

# La fisica italiana alla conquista del mondo subnucleare

Luisa Bonolis

Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte - Berlin

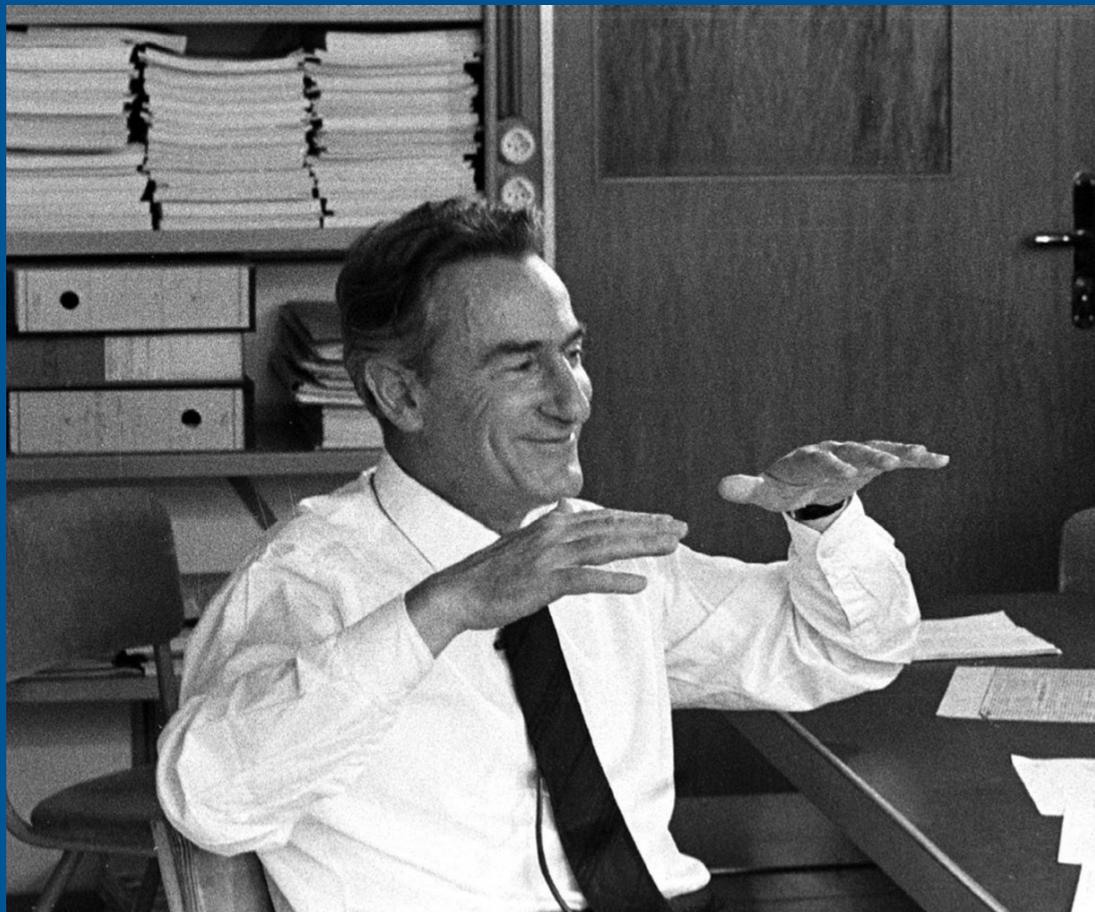
# L'eredità lasciata dai padri Fisica Nucleare e Raggi Cosmici



**Rossi pioniere raggi cosmici dal 1930**

**Studio delle particelle dei raggi cosmici: alte energie e strumentazione poco costosa, consentono ricerche di alta qualità**

**Fisica nucleare senza acceleratori diventa impraticabile:  
Fermi costituisce gruppo raggi cosmici a Roma nel 1937  
(recente scoperta del 'mesotrone dei raggi cosmici')**

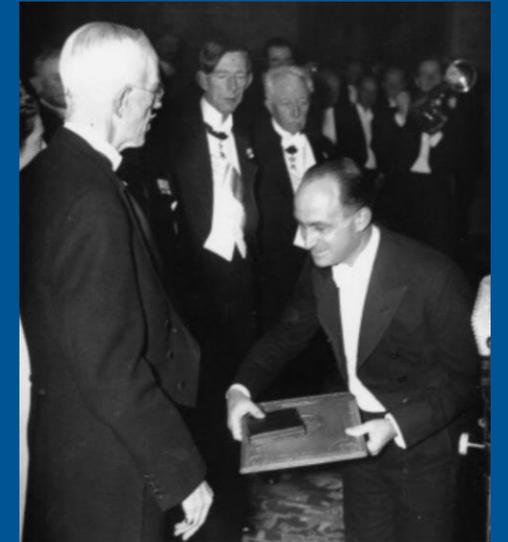


**Gilberto Bernardini e Edoardo Amaldi**

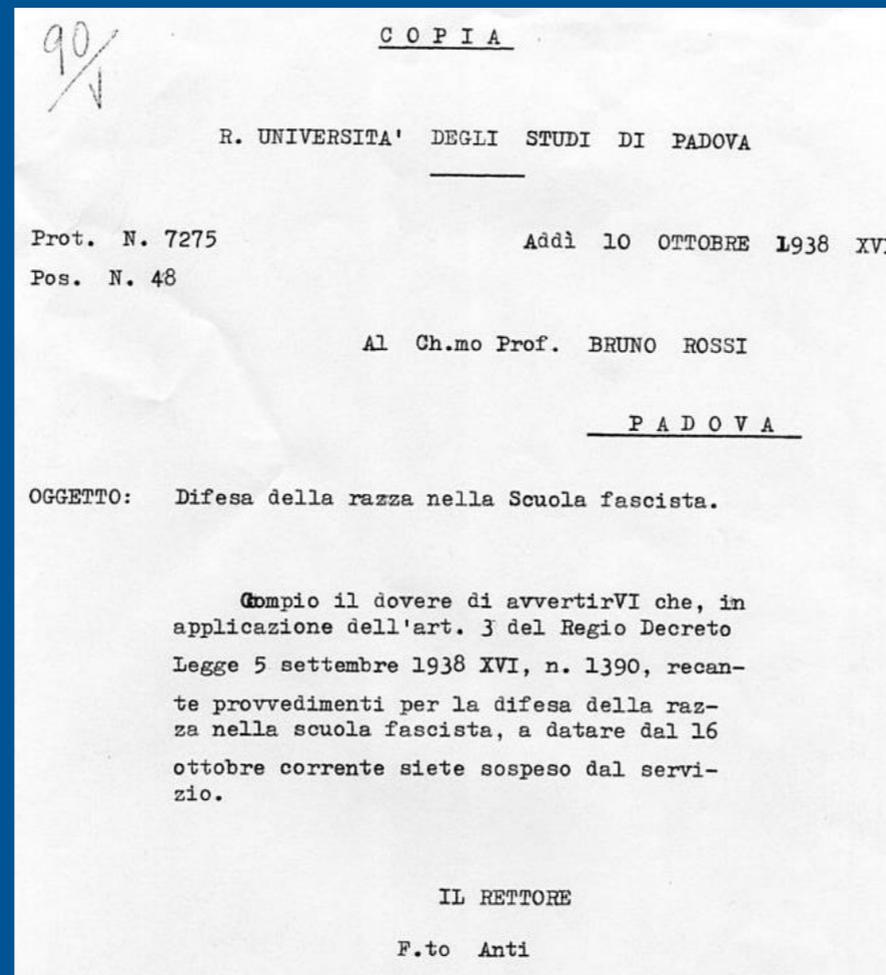
# I padri della fisica moderna in Italia



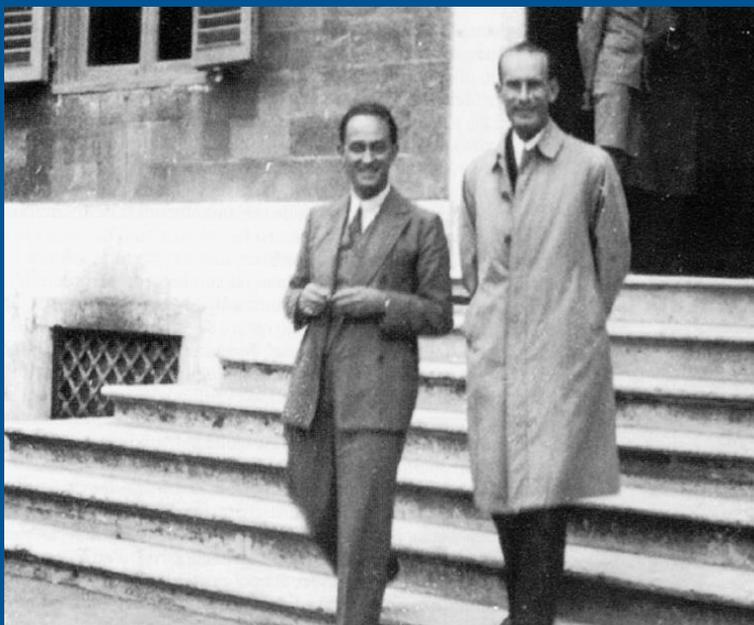
**Enrico Fermi e Bruno Rossi  
Convegno di fisica nucleare  
Roma 1931**



**Fermi riceve il Nobel  
Dicembre 1938**



**Fermi e famiglia all'arrivo a  
New York, 2 gennaio 1939**



**Fermi e Franco Rasetti  
Roma 1931**

**Bruno e Nora Rossi lasciano l'Italia il  
12 ottobre 1938. Dopo una sosta a  
Copenhagen e a Manchester arrivano a  
New York il 12 giugno 1939.**

