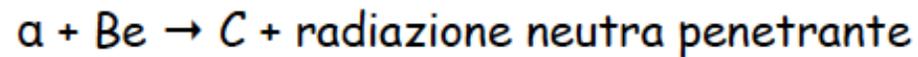


La scoperta del Neutrone

Dopo la scoperta di Rutherford e di Frederick Soddy della trasformazione artificiale dei nuclei esposti a particelle α , seguirono numerosi esperimenti per studiare questo fenomeno. Nel 1928 Bothe e Becker osservarono che nella reazione di particelle α , emesse dal Polonio con energia di $\approx 5.4 \text{ MeV}$, con nuclei di Berillio venivano prodotti Carbonio e una radiazione non ionizzante, cioè neutra, molto penetrante:



In realtà la reazione che avveniva era la seguente: ${}^4_2\text{He} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + n$

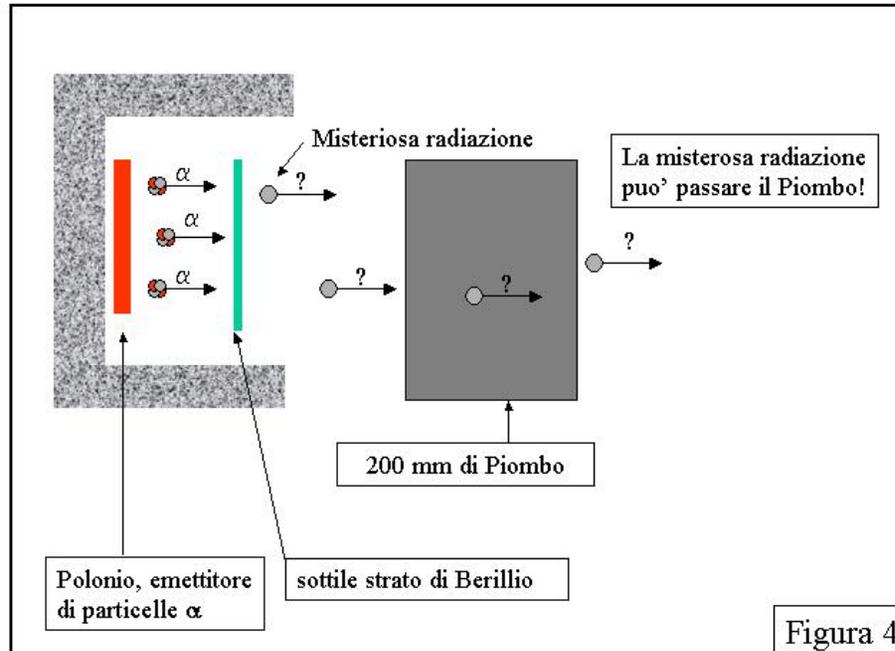
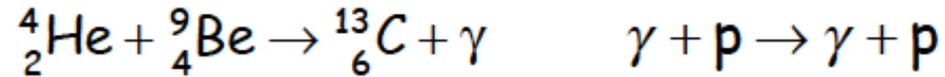


