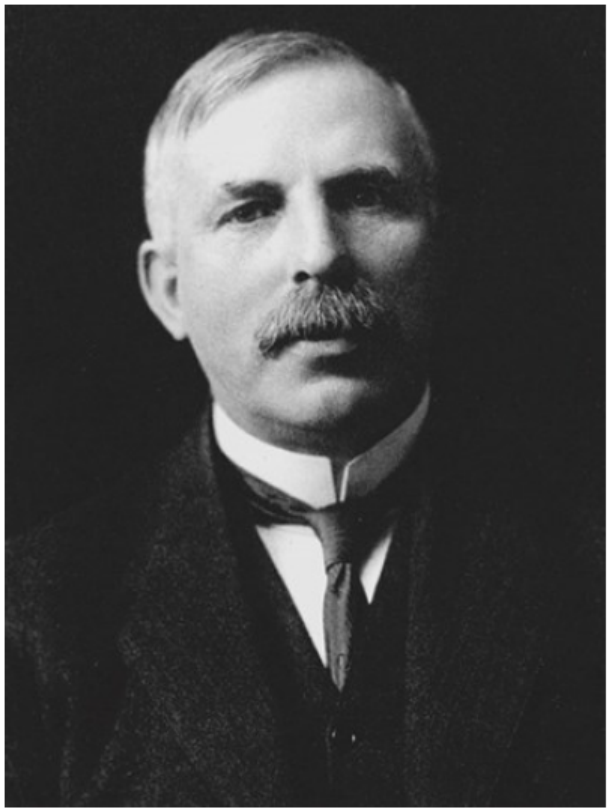
Scattering di particelle α e la scoperta del nucleo atomico



Ernest Rutherford nel 1908

Ernest Rutherford
(Brightwater, 1871- Cambridge 1937)

Premio Nobel per la Chimica (1908) «*for his investigations into the disintegration of the elements, and the chemistry of radioactive substances*"

Noto soprattutto per la scoperta del nucleo atomico (1911), un po' meno noto… per la scoperta del protone (1919), è unanimamente riconosciuto fondatore della fisica nucleare.

E potremmo anche definirlo:

L'Uomo delle particelle α

Rutherford nasce nel 1871 a Nelson, New Zealand, da una famiglia scozzese lì immigrata dal 1842. Nel 1893 prende la doppia laurea in Matematica e in Fisica all'Università di Wellington (Nuova Zelanda).

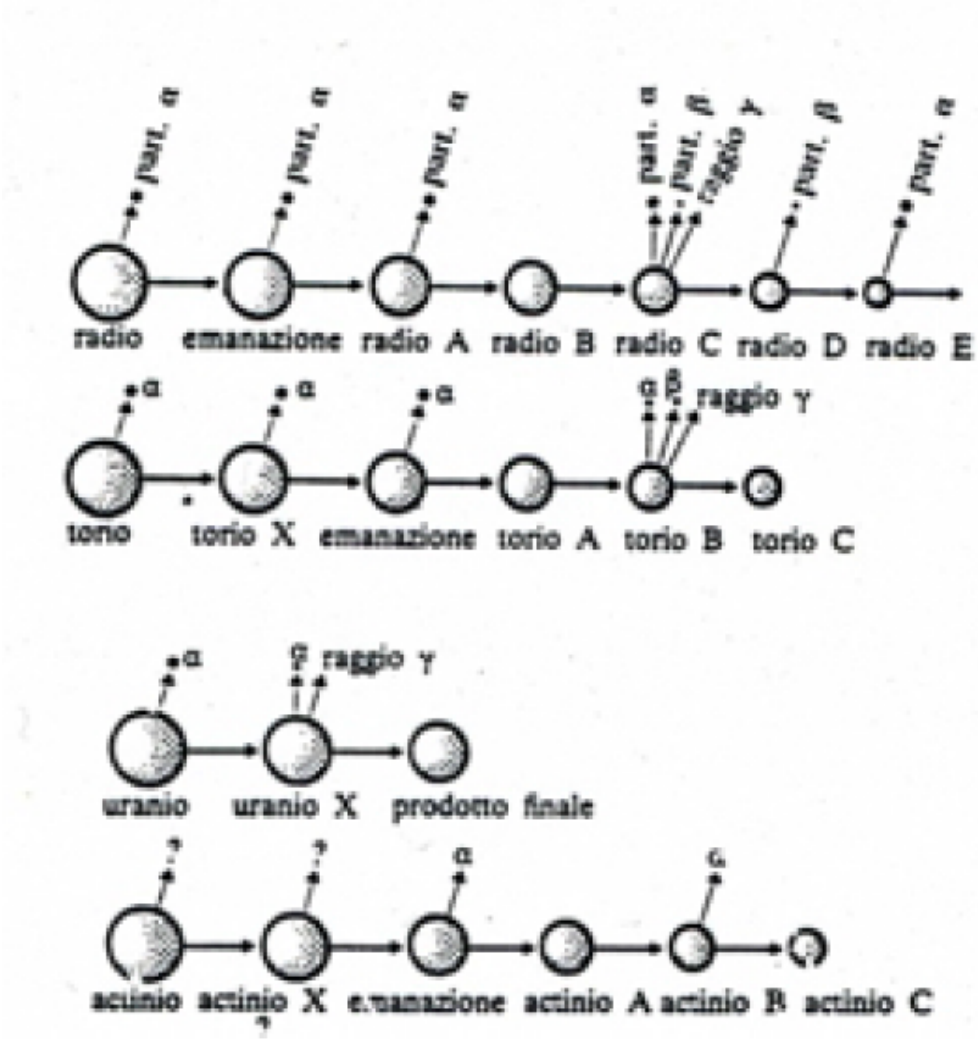
Nel 1894 vince una borsa di studio con cui si trasferisce al Trinity College di Cambridge, come «research student» presso il **Cavendish Laboratory**, sotto la direzione di J.J.Thomson, e successivamente viene promosso al grado di B.A. Research.

