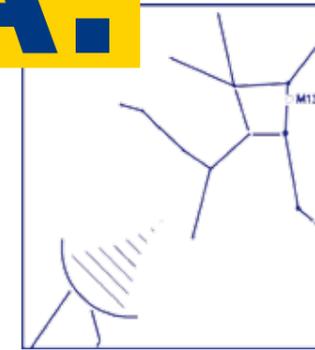


ASTROPARTICELLE.IT  
IN COLLABORAZIONE CON IL GRUPPO ASTRONOMICO TRADATESE  
ORGANIZZA:

**V.H.A.N.E.S.S.A.**

**AstroParticelle**  
www.astroparticelle.it

**1911/12 ÷ 2011/12**



*Gruppo  
Astronomico  
Tradatese*

Il 1911 fu un anno di grande rilievo per la fisica e per l'astrofisica, **Ernest Rutherford** dimostrò tramite raggi di particelle alfa l'esistenza del protone e propose la teoria dell'atomo come lo conosciamo oggi, basata sull'idea di elettroni orbitanti intorno ad un nucleo.

Nello stesso anno **Victor Hess**, fisico austriaco, aveva intuito che una strana radiazione rilevata al suolo poteva provenire dallo spazio. Armato solamente di particolari elettroscopi effettuò le sue ricerche con **palloni aerostatici**, decollando per la prima volta nel 1911.

Il volo determinante fu quello del 7 Agosto 1912, tramite i suoi rilevamenti, dimostrò che **la radiazione aumentava con l'aumentare dell'altitudine: scoprì così i raggi cosmici**, una scoperta che gli fece assegnare nel 1936 il premio Nobel per la fisica.

Possiamo quindi dire che la fisica delle particelle e delle astro-particelle nascono nello stesso anno. Rutherford aveva introdotto l'idea di far scontrare fasci di particelle con atomi, un principio che è praticamente rimasto invariato ed ha portato alla costruzione di strumenti come l'LHC al CERN. Hess aveva invece dato il via ad una ricerca che ha conosciuto una grande evoluzione di metodi di indagine.

**Lo scopo della spedizione scientifica VHANESSA (acronimo di Victor Hess Airballoon new expedition searching signal of astroparticles) unica in Italia ed in Europa e supportata dal G.A.T. è quello di celebrare il centenario della scoperta di Victor Hess.**

**Un pallone ascensionale (mongolfiera) con a bordo il pilota e due delegati del G.A.T. raggiungerà una quota di almeno 6000 amsl e sarà attrezzato per effettuare misure dosimetriche della radiazione ionizzante presente in atmosfera ad alta quota.**



# PARTICELLE E RAGGI COSMICI

La storia delle particelle si può così riassumere:

Joseph Thomson già nel 1887 aveva scoperto l'elettrone tramite esperimenti con i tubi catodici.

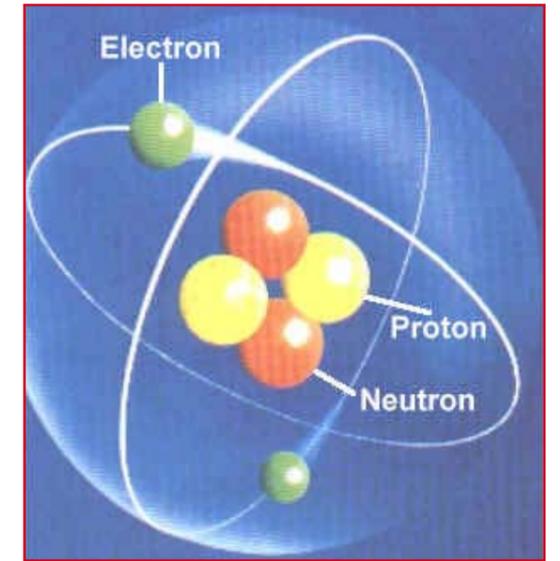
Max Planck nel 1900 quantizza la radiazione elettromagnetica e A. Einstein, applicando la scoperta di Planck, scopre il fotone (1905).

Nel 1923 Compton conferma la natura quantistica della radiazione elettromagnetica (raggi x).

Nel 1932 viene scoperto il positrone  $e^+$  (Nobel 1937), e parallelamente Chadwick scopre il neutrone.

Nel 1937 viene scoperto il muone e nel 1947 il pione (famiglia dei mesoni, premio Nobel 1950)

Ne 1956 Frederick Reines e Clyde Cowan riuscirono a rilevare bilioni di neutrini uscenti da un reattore nucleare. Neutrini la cui esistenza era già stata ipotizzata nel 1932 da W. Pauli per spiegare la massa mancante nel decadimento beta.



Nel 1938 Pierre Auger dimostrò che le particelle dei raggi cosmici raggiungono il suolo: da qui la sua ricetta di organizzare grandi dispiegamenti di rivelatori a terra.

24 anni dopo il rivelatore VOLCANO (USA) registrò un evento di  $10^{24}$  EV : il grande mistero dei raggi cosmici era iniziato.

## Astroparticelle o raggi cosmici:

Il termine raggi cosmici non deve confondere.

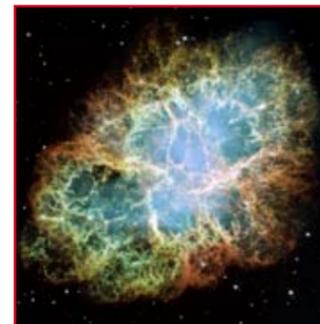
Di solito, col termine *raggi* siamo abituati a pensare ad esempio alla radiazione solare, quindi a fotoni privi di massa. In realtà le astro-particelle, **storicamente chiamate raggi cosmici**, possiedono una massa, tipo quella dell'elettrone e del protone.

Sono quindi particelle, o "frammenti" di atomi, che possiedono grandi energie per la semplice ragione che viaggiano a velocità relativistiche (ossia quasi prossime alla velocità della luce). Esse provengono da varie sorgenti situate nello spazio, la cui natura non è fino ad oggi del tutto chiara: uno dei motivi per cui si studiano queste particelle è proprio l'individuazione delle loro sorgenti.

