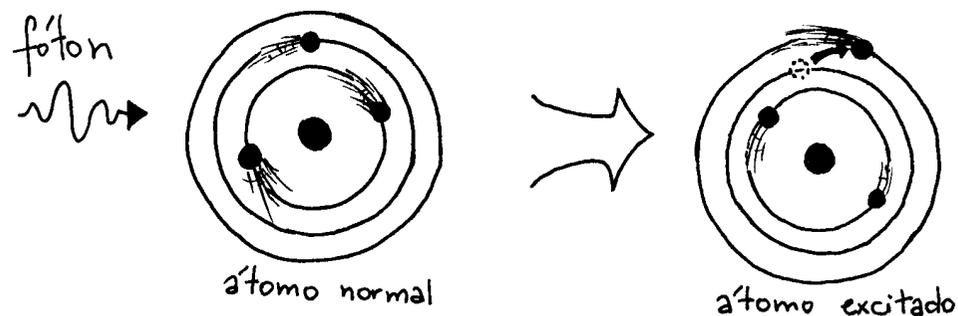


—15—

As cores da luz e a sua explicação

Um modelo para
explicar a luz.



Se um fóton de frequência f interagir com um átomo e for por ele absorvido, a sua energia é transferida para um dos elétrons e o átomo transita para um estado excitado.

Modelo de matéria para compreender a luz

Vimos até aqui que a luz é uma radiação emitida pelos mais diferentes materiais, submetidos a diferentes processos: a parafina da vela em combustão, um filamento metálico aquecido pela corrente elétrica na lâmpada incandescente ou os gases na lâmpada fluorescente, o material das estrelas e do nosso Sol, compactado pela ação da gravidade, todos emitem luz.

Para compreender o que é a luz precisamos indagar primeiro como as coisas são constituídas.

Os antigos gregos já se preocupavam com essa questão, tanto que é de um deles a idéia de que cada coisa é constituída por um grande número de pequenos "tijolinhos" que foram chamados de **átomos**, que na linguagem grega significava **indivisível**.

Muitos séculos nos separam dos antigos gregos, mas a idéia de átomo cada vez mais precisou ser lembrada e aprimorada na tentativa de compreender a natureza das coisas.

Atualmente a Física Quântica tem o melhor modelo para a compreensão da luz. Nessa teoria, a matéria é interpretada como sendo constituída por átomos, que agrupados vão formar as moléculas, que por sua vez formarão todas as coisas existentes na natureza.

Mas como são esses átomos?

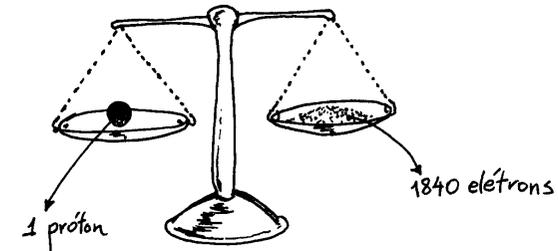
Cada material é constituído por um tipo de átomo, tendo cada átomo uma estrutura formada por duas regiões distintas.

Uma região central, chamada **núcleo**, onde estão confinados os prótons e os nêutrons, além de outras partículas menores.

Outra é a **eletrosfera**, região em torno do núcleo onde movimentam-se os elétrons. Num átomo normal, o número de prótons no núcleo é igual ao número de elétrons na eletrosfera.

A massa de um próton ou de um nêutron é da ordem de 2000 vezes maior que a massa do elétron, o que nos faz concluir que, praticamente, toda a massa do átomo está concentrada em seu núcleo.

Para termos uma idéia das dimensões relativas dessas duas regiões, se pudéssemos aumentar o átomo de hidrogênio de tal forma que seu núcleo alcançasse o tamanho de uma azeitona, o raio da eletrosfera alcançaria o tamanho de um estádio de futebol, como o Morumbi, por exemplo.