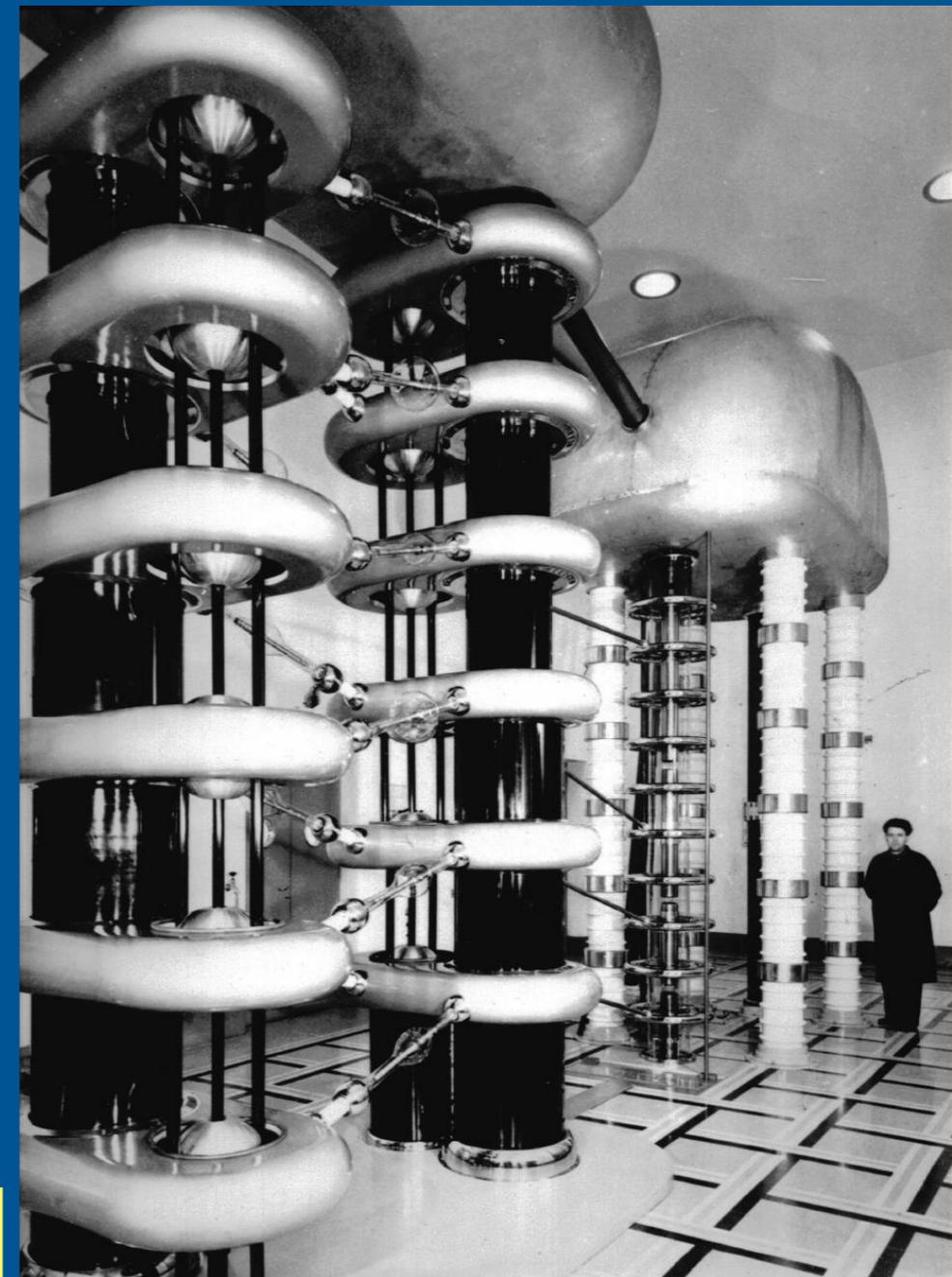


# I primi acceleratori



Nel 1936 Amaldi, Fermi e Rasetti costruiscono un piccolo acceleratore elettrostatico (la prima macchina acceleratrice italiana)

Acceleratore Cockcroft-Walton milione di volt per la accelerazione di ioni dell'Istituto Superiore di Sanità a Roma progettato nel 1937 da Fermi, Rasetti e Amaldi e inaugurato nel 1939



Amaldi spera di ottenere i fondi per costruire un ciclotrone (fondi da Esposizione Universale E42)  
Più tardi accarezza l'idea di un betatrone.  
Sogni mai realizzati

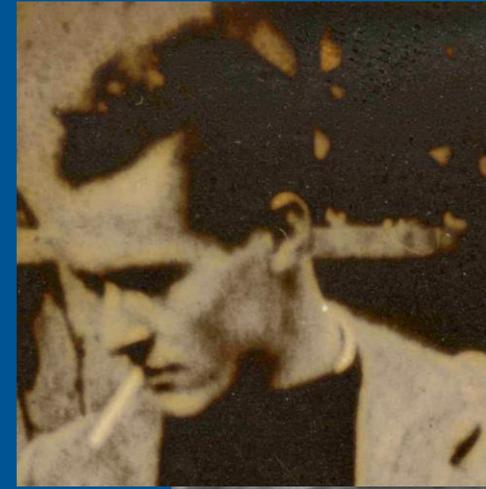
Nel 1946 il gap con gli Stati Uniti si era trasformato in un abisso

# Esperimento che inaugura la moderna fisica delle particelle elementari

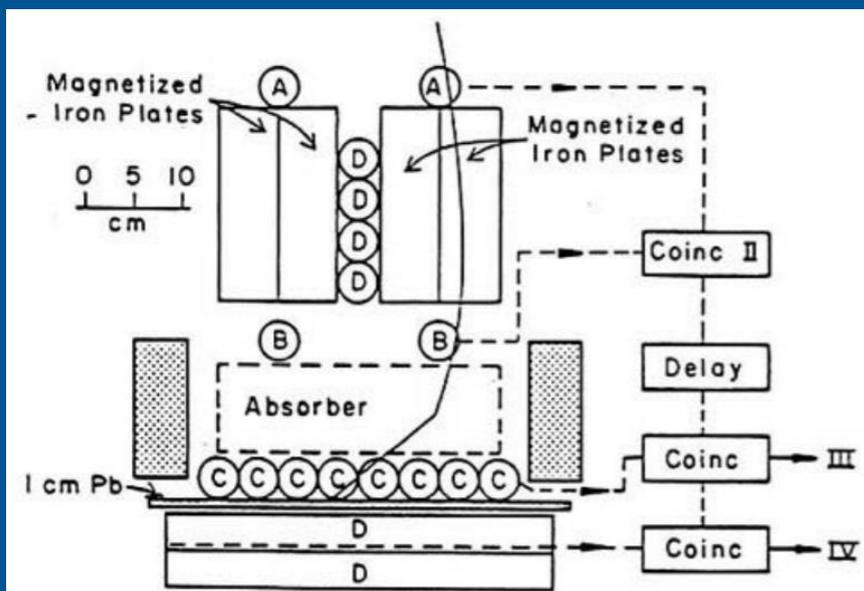
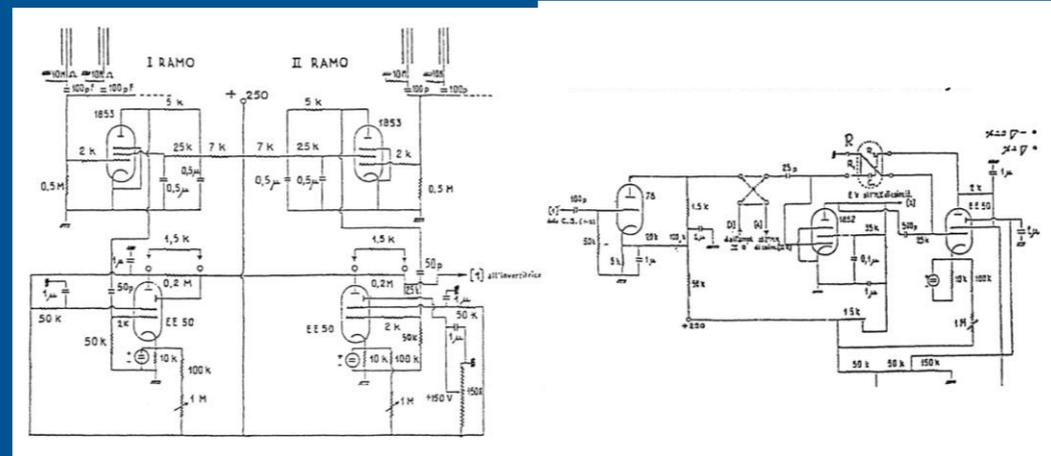
Ettore Pancini laureato a Padova con Rossi nel 1938

