

70 anni fa il primo esperimento Conversi-Pancini-Piccioni

Carlo M. Becchi

La radiazione cosmica penetrante

risultati principali

- **1937 Neddermeyer e Anderson** scoprono nella radiazione cosmica penetrante una particella con circa 200 masse elettroniche (m_e)
- **Yukawa** propone l'identificazione della nuova particella col quanto delle forze nucleari. L'instabilità della particella spiegherebbe il decadimento beta
- **Assorbimento anomalo;** un dato spessore in g/cm^2 di aria assorbe più dello stesso spessore in ferro
- **1940 Rossi** studiando l'assorbimento anomalo osserva che con massa $200 m_e$ si ha una vita media di $2 \mu\text{s}$
- **Araki e Tomonaga** calcolano tempi di cattura delle particelle penetranti negative in materia solida che risultano dell'ordine di 10^{-12} s.

Ancora su Araki Tomonaga

- La radiazione cosmica penetrante è formata da particelle dei due segni con un eccesso del 20% di positivi. Le particelle negative a piccole velocità sono immediatamente assorbite dai nuclei e, secondo Yukawa, producono una reazione nucleare (evaporazione) istantanea, invece quelle positive decadono spontaneamente. Quindi il rapporto decadimenti/assorbimenti (M/A) dovrebbe valere circa il 60%.
- Nel 1944* Conversi e Piccioni pubblicano
$$M/A = 0,56 \pm 0,08$$

Conversi (1917-1988) e Piccioni (1915-2002)



Ancora su Conversi e Piccioni

- Evidentemente l'esperimento di Conversi e Piccioni viene interpretato assumendo da altri esperimenti il rapporto di intensità fra le particelle dei due segni.
- Particolarmente difficile è valutare l'efficienza di rivelazione degli elettroni di decadimento.
- Essi osservano che un esperimento più accurato, suggerito da Ettore Pancini (allora impegnato nella lotta partigiana in veneto), e basato sulla focalizzazione/de-focalizzazione magnetica delle particelle dei due segni diversi, dovrebbe fornire risultati più chiari e sicuri: ... *A few year ago Dr. E. Pancini suggested an experiment designed to give a definitive answer about this point:.....*

Ettore Pancini (1915 - 1981)



A metà del '45 Pancini torna a Roma: nel frattempo l'apparato da lui suggerito è stato montato e collegato con il sistema di coincidenze ritardate già usato da Conversi e Piccioni nelle misure precedenti e in particolare per misurare con precisione la vita media delle particelle.

