



La fisica fiorentina dagli anni '20 agli anni '60 del Novecento ovvero dai raggi cosmici ai quark

Daniele Dominici

**Dipartimento di Fisica e Astronomia UNIFI
Sezione di Firenze INFN**

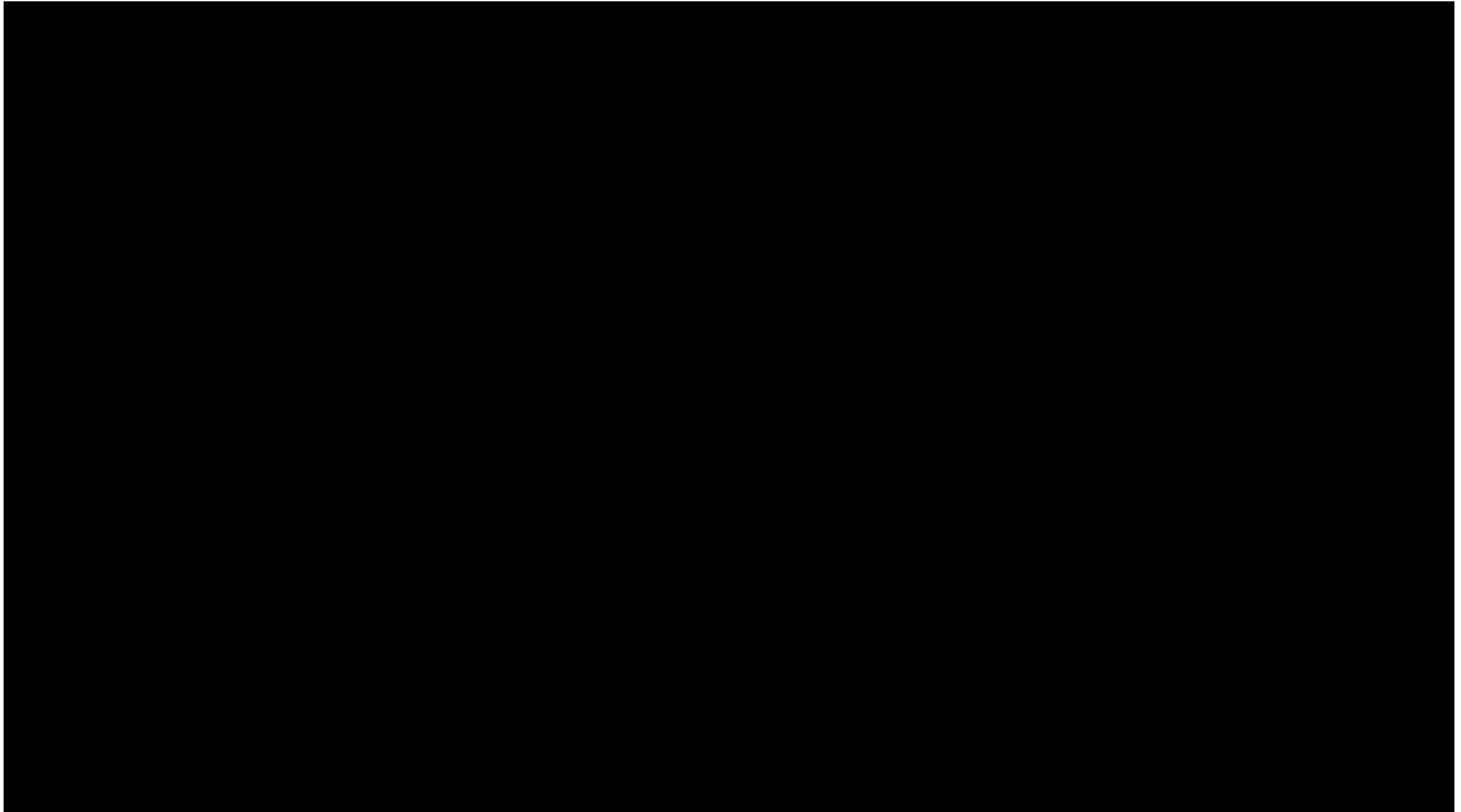


Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici,
Massimo Mazzoni

Lo spirito di Arcetri

A cento anni dalla nascita dell'Istituto di Fisica
dell'Università di Firenze





- Dal 1875 il Gabinetto di Fisica dell'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento (ISSPP) era ospitato in Via Gino Capponi, nel centro di Firenze.
- Roiti, Direttore dell'ISSPP dal 1880 e del Gabinetto, si era occupato di misure elettriche e in particolare dell'Ohm.
- Nel 1913 arrivò a Firenze da Genova Antonio Garbasso, chiamato a sostituire Antonio Roiti nella cattedra di Fisica e nella direzione del Gabinetto.



Antonio Roiti (1843-1921)



Nato a Vercelli nel 1871 e laureato in Fisica a Torino nel 1892. Esperienza con Hertz a Bonn e Helmholtz a Berlino.

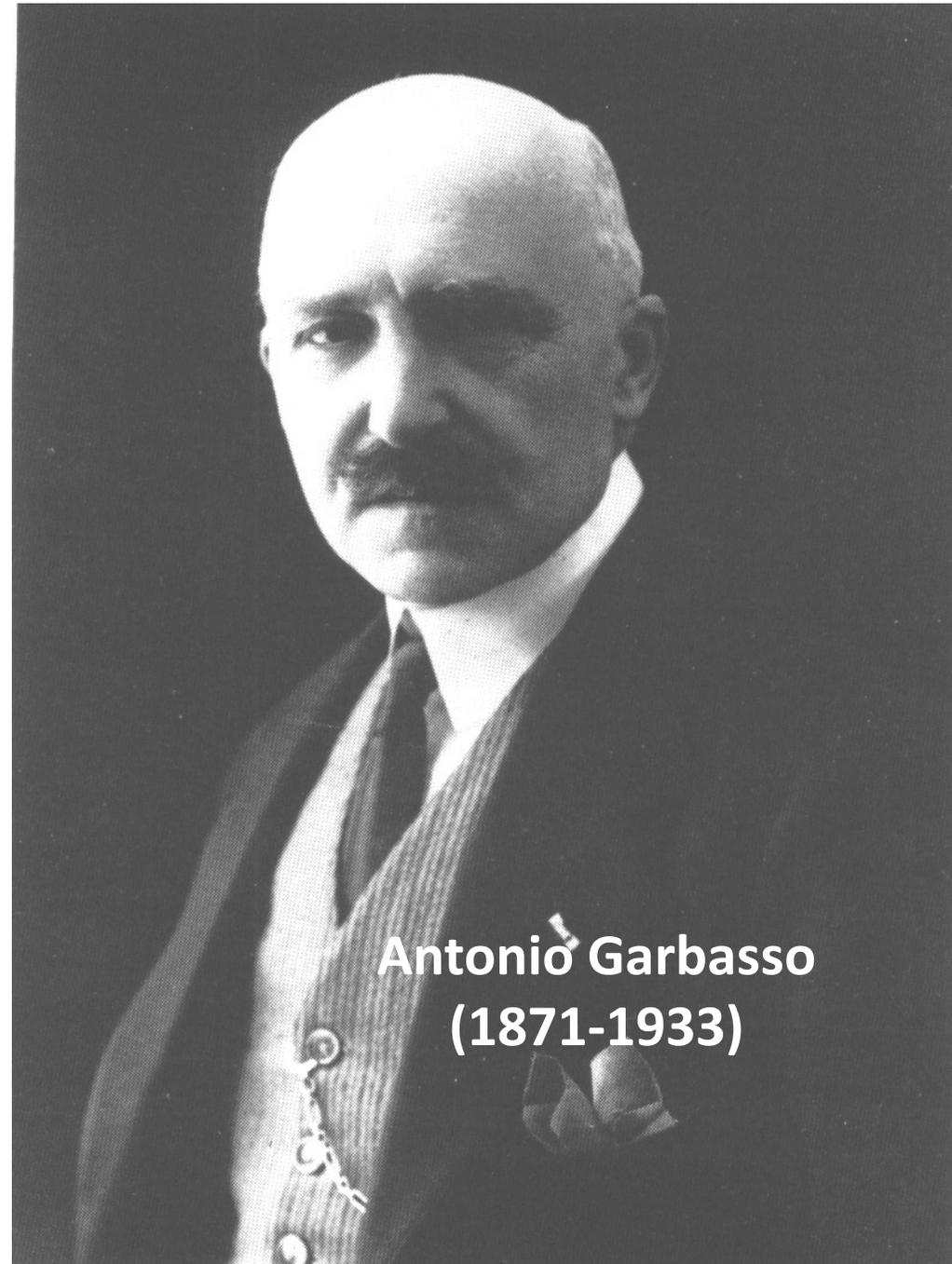
Incaricato di Fisica a Pisa, Torino, Professore a Genova e infine a Firenze.

Bravo fisico, si era occupato di ottica (es: miraggio) e teoria dell'effetto Stark - Lo Surdo.

1915 - Garbasso ottenne finanziamenti e permessi per trasferire la sede a un nuovo edificio sulla collina di Arcetri dove si trovavano l'Osservatorio Astronomico e Villa Il Gioiello.

Presidente SIF (1912-14 e 1921-25).

Sindaco di Firenze 1921-1928.



**Antonio Garbasso
(1871-1933)**

Garbasso, uomo di scienza ma anche di notevole cultura umanistica, grande ammiratore del Rinascimento fiorentino e del "pensiero toscano", costruì il nuovo laboratorio...con canoni rinascimentali.

Rita Brunetti (assistente) scrisse «riuscì a dotare Firenze... del più pittoresco e, significativo per l'ubicazione, Laboratorio di ricerca italiano».



1921: inaugurazione

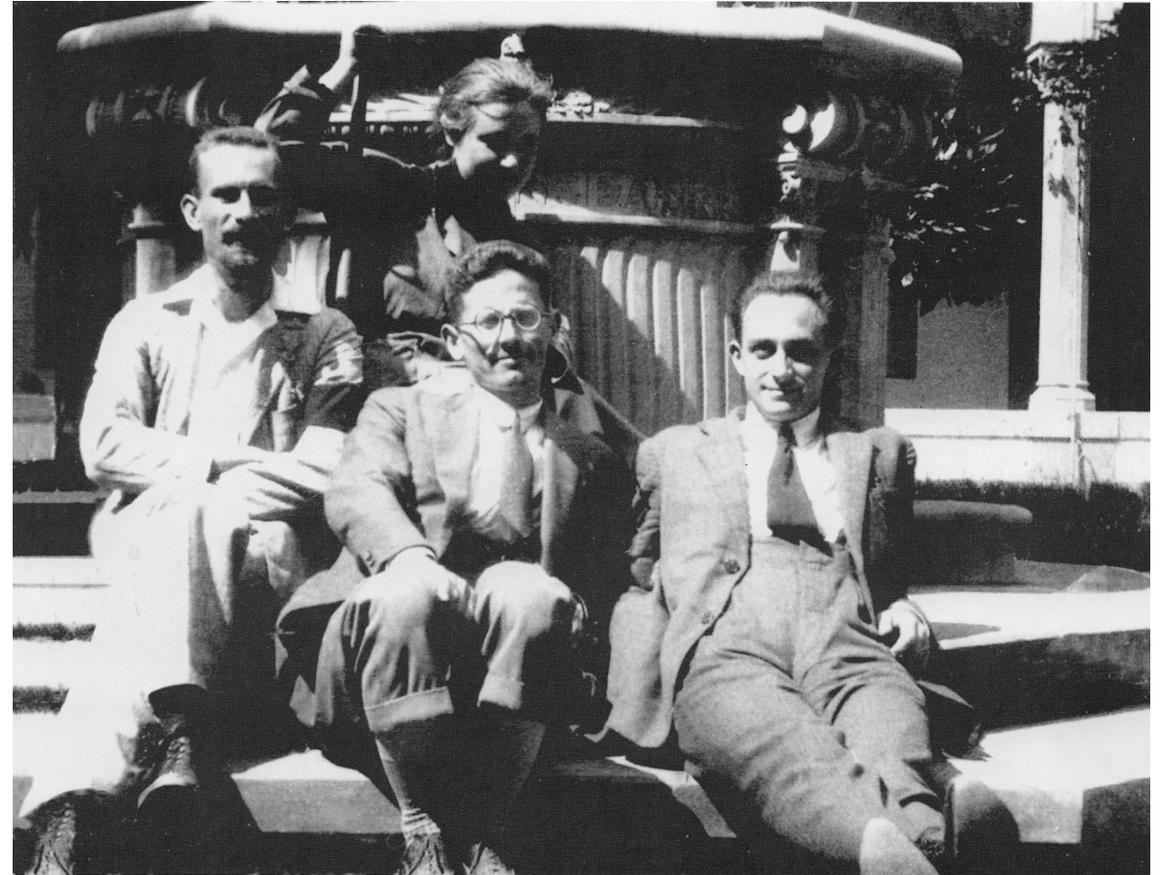


Garbasso iniziò a reclutare ad Arcetri giovani brillanti:

1922 - Franco Rasetti, assistente di Garbasso

1924 - Enrico Fermi, negli a.a. 1924/25 e 1925/26, incaricato degli insegnamenti di Meccanica razionale e di Fisica matematica

Il periodo di Enrico Fermi a Firenze fu breve ma molto fruttuoso.



