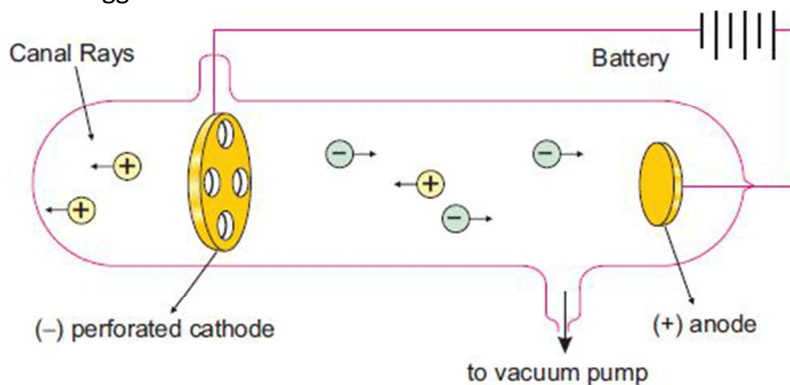


La struttura atomica: da Goldstein al modello planetario di Rutherford

Il protone

Le cariche positive, che oggi chiamiamo protoni, contenute all'interno del nucleo di un atomo furono osservate per la prima volta da Eugen Goldstein (fisico tedesco al Berlin Observatory dal 1878 al 1890) utilizzando i tubi di Crookes.

Intorno al 1870 i lavori scientifici erano focalizzati principalmente sullo studio dei raggi e/o fluorescenze che si osservavano all'interno dei tubi di Crookes nei quali veniva fatto il vuoto. Goldstein si accorse che, utilizzando un catodo cavo, oltre ai raggi catodici, esistevano anche dei raggi che viaggiavano in direzione opposta: dall'anodo al catodo. Poiché questi raggi passavano attraverso i 'buchi' praticato sul catodo, li chiamò raggi canale.



Questi raggi erano formati dagli ioni positivi dei residui di gas presenti nel tubo. Poiché Goldstein lavorava con l'idrogeno, i suoi 'raggi canale' erano composti da ioni H^+ , cioè dal nucleo dell'atomo di idrogeno, cioè da protoni. E' da attribuire quindi a Goldstein la scoperta dei protoni, sebbene non li definì mai in questo modo.

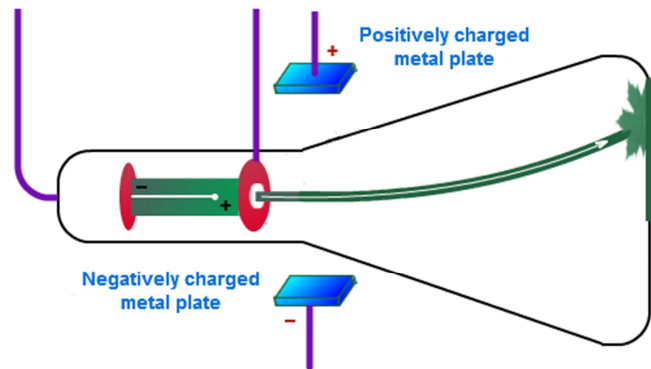
Gli elettroni ed il modello di Thomson

Come abbiamo detto in precedenza, molti esperimenti relativi all'interazione tra elettricità e materia sono stati condotti osservando i fenomeni associati al passaggio della corrente elettrica nei gas rarefatti. Il gas veniva racchiuso in un tubo trasparente, alle cui estremità erano fissate due placche metalliche, chiamate elettrodi. Una placca era collegata al polo negativo di un potente generatore elettrico e l'altra al polo positivo. La placca negativa fu chiamata catodo (-) e la placca positiva anodo (+). Già prima del 1850 era noto il fatto che il flusso di elettricità in un gas abbastanza rarefatto (avente pressione di qualche centesimo di atmosfera) provoca emissione di luce. Ulteriori osservazioni furono rese possibili grazie all'invenzione di una pompa capace di produrre un vuoto spinto e alla creazione di tubi di vetro di opportuna forma, chiamati tubi di Crookes dal nome del fisico inglese William Crookes (1832-1919). Quando la pressione del gas all'interno del tubo era dell'ordine di un milionesimo di atmosfera, non si aveva più emissione di luce, ma si osservava una macchia fluorescente sulla parete di vetro di fronte al catodo. Per spiegare questi fenomeni si ipotizzò che dal catodo venissero emessi raggi di natura ignota che, propagandosi in linea retta, andavano a colpire la parete di vetro rendendola fluorescente. Per definire la natura di questi raggi, a cui si diede il nome di raggi catodici, furono avanzate numerose ipotesi.

