

ZANICHELLI

Simonetta Klein

Il racconto della chimica

ZANICHELLI

Capitolo 8

I modelli atomici

ZANICHELLI

Sommario

1. Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario
2. L'atomo quantistico

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

La concezione della struttura della materia si è evoluta attraverso i secoli:

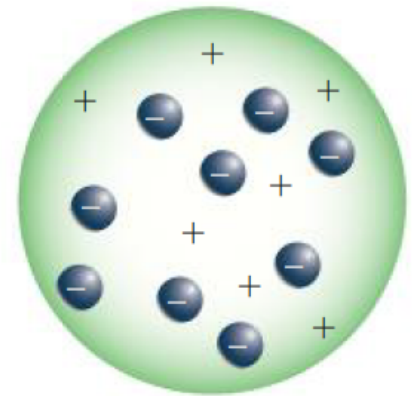
A metà dell'800 **Thomson** scoprì che molti metalli differenti, in certe condizioni, emettevano particelle con carica elettrica negativa con uguale massa e uguale carica.

Erano gli **elettroni**, che dedusse fossero responsabili della trasmissione dell'elettricità.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Modello atomico di Thomson

- Gli atomi sono una massa compatta con carica elettrica positiva, resa neutra da un certo numero di elettroni.
- Gli elettroni sono particelle presenti in tutti gli atomi. Hanno sempre le stesse caratteristiche, ma un numero variabile.
- Gli elettroni sono più mobili della massa positiva e possono distaccarsi dall'atomo.



Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

A differenza del modello di Dalton, l'atomo secondo Thomson non è indivisibile ma è costituito da particelle subatomiche.

Gli **ioni** sono atomi che possiedono una carica elettrica non nulla.

Sono positivi quando l'atomo perde elettroni e negativi quando l'atomo acquista elettroni.

Sono responsabili della conducibilità delle soluzioni, come spiegato dal modello atomico di Thomson.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Nella prima metà del 900 si concluse che anche la carica positiva dell'atomo è ripartita fra particelle cariche elettricamente dette **protoni**.

Ogni protone possiede la massa di un atomo di idrogeno e la carica di un elettrone, ma con segno positivo.

Furono scoperti anche i **neutroni**.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

La **radioattività** fu scoperta da Becquerel e studiata dai coniugi Curie.

Le sostanze sono dette radioattive quando sono capaci di emettere **radiazioni** dall'interno dei loro atomi a causa della trasformazione dei nuclei atomici.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

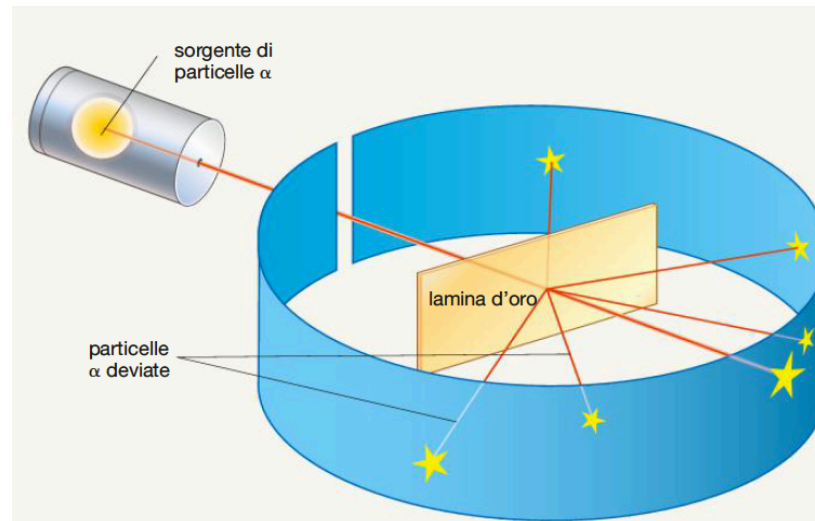
Esistono vari tipi di radiazioni:

- **alfa** (α): due protoni e due neutroni, hanno carica positiva e chimicamente corrispondono a ioni elio He^{2+}
- **beta** (β): sono elettroni che provengono da una trasformazione dei neutroni, perciò hanno carica negativa
- **gamma** (γ): radiazioni elettromagnetiche ad alta energia, la cui emissione non altera la composizione del nucleo.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Esperimento di Rutherford

Una sottile lamina d'oro è stata bombardata da un fascio di particelle alfa:



Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

- La maggior parte delle particelle attraversava la lamina senza deviazioni.
- Una piccola percentuale delle particelle veniva riflessa indietro.