Oreste Piccioni laureato con Fermi in elettronica nel 1938

Marcello Conversi laureato a Roma con Bruno Ferretti nel 1940



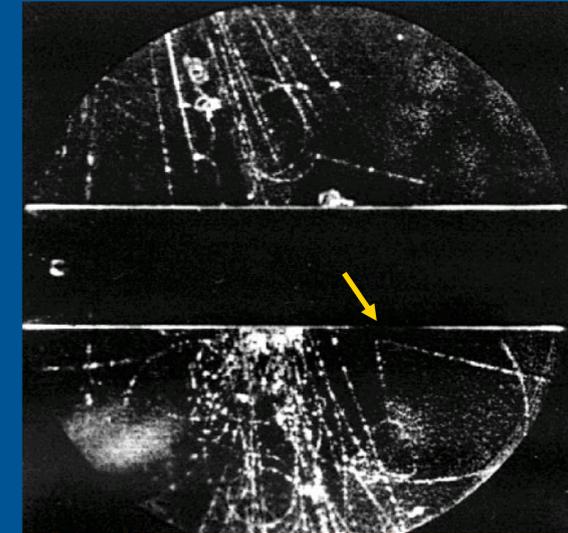
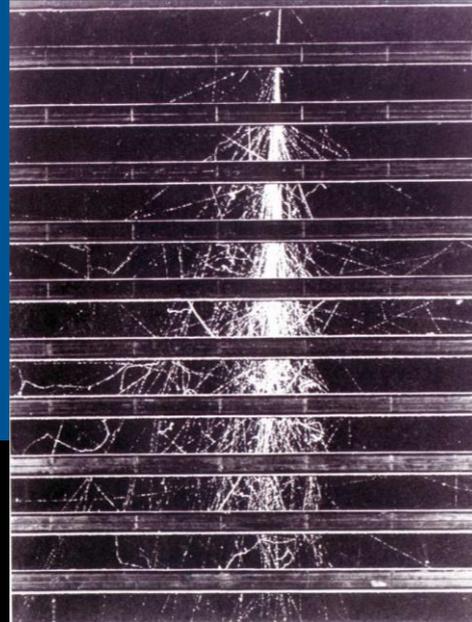
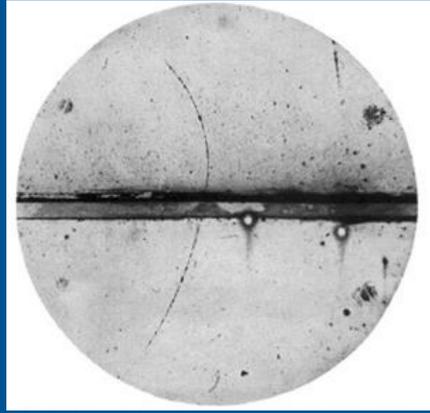
M. Conversi, E. Pancini, O. Piccioni  
Sull'assorbimento e sulla disintegrazione dei mesoni alla fine del loro percorso  
*Il Nuovo Cimento* 3, 372 (1946)



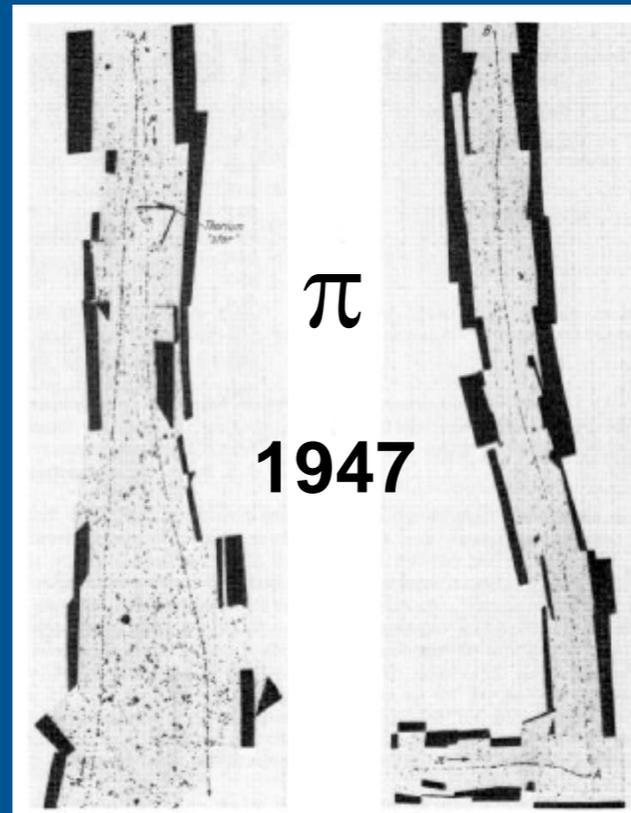
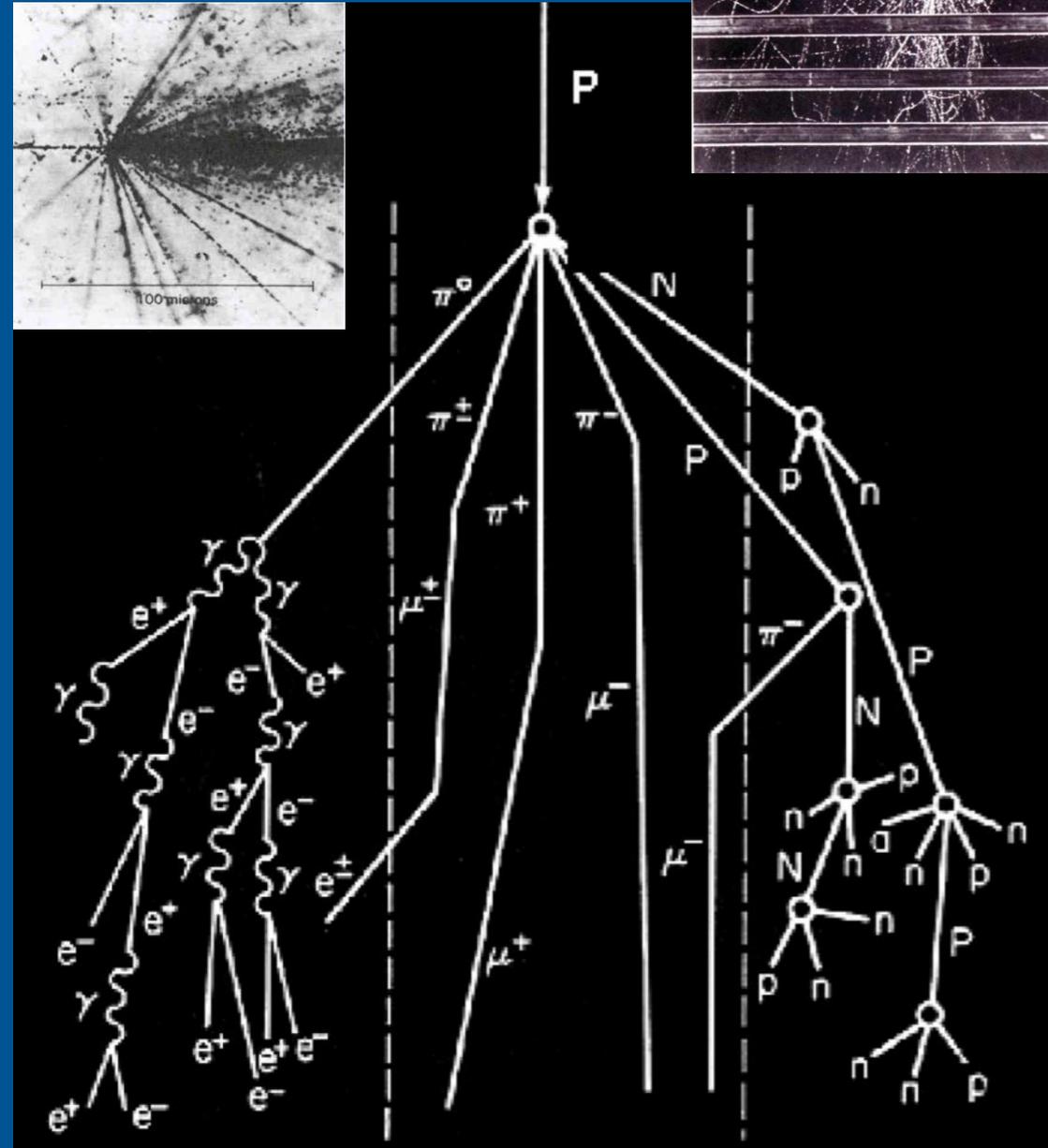
Un "notevole esperimento" svolto durante la guerra a Roma mostra che il mesotrone dei raggi cosmici interagisce troppo debolmente con i nuclei. Fermi mostra subito quantitativamente che non si comporta come dovrebbe se fosse un mediatore delle forze nucleari come ipotizzato da Hideki Yukawa

# Interazione tra Raggi cosmici e materia

## Fisica delle particelle anni '30 — Inizio '50



**Giuseppe Occhialini  
con Blackett e Powell**



$\pi$   
1947

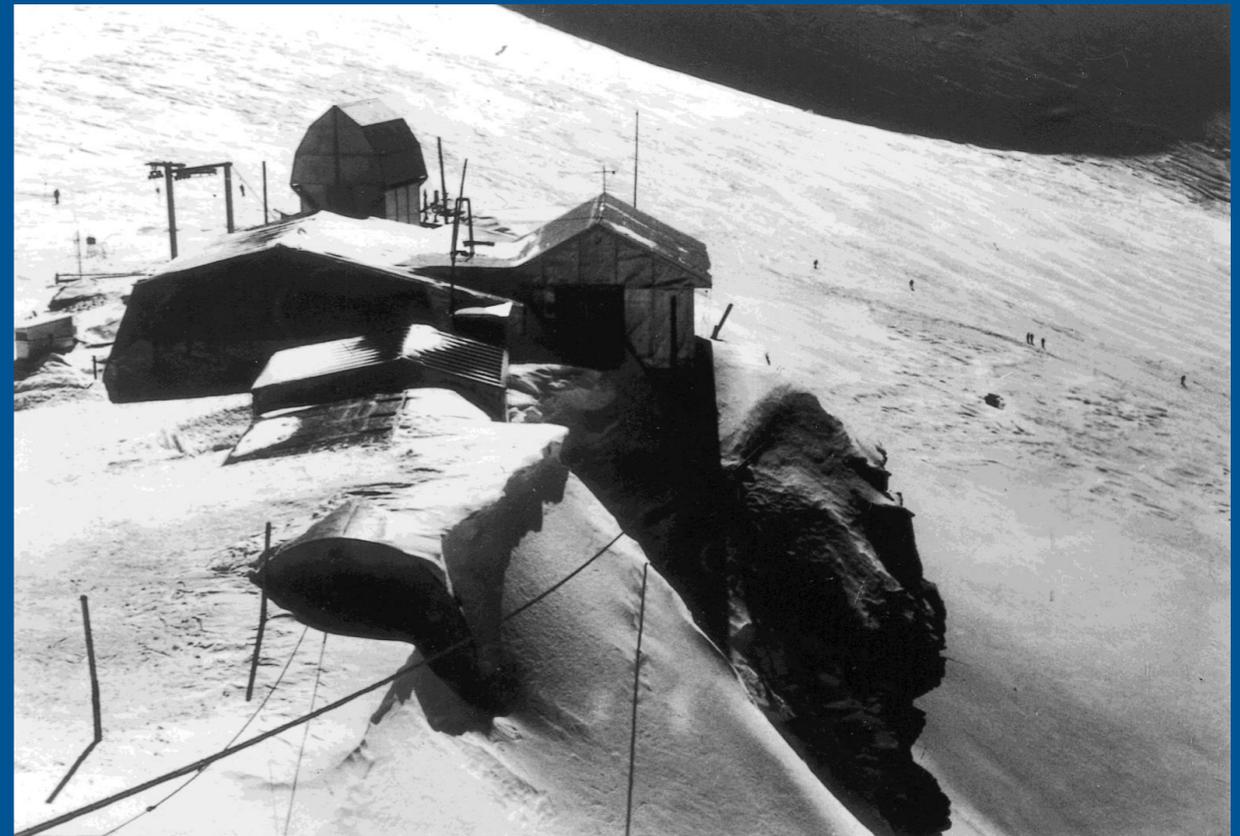
**1947**  
**Scoperta del pione  
carico (e del muone)**



