

RELAZIONE DI FISICA

Bertoia Gaia
Calzavara Rebecca
Dal Ben Miriam
Classe V°B

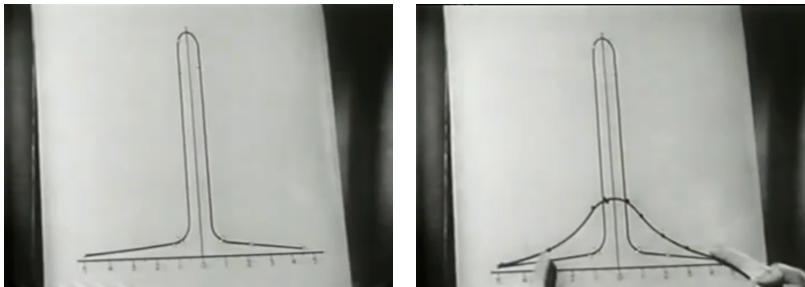
L'ATOMO DI RUTHERFORD

SCOPO: verificare la struttura dell'atomo con l'impiego delle particelle alfa.

MATERIALE UTILIZZATO:

- Camera a nebbia
- Polonio
- Foglio sottilissimo d'oro (nel suo spessore ci sono solo alcune migliaia di atomi).
- Contatore Geiger,

Geiger, in fondo ad un tubo di vetro, fissa una sorgente di radio e, ad una certa distanza, mette il diaframma con la fenditura che gli dà un sottile fascio collimato di particella α . All'altra estremità, posiziona uno schermo scintillatore e, col microscopio, guarda i lampi prodotti dalle particelle che colpiscono lo scintillatore (il foglio d'oro va messo subito dopo la fenditura). Con tale apparecchiatura, registra la distribuzione delle particelle α . Successivamente, realizza due grafici.



Sulle ascisse sono presenti gli angoli di deflessione delle particelle alfa, misurati in gradi, e sulle ordinate i numeri di lampi contati.

Il primo grafico rappresenta il fascio senza il foglio d'oro: con apertura di un grado soltanto ed è nettamente delimitato.

Si nota che, con la presenza del foglio d'oro, il fascio si sparpaglia ai lati: la metà delle particelle viene deflessa oltre 1 grado, alcune fino a 3 ma nessuna oltre 5.



Camera a nebbia



Contatore Geiger



Foglio d'oro

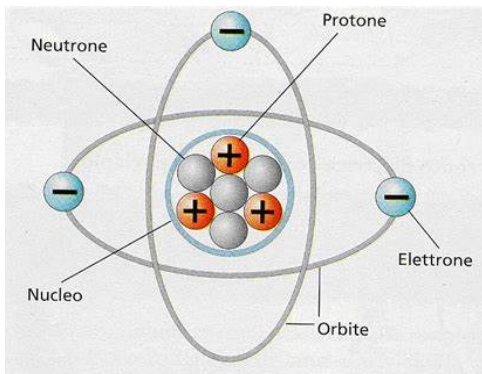
PREMESSA TEORICA:

Carica elettrica ed elettrone

La carica elettrica è una carica fisica, scalare e dotata di segno, responsabile di una delle interazioni fondamentali della materia, l'interazione elettromagnetica.

Essa è una grandezza fisica fondamentale definita come la quantità di elettricità di cui è dotato un corpo e la sua unità di misura nel Sistema Internazionale è il coulomb (C).

Inoltre, la carica elettrica è una grandezza quantizzata, poiché se non si considerano i quark non è stato scoperto alcun oggetto che possiede una carica inferiore a quella dell'elettrone e per tale motivo il suo valore è considerato l'unità di carica elettrica fondamentale, essendo tutte le quantità di carica suoi multipli. Ossia, la carica elettrica esiste solo in forma di multipli di una quantità fondamentale che è la carica dell'elettrone, che è negativa, indicata con e ed



