

***Risposta alla domanda: "Ho un dubbio sul modello dell'atomo tipo sistema solare. Se un elettrone gira intorno al nucleo ciò è dovuto alle forze elettromagnetiche fra carica negativa dell'elettrone e carica positiva del nucleo, che fa sì che elettrone e nucleo si attraggano, e l'elettrone ruoti intorno al nucleo come la Terra intorno al Sole. Il mio dubbio è: l'elettrone nel suo moto genera una corrente elettrica e quindi un campo elettromagnetico con emissione di energia. Visto che quindi il sistema perde continuamente energia, come può mantenersi in equilibrio, e l'elettrone continuare la rotazione senza cadere sul nucleo?"***  
***Ulisse, portale di divulgazione scientifica della Sissa, Trieste***  
***(Domanda posta da Antonio Bellini il 12 marzo 2005)***

La domanda è lecita e sensata. Costituisce infatti una delle maggiori critiche che furono mosse al modello planetario dell'atomo.

Un elettrone (o in generale un oggetto elettricamente carico) accelerato emette energia in modo proporzionale al quadrato della sua accelerazione  $a$ , secondo la seguente formula che rappresenta l'energia emessa per unità di tempo:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2e^2 a^2}{3c^3}$$

dove  $e$  è la carica dell'elettrone,  $\epsilon_0$  la costante dielettrica del vuoto e  $c$  la velocità della luce.

Pertanto un elettrone che si muove su un'orbita (circolare oppure ellittica) attorno a un nucleo, essendo soggetto all'accelerazione centripeta, deve necessariamente dissipare energia e cadere sul nucleo.

Questo è in palese contraddizione con il fatto che gli atomi sono stabili. Il problema viene risolto tramite la meccanica quantistica, che prevede che gli elettroni di un atomo si trovino su livelli quantizzati di energia ben definita. Vi è inoltre un livello fondamentale, di energia minima, al di sotto del quale nessun elettrone può trovarsi (e questo spiega la stabilità).

Gli elettroni possono saltare da un livello energetico a un altro, perdendo o guadagnando tutta l'energia corrispondente in un solo colpo, non con continuità, come invece dovrebbe avvenire secondo la formula precedente.

Il problema dell'eventuale moto di caduta dell'elettrone sul nucleo atomico è interessante e allo stesso tempo complesso.

Se il raggio dell'orbita diminuisce, cambia anche l'accelerazione nella formula precedente e, a seconda dell'eccentricità dell'orbita stessa (l'eccentricità è una misura della diversa lunghezza dei due assi di un'ellisse e quantifica pertanto la differenza fra un'ellisse ed una circonferenza), le caratteristiche dell'emissione di energia possono essere molto diverse. In generale, l'elettrone dovrebbe spiraleggiare verso il nucleo, cadendoci dentro in un tempo molto breve, che si stima essere dell'ordine di qualche nanosecondo.

In meccanica quantistica il concetto di orbita viene abbandonato: l'elettrone non ruota attorno al nucleo, come nel modello planetario, ma è in uno stato quantistico che è difficile da visualizzare. Si parla spesso di nuvola elettronica, che viene definita in qualche modo dalla densità di probabilità che l'elettrone si trovi ad un certo istante di tempo in una certa regione di spazio attorno al nucleo. La densità di probabilità che caratterizza un dato livello energetico non varia al passare del tempo. Le dimensioni delle nuvole elettroniche di un atomo sono di fatto le dimensioni dell'atomo stesso.