# I laboratori di alta montagna

## Testa Grigia sopra Cervinia a 3500 m di quota

La Testa Grigia inaugurata nel 1947 sotto la direzione di Bernardini diviene un laboratorio di riferimento creando legami scientifici e rapporti di collaborazione che preludono allo sviluppo di comuni programmi e alla necessità di una istituzione che possa coordinare e promuovere l'attività di ricerca a livello nazionale. Si creano le premesse per la nascita dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



**Edoardo Amaldi, Gilberto Bernardini, Ettore Pancini al laboratorio della Testa Grigia nel 1948**



**Laboratorio al passo Fedaiia sulla Marmolada (Padova)**



**Laboratorio alla Diga del Sabbione (Milano)**

Settembre 1949

Primo congresso internazionale di fisica cosmica  
a Como (e Basilea)  
primo ritorno di Fermi in Italia



1948 Conferenza Solvay: F Bloch,  
B Ferretti, H J Bhabha e Wolfgang Pauli

G. Tagliaferri, G. Salvini, E. Amaldi e B. Ferretti,  
Basilea 1949

# Scuola di Varenna 1954



## Lectures on Pions and Nucleons.

E. FERMI †

(Edited by B. T. FELD)

CONTENTS. - Preface.

- A) Isotopic spin.
- B) Experiments Involving Pions and Nucleons.
- C) Experiments with Polarized Nucleons.

### PREFACE

*It was with considerable misgiving that I agreed to edit this set of notes, based on the lectures of ENRICO FERMI at Varenna. The notes were originally prepared by students at the school, making liberal use of tape recordings of the lectures.*

## Possible Example of the Annihilation of a Heavy Particle\*

H. S. BRIDGE, H. COURANT, H. DESTAEBLER, JR., †  
AND B. ROSSI

*Laboratory for Nuclear Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts*

(Received June 21, 1954)

THE picture in Fig. 1 and the sketch in Fig. 2 show an unusual cosmic-ray event photographed with the M.I.T. multiplate cloud chamber at Echo Lake, Colorado. The chamber contained eleven brass plates, each 0.50 inch thick ( $11.1 \text{ g cm}^{-2}$ ) and was triggered by a penetrating-shower detector placed above it. Two additional views, taken at different angles, are available.

Three electron showers, *b*, *c*, *d*, appear to be associated with the stopping of a charged particle, *a*, in one of the plates. Within the experimental errors, the axes of



Questioni riguardanti i mesoni pesanti  
prodotti dai raggi cosmici o dal cosmotrone.

## Lectures on Fundamental Particles.

B. ROSSI

## Lectures on the Origin of Cosmic Rays.

B. ROSSI

*Department of Physics and Laboratory for Nuclear Science  
Massachusetts Institute of Technology - Cambridge, Massachusetts*

1. - The Primary Cosmic Radiation.

Werner Heisenberg, Fermi, Patrick Blackett, Rossi

# Dai raggi cosmici agli acceleratori

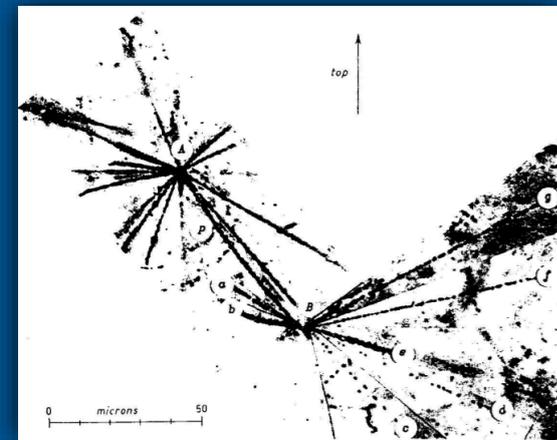
## Inizio '50

$\pi^0$

1950 prima  
particella  
identificata con  
acceleratore

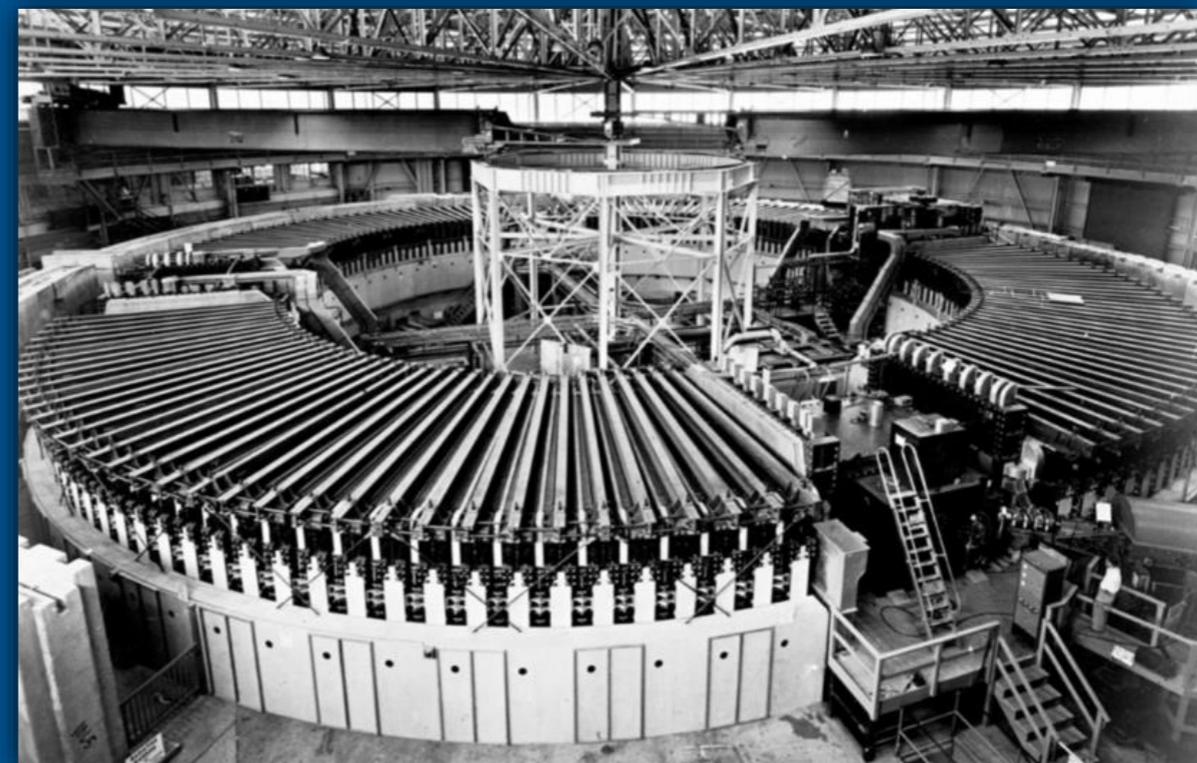
Gruppo di Rossi al MIT:  
Possibile annichilazione di un  
antiprotone nei raggi cosmici

Bevatrone di Berkeley



**Cosmotrone di Brookhaven**

*Mesoni fatti in casa*



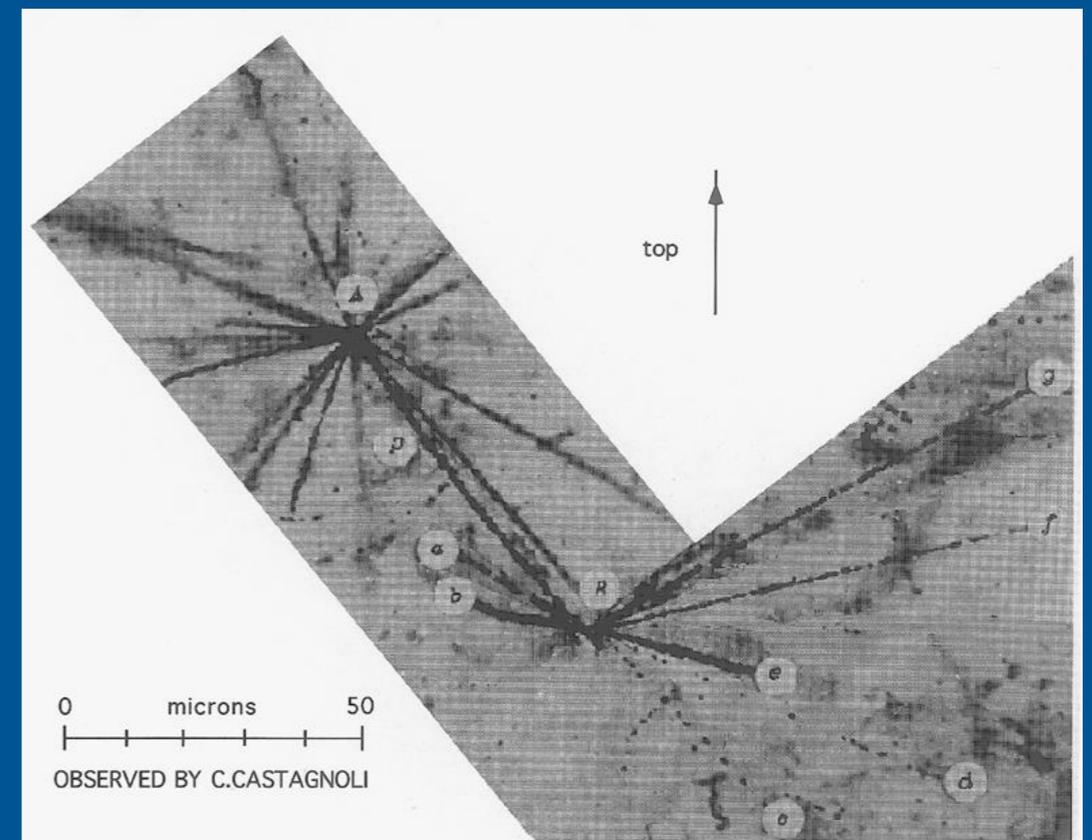
**Dimostra esistenza antiprotone**

# Evento Faustina

1952-1954 Collaborazioni internazionali nelle ricerche sui raggi cosmici  
Lanci di palloni nel mediterraneo con emulsioni fotografiche