Da sinistra: Rasetti (1901-2001), Nello Carrara (100-1993) e Fermi (1901-1954), dietro Rita Brunetti (1890-1942)



Paul Ehrenfest

Dopo la laurea alla Scuola Normale di Pisa nel 1922, Enrico Fermi aveva trascorso due periodi all'estero, a Göttingen (1923) con Born, Heisenberg, Jordan, Hilbert e a Leiden (1924) con Ehrenfest, Uhlenbeck, con un intervallo nell'a.a. 1923/24, di un insegnamento temporaneo di Matematica per Chimici procuratogli a Roma da Orso Mario Corbino.

“Così Fermi andò a vivere là e io
spendevo tutto il giorno là. Eravamo
praticamente insieme da mattina a
sera, tra discussioni di fisica e caccia
ai gechi, che raccoglievamo per
impaurire la moglie del portiere che
preparava i nostri pasti. Catturammo
venti gechi e un giorno li liberammo
nella sala da pranzo... E ciò avveniva
precisamente quando (Fermi) stava
facendo la statistica dei gas. Lui
stava probabilmente pensando mentre
sdraiati cacciavamo i gechi con il
laccio.”

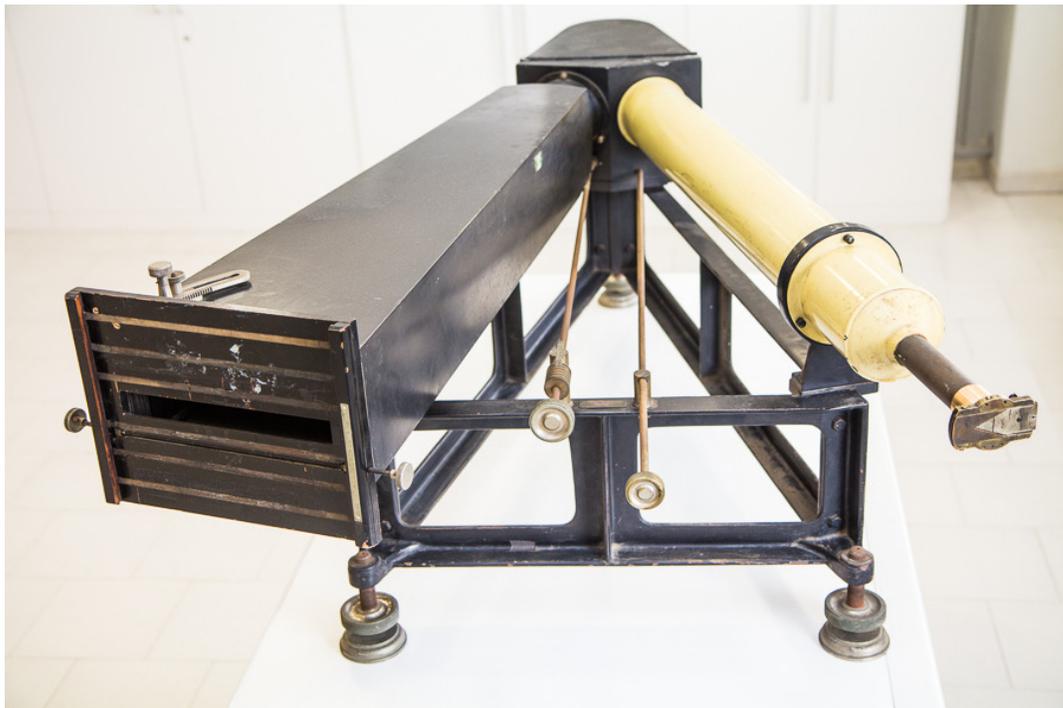
Rasetti, intervista di Thomas S. Kuhn (Roma, 1963):



il “vagoncino”



Capodilista, Crinò, Bernardini, Colacevich,
Bocciarelli (circa 1931)



- Nel laboratorio c'era un po' di strumentazione
- Ricerche di spettroscopia
- Il budget era limitato
- Difficoltà finanziarie: il costo di un mese di riscaldamento avrebbe assorbito l'intero bilancio. Così l'Istituto non era mai riscaldato. La temperatura a dicembre all'interno era tra 3 to 6 C.
- [Rasetti, Note e memorie]



“Il laboratorio era sempre in ritardo nel pagare le bollette dell’elettricità e la sola ragione per cui la nostra elettricità non veniva tagliata era che il direttore del laboratorio era anche sindaco della città”

B. Rossi



Garbasso con il re



**Garbasso sindaco di Firenze
(1921-1928)**

Statistica di Fermi (1926)

Meccanica quantistica

30.

SULLA QUANTIZZAZIONE DEL GAS PERFETTO MONOATOMICO

« Rend. Lincei », 3, 145-149 (1926) (*).

1. Nella termodinamica classica si prende come calore specifico a volume costante di un gas perfetto monoatomico (riferendosi a una sola molecola) $c = \frac{3}{2} k$. È chiaro però che se si vuole, anche per un gas ideale, ammettere la validità del principio di Nernst, bisogna ritenere che la precedente espressione di c sia soltanto una approssimazione per temperature elevate, e che in realtà c tenda a zero per $T = 0$, in modo che si possa estendere fino allo zero assoluto l'integrale esprimente il valore dell'entropia senza l'indeterminazione della costante. E per rendersi conto del come possa avvenire una tale variazione di c , è necessario ammettere che anche i moti del gas perfetto debbano essere quantizzati. Si capisce poi come una tale quantizzazione, oltre che sul contenuto di energia del gas, avrà anche una influenza sopra la sua equazione di stato, dando così origine ai così detti fenomeni di degenerazione del gas perfetto per basse temperature.

Lo scopo di questo lavoro è di esporre un metodo per effettuare la quantizzazione del gas perfetto che, a noi pare, sia il più possibile indipendente da ipotesi non giustificate sopra il comportamento statistico delle molecole del gas.

(*) Presentata dal Socio A. Garbasso nella seduta del 7 febbraio 1926.

902 *Zeitschrift für Physik* 36, 902 (1926)

Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases¹⁾.

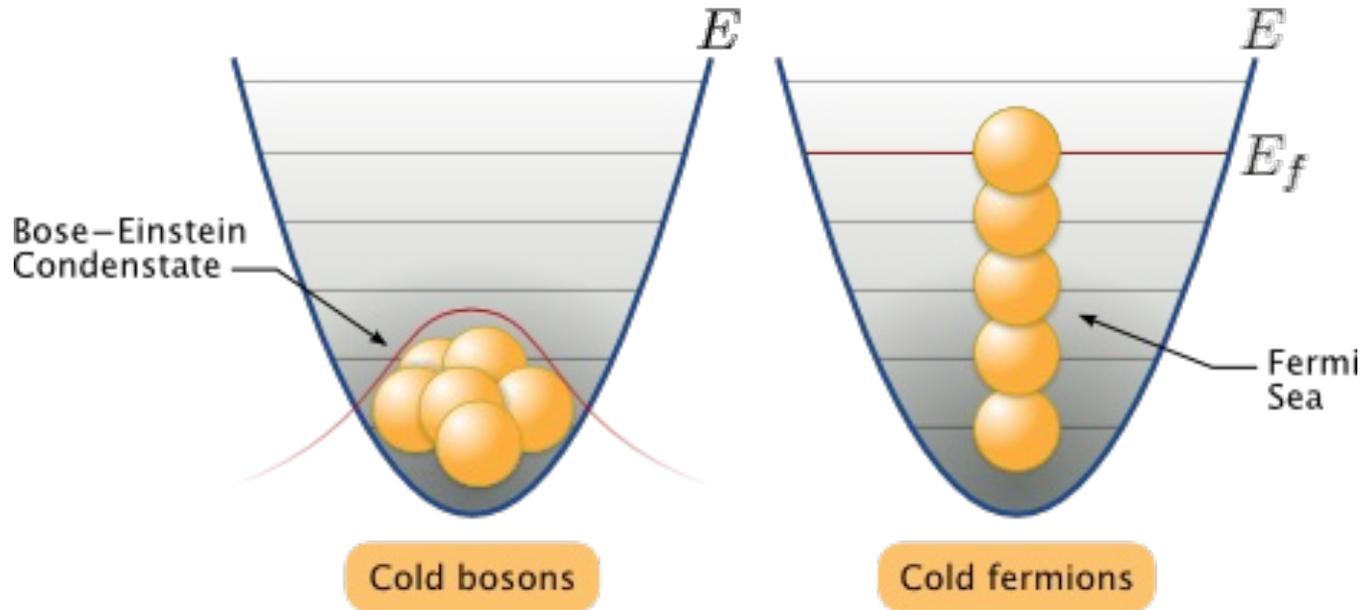
Von E. Fermi in Florenz.

(Eingegangen am 24. März 1926.)

Wenn der Nernstsche Wärmesatz auch für das ideale Gas seine Gültigkeit behalten soll, muß man annehmen, daß die Gesetze idealer Gase bei niedrigen Temperaturen von den klassischen abweichen. Die Ursache dieser Entartung ist in einer Quantelung der Molekularbewegungen zu suchen. Bei allen Theorien der Entartung werden immer mehr oder weniger willkürliche Annahmen über das statistische Verhalten der Moleküle, oder über ihre Quantelung gemacht. In der vorliegenden Arbeit wird nur die von Pauli zuerst ausgesprochene und auf zahlreiche spektroskopische Tatsachen begründete Annahme benutzt, daß in einem System nie zwei gleichwertige Elemente vorkommen können, deren Quantenzahlen vollständig übereinstimmen. Mit dieser Hypothese werden die Zustandsgleichung und die innere Energie des idealen Gases abgeleitet; der Entropiewert für große Temperaturen stimmt mit dem Stern-Tetrodeschen überein.

Statistica di Fermi (*fermioni*)

Principio di
Pauli (1925)



Importanti applicazioni:
nane bianche (Fowler,
1926)

Elettroni nei metalli
(Pauli, Sommerfeld, 1927)

Semiconduttori,
transistor, LED,
microchips, ...Elettronica
moderna

Bosoni Spin intero: $0, 1, \dots$ in unità opportune
(fotoni, ...) Statistica di Bose-Einstein.

Fermioni Spin semintero: $1/2, \dots$ (elettroni, protoni...)
Statistica di Fermi-Dirac.

Nel 1926 Fermi vinse la prima cattedra di Fisica teorica in Italia, bandita a Roma grazie all'iniziativa di Corbino. Secondo fu Enrico Persico che venne chiamato a Firenze a insegnare la Meccanica quantistica.

1927 - Rasetti lasciò Arcetri per raggiungere Fermi e collaborare nel famoso gruppo di Via Panisperna che avrebbe scoperto la radioattività artificiale indotta da neutroni e realizzato (senza rendersene conto) la fissione nucleare dell'uranio (1934).