Le principali sorgenti di cui si ipotizza la provenienza dei raggi cosmici sono stelle di grande massa e galassie attive, quindi:



- Resti di supernove
- Buchi neri
- Quasar
- Blazars



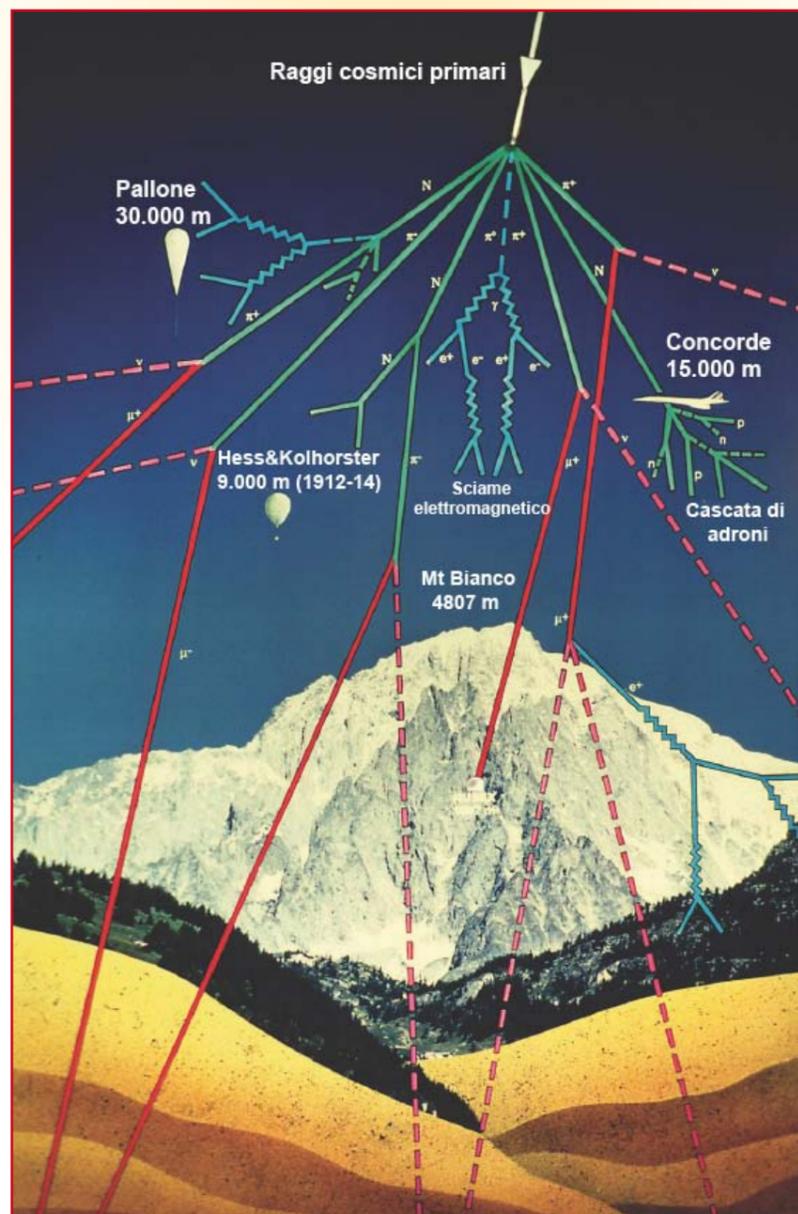
Ci sono però anche particelle (non relativistiche) che arrivano dal nostro Sole durante le fasi di normale attività.



## Composizione dei raggi cosmici:

Le astro-particelle si dividono in particelle primarie e secondarie. Le primarie sono quelle che viaggiando dalle sorgenti nello spazio interstellare, arrivano fino al nostro pianeta e collidono con le molecole dell'atmosfera; le particelle secondarie sono quelle che vengono generate dalla collisione delle primarie con gli atomi dell'atmosfera terrestre.

Quello che succede quando un protone colpisce un atomo in atmosfera è ben evidenziato dallo schema seguente:



### Astroparticelle primarie:

- Protoni
- Neutrini
- Elettroni
- Nucleoni, di varia natura
- Fotoni ad alta frequenza (raggi gamma)

Poiché queste particelle hanno tutte una grande energia, quando collidono con gli atomi che compongono l'atmosfera formano uno sciame di particelle secondarie che raggiungono il suolo terrestre. Fanno eccezione i neutrini che hanno una bassa interazione con la materia.

### Astroparticelle secondarie:

- Elettroni
- Neutroni
- Mesoni (Pi, K)
- Muoni

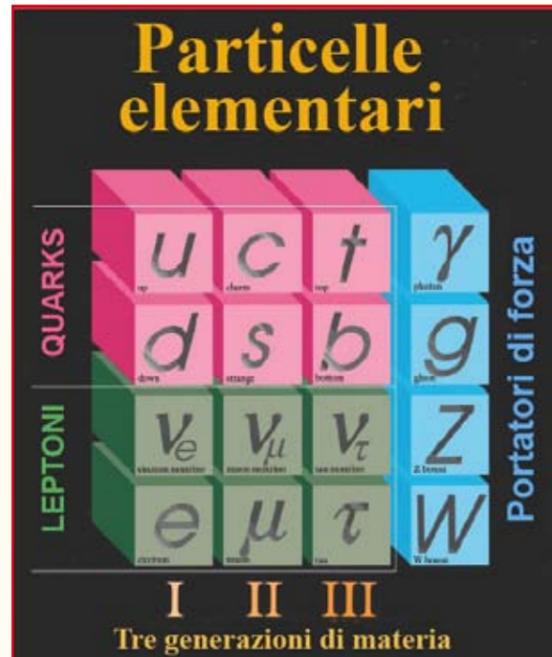
Come vedete da un singolo protone emergono una quantità incredibile di particelle, mentre elettroni e pioni si "estinguono" in alta quota i muoni insieme ai neutrini raggiungono il suolo.

Un discorso a parte meriterebbero i neutrini, in quanto sono di gran lunga le più numerose ma avendo massa quasi nulla, non vengono facilmente individuate.

Forse non tutti immaginano che in ogni istante **il nostro corpo è attraversato da milioni di particelle subatomiche**, oltre ai neutrini che sono di gran lunga le più numerose, (milioni al secondo) ci sono i muoni (qualche centinaio all'ora).