Nel 1898, a soli ventisei anni, si trasferisce in Canada come Professore di Fisica alla **McGill University di Montreal.**

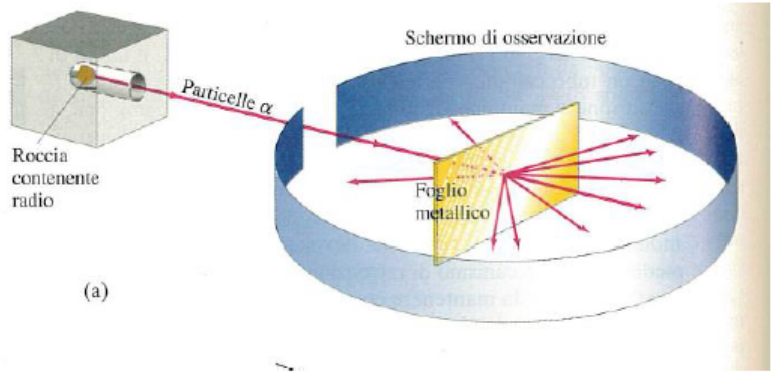
Nel 1907 ritorna in Inghilterra, sempre come Professore di Fisica, presso l'**Università di Manchester**. L'anno dopo riceve il premio Nobel in Chimica.

Nel 1919 si trasferisce nuovamente al **Cavendish Laboratory** di Cambridge, succedendo a J.J.Tomson come Direttore del Laboratorio , e vi rimane fino alla morte (1937).

«The succession of changes in radioactive bodies» (E. Rutherford, 1904)



In moltissimi testi didattici (universitari e scolastici) , in manuali, in monografie, etc, per spiegare l' introduzione del modello atomico a nucleo centrale da parte di Rutherford nel 1911 si fa riferimento al così detto **«Esperimento di Rutherford»**.



Un fascio di particelle α viene fatto incidere su una lamina d'oro. Uno schermo fluorescente circolare, posto intorno alla lamina, rileva la posizione delle particelle dopo che sono state scatterate dalla lamina. Si constata che **alcune particelle vengono deviate ad angoli molto grandi, anche > 90° (scattering all'indietro).**

Douglas C.Giancoli "Fisica_principi e applicazioni"
Seconda edizione italiana (Casa Editrice Ambrosiana, 2006)

Si prosegue poi dicendo che:

Per spiegare questi grandi angoli di scattering, Rutherford ipotizza che la carica atomica positiva sia concentrata al centro dell'atomo in un volume estremamente piccolo, **il nucleo**, in modo che **il campo elettrico presente risulti molto intenso** (maggiore di molti ordini di grandezza rispetto a quello presente nel modello di J.J.Thomson a quel tempo comunemente adottato, con carica positiva distribuita uniformente in tutto il volume atomico), e quindi in grado di **deflettere a grandi angoli** una particella α **anche in un solo urto atomico**.