I ragazzi di Via Panisperna (1934): Oscar D'Agostino, Emilio Segré, Edoardo Amaldi, Rasetti, Fermi. Foto di Bruno Pontecorvo.

Garbasso chiamò a Firenze Bruno Rossi e Gilberto Bernardini nel 1928.

Si laurearono, tra gli altri:

- Giuseppe, 'Beppo', Occhialini nel 1929
- Giulio Racah e Daria Bocciarelli nel 1931

Si venne a formare un gruppo di giovani che dette un grande impulso alla ricerca sui raggi cosmici e alle tecniche per studiarli (rivelatori).

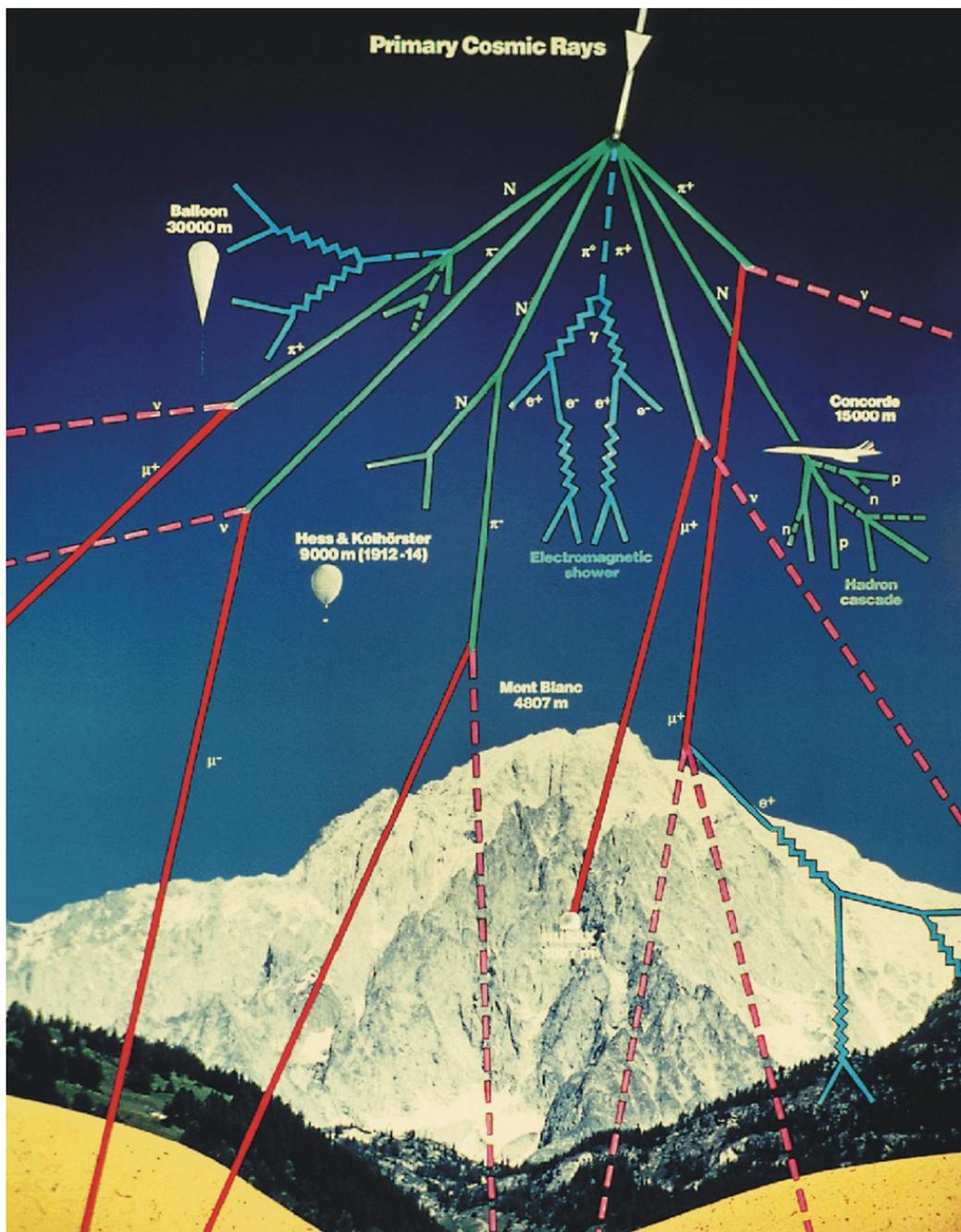


3 Con Gilberto Bernardini (a sinistra) sulla terrazza dell'Istituto.

Bernardini (1906-1995)
e Rossi (1905-1993)

Particelle note all'epoca (prima del 1932):

protone (**p**), elettrone (**e⁻**), fotone (**γ**).



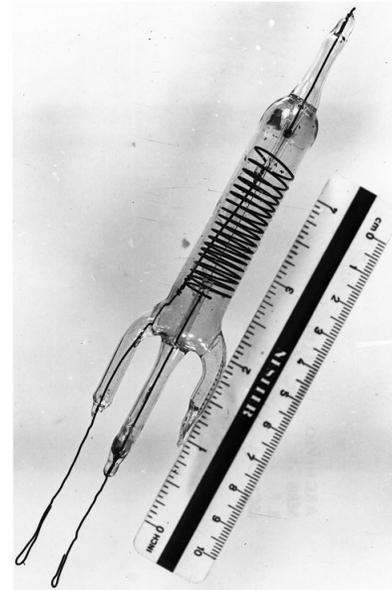
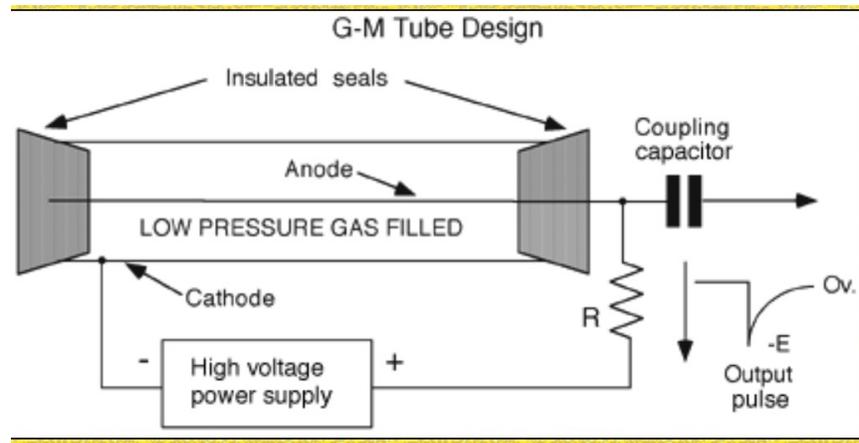
$$\mu^+ \rightarrow e^+ \nu_e \bar{\nu}_\mu$$

π^+ pione positivo
 μ^+ muone positivo
 e^+ positrone



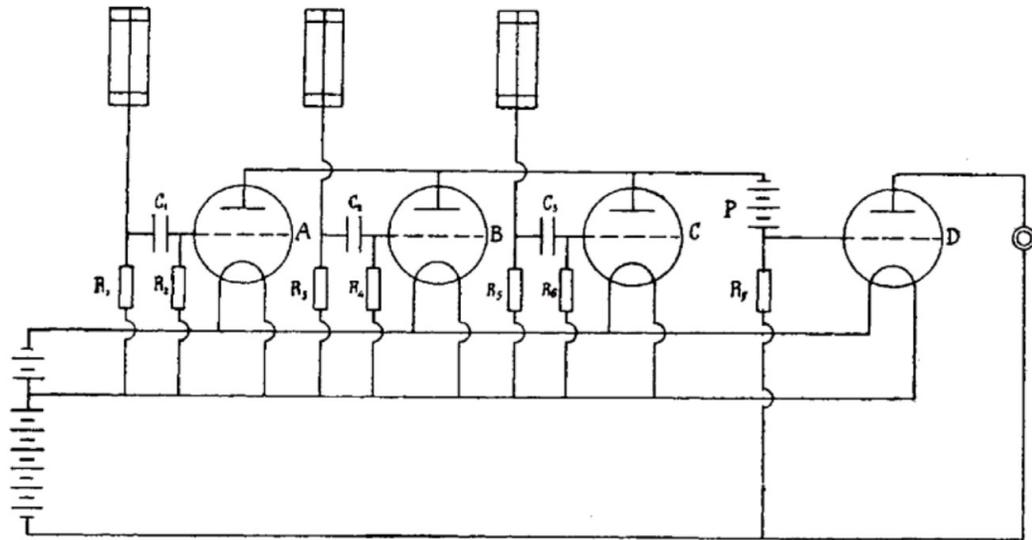
Beppo Occhialini (1907-1993), Gilberto Bernardini, Daria Bocciarelli (1910-2007), di fronte Bruno Rossi, dietro Pier Giovanni Caponi

Come rivelatori si utilizzavano contatori Geiger

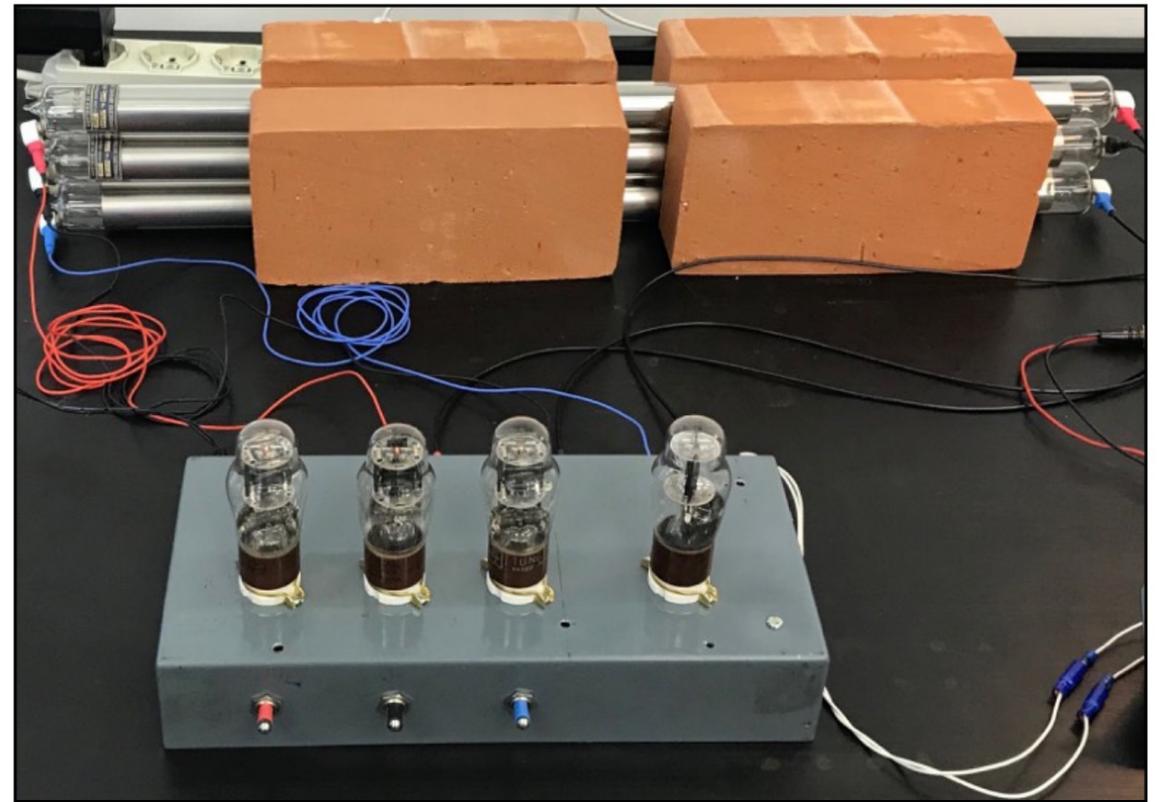


Contatori di Bruno Rossi; Museo di Storia della Fisica di Padova

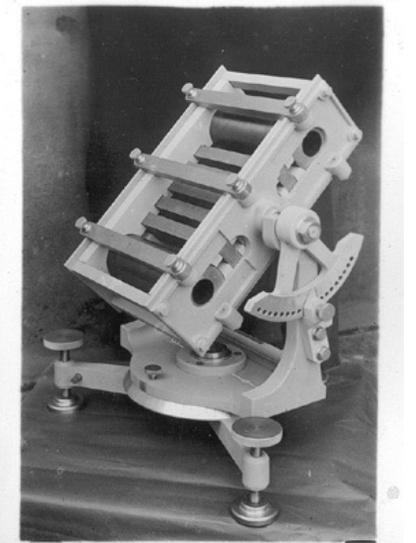
Contatori Geiger, che, accoppiati a un circuito di coincidenza (ideato da Rossi), segnalavano il passaggio di una particella ionizzante da due o più contatori e che permettevano di individuare la direzione del raggio ed anche eventuali decadimenti.