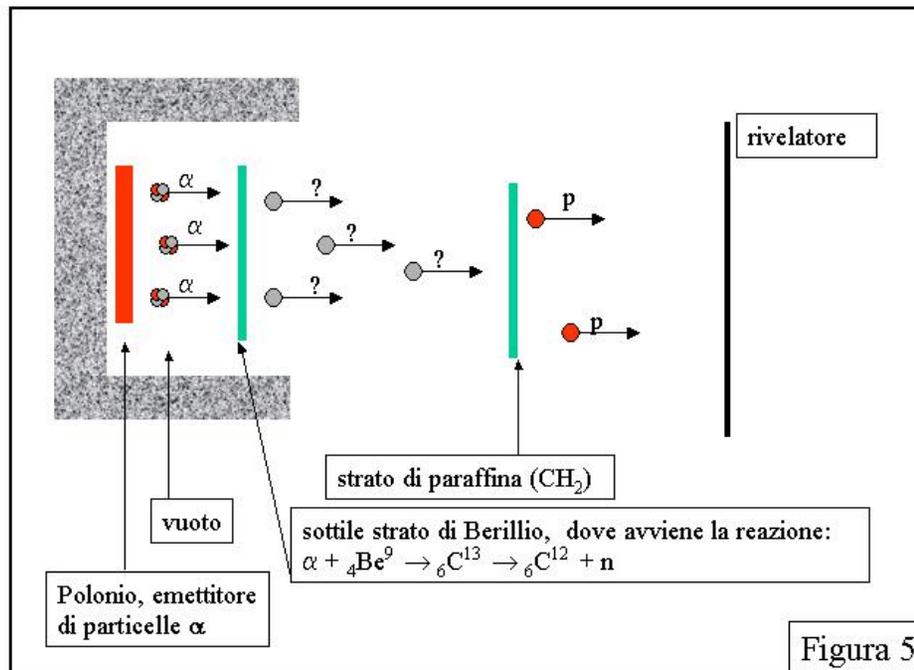
Figura 4

Esperimento di Bothe - Becker

Nel 1930 Irene Curie e Frederic Joliot osservarono che questa radiazione neutra, attraversando un assorbitore di materiale idrogenato produceva emissione di protoni con energia cinetica fino a circa 5.3 MeV e interpretarono la radiazione neutra come fotoni che emettono protoni per effetto Compton:

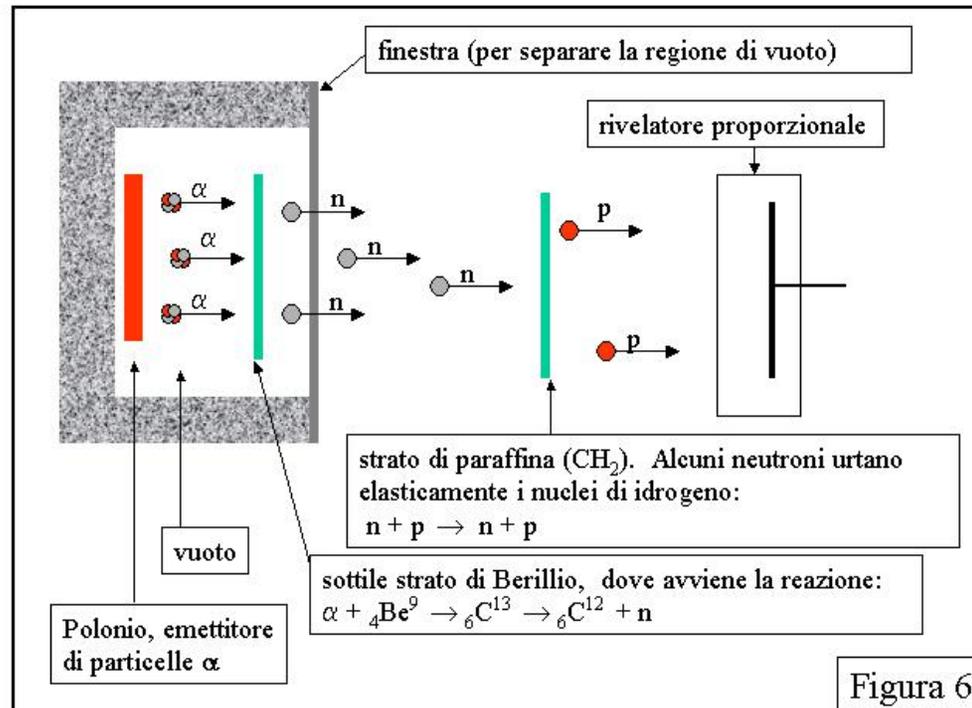


Per la conservazione dell'energia deve essere: $E_\gamma = T_\alpha + m_\alpha + m({}^9\text{Be}) - m({}^{13}\text{C})$



Esperimento di Curie - Joliot

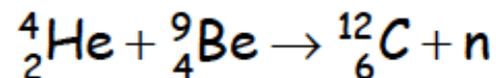
Nel 1931 Chadwick studiò l'effetto della radiazione neutra su Idrogeno e altri nuclei (Elio, Azoto, Ossigeno, ...) determinando la velocità di rinculo dei nuclei da misure di percorso in una camera a ionizzazione.



Esperimento di Chadwick

L'esperimento, in uno schema di principio, differisce dai precedenti per il rivelatore proporzionale che è in grado, registrando la corrente prodotta dai protoni, di fornire una misura della loro velocità.