In realtà questo esperimento, così come viene descritto**, non è mai stato fatto** né da Rutherford, né dai suoi collaboratori.

Come cercheremo di mostrare, esso è **la sintesi molto approssimata e molto parziale** di una serie di esperimenti sullo scattering delle particelle α, che ebbero inizio con l'esperimento di Rutherford del 1906, che potremmo definire «il vero esperimento di Rutherford», e che si conclusero con gli esperimenti di Geiger e Marsden del 1913.

L'idea di Rutherford del nucleo non nasce da questo fantomatico esperimento, ma in modo più complesso

PRIMO ESPERIMENTO su scattering delle α : «Il vero esperimento di Rutherford»

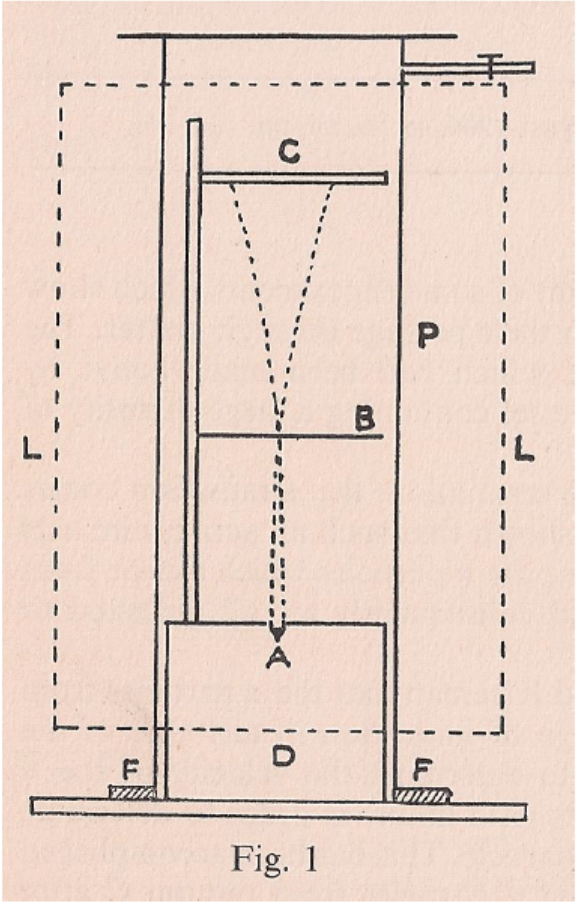


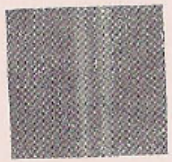
Fig. 1

Apparato usato costituito da una camera in cui può essere fatto il vuoto
(A) : sorgente di particelle α.
(B) : schermo con fenditura per collimare il fascio di α.
(C) : lastra fotografica su cui venivano rilevate le α.

L'intero sistema veniva sottoposto ad un campo magnetico esterno (nella zona LL) il cui verso era invertito ogni 10 minuti e il tempo di esposizione durava 2 ore.

RISULTATO: l'immagine lasciata da un fascio di particelle α su una lastra fotografica dopo aver attraversato uno strato d'aria o un diffusore di mica è a contorni diffusi, mentre quella ottenuta nel vuoto, è a contorni netti: quindi esistono effetti di scattering delle α da parte della materia

Fig. 3



→ air bands.

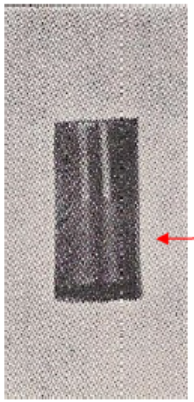
→ vacuum bands.

Magnification 1·4.

Prima misura: l'apparato è riempito con l'aria (p_{atm}).
Si vedono **due strisce diffuse** (parte superiore della fotografia)

Seconda misura: nell'apparato viene fatto il vuoto:
Sulla lastra fotografica si osservano **due strisce molto nette** (parte inferiore della fotografia) : sono le due tracce delle particelle α deviate dal campo, secondo i due versi del campo.