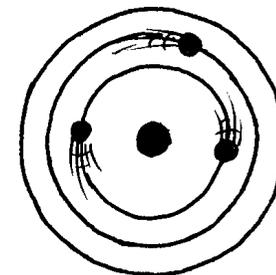


Comparação entre as massas do próton (ou nêutron) e do elétron

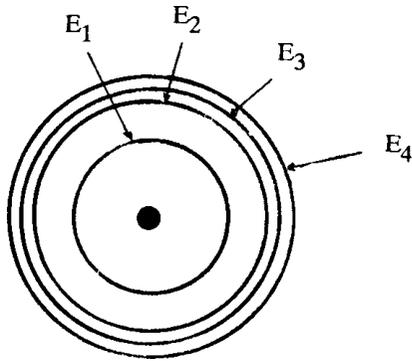
Mesmo para átomos com poucos elétrons, como o hidrogênio (que só tem um), associamos à eletrosfera a idéia de **nuvem** devido ao intenso movimento dos elétrons a grandes velocidades ao redor do núcleo.

De acordo com esse modelo, existem regiões na eletrosfera em que a probabilidade de encontrar elétrons é maior.

Essas regiões são as **camadas eletrônicas**, às quais são associadas quantidades de energia bem definidas, constituindo os **níveis de energia**. Cada camada comporta um determinado número de elétrons.



Representação (fora de escala) de um átomo



Camadas eletrônicas, em corte, para um átomo isolado, em que $E_1 < E_2 < E_3 < E_4$ correspondem à energia dos diferentes níveis

Os estados fundamental e excitado dos átomos

O átomo que mantém os seus elétrons distribuídos nos possíveis níveis de menor energia se encontra, portanto, no seu estado de mais baixa energia, que é denominado de **estado fundamental**.

O átomo se encontra num **estado excitado** se, por meio de algum processo, por exemplo o aquecimento, absorver uma certa quantidade de energia, suficiente para que um de seus elétrons passe de um nível para outro de maior energia.

O estado de excitação não persiste por tempo indefinido, pois o elétron retorna ao seu nível de origem, emitindo, nesse processo, uma quantidade de energia bem definida, que corresponde, exatamente, à diferença de energia entre os dois níveis.

A diferença de energia depende dos níveis entre os quais o elétron transita. Para o elétron passar do nível 1 para o nível 3, o átomo precisará receber uma quantidade de energia exatamente igual à diferença de energia entre esses níveis, ou seja, $\Delta E = E_3 - E_1$,

A mesma diferença de energia ΔE deverá também ser emitida, pelo átomo, quando o elétron retornar ao seu nível de origem, neste caso do nível 3 para o nível 1.

A diferença de energia entre dois níveis determina que espécie de radiação é emitida, pois existe uma relação direta entre energia e frequência. Se a diferença de energia entre dois níveis é tal que a frequência da radiação emitida está entre 10^{14} Hz e 10^{15} Hz trata-se de uma radiação luminosa ou simplesmente luz!

Essas mudanças de níveis são chamadas de "**saltos quânticos**", já que as diferenças de energia não podem assumir qualquer valor, mas apenas valores discretos, definidos, uma espécie de "**pacote**", ou "**quantum**" de energia. Na linguagem da física tais pacotes de energia, emitidos ou absorvidos pelo átomo, são chamados de **fótons**.

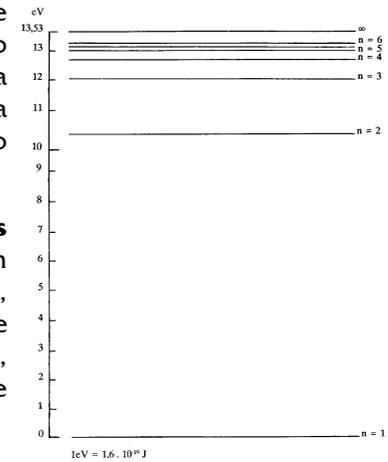
Imagine que incida sobre um átomo um fóton de energia que não corresponde à de um possível salto quântico. Nesse caso o elétron não muda de nível e o átomo também não absorve essa energia, da mesma forma que um pugilista, ao receber um golpe de raspão, nos dá a impressão de que nada sentiu. A energia do golpe foi embora...