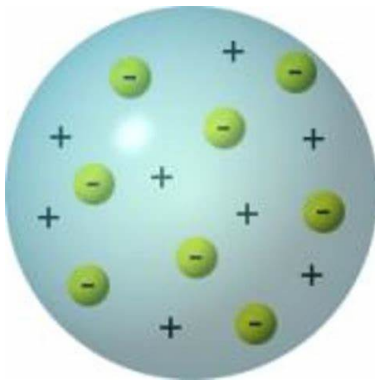
è pari a $-1,6 \cdot 10^{-19} C$. L'elettrone venne scoperto da J.J. Thomson essere una particella subatomica con carica elettrica negativa che insieme ai protoni e ai neutroni costituisce gli atomi che compongono la materia e, sebbene contribuisca in maniera quasi trascurabile alla massa atomica avendo essa massa pari a $9,1 \cdot 10^{-31} kg$, mentre un protone ha massa maggiore della massa dell'elettrone, pari a $1,67 \cdot 10^{-27} kg$ è di fondamentale importanza per definire le proprietà chimiche degli elementi.

Il primo modello atomico, il modello atomico a panettone



Influenzato dagli studi di Maxwell e dalla scoperta dei raggi X, Joseph John Thomson dedusse che i raggi catodici fossero composti da particelle di carica negativa, che chiamò inizialmente *corpuscoli*, non ascoltando il suggerimento del fisico Stoney che aveva proposto di chiamarli "atomi di elettricità". Successivamente, queste particelle dotate di carica negativa divennero note con il nome di elettroni. La scoperta dell'elettrone pose però il problema della definizione di un nuovo modello di atomo. Il primo ad elaborare un nuovo modello atomico fu lo stesso J.J.

Thomson, che nel 1904 elaborò il cosiddetto modello atomico di Thomson, noto anche con il nome di modello atomico a panettone.



In particolare, egli sosteneva che l'atomo avesse una forma sferica e che al suo interno fossero distribuite in modo sparso sia le cariche negative che quelle positive e che il numero delle cariche positive fosse il medesimo di quello delle cariche negative.

In questo modo, nel complesso l'atomo risulta elettricamente neutro.

Se si prende in considerazione il modello atomico elaborato da Thomson e si immagina di spostare un elettrone contenuto all'interno dell'atomo verso l'esterno di quest'ultimo, accade

che l'elettrone sente una forza e , di conseguenza, sente un'accelerazione direttamente proporzionale allo spostamento.

Un corpo che sente un'accelerazione si muove di moto accelerato e per le equazioni di Maxwell ogni carica che si muove di moto armonico genera un'onda elettromagnetica, ovvero causa un'emissione.

Ne segue dunque che un modello rudimentale e inaccurato dell'atomo, come quello di Thomson è comunque in grado di spiegare, seppur in modo parziale, lo spettro di emissione di un atomo.

Il modello atomico di Rutherford o modello atomico planetario



Ernest Rutherford



Hans Geiger



Ernest Marsden

Il modello atomico elaborato da Thomson venne però smentito in seguito da un altro fisico che si era posto come obiettivo quello di indagare la struttura interna dell'atomo, ovvero Ernest Rutherford.

Il fisico in questione conosceva bene le particelle α , ne aveva misurato la massa, la carica elettrica, arrivando a stabilire che le particelle di questo tipo sono degli atomi di elio privati delle loro cariche negative, ovvero privati dei loro due elettroni ed infine aveva anche misurato la velocità delle particelle α emesse dagli elementi radioattivi.

Però, solamente dopo aver notato che tali particelle erano in grado di attraversare i gas, i liquidi e persino i fogli metallici (come per esempio dei sottili fogli d'oro) ed aver imparato a

contarle, si rese conto di avere lo strumento adatto per studiare la struttura interna dell'atomo.

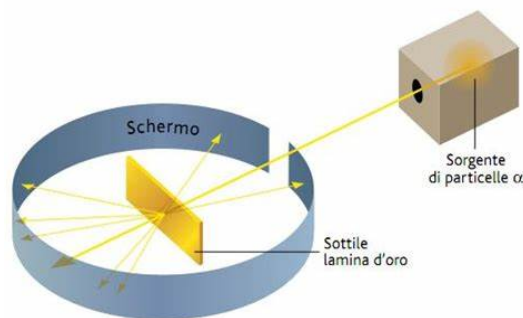
Venne dunque eseguita da Rutherford, Geiger e Marsden un'esperienza nel corso della quale un foglio d'oro, molto sottile, viene bombardato con delle particelle α .