- per emettere un protone con energia cinetica fino a $T_p = 5.3 \text{ MeV}$ per effetto Compton, i fotoni emessi nella reazione devono avere energia fino a $E_\gamma = 50 \text{ MeV}$;
- questo valore di energia è troppo elevato e non è compatibile con la conservazione dell'energia nella reazione: $E_\gamma = T_\alpha + m_\alpha + m(^9\text{Be}) - m(^{13}\text{C}) = 16 \text{ MeV}$
- la conservazione dell'energia e dell'impulso è invece assicurata se nella reazione viene prodotta una particella neutra con massa approssimativamente uguale alla massa del protone



Chadwick determinò la massa del neutrone con una precisione del 10%. Egli sperimentò che questa radiazione era in grado di far rinculare a grande velocità non solo protoni, ma anche He, Li, Be, B, C, O e Ar. L'ipotesi di effetto Compton nucleare divenne estremamente improbabile.

Era infatti noto che l'energia cinetica di ogni singolo quanto della radiazione incidente era circa 14 MeV (il neutrone)

Un semplice calcolo permette di concludere, nel caso in cui i protoni siano emessi nella stessa direzione della radiazione che:

- 1) se la misteriosa radiazione avesse massa nulla (ipotesi di fotone) => la velocità dei protoni emessi sarebbe pari a circa il 3% della velocità della luce;
- 2) se la misteriosa radiazione avesse massa circa uguale al protone (ipotesi di neutrone) => la velocità dei protoni emessi sarebbe pari a circa il 17% della velocità della luce.

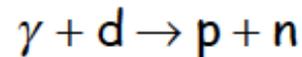
Risultato di Chadwick : la misteriosa radiazione faceva espellere dalla paraffina protoni di velocità pari a circa il 17% della velocità della luce e quindi era dimostrata l'esistenza di una particella neutra presente all'interno dei nuclei, di massa circa uguale a quella del protone..

→ Scoperta del neutrone!

Scoperta del Deutone

Il nucleo di deuterio, l'isotopo ${}^2_1\text{H}$ dell'Idrogeno, è stato scoperto pochi mesi dopo il neutrone da Urey ed è stato interpretato come uno stato legato protone-neutrone.

Nel 1934 Chadwick e Goldhaber ossevarono che la fotodisintegrazione del deutone:



non avviene con fotoni di energia $E_\gamma = 1.8 \text{ MeV}$, ma è prodotta da fotoni con $E_\gamma = 2.6 \text{ MeV}$ e determinarono con maggior precisione la massa del neutrone:

$$939.1 \text{ MeV} / c^2 \leq m_n \leq 939.9 \text{ MeV} / c^2$$

I valori attuali delle masse del protone, neutrone, deutone e dell'energia di legame B_d del deutone sono:

$$m_p = 938.27231 \pm 0.00028 \text{ MeV} / c^2$$

$$m_n = 939.56563 \pm 0.00028 \text{ MeV} / c^2$$

$$m_d = 1875.61339 \pm 0.00057 \text{ MeV} / c^2$$

$$B_d = 2.224589 \pm 0.00002 \text{ MeV}$$

La scoperta del positrone

1928: Equazione di Dirac, Relatività Speciale e Meccanica Quantistica.

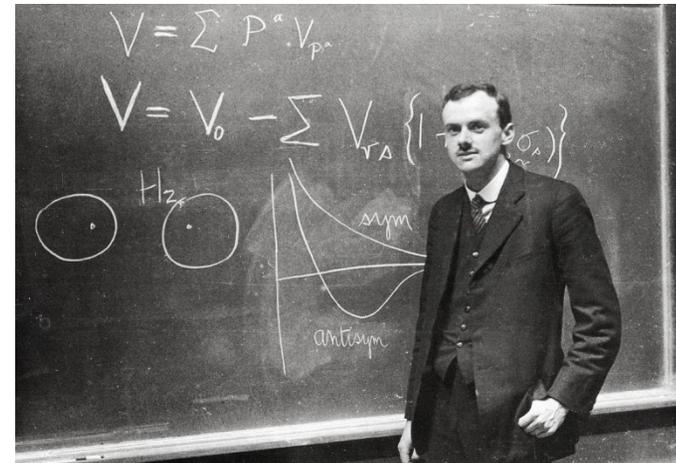
$$(i \gamma^\mu \partial_\mu - m) \psi = 0$$

Le soluzioni nel sistema a riposo sono 4 stati:

- $E > 0, s = +1/2$
- $E > 0, s = -1/2$
- $E < 0, s = +1/2$
- $E < 0, s = -1/2$

Elettrone, $s = +1/2$
Elettrone, $s = -1/2$

Positrone, $s = 1/2$
Positrone, $s = -1/2$



Il positrone, particella identica all'elettrone e^- ma avente carica positiva: e^+ .

