

# INFORME-SE SOBRE A QUÍMICA

Eduardo Leite do Canto

Autor de *Química na Abordagem do Cotidiano* – Editora Saraiva

## Em um átomo multieletrônico, por que a ordem de energia é $ns < np < nd < nf$ ?

*A distribuição radial de probabilidade influencia a susceptibilidade à blindagem.*

No boletim anterior, comentamos as expressões *átomo hidrogenoide* e *átomo multieletrônico* e explicamos os conceitos de *blindagem* e de *carga nuclear efetiva* ( $Z_{ef}$ ), que empregaremos neste texto.

Da mecânica quântica, sabe-se que, em um átomo hidrogenoide, todos os subníveis de um mesmo nível  $n$  (número quântico principal) têm a mesma energia. Claro que, no estado fundamental, a distribuição eletrônica é  $1s^1$  e todos os outros subníveis estão desocupados. Porém, se o átomo não estiver no estado fundamental, o elétron excitado terá igual energia em  $ns$ ,  $np$ ,  $nd$  ou  $nf$ . Já em um átomo multieletrônico, os subníveis de um mesmo nível  $n$  seguem a ordem crescente de energia  $ns < np < nd < nf$ . Por que a ordem é essa? E por que, em um átomo hidrogenoide, a energia do elétron em  $ns$  é exatamente a mesma que em  $np$ ,  $nd$  ou  $nf$ ?

O conceito de **densidade radial de probabilidade** nos ajuda a responder. Imagine uma finíssima casca esférica de raio  $r$  centrada no núcleo do átomo (uma bolinha de pingue-pongue ilustra o conceito de casca esférica). A probabilidade de encontrar o elétron nessa casca esférica (bem entendido: na casca, não no interior da esfera delimitada por ela) varia em função de  $r$ , tendendo a zero no infinito.

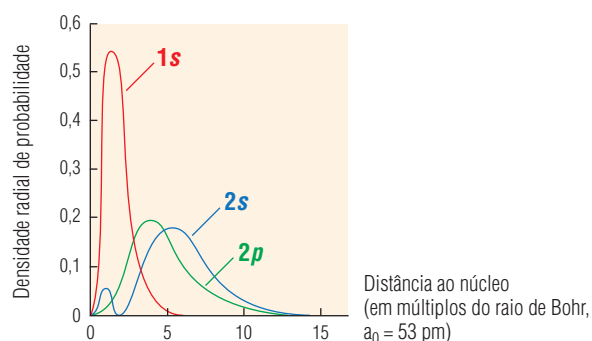
O gráfico apresenta a densidade radial de probabilidade para um elétron em orbital  $1s$ ,  $2s$  e  $2p$  no átomo de hidrogênio. As curvas podem ser interpretadas assim: para uma finíssima casca esférica de raio  $r$ , a probabilidade de encontrar o elétron nessa casca é dada pelo valor lido no eixo  $y$  quando  $x = r$ . A área total abaixo de cada uma das três curvas vale 1, já que a probabilidade de encontrar o elétron em algum lugar entre  $r = 0$  e  $r = \infty$  é 100%.

Comparando as curvas  $2s$  e  $2p$ , notamos que o pico da curva  $2s$  está mais longe do núcleo. Contudo, o elétron  $2s$  se aproxima mais do núcleo que o  $2p$ , pois a curva  $2s$  apresenta um segundo pico (mais baixo) próximo ao núcleo. Em um átomo neutro de  ${}^3\text{Li}$ , os elétrons  $1s^2$  exercem efeito de blindagem sobre o terceiro elétron. Se esse terceiro elétron estiver no orbital

$2s$ , terá **maior penetração** na nuvem eletrônica  $1s$ . Ao contrário, se o terceiro elétron estiver em um orbital  $2p$ , terá **menor penetração** na nuvem  $1s$ . Assim, se o terceiro elétron estiver em  $2s$ , sofrerá **menor blindagem** pelos elétrons  $1s^2$  e estará submetido a uma **maior carga nuclear efetiva** do que se estivesse em  $2p$ . Consequentemente, a ordem de energia é  $2s < 2p$  e, portanto, a distribuição eletrônica  $1s^2 2s^1$  conduz a uma energia global menor que  $1s^2 2p^1$ .

Considerações similares mostram que, em geral, para um mesmo número quântico principal  $n$ , os elétrons  $np$  têm penetração maior do que os elétrons  $nd$  e estes, por sua vez, têm penetração maior do que os elétrons  $nf$ . Assim, a ordem crescente de energia é, em geral,  $ns < np < nd < nf$ .

E no caso de um átomo hidrogenoide? Como só há um elétron, se ele for excitado de  $1s$  para  $ns$ ,  $np$ ,  $nd$  ou  $nf$ , não haverá outros elétrons mais internos para exercer blindagem sobre ele, que estará, portanto, submetido única e exclusivamente à atração do núcleo ( $Z_{ef} = Z$ ). Por isso, nesse caso, a energia do elétron é a mesma, quer esteja em  $ns$ ,  $np$ ,  $nd$  ou  $nf$ .



### E isso tem a ver com...

- Atomística — v. 1, unidade C, e vu, caps. 5 e 6
- Tabela periódica — v. 1, unidade D, e vu, cap. 7
- Modelo orbital — v. 3 e vu, tópico opcional 1

*Química na Abordagem do Cotidiano*, 3 volumes.  
*Química na Abordagem do Cotidiano*, volume único.