<https://www.youtube.com/watch?v=aD5hRfvky3o>



Carlà, Giatti, Poggi,
Straulino 2022



Uno dei risultati più importanti, la dimostrazione che i **raggi cosmici hanno una componente di particelle cariche**, fu presentato da Rossi alla conferenza internazionale di Fisica Nucleare a Roma nel 1931.



Millikan, riteneva che i raggi cosmici fossero particelle neutre, "non poteva ammettere che la sua teoria venisse attaccata senza riguardi da un giovane di appena 26 anni, cosicché da allora rifiutò di riconoscere la mia esistenza" (Rossi).



ARCHIVIO STORICO LUCE

**A Roma congresso internazionale di
fisica nucleare**

**GIORNALE LUCE A0872
del 10/1931**

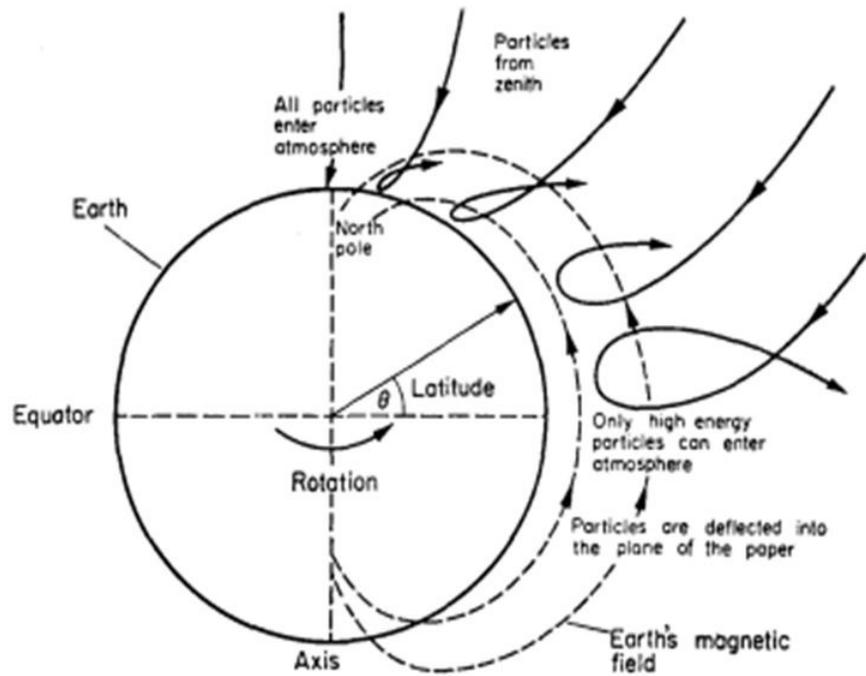
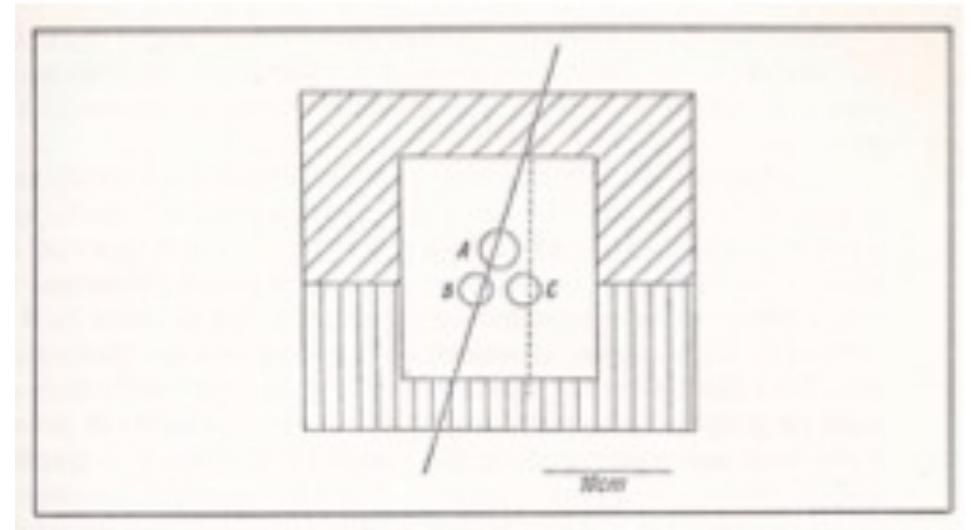


Fig. 25.3 Deflection of cosmic ray particles approaching from zenith showing action of earth's magnetic field.

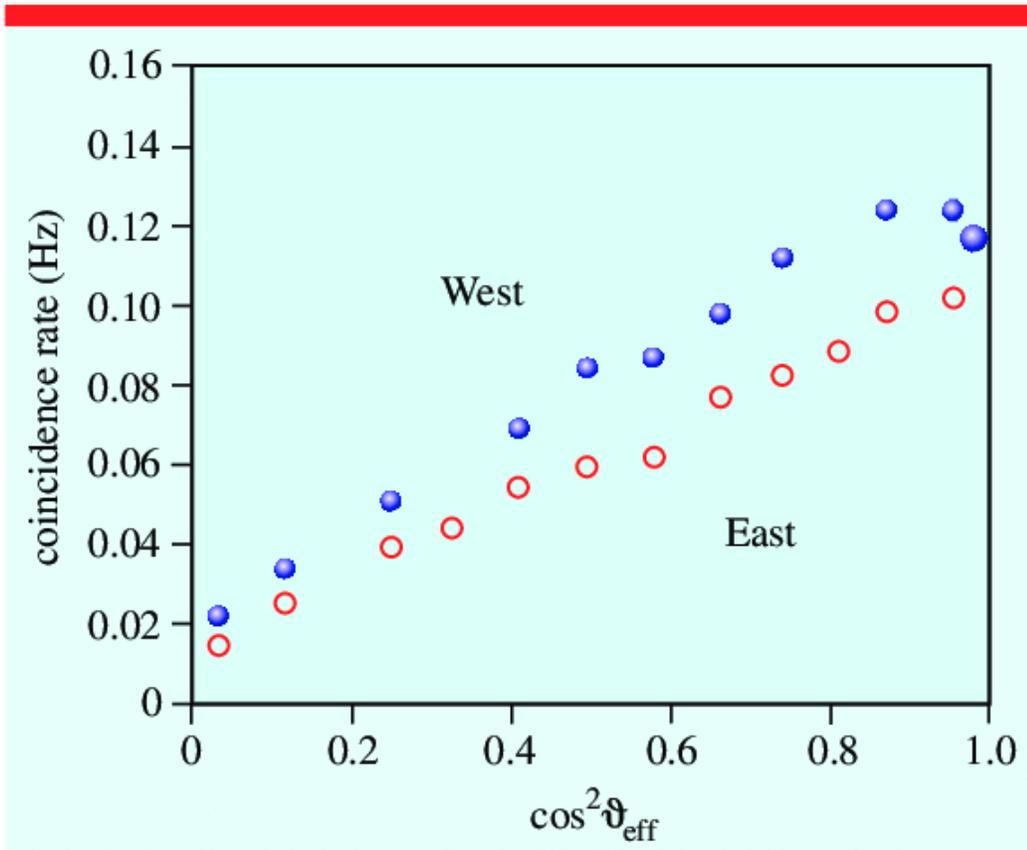


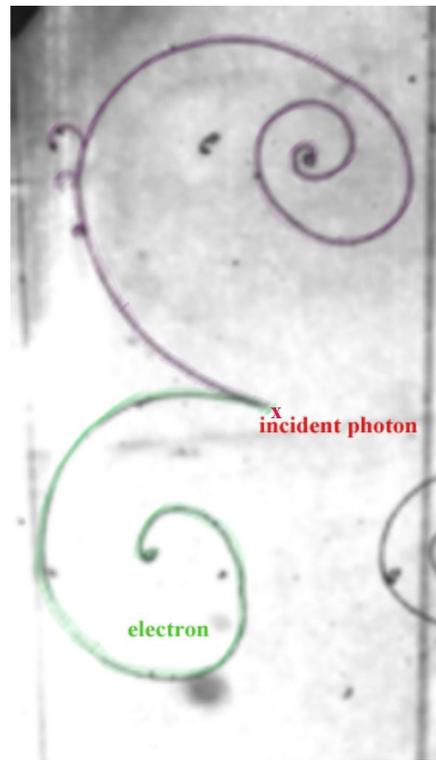
Sciami

Effetto latitudine

Asimmetria est-ovest

Congetturata da Rossi;
verificata da Alvarez e
Compton,
Johnson nel 1933, da Rossi nel
1934.





Giulio Racah (1909-1965), fisico teorico, studiò la produzione di coppie elettrone positrone (e^-e^+). Dal 1932 al 1937 tenne a Firenze il corso di Fisica teorica e si trasferì poi a Pisa avendo vinto la cattedra di Fisica teorica.

In seguito alle leggi razziali, nel 1939 fu espulso dall'università ed emigrò in Palestina dove pose le fondamenta della fisica teorica israeliana.

Fondamentali i suoi studi sulle applicazioni della **teoria dei gruppi di simmetria alla fisica.**



Verso la fine degli anni '30 questo importante periodo della fisica fiorentina terminò:

- 1932, Rossi vinse la cattedra di Fisica all'Università di Padova; 1938, a causa delle leggi razziali emigrò negli USA; partecipò al Progetto Manhattan; fu un precursore del programma studio raggi cosmici con satelliti.
- 1937, Bernardini lasciò Firenze per la cattedra di Fisica a Camerino e poi a Bologna. Insieme ad Amaldi, avrebbe ricostruito la fisica italiana dopo la Guerra.
- Occhialini, che era stato inviato a Cambridge da Patrick Blackett per combinare il circuito alla Rossi con la camera a nebbia, nel 1934 rientrò, ma ripartì per il Brasile nel 1937 per allontanarsi dall'Italia fascista. Occhialini collaborò alla conferma del positrone (e^+) (1932) con Patrick Blackett e alla scoperta del pione (π^+) con Cecil Powell (1947).

- Daria Bocciarelli nel 1938 passò all'Istituto Superiore di Sanità a Roma dove avrebbe svolto un ruolo molto rilevante.