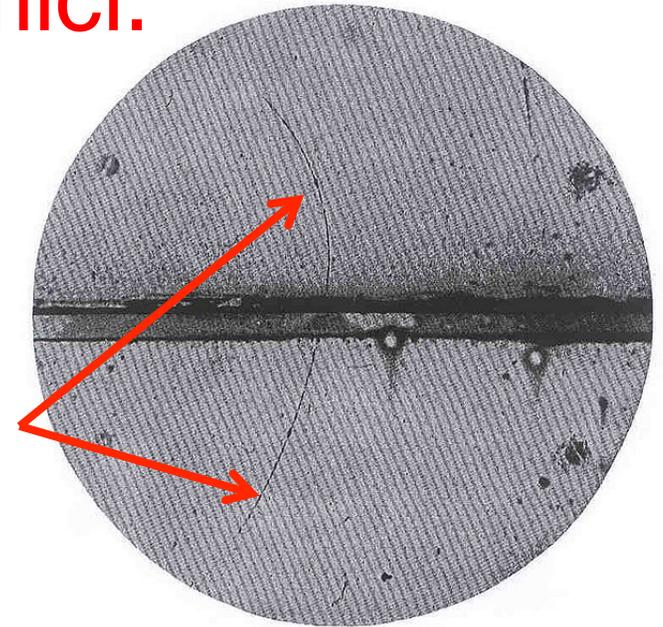
→ prima previsione della teoria quantistica relativistica

1932: Anderson, scoperta del positrone nei raggi cosmici.

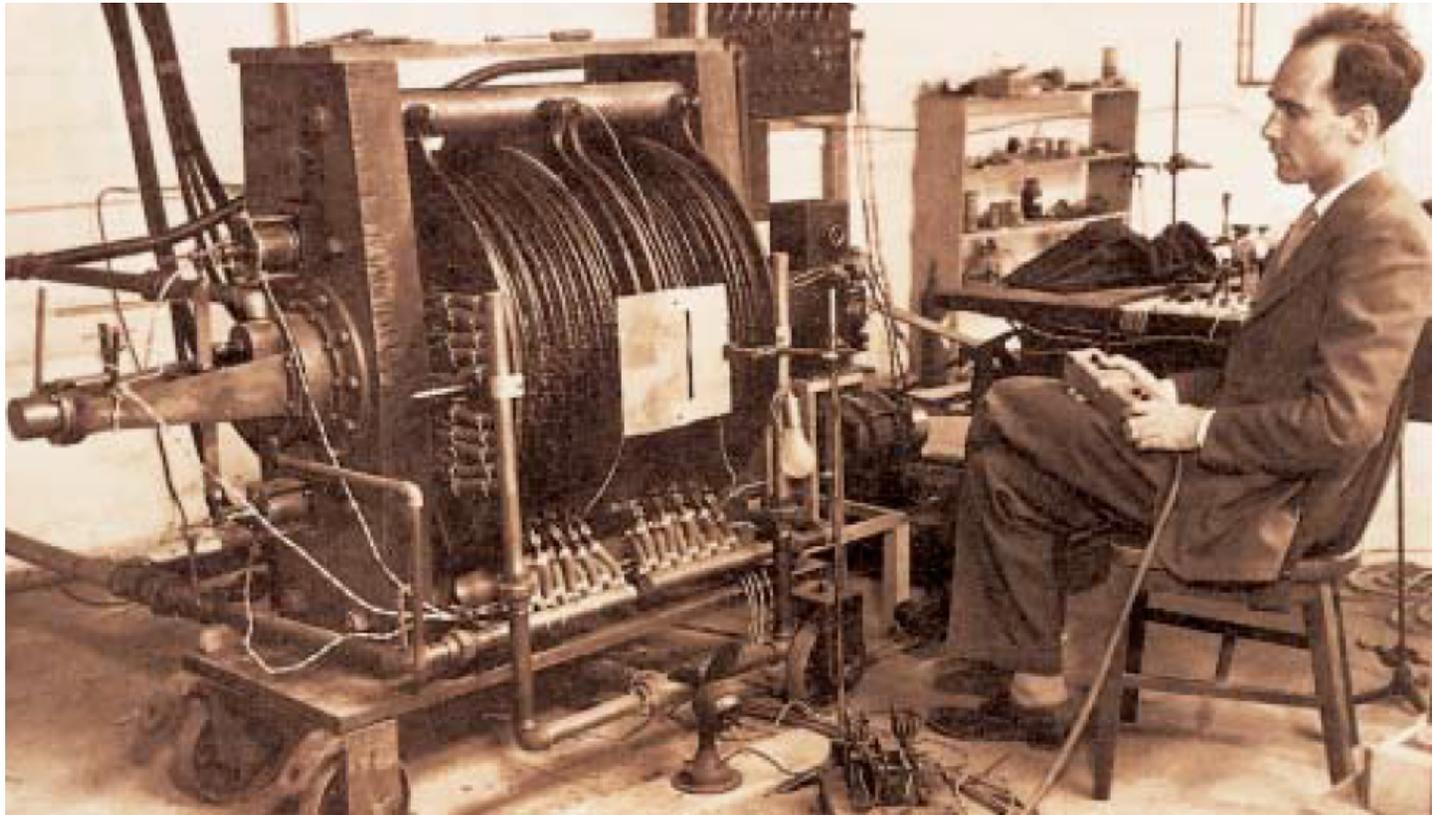
Anderson (PhD di Millikan !) scopre i positroni scoperti nelle interazioni dei raggi cosmici in camere a nebbia: le particelle cariche lasciavano una striscia di goccioline lungo la loro traiettoria, che poteva venir fotografata; il campo magnetico defletteva le particelle elettricamente cariche a seconda della loro carica.

