

Elétrons: rápidos ou lentos?

www.doisaocubo.hpg.com.br

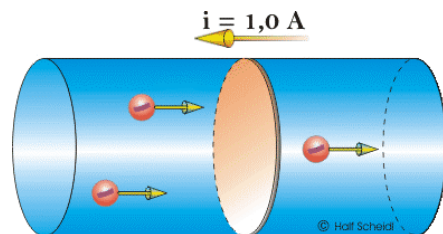
Introdução

Em certa aula do curso técnico que eu freqüentava, o professor não tinha um assunto definido a tratar. Preferiu, simplesmente, conversar sobre assuntos ligados ao curso - eletrotécnica. Começou sua “conversa” (na qual só ele falava) comentando as maravilhas tecnológicas que o conhecimento da eletricidade proporcionou. Uma de suas exclamações: “e é até intrigante... você liga o interruptor e instantaneamente a luz acende... os elétrons andam muito rápido, quase na velocidade da luz...”.

Mas será que é mesmo dessa forma? A resposta pode ser surpreendente...

Num primeiro momento, o senso comum insiste em convencer-nos de que os elétrons são, de fato, muito rápidos. Nada melhor que a razão, e números, para provar o contrário...

Para facilitar o cálculo, mas sem cair na incoerência dos exemplos banais, tomemos um condutor de cobre cuja seção transversal – “bitola” – tem área $S = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ ($1,0 \text{ mm}^2$), percorrido por uma corrente de $1,0 \text{ A}$ (ampère).



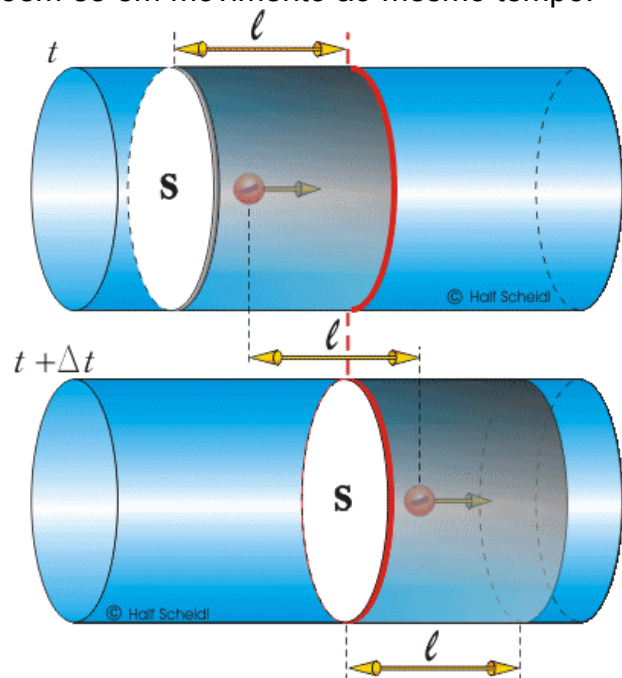
Adotando a carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, e sabendo-se que existem $1,7 \cdot 10^{22}$ elétrons livres / cm^3 , calculemos qual a velocidade média de cada elétron livre no condutor.

No instante t , os elétrons livres presentes no volume $S \cdot \ell$ anterior a linha vermelha (vide figura ao lado), põem-se em movimento ao mesmo tempo.

Durante o intervalo de tempo Δt , atravessam a linha vermelha e ocupam o mesmo volume $S \cdot \ell$ no instante $t + \Delta t$. Assim, a velocidade média de cada elétron livre é $v = \frac{\ell}{\Delta t}$

(1).

Por outro lado, η elétrons livres ocuparão um certo volume. Por regra de três, havendo $\mu = 1,7 \cdot 10^{22}$ elétrons livres / cm^3 , η elétrons livres ocupam um volume de $\frac{\eta}{\mu} \text{ cm}^3$.



Fazendo $S \cdot \ell = \frac{\eta}{\mu}$, encontramos $\