G-Stack

“Faustina”, la traccia trovata in una delle emulsioni, che il gruppo di Amaldi suggerì di interpretare come possibile evidenza della annichilazione di una coppia protone-antiprotone.



# Una lotta impari contro gli acceleratori

Finanziamenti praticamente illimitati negli Stati Uniti:

Acceleratori di energia crescente con cui produrre intensi fasci di particelle  
in condizioni sperimentali controllabili



Bevatron accelerava protoni a miliardi di elettronvolt

1959 - Premio Nobel per la  
Fisica a Segrè e Chamberlain  
per aver dimostrato  
l'esistenza dell'antiprotone



# Pisa giugno 1955

nale sulle particelle elementari e celebrazione del centenario della fondazione



**Edoardo Amaldi:**

*“...A Pisa emerse che l’era dei contributi importanti alla fisica delle particelle subnucleari mediante lo studio della radiazione cosmica era molto prossima alla fine. Alcuni lavori presentati dai fisici americani mostrarono chiaramente il vantaggio per lo studio di queste particelle presentato dal Cosmotrone di Brookhaven e ancora di più dal Bevatrone di Berkeley...”*

# Amaldi e Bernardini pensano in grande

**1951 - Nascita dell'istituto nazionale di fisica nucleare e decisione di costruire un laboratorio nazionale dove ospitare un acceleratore di ultima generazione, un sincrotrone per elettroni, secondo la proposta di Gilberto Bernardini: una macchina complementare al previsto Protosincrotrone del CERN**



**16 febbraio 1952  
Pierre Auger, Edoardo Amaldi e  
Leo Kowarski durante una riunione  
del Consiglio del costituendo  
CERN**