Viene rivelato lo stesso numero di particelle di carica positiva e negativa leggere .

Lastra di Piombo per discriminare se erano elettroni che venivano dal basso o positroni che venivano dall'alto.



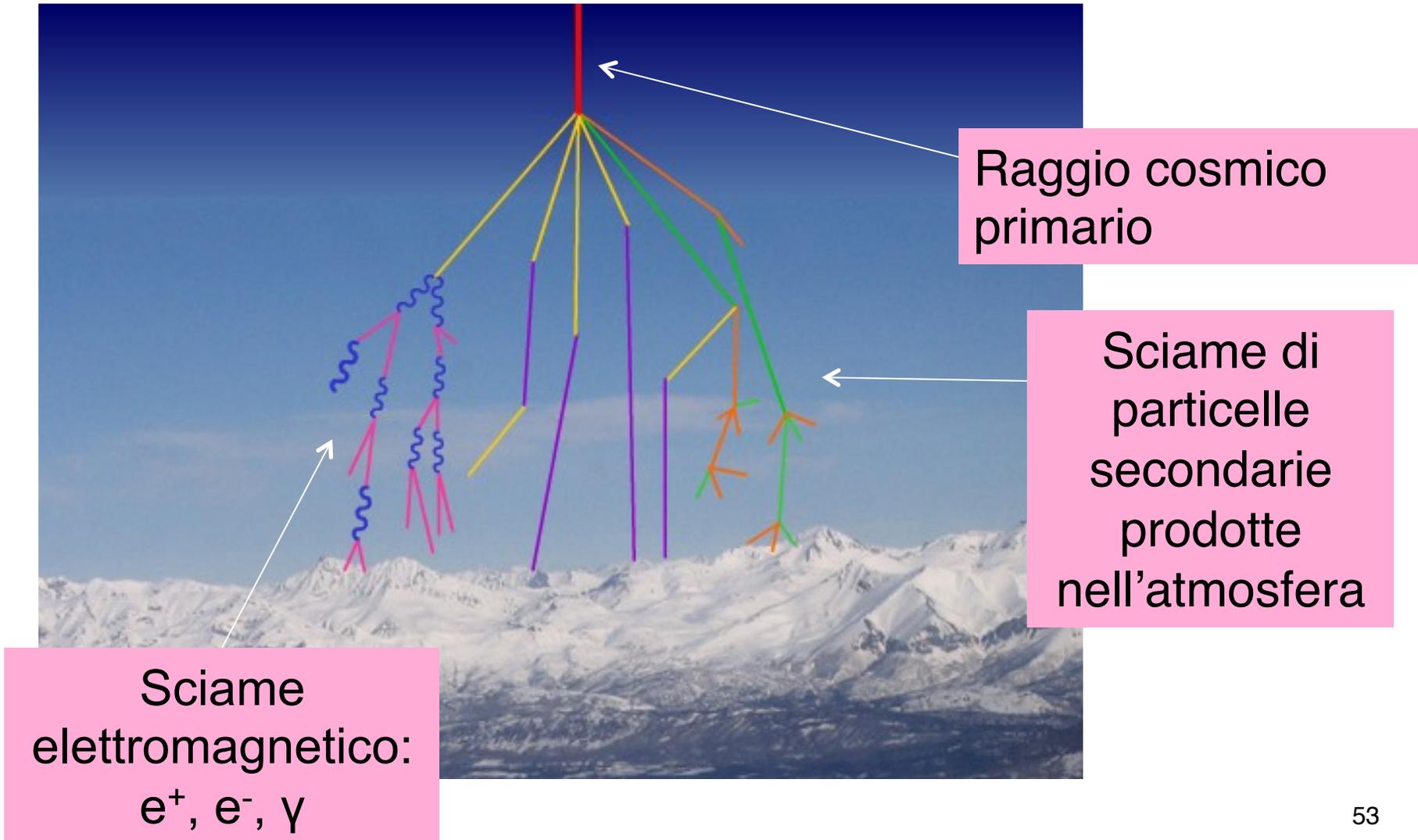
Camera a nebbia montata su pallone aerostatico:



L'esistenza delle antiparticelle: una proprietà generale delle particelle elementari: stessa massa della particella ma carica (e momento magnetico) opposti.

→ C. Anderson: Premio Nobel per la fisica nel 1936

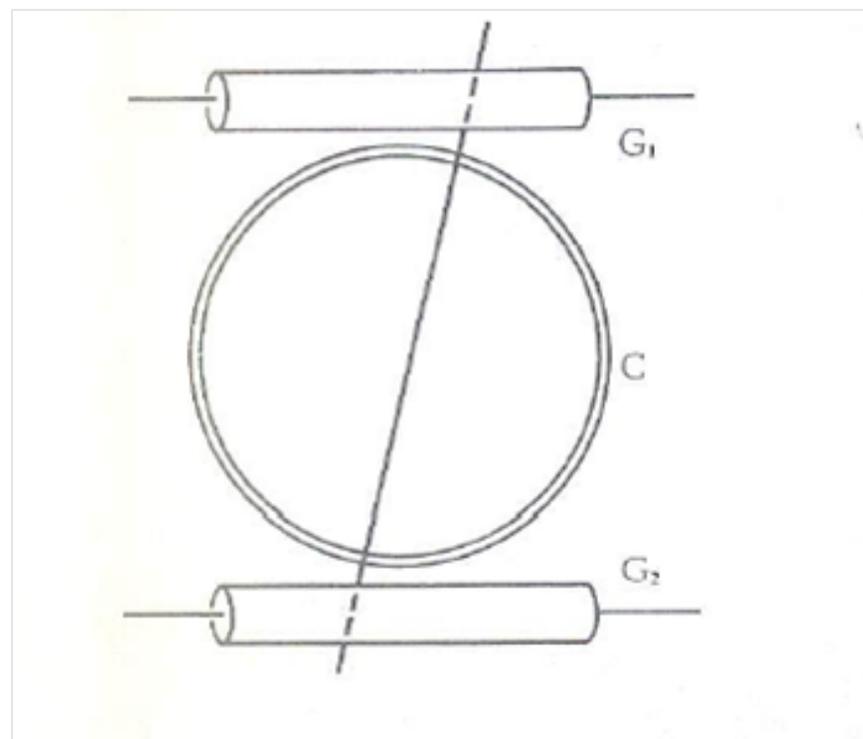
Raggi Cosmici: particelle provenienti dallo spazio