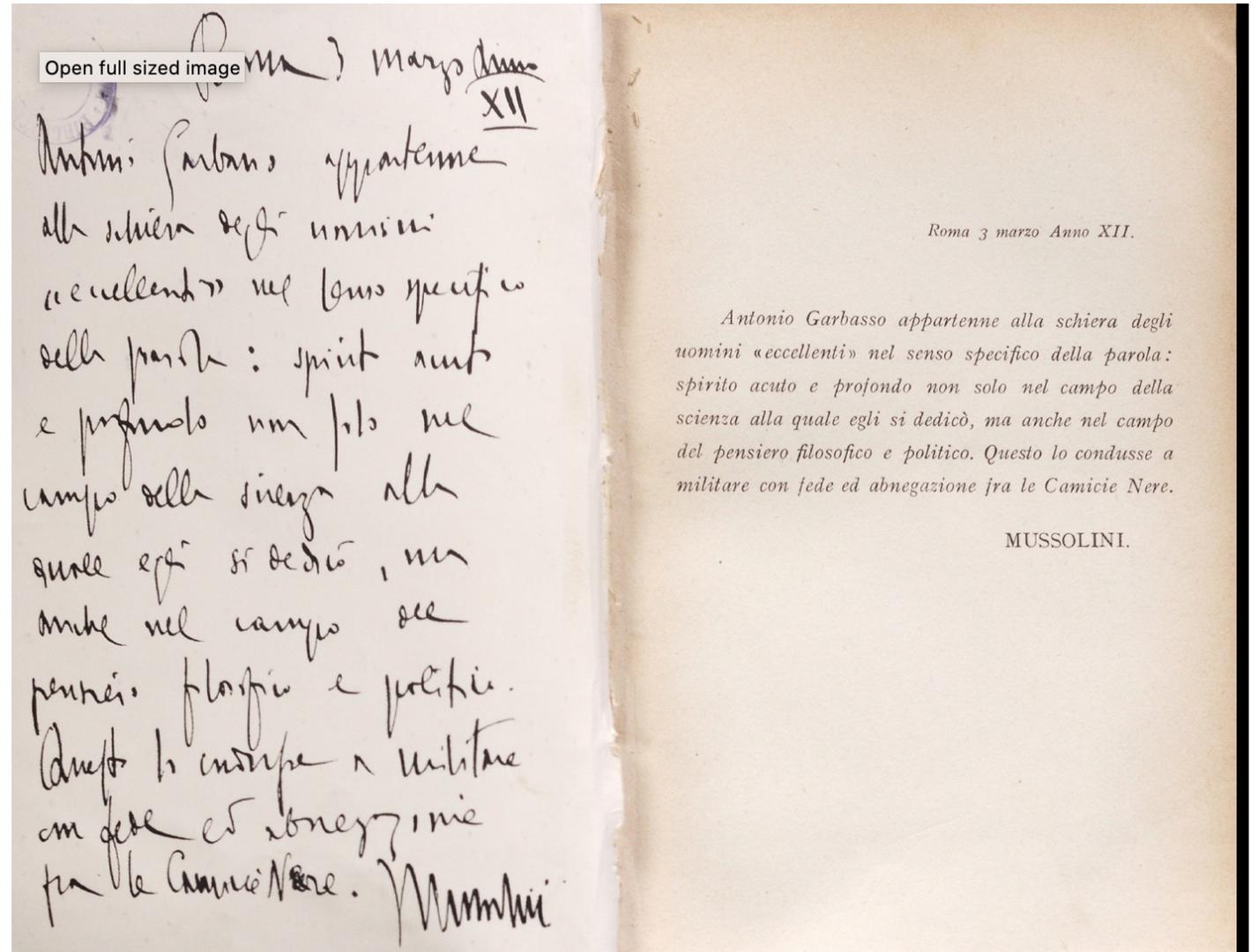
A tutto questo nel 1933 si aggiunse la morte di Garbasso.



Garbasso fu sostituito con Laureto Tieri, uomo d'ordine, poco interessato alla nuova fisica, Direttore dal 1933 al 1948.

Garbasso e il regime fascista

Nel 1924 G. svolse, durante la crisi dopo l'assassinio di Giacomo Matteotti, un ruolo importante per la stabilità del governo Mussolini, convincendo i consiglieri comunali liberali a rinnovare la fiducia dell'amministrazione comunale al governo.



Negli anni '30 si laurearono



Manlio Mandò (1912-2001)



Simone Franchetti (1907-1990)



Michele Della Corte (1915-1999)



Giuliano Toraldo di Francia (1916-2011)

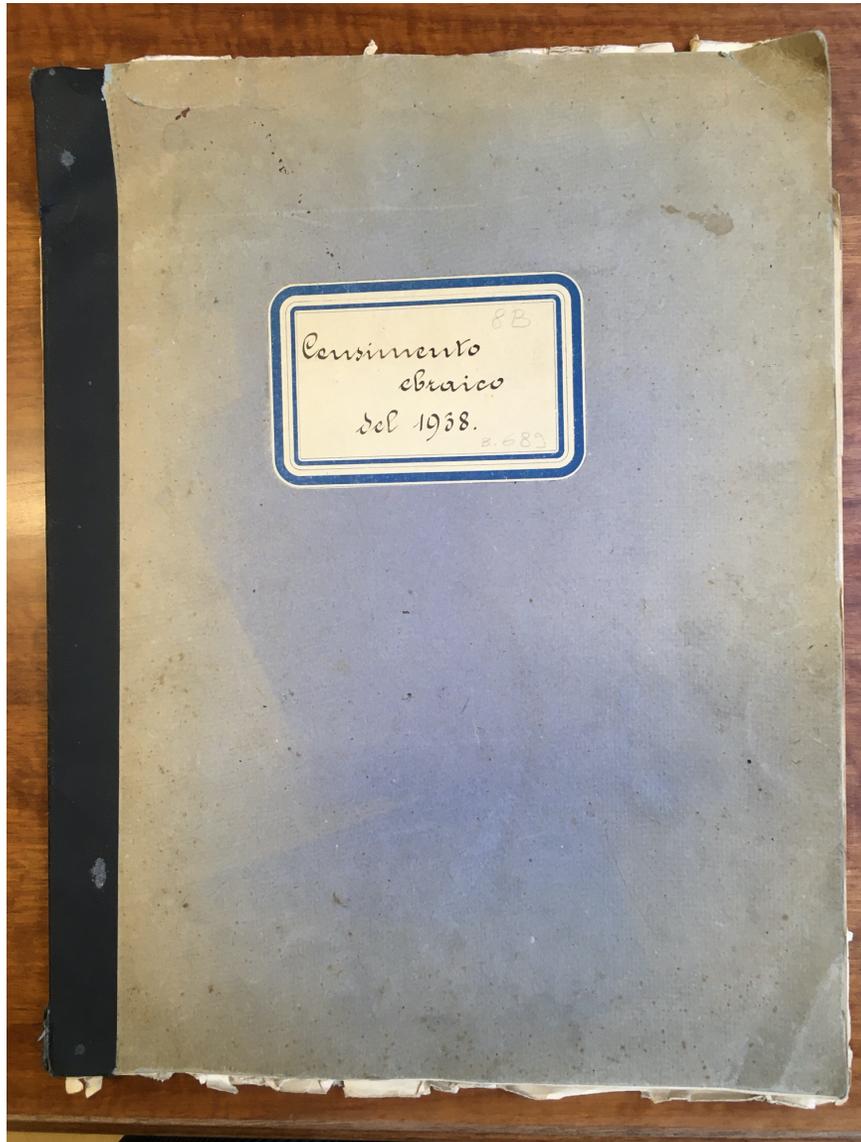
Con Nello Carrara
avrebbero contribuito
alla **rinascita della
fisica fiorentina nel
dopoguerra.**



1939-1945 (Arcetri "resistente")



1938. Franchetti, figlio di padre ebreo, venne dimesso dal posto di assistente.



Cognome e nome	Caterinide	Se appartiene alla categoria di padre	Se ha moglie ebraica	Se ha moglie alla Comunità israelitica	Se professi altra religione e quale	Se la conversione ad altra religione sia stata effettuata da lui o dai propri ascendenti, e quali e in quale data.	Se la moglie non è ebraica o convertita	Se il coniuge non è ebraico o convertito	
Prichiano Luigi	fu Michele	no	no	no	Cattolica	=	no	si	
<u>Amici ed assistenti di ruolo</u>									
1 Bergamini di Capua Clara	fu Leone	si	no	no	=	=	si	no	
2 Bonaventura Enzo	Arnaldo	si	si	si	=	=	si	si	
3 de Tori Renzo	fu Giuseppe	si	si	si	=	=	si	no	
Fiano Alessandro	Angelo	si	si	si	=	=	si	si	
Franchetti Simone	fu Francesco	si	no	no	=	=	no	=	
6 Jolles Enrico	Bernardo	si	si	si	=	=	si	no	
7 Paoletti Emanuele	fu Corrado	si	no	no	Cattolica	Cattolica dalla nascita	no	no	

40 docenti di origine ebraica su un totale di circa 400 docenti furono espulsi dall'Ateneo di Firenze.



Della Corte continuò l'attività di ricerca sui raggi cosmici con Carlo Ballario (laureato nel 1938). 1940: Esperimento sull'assorbimento dei raggi cosmici in profondità all'interno della galleria direttissima FI-BO.



Carlo Ballario (1915-2002) e Michele Della Corte



Italo Piccagli (1909-1944)

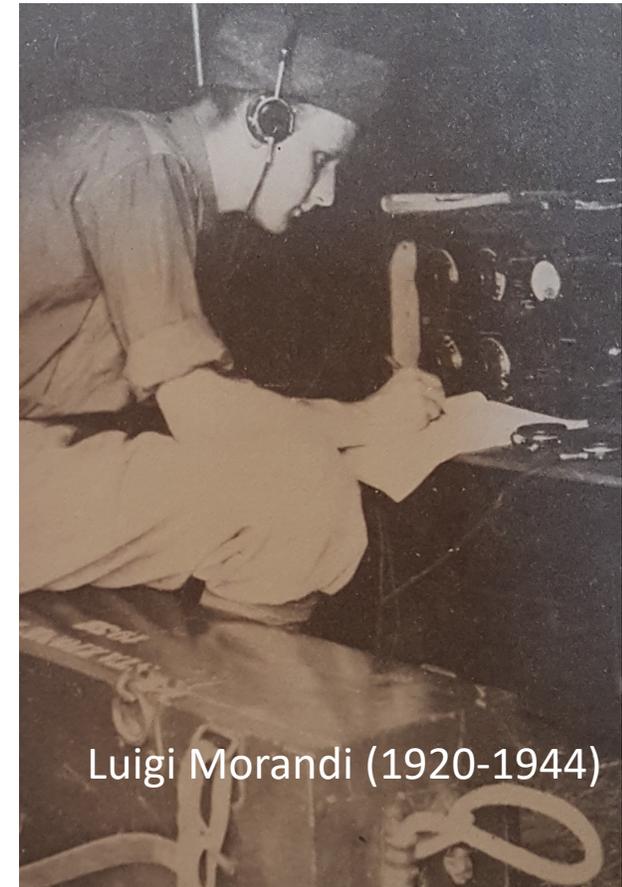
Il salvataggio della strumentazione della Scuola di Guerra aerea delle Cascine da parte di Italo Piccagli e Della Corte

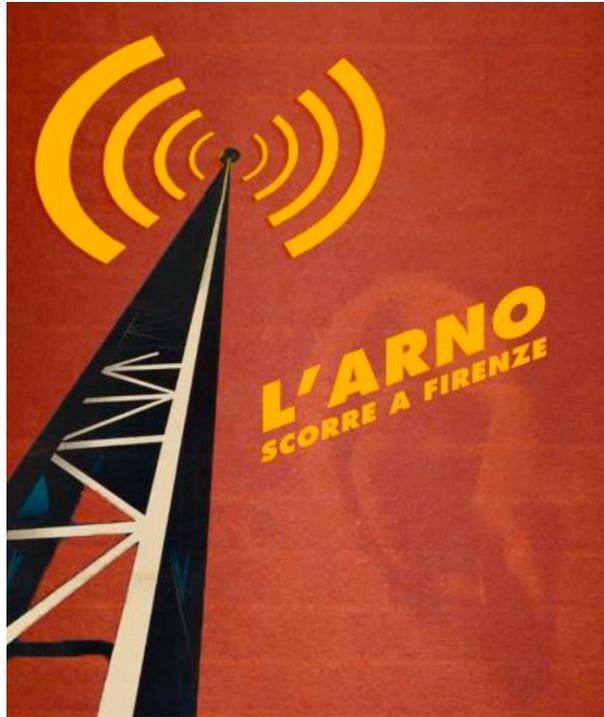
il materiale scientifico e didattico che fu collocato in 21 casse, 14 contenenti materiale di meteorologia e 7 materiale di navigazione aerea più un pacco con vari termometri e 5 apparecchi non imballati e precisamente: 1 pluviografo, 1 barotermografo, 1 termobarografo, un complesso ricevente per radio=sonda e una camera termobarica. Di questo materiale fu fatto un elenco dattagliato in quattro copie recante l'intestazione: " Elenco del materiale aereologico imballato il 1 maggio ed inviato alla R. Accademia Aeronautica di Caserta ". Una copia fu posta nell'inv

Perquisizione dell'Istituto di Fisica da parte delle SS

La partecipazione di Ballario, Della Corte e Franzini alle attività clandestine di Radio CO.RA. dalla fine del '43 al giugno '44.