Si concluse che gli atomi hanno degli spazi vuoti attraverso cui i raggi alfa potevano passare, ma anche una componente che vi si opponeva.

Nacque così un nuovo modo di concepire l'atomo.

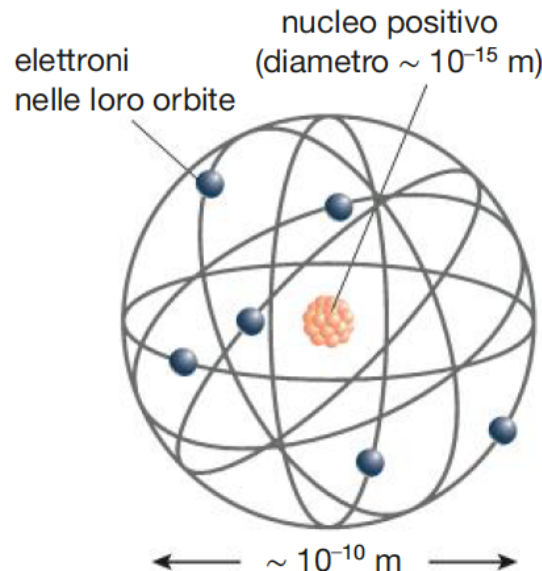
Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Modello atomico planetario di Rutherford

- L'atomo non è omogeneo, la sua massa è concentrata in una regione centrale piccolissima, detta **nucleo**, mentre lo spazio circostante è prevalentemente vuoto
- il nucleo è l'unica parte dell'atomo capace di respingere le particelle alfa di carica positiva. Si deduce che il nucleo ha carica positiva.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Nello spazio vuoto esterno al nucleo ci sono gli elettroni, la cui carica negativa rende l'atomo neutro. Grazie alla loro energia cinetica non risentono dell'attrazione elettrostatica del nucleo.



Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Gli **acceleratori di particelle** sono dispositivi capaci di aumentare in condizioni controllate le velocità di fasci di particelle cariche mediante campi elettromagnetici.

Studiando gli effetti delle collisioni tra i fasci accelerati, nella seconda metà del 1900 furono scoperte le particelle che costituiscono gli atomi.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

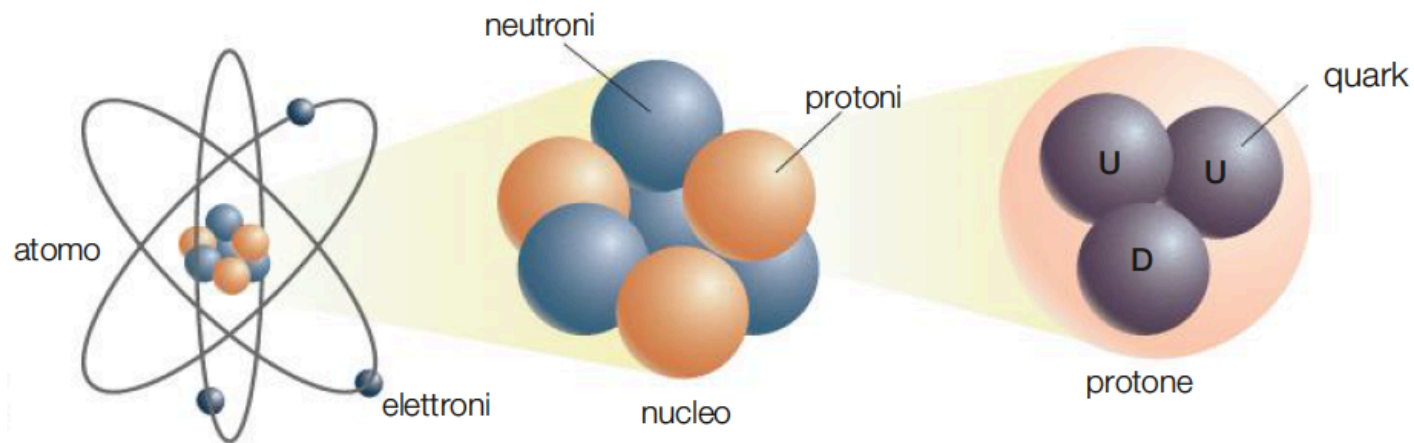
Fu elaborato il **modello standard**, una teoria che descrive tutte le particelle elementari e le forze fondamentali della natura.

