

RELAZIONE DI FISICA

SCOPO DELL'ESPERIENZA: verificare la duplice natura degli elettroni ipotizzata da DeBroglie nel 1924

MATERIALE:

- cannone elettronico
- lastra di nickel
- lastra fotografica
- camera a vuoto

PREMESSA TEORICA:

Studio della propagazione delle onde: esperienza di Young (vedi relazioni precedenti)

Cannone elettronico

Con il termine cannone elettronico si usa indicare il catodo di un tubo a raggi catodici e gli altri componenti che insieme a questo elettrodo generano l'emissione e la concentrazione di un fascio di elettroni con una precisa energia cinetica. Tipicamente viene usato come componente dei tubi catodici per televisori o monitor, o in altri strumenti come i microscopi elettronici e gli acceleratori di particelle.



I cannoni elettronici si possono classificare in base a:

Un cannone elettronico è formato da varie parti: un catodo che viene scaldato per creare un flusso di elettroni mediante emissione termoionica, degli elettrodi che generano un campo elettrico per la focalizzazione del fascio, come un cilindro di Wehnelt e uno o più anodi che accelerano, per via di un'elevata differenza di potenziale rispetto al catodo e focalizzano ulteriormente gli elettroni. Un anello repulsivo posto tra di loro focalizza gli elettroni in un piccolo punto sull'anodo a spese di una minore intensità del campo di estrazione sulla superficie del catodo. Spesso in corrispondenza di questo punto c'è un foro con lo scopo di collimare gli elettroni che passano e che raggiungono quindi un secondo anodo chiamato collettore. Una sorgente di ioni consiste in un cilindro, in cui il gas entra da una faccia, subisce un bombardamento con elettroni dalla superficie laterale, ed è soggetto ad un potenziale di estrazione dall'altra faccia. L'intera struttura ha il ruolo del catodo e l'estrattore ha il ruolo dell'anodo e un anello prende il ruolo del cilindro di Wehnelt. Un cannone elettronico può anche essere usato per ionizzare particelle, aggiungendo o rimuovendo elettroni da un atomo. Questa tecnologia è talvolta usata nella spettrometria di massa in un processo chiamato ionizzazione elettronica per ionizzare particelle vaporizzate o gassose.

Nickel

Il nichel è l'elemento chimico di numero atomico 28. Il suo simbolo è Ni.

Il nome deriva dal nome svedese Nickel, diminutivo di Nicolaus, anticamente associato a persona da poco, folletto o ragazzo irrequieto, troppo pieno di vitalità. Esiste poi il derivato tedesco Kupfernichel ("rame del diavolo"), nome dato dai minatori a questo elemento un tempo senza valore.

Il nichel è un metallo argenteo. Appartiene al gruppo del ferro, ed è duro, malleabile e duttile.



Il nichel è uno dei cinque elementi ferromagnetici. Si accompagna molto spesso con il cobalto: entrambi si possono trovare nel ferro meteorico. È assai apprezzato per le proprietà che conferisce alle leghe metalliche di cui fa parte. A causa della particolare lega usata, la moneta americana detta "nichelino" (nickel) non è ferromagnetica, mentre l'equivalente canadese lo era fino all'anno di conio 1958 compreso.

Lo stato di ossidazione più comune del nichel è +2, ma sono stati osservati anche complessi di nichel in stati di ossidazione 0, +1 e +3.

PROCEDIMENTO:

L'esperimento, almeno concettualmente, è molto semplice.

Basti immaginare uno schermo sottile di un qualsiasi materiale, in questo caso è stato usato da Davisson e Germer del Nickel cristallino. Su questo schermo è praticato un piccolo foro. Un cannone elettronico spara elettroni verso lo schermo, indirizzandoli verso il forellino; dietro ad esso, dall'altra parte rispetto al cannone elettronico, si trova una lastra fotografica che si impressiona con l'elettrone, che lascerà un puntino annerito.

Quando un numero sufficiente di elettroni avranno impressionato la lastra si formerà un'immagine di essa, rivelando il risultato dell'esperimento.