L'Istituto di Fisica di Arcetri fu una delle basi dalle quali la radio trasmetteva alle truppe alleate informazioni logistiche sulle forze tedesche.





Radio CoRa *Gruppo Bocci*



- <https://www.youtube.com/watch?v=qTZGqsDYT-Y>

Regia di Alessandra Povia Valdimiro



Il dopoguerra (La ricostruzione)





Nel 1951, Amaldi e Bernardini, con il sostegno di Gustavo Colonnetti, Presidente del CNR, crearono l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Le prime quattro Sezioni furono: Roma, Padova, Milano e Torino.

1955: Laboratori di Frascati.

Nel 1954 fu creato il CERN, dove nel 1957 venne inaugurato il sincrociclotrone.

A Firenze, nel 1952, venne creato un sottogruppo INFN o Sottosezione che divenne Sezione nel 1972.



Elettrosincrotrone Frascati (1959)

Fisica delle alte energie.

Della Corte, nel 1950 si recò a Parigi da Louis Leprince-Ringuet, all'avanguardia tecnica nel settore delle **emulsioni nucleari (Marietta Blau)**. Al suo ritorno, iniziò la sua attività di ricerca creando il "gruppo lastre" (emulsioni fotografiche).

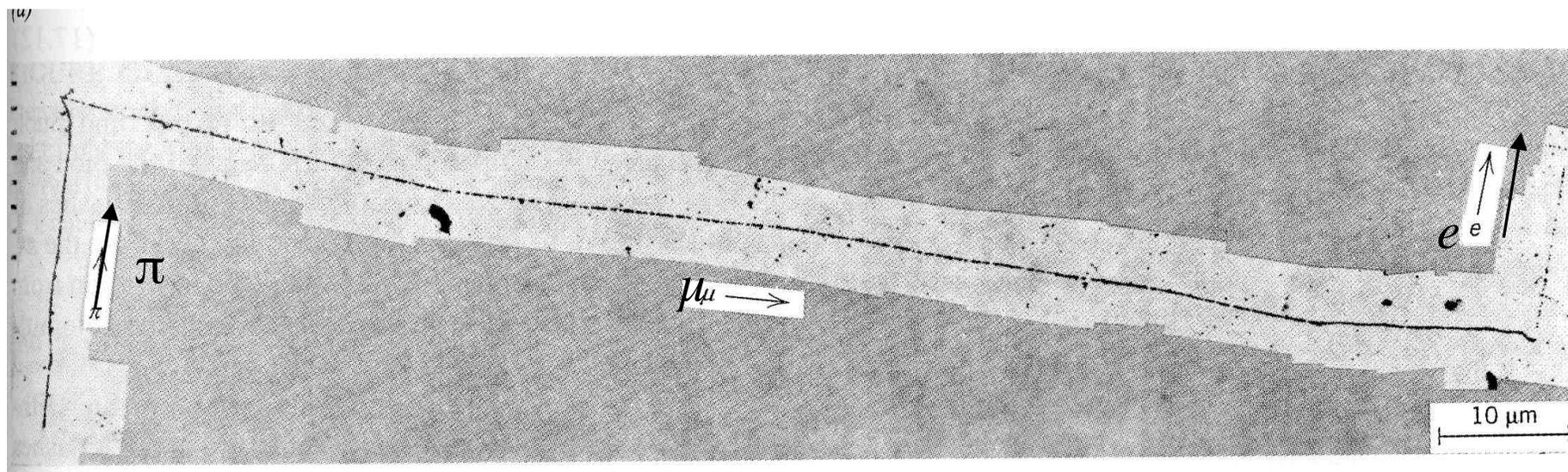


Marietta Blau (1894-1970)

I grani sensibili delle emulsioni fotografiche possono essere attivati, oltre che dalla luce, dal passaggio di una particella carica. Questi grani attivati, resi visibili dal processo di sviluppo, sono disposti lungo la linea corrispondente al percorso della particella e costituiscono una "traccia".



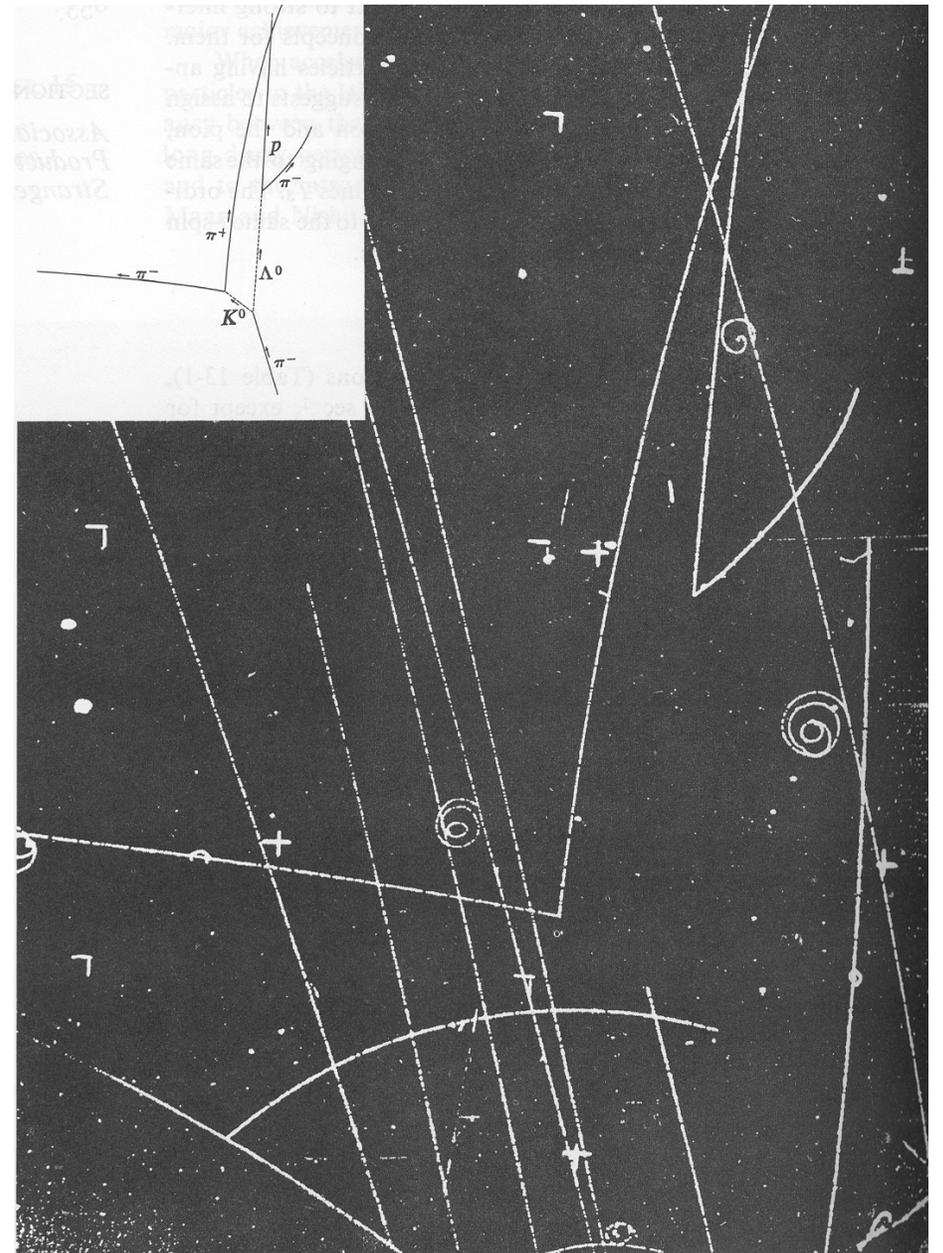
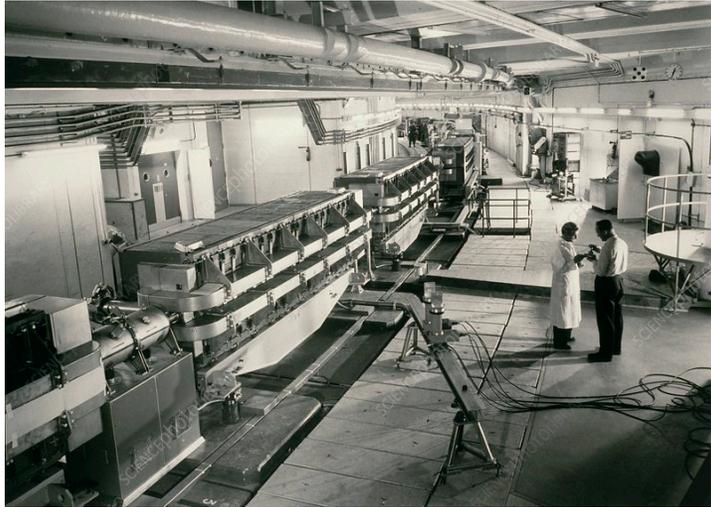
L'aspetto di una traccia dipende fortemente dalla perdita di energia della particella e quindi dalla carica e dalla velocità della particella.



$\pi \rightarrow \mu + \nu$

$\mu \rightarrow e + \nu + \bar{\nu}$

Nel 1964, il gruppo passò dalle emulsioni nucleari all'analisi di fotogrammi in **camere a bolle** che venivano utilizzate negli esperimenti al CERN per rivelare nuove particelle elementari.



Fisica teorica

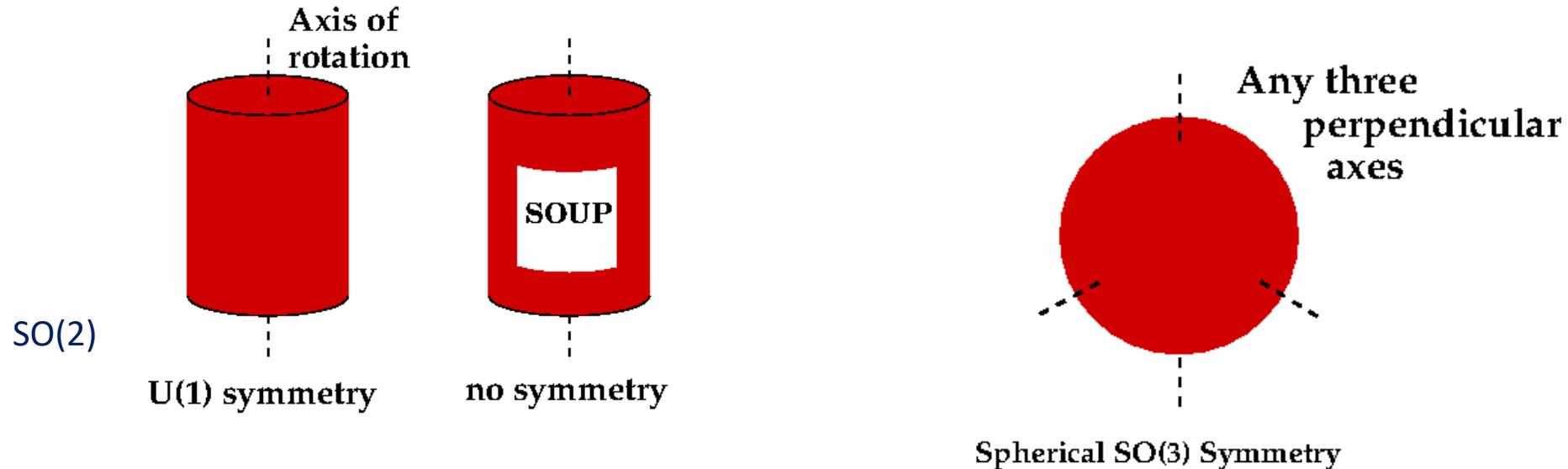
- La fisica teorica rinacque a Firenze solo nel 1963 con l'arrivo di Raoul Gatto, uno dei padri della fisica teorica italiana moderna.
- Gatto aveva passato qualche anno a Berkeley dove stava nascendo l'idea di applicare la teoria dei gruppi di simmetrie alle particelle "elementari".
- A Firenze creò intorno a se una vera scuola reclutando un gruppo di giovani molto attivo, il gruppo dei "gattini". Molti di questi hanno rivestito ruoli importanti nella fisica delle particelle e non solo (es. L. Maiani).



