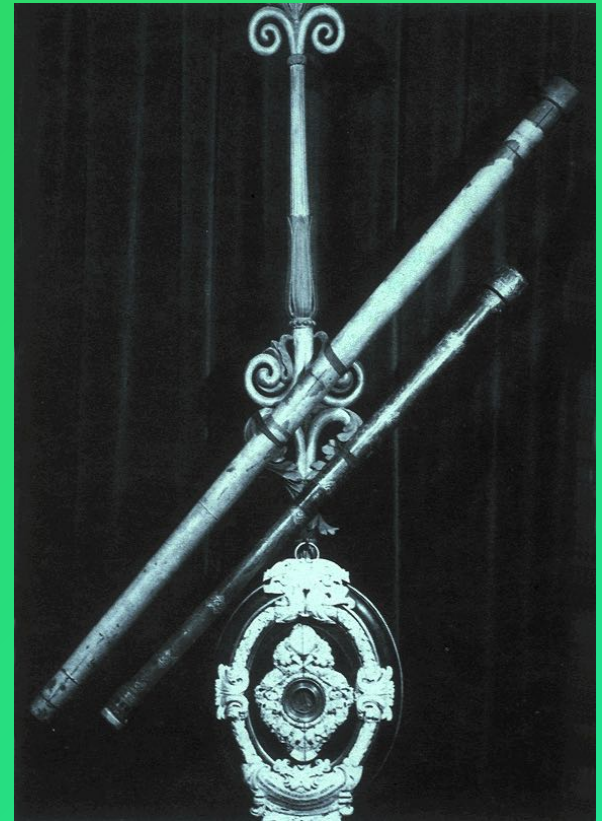
- Di Galileo come padre della scienza moderna si è detto tutto – piace osservare come in Galileo convivano l'anima di **scienziato moderno** (con l'enfasi sul ruolo della Matematica nella “lettura del libro della Natura”), quella di **umanista** (i suoi scritti sono un modello di stile) e quello di **imprenditore illuminato**.



# la modernità di Galileo

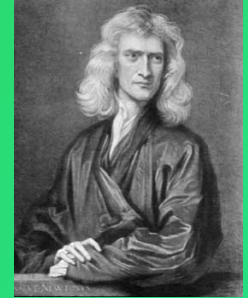
- basi della scienza moderna
- metodo sperimentale
- ruolo centrale della matematica
- conoscenze universali
- attenzione per il progresso tecnologico
- visione “laica” dell’universo di allora - *i pianeti sono fatti della stessa sostanza che conosciamo sulla terra*
- *Quest’ultima affermazione è sorprendentemente messa in forte dubbio giusto oggi !*

- A Galileo si deve l'intuizione della **Relatività del movimento**, il fondamento sperimentale delle conoscenze accoppiato alla descrizione matematica
- La legge dei gravi
- Il Cannocchiale
- Il termometro
- .....
- → S. Drake, Galileo
- → web: <http://galileo.rice.edu/>





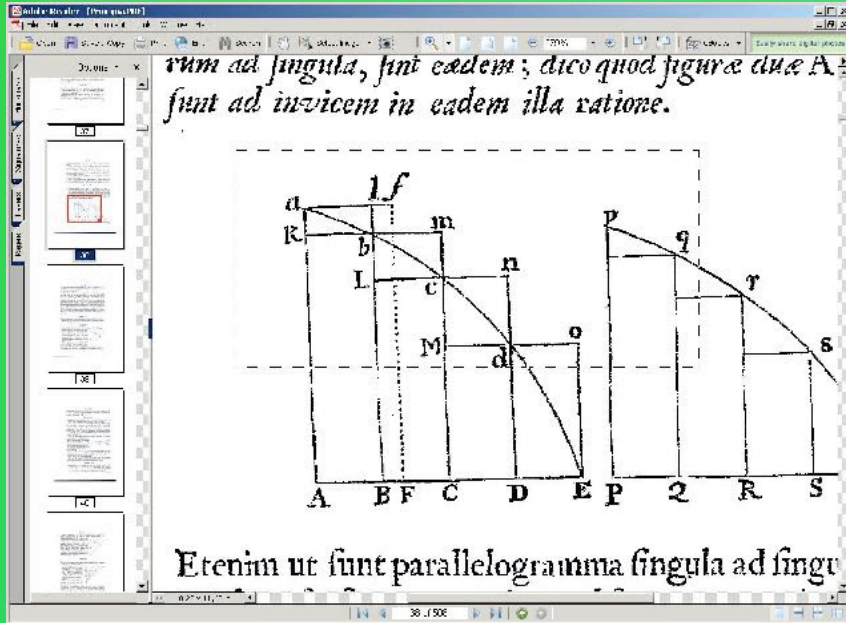
# Isaac Newton



Newton ha dato un impulso allo sviluppo della Fisica che si è proiettato fino alla fine del secolo XIX - la sua legge di gravitazione universale ha permesso di comprendere in modo estremamente preciso il moto dei pianeti del nostro sistema solare - in particolare il moto della Luna e il suo influsso sulle maree. Il genio di Newton ha dato contributi anche all'ottica e all'analisi matematica.

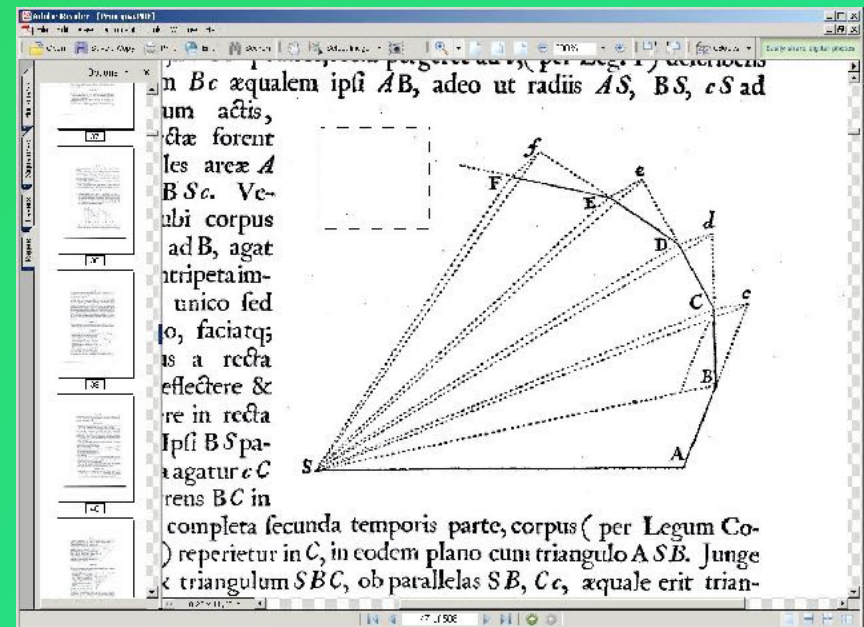
# Newton

## Integrali e leggi di Keplero



La "formula dei trapezi" e  
l'algoritmo "leapfrog"

Entrambi questi diagrammi  
sono alla base di algoritmi di  
calcolo tuttora utilizzati



Dai "Principi matematici della Filosofia Naturale"

# Newton e l'Astronomia-matematica

- La precisione della legge di gravitazione di Newton permise nel corso dell'800 di scoprire altri pianeti non ancora conosciuti per via osservativa: *dalle piccole discrepanze tra le orbite dei pianeti osservate dagli astronomi e le stesse orbite calcolate sulla base delle leggi di Newton fu possibile dedurre la presenza di altri pianeti ai confini del Sistema Solare (Nettuno, Plutone).*
- Tuttavia proprio la precisione delle osservazioni e dei calcoli analitici mise in difficoltà la teoria di Newton relativamente al moto di Mercurio...