Le **particelle elementari** sono quelle che non possono essere scomposte in subparticelle.

Le particelle elementari che costituiscono la materia appartengono a due grandi gruppi: **quark e leptoni**.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Schema della composizione generale degli atomi secondo il modello standard.



Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Le particelle che costituiscono l'atomo sono:

- elettroni: particelle elementari (leptoni);
- protoni: particelle composte costituite da 2 quark up e 1 quark down;
- neutroni: particelle composte costituite da 1 quark up e 2 quark down.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

I **quark** sono soggetti a una forza che agisce dall'interno dei nuclei atomici detta **forza nucleare forte** che li mantiene uniti. Ne esistono di sei tipi.

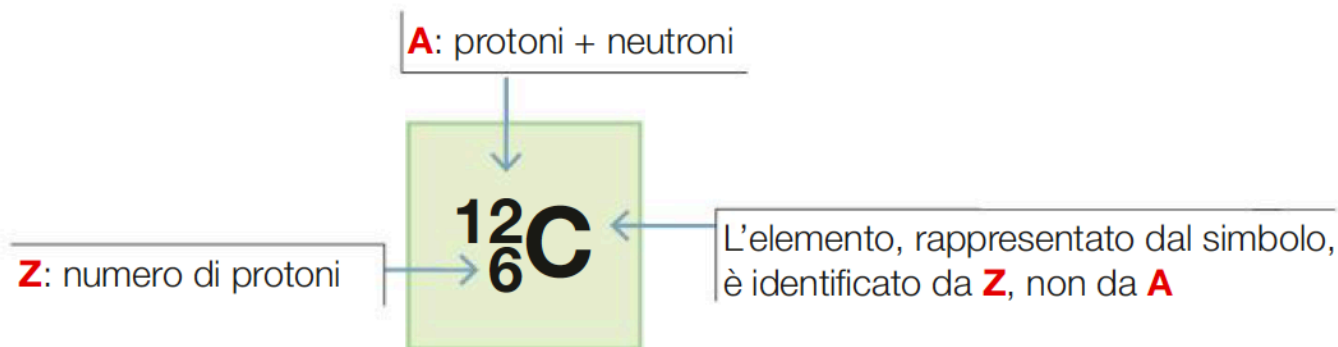
I **leptoni** sono soggetti a una **forza nucleare debole**. Ne esistono di sei tipi, tra cui gli elettroni.

Per ognuna di tali particelle c'è un'**antiparticella** dotata di uguali caratteristiche, ma con carica elettrica opposta.

I **bosoni di Gauge** sono particelle coinvolte nel trasporto delle forze fondamentali della natura.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

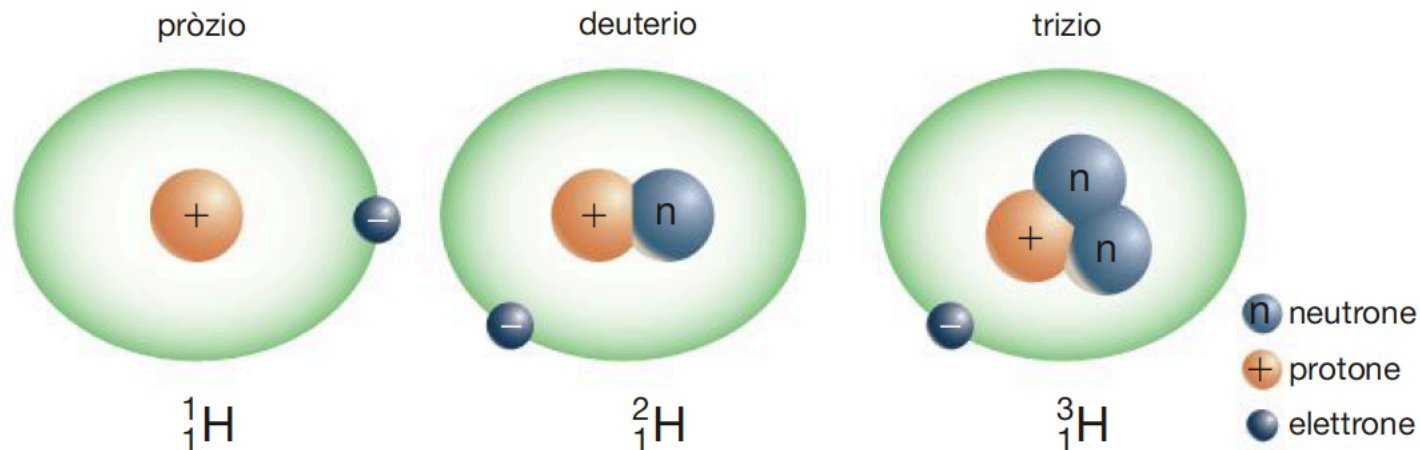
L'**identità chimica di un atomo** è determinata dal numero dei suoi protoni, cioè dal **numero atomico (Z)**. Z indica anche il numero di elettroni dell'atomo neutro.



Il **numero di massa (A)** è la somma di neutroni e protoni presenti nel nucleo.

Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Gli **isotopi** sono la varietà di atomi di un elemento con uguale numero atomico, ma diverso numero di neutroni.



Dalle particelle subatomiche all'atomo planetario

Gli ioni positivi o **cationi** hanno un numero di elettroni minore rispetto all'atomo neutro.

Gli ioni negativi o **anioni** hanno un numero di elettroni maggiore rispetto all'atomo neutro.

Si indicano con il simbolo dell'elemento con il valore della carica come apice (con il relativo segno).

La carica + indica che ogni atomo ha la carica elettrica di un protone (10^{-19} C), la carica – che ogni atomo ha la carica elettrica di un elettrone (cioè $- 10^{-19}$ C).

L'atomo quantistico

Il modello di Rutherford non spiega l'interazione tra luce e materia.

Il **quanto** indica una quantità indivisibile che non può essere frazionata in parti più piccole. Una grandezza fisica può essere:

- **quantizzata**, cioè distribuita per quantità discrete non divisibili (quanti). Ogni valore che può assumere è sempre un multiplo intero della quantità più piccola
- **continua**, cioè ogni sua parte può essere suddivisa in frazioni sempre più piccole.

L'atomo quantistico

Modello atomico di Bohr

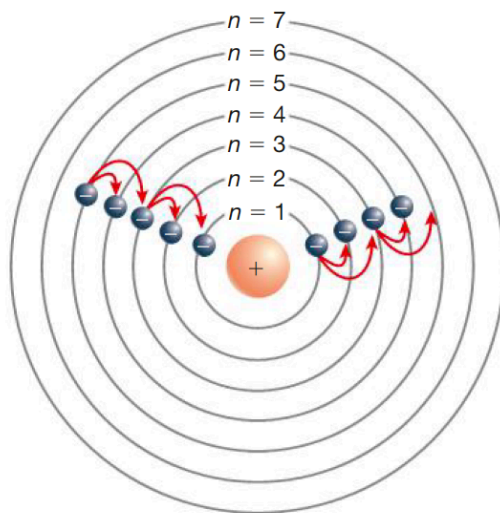
È molto simile a quello di Rutherford, ma differisce per alcuni punti chiave:

- il raggio dell'orbita degli elettroni può assumere solo alcuni valori definiti
- a ogni specifica orbita è associato un valore di energia. Se l'atomo non cede o acquista energia non emette radiazioni e gli elettroni si trovano in uno **stato stazionario**

L'atomo quantistico

- se l'atomo riceve un certa quantità di energia uno o più elettroni si portano in un orbita più distante dal nucleo e a maggiore energia (**stato eccitato**).
L'elettrone deve ricevere esattamente tutta l'energia che corrisponde alla differenza tra le due orbite.
- l'atomo può emettere energia sotto forma di luce solo se uno o più elettroni si portano verso orbite più vicine al nucleo. L'energia emessa corrisponde differenza energetica fra l'orbita di arrivo e quella di partenza.

L'atomo quantistico



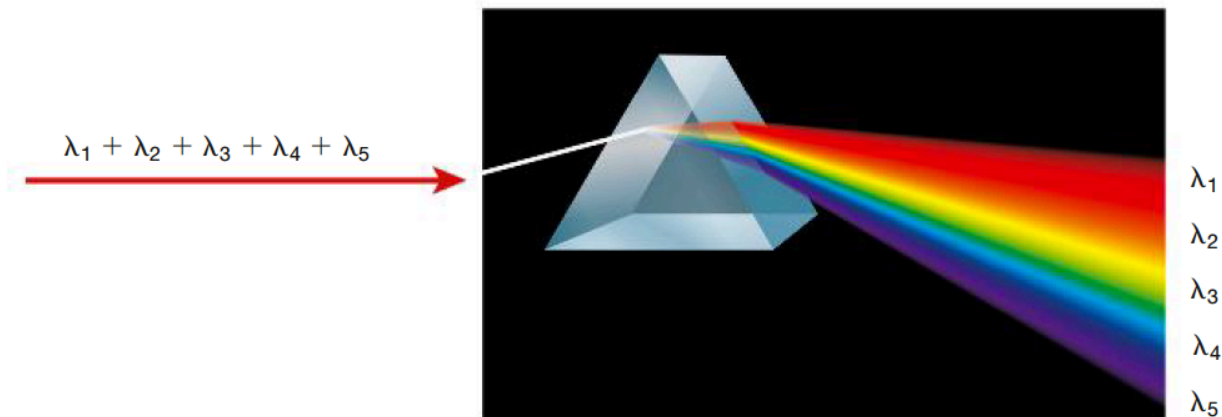
Nel **modello di Bohr** la distanza dell'elettrone dal nucleo è quantizzata, poiché ogni orbita è separata dalla successiva da distanze proibite.

Anche l'energia dell'elettrone è quantizzata, poiché caratteristica di ogni orbita.

L'atomo quantistico

Per esaminare le emissioni luminose si usano gli **spettroscopi**.

Il più semplice è un prisma di vetro trasparente: il fascio di luce che lo attraversa viene scomposto nelle lunghezze d'onda che lo compongono, formando lo **spettro della luce**.



L'atomo quantistico

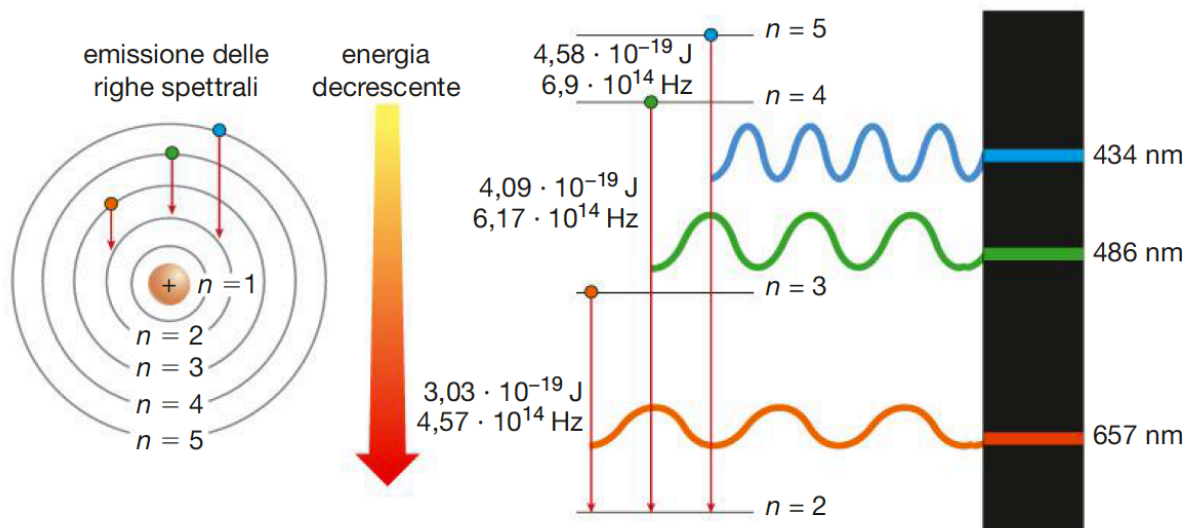
Gli spettri di gas rarefatti ad altissima temperatura, in cui la luce è emessa dai singoli atomi, sono **spettri atomici**.

Gli spettri atomici sono singoli fasci di luce, ciascuno con un preciso colore e una propria lunghezza d'onda, detti **righe spettrali**.

A ciascun colore corrisponde una determinata energia trasmessa dal raggio luminoso formato da fotoni, cioè le unità quantiche della luce.

Gli spettri atomici si spiegano con il modello di Bohr.

L'atomo quantistico



Riscaldando il gas si portano gli elettroni in stati eccitati. Quando tornano ai livelli stazionari, essi emettono l'energia che corrisponde alla differenza tra le due orbite. A ogni energia corrisponde un preciso valore di lunghezza d'onda e quindi un preciso colore.

L'atomo quantistico

Il modello di Bohr non riusciva a prevedere gli spettri di atomi con più di un elettrone.

Heisenberg introdusse la legge che da allora è stata alla base dell'interpretazione dei sistemi fisici e in particolare dei fenomeni submicroscopici: **il principio di indeterminazione di Heisenberg**.

L'atomo quantistico

Principio di indeterminazione di Heisenberg

Quando si descrive una particella, posizione e quantità di moto non possono essere determinate nello stesso momento senza incertezza.

È impossibile, quindi, determinare simultaneamente la posizione di un elettrone e la sua velocità.

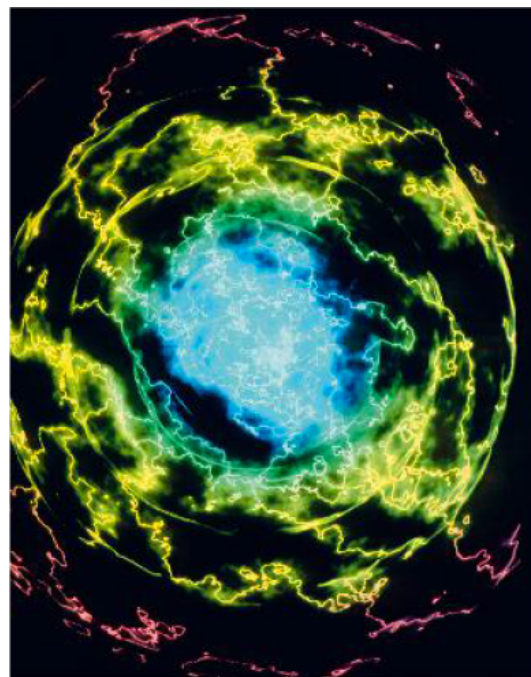
Di conseguenza, non si può descrivere l'atomo con gli stessi metodi impiegati per trattare gli oggetti macroscopici: occorre un approccio **probabilistico**.

L'atomo quantistico

Per il principio di indeterminazione, per gli elettroni non si può parlare di traiettoria e orbita. Si introduce il concetto di **nube elettronica**.

La nube elettronica è l'insieme delle posizioni nelle quali un elettrone può trovarsi nel suo movimento velocissimo.

La nube si addensa dove è più probabile che ci sia un elettrone.



L'atomo quantistico

De Broglie considerò l'elettrone come un'onda con una propria lunghezza d'onda, frequenza e velocità.

La sua teoria fu confermata dalla scoperta che fasci di elettroni danno luogo a fenomeni tipici delle onde: l'interferenza e la diffrazione.

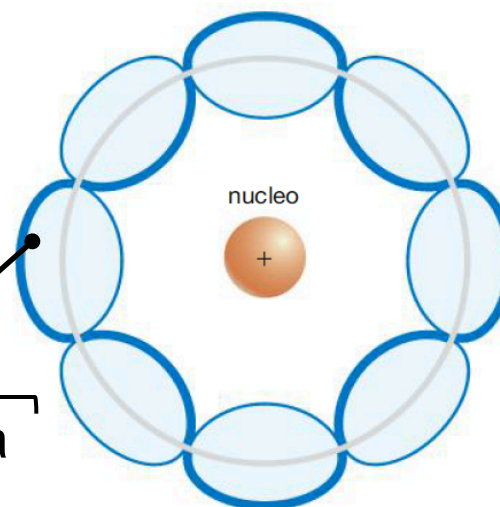
L'elettrone, come tutte le particelle subatomiche, si considera una particella dalla doppia natura **ondulatoria** e **corpuscolare**.

L'atomo quantistico

Schrödinger applicò all'elettrone la matematica delle onde. Il risultato è la descrizione dell'atomo derivante dalla meccanica quantistica.

Si è giunti in questo modo alla formulazione del **modello quantistico dell'atomo**.

Per ciascun atomo si sono ricavate la forma, le dimensioni e gli aspetti energetici della nube elettronica.



onda stazionaria associata all'elettrone

L'atomo quantistico

La **nube elettronica** o **densità elettronica** è un diagramma tridimensionale nel quale la densità dei punti rappresenta la probabilità che vi sia l'elettrone.

La nube si addensa dove la probabilità è maggiore, è diviene rarefatta quando è minore.

