

Os níveis de energia de um átomo: excitação e desexcitação

Um dos aspectos básicos da mecânica quântica que está incorporado ao modelo de Bohr, e que o faz ser completamente diferente do modelo planetário que tantas vezes é usado como analogia, é que a energia das partículas no átomo de Bohr está restrita a certos valores discretos, muito bem definidos, e somente estes valores são permitidos. Dizemos que a energia do átomo é quantizada.

Isto significa que somente certas órbitas, com raios bem estabelecidos, podem ser ocupadas pelos elétrons. As órbitas que poderiam estar situadas dentro destes intervalos estabelecidos pela mecânica quântica simplesmente não existem.

A figura ao lado mostra tais níveis de energia quantizados para o átomo de hidrogênio.

Estes níveis são designados por um número inteiro n que é chamado de número quântico.

O estado (ou nível) de energia mais baixo é chamado de estado fundamental.

Os estados que apresentam, sucessivamente, mais energia do que o estado fundamental são chamados de estados excitados e são designados, segundo a ordem de afastamento a partir do núcleo atômico, como primeiro estado excitado, segundo estado excitado, terceiro estado excitado, etc.

Além de uma certa energia, chamada potencial de ionização, os elétrons que pertencem ao átomo não conseguem mais ficar ligados ao núcleo. Eles passam a ser elétrons livres. A partir deste valor de energia os níveis de energia formam uma região que recebe o nome de continuum. No caso do hidrogênio seu potencial de ionização ou seja, a energia necessária para destruir a ligação do seu elétron com o núcleo atômico, transformando-o em elétron livre, é de 13,6 elétrons-volt. Dizemos então que o continuum do átomo de hidrogênio começa em 13,6 eV acima do estado fundamental.



Excitação e desexcitação de um átomo

Os elétrons pertencentes a um átomo podem fazer transições entre as órbitas (níveis de energia) permitidas pela mecânica quântica absorvendo ou emitindo *exatamente* a diferença de energia que existe entre estas órbitas.

Vejamos melhor como isto acontece. Vamos supor que um elétron está em uma órbita qualquer, entre aquelas permitidas pela mecânica quântica, em torno de um núcleo. É claro que existem outras possíveis órbitas, ou níveis de energia, que este elétron pode ocupar se ele tiver energia suficiente para isto. A diferença de energia entre cada uma destas várias órbitas possíveis e aquela onde está efetivamente o elétron pode ser facilmente calculada. Vamos supor então que, por algum processo, por exemplo aquecimento, transmitimos energia para este átomo. Esta energia incidente, seja qual for a sua origem, é formada por fótons com vários comprimentos de onda. Eventualmente um destes comprimentos de onda pode corresponder à diferença de energia que existe entre algum dos possíveis níveis atômicos deste átomo e o nível onde está o elétron.

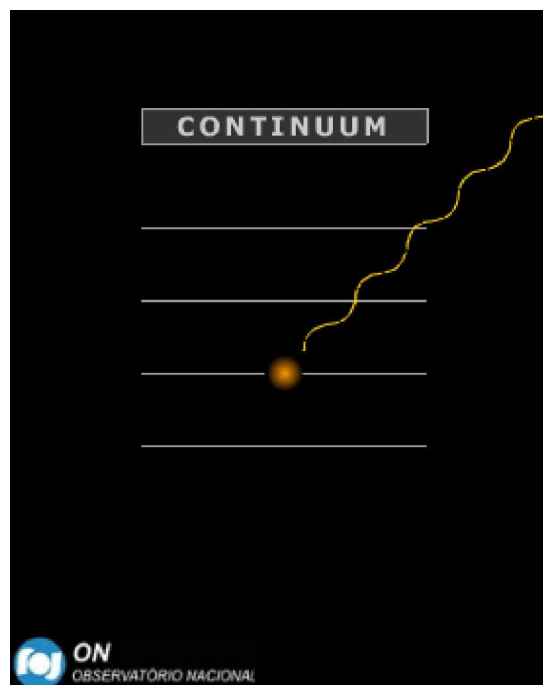
Quando esta energia externa incide sobre o elétron, ele absorverá um dos fótons incidentes desde que a energia desse fóton corresponda à diferença de energia entre um dos possíveis níveis atômicos e o nível onde o elétron está. Ao absorver esta energia o elétron realiza um salto quântico para o nível de energia mais alta que corresponde à sua nova energia total. Deste modo a diferença em energia entre níveis corresponde a um comprimento de onda específico da radiação incidente. Por exemplo, um elétron está no segundo nível quântico. Incidimos radiação de vários comprimentos de onda sobre o elétron. Entre estes comprimentos de onda está aquele que corresponde à diferença de energia entre o nível quântico 5 e o nível 2 onde está o elétron. Nosso elétron absorve este fóton e passa para o nível 5, ocupando agora um estado de maior excitação do que aquele em que ele estava anteriormente.