# Relatività Generale

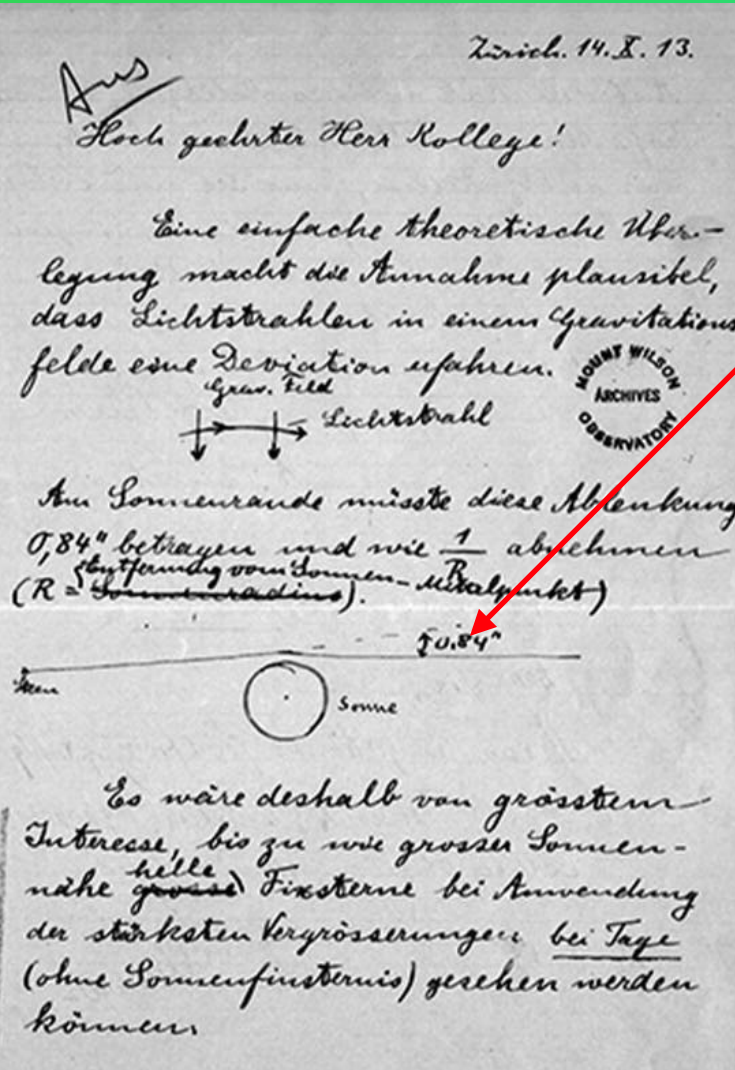
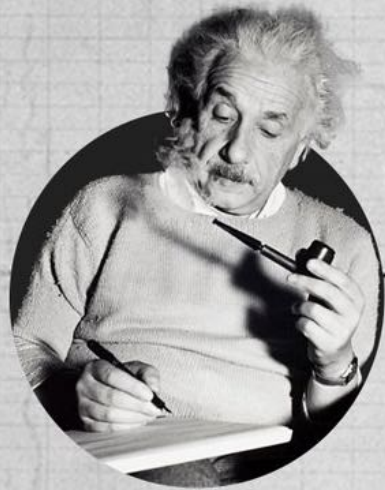
Con la teoria di Einstein (1915) i legami tra Fisica e Matematica subiscono un'ulteriore **rafforzamento**: *le leggi della gravità sono riconducibili alla geometria dello spazio-tempo e d'altra parte la geometria è vincolata alla presenza di materia (la materia "incurva lo spazio tempo!")*

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

*Curvatura dello spazio-tempo*

*Materia-energia*

# Lettera di Einstein con l'annuncio della deflessione dei raggi luminosi al passaggio radente sulla superficie del Sole



! errato per un fattore 2 !  
Errore in seguito corretto in base alla teoria del 1915

# I successi della RG

- Prime conferme: (1916) soluzione dell'anomalia di Mercurio
- Deflessione dei raggi luminosi da parte del Sole (*1919, A. Eddington*)
- I successi nella descrizione del cosmo
- I nuovi corpi celesti (neutron stars, **BH**)
- Le applicazioni tecnologiche (**GPS**)
- e tuttavia...

- La teoria prevede che *la gravità si propaghi in modo simile alle onde*

*elettromagnetiche: di questo fatto si hanno solo prove*

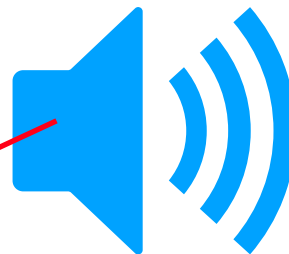
*indirette, al momento,* ma sono in fase di avanzata realizzazione strumenti di rivelazione che **dovrebbero permettere di verificare la previsione (Virgo, Ligo)**

- Il progetto più “pazzo” in questo campo è rappresentato da

**LISA**.....



<http://www.lisa.aei-hannover.de/>



2015 !!!









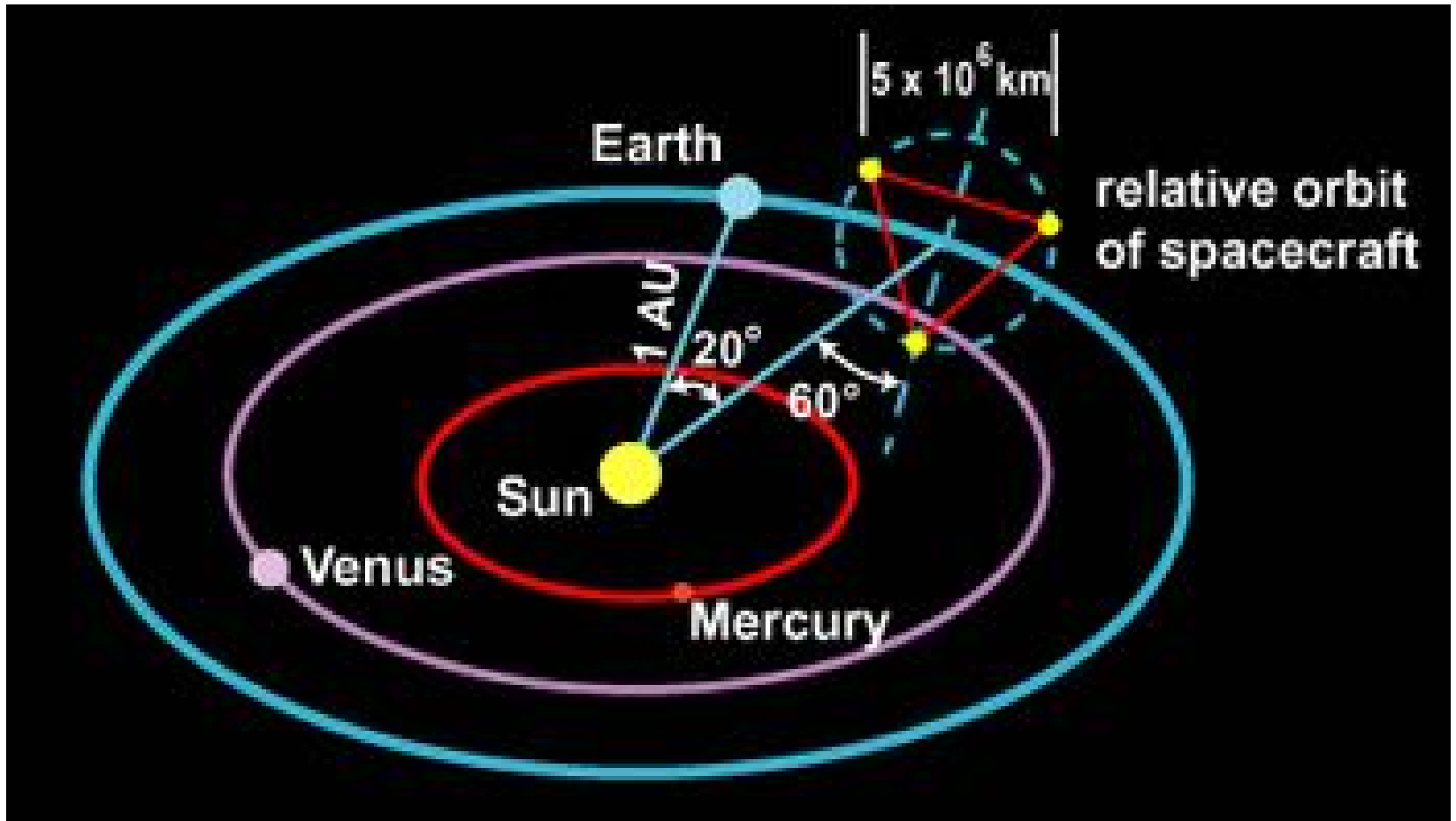
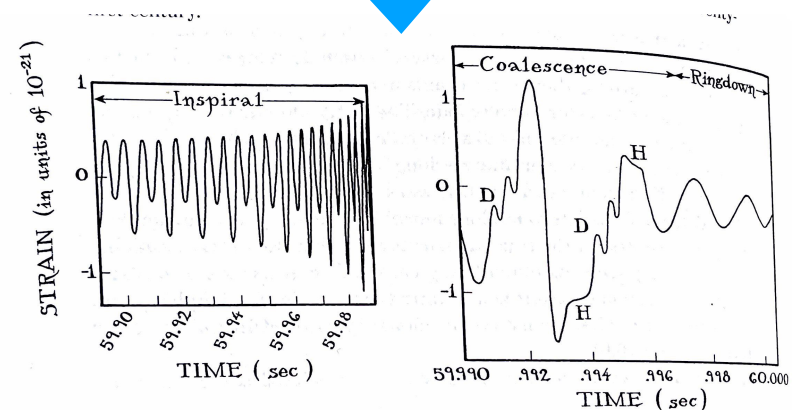
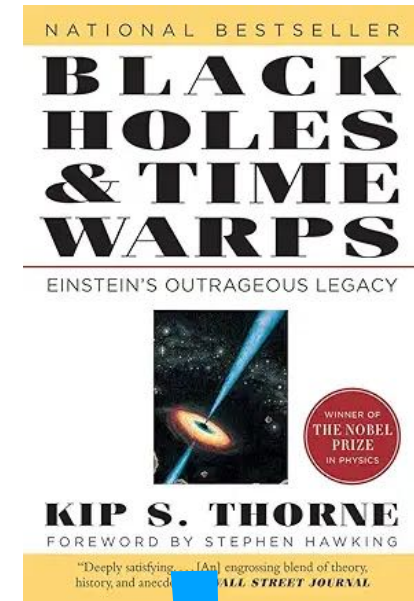


immagine non in scala

A cento anni esatti dalla teoria di Einstein:



L'onda gravitazionale generata dalla fusione di due buchi neri è catturata dagli strumenti di LIGO e VIRGO!

