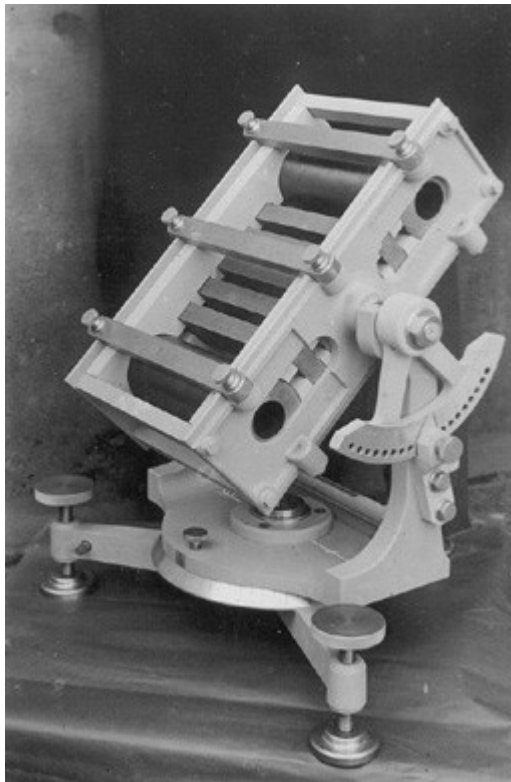


# Raggi Cosmici

C.Gatti  
Incontri di Fisica 2014

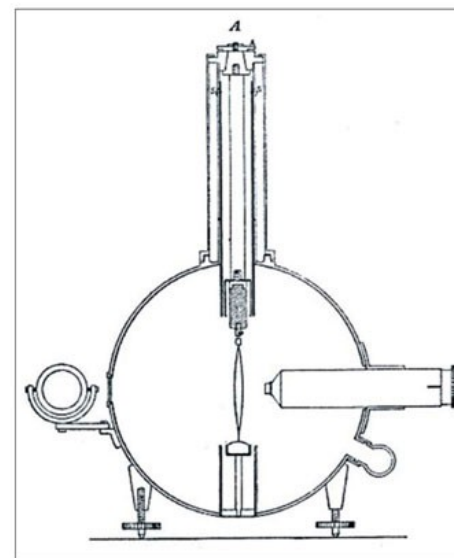


Telescopio per raggi cosmici di Bruno Rossi

# L'elettrometro di Wulf

Nel 1785 H. Coulomb mostra che corpi carichi e isolati si scaricano spontaneamente. Alla fine del '800 si osserva inoltre che la velocità di scarica di un **elettroscopio** aumenta se esposto a materiale radioattivo.

Padre Theodor Wulf perfeziona l'elettroscopio e nel 1909 misura la quantità di ionizzazione in cima alla torre Eiffel (300 m).



Si aspettava, allontanandosi dal suolo, di osservare una netta diminuzione. Al contrario trova che “a 300 m la radiazione non è neanche la metà del suo valore al livello del suolo”.

# Domenico Pacini

Nel 1911 Domenico Pacini compie una serie di misure della velocità di scarica di un elettroscopio immerso a 3 m di profondità. Ne conclude:

1) diminuzione della radiazione  $\gamma$  dovuta al potere di assorbimento dell'acqua.



Collo stesso apparecchio furono eseguite osservazioni anche sul lago di Bracciano. A 350 metri dalla riva, ottenni in superficie  $q = 12,4$  ed in seno alle acque a m. 3 di profondità, in un luogo ove il fondo superava i 7 m., si ebbe  $q = 10,2$ . La differenza nei due valori di  $q$  fu quindi di ioni 2,2.

# Domenico Pacini

Nel 1911 Domenico Pacini compie una serie di misure della velocità di scarica di un elettroscopio immerso a 3 m di profondità. Ne conclude:

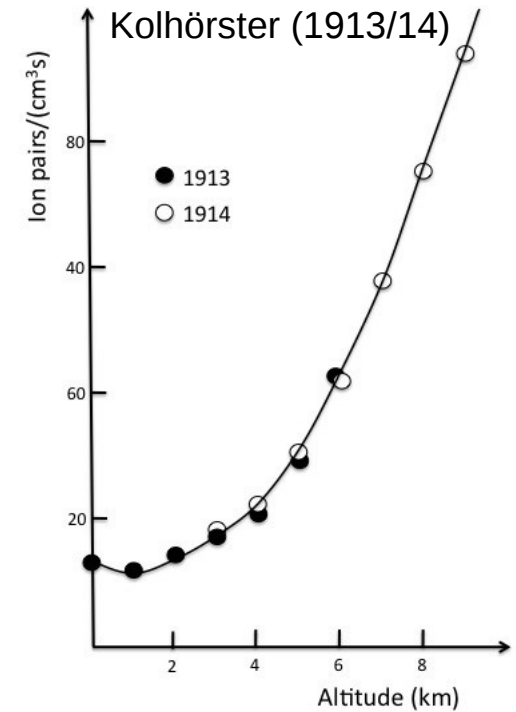
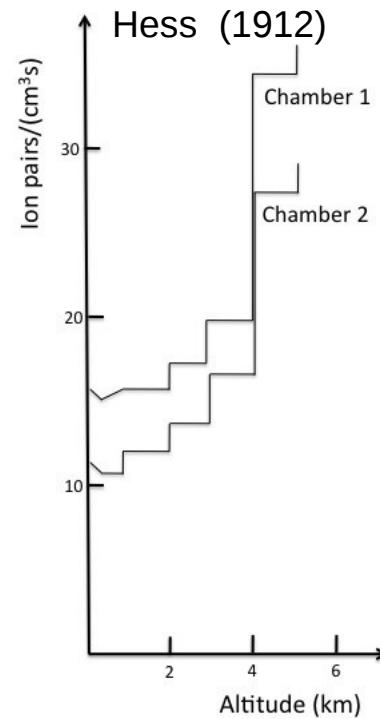
- 1) diminuzione della radiazione  $\gamma$  dovuta al potere di assorbimento dell'acqua.
- 2) la causa della ionizzazione non dipende dall'azione di sostanze contenute nel terreno.