Raoul Gatto (1930-2017)

Simmetria di un oggetto

Interpretazione di Richard Feynman della definizione di Weyl di **simmetria**:
"a thing is symmetrical if one can subject it to a certain operation and it appears exactly the same after the operation."

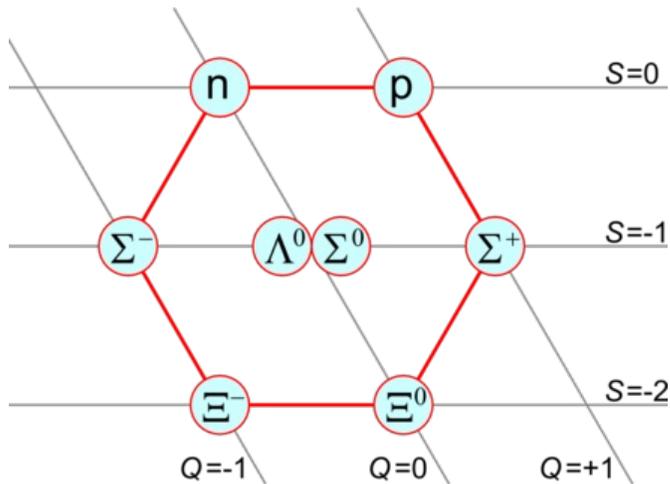


Simmetria di una teoria

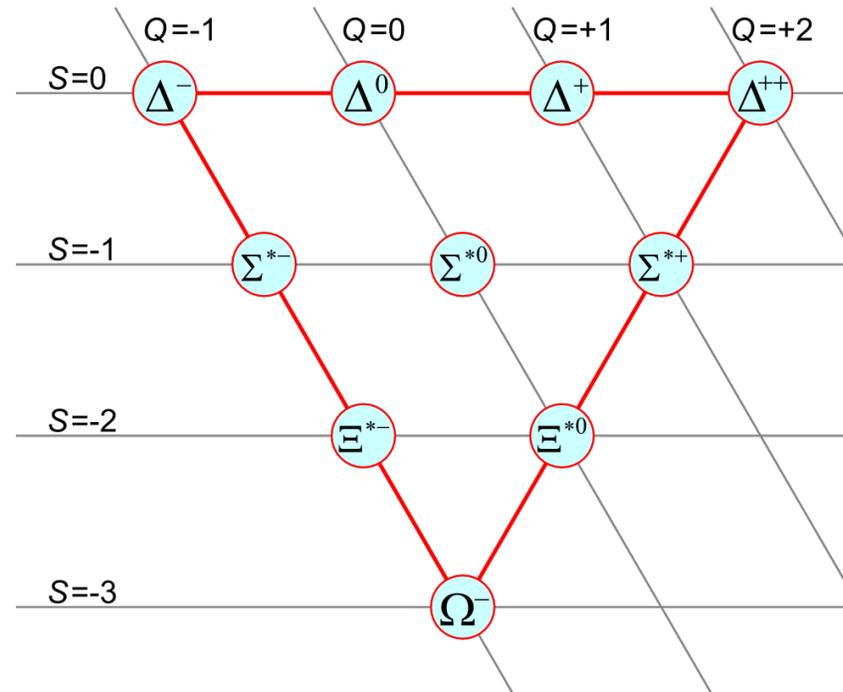
La teoria e le sue predizioni fisiche non cambiano sotto certe trasformazioni.

Negli anni '60 grazie agli acceleratori il numero di particelle scoperte era cresciuto enormemente. Fermi: "If I could remember the names of these particles, I would have been a botanist"

Ottetto spin 1/2



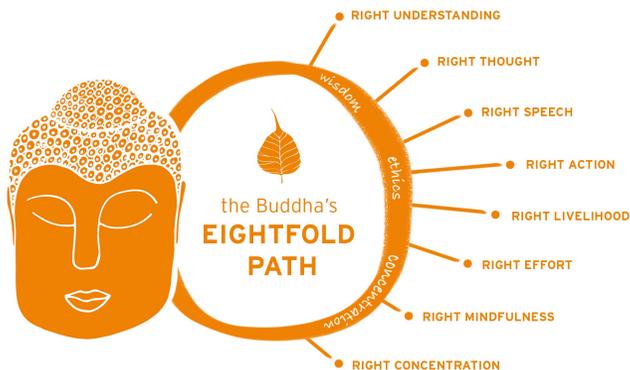
Decupletto spin 3/2



Rappresentazioni del gruppo SU(3)

Ω^- scoperta nel 1964

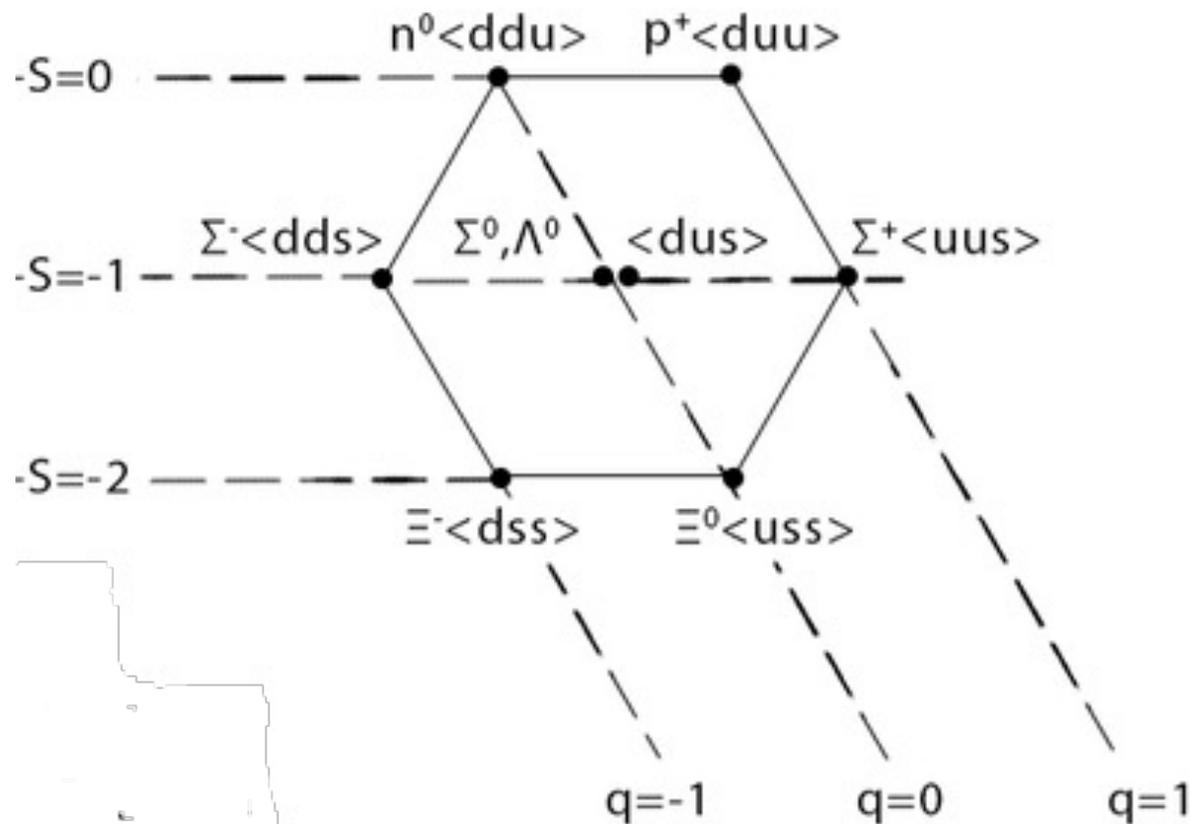
M. Gell Mann, Y. Neeman (1961)



Dalla *eightfold way* ai quark (Murray Gell Mann – George Zweig, 1964)

quark	u	d	s
carica	2/3	-1/3	-1/3

ottetto spin 1/2



$\pi^+ \langle u\bar{d} \rangle$



<https://books.fupress.com/catalogue/lo-spirito-di-arcetri/7109>



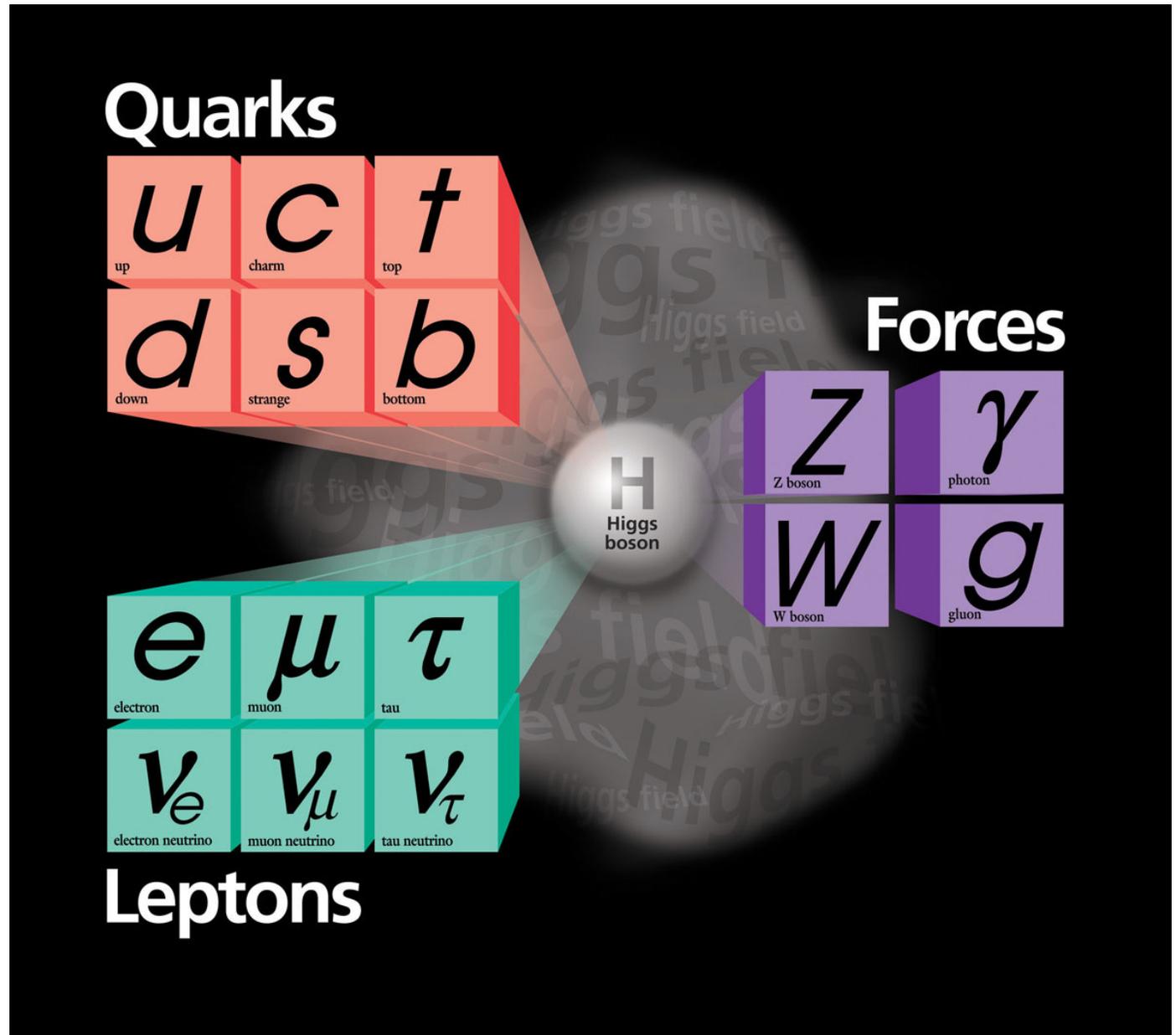
Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici,
Massimo Mazzoni