**Amaldi viene nominato Segretario  
Generale del CERN provvisorio**

# Gli acceleratori del CERN

**Il primo acceleratore:  
Sincrociclotrone da 600 MeV**



**1953-1957: Si scava il tunnel per ospitare il Protosincrotrone**



# Giorgio Salvini e Enrico Persico

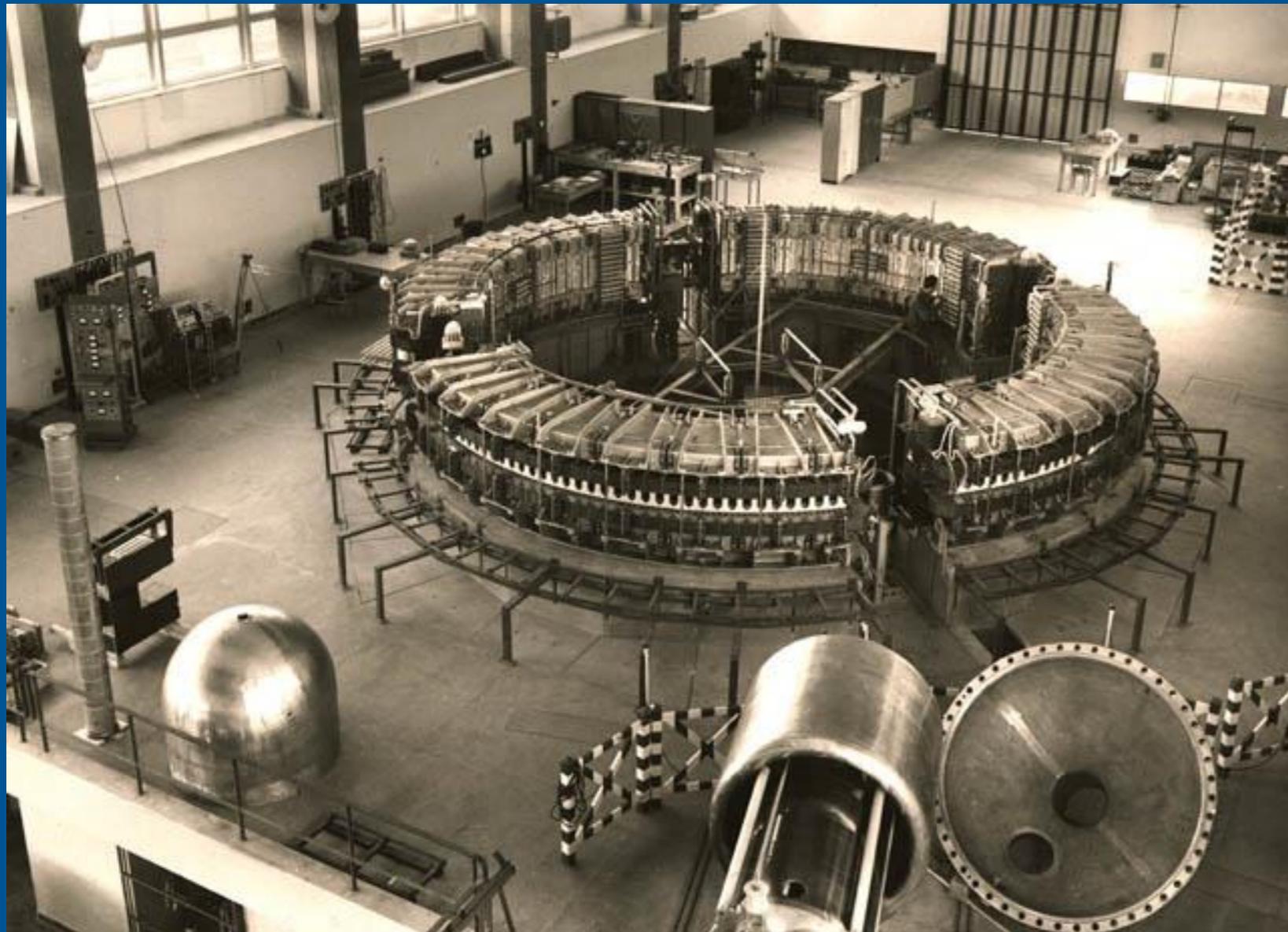


# La costruzione dei laboratori di Frascati



**Il gruppo dei Laboratori : nuove competenze**

# Elettrosincrotrone di Frascati nel 1959



**Salvini mostra i laboratori ai principi di Monaco**

# Nuove idee e nuove imprese



**24 novembre 1959, il Protosincrotrone da 26 GeV accelera il suo primo fascio. La macchina più potente al mondo**

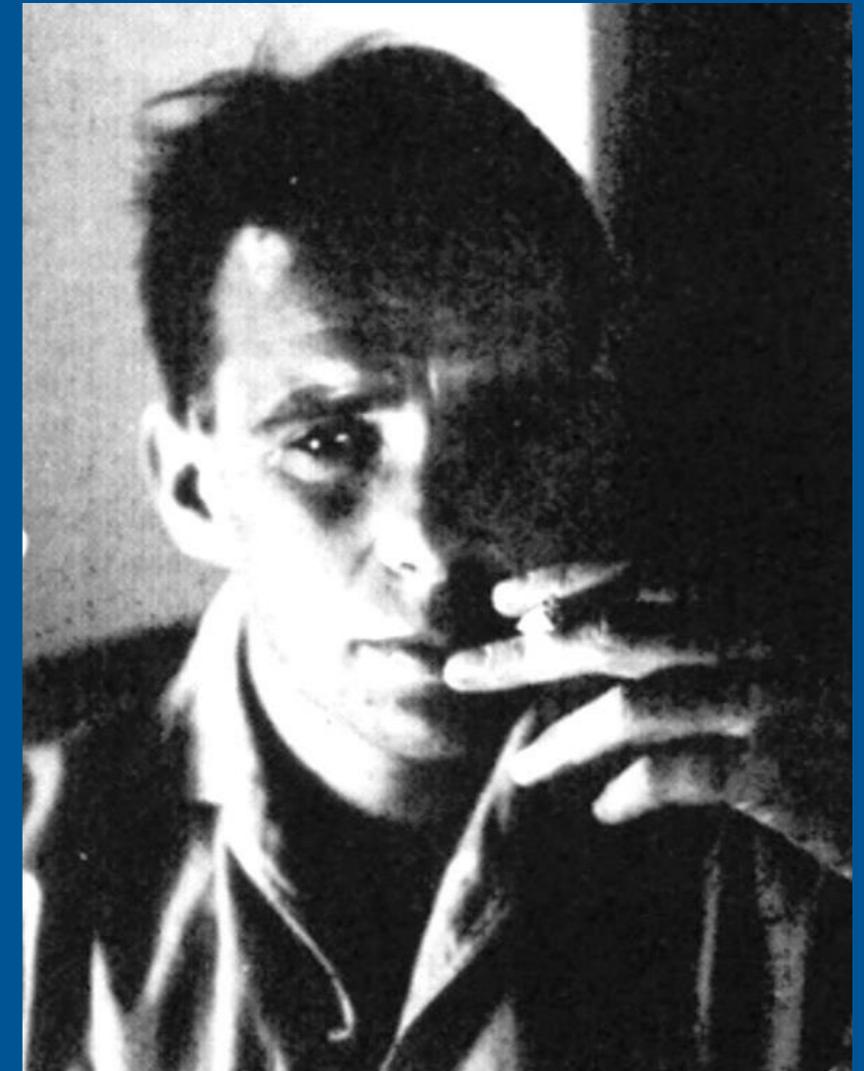
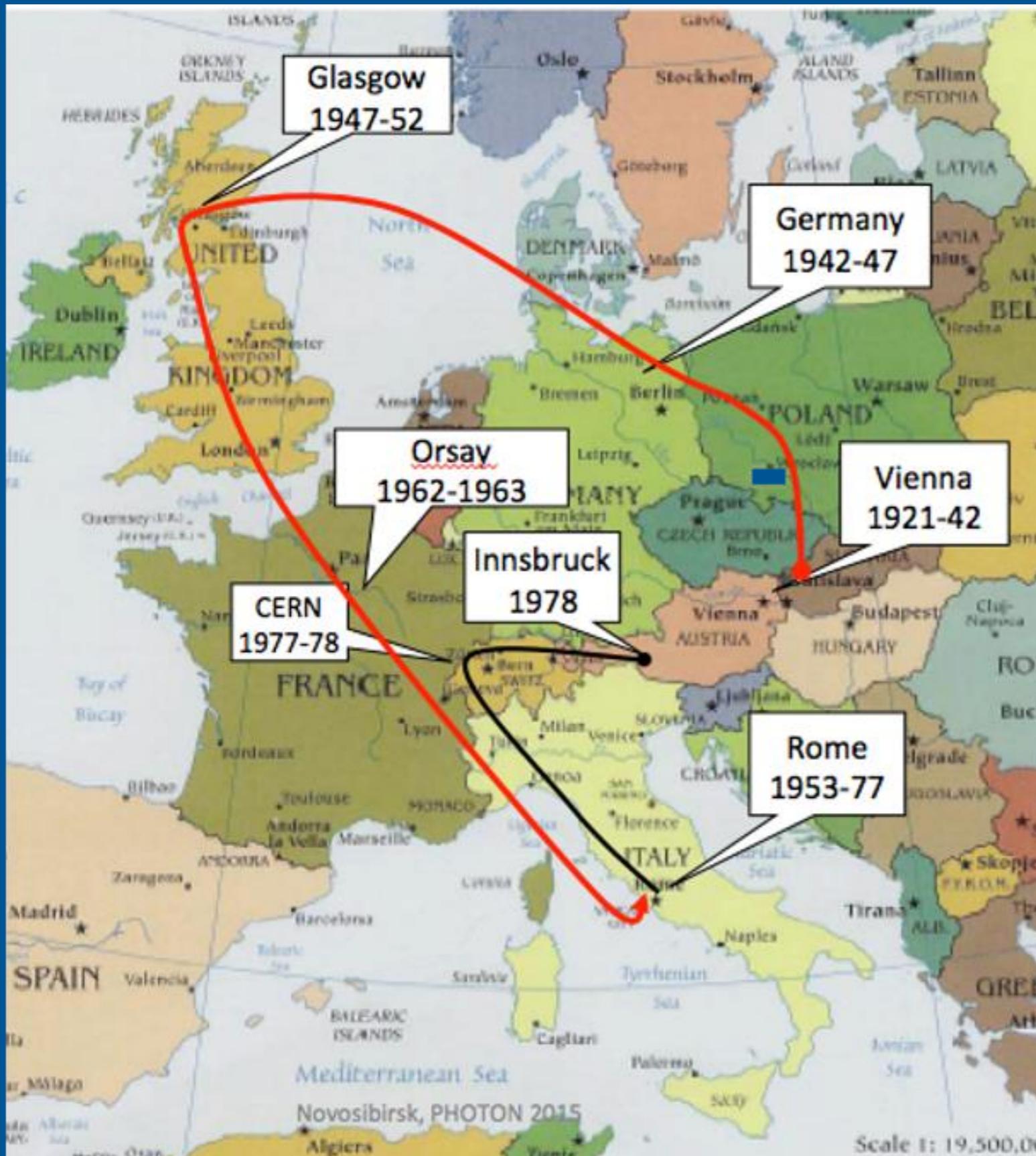


**Amaldi e Ferretti**

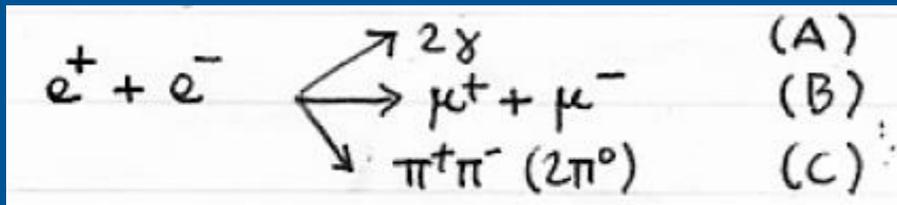


**Bruno Touschek  
A Roma dal 1951**

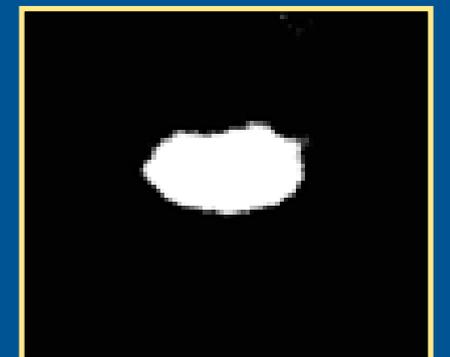
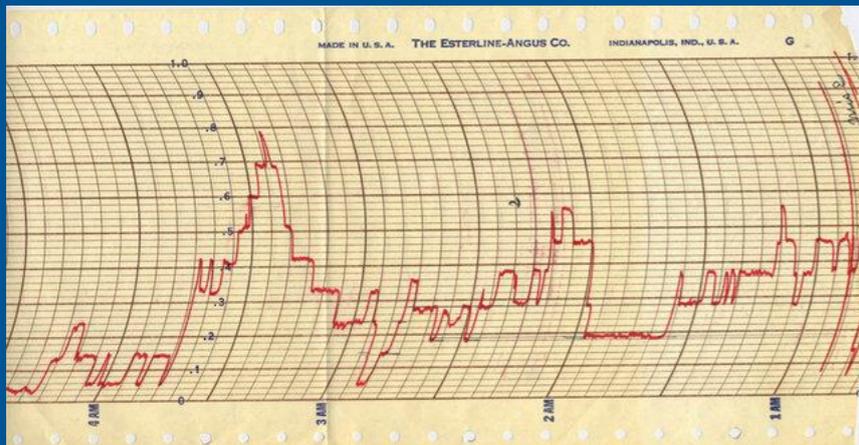
# Bruno Touschek uno scienziato europeo