## Il Muone:

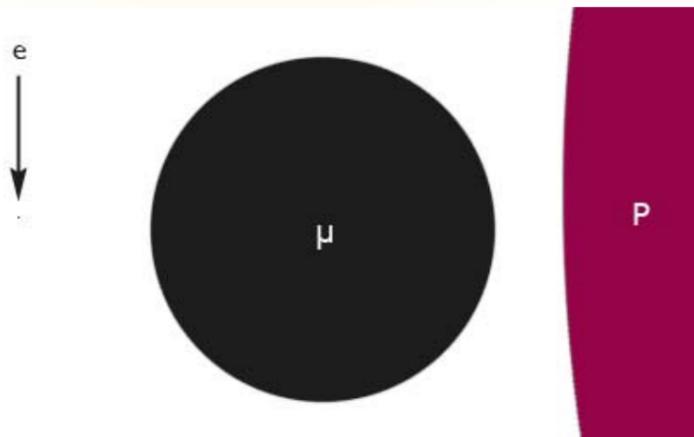


I muoni sono cugini degli elettroni: nel modello standard idealizzato per spiegare il comportamento delle particelle, si definiscono leptoni di seconda generazione. Si studiano i muoni perché la loro presenza al suolo dimostra l'esistenza di particelle più pesanti provenienti dallo spazio. Nei raggi cosmici secondari sono le particelle massive più abbondanti in assoluto e le uniche che raggiungono il terreno (quindi rilevabili). Sono importanti anche per la relazione che hanno con i neutrini.

**Il muone  $\mu$  è una particella che ha carica negativa e spin  $1/2$  come l'elettrone,** (esiste anche la sua versione positiva come per l'elettrone) **ma che pesa circa 200 volte di più (106MeV),** è altamente energetica e penetrante ma essendo carica interagisce solo per interazione debole ed è influenzabile dai campi elettrici e magnetici.

Storicamente il muone veniva chiamato mesone  $\mu$  (Mu o Mi). Tuttavia nella fisica moderna questa definizione non è corretta in quanto un mesone per definizione è composto da due quark mentre il muone, per quanto ne sappiamo oggi, è una particella puntiforme come l'elettrone.

Differenza di massa tra elettrone muone e protone :



Il muone è anche molto instabile e, tipicamente decade (ossia si "disintegra") in un elettrone e due neutrini (un anti-neutrino elettronico ed un neutrino  $\mu$ ): questo spiega perché i muoni sono importanti anche per lo studio dei neutrini.

La vita media dei muoni è di circa 2 milionesimi di secondo, ma **viaggiando a velocità relativistiche, il tempo della loro esistenza si dilata: conseguentemente riescono a raggiungere il suolo prima di decadere.**

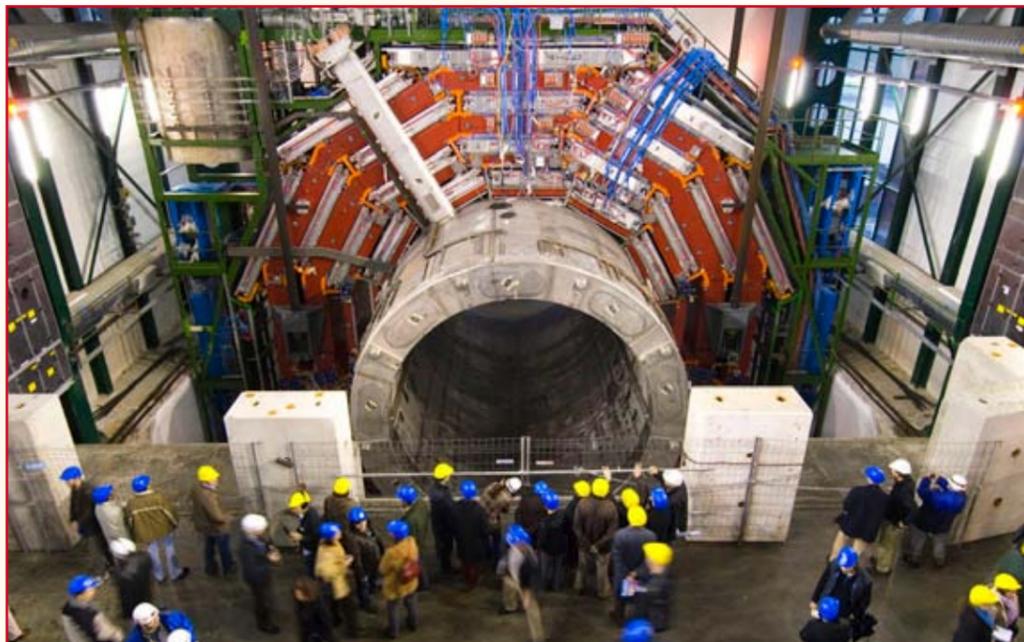
## I Mesoni:

Come accennato, i mesoni sono particelle composite, formate dall'unione di un quark con un antiquark. A seconda dei tipi di quark con cui sono legati, acquistano definizioni differenti: i più presenti nei raggi cosmici secondari sono il mesone Pì ( $\pi$ ) e K.

A differenza dei muoni, i mesoni reagiscono con la materia per interazione forte, quindi sono molto penetranti e pericolosi. Di questo fatto i piloti di linea sono ben informati ed anche chi ama fare escursioni ad alta quota deve ora tenerne conto.



## I rivelatori di muoni:



Uno dei principi di funzionamento di un rivelatore di particelle cariche (come il muone) è piuttosto semplice. Un gas sotto pressione chiuso in una ampolla con due elettrodi tra cui venga applicato un opportuno potenziale elettrico, produce una scarica elettrica (un piccolo fulmine) ogni volta che è attraversato da una particella. Questo tipo di rivelatore è chiamato camera di ionizzazione in quanto il gas si ionizza al passaggio della particella carica.