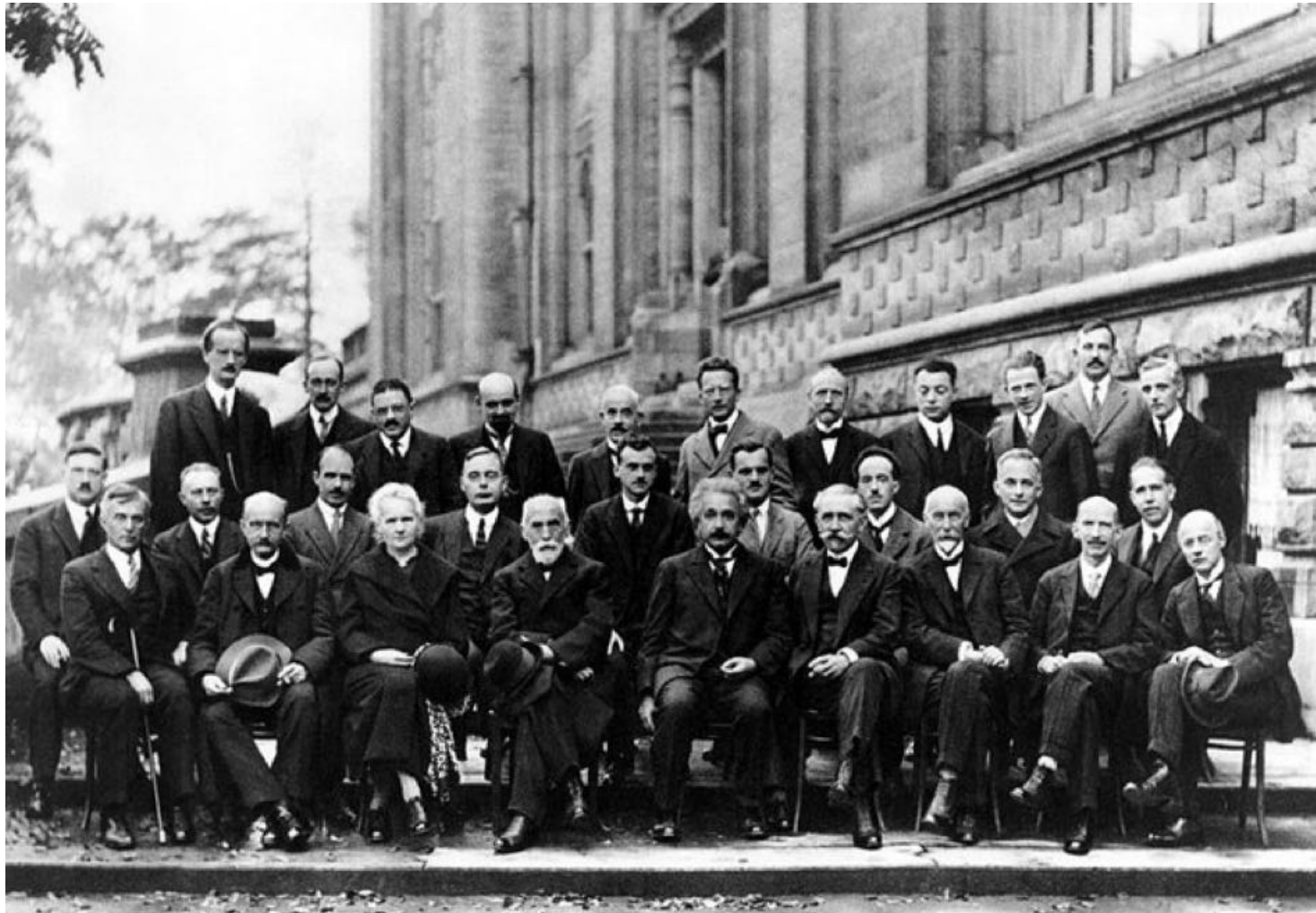


# La seconda rivoluzione della Fisica del XX secolo

La scoperta del quanto di azione (Planck, 1900). Nasce la Fisica Atomica (Bohr, 1913).

La nuova meccanica quantistica si sviluppa grazie al lavoro di Heisenberg, Born e Schroedinger (1925-26). Tutta la Fisica atomica e nucleare si basa su questa “nuova meccanica”.

# Tutti gli attori principali della nuova Fisica (*congresso Solvay 1927*)



# Particelle elementari

- Il *Deserto dei Tartari* di Buzzati? Sono quasi 30 anni che abbiamo individuato gli ultimi Tartari (W,Z). Tanti altri sono preannunciati, ma mancano all'appello. **HIGGS** prima di tutto, ma anche tutte le **particelle supersimmetriche**, manifestazioni di una ipotetica trasformazione detta “supersimmetria”.

# L'attesa non è tuttavia snervante come nella “fortezza Bastiani” descritta da Buzzati

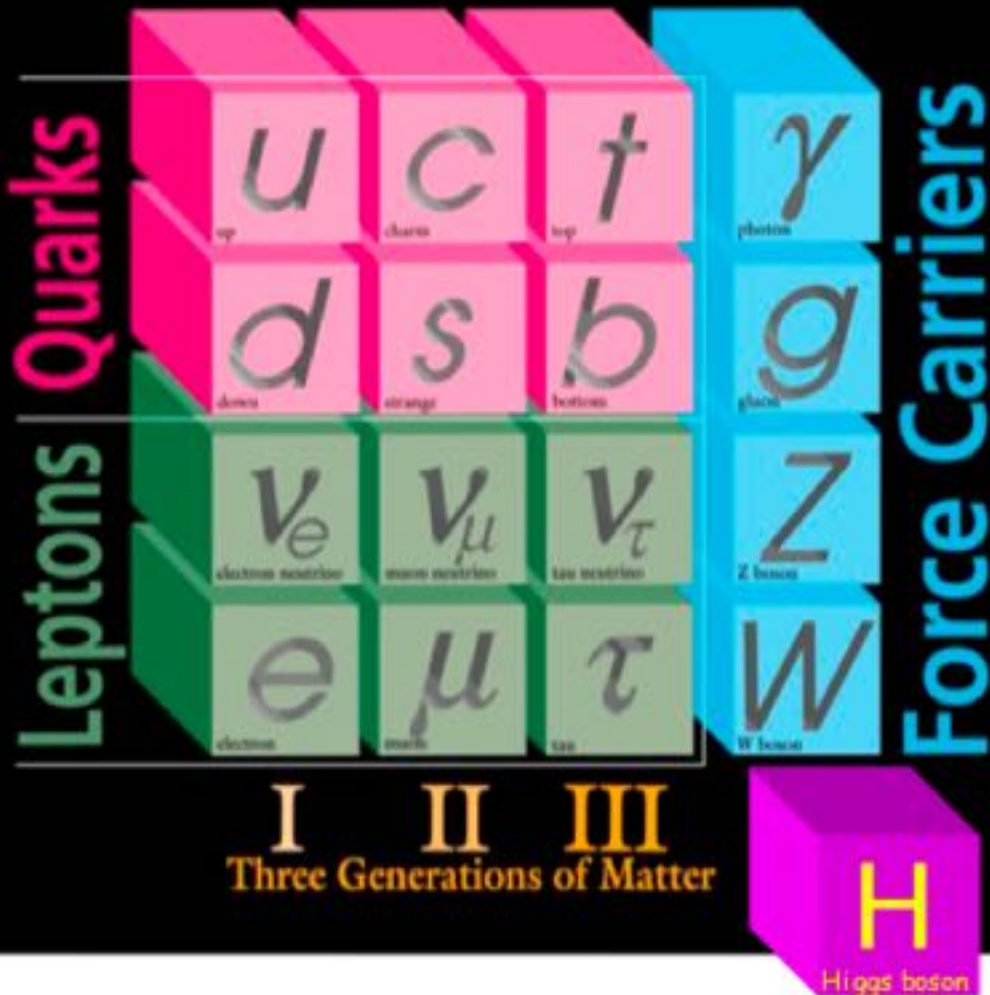
- Anche se i Tartari non si faranno vivi, il lavoro non manca e produce risultati comunque utilizzabili per scopi di interesse generale. → fallout delle ricerche di base (*superconduttività, diagnostica medica, terapia adronica, sviluppo delle reti di comunicazione, web*)