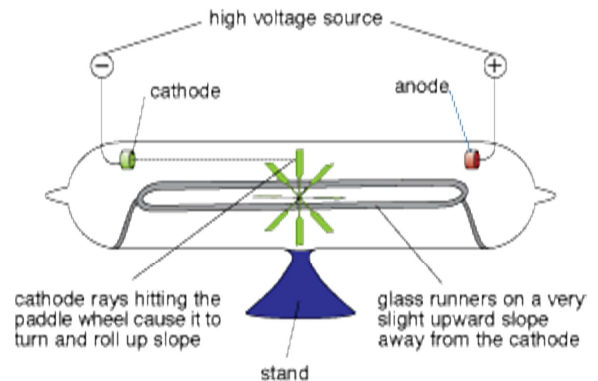
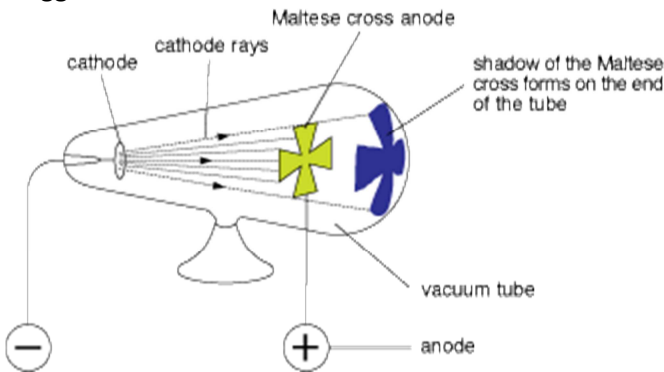
L'effettiva natura dei raggi catodici fu svelata soltanto nel 1897, quando il fisico inglese Joseph J. Thomson, riuscì a dimostrare che tale radiazione consisteva di particelle cariche negativamente, a cui diede il nome di «portatrici di elettricità» e, in seguito, di elettroni.

Thomson eseguì numerosi esperimenti per indagare la natura dei raggi catodici. Possiamo riassumerli in 3 esperimenti fondamentali. Il primo esperimento consisteva nel verificare se questi raggi avessero o no una carica. Si servì sia di un magnete, sia di altri due elettrodi posti al di sopra ed al di sotto dei raggi catodici.

Avvicinando il magnete si osservava una deviazione di questi raggi, il che faceva supporre che avessero una carica. Utilizzando due elettrodi di carica opposta vide che i raggi venivano respinti dal polo negativo ed attratti da quello positivo: era chiaro che questi raggi avevano carica negativa.



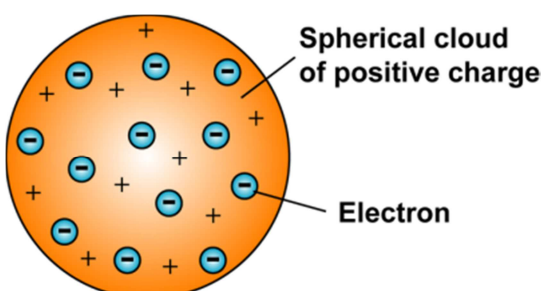
Nel secondo esperimento verificò che questi raggi si propagassero in linea retta. Mise una medaglia a forma di croce all'interno del tubo e vide la proiezione di un'ombra uguale alla forma dell'oggetto: questi raggi viaggiavano in linea retta.



Nell'ultimo esperimento volle verificare se la natura di questi raggi fosse ondulatoria o corpuscolare (cioè voleva verificare se i raggi fossero costituiti da particelle materiali o da onde immateriali). Mise all'interno del tubo un ventolina in grado di ruotare se fosse stata colpita da piccole particelle di materia: collegato il generatore la ventolina iniziò a muoversi: i 'raggi' catodici non erano raggi, ma un flusso di piccolissime particelle di carica negativa a cui, in seguito, diede appunto il nome di elettroni.

Questi risultati erano indipendenti dal gas contenuto al suo interno e dal materiale con cui erano fatti gli elettrodi, per cui gli elettroni dovevano essere una caratteristica di tutta la materia, formata dagli atomi, quindi l'elettrone doveva essere una parte dell'atomo.

