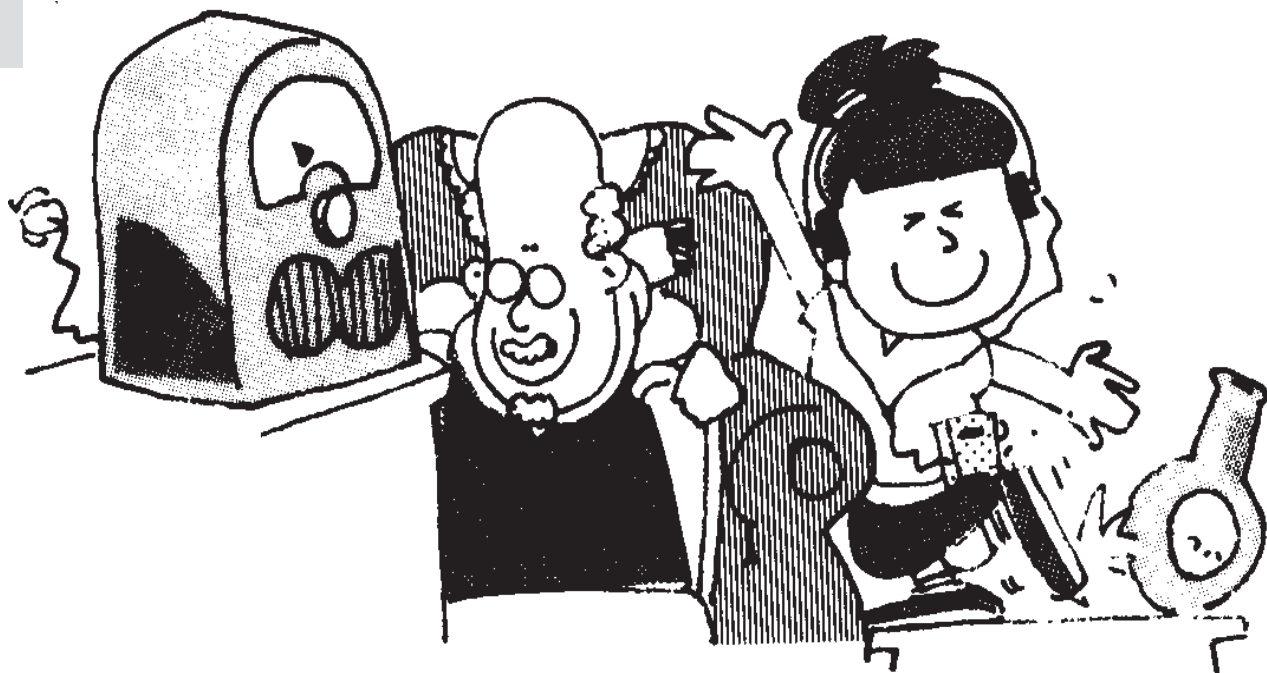


— 38 —

Tamanhos são documentos

Nesta aula você vai saber por que o tamanho dos equipamentos eletrônicos vem diminuindo.

Vamos fazer um teste para ver se você conhece as marcas tecnológicas de cada época. Observe com atenção a figura abaixo e responda: de que século e a que década pertencem estes aparelhos elétricos?



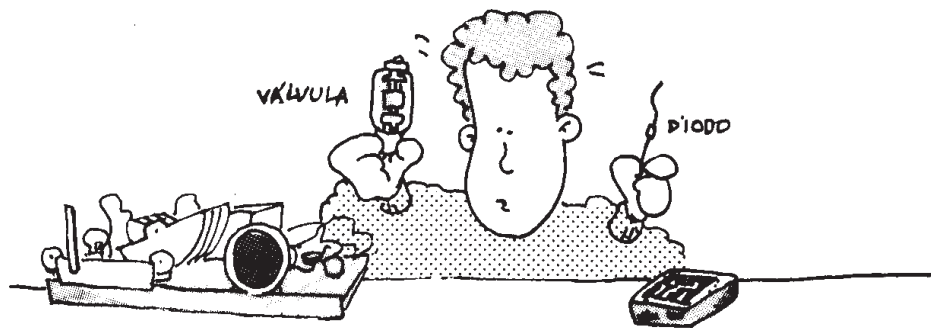
REVIRANDO OS GUARDADOS DOS ANTEPASSADOS

Localize entre seus familiares ou amigos um rádio antigo, provavelmente um guardado pelos avós ou bisavós mas que ainda funcione, e compare com um *walkman* sob os seguintes aspectos:

- a. tamanho e peso**
- b. tempo necessário para entrar em funcionamento**
- c. aquecimento do aparelho**

A diferença entre os dois aparelhos que fazem a mesma coisa é muito grande. O aparelho de rádio antigo é muito mais pesado e maior, leva mais tempo para ligar e aquece se permanece ligado por algum tempo. Uma outra diferença é que o antigo só é ligado na tomada, enquanto o *walkman* funciona a pilhas.