# Qualche drappello di “Tartari” si è fatto vivo nel frattempo!

- *Particella di Higgs (\*)*
- *Onde gravitazionali (\*\*)*
- *Particelle supersimmetriche (?)*
- *Di cosa è fatto l'Universo (?)*
- *Nuovi materiali e quantum computing (?)*
- *Superamento della legge di Moore (?)*
- *(\*) prima rilevazione 2012 (Atlas e CMS @ CERN)*
- *(\*\*) prima rivelazione di OG nel 2015 (Ligo/Virgo)*



# The Standard Model



$$q_L \equiv \begin{pmatrix} u_L \\ d_L \end{pmatrix} \quad B=1/3 \quad L=0$$

$$u_L^c \quad B=-1/3 \quad L=0$$

$$d_L^c \quad B=-1/3 \quad L=0$$

$$l_L \equiv \begin{pmatrix} \nu_L \\ e_L \end{pmatrix} \quad B=0 \quad L=1$$

$$e_L^c \quad B=0 \quad L=-1$$

$$\nu_R$$

**16 gradi di liberta`  
per  
3 generazioni**

?

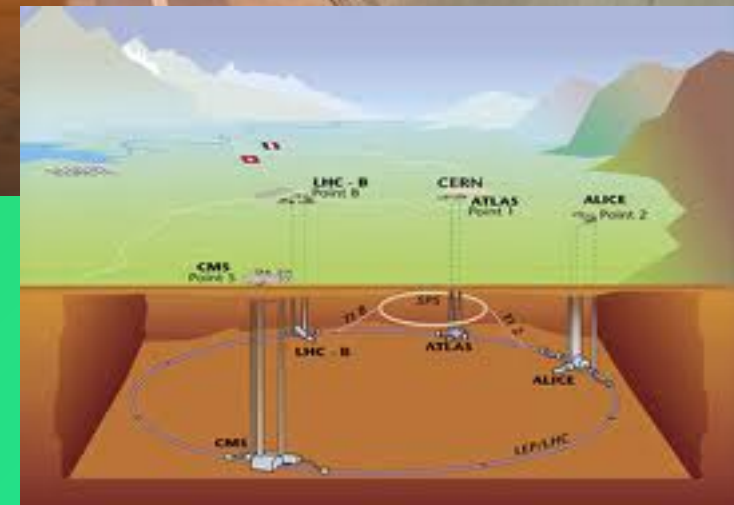
LHC, 27 KM  
(1989 AS LEP, 2008 AS LHC)

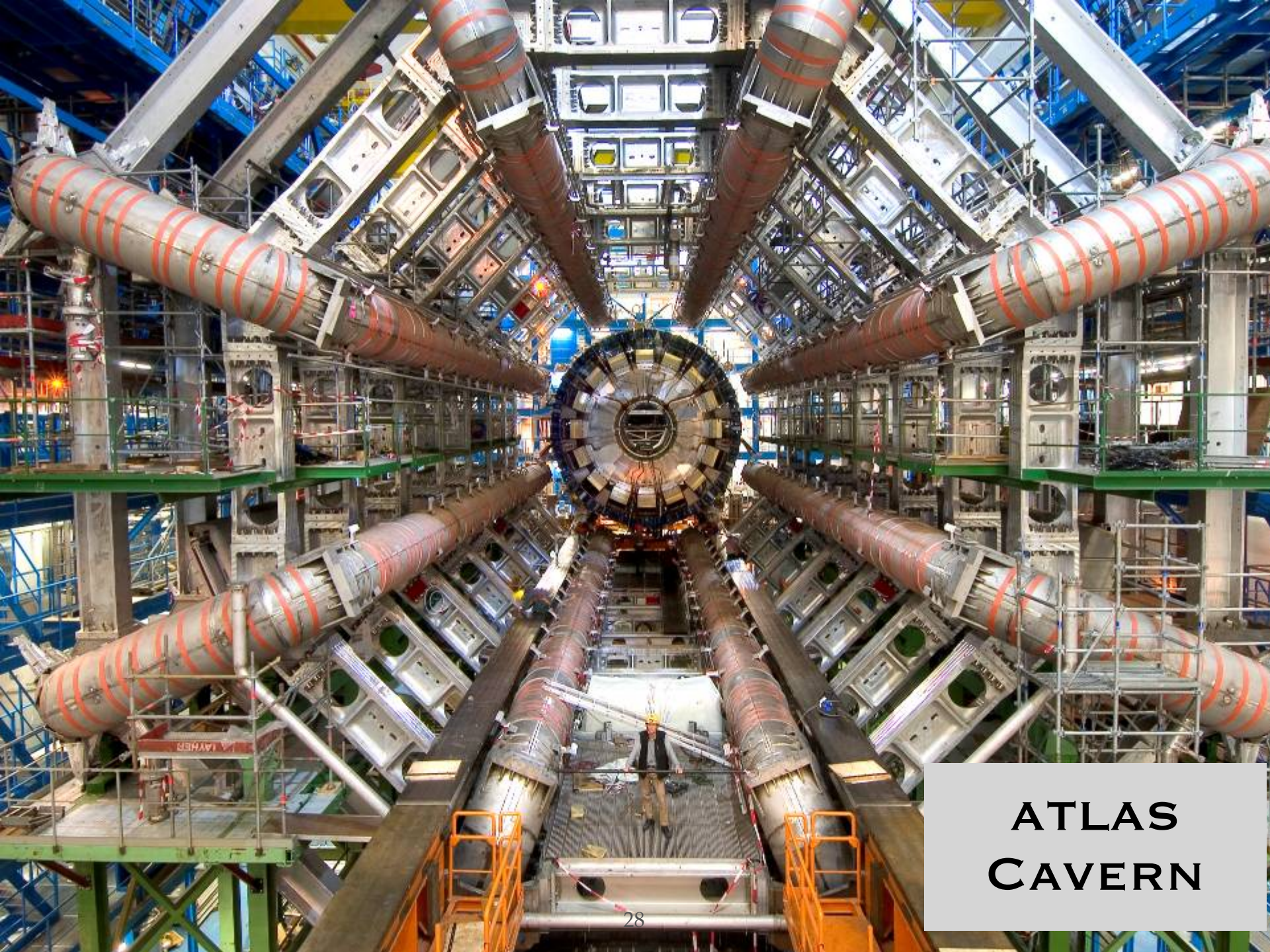
SUPER-PROTON SYNCHROTRON, 7KM  
(1976)

PROTON SYNCHROTRON  
628M (1959)

LINAC


BOOSTER, 157M (1972)