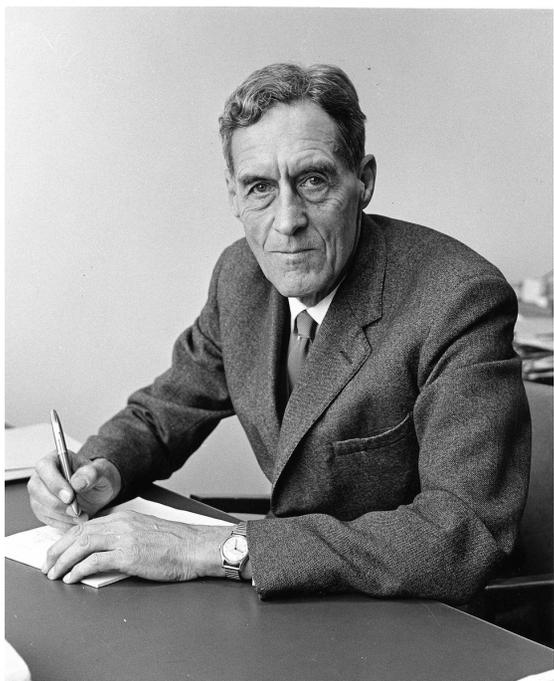


Il Contributo di Blackett, Occhialini e Rossi

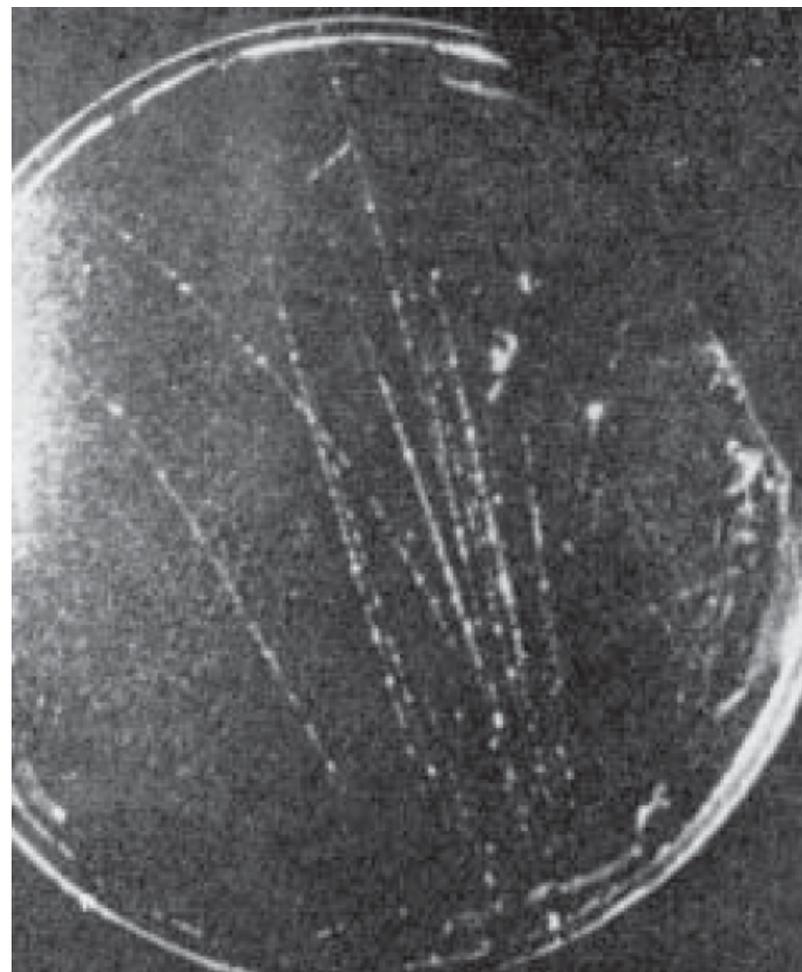
Negli stessi anni Blackett e Occhialini mettono in coincidenza (Rossi) la camera a nebbia con 2 contatori Geiger e la fotografano quando passano i raggi cosmici (più di 700 foto).

Si scopre così l'origine dei positroni, che vengono prodotti dai raggi cosmici all'interno di sciame insieme agli elettroni.





P. Blackett
Premio Nobel per la fisica 1946



G. Occhialini

L'antimateria e la PET