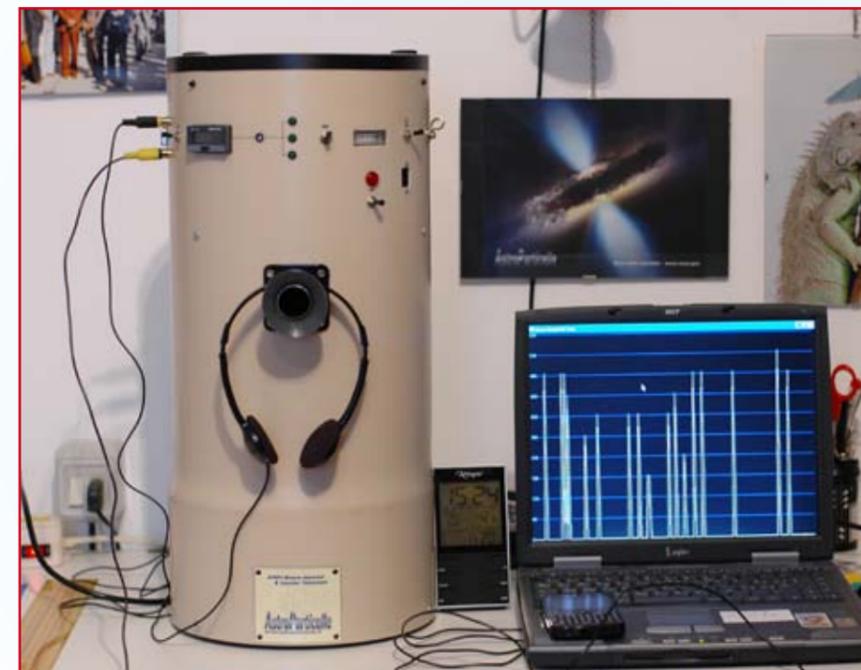
Altri sistemi prevedono invece semiconduttori, polimeri appositamente studiati o vasche riempite di liquido.

Questi rivelatori sono utilizzati in centinaia di stazioni di ricezione presenti in tutto il mondo e in strumentazioni anche molto sofisticate come il **Compact Muon Solenoid** del CERN.

Sopra il CMS.

A scopo dimostrativo e divulgativo si possono costruire dei semplici rivelatori, utilizzando lampade a fluorescenza come camere di ionizzazione.

Tra il 2010 e il 2011 il G.A.T. sotto la guida di Marco Arcani, ha realizzato tre di questi rivelatori. I primi due hanno riscosso un enorme successo tra migliaia di studenti e professori durante la 9° Ed. della mostra su L'Esplorazione del Sistema Solare (vedi foto in basso al centro). L'ultimo e più sofisticato è in grado non solo di "vedere", ma anche di registrare e contare i muoni: quest'ultimo verrà utilizzato anche a bordo della spedizione VHANESSA.



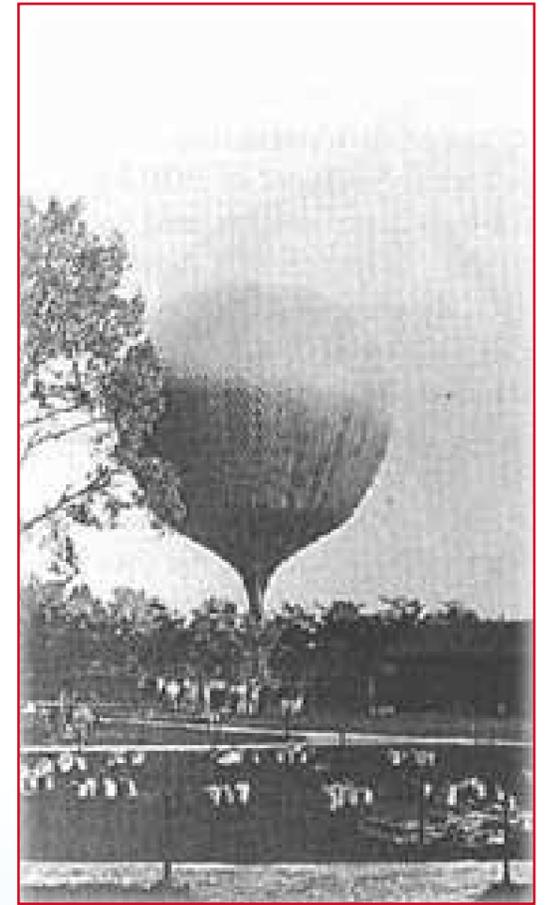
I rivelatori costruiti dal Gruppo Astronomico Tradatese.

# VICTOR HESS



L'avventura di Victor Hess inizia nel 1911, quando, a bordo di palloni ascensionali gonfiati ad idrogeno, decise di salire in quota spinto da una sua intuizione.

Per molti anni gli scienziati si erano arrovelati sul fatto che un elettroscopio perde gradualmente la sua carica nonostante sia accuratamente isolato. Dopo la scoperta della radioattività ci si rese conto che la debole emissione presente normalmente nel suolo terrestre poteva essere sufficiente a far perdere la carica all'elettroscopio. Per dimostrare questo fatto, qualche scienziato nel 1910 effettuò alcune misure sia dalla torre Eiffel che a bordo di palloni. L'idea era che, se la radiazione che scaricava gli elettroscopi proveniva da terra, alzandosi in quota essa avrebbe dovuto diminuire: in realtà i risultati lasciarono perplessi, poichè la radiazione sembrava mantenersi pressochè invariata.



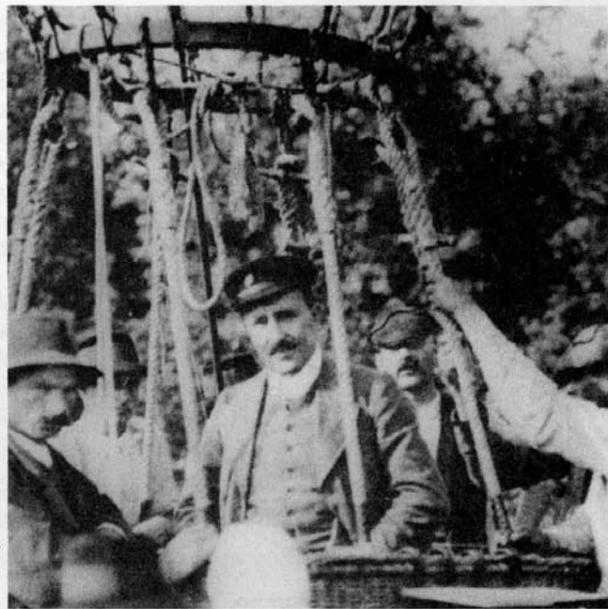
Hess, nelle sue ascensioni in pallone, utilizzò degli elettroscopi inseriti in contenitori metallici riempiti di aria sotto pressione, per renderli più sensibili. Il concetto era che il livello di radiazione può essere valutato dalla velocità con cui un elettroscopio perde la sua carica. Sfruttando questo principio e supportato dalla Accademia reale delle scienze di Vienna, Hess fece decine di voli. Inizialmente era convinto che la radiazione provenisse dal Sole: ma i risultati rilevati in un volo durante un'eclisse totale, escludono definitivamente tale possibilità.