# ATLAS CAVERN

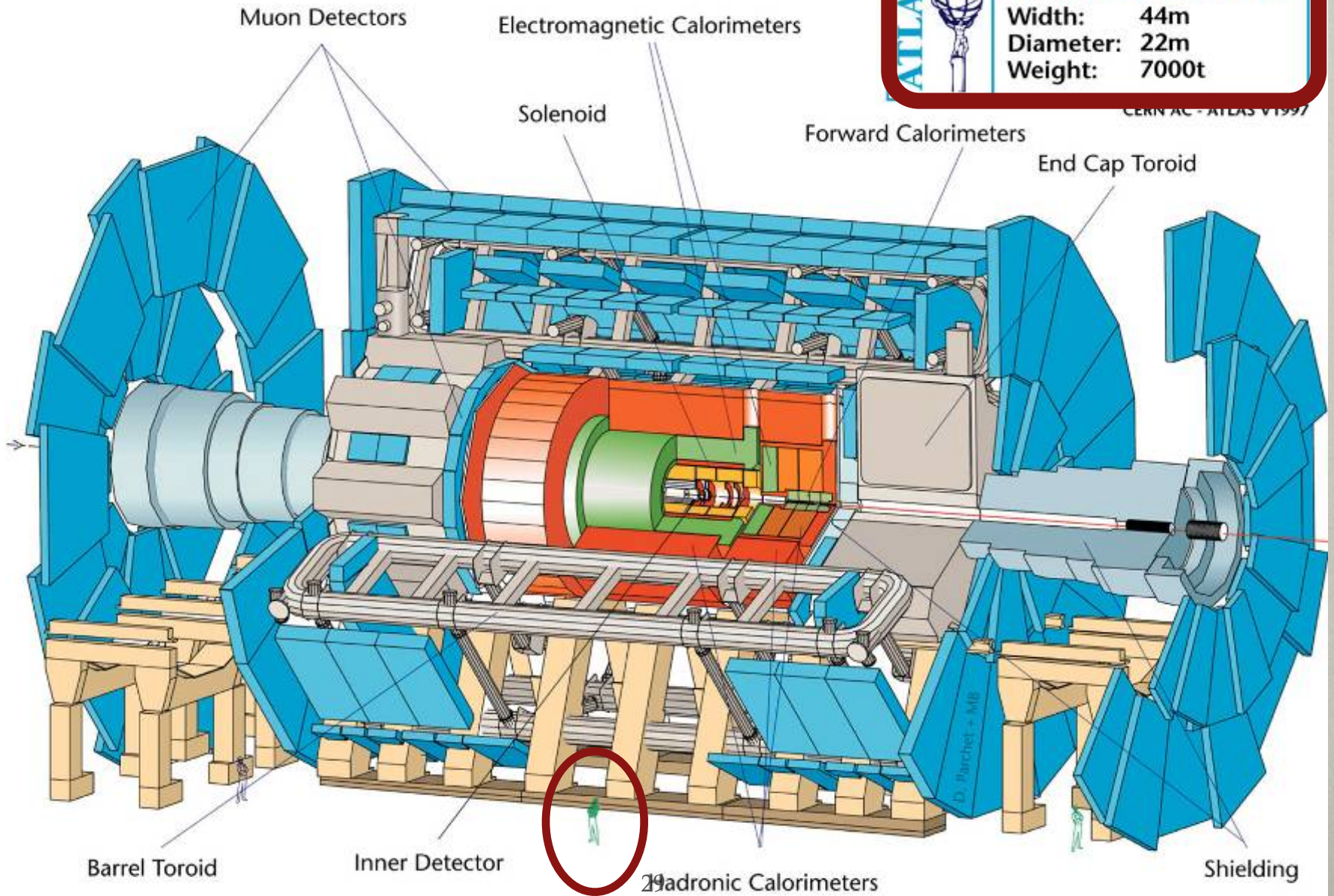
# ATLAS DETECTOR

**ATLAS** 

**Detector characteristics**

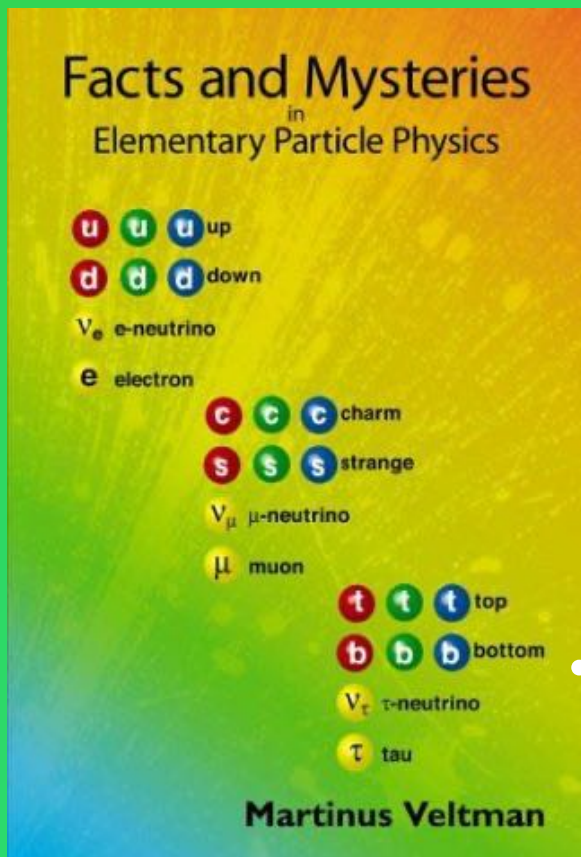
<b>Width:</b>	<b>44m</b>
<b>Diameter:</b>	<b>22m</b>
<b>Weight:</b>	<b>7000t</b>

CERN AC - ATLAS V1997





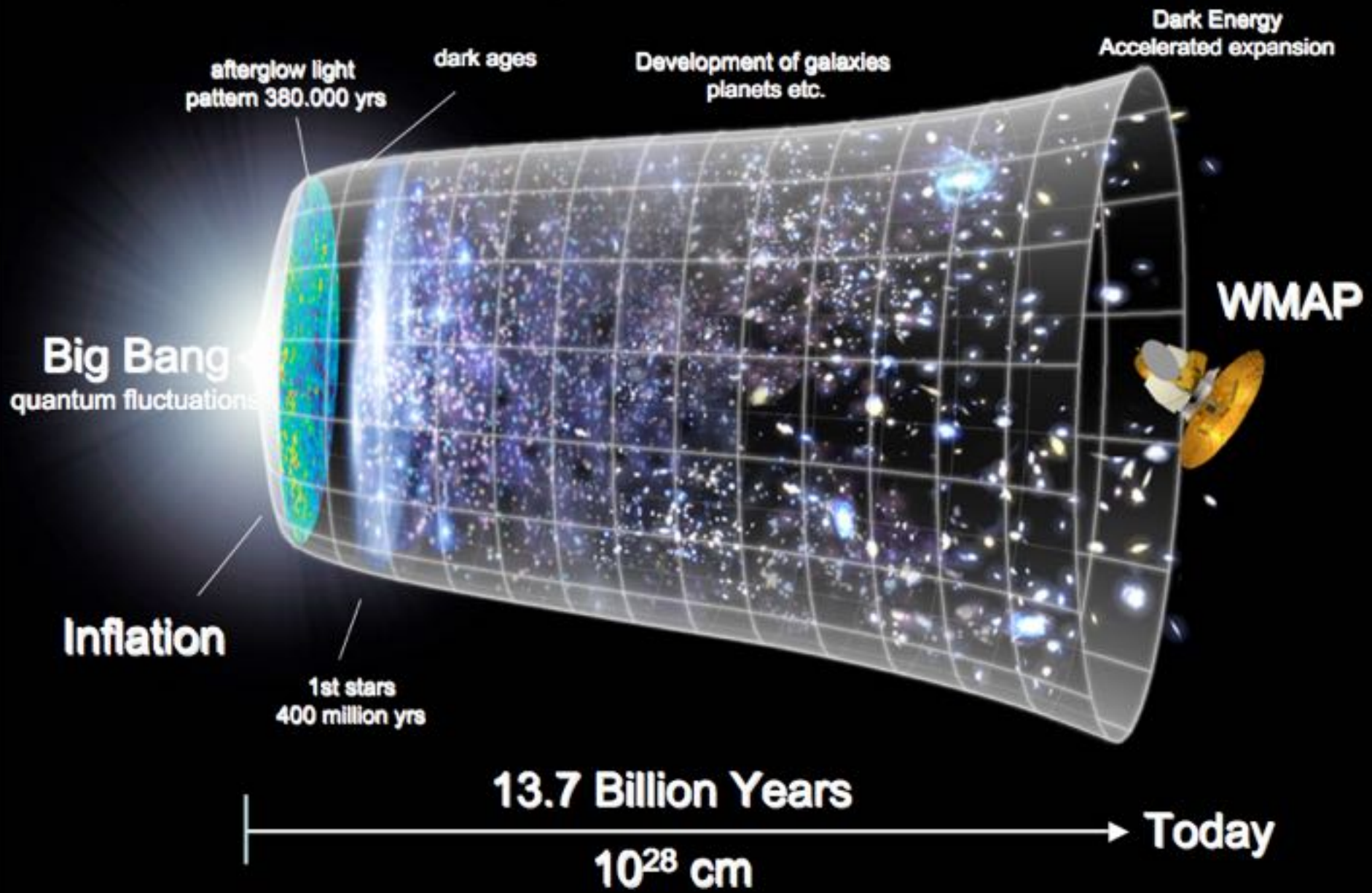
# Pubblicità



La storia dei 50 anni del CERN e della Fisica delle particelle nella seconda metà del XX secolo