Thomson, quindi, ipotizzò il suo modello atomico: una sfera di fluido (una nuvola) positivo (egli ignorava gli esperimenti di Goldstein, così come l'esistenza dei protoni) con all'interno gli elettroni, come l'uvetta nel classico Plum Pudding inglese (dolce di Natale). Per questo il suo modello atomico è conosciuto come Modello a Pudding (o 'a panettone' all'italiana).

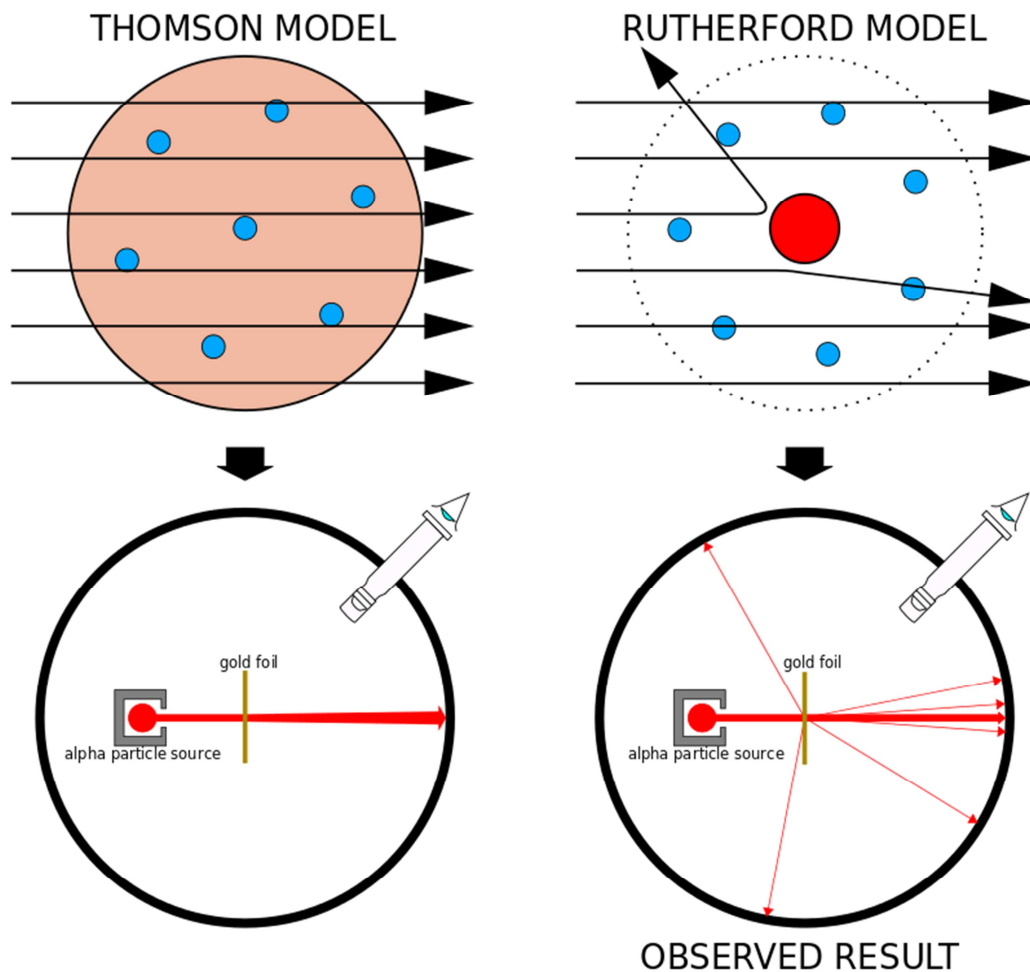


La nascita dell'atomo moderno: il modello planetario

Verso la fine del 1800 un nuovo fenomeno cominciava ad essere indagato: la radioattività. Dopo l'osservazione dei raggi X da parte di Rontgen nel 1895, gli studi successivi di Bequerel e dei coniugi Curie portarono alla scoperta di numerosi materiali radioattivi.

Fu il fisico neozelandese Ernest Rutherford a capire e spiegare i tre meccanismi alla base della radioattività: i decadimenti alfa, beta e gamma (per questa scoperta vinse il nobel per la chimica nel 1908).