Il suo intuito e la sua convinzione lo spinsero a proseguire per raggiungere quote sempre maggiori finché il 7 Agosto 1912 raggiunse la quota di 5350 metri (senza ausilio di ossigeno!). Durante questa missione, su uno dei suoi tre strumenti, la ionizzazione al terreno era di circa 12 unità, ad un'altitudine di 1000 m scese a 10, ma a 2000 m si alzò ancora a 12. A 3500 m il livello di ionizzazione si innalzò a 15 e più sorprendentemente, a 5000 m raggiunse più di 27 unità, che era il doppio del valore a terra!

Nel suo rapporto pubblicato in quello stesso anno nella Zeitschrift Physikalisches affermava: *"I risultati delle osservazioni indicano che raggi di grande forza di penetrazione, stanno entrando nella nostra atmosfera dall'alto".*

Inizialmente si pensava che questi 'raggi' potessero essere onde elettromagnetiche come i raggi X, anche se di un tipo più penetrante. In seguito, però è stato dimostrato che non si tratta di onde, ma di particelle materiali che bombardano la Terra inesorabilmente: Protoni - nuclei di atomi di idrogeno - e nuclei di atomi pesanti almeno come l'uranio, spesso con una enorme energia e potenza di penetrazione.

Nel 1936 Victor Hess ricevette il premio Nobel per la sua scoperta dei raggi cosmici.



Courtesy ALPHONZ WEBER, FORDHAM UNIVERSITY  
Victor Hess surrounded by Austrian peasants after landing from one of his ascensions a few weeks before his record breaking ascent in the Böhmen.



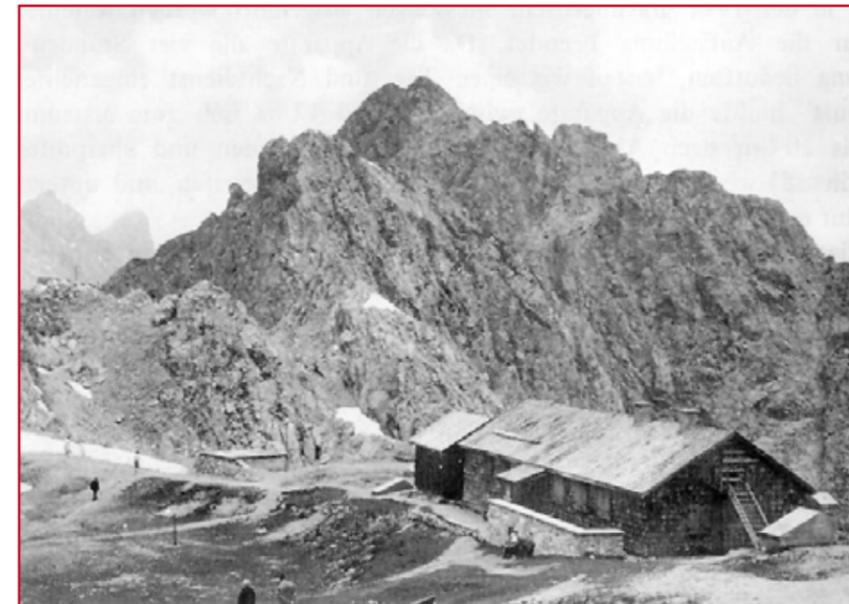
## L'osservatorio di R.C. a Hafelekar:

Nel 1931 Hess decise di costruire un piccolo osservatorio per i raggi cosmici sul monte Hafelekar in Austria a 2300 m.

L'osservatorio è situato in uno chalet in legno esattamente sulla vetta del Nordkette. Gli strumenti sono posizionati su colonne in calcestruzzo in una sala di 4,5m x 4,5m. Le camere di ionizzazione sono circondate da 10cm di piombo in modo da isolare i raggi gamma terrestri, dai raggi cosmici.

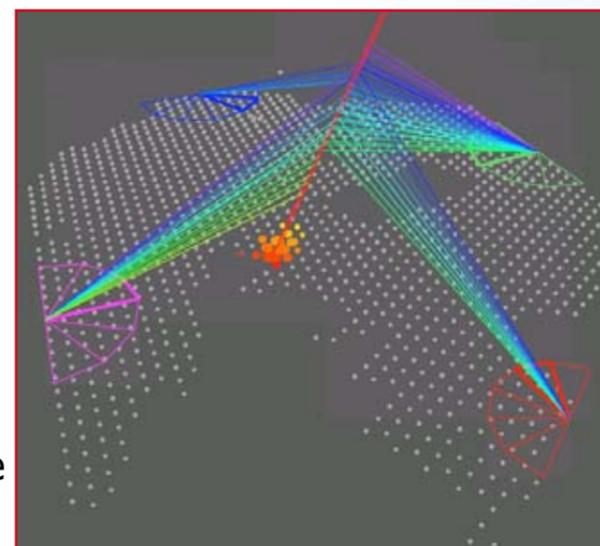
Il principale apparato consiste in una camera di ionizzazione cilindrica di 22,6 litri contenete anidride carbonica ad una pressione di 9,5atm. collegata ad un apparato di registrazione.

L'osservatorio è tuttora in funzione ed i dati registrati vengono inviati al World Data Center A, al Solar-Terrestrial Physics (Boulder Colorado), B (Moscow/Russia) e C2 (Tokyo/Japan).



## E l'osservatorio Pierre Auger:

Per far comprendere l'entità e l'importanza nello studio della fisica delle astro-particelle riportiamo come esempio uno degli osservatori più grandi al mondo. Si tratta dell' osservatorio Auger in Argentina, che si sviluppa su una superficie di 3000mq, praticamente una superficie pari alla provincia di Varese, ricoperta da 1600 rivelatori distanziati circa 1,5 Km uno dall'altro. Tramite questo dispiegamento, si è in grado di raccogliere informazioni dettagliate sullo sciame di particelle che arrivano a terra e sulla la loro energia. In più, tramite l'ausilio di altri tipi di rilevatori a luce fluorescente in loco è possibile risalire, con una specie di triangolazione, alla direzione di arrivo della particella primaria che ha prodotto lo sciame.



# IN VIAGGIO TRA LE ASTROPARTICELLE

## Dinamica della spedizione VHANESSA:

La spedizione partirà da Barbengo (CH) (in Lombardia è impossibile fare voli ad alta quota), i rilevamenti a bordo del pallone VHANESSA saranno effettuati circa ogni 1000 m di quota come faceva V. Hess, utilizzando due contatori Geiger, il rivelatore di muoni ed un elettroscopio (puramente simbolico). A differenza di quanto sapeva il fisico Austriaco, noi abbiamo il vantaggio di conoscere quello che andremo a misurare. La spedizione ha quindi un grande valore storico e rievocativo. Sarà interessante confrontare direttamente le misure rilevate sia con i dati storici che con quelli più recenti: potrebbero anche emergere notevoli sorprese.