# THE DARK SIDE OF THE UNIVERSE

# Gli ingredienti principali: 1) L'evoluzione dell'Universo







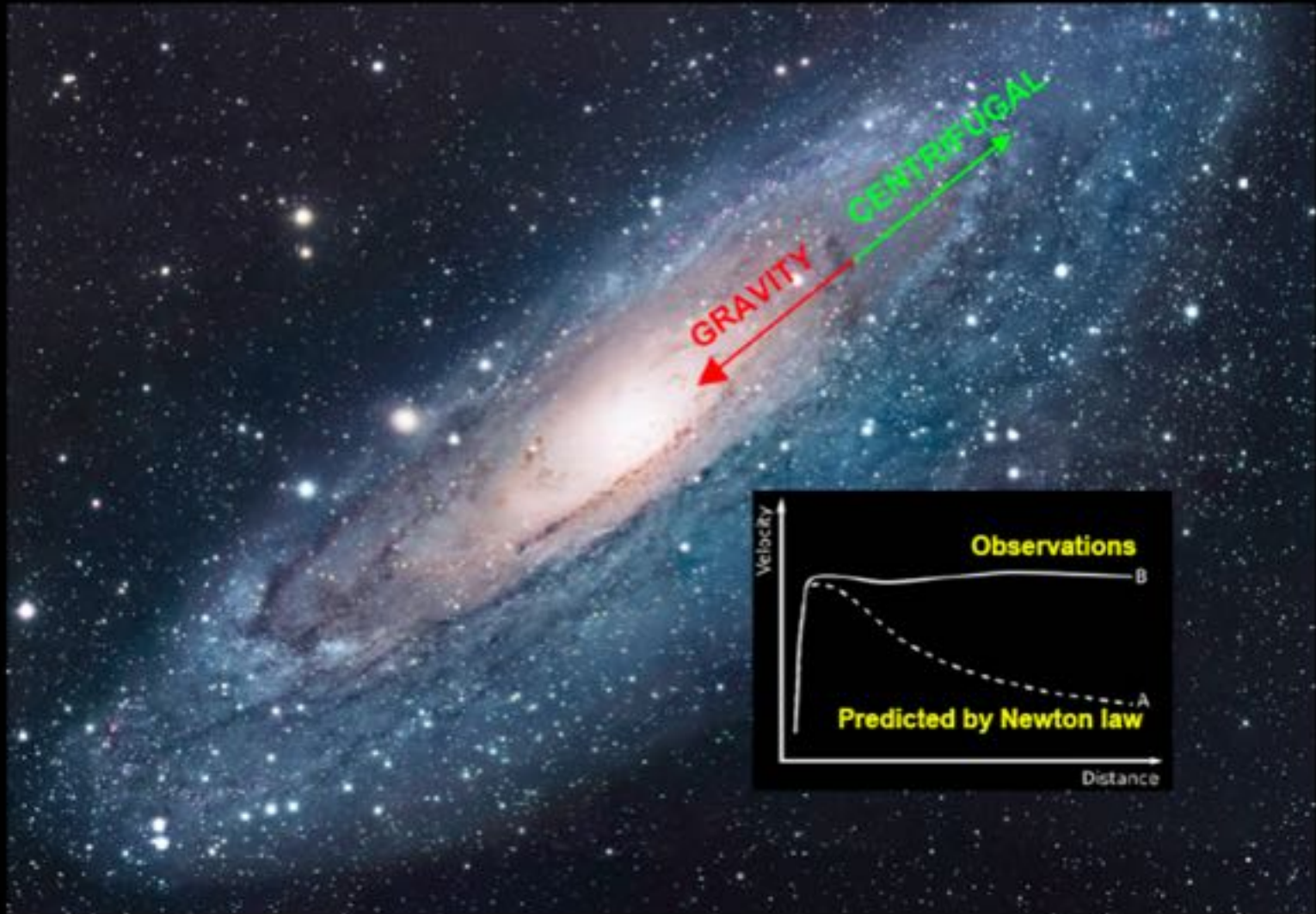
<http://chandra.harvard.edu/photo/2006/1e0657/>

# The dark side of the Universe



70% of the energy density of the Universe  
is in the form of dark energy

$$\ddot{a} > 0 \Leftrightarrow w \equiv P/\rho < -1/3$$

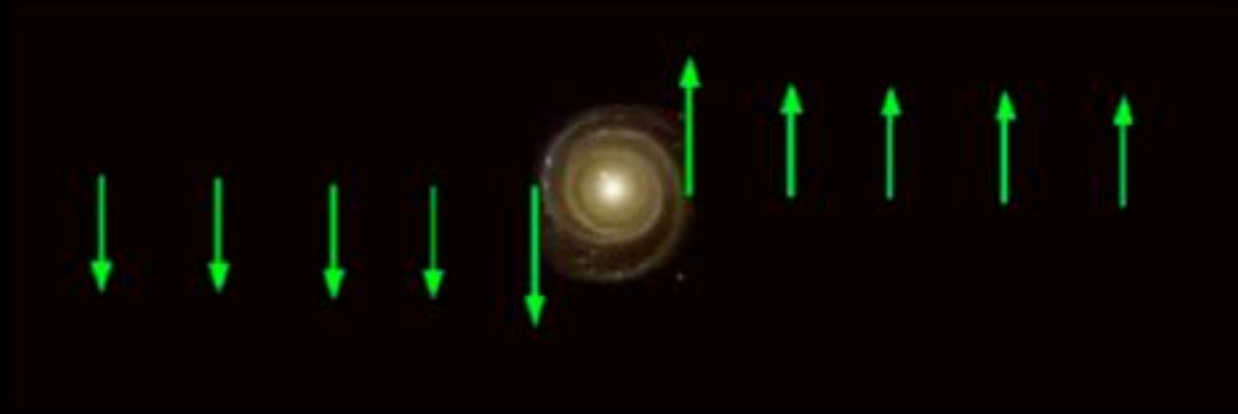


The Andromeda Galaxy (M31)

# What we should see



# What we do see



# *Di che cosa è fatta la materia oscura?*

- Ancora non conosciamo la natura del 94% della massa presente nell'Universo!
- Una parte rilevante potrebbe essere energia diffusa (Dark Energy) che secondo Einstein ha effetti anche gravitazionali.
- Una parte intorno al 25% potrebbe essere costituita da particelle supersimmetriche stabili (*ma ancora non si sono fatti progressi decisivi!*)

# Esperimenti

<http://www.lngs.infn.it/>

- Sono in corso esperimenti di laboratorio alla caccia della Dark Matter!
- Laboratori INFN del Gran Sasso: sono laboratori sotterranei scavati nella montagna sotto 1300 mt di roccia, ottimo schermo contro le radiazioni cosmiche. Si cercano eventi di rinculo di nuclei in materiale scintillante ultra purificato da sostanze radioattive (Esperimento DAMA).
- Altri esperimenti al GS: neutrini



39





Ci sono alcuni aspetti “divertenti” negli sviluppi delle nostre conoscenze in Astrofisica degli ultimi anni.

Newton pensava a uno spazio-tempo assoluto. Galileo ci ha insegnato che in realtà *il moto assoluto non ha alcun senso fisico.*

*Einstein è andato oltre! Anche il tempo assoluto non esiste ma è necessario metterlo in relazione all'osservatore.*

Ora sappiamo che esiste un *sistema di riferimento assoluto*, quello rispetto a cui la CMB è isotropa.

Galileo ha sostenuto, sfidando i rigori dell'Inquisizione, che il Sole, i Pianeti, la Luna, le lune di Giove sono costituite della stessa materia di cui è costituita la Terra.

Oggi scopriamo che in realtà *la materia che conosciamo costituisce solo il 5% della massa presente nell'Universo*. Non che Galileo avesse torto, non conosceva l'Astronomia extra-galattica, e però c'è sempre qualcosa da scoprire.

La Scienza è costantemente in evoluzione. I suoi metodi sono tuttavia saldamente basati sulla filosofia di Galileo.

# La sfida del supercalcolo

Calcolatori ad alte prestazioni sono entrati a far parte degli strumenti di indagine propri del Fisico a partire dagli anni '60 anche se fin dall'immediato dopoguerra le potenzialità del calcolo numerico per i problemi complessi della Fisica erano subito state individuate dalle persone più attente (lo stesso Fermi fu un pioniere in questo campo).

- Fisica delle alte energie - raccolta dati e analisi degli esperimenti
- Fisica delle particelle - studio della dinamica di quarks e gluoni
- Turbolenza
- Stelle di neutroni, buchi neri, supernovae, ...
- Studio della struttura delle proteine, DNA, ...

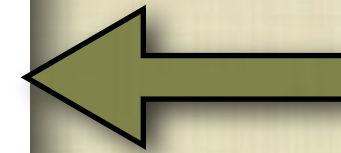
## TOP500 List - June 2008 (1-100)

$R_{max}$  and  $R_{peak}$  values are in TFlops. For more details about other fields, check the [TOP500 description](#).