Allievo di J.J. Thomson, Rutherford si servì delle particella alfa, da lui scoperte, per indagare la struttura dell'atomo proposta da Thomson. Le particelle alfa sono formate da due protoni e da due neutroni: un nucleo di elio-4. Rutherford quando le utilizzò ignorava l'esatta composizione, ma se ne servì perché erano dotate di una grossa massa e di carica positiva: il proiettile perfetto per perforare l'atomo. Come sorgente di particelle alfa utilizzò del polonio (scoperto da Marie Curie poco tempo prima). Lo racchiuse in una scatola di piombo con un foro dal quale poteva uscire, come da un cannone, le particelle. L'intento era quello di bombardare l'atomo ed osservare il fenomeno per trarre conclusioni sulla sua struttura. Come bersaglio utilizzò un sottilissimo foglio d'oro (materiale molto malleabile con uno spessore di circa 400 atomi). Per 'osservare' la traiettoria delle particelle mise attorno alla lamina d'oro uno schermo sensibile alle particelle alfa (solfuro di Zn): un eventuale urto con lo schermo avrebbe prodotto una macchia o una luminescenza. Secondo il modello di Thomson le particelle avrebbero dovuto o attraversare semplicemente il fluido positivo o, eventualmente, restarvi intrappolate.



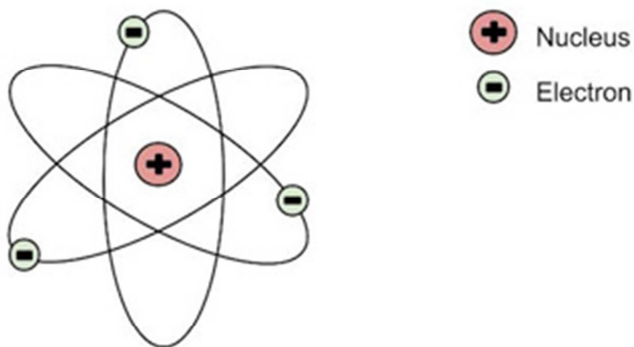
Ciò che il gruppo di lavoro di Rutherford (formato principalmente da Hans Geiger e Ernest Marsden) fu il seguente:

- la maggior parte delle particelle passava attraverso l'atomo senza alcuna deviazione;
- alcune particelle subivano delle deviazioni;
- pochissime rimbalzavano all'indietro.

Quest'ultimo risultato era inaspettato; Rutherford, in un celebre discorso tenuto alla Cambridge University, disse: *"It was quite the most incredible event that has ever happened to me in my life. It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell⁽¹⁾ at a piece of tissue paper and it came back and hit you."* (... incredibile come sparare una cannonata contro un foglio di carta ed essere colpiti di rimbalzo).

In seguito il team misurò gli angoli di deviazione e di rimbalzo. Questi angoli erano compatibili con le leggi di Coulomb: quindi nell'atomo era presente qualcosa di positivo che deviava o faceva rimbalzare le particelle alfa positive. Rutherford chiamò questo centro positivo: nucleo. Dai calcoli risultava anche che il nucleo doveva essere molto più piccolo del raggio dell'intero atomo, quasi centomila volte più piccolo. E gli elettroni di Thomson ?

Rutherford propose il nuovo modello atomico nel 1911, che, nelle sue parti fondamentali, è valido ancora oggi: al centro dell'atomo vi è un nucleo positivo in cui è concentrata quasi tutta la massa. Gli elettroni ruotano attorno al nucleo e la maggior parte dell'atomo (circa il 90%) è spazio vuoto, come un piccolo sistema solare. Questo modello prese il nome di modello planetario.



Rutherford Model of the Atom

Nel 1920, Rutherford propose il nome di 'protoni' per le particelle positive presenti all'interno del nucleo atomico. Nello stesso anno, in seguito a calcoli più accurati, Rutherford ipotizzò la presenza di una massa ulteriore all'interno del nucleo.

Nel 1932 J. Chadwick scoprì i neutroni: la massa ipotizzata dai calcoli di Rutherford.

In base alle leggi della fisica classica una particella carica in movimento perde costantemente energia. Quindi il modello di Rutherford presentava un'anomalia: gli elettroni dovevano cadere in breve tempo nel nucleo. Dal momento che la maggior parte della materia che ci circonda è stabile, ciò, evidentemente, non accade. Servivano nuove risposte.

Esse vennero date da uno studente di Rutherford: Niels Bohr.

⁽¹⁾ I "15-inch shell" sono proiettili pesanti da 381 mm di diametro sparati dai cannoni montati sulle navi della marina militare inglese all'inizio del 1900.