Pertanto, possiamo affermare che: non si può determinare esattamente il percorso di un elettrone intorno al nucleo.

Il principio di indeterminazione è valido per una palla da biliardo o per qualunque altro sistema fisico in movimento, ma gli errori che si compiono misurando la posizione o la velocità di un corpo di grandi dimensioni sono infinitesimali e trascurabili. Nel caso degli elettroni, invece, gli errori sono dello stesso ordine di grandezza della proprietà che si sta misurando. Il principio di indeterminazione non pone quindi problemi nel caso di corpi macroscopici, ma ci obbliga a studiare gli elettroni con un metodo diverso rispetto a quello adottato per le particelle più grandi: i dati di cui disponiamo possono essere utilizzati solo per stabilire la zona dello spazio in cui è *più probabile* trovarlo. La descrizione dell'elettrone in termini di **probabilità** è il fondamento della meccanica quantistica e del modello a orbitali.

Ricorda Secondo il principio di indeterminazione, è impossibile studiare l'elettrone in un atomo senza fornirgli energia, alterando di conseguenza la sua velocità o la sua posizione. È perciò impossibile determinare esattamente come si muove e conoscerne la traiettoria.

5 L'energia degli elettroni è quantizzata

Come tutte le particelle in movimento, ogni elettrone possiede una certa quantità di energia che aumenta al crescere della sua distanza dal nucleo atomico. Misurare tale energia è quindi utile per stabilire qual è la zona in cui è più probabile trovarlo: per esempio, è più probabile trovare lontano dal nucleo gli elettroni che possiedono maggiore energia e vicino al nucleo gli elettroni con minore energia.

Nello stesso periodo in cui veniva formulato il principio di indeterminazione, i fisici svilupparono un metodo per determinare l'energia degli elettroni negli atomi partendo dall'analisi degli spettri di emissione degli elementi (*vedi* scheda *Spettri, fotoni ed elettroni*). Scoprirono così una proprietà imprevista: per gli elettroni esistono stati energetici permessi e altri vietati. A ogni stato di energia consentito corrisponde una certa distanza media dell'elettrone dal nucleo: in particolare, a quantità minori di energia corrisponde una minore distanza media dal nucleo, mentre a quantità superiori corrisponde una maggiore distanza media. In condizioni sperimentali l'elettrone può essere costretto a «saltare» da uno stato energetico consentito a un altro; in tal caso acquista (quando passa a uno stato energetico superiore) o cede (passando a uno stato energetico inferiore) una quantità definita di energia. In ogni caso, non è possibile che l'elettrone venga a trovarsi in una condizione di energia intermedia tra uno stato e l'altro. In altre parole si può dire che:

l'energia degli elettroni è quantizzata, cioè può assumere solo alcuni valori caratteristici.

Gli stati energetici possibili per un elettrone, oggi chiamati **livelli energetici**, possono essere paragonati alle posizioni di una palla su una scala (**figura 1.5**). La palla può trovarsi su uno scalino qualsiasi e può essere spostata su un gradino superiore solo se ad essa viene fornita la quantità esatta di energia necessaria per compiere quel salto, altrimenti ritorna sul gradino di partenza. La palla può anche scendere su un gradino inferiore, riducendo così la sua energia: anche in questo caso la sua energia potrà ridursi solo di certe quantità, esattamente corrispondenti ai salti effettuati. Il paragone tra la palla e l'elettrone non è del tutto calzante; una palla può