## Previsioni:

Il flusso di muoni dal livello del mare fino a 9000 m dove i muoni sono in compagnia dei pioni, è quasi la stessa, cambia invece l'energia che è superiore.

La particella più abbondante dopo il muone è il pione nelle sue tre forme  $\pi^+$   $\pi^-$   $\pi^0$ : a 6000m il flusso non è alto ma comunque superiore che al livello del mare.

In quota è prevista anche la presenza di neutroni e protoni che sono stati rilevati fino a livello del mare ma con un flusso estremamente basso: al momento, però, i neutroni non abbiamo modo di rilevarli. Quello che ci si aspetta sicuramente di trovare è comunque la presenza di mesoni o elettroni che possano produrre un aumento generale della materia ionizzante. Ecco le previsioni.

Il primo contatore Geiger impostato per rilevare raggi beta e gamma dovrebbe segnare progressivamente una maggiore radioattività. Il secondo contatore con funzione scaler (una funzione che conta gli impulsi in un determinato tempo) dovrebbe dare valori progressivamente maggiori, come negli elettroscopi di Hess.

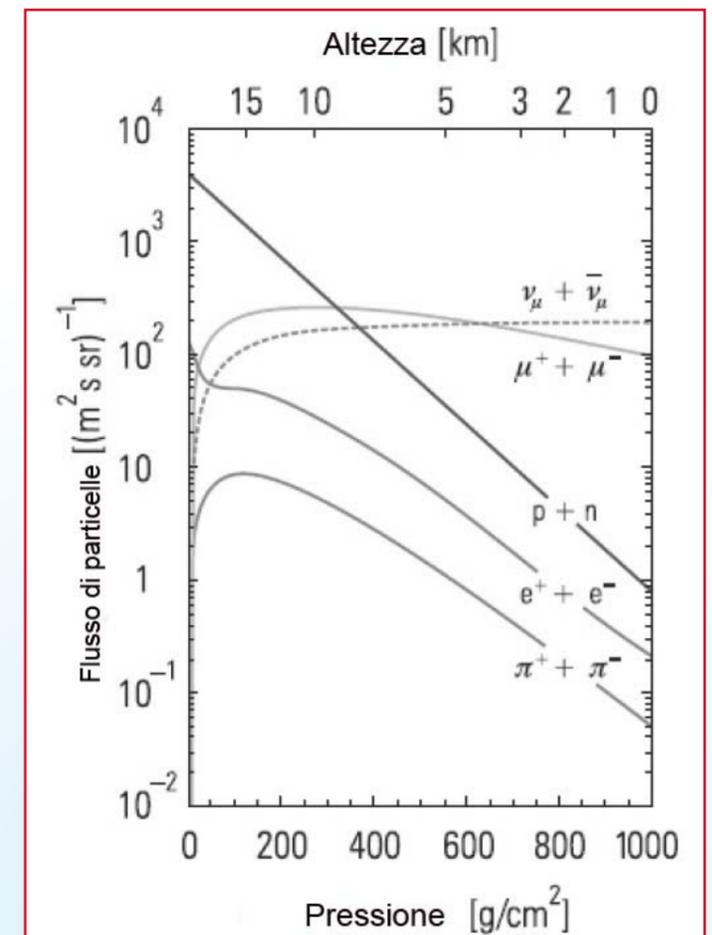
Il rivelatore di muoni impostato per il rilevamento coincidente dovrebbe contare solo muoni: a 6000m il loro numero **non** è più elevato che a 500m (anche se sono più energetici) quindi non ci si aspetta di vedere un aumento.

## Incognita pioni:

Se dovesse esserci una notevole presenza di mesoni K o soprattutto Pi, sono necessarie alcune considerazioni. Poiché i pioni hanno un decadimento molto più breve dei muoni bisogna prima capire se essi hanno abbastanza tempo per "attraversare" la distanza tra i due tubi del rivelatore (circa 9 cm), onde produrre un impulso coincidente. Per fare questo è sufficiente una semplice moltiplicazione tra la velocità (che è circa = C) e il tempo di decadimento (26 ns). Applicando per sicurezza anche un valore di velocità di gran lunga inferiore (ad esempio 0,8 C) si trova che il pione compie almeno 6,24 m prima di decadere: perciò (essendo circa 9 cm la distanza tra due tubi), anche senza applicare il fattore di Lorentz, siamo già sicuri che anche i pioni verranno rilevati come i muoni.

Purtroppo distinguere pioni da muoni sembrerebbe impossibile. Ma, almeno in teoria, una possibilità esiste.

Sapendo che il flusso di muoni è praticamente costante con la quota, si potrebbero fare misure ogni 500-1000 m di quota: se i rilevamenti mostrassero una crescita con la quota, è chiaro che la differenza (rispetto al valore a bassa quota tipico dei muoni) equivarrebbe ad un conteggio di pioni. Già questo sarebbe stupefacente!!



# APPUNTAMENTO A NOVEMBRE

La spedizione è prevista per Novembre 2011, i mesi invernali sono ideali per voli di questo genere per via della maggiore stabilità dell'aria. I risultati delle misure effettuate e un report accurato sarà pubblicato sul sito:

[www.astroparticelle.it](http://www.astroparticelle.it) e sul sito: [www.gruppoastronomicotradatese.it](http://www.gruppoastronomicotradatese.it).

Verranno inoltre preparati articoli per riviste scientifiche.

## Strumentazione di bordo:

- 💡 Dosimetro.
- 💡 Contatore geiger.
- 💡 Rivelatore-contatore di muoni.
- 💡 Elettroscopio
- 💡 Altimetro-Barometro
- 💡 PMR Ricetrasmittente

## Strument. dotazione dell'aerostato.

- 💡 Transponder
- 💡 GPS
- 💡 Radio di servizio
- 💡 Altimetro

Pilota: Ernesto Merz, CEO Pilot instructor and chief flight instructor ([www.balloons.ch](http://www.balloons.ch))

Coordinamento della spedizione a cura di: Marco Arcani



  
**AstroParticelle**  
[www.astroparticelle.it](http://www.astroparticelle.it)



# IL CONTRIBUTO ITALIANO

In ordine anagrafico



**Domenico Pacini** (Marino, 20 febbraio 1878 – Roma, 23 maggio 1934) Considerato il vero pioniere dei raggi cosmici per le sue misure sull'acqua e l'attenuazione in profondità, il destino, ha voluto che fosse battuto sul tempo da Victor Hess e la sua scomparsa prematura ha fatto dimenticare i suoi importanti studi sulla radiazione cosmica.