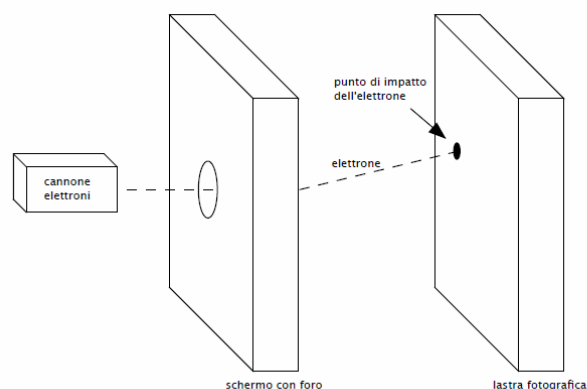
In realtà, la presenza del foro nello schermo è un'idealizzazione: lo schermo di Nickel essendo molto sottile gli elettroni sparati dal cannone possono, in una certa misura, attraversarlo passando attraverso gli spazi vuoti esistenti tra i vari nuclei atomici che costituiscono il cristallo.

L'esperimento è un po' più complesso rispetto allo schema ideale presentato, perché bisogna tenere conto della periodicità del reticolo cristallino dello schermo, e il risultato dell'esperimento andrà interpretato tenendo conto dell'energia degli elettroni incidenti.

In che cosa consiste quest'immagine? Almeno inizialmente, pensiamo all'elettrone come ad una sferetta. Nella nostra immaginazione, l'elettrone modellizzato come una sferetta rigida attraversa il forellino (come un proiettile) e va incontro a due possibili destini:

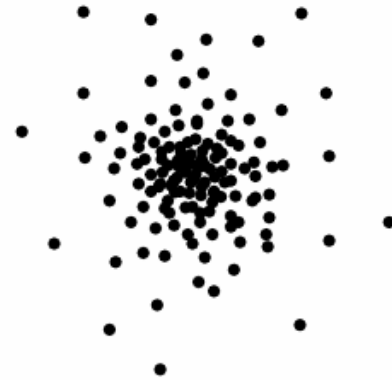
1. L'elettrone non urta contro il bordo del forellino, la sua traiettoria prosegue allora indisturbata fino alla lastra fotografica, che si impressionerà in corrispondenza del suo punto di impatto, grosso modo lungo l'asse del forellino stesso;

2. L'elettrone urta contro il bordo del forellino, la sua traiettoria resterà deviata (figura a lato), ed andrà ad impressionare la lastra fotografica in un punto lontano dall'intersezione dell'asse del forellino con la lastra stessa. Va precisato che anche qualora assumessimo che il cannone sia in grado di sparare elettroni tutti rigorosamente con la stessa energia e lungo la stessa direzione, l'urto col bordo del forellino (estremamente piccolo) sarebbe comunque possibile per via dell'agitazione



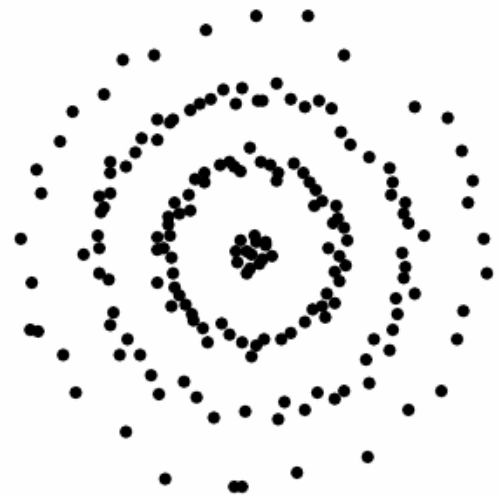
termica degli atomi che costituiscono le pareti del forellino stesso; dal momento che nell'esperimento reale non c'è nessun forellino, ma ci sono solo gli spazi interatomici all'interno del cristallo, appare chiaro che anche un cannone di elettroni ideale non impedirebbe una dispersione degli elettroni sulla lastra dopo che essi abbiano attraversato lo schermo.