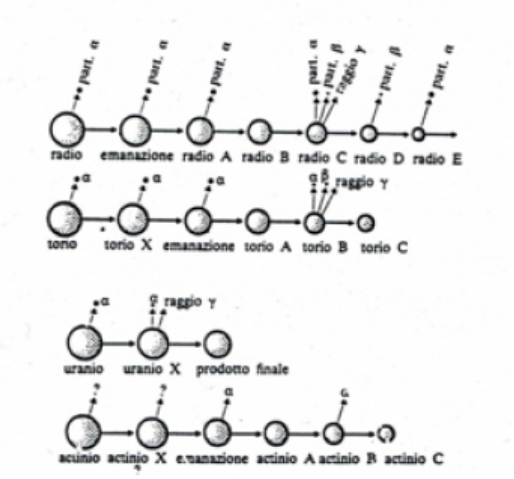
Conclusione: Il maggior spessore e la mancanza di definizione delle bande ottenute in aria mettono in evidenza **l'indubbio scattering dei raggi α nel loro passaggio attraverso l'aria.**



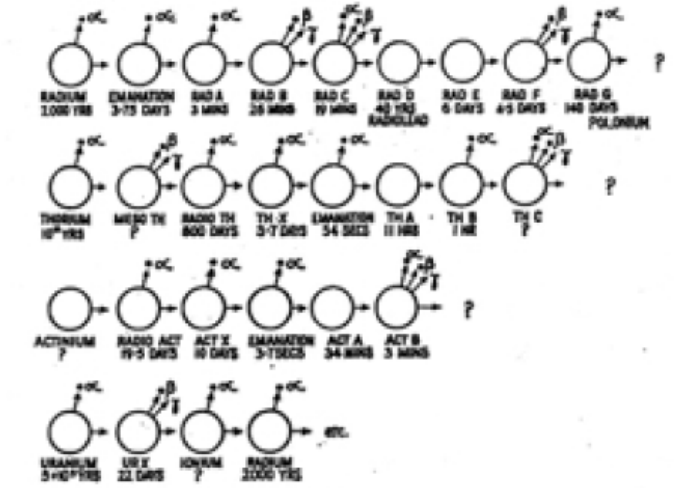
Terza misura: Viene fatto il vuoto e sulla fenditura viene posta una lamina di mica (3x 10^{-3} cm): stessi risultati: con la lamina, si hanno nuovamente **due strisce diffuse,** rispetto al caso del vuoto, in cui sono nette → confermato che **le particelle alfa subiscono uno scattering da parte della materia,**

Dopo questo esperimento, con cui veniva **provata per la prima volta l'esistenza dello scattering delle α,** Rutherford non lavorerà più su questo argomento, ma si concentrerà completamente sulla natura delle alfa (e/m, e) e sulle catene radioattive, arricchendole con nuovi decadimenti (1904 ≠1908) : 11 Dicembre 1908 **Premio Nobel** per la Chimica "for his investigations into the disintegration of the elements, and the chemistry of radioactive substances"; Nobel Lecture: "**The Chemical Nature of the Alpha Particles from Radioactive Substances"**

1904



1908



Succession of Substances produced by the transformation of radium, thorium, actinium and uranium. The period of transformation of each substance is added below.

E.Rutherford «Recent Advances in radio-activity», Nature 1908

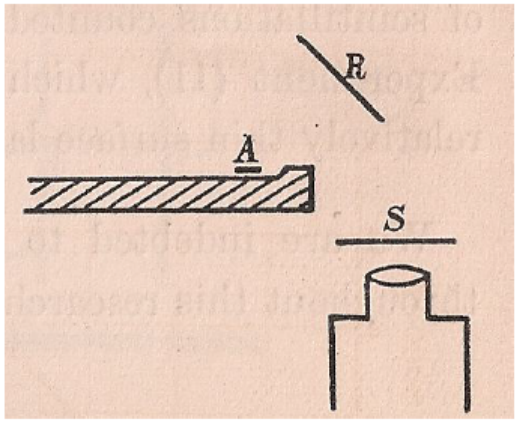
L'ESPERIMENTO DI GEIGER E MARSDEN del 1909

«On a diffuse reflection of the α-particles» (19 maggio 1909)

Obiettivo: studiare l'eventuale scattering all'indietro delle particelle α (> 90°)

Motivazione: Recentissimi esperimenti di Schmidt (1908) avevano mostrato che i raggi β nel passare attraverso una lamina metallica venivano scatterati a un angolo tale che riemergevano dalla stessa parte della lamina.

