

Il nucleo e l'elettrone

Vorrei chiarire un dubbio che ormai ho da molto tempo e non sono mai riuscito a spiegare, cioè se l'elettrone descrive effettivamente una traiettoria intorno al nucleo anche se il suo comportamento viene caratterizzato nel concetto di orbitale per cui la particella sarebbe "delocalizzata" ovunque intorno all'atomo. Io ho sentito una volta in un documentario che è come se l'elettrone scomparisse e si rimaterializzasse in punti diversi intorno al nucleo seguendo la distrib prob della funzione d'onda a esso associata. è eff così oppure non c'ho capito proprio niente?

8 febbraio 2010

Il moto dell'elettrone intorno al nucleo non si puo' visualizzare, almeno non nel senso che si da' comunemente all'espressione "visualizzare".

In meccanica quantistica il concetto di orbita viene abbandonato: l'elettrone non ruota attorno al nucleo, come nel modello planetario, che descrive le orbite dei pianeti intono al sole e che ispiro' i precursori della teoria.

L'elettrone e' in uno stato quantistico che puo' essere schematizzato come una "nuvola" elettronica, e che fornisce la densità di probabilità che esso si trovi ad un certo istante di tempo in una certa regione di spazio attorno al nucleo. Le dimensioni delle nuvole elettroniche sono di fatto le dimensioni dell'atomo stesso. Notiamo che la densità di probabilità associata ad un dato livello energetico (un "orbitale") non varia al passare del tempo.

Se si provasse a determinare la posizione dell'elettrone, misurandola, questo "sfuggirebbe" via con una incertezza sulla velocità inversamente proporzionale all'accuratezza della misura di posizione.

La funzione d'onda "Psi" dell'elettrone e' soluzione di un'equazione matematica complessa, scritta da Erwin Schroedinger nel 1925. Fu solo dopo qualche anno che Max Born interpreto' il modulo quadro della Psi come densità di probabilità. Lo fece, curiosamente, in una nota a piè di pagina di un suo articolo. La fisica progredisce spesso a tentoni, in modo strano, discontinuo.

L'interpretazione di Born è dunque successiva alla scoperta dell'equazione di Schroedinger. Questa interpretazione non piaceva ne' a Schroedinger ne' ad Einsten. E' oggi universalmente accettata ed esprime la legge di conservazione delle probabilità. Avendo capito cosa il modulo quadro rappresentasse, per la funzione d'onda Psi stessa fu coniato un nuovo termine, quello di ampiezza di probabilità.

Torniamo alla domanda. E' corretto dire che l'elettrone e' delocalizzato intorno al nucleo dell'atomo. Non e' corretto dire che l'elettrone descrive una traiettoria. Non e' corretto dire che l'elettrone scompare e si rimaterializzi in punti diversi attorno al nucleo (quest'ultima visione, molto pittoresca, e' anche fuorviante).

Infine riflettiamo un istante su cosa voglia dire "visualizzare" (un elettrone, una traiettoria, un oggetto).

"Vedere" vuol dire percepire la luce (i fotoni) che un oggetto emette. Se un oggetto si sposta, ne percepiamo i "fotogrammi" in successione, come in un film. Al buio non vediamo nulla perche' gli oggetti non emettono luce visibile. Sappiamo pero' che un elettrone in uno stato stazionario non emette fotoni (se lo facesse perderebbe energia e cadrebbe sul nucleo). Dunque un elettrone che "gira" attorno al nucleo non puo' essere "visto". Se cerchiamo di illuminare delicatamente l'elettrone, il principio di Heisenberg ci dice che non e' possibile essere troppo delicati: se si

determinasse la posizione dell'elettrone con una buona approssimazione (per esempio guardando da dove provengono i fotoni che rimbalzano sull'elettrone), la sua velocità subirebbe una brusca variazione, risulterebbe essere indeterminata ed un istante dopo l'elettrone potrebbe essere praticamente dovunque nell'orbitale. In queste condizioni definire una traiettoria è impossibile.

La stessa cosa succederebbe se si cercasse di "vedere" l'elettrone "illuminandolo" con altre particelle. Al principio di Heisenberg non si sfugge.

L'unico modo che conosciamo oggi di "visualizzare" lo stato dell'elettrone è attraverso l'analisi della sua funzione d'onda Ψ . Uno studente potrebbe trovare questo insoddisfacente. Anche io ero insoddisfatto. Poi ho fatto mio il motto del fisico americano David Mermin: "shut up and calculate" (sta zitto e calcola).

*Saverio Pascazio
Dipartimento di Fisica
Università di Bari
ed Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Bari, Italia*