Power data in KW for entire system

[next](#)

Rank	Site	Computer/Year Vendor	Cores	$R_{max}$	$R_{peak}$	Power
1	DOE/NNSA/LANL United States	Roadrunner - BladeCenter QS22/LS21 Cluster, PowerXCell 8i 3.2 Ghz / Opteron DC 1.8 GHz , Voltaire Infiniband / 2008 IBM	122400	1026.00	1375.78	2345.50
2	DOE/NNSA/LLNL United States	BlueGene/L - eServer Blue Gene Solution / 2007 IBM	212992	478.20	596.38	2329.60
3	Argonne National Laboratory United States	Blue Gene/P Solution / 2007 IBM	163840	450.30	557.06	1260.00
4	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	Ranger - SunBlade x6420, Opteron Quad 2Ghz, Infiniband / 2008 Sun Microsystems	62976	326.00	503.81	2000.00
5	DOE/Oak Ridge National Laboratory United States	Jaguar - Cray XT4 QuadCore 2.1 GHz / 2008 Cray Inc.	30976	205.00	260.20	1580.71
6	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	JUGENE - Blue Gene/P Solution / 2007 IBM	65536	180.00	222.82	504.00



**CINECA: 5  
MWATT**

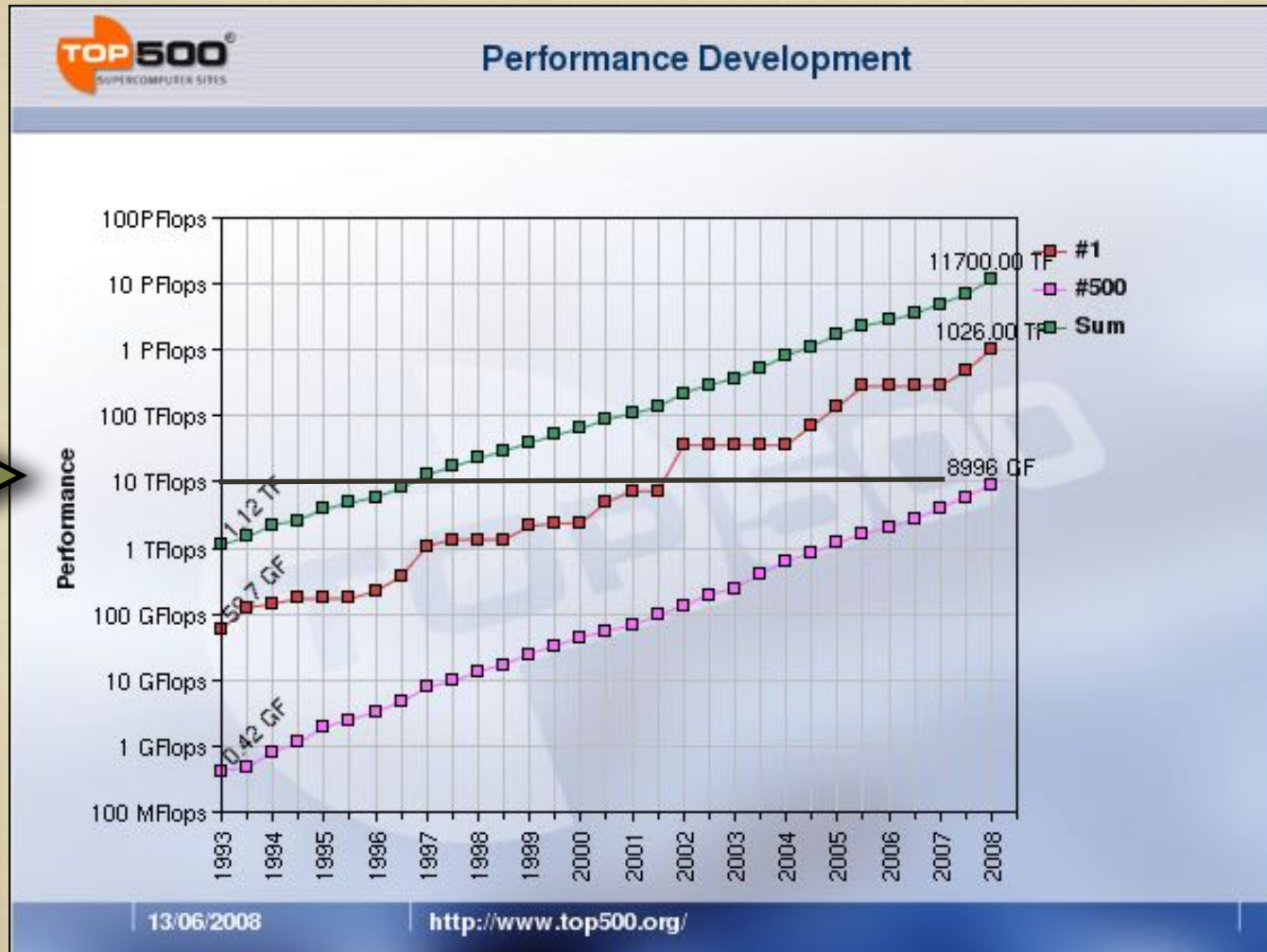


**QUESTO È IL PROBLEMA.**

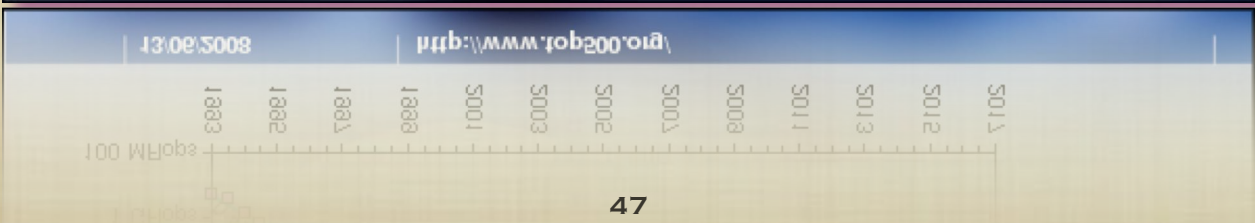
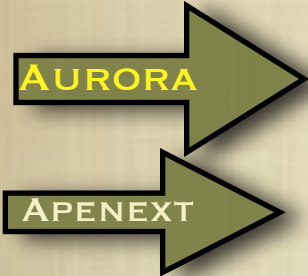
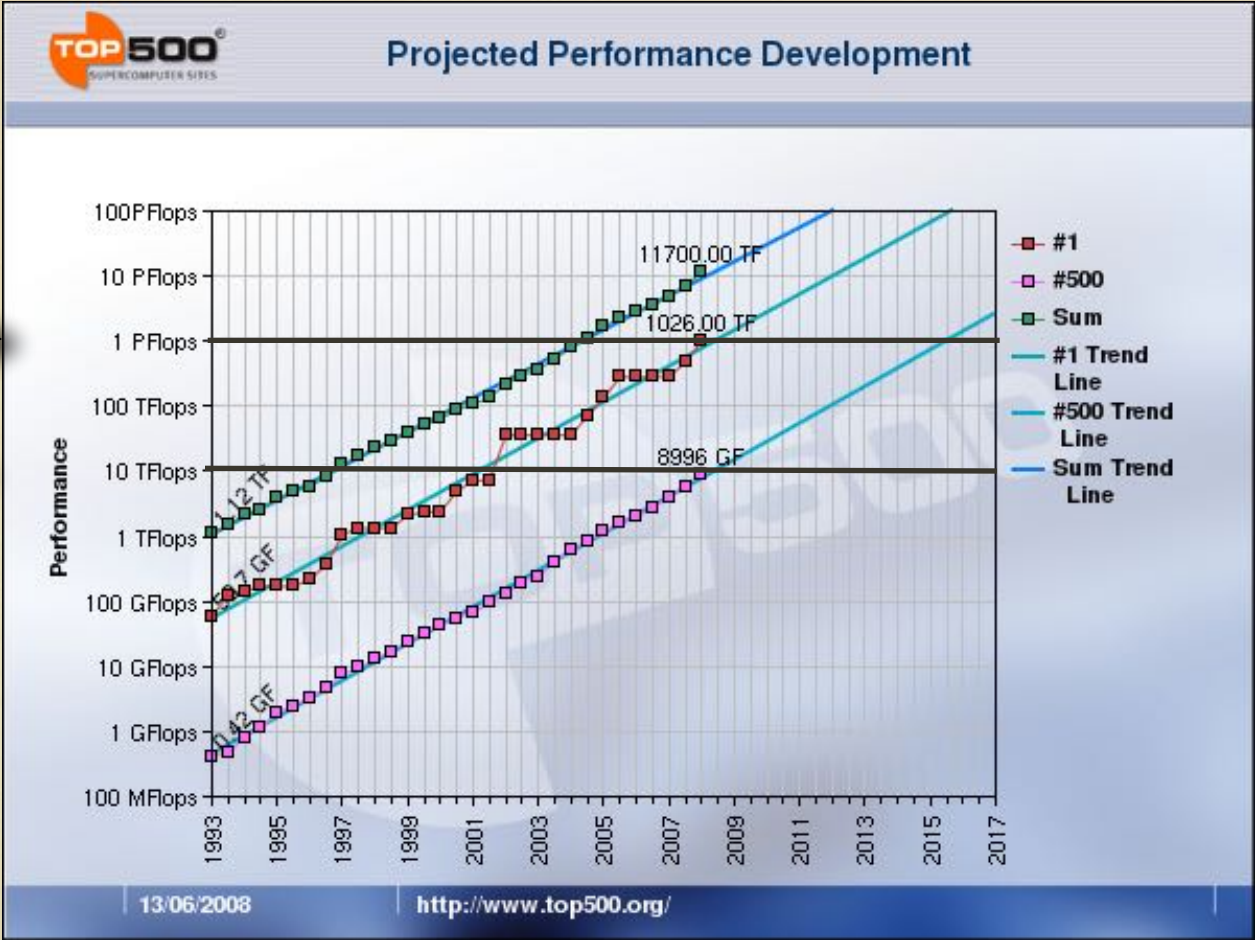
**R.FEYNMAN NE ANTICIPA GLI ASPETTI CRUCIALI IN “COMPUTING MACHINES IN THE FUTURE”, NISHINA MEMORIA LECTURE (“IL PIACERE DI SCOPRIRE”, ADELPHI 2002)**