Domanda immediata: **un tale effetto si aveva anche con le particelle α?**



Apparato:
A= sorgente di α;
R= Diffusore d'oro(spessore equivalente a 5 mm d'aria;
S= schermo di solfuro di Zn;
M= cannocchiale;
P= lastra di piombo fatta in modo tale da garantire che le eventuali particelle α rivelate su S non provenissero direttamente dalla sorgente, ma che fossero scatterate dal diffusore R.

RISULTATO «SORPRENDENTE»:

Una particella α su 8000 viene riflessa indietro da un sottile diffusore d'oro (spessore equivalente a circa 5 mm d'aria)

Inoltre l**o scattering all'indietro non è un effetto di superficie, ma di volume, ed è** confinato in spessori molto piccoli, tali da richiedere **la presenza all'interno dell'atomo di forze molto intense:**

«Nel nostro esperimento circa metà delle particelle riflesse sono state scatterate da una lamina equivalente a circa 5 mm d'aria. Se si tiene conto dell'alta velocità e della massa delle alfa sembra sorprendente che, come mostra l'esperimento, alcune di esse vengono deviate di un angolo di 90° e maggiore entro uno spessore di $6 \cdot 10^{-5}$ cm. Se si volesse produrre tale effetto con un campo magnetico si dovrebbe disporre di un enorme campo di 10 unità assolute»

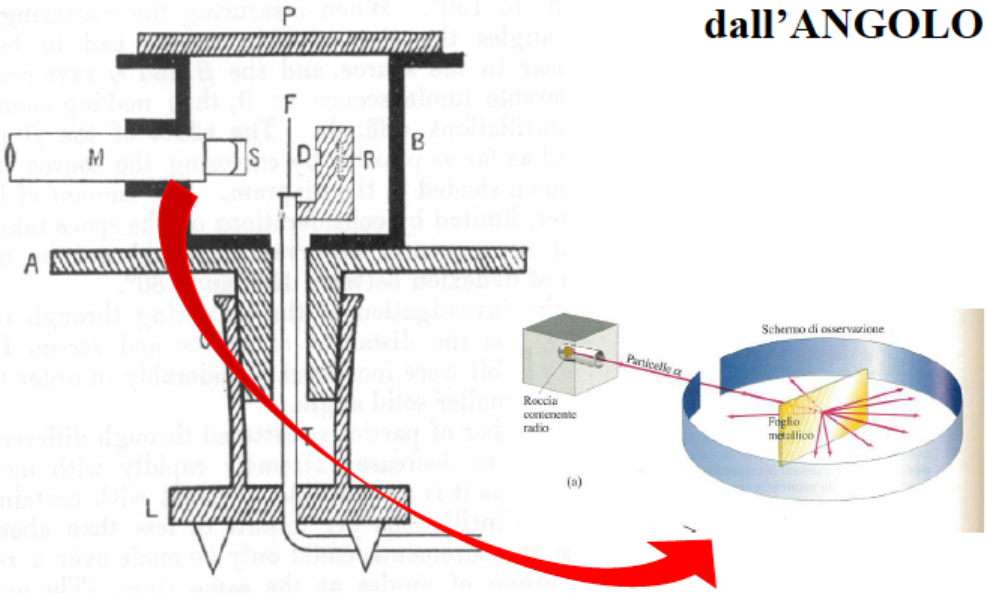
Ringraziamenti a Rutherford «for his kind interest and advice throughout this researce»

L'ESPERIMENTO DI GEIGER E MARSDEN del 1913

"The Laws of Deflexion of α Particles Through Large Angles» (gennaio-giugno 1913)

Per verificare tutte le previsioni dell'equazione di Rutherford; **DUE APPARATI**

I° APPARATO



Apparato per studiare la dipendenza dello scattering dall'ANGOLO: per angoli da 5° a 150°.

E' molto simile a quello del così detto "Esperimento di Rutherford": lo schermo scintillatore (S) che qui può ruotare attorno al diffusore (F) di quasi 150° diventa nell'"Esperimento di Rutherford" uno schermo fisso (in bleu) circolare (circa 360°)