L'apparato



Smithsonian Institute - Washington

Lo schema

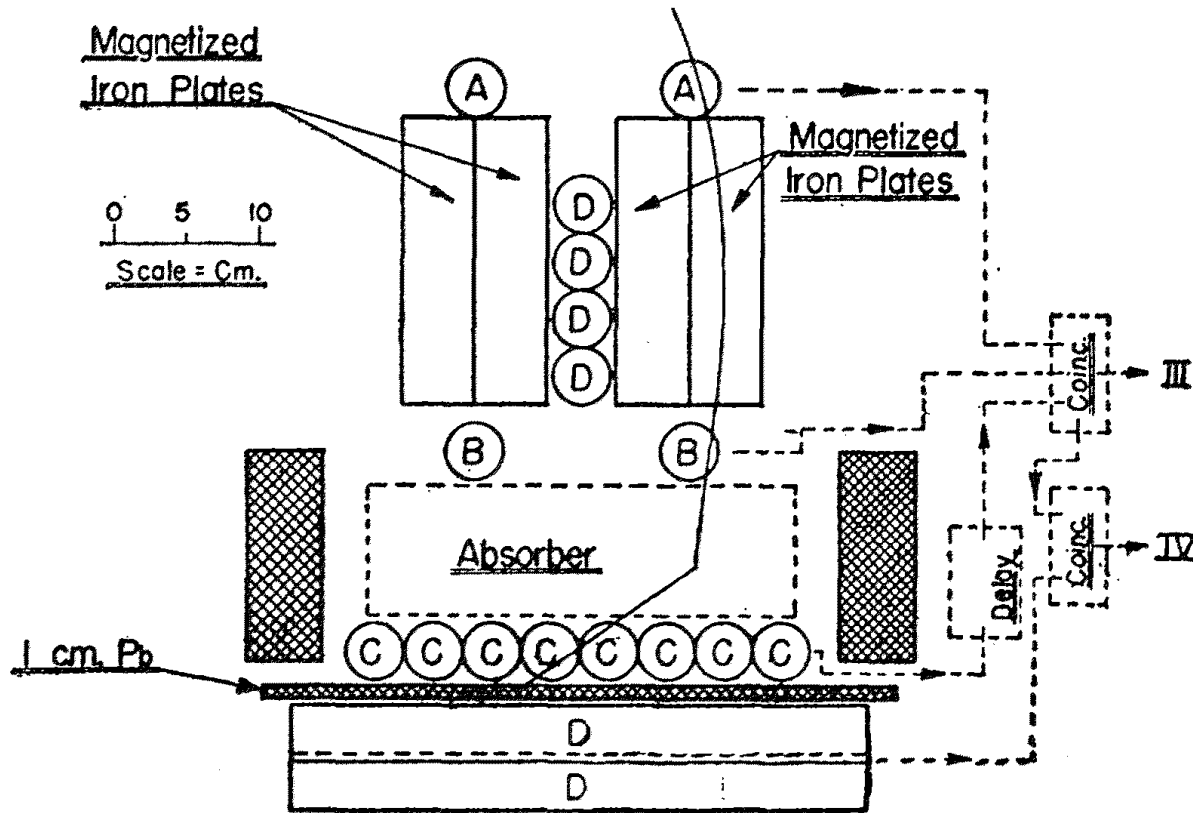


FIG. 1. Disposition of counters, absorber, and magnetized iron plates.
All counters "D" are connected in parallel.

I circuiti di coincidenza

FIG. 4. Inverter and delaying multivibrator.

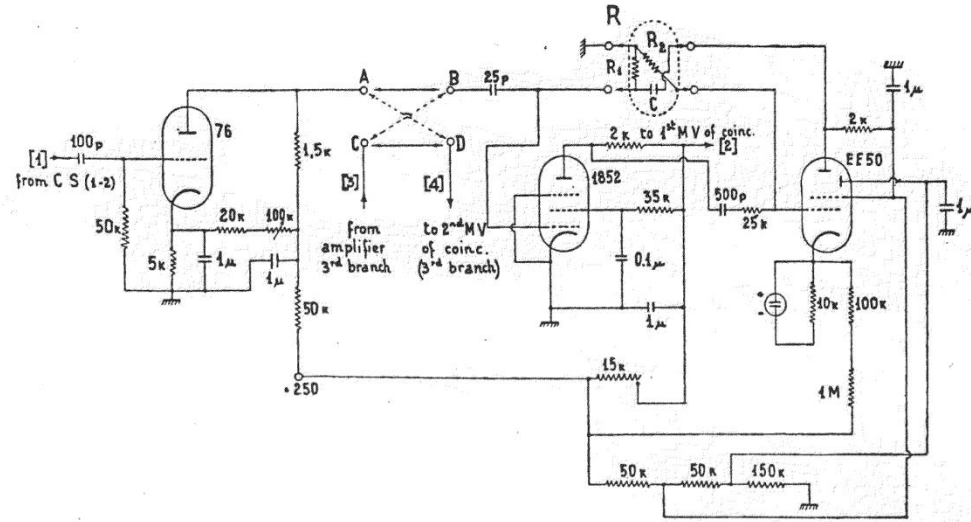
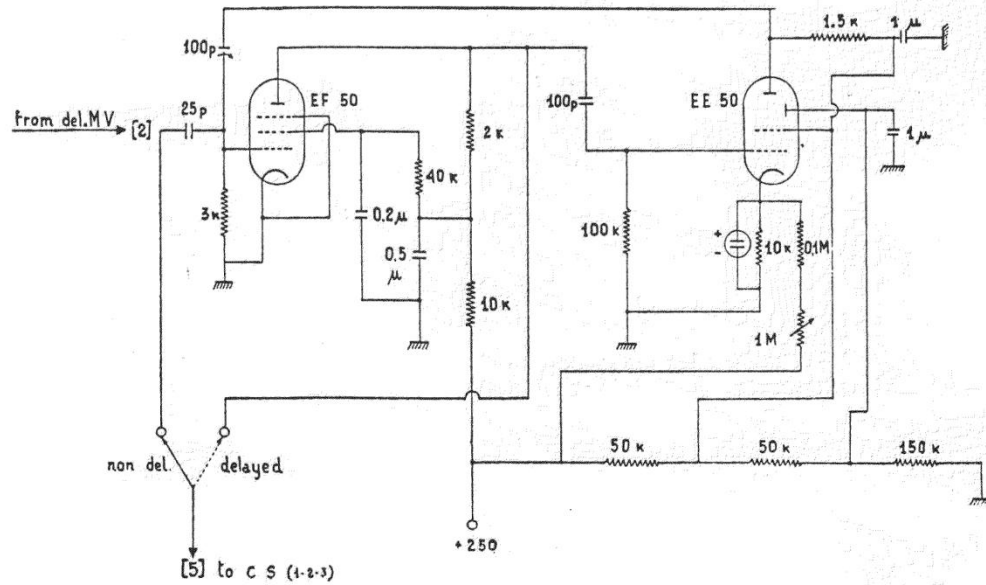