Resumindo, quando o átomo encontra um fóton com um comprimento de onda específico, correspondente a diferença de energia entre níveis quânticos, o fóton será absorvido pelo átomo, e o elétron saltará do nível de energia mais baixa para o nível de energia mais alta.

O elétron neste novo nível de energia está em um estado excitado. No entanto, todos os elétrons que estão em estados excitados querem retornar a um nível de energia mais baixa. Para realizar isto o elétron libera um fóton, que transporta este excesso de energia, e retorna para um nível de energia correspondente a uma excitação menor. A este processo de emissão de energia damos o nome de desexcitação.

Resumindo, quando o elétron cai de um nível de maior energia para um de menor energia ele emite um fóton cuja energia é equivalente à diferença de energia entre estes dois níveis. Se o elétron excitado volta para o seu estado original, o átomo emite um fóton com o mesmo comprimento de onda específico daquele que o havia excitado inicialmente.

A imagem a seguir mostra uma excitação atômica causada pela absorção de um fóton e uma desexcitação causada pela emissão de um fóton.



No entanto, as regras para que a excitação ou desexcitação ocorram são muito rígidas. Em cada caso o comprimento de onda da radiação emitida ou absorvida, ou seja o fóton absorvido ou emitido, é *exatamente* a diferença de energia entre as duas órbitas atômicas envolvidas no processo. Esta energia pode ser calculada dividindo o produto da constante de Planck e velocidade da luz hc pelo comprimento de onda da luz. Assim, um átomo somente pode absorver ou emitir certos comprimentos de onda discretos (ou, equivalentemente, frequências ou energias). Podemos dizer, de modo equivalente, que somente certos fótons podem ser absorvidos ou emitidos por um átomo.