Rutherford, dunque, per indagare la struttura dell'atomo impiegò le particelle α , particelle con carica elettrica pari a due cariche elementari positive.

Se il modello atomico elaborato da Thomson fosse stato corretto, le radiazioni di particelle α avrebbero dovuto proseguire il loro cammino rettilineo ed attraversare il sottile foglio d'oro indisturbate, ma così non accadde.

Infatti, l'esperienza condotta da Rutherford evidenziò come alcune particelle α , nonostante non avessero incontrato alcuna difficoltà nell'oltrepassare la sottile lamina d'oro, venissero deviate di un angolo molto piccolo, raramente maggiore di un grado.

Inoltre, la lamina metallica utilizzata nell'esperienza è stata in grado anche di ridurre l'energia delle particelle utilizzate da Rutherford e dunque di rallentare il loro cammino. Tale conseguenza è possibile da osservare anche ad occhio nudo, a differenza della conseguenza citata in precedenza.



Osservate queste conseguenze, Rutherford suggerì al suo collega Hans Geiger, inventore del contatore Geiger, di misurare la deflessione subita dalle particelle che andavano ad impattare contro la lamina d'oro.

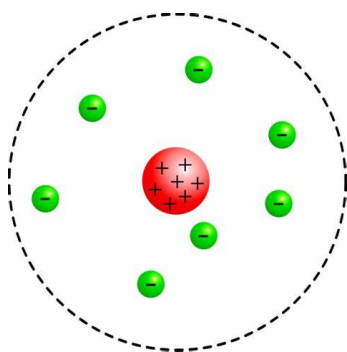
A questo punto Geiger si mise all'opera ed in fondo a un tubo a vuoto di vetro, lungo circa un metro e mezzo, fissò una sorgente di radio a una determinata distanza dalla quale pose un diaframma con una fenditura che gli permetteva di

ottenere un sottile fascio ben collimato di particelle α . All'estremità opposta, invece, pose uno schermo scintillatore ed attraverso l'utilizzo di un microscopio osservava i lampi prodotti dalle particelle α che colpivano lo schermo scintillatore. Il foglio d'oro veniva da lui posto immediatamente dopo la fenditura.

Utilizzando questa apparecchiatura egli fu in grado di registrare la distribuzione delle particelle α con e senza il foglio d'oro, raccogliere i dati e riportarli poi su un grafico.

Per la realizzazione del grafico in questione, pose in ascissa la misura, in gradi, degli angoli di deflessione delle particelle α , in ordinata il numero dei lampi contati e in corrispondenza dello zero il centro del fascio delle particelle α .

Senza il foglio d'oro il fascio delle particelle α aveva l'apertura di un grado soltanto ed era nettamente delimitato, invece con il foglio d'oro il fascio si sparpagliava ai lati.



Circa la metà delle particelle veniva infatti deflessa oltre un grado, alcune fino a tre gradi, ma nessuna oltre i cinque gradi.

Dunque, i risultati raggiunti erano incompatibili con il modello atomico di Thomson. Pertanto, Rutherford ipotizzò che l'atomo non avesse, come sosteneva Thomson, una distribuzione costante della massa e delle cariche ma, ipotizzò che l'atomo fosse una struttura sferica, internamente vuota, salvo i leggeri elettroni, avente la propria massa tutta concentrata in uno spazio centrale e molto piccolo che prese il nome di nucleo atomico.

La massa concentrata, ovvero il nucleo, doveva possedere anche una grande carica elettrica in modo che la forza elettrostatica tra il nucleo carico e la particella α , poteva spiegare le grandi deflessioni di alcune delle particelle α .

Rutherford, per verificare quanto ipotizzato, ricorse alla diffusione a grandi angoli scoperta da un giovane ricercatore che lavorava con Rutherford, Ernest Marsden, il quale scoprì il fenomeno della diffusione a grandi angoli. Marsden trovò che, in media, circa una particella α ogni 8000 era deviata di un angolo superiore di 90° . Rutherford voleva, tramite la diffusione a grandi angoli, scoprire che tipo di urto si era verificato tra le particelle α e il nucleo dell'atomo, un urto di tipo magnetico, un urto tra sfere rigide, un urto coulombiano oppure elettrostatico. In questi tipi di urti è in gioco una forza diversa che genera una deflessione caratteristica, diversa in base alla forza che c'è in gioco.