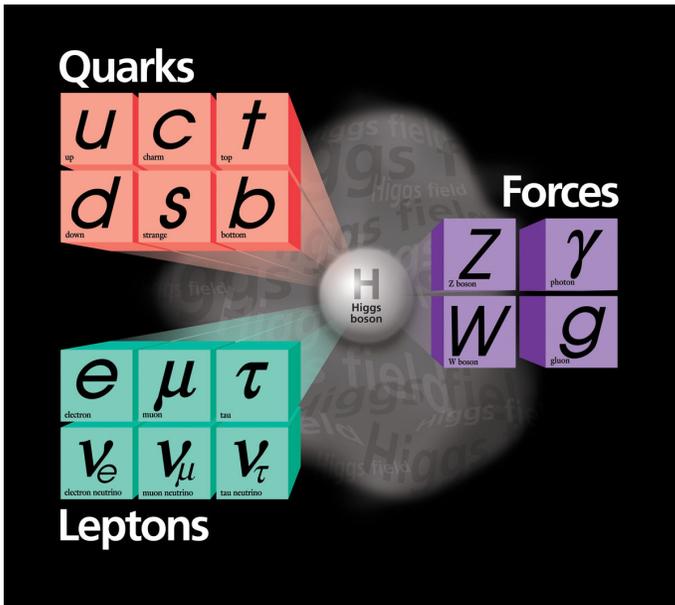
Lo spirito di Arcetri

A cento anni dalla nascita dell'Istituto di Fisica
dell'Università di Firenze



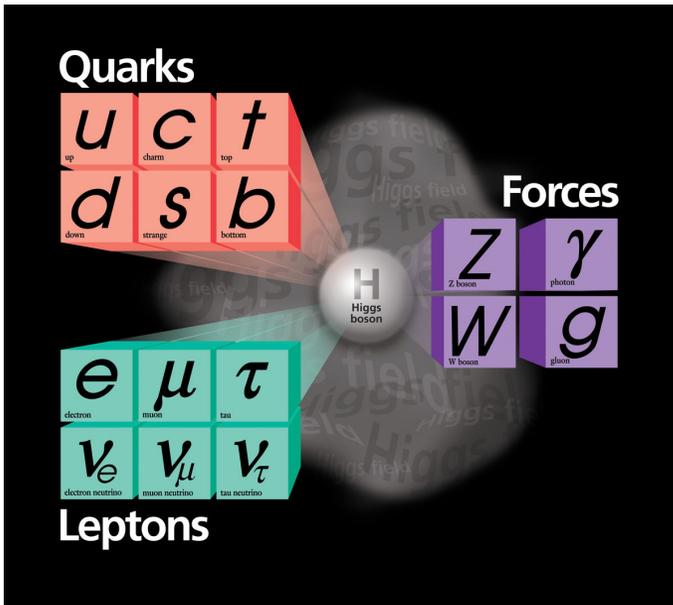
Aggiornamento sulla fisica della particelle 1970-2023





Particelle: quark

- **u,d,s** anni '60
- **c (charm)** **1970** Glashow, Iliopoulos, Maiani
- **b (bottom), t (top)** **1972** Kobayashi Maskawa
- **1974 c** scoperto a BNL (Richter) e SLAC (Ting)
- **1977 b** scoperto a Fermilab (Lederman)
- **1995 t** scoperto a Fermilab (CDF)



Particelle: leptoni

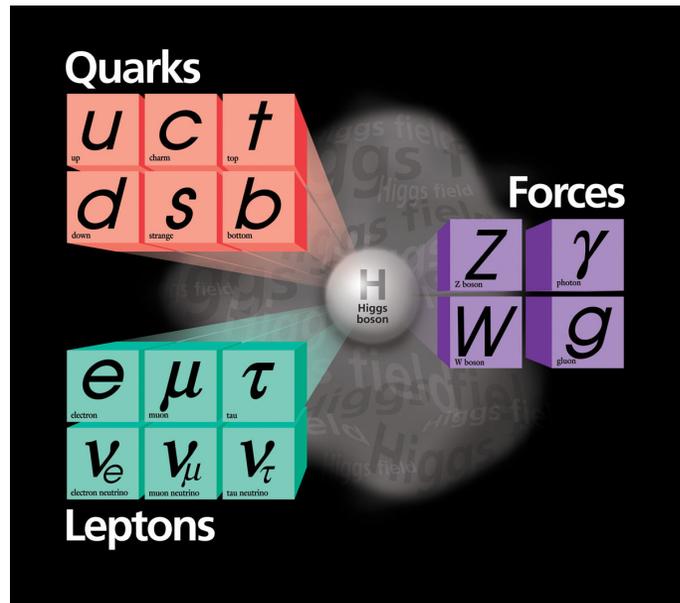
- Alla fine degli anni '60 si conoscevano e, μ, ν_e, ν_μ
- **τ (tau)** **1977 Slac (M. Perl)**
- **ν_τ** **2000 Fermilab**

Interazioni

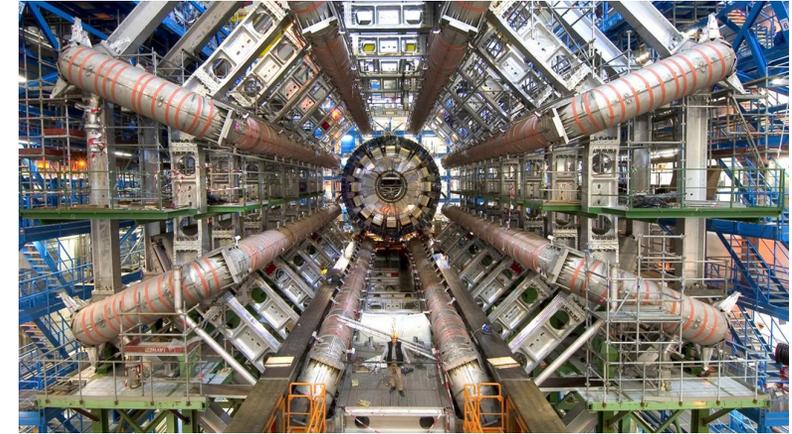
Alla fine degli anni '50 esisteva

- la teoria classica delle interazioni gravitazionali
 - quella classica e quantistica (γ) delle interazioni elettromagnetiche
 - una teoria approssimata (Fermi) delle interazioni deboli
 - alcune idee sulle interazioni nucleari.
-
- **W,Z** Nel corso degli anni '60 venne formulata la teoria delle interazioni deboli (Glashow, Weinberg, Salam, Higgs, Englert, 't Hooft, Veltman...)
 - **g (gluone)** 1973 Teoria delle interazioni forti SU(3)
 - 1979 Evidenza indiretta per il gluone (DESY)
 - 1984 Scoperta di W, Z (CERN, Rubbia)
 - 2014 Evidenza delle onde gravitazionali LIGO, VIRGO

2012 Scoperta dello Higgs ATLAS, CMS @ LHC,CERN

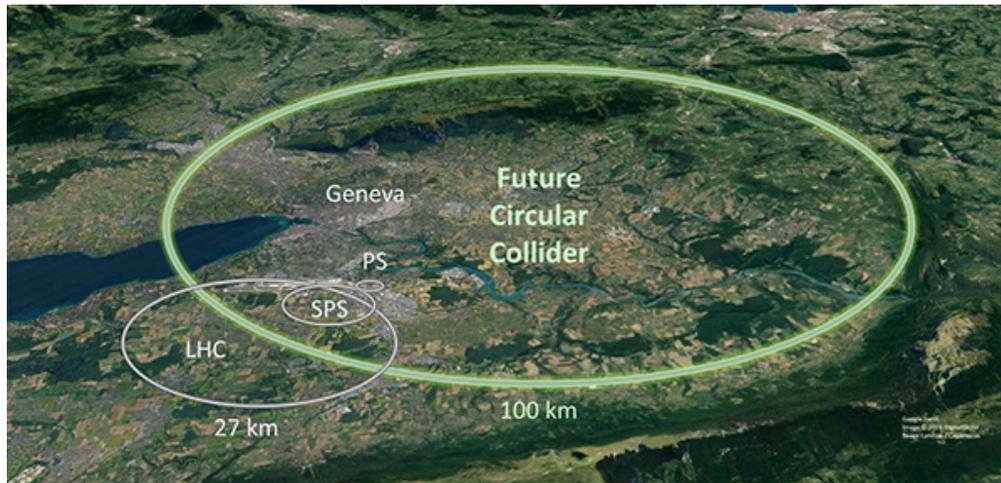


Le nostre cattedrali attuali

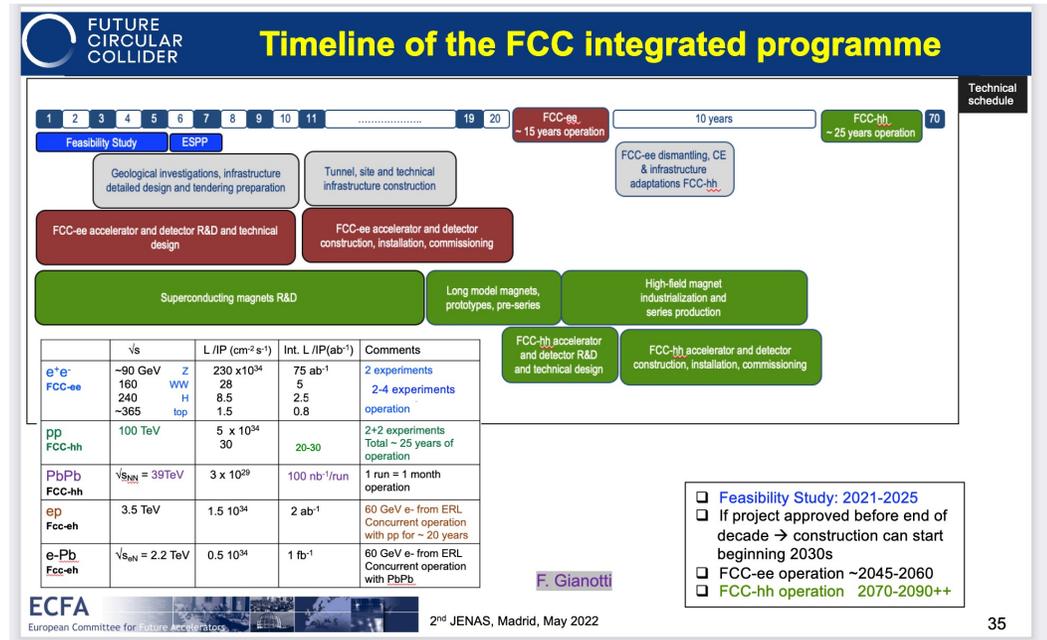


...e quelle future

Problemi aperti: gravità quantistica, spettro masse dei quarks e dei leptoni, massa dei neutrini, materia e energia oscura,...



FCC: pp 100 TeV, e+e- 350 GeV. Costo FCC: 21 miliardi di dollari.
Spesa mondiale armamenti 2022: 2182 miliardi di dollari (SIPRI)



https://danieledominici.files.wordpress.com/2024/01/pianeta_galileo_2.pdf

Grazie per l'attenzione

<https://books.fupress.com/catalogue/lo-spirito-di-arcetri/7109>



Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici,
Massimo Mazzoni

Lo spirito di Arcetri

A cento anni dalla nascita dell'Istituto di Fisica
dell'Università di Firenze