Absorção e emissão de fótons pelos átomos

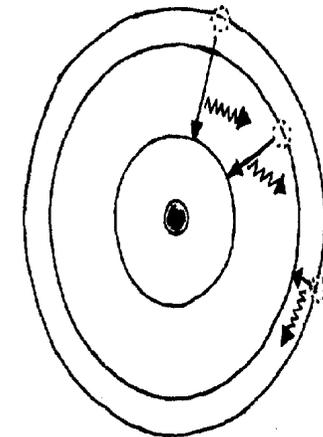
Se um determinado átomo receber, por algum processo, um fóton, cuja energia coincidir com a diferença de energia entre dois de seus níveis, ocorrerá o salto quântico do elétron entre esses níveis, e o fóton incidente será absorvido e posteriormente reemitido com o retorno do elétron ao nível de origem.

Esse retorno pode ser realizado por etapas: reemissão simples de um único fóton de energia igual à do fóton incidente ou reemissão de dois fótons de energias diferentes, cuja soma dá a energia do fóton incidente.

Nesse último caso, cada fóton emitido está associado a saltos quânticos distintos, existindo um nível intermediário de curta permanência.



Representação dos níveis de energia do átomo mais simples, o hidrogênio.



Representação dos possíveis saltos quânticos do elétron entre os níveis 1, 2 e 3.

Emissão espontânea e emissão estimulada

Um objeto qualquer é constituído por um número gigantesco de átomos, e quando os excitamos através de uma descarga elétrica ou luz, por exemplo, esses átomos absorvem essa energia, guardam-na por algum tempo e depois a devolvem para o meio ambiente.

Nesse processo os átomos passam de um estado energético para outro. Uma maneira de os átomos retornarem ao seu estado inicial é devolvendo a energia absorvida no processo através de emissões espontâneas de luz, que são os fótons.

A emissão espontânea pode ocorrer a qualquer instante com os fótons sendo emitidos em todas as direções de forma completamente desordenada e sem nenhum controle.

É dessa forma, por exemplo, a luz emitida por uma lâmpada, por uma vela ou pelas estrelas.

Mas existe uma situação peculiar que ocorre quando um fóton incidente encontra um átomo já excitado: nesse caso o átomo retorna a seu estado estável emitindo dois fótons, ambos com a mesma frequência do fóton incidente e além disso na mesma direção desse fóton.

Esse fato permite aumentar a intensidade da radiação emitida, sendo o processo chamado de emissão estimulada da luz.

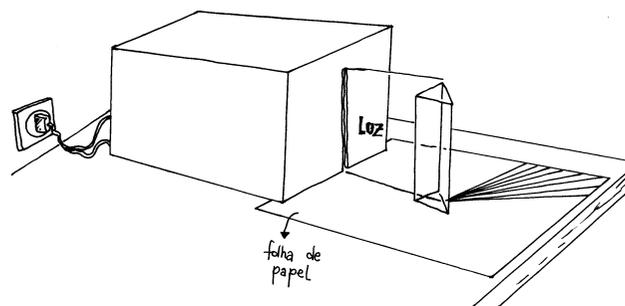
Variações de energia dos elétrons livres

Os elétrons em um átomo podem absorver bastante energia se o átomo sofrer um significativo aumento de temperatura.

Essa energia é suficiente para promover a ruptura de elétrons com o núcleo, tornando-os elétrons livres, ou seja, continuam presentes no material, em movimentos desordenados pelos espaços existentes entre os átomos, mas não presos a um determinado átomo.

O elétron livre pode absorver e reemitir radiações de qualquer frequência ou comprimento de onda.

Esse processo é chamado de transição livre-livre. São as variações de energia do elétron livre que dão origem aos espectros contínuos que podemos obter dos filamentos de lâmpadas incandescentes, do Sol, de metais aquecidos em altos-fornos, do carvão em brasa e de outros materiais sólidos aquecidos até a incandescência.



Espectro contínuo de uma lâmpada incandescente

Espectros de linhas

Os espectros de linhas são característicos de gases a baixa pressão. No espectro essas linhas podem ser luminosas ou escuras.

A linha luminosa tem origem na energia que o elétron emite quando retorna a um estado ligado, e a linha escura se origina na energia que o elétron absorve saltando para um nível superior de energia.



Espectro de linhas