

Il dualismo onda-particella dell'elettrone

Il modello di Bohr è efficace per spiegare lo spettro di emissione a righe dell'atomo di idrogeno e fornisce risultati soddisfacenti quando è applicato agli atomi idrogenoidi, cioè ioni come Li^{2+} e He^+ , che hanno un solo elettrone. Non dà invece risultati adeguati quando è applicato ad atomi polielettronici, i cui spettri sono caratterizzati da molte righe vicine; né spiega in modo soddisfacente a che cosa sia dovuta la diseccitazione di un elettrone e perché alcune transizioni degli elettroni negli atomi avvengano più frequentemente di altre.

La teoria di Bohr fu integrata e generalizzata dal fisico tedesco Arnold Sommerfeld (1868-1951). Nacque così il **modello empirico di Bohr-Sommerfeld**. Questo modello, che spiegava la presenza di più righe spettrali ravvicinate caratteristiche di alcuni atomi, prevedeva:

- per gli elettroni orbite non circolari ma ellittiche e con diverse orientazioni;
- che ogni livello fosse strutturato in più sottolivelli.

A sostegno di questa ipotesi Sommerfeld introdusse due numeri quantici, uno per descrivere la forma dell'orbita, l'altro che rappresentava la disposizione dell'orbita nello spazio. Gli ulteriori contributi alla comprensione della natura degli atomi vennero dalla meccanica quantistica.

Nel 1924, Louis-Victor de Broglie (1892-1987, premio Nobel nel 1929) estese a tutta la materia il concetto di dualismo onda-particella che era stato elaborato per i fotoni. Teorizzò che anche l'elettrone, come qualsiasi corpuscolo di materia in movimento, si potesse descrivere sia come particella sia come onda.

L'energia dell'elettrone come particella dipende dalla sua massa e si ricava dall'equazione di Einstein $E = m \cdot c^2$; l'energia dell'elettrone come onda si ricava dalla legge di Planck $E = h \cdot c/\lambda$. Inoltre, poiché è dotato di massa, si muove a una velocità v minore di quella della luce c . Sostituendo c con v e uguagliando le equazioni, si ottiene la **relazione di de Broglie**:

$$m \cdot v^2 = h \cdot v/\lambda \quad \text{da cui} \quad \lambda = h/m \cdot v$$

per cui la lunghezza d'onda associata a una porzione di materia si accorcia se la massa aumenta. Per questo, negli oggetti macroscopici in moto (un'auto o un pallone) rileviamo solo la componente corpuscolare.

L'ipotesi spiega il comportamento degli elettroni. Il moto di un elettrone in un atomo è vincolato dall'attrazione del nucleo: quindi l'onda a esso associata è **stazionaria**, cioè la posizione dei nodi rimane fissa durante la vibrazione.

Un'onda stazionaria è quella della corda di una chitarra (**Figura 13**): data una certa lunghezza della corda (L), sono permesse solo le lunghezze d'onda o frequenze che interagiscono tra loro sommandosi (cioè danno interferenza costruttiva), ovvero quelle per cui $\lambda/2$ è un sottomultiplo intero di L .

Figura 13

Onda stazionaria.

Le vibrazioni possibili di una corda di chitarra sono quantizzate perché la loro semilunghezza d'onda deve essere contenuta un numero intero di volte nella lunghezza L della corda. Le vibrazioni che non rispettano questa condizione sono impossibili. Ecco perché per suonare la chitarra si premono con le dita le corde: in questo modo L diventa più corta e si generano diversi tipi di onde, ovvero le diverse note che la chitarra può produrre.