Immaginiamo che il nostro canone elettronico possa sparare un elettrone per volta, di modo che un elettrone venga sparato verso lo schermo solo dopo che l'elettrone precedente abbia già colpito la lastra fotografica. Questa "lentezza" del nostro esperimento è fondamentale, come vedremo più avanti. In queste condizioni la maggioranza degli elettroni che attraversano lo schermo colpiranno la lastra nel cono di luce individuato dal forellino nello schermo. Sulla lastra troveremo quindi una regione particolarmente annerita in una regione circolare in corrispondenza del forellino sullo schermo; poi, allontanandosi dal suo asse, la lastra sarà colpita solo dagli elettroni che avranno precedentemente urtato (senza essere riflessi verso il cannone) il bordo del forellino; allontanandosi dall'asse sulla lastra compariranno puntini anneriti sempre più radi. È quanto rappresentato, in maniera molto grossolana, nella figura qua di fianco, che vorrebbe dare un'idea dell'aspetto che dovrebbe avere la lastra fotografica dopo essere stata colpita da numerosi elettroni, nell'ipotesi che essi seguano i due destini sopra descritti. La regione centrale maggiormente annerita si trova in corrispondenza del forellino, mentre a mano a mano che ci si allontana dal centro gli elettroni che impattano contro la lastra si fanno sempre più radi, in quanto con sempre minore probabilità un elettrone urterà il bordo del forellino deviando la traiettoria di un angolo grande rispetto alla direzione di incidenza.

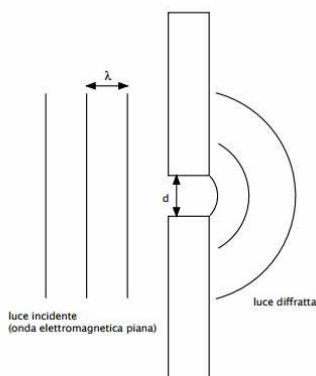


Questo sarebbe l'esito dell'esperimento di Davisson e Germer se gli elettroni non obbedissero alle leggi della Meccanica Quantistica, tuttavia questo non fu l'esito dell'esperimento.

L'esito dell'esperimento di Davisson e Germer è rappresentato, nella figura a destra, che ancora una volta schematizza la lastra fotografica con i puntini anneriti dagli elettroni che l'hanno impressionata urtandola dopo aver attraversato il forellino.



Innanzitutto notiamo che la figura che appare sulla lastra presenta delle analogie con quella precedente: è presente un'area centrale con una maggiore densità di puntini neri, ma si sono formate delle aree circolari e concentriche sulla lastra, riprendendole creste d'onda che si generano per effetto della diffrazione delle onde, (immagine a sinistra) ovvero quegli anelli che si creano quando un raggio di luce attraversa un forellino circolare di dimensioni confrontabili con la lunghezza dell'onda stessa.



Nell'esperimento di Davisson e Germer abbiamo assunto l'ipotesi che il cannone elettronico invii un elettrone per volta, e che l'elettrone successivo sia sparato solo dopo che quello precedente ha già colpito la lastra fotografica, con questa ipotesi (che non è esattamente quella dell'esperimento reale, ma

è invece stata rigorosamente rispettata in un esperimento simile condotto nel 1948 da Fabrikant, Biberman e Sushkin) stiamo escludendo che due o più elettroni, qualunque cosa essi siano (onde o particelle), possano interferire l'uno con l'altro. E infatti sulla lastra fotografica dell'esperimento si possono individuare un gran numero di puntini neri corrispondenti alle zone di impatto dei singoli elettroni (figura 1); ogni elettrone, quindi, sembra attraversare il forellino nello schermo ed impattare contro la lastra fotografica singolarmente, come un'entità a sé, come una particella. Eppure, se si mandano tanti elettroni, uno per volta, senza che possano interferire tra di loro, la figura annerita che si crea sulla lastra fotografica non è quella che ci saremmo aspettati da un fascio di particelle, ma assomiglia alla figura di interferenza di un'onda elettromagnetica che attraversa un forellino (figura 2).

È come se ogni elettrone mantenesse la sua individualità nel colpire la lastra fotografica, ma la perdesse a favore di una sua natura ondulatoria quando attraversa il forellino. La figura di interferenza è costituita dai tanti puntini anneriti da ogni elettrone; ogni elettrone sembra impattare sulla lastra fotografica in un punto ben preciso, ma con una probabilità diversa rispetto a quella che avrebbero dei normali proiettili materiali.

CONCLUSIONE:

Davisson e Germer hanno in modo dimostrato la duplice natura onda particella degli elettroni.

In realtà dato che il nickel riflette gli elettroni, i due scienziati hanno posto un rivelatore di elettroni (una lastra fotografica) in grado di muoversi ad arco intorno al campione di nickel per catturare gli elettroni diffratti. Spostando il rivelatore Davisson e Germer osservarono dei picchi nella diffrazione. Ciò confermava l'ipotesi che gli elettroni si comportano come onde.