# AdA il primo collisore materia-antimateria



**Il primo team di AdA  
BT, Giorgio Ghigo,  
Carlo Bernardini,  
Gianfranco Corazza**



**27 febbraio 1961  
primi elettroni accumulati in AdA**

**La luce emessa dagli elett**

**1961: la 'bibbia' di Gatto e Cabibbo esplorano la fisica delle collisioni elettrone-positrone**

**Raul Gatto laureato nel 1951 alla Scuola Normale di Pisa, a Roma come assistente di Ferretti**



**Nicola Cabibbo laureato con Touschek nel 1958**

# AdA in Francia



## AdA e il sincrotrone



## Orsay, l'Acceleratore lineare



### LIFETIME AND BEAM SIZE IN A STORAGE RING

C. Bernardini, G. F. Corazza, G. Di Giugno, and G. Ghigo  
Laboratori Nazionali del Sincrotrone, Frascati, Roma, Italy

and

J. Haissinski and P. Marin  
Laboratoire de l'Accelerateur Lineaire, Orsay, France

and

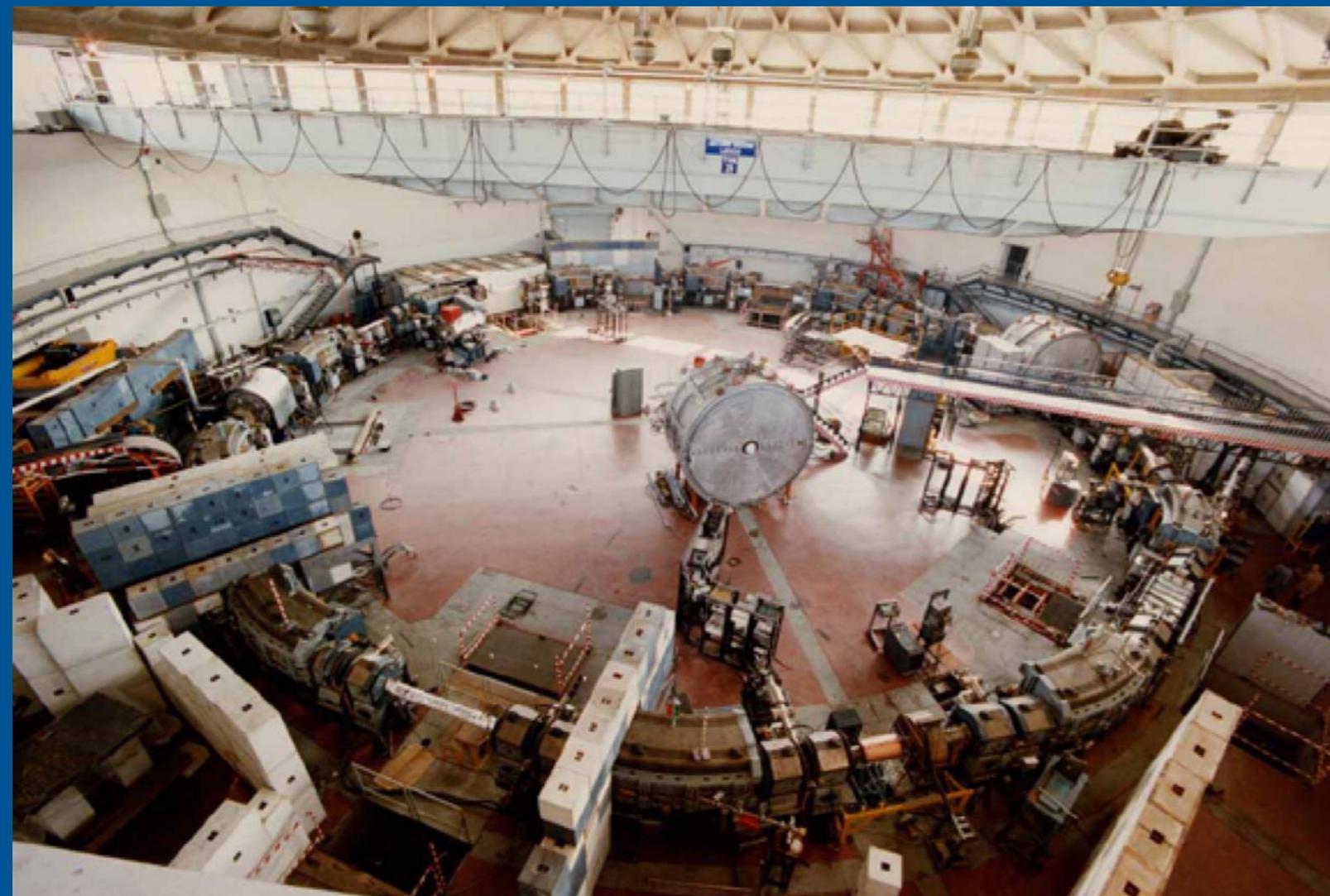
R. Querzoli  
Laboratori Nazionali del Sincrotrone, Frascati, Roma, Italy

and

B. Touschek  
Istituto Nazionale de Fisica Nucleare, Roma, Italy  
(Received 1 April 1963)

## AdA dimostra la fattibilità dei collisori materia-antimateria

# AdA: la capostipite di tutti i collisori



**Novembre 1960**

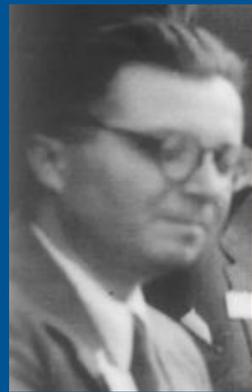
**Touschek propone di costruire ADONE che va in funzione nel 1969**

**Si apre la via verso alcune delle più importanti scoperte del Modello Standard delle particelle elementari**

- 1961** AdA, Frascati
- 1964** VEPP 2, Novosibirsk, URSS
- 1965** ACO, Orsay, France
- 1969** ADONE, Frascati, Italy
- 1971** CEA, Cambridge, USA
- 1972** SPEAR, Stanford, USA
- 1974** DORIS, Hamburg, Germany
- 1975** VEPP-2M, Novosibirsk, URSS
- 1977** VEPP-3, Novosibirsk, URSS
- 1978** VEPP-4, Novosibirsk, URSS
- 1978** PETRA, Hamburg, Germany
- 1979** CESR, Cornell, USA
- 1980** PEP, Stanford, USA
- 1981** Sp-pbarS, CERN, Switzerland
- 1982** Fermilab p-pbar, USA
- 1987** TEVATRON, Fermilab, USA
- 1989** SLC, Stanford, USA
- 1989** BEPC, Peking, China
- 1989** LEP, CERN, Switzerland
- 1992** HERA, Hamburg, Germany
- 1994** VEPP-4M, Novosibirsk, Russia
- 1999** DAΦNE, Frascati, Italy
- 1999** KEKB, Tsukuba, Japan
- 1999** PEP-II, Stanford, USA
- 2003** VEPP-2000, Novosibirsk, Russia
- 2008** LHC, CERN, Switzerland



# Intreccio di generazioni



Nel 1963 Cabibbo scrive un lavoro epocale che prepara il cammino all'unificazione delle interazioni elettromagnetiche e deboli



Gatto a Firenze dal 1963  
 → Scuola fisica teorica

**Modello Standard delle Particelle Elementari**

tre generazioni della materia (fermioni)						mediatori delle forze / interazioni (bosoni)	
	I	II	III				
massa	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$	0	0
carica	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0	1	0
<b>QUARK</b>	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluone	<b>H</b> higgs	<b>BOSONI SCALARI</b>	
	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0			
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> fotone			
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$			
	-1	-1	-1	0			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
<b>LEPTONI</b>	<b>e</b> elettrone	<b><math>\mu</math></b> muone	<b><math>\tau</math></b> tauone	<b>Z</b> bosone Z			
	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$			
	0	0	0	0			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
	<b><math>\nu_e</math></b> neutrino elettronico	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonico	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauonico	<b>W</b> bosone W			



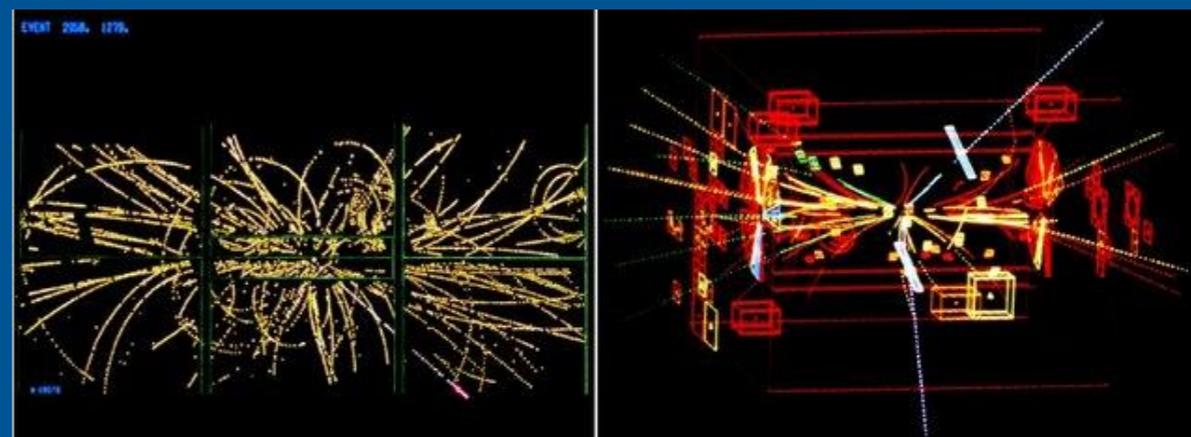
1970: Glashow, Iliopoulos e Luciano Maiani introducono l'idea di un quarto quark

# La scoperta dei mediatori delle interazioni deboli due importanti componenti del Modello Standard

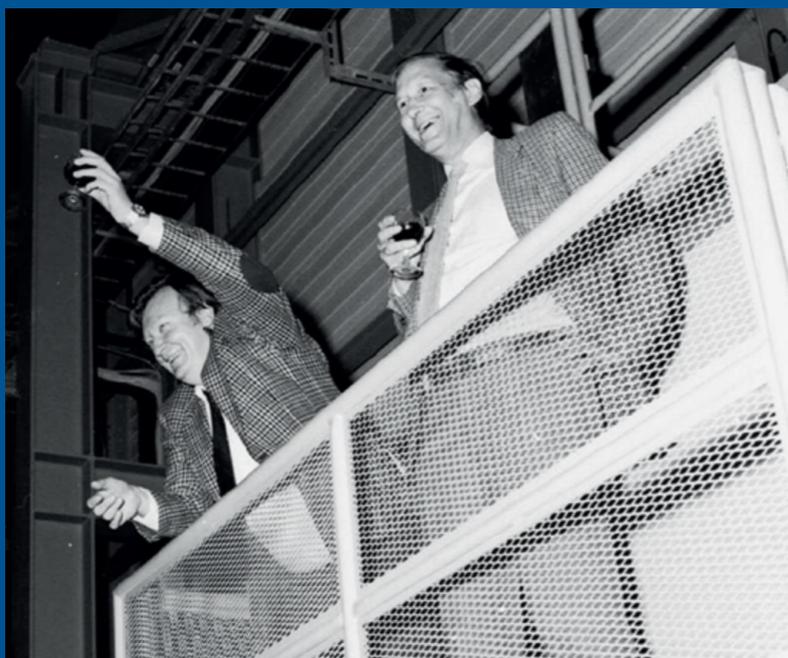


Carlo Rubbia si laurea a Pisa nel 1957 in raggi cosmici con Marcello Conversi

Modifica l'SPS in collisore protone-antiprotone



Aprile 1983, Esperimento UA1: Primo evento W e primo evento Z



Rubbia e Simon van der Meer brindano al Nobel, ottobre 1984

Nobel sperimentale: lavoro di gruppo

**Modello Standard delle Particelle Elementari**

		tre generazioni della materia (fermioni)			mediatori delle forze / interazioni (bosoni)	
		I	II	III		
massa		$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
carica	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
		<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluone	<b>H</b> higgs
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1
QUARK		<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> fotone	
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	0	
	-1	-1	-1	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		<b>e</b> elettrone	<b><math>\mu</math></b> muone	<b><math>\tau</math></b> tauone	<b>Z</b> bosone Z	
LEPTONI	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	0	
	0	0	0	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		<b><math>\nu_e</math></b> neutrino elettronico	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonico	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino taonico	<b>W</b> bosone W	
	0	0	0	1		
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		