FIG. 5. First coincidence multivibrator.



On the Decay Process of Positive and Negative Mesons

M. CONVERSI, E. PANCINI, AND O. PICCIONI

*Instituto di Fisica della R. Università di Roma Centro di Fisica nucleare
del C.N.R., Rome, Italy*

October 15, 1945

With a fixed delay we found the following results:

Concentrating positive mesons:

$$(III-IV)_+ = 58/177^h 16' = 0.33 \pm 0.04,$$

Concentrating negative mesons:

$$(III-IV)_- = 13/168^h 06' = 0.077 \pm 0.02.$$

Regarding the actual result only as a qualitative one, we have not taken into account the small lack of efficiency of the four-fold coincidences.

These results point out the greatly different behavior of negative and positive mesons, so that the prediction of Tomonaga and Araki seems to be confirmed experimentally. We have not yet checked whether the small rate $(III-IV)_-$ is caused by some instrumental effect, or not. Further experiments are now in progress.

Qualche commento

- Come calcolato da Araki e Tomonaga la cattura di una particella negativa da parte di un nucleo avviene in circa 10^{-12} s.
- L'energia di legame della particella in Fe è di circa 2 MeV, il raggio di Bohr di 10^{-14} m.
- Se la particella è il quanto delle forze nucleari vede il nucleo atomico come un perfetto assorbitore, quindi genera una reazione nucleare in circa 10^{-12} s
- Pertanto le particelle negative in Fe non possono decadere (β) mentre l'esperimento mostra un rapporto fra i decadimenti $M_+/M_- = 4,3 \pm 1$
- Ma allora l'esperimento del '44 avrebbe dovuto dare $M/A \sim 0,66$.
- A meno di effetti strumentali da scoprire, l'esperimento del '45 non è in aperto contrasto con quello del '44 (entro 2σ), ma lo è con l'ipotesi di Yukawa ($M_- = 0$) (fuori di circa 4σ).

Concludendo, a questo punto si era arrivati 70 anni fa, ma..

- Venne deciso di ripetere l'esperimento con un esame più attento dei sistematici e con un materiale assorbitore a basso Z, la grafite, che era disponibile in dischi.
- Col senno di poi questa era l'unica cosa da fare, ma dai documenti e dalle dichiarazioni dei ricercatori (Piccioni e Conversi) non emerge una ragione chiara.
- Di fatto l'esperimento con la grafite fu portato a termine nel 1946 e i risultati furono inviati al Physical Review.