**Nello Carrara** - Studioso italiano di fisica e di radiotecnica (Firenze 1900 - ivi 1985). Prof. di fisica all'accademia navale di Livorno (1940), quindi di onde elettromagnetiche all'Istituto superiore navale di Napoli (1954) e poi all'univ. di Firenze (1956); fondatore e direttore del Centro di fisica delle microonde (Firenze) del CNR. Autore di fondamentali studi nel campo delle microonde (a lui è dovuta l'introduzione nell'uso di questo termine), della tecnica radar e della radiopropagazione.



**Franco Rasetti** (Castiglione del Lago, 10 agosto 1901 – Waremmes, 5 dicembre 2001) è stato un fisico, paleontologo e botanico italiano. Nel 1939 la situazione interna italiana spinse Rasetti a lasciare l'Italia, come erano stati costretti a fare molti componenti del gruppo che negli anni trenta aveva reso celebre la fisica italiana (Fermi, Segre, Pontecorvo). Emigrò dunque in Canada, presso la Université Laval di Quebec City, dove rimase fino al 1947, compiendo ricerche sui raggi cosmici (di particolare rilievo la prima misura diretta della vita media del muone) e di spettroscopia nucleare.



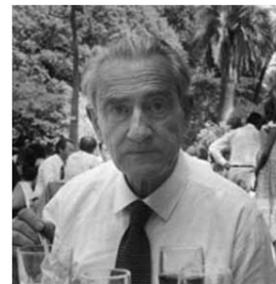
**Enrico Fermi** (Roma, 29 settembre 1901 – Chicago, 28 novembre 1954) è stato un fisico italiano, tra i più noti al mondo, principalmente per i suoi studi e contributi teorici e sperimentali nell'ambito della meccanica quantistica e più in generale nella fisica atomica e nucleare. Le sue teorie sulla accelerazione dei raggi cosmici chiamate meccanismo di Fermi di 1° e 2° ordine, ad oggi sono ancora attuali e tuttora concettualmente e matematicamente insuperate.



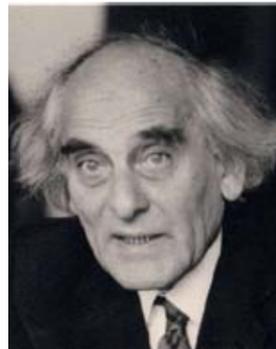
**Bruno Benedetto Rossi** (Venezia, 13 aprile 1905 – Cambridge, 21 novembre 1993) è stato un fisico italiano. Compiuti gli studi universitari in fisica tra le Università di Padova e di Bologna (dove si laurea nel 1927), dal 1928 al 1932 è assistente di Antonio Garbasso all'Università di Firenze, dove fonda la scuola fiorentina di fisica dei raggi cosmici, lavorando come astrofisico presso l'osservatorio di Arcetri.



**Ettore Majorana** (Catania, 5 agosto 1906 – ?, 27 marzo 1938) è stato un fisico teorico italiano. Le sue opere più importanti hanno riguardato la fisica nucleare e la meccanica quantistica relativistica, con particolari applicazioni nella teoria dei neutrini. Sono attualmente in corso ricerche sul doppio decadimento beta senza neutrino per confermare la teoria del neutrino di Majorana secondo cui neutrino ed antineutrino sarebbero in realtà la stessa particella.



**Gilberto Bernardini** (Fiesole, 28 agosto 1906 – Fiesole, 4 agosto 1995) è stato un fisico italiano. Ha studiato e si è laureato alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1928 e due anni dopo assunse l'incarico di assistente alla facoltà di fisica a Firenze dove collaborò con Giuseppe Occhialini allo sviluppo di nuove tecniche e strumenti per la ricerca di particelle atomiche. Ha fatto parte del gruppo italiano degli specialisti dei raggi cosmici. In questo campo spiccano i suoi lavori sugli sciami elettromagnetici, sul decadimento dei muoni, sulla teoria dei processi moltiplicativi, nonché sullo studio della fotoriproduzione dei pioni.



**Giuseppe Occhialini**, detto Beppo, (Fossombrone, 5 dicembre 1907 – Parigi, 30 dicembre 1993) è stato uno dei più importanti fisici italiani della seconda metà del Novecento. Laureatosi a Firenze nel 1929, collaborò alla scoperta del positrone nei raggi cosmici presso il Cavendish Laboratory di Cambridge. Dopo diverse esperienze di insegnamento, nel 1947 contribuì alla scoperta dei pioni, o mesoni Pi. Fu protagonista della ricerca in fisica delle particelle. In seguito all'avvento degli acceleratori di particelle, Occhialini esplorò nuovi campi di ricerca, tra i quali spicca quello della Fisica dello spazio, contribuendo alla fondazione dell'Agenzia Spaziale Europea. Occhialini dà il nome al Dipartimento di Fisica dell'Università degli studi Milano-Bicocca e in suo onore, dal suo soprannome "Beppo", il satellite SAX primo satellite italiano per lo studio dei raggi gamma è stato rinominato "Beppo-SAX". Gli è stato dedicato un asteroide, 20081 Occhialini.

Nel 2004 è stata creata dal Prof. Antonio Vitale, professore ordinario di Fisica all'Università di Bologna, la "Fondazione Giuseppe Occhialini" con sede a Fossombrone, città natale di Giuseppe Occhialini. La Fondazione ha come obiettivo la divulgazione della fisica sin dalle scuole superiori, ed è attiva soprattutto nella provincia di Pesaro-Urbino, dove ogni anno si tiene un corso con l'assegnazione di borse di studio per gli studenti più meritevoli. Il 22 giugno 2009 gli è stata intitolata una piazza in Milano.

*"Beppo fu un fisico nato, un tecnico profondo, un ricercatore con un'energia illuminata e con una personalità magnetica, capace di trasferire il suo entusiasmo a coloro che si trovavano intorno a lui. Aveva un eccellente intuito fisico, ma ciononostante, scrisse raramente una qualunque formula". (C.Rubbia)*





**Edoardo Amaldi** (Carpaneto Piacentino, 5 settembre 1908 – Roma, 5 dicembre 1989) è stato un fisico italiano attivo nel campo della fisica nucleare.

Oltre alla fisica nucleare e delle particelle, Amaldi apportò avanzati studi sui fenomeni magnetici, elaborando la teoria dei monopoli magnetici e delle onde gravitazionali.

Contribuì in prima persona alla creazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), del Centro Europeo di Ricerche Nucleari (CERN) di Ginevra e dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Fu segretario generale del CERN negli anni 1952-1954, Presidente dell'INFN e Presidente dell'Accademia nazionale dei Lincei.



**Bruno Pontecorvo**, e, dopo la fuga in URSS, in russo Бруно Максимович Понтекорво (trasl.: Bruno Maksimovič Pontekorvo) (Marina di Pisa, 22 agosto 1913 – Dubna, 24 settembre 1993), è stato un fisico italiano naturalizzato sovietico.

Di tutta l'opera di Bruno Pontecorvo, piena di formidabili intuizioni, sono da sottolineare i suoi contributi alla fisica dei neutrini, contributi che hanno rappresentato vere e proprie pietre miliari: l'intuizione di come rivelare gli antineutrini prodotti nei reattori nucleari (metodo utilizzato da Frederick Reines che per questo ricevette il Nobel nel 1955), la predizione che i neutrini associati agli elettroni fossero diversi da quelli associati ai muoni (la verifica sperimentale di questa predizione ha fruttato il premio Nobel a J. Steinberger, L. Lederman e M. Schwartz) l'ipotesi che i neutrini, nel vuoto, si potessero trasformare in un altro tipo di neutrini. Ci riferiamo al fenomeno noto come 'oscillazione dei neutrini', di cui esistono moltissime prove sperimentali ma che non è ancora riconosciuto dal comitato del Nobel (ricordiamo che il premio ricevuto da M. Koshiba e R. Davis non riguarda le oscillazioni, ma l'astronomia dei neutrini).



**Bruno Ferretti** (1913-2010)

Una figura chiave tra i fisici europei, durante i primi giorni del CERN e il primo direttore in carica del laboratorio di fisica teorica.

Un fisico di punta, diede importanti contributi alla fisica nucleare e delle particelle elementari, alla teoria dei campi quantici e alla fisica di *bremsstrahlung* nei cristalli.

Nato ed educato a Bologna, Ferretti fece parte del gruppo di persone che perseguirono ricerche nella fisica fondamentale, all'inizio degli anni '40, malgrado i disagi dei quei tempi.

Fu all'istituto di fisica che lavorò con Edoardo Amaldi all'idea di quello che sarebbe diventato il CERN.



**Ettore Pancini** (Stanghella, 10 agosto 1915 – Venezia, 2 settembre 1981) è stato un fisico e partigiano italiano.

Richiamato nel 1941 come sottotenente di artiglieria contraerea, trascorre gli anni della guerra alternando il lavoro di ricerca nella fisica dei raggi cosmici all'impegno attivo nella Resistenza. Nell'inverno 1942-'43, durante un breve periodo di licenza, lavora al Plateau Rosà con Gilberto Bernardini e Oreste Piccioni.



**Oreste Piccioni** (Siena, 24 ottobre 1915 – Rancho Santa Fe, 13 aprile 2002) è stato un fisico italiano.

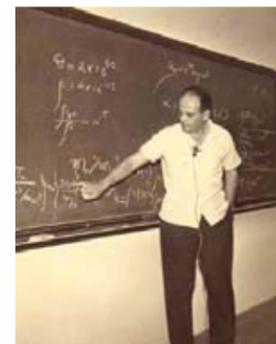
Formatosi alla scuola fiorentina di fisica dei raggi cosmici creata da Bruno Rossi, collaborò durante la guerra con Marcello Conversi e subito dopo con Ettore Pancini ad un'importante serie di esperimenti sui raggi cosmici che portarono alla scoperta della particella in seguito nota come muone, che segnò di fatto la nascita della fisica delle alte energie.

Dal 1950 al 1958 fu professore di fisica superiore all'Università di Pisa, passando in seguito all'Università di Roma. A Pisa diresse negli anni Cinquanta il progetto per la realizzazione di un avanzato centro di calcolo elettronico (il centro studi calcolatrici elettroniche, o CSCE) seguendo un suggerimento che Enrico Fermi aveva dato a lui, Giorgio Salvini e Gilberto Bernardini durante il Congresso di Varenna del 1954. Da questa iniziativa nacque la scuola di informatica italiana. Tra le altre ricerche portate avanti da Conversi vanno ricordate quelle realizzate per lo studio della radiazione cosmica, per l'utilizzo di nuovi rivelatori di particelle, le ricerche sui neutrini, le oscillazioni del neutrone e il decadimento del protone.



**Marcello Conversi** (Tivoli, 25 agosto 1917 – Roma, 28 settembre 1988) è stato un fisico italiano, docente di fisica alle Università di Pisa e di Roma.

Si laureò in fisica all'Università di Roma nel 1940 con Bruno Ferretti. Insieme a Ettore Pancini, Oreste Piccioni e Gilberto Bernardini, svolse negli anni della guerra e in quelli immediatamente successivi un'importante serie di esperimenti sui raggi cosmici che portarono alla scoperta della particella in seguito nota come muone e che assieme alla scoperta del pione effettuata pochi mesi dopo, segnarono di fatto la nascita della fisica delle alte energie



**Cesare Mansueto Giulio Lattes** (Curitiba, 11 luglio 1924 – Campinas, 8 marzo 2005) è stato un fisico brasiliano.

Insieme con Cecil Frank Powell e Giuseppe Occhialini fu lo scopritore del pione.

Lattes nasce da una famiglia ebraica di immigrati italiani stabilitasi nel sud del Brasile dove segue i primi studi per poi laurearsi nel 1943 presso l'Università di San Paolo in matematica e fisica. Entra presto a far parte di un gruppo di giovani ma brillanti fisici costituitosi in seguito ad un'iniziativa del 1933 del governatore dello Stato di San Paolo con lo scopo di creare un'università di alto livello raggiunto con l'aiuto di esperti inviati da vari governi europei. Fermi diede l'incarico al professore ucraino Gleb Wataghin accompagnato da Giuseppe Occhialini, uno dei maggiori fisici sperimentali del XX secolo.