BOSONI SCALARI  
BOSONI DI GAUGE  
BOSONI VETTORI



# CERN

## Directors General

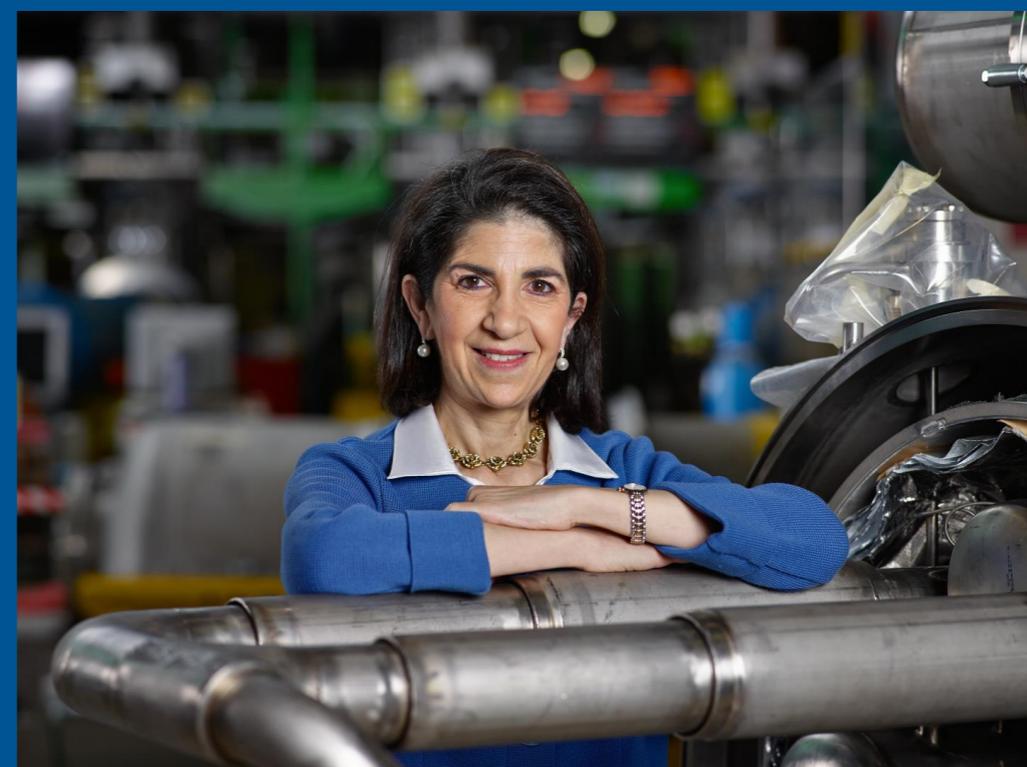
**Edoardo Amaldi, Secretary-General 1952-1954**



**Carlo Rubbia 1989-1993**

**Luciano Maiani 1999-2003**

**Fabiola Gianotti 2016-2020; 2021-2025**

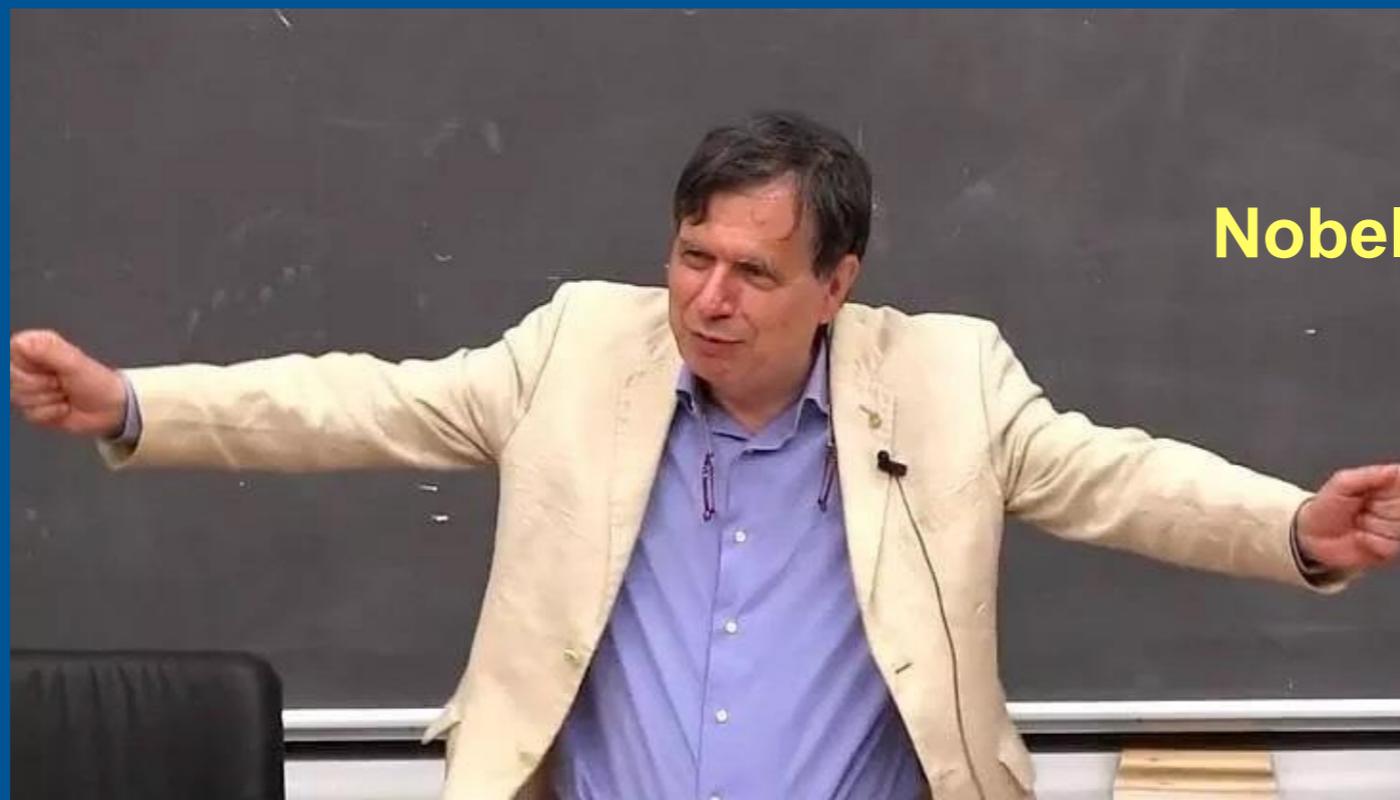
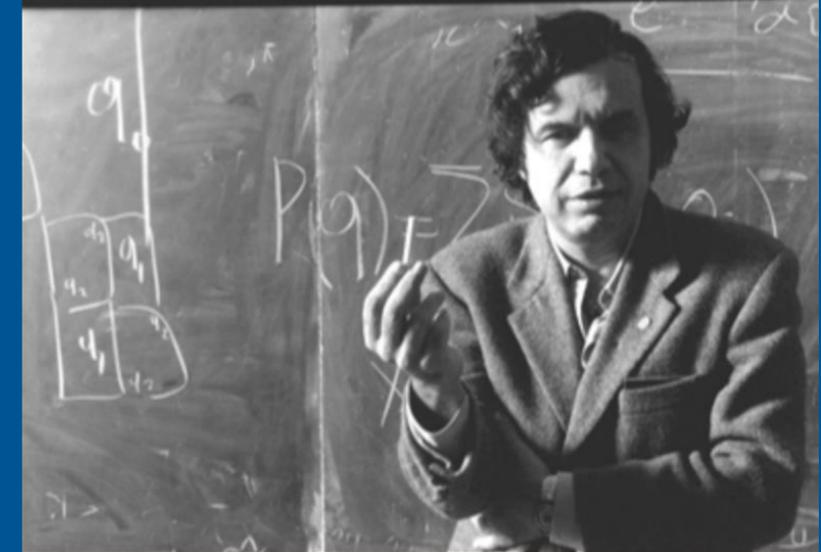
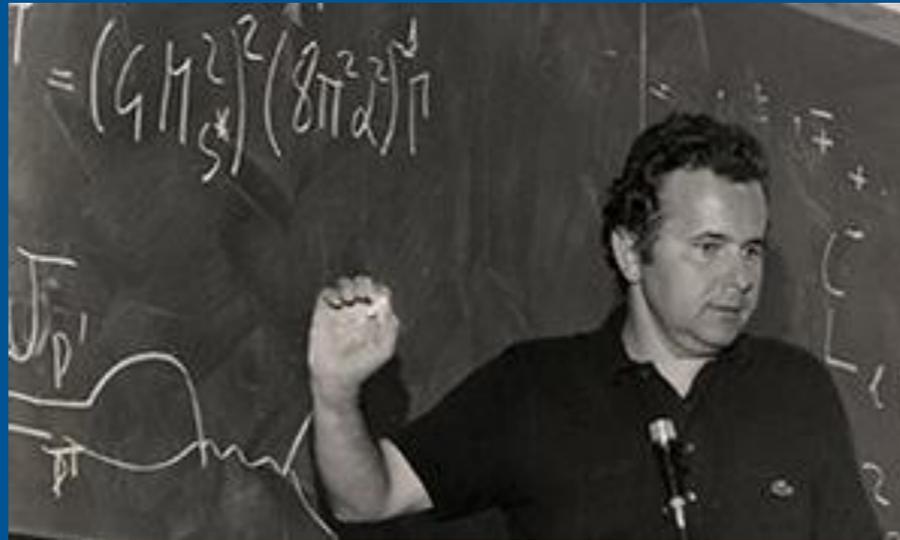


**Come coordinatrice dell'esperimento ATLAS a LHC il 4 luglio 2012**

# Giorgio Parisi

Un figlio della scuola romana di fisica teorica

Laureato nel 1970 con Nicola Cabibbo



Nobel per la Fisica 2021