Rutherford sospettava fortemente che l'interazione il nucleo e le particelle α fosse coulombiana, o magnetica o di contatto o di qualsiasi altro tipo e si mise a calcolare le varie traiettorie che il suo nocciolo atomico di carica positiva avrebbe prodotto.

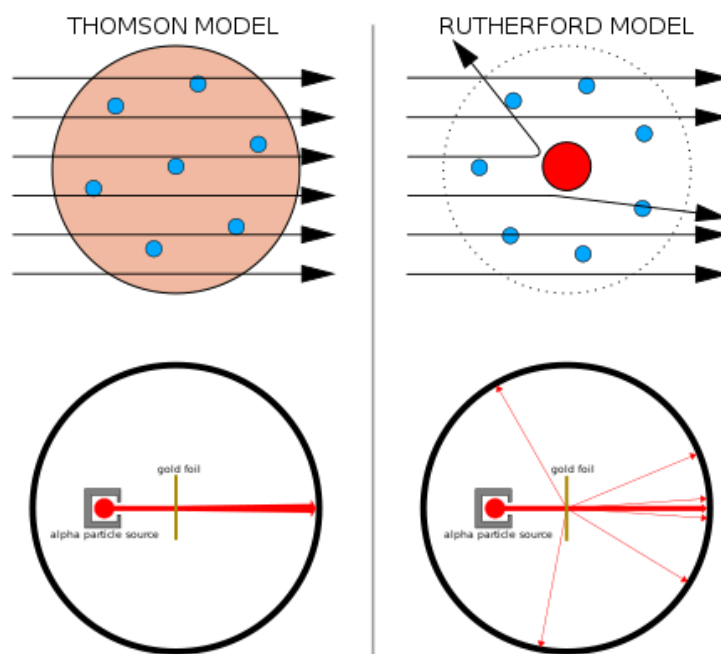
In questo modo Rutherford giunse ad ipotizzare che la forza diffondente le particelle α fosse di tipo elettrostatico. A questo punto mise Geiger e Marsden all'opera per effettuare la verifica sperimentale, lavoro per il quale i due fisici impiegarono ben diciotto mesi.

Dopo questo duro lavoro, l'ipotesi di Rutherford venne confermata.

Le velocità di conteggio osservate da Geiger e Marsden si trovavano proprio sulla curva caratteristica della forza di Coulomb.

Si giunse dunque alla conclusione che si aveva un campo di forza coulombiana all'interno dell'atomo.

Dunque, il nucleo atomico, carico positivamente è la causa della deviazione delle radiazioni α in quanto sia il nucleo che queste particelle sono dotati di una carica positiva e cariche di ugual segno si respingono.



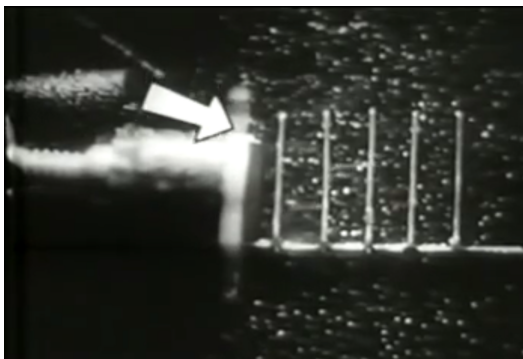
Rutherford aveva dato al mondo un concetto completamente nuovo della struttura del modello dell'atomo. Per la prima volta esso viene infatti visto come un piccolo sistema solare con il nucleo, nel quale si trova concentrata quasi tutta la massa dell'intero sistema, come sole. Mentre il resto del volume è praticamente vuoto e sede di intensi campi elettrici e gli

elettroni, distribuiti nel volume circostante il nucleo, neutralizzano con la loro carica negativa la carica positiva del nucleo.

ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

Utilizziamo una camera a nebbia, la cui sorgente radioattiva è di polonio ed è fissata sulla vite di sinistra. In fondo alla camera a nebbia, vi è una scala di fili metallici che impieghiamo per valutare la distanza con cui arrivano le particelle α . In seguito, mettiamo una barriera sul percorso di tale particella con un foglio di metallo. In questo caso, scegliamo l'oro in quanto è molto sottile e difficile da manipolare: il foglio diviene così una barriera.

Le particelle oltrepassano il foglio ma cambiano percorso: le tracce più lunghe sono solo di 3 divisioni (prima 4) poiché il foglio diminuisce l'energia delle particelle e le rallenta. Un altro effetto prodotto dal foglio d'oro è che le tracce sono deviate pochissimo.



Nel contatore utilizzato per questa esperienza, la sorgente di polonio si trova in cima ad una sbarretta e dentro un tubo cilindrico di ottone, dove vi è l'apertura da cui escono le particelle α (se è grande, in poco tempo passano molte particelle; in quello di geiger l'apertura è minore).

Il rivelatore può girare intorno al foglio d'oro mentre le varie parti devono stare più vicine tra loro. Esso viene utilizzato per contare le particelle che attraversano il foglio (strutturato come un transistor, ossia da un impulso elettrico se viene

colpito da particelle α). Il rivelatore è collegato, tramite un amplificatore, ad un oscillografo ed altoparlante: il sostegno può così ruotare.



Essendo il rivelatore sensibile alla luce, lo copriamo con lo schermo e leggiamo l'angolo con l'indice. Accendo amplificatore, sento un colpo dall'altoparlante e vedo l'impulso sull'oscillografo per ogni particella che passa.



Il fascio diminuisce rapidamente e segniamo il punto in cui diminuisce. Ora, se proseguiamo oltre, non ne trovo più e tutto tace: nessuna particella viene deflessa. Il foglio d'oro è responsabile di tali conteggi.

Posteriormente, posizioniamo il foglio d'oro sul percorso delle particelle e osserviamo che la diffusione a grande angolo è prodotta dal foglio. Marsden trova che le particelle vengono deviate.

Le sfere di acciaio rappresentano le particelle α , la rampa, rappresentante il foglio, le lancia con la stessa energia: lancio alcune particelle e possiamo vedere le sfere passare. Una particella viene deviata da un grande angolo, mentre le altre vanno dritte.



Su 11 sfere lanciate, 10 hanno seguito il percorso osservato da Geiger (traiettoria dritta) e una quello osservato da Marsden e viene pertanto deflessa.

Poi lanciamo un centinaio di particelle α . Per essere sicuri, facciamo altre misure utilizzando fogli di metallo diversi dall'oro e

con particelle α di energia diverse: tutte concordano con l'ipotesi di un campo di forza di Coulomb dentro l'atomo.

CONCLUSIONI: Rutherford elabora un concetto completamente nuovo dell'atomo. Esso viene descritto come una specie di sistema solare: il nucleo si trova al centro, come il sole, e possiede quasi tutta la massa del sistema ossia dell'atomo. Se la massa deve possedere una grande carica elettrica, la forza elettrostatica tra il centro e la particella alfa può spiegare le grandi deflessioni rilevate. Il fisico neozelandese utilizza la diffusione a grandi angoli così da sapere quale urto sia prodotto e verificare la sua ipotesi.

Conosciamo tre tipologie di urto (magnetico, di sfere rigide, elettrostatico) e le corrispettive deflessioni da loro prodotte. Rutherford calcola le diverse traiettorie attraverso la legge di Coulomb e osserva che tutte le traiettorie risultano iperboli e stanno nello spazio tridimensionale intorno al nucleo dell'atomo.

Successivamente, Rutherford, possedendo anche qualche indicazione sulle effettive dimensioni del nucleo e sapendo che le particelle alfa che si avvicinavano di più al nucleo, nota che queste vengono diffuse (come previsto nell'ipotesi di una forza puramente colombiana). I calcoli mostrano che la minima distanza raggiunta è meno di 10^{-11} cm: in un atomo che ha un diametro di 10^{-8} cm quasi tutta la massa carica deve essere concentrata in uno spazio più piccolo di 10^{-11} cm.