Internamente as diferenças são também enormes. Muitas válvulas e fios de ligação, além de resistores, no rádio antigo. Já no *walkman*, circuito impresso, isto é, placa com trilha de cobre fundido, nenhuma válvula, e, além de resistores, alguns componentes novos, conforme ilustra a figura.



Todas essas alterações foram possíveis a partir da substituição das válvulas, que necessitam de alta tensão para funcionar, além de um certo tempo para que seja aquecido o filamento, lembrando uma lâmpada comum.

Em seu lugar entraram o diodo e o transistor, que são feitos com materiais como germânio e silício. Com a utilização dos circuitos integrados da microeletrônica, o volume pôde ser reduzido de 10 cm^3 , que corresponde ao de uma válvula, para $0,000\,000\,008 \text{ cm}^3$, o volume de um transistor integrado.

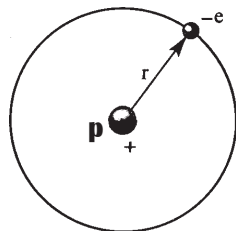
Além disso, a energia necessária para manter esses componentes funcionando também variou significativamente: 100.000 vezes menos energia por segundo, na substituição de uma válvula por um transistor integrado.

O estudo das propriedades elétricas de materiais como o germânio e o silício, que são genericamente denominados de materiais semicondutores, requer uma aproximação com algumas idéias do que se denomina física quântica. Assim, nas páginas a seguir vamos tratar de dois aspectos: localizaremos num primeiro momento as idéias básicas dessa parte da física para, no segundo momento, utilizá-las na construção de um novo modelo de condução elétrica para os materiais.

Bohr e seu novo modelo de átomo

As idéias básicas que permitem a compreensão das propriedades elétricas de materiais como o germânio e o silício têm por base uma representação de átomo elaborada em 1913, e ficou conhecida na física por "átomo de Bohr", em homenagem ao físico que a elaborou.

Segundo essa representação, o átomo é formado de duas regiões: uma no centro, chamada núcleo, onde estão os prótons e os nêutrons, e uma outra chamada eletrosfera, onde estão os elétrons. A figura ao lado é uma representação do átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr.



Na eletrosfera, os elétrons se movem tão rapidamente ao redor do núcleo, em suas órbitas, que formam uma espécie de nuvem, mas há algumas regiões onde existe maior chance de encontrá-los que em outras, ou seja, as órbitas permitidas ao elétron não podem ser quaisquer.

As órbitas podem conter um certo número de elétrons, correspondendo cada uma delas a um valor de energia que depende da sua distância em relação ao núcleo do átomo.

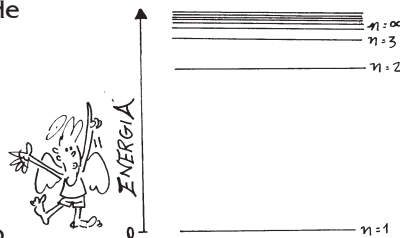
De acordo com Bohr, que estudou detalhadamente o átomo de hidrogênio, quando o seu único elétron encontra-se na órbita mais próxima do núcleo, ele tem o seu menor valor de energia. Nesta situação, o átomo está no seu **estado fundamental**.

Ainda segundo Bohr, esse elétron pode mudar para uma órbita mais afastada do núcleo de seu átomo se receber uma certa quantidade de energia que corresponde a um valor bem determinado: a diferença entre os valores das energias associadas a cada uma das órbitas (a final e a inicial).

Quando isso ocorre, o átomo deixa o estado fundamental e passa para o chamado **estado excitado**. Esse estado, entretanto, é transitório, a menos que o átomo receba continuamente energia. Caso contrário, o elétron retorna espontaneamente à órbita inicial. Ao fazê-lo, ele emite a mesma quantidade de energia absorvida anteriormente, voltando ao estado fundamental. Em ambos os casos, dizemos que houve um **salto quântico de energia**.