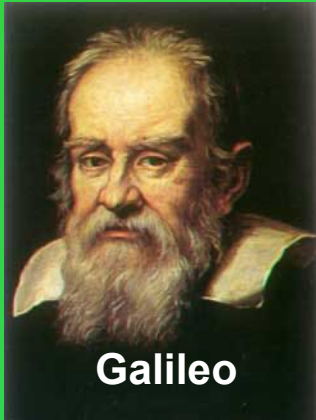
# LA CORSA AL PFLOPS (*oggi exaflops!*)

SORGENTE TOP500

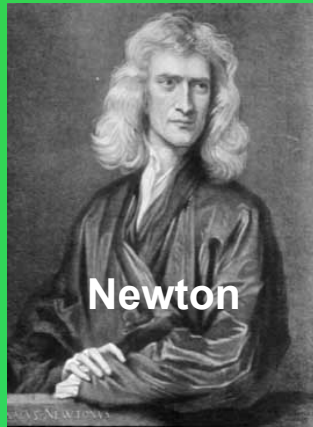


# PROIEZIONI AL 2011



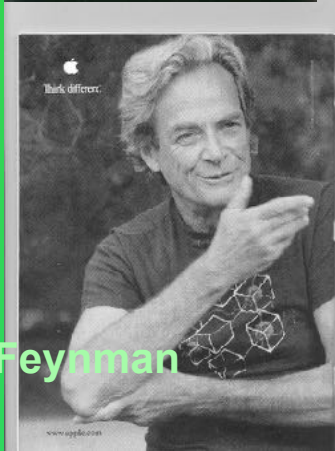


Galileo



Newton

# Pippo Mister X



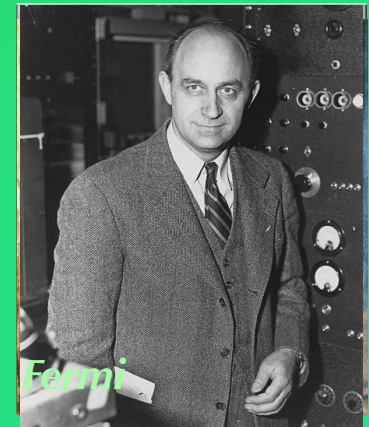
Feynman



Heisenberg



Bohr, Heisenberg e Pauli



Fermi



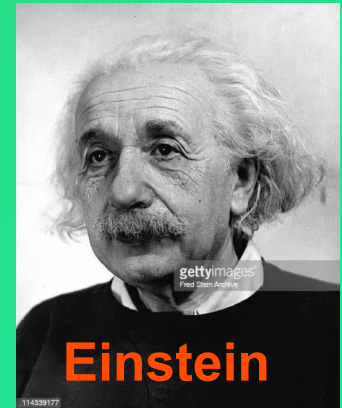
Curie



Kepler



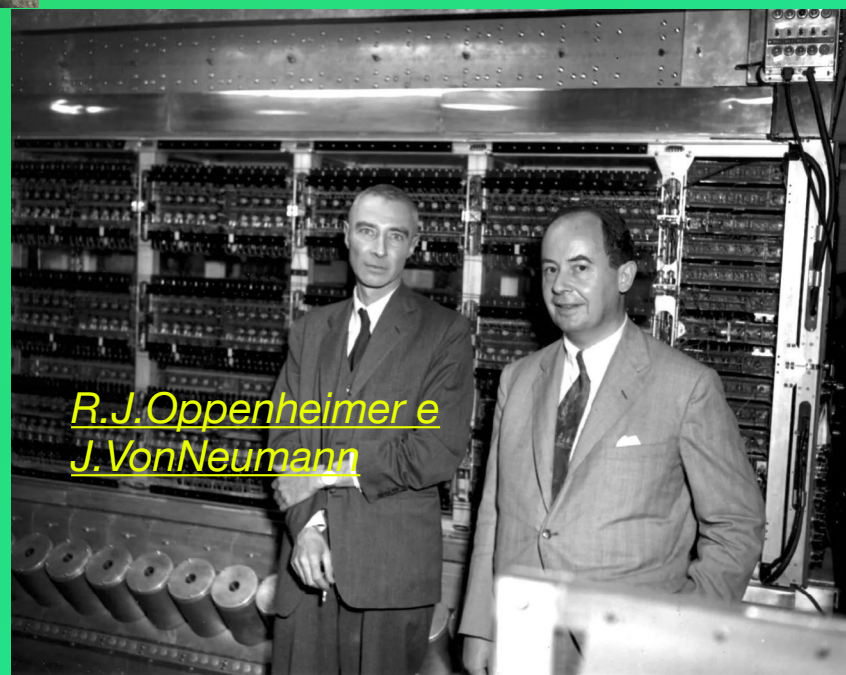
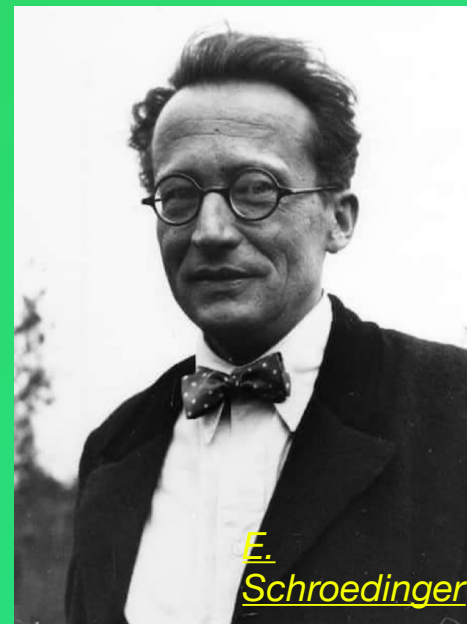
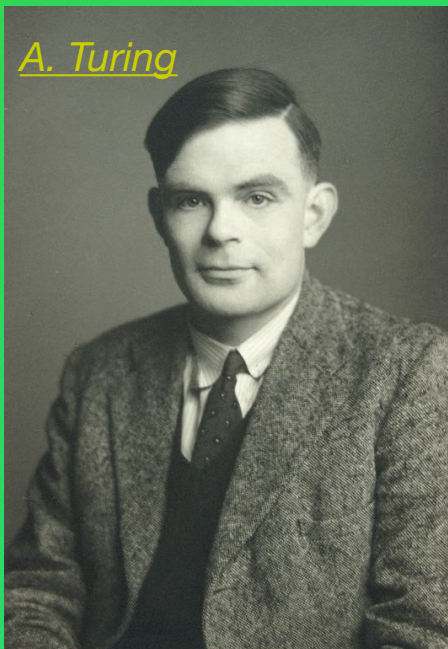
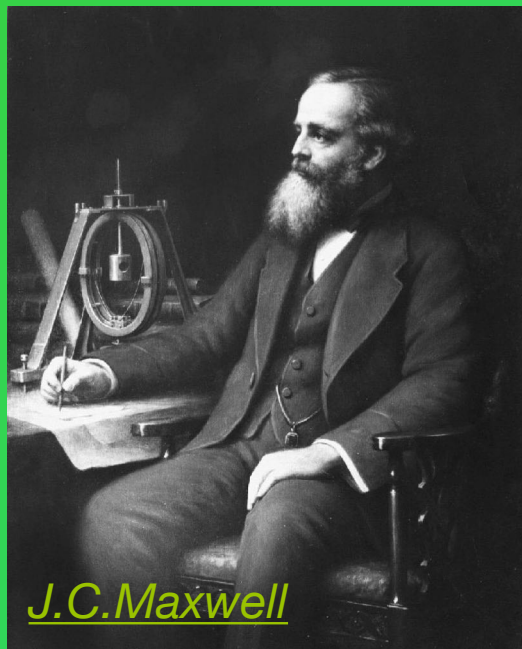
Rosalind Franklin



Einstein



# Una seconda galleria di ritratti di Fisici del '800-'900





*Per rivedere queste slides?  
La mia pagina personale sul WEB:*

[www.eoinfnpr.it](http://www.eoinfnpr.it)

# RINGRAZIAMENTI

- *Michelangelo Mangano (CERN)*
- *Antonio Riotto (CERN)*
- *Michele Vallisneri (JPL)*
- *Il laboratorio del Gran Sasso*
- *R. Depietri (Parma), L. Rezzolla (MPI-Potsdam)*
- *Per il team di Aurora, F. Di Renzo, L. Scorzato, L. Tripiccione, F. Schifano, R. Alfieri*
- *Eurotech - G.P. Tecchioli*