*nota: cioè che esista nell'atmosfera una sensibile causa ionizzante, con radiazioni penetranti, indipendente dall'azione diretta delle sostanze radioattive del terreno.*

# Victor Hess

Nel 1912 Victor Hess compie una serie di voli in pallone e misura l'entità della ionizzazione fino a circa 5,000 metri sul mare.



Conclude che i suoi dati sono spiegabili dalla presenza di una radiazione molto penetrante che entra nell'atmosfera dall'alto.  
Negli anni '20 Millikan conia il termine "[Raggi Cosmici](#)".

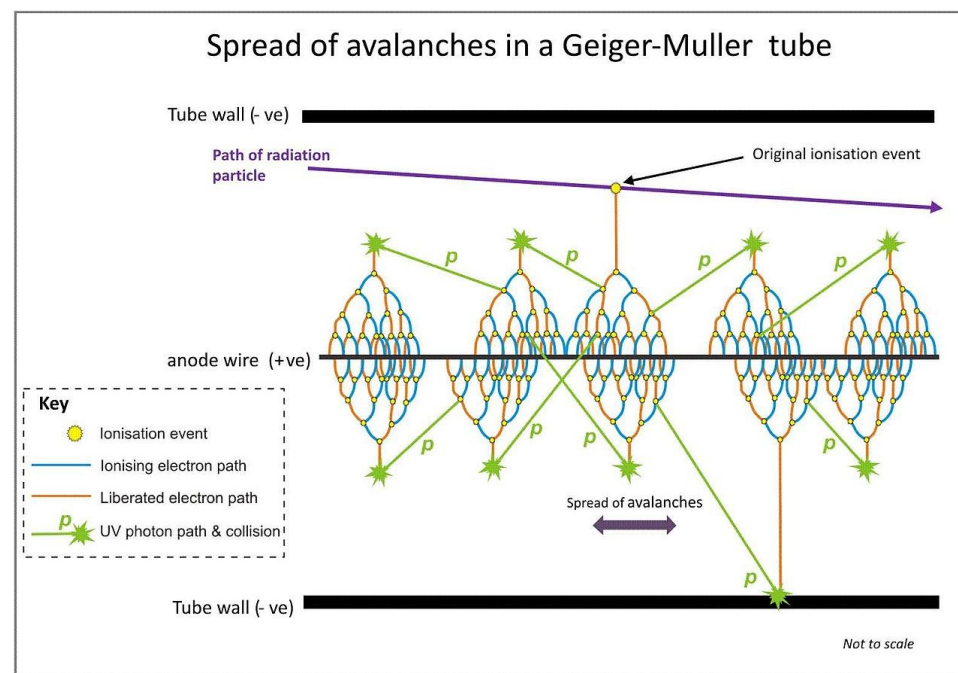


# Geiger - Müller

Nel 1928 Geiger e Müller, suo studente, perfezionano un contatore inventato dallo stesso Geiger anni prima. Si tratta di un tubo riempito di gas la cui parete costituisce il catodo e un filo al centro costituisce l'anodo. Ad anodo e catodo è applicata una tensione di diverse centinaia di volt. Il passaggio di radiazione ionizzante genera un processo di scarica nel tubo che produce un segnale elettrico osservabile.



G-M tube del 1932



Il contatore G-M si afferma subito come lo strumento principale di indagine dei raggi cosmici, sostituendo l'elettroscopio.