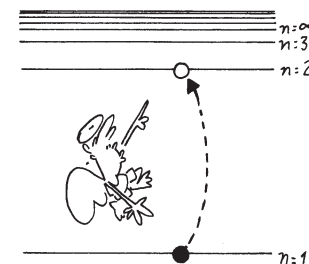
Em função das diferentes órbitas que o elétron pode ter, pode-se fazer um mapeamento das suas possibilidades, levando em conta os valores das energias correspondentes.

Para o átomo de hidrogênio, o diagrama dos níveis de energia possíveis para o seu elétron está indicado ao lado.

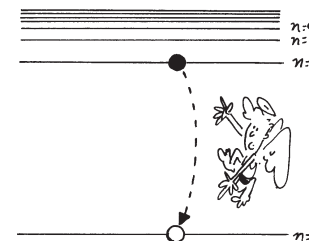


De acordo com este diagrama, quando o elétron encontra-se no nível energético 1, ele está no estado fundamental. Fora dele, o átomo está no estado excitado. Para separar o elétron do átomo, isto é, ionizá-lo, o elétron deve receber $21,7 \cdot 10^{-19}$ J de energia.

Elétron mudando ao nível mais externo

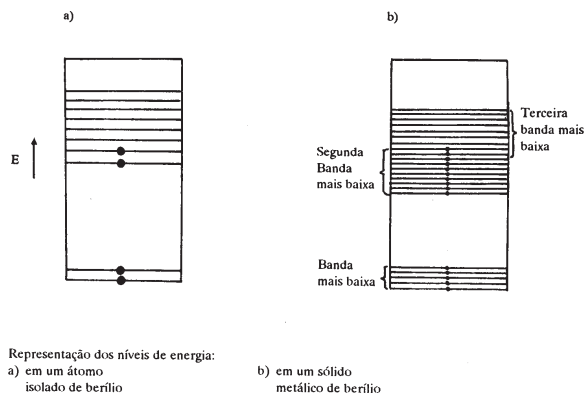


Elétron voltando ao nível fundamental



Reclassificação dos materiais do ponto de vista da condutividade elétrica

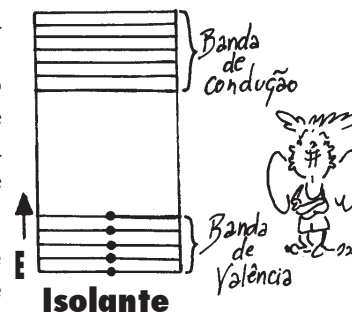
Podemos fazer uma classificação dos materiais quanto a sua condutividade elétrica tomando por base os níveis de energia que os seus elétrons podem ter. Neles, a proximidade dos átomos faz com que haja um aumento do número de níveis de energia possíveis para os seus elétrons, conforme indica a figura a seguir.



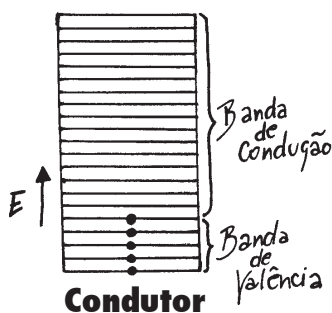
Nesta representação, cada linha horizontal representa um nível de energia possível para o elétron. E a linha com uma bolinha representa a existência de um elétron nesse nível assinalado.

A caracterização dos materiais como isolantes ou condutores elétricos vai depender da diferença de energia entre os níveis que os elétrons podem vir a ocupar, que se denomina banda de condução, e os valores dos últimos níveis já ocupados por eles, a chamada banda de valência.

Um material isolante tem uma grande barreira energética que separa a banda de valência da banda de condução. Assim, a passagem dos elétrons para a banda de condução requer grande quantidade de energia, sendo justamente isso o que caracteriza o material como isolante. Sua representação, em termos de níveis de energia, é caracterizada conforme a ilustração ao lado.



Um material condutor, ao contrário, tem sua banda de condução elétrica em continuidade com a banda de valência. Desse modo, pequena quantidade de energia é



suficiente para que seus elétrons passem para os níveis de energia mais afastados. Por isso, esses materiais são caracterizados como condutores elétricos.

Há uma outra distribuição dos níveis de energia onde a banda de condução e a de valência estão separadas por uma diferença de energia menor que a dos isolantes. Neste caso, com uma certa energia, os elétrons passam para a banda de condução, tornando o material um condutor elétrico. Tal comportamento caracteriza os materiais semicondutores. Germânio e silício são exemplos de materiais que apresentam esse comportamento. Para eles, a energia necessária para torná-los condutores elétricos pode ser obtida com a elevação de temperatura, incidência de luz, aumento de pressão, dentre outros processos.

Semicondutor