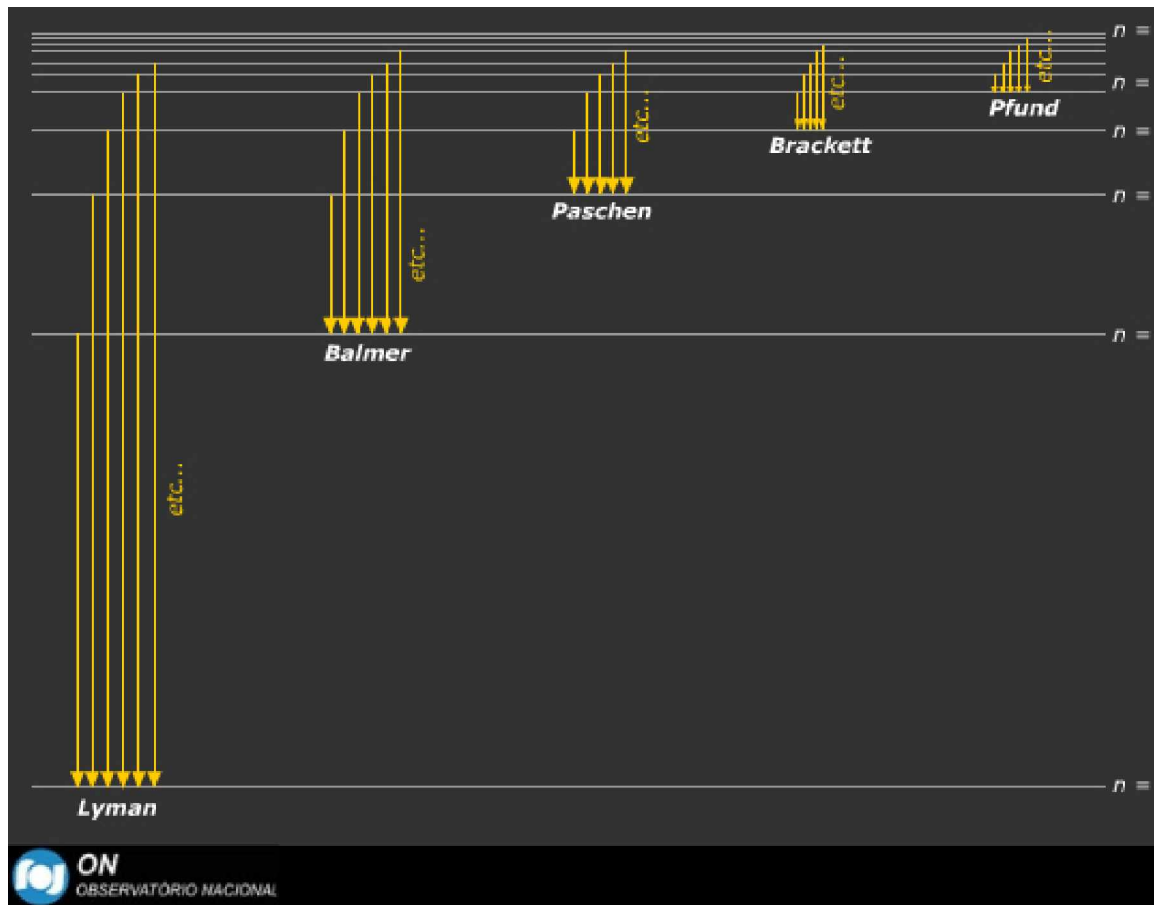
Um outro ponto importante, que constantemente leva a interpretações erradas, é o fato de que quando dizemos que um elétron passou de um nível quântico para outro contíguo somos, erroneamente, levados a supor que esta passagem é contínua. Por exemplo, quando dizemos que o elétron passou do nível 2 para o nível 3 podemos ser levados a imaginar que o elétron se deslocou, de modo contínuo, por todo o intervalo de energias que fica entre os dois níveis citados. Isto não é verdade. Lembre-se que uma das regras da mecânica quântica nós diz que não podem existir níveis intermediários entre dois níveis permitidos contíguos. Assim, quando dizemos que o elétron passa do nível 2 para o 3, por exemplo, estamos dizendo que ele "desapareceu" do nível 2 e "reapareceu" no nível 3. Misterioso, não é? Mas esta é a beleza da mecânica quântica.

Os níveis de energia do átomo de hidrogênio

O hidrogênio é o elemento químico que existe em maior quantidade no Universo. As estrelas são formadas, em sua maior parte, por hidrogênio. O átomo de hidrogênio é, certamente, o mais simples de todos os átomos: ele tem um elétron apenas, que gira em torno de um núcleo que também só possui uma única partícula, um próton.

Pelas regras que vimos acima para a excitação e desexcitação de um elétron, ao absorver um fóton com uma determinada energia o elétron saltará para uma órbita mais energética, mais afastada do núcleo. Neste estado excitado o elétron poderá emitir um fóton e saltar para um nível de menor energia, um nível mais baixo, mais próximo ao núcleo. Estes processos dão origem às chamadas séries do hidrogênio que nos mostram as possíveis transições que o elétron do átomo de hidrogênio pode fazer. Estas transições do elétron dão origem às seguintes séries:

série	ocorre uma transição de qualquer nível excitado para o nível
Lyman	1 (estado fundamental)
Balmer	2
Paschen	3
Brackett	4
Pfund	5



As séries mostradas acima são fundamentais para a astrofísica. Na verdade as séries do átomo de hidrogênio, que representam transições entre níveis atômicos, nos dão informações sobre a composição química das estrelas, como veremos mais tarde.