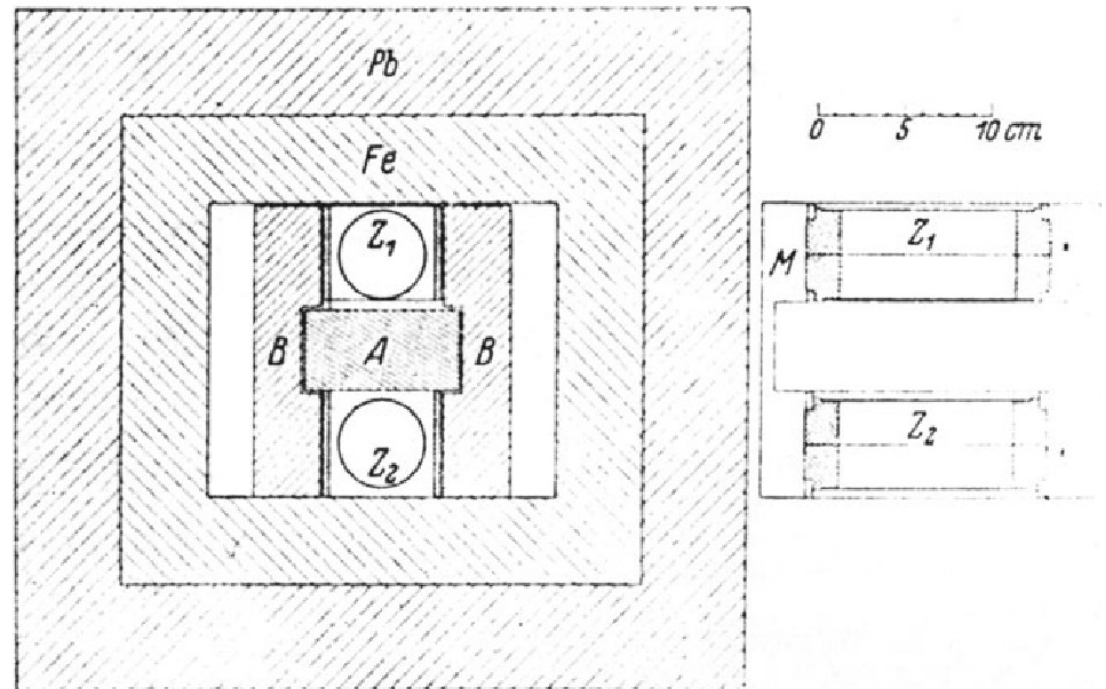
# Il Metodo delle Coincidenze



Sviluppato da Bothe e Geiger nel 1925 per verificare la presenza contemporanea di un fotone ed un elettrone nello stato finale di un processo d'urto Compton ( $\gamma e^- \rightarrow \gamma e^-$ ). I segnali generati dai due contatori di Geiger (predecessori dei contatori G-M) erano registrati su pellicola con un elettrometro a fibre.

# Bothe - Kohlörster

1929 – In quegli anni si indaga sulla natura dei raggi cosmici. Questi sono probabilmente raggi  $\gamma$  (fotoni), al tempo la radiazione più penetrante conosciuta. Al livello del mare però si osservano tracce di particelle cariche in camere a nebbia, probabilmente elettroni provenienti da urti Compton. Bothe e Kohlörster ideano un esperimento per misurare il potere di penetrazione della radiazione cosmica, sostenendo che se la radiazione ionizzante ( $e^-$ ) osservata risulta essere molto penetrante è probabile che si tratti di quella primaria; altrimenti si tratta di radiazione secondaria prodotta nell'urto dei raggi  $\gamma$  con la materia sovrastante il rivelatore.



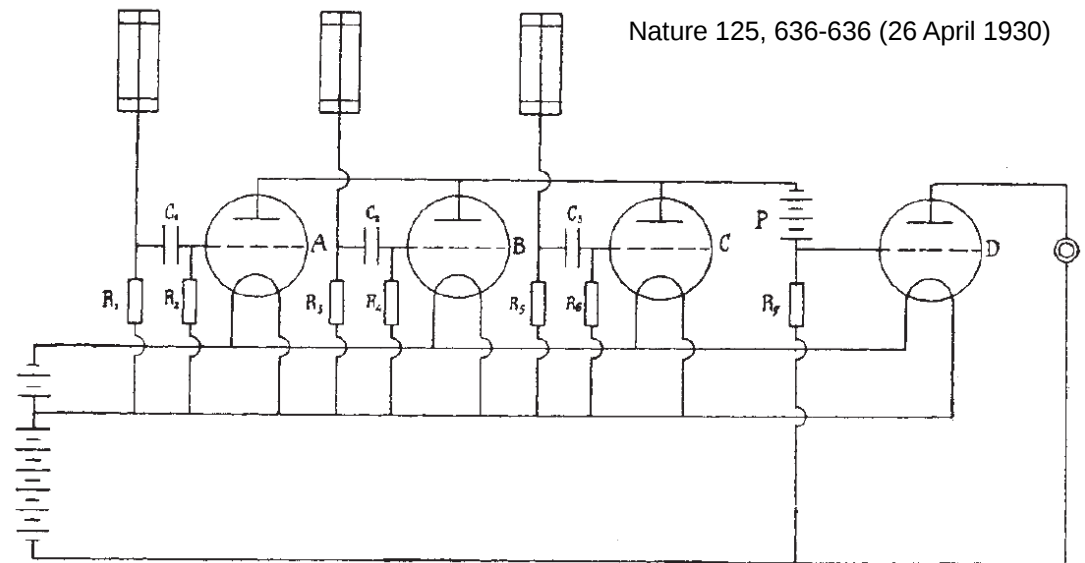
Z1 e Z2; contatori G-M in coincidenza  
A: 4 cm Au

B. e K. non osservano riduzioni delle coincidenze inserendo e togliendo l'assorbitore A. Deducono che la radiazione incidente deve avere carattere corpuscolare ( $e^-$ ).

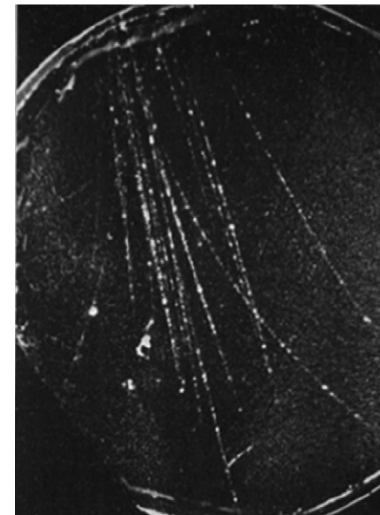


# Bruno Rossi

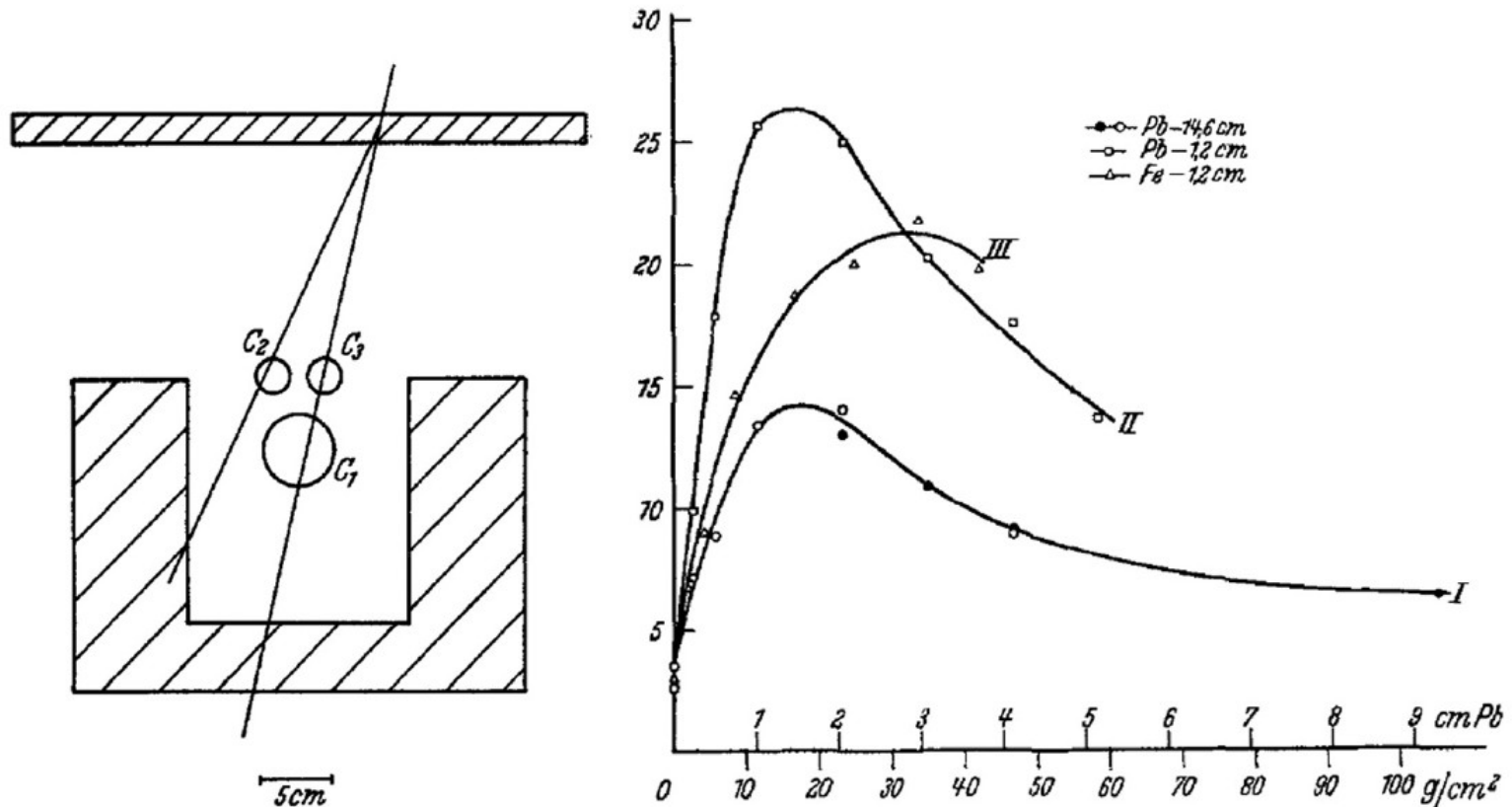
Nel 1930 Bruno Rossi, dopo aver letto l'articolo di B. e K., costruisce dei tubi G-M e un nuovo circuito di coincidenza di sua invenzione. Questa strumentazione gli permette di verificare che i raggi cosmici sono in grado di attraversare anche un metro di piombo. Rossi diventa un acceso sostenitore dell'ipotesi corpuscolare della radiazione primaria.



Nel 1932 Blacket e Occhialini, usando il circuito di coincidenza di Rossi per controllare una camera a nebbia, confermano la scoperta del positrone di Anderson e scoprono il processo di produzione in coppia elettrone positrone.



# Bruno Rossi

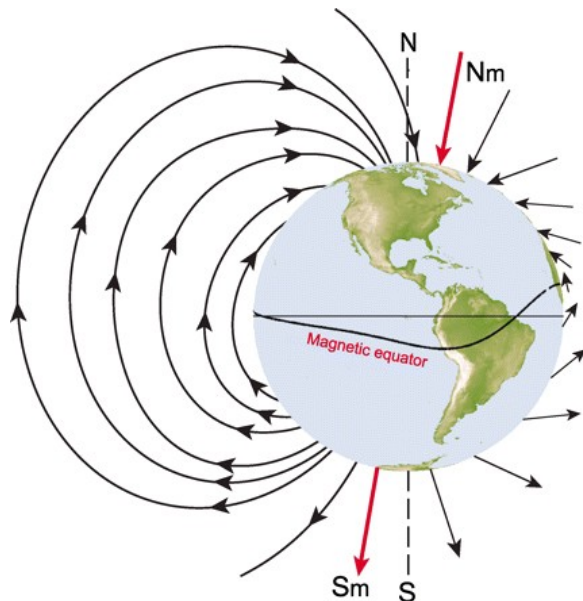


1932 – Altri esperimenti di B. Rossi mostrano la produzione di particelle secondarie e la presenza di una componente “soft” (che produce le triple coincidenze) e una “hard” (che attraversa 1m di Pb) nei raggi cosmici.

# Effetto Est Ovest

Sempre nel 1930 B. Rossi invia una lettera alla Physical Review in cui suggerisce che se i raggi cosmici primari sono **elettroni**, a causa del campo magnetico terrestre si deve osservare un **eccesso di radiazione proveniente da est** rispetto a ovest.

Nel 1934 (preceduto da Johnson e da Alvarez e Compton) pubblica i risultati sulla asimmetria Est-Ovest ottenuti in un viaggio in Eritrea ad Asmara (2,300 m).



$z$	Direction	Total counts	Rate (min. <sup>-1</sup> )	W/E ratio
(a) counters unshielded. $d = 6.5 \text{ cm}^9$				
45°	W	4734	$5.01 \pm 0.052$	$1.161 \pm 0.017$
45°	E	4078	$4.32 \pm 0.049$	
(b) counters shielded, 16 mm lead + 2 mm brass. $d = 12 \text{ cm}$				
45°	N	2516	$1.39 \pm 0.02$	$1.188 \pm 0.022$
45°	W	2669	$1.47 \pm 0.02$	
45°	S	2446	$1.35 \pm 0.02$	
45°	E	2246	$1.24 \pm 0.02$	
30°	W	4290	$2.08 \pm 0.022$	$1.157 \pm 0.018$
30°	E	3710	$1.80 \pm 0.021$	
15°	W	3962	$2.48 \pm 0.028$	$1.11 \pm 0.018$
15°	E	3570	$2.23 \pm 0.026$	

error. We conclude therefore, in agreement with the results of Johnson and of Alvarez and Compton, that a portion at least of the cosmic radiation consists of **positively charged** particles. Compton has suggested, however, that the main

# Sciami Cosmici Estesi

The frequency of the coincidences recorded with the counters at a distance from one another, shown in the tables as “chance coincidences” appears to be greater than would have been predicted on the basis of the resolving power of the coincidence circuit. Those observations made us question whether all of these coincidences were actually chance coincidences. This hypothesis appears to be supported by the following observation . . . Since the interference of possible disturbances was ruled out by suitable tests, it seems that once in a while the recording equipment is struck by very extensive showers [degli sciami molto estesi di corpuscoli] of particles, which cause coincidences between counters, even placed at large distances from one another. Unfortunately, I did not have time to study this phenomenon more closely.

B.Rossi Ric.Sci.Sup. (1934)

<http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/rossi-bruno.pdf>

# Sciami Cosmici Estesi

Riscoperti qualche anno dopo da P.Auger e collaboratori:

JULY-OCTOBER, 1939

REVIEWS OF MODERN PHYSICS

VOLUME 11

## Extensive Cosmic-Ray Showers

PIERRE AUGER

In collaboration with

P. EHRENFEST, R. MAZE, J. DAUDIN, ROBLEY, A. FRÉON  
*Paris, France*

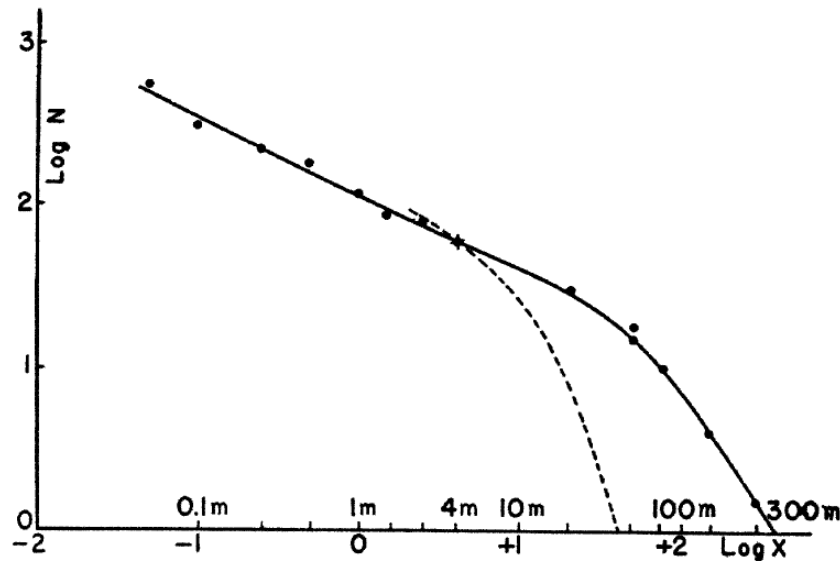


FIG. 1. Results with two parallel and horizontal counters.



# La Scoperta del Mesotrone

L'alto potere penetrante della componente dura dei raggi cosmici era in contrasto con le leggi note degli sciame elettromagnetici: o le leggi note dell'elettromagnetismo non si applicavano alle energie dei raggi cosmici o la radiazione era costituita da qualcosa di diverso da fotoni o elettroni.

Nel 1937 Anderson e Neddermeyer, studiando la perdita di energia di particelle nella radiazione cosmica che attraversano una lastra di platino posta al centro di una camera a nebbia, scoprono che una componente poco ionizzante distinta da elettroni o protoni, e concludono che:

or (b) that there exist particles of unit charge, but with a mass (which may not have a unique value) larger than that of a normal free electron<sup>6</sup> and much smaller than that of a proton;

Street e Stevenson confermano subito dopo la scoperta indicando come [massa del mesotrone circa 130 volte la massa dell'elettrone](#) (Physical Review 52 1937)

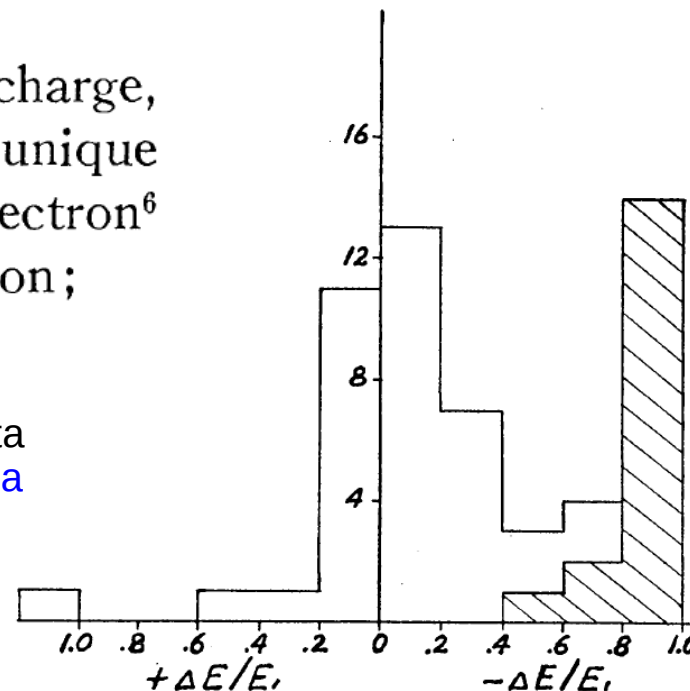
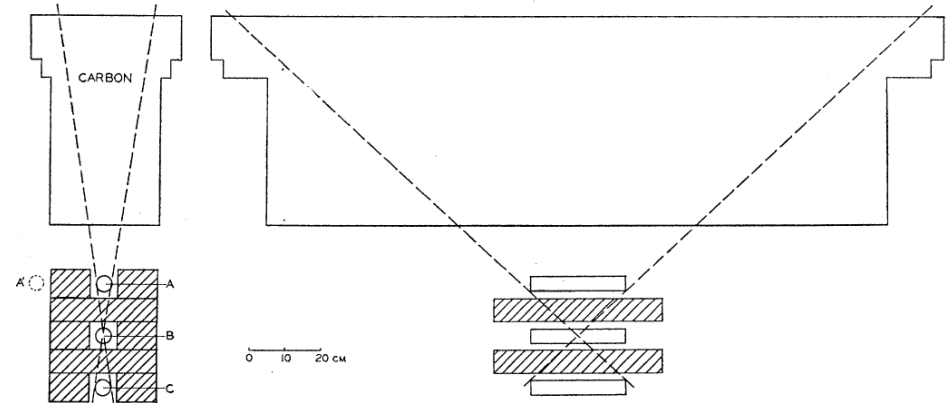


FIG. 2. Distribution of fractional losses in 1 cm of platinum.

# Il Decadimento del Mesotrone

Considerazioni teoriche suggerivano che il mesotrone potesse decadere. Questo sembrava compatibile anche con un livello di assorbimento anomalo dei mesotrone nell'atmosfera. Nel 1939 appena arrivato negli USA, B. Rossi compie una serie di misure di flusso di raggi cosmici sulle Montagne Rocciose (Physical Review 57 1940).



PLACE	AVE. BAR. PRESS. IN G/CM <sup>2</sup>	CARBON ABSORBER IN G/CM <sup>2</sup>	TOTAL COUNTS	COUNTS PER MIN.
Chicago	1010	0	20,932	5.25 ± 0.036
Denver	857	0	30,508	6.86 ± 0.039
Denver	856	87	14,167	6.43 ± 0.054
Echo Lake	699	0	44,936	9.70 ± 0.046
Echo Lake	699	87	25,250	8.86 ± 0.056
Mt. Evans	617	0	28,771	11.88 ± 0.070
Mt. Evans	616	84*	36,946	11.03 ± 0.057

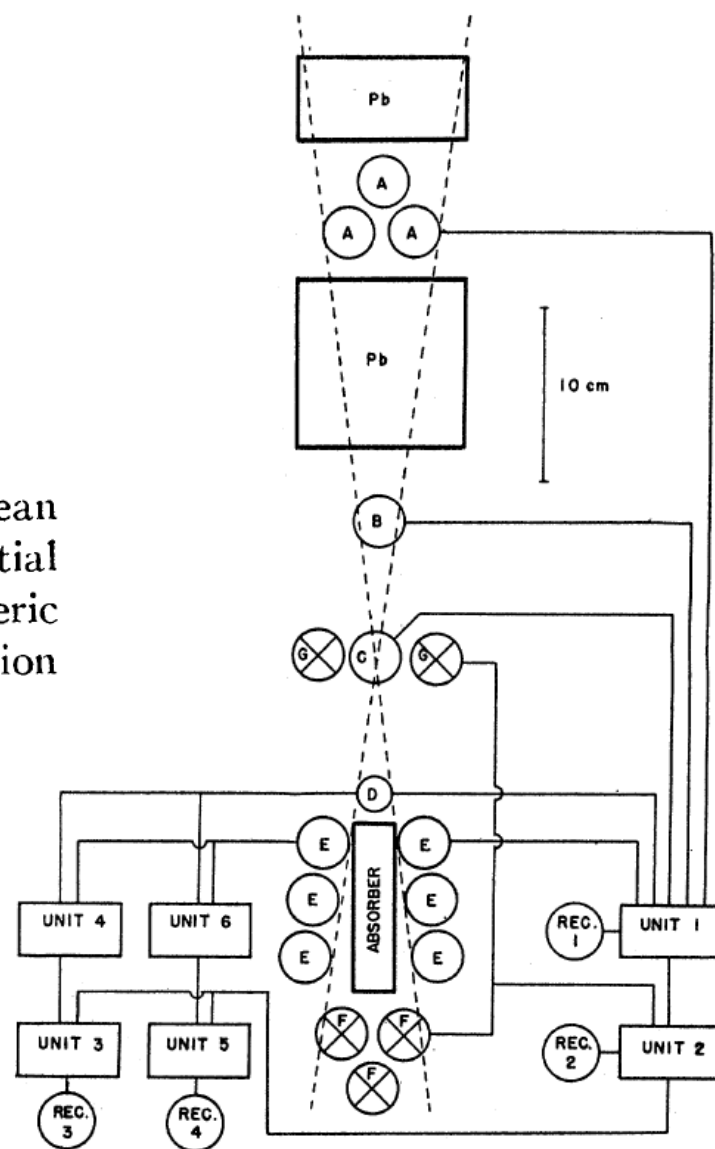
Blackett's energy measurements, which give  $\langle 1/p \rangle_{Av} = 1/(1.3 \times 10^9) (\text{ev})^{-1}$ . Inserting the above values of  $L$ ,  $\mu_0 c^2$ ,  $\langle 1/p \rangle_{Av}$  in Eq. (2) we finally obtain  $\tau_0 = 2 \times 10^{-6}$  sec.

$$L = v\tau_0 / (1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}} = p\tau_0 / \mu_0,$$

# La vita Media del Mesotrone

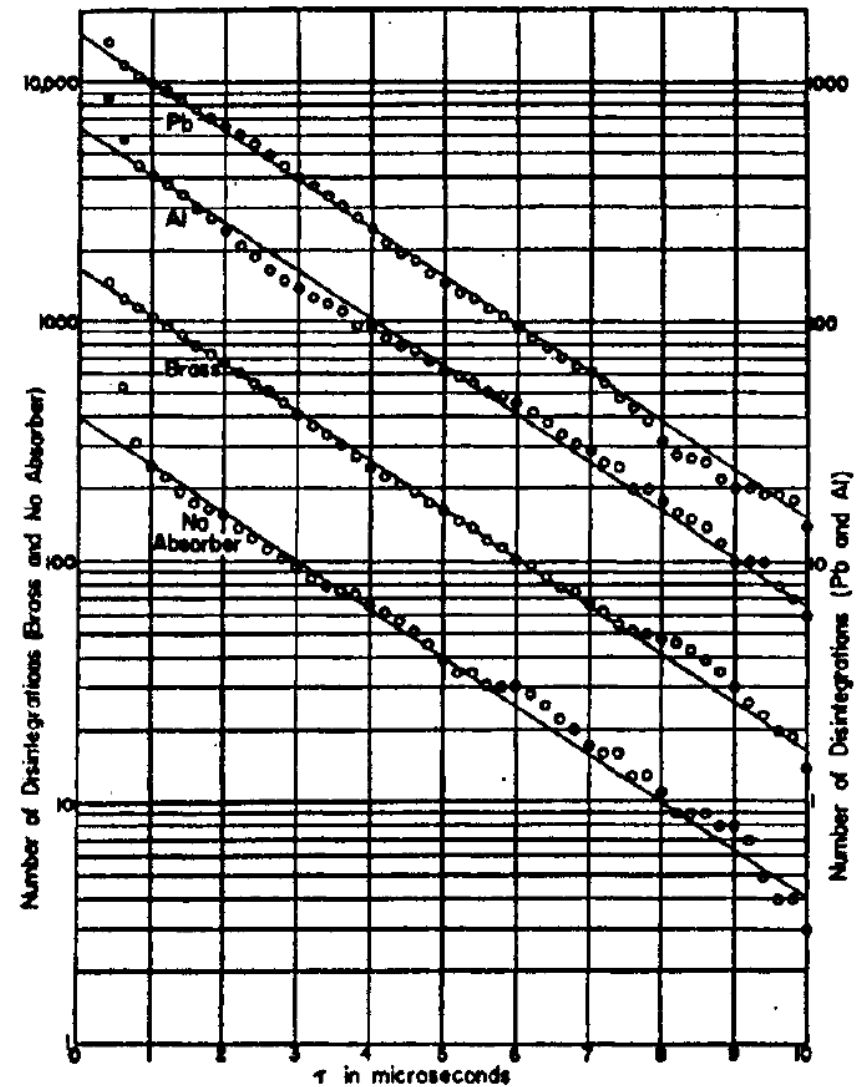
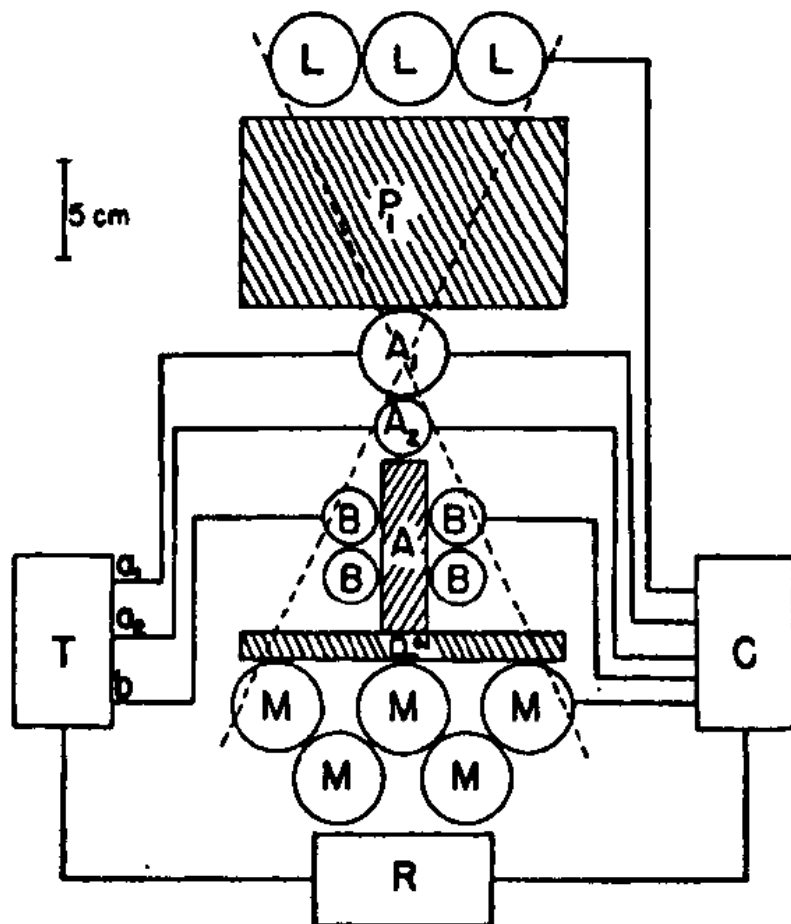
Nel 1941 Franco Rasetti in Canada effettua per la prima volta una misura diretta della vita media del mesotrone misurando il ritardo tra il suo assorbimento in un blocco di materiale e il decadimento.

effects produced by the scattering of mesotrons. The mean life is found to be  $1.5 \pm 0.3$  microseconds, in substantial agreement with the value deduced from the atmospheric absorption effect. The absolute number of disintegration



# Vita Media del Mesotrone

1942- B.Rossi misura  $(2.15 \pm 0.07) \mu\text{s}$



# Conversi Pancini Piccioni

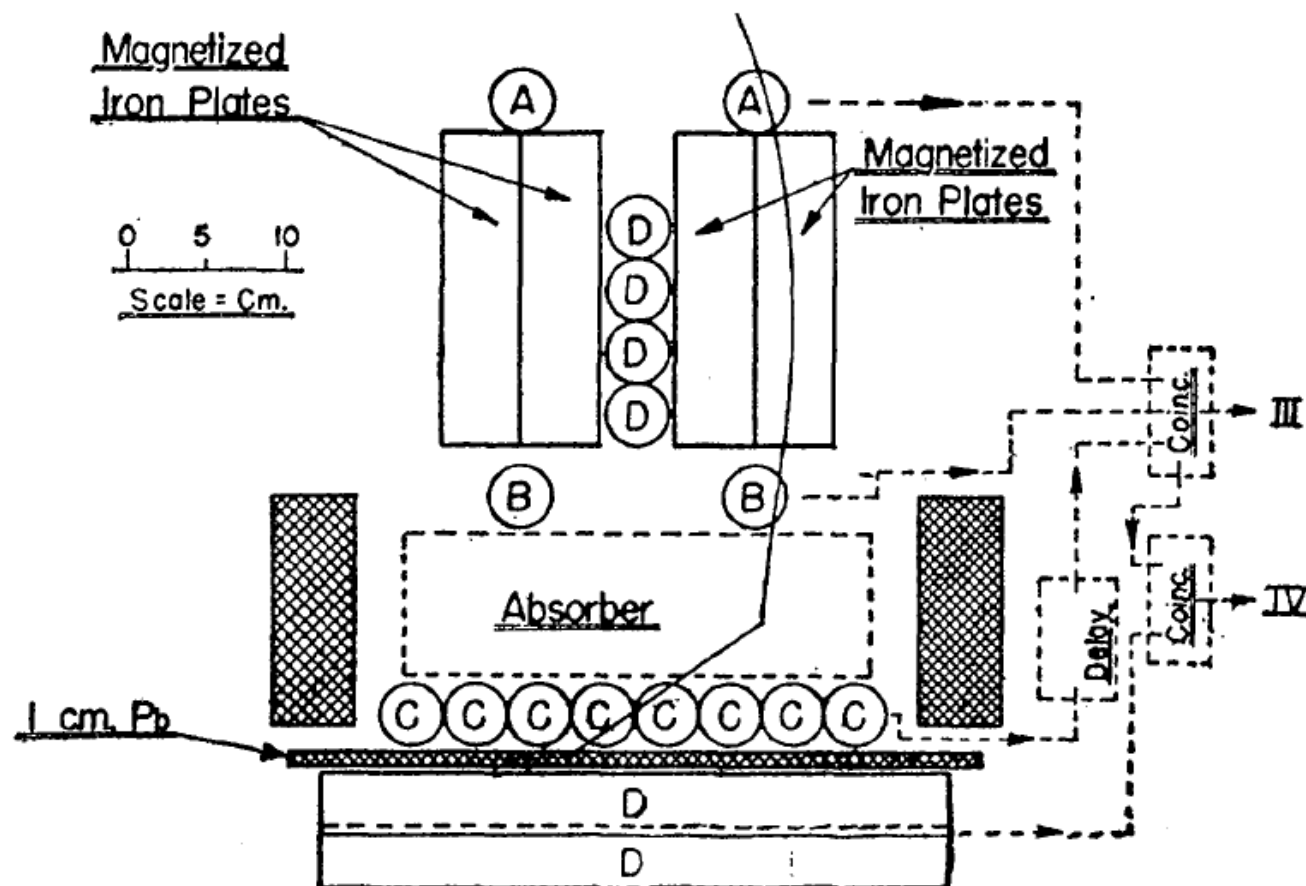


FIG. 1. Disposition of counters, absorber, and magnetized iron plates.  
All counters "D" are connected in parallel.



# Raggi Cosmici