On the Disintegration of Negative Mesons

M. CONVERSI, E. PANCINI, AND O. PICCIONI*

*Centro di Fisica Nucleare del C. N. R. Istituto di
Fisica dell'Università di Roma, Italia*

December 21, 1946

are

Araki. After some improvements intended to increase the counting rate and improve our discrimination against the "mesons of the opposite sign," we continued the measure-

~3%

TABLE I. Results of measurements on β -decay rates for positive and negative mesons.

Sign	Absorber	III	IV	Hours	$M/100$ hours
(a) +	5 cm Fe	213	106	155.00'	67 ± 6.5
(b) -	5 cm Fe	172	158	206.00'	3
(c) -	none	71	69	107.45'	-1
(d) +	4 cm C	170	101	179.20'	36 ± 4.5
(e) -	4 cm C + 5 cm Fe	218	146	243.00'	27 ± 3.5
(f) -	6.2 cm Fe	128	120	240.00'	0

± 2.5

± 1.5

field. $M = (\text{III}) - (\text{IV}) - P(\text{IV})$, the number of decay electrons, is corrected for the lack of efficiency (p) in our fourfold coincidences (~ 0.046). (\underline{P})

Commentando la tabella

sign	absorb	III	IV	hours	M/hours
a+	5cm Fe	213	106	155,00'	67 \pm 6.5
b-	5cm Fe	172	158	206,00'	3 \pm 2.5
c-	none	71	69	107,45'	-1
d+	4cm C	170	101	179,20'	36 \pm 4.5
e-	4cmC +5cmFe	218	146	203,00'	27 \pm 3.5
f-	6.2cm Fe	128	120	240,00'	0 \pm 1.5

- Ora i decadimenti negativi nel Fe sono quasi (?) scomparsi (a,b) , il rapporto M_+/M_- (che era $4,3\pm 1$) cambia oltre i 3σ per la correzione e la riduzione degli effetti sistematici, e.g. focalizzazione.
- Confrontando (e) con (f), due assorbitori equivalenti, si vede bene che ci sono decadimenti negativi nel carbonio, più o meno, nello stesso numero dei decadimenti positivi nello stesso spessore (d), per cui però l'effetto di focalizzazione-frenaggio è diverso
- (c) misura l'efficienza della coincidenza IV

La parola ai teorici. (J.A. Wheeler, Phys. Rev.71 (1947) 320.)

- La particella negativa si lega al Fe con l'energia di circa 2 MeV, il raggio di Bohr è circa $R = 10^{-14}$ ed è inversamente proporzionale a Z .
- Se il nucleo non è perfettamente assorbente e la particella negativa viene "distrutta" dai protoni, la probabilità di distruzione per unità di tempo è proporzionale a $P_d \sim Z/R^3 \sim Z^4$
- Tenendo conto del decadimento spontaneo (vita media τ) la probabilità di scomparsa della particella negativa che equivale a quella di cattura A_- troviamo $P_s = (1 + (Z/Z_0)^4)/\tau$ e quindi
- $$M_-/A_- = 1 / (1 + (Z/Z_0)^4)$$
- Se poniamo $M_-/A_- \simeq 8/9$ in grafite, come suggerisce un confronto (d)-(e), troviamo $Z_0 = 10.1$ e, per il Fe, $M_-/A_- \simeq 2 \cdot 10^{-2}$, ampiamente compatibile con l'esperimento del '46.

Conclusione

- Se la particella penetrante non vede il nucleo come un corpo completamente assorbente non è la particella di Yukawa, ma si comporta come un elettrone 200 volte più pesante.
- Lo schema di Yukawa, che è basato su un campo scalare, oltre a quello elettromagnetico, va abbandonato!
- Incomincia la caccia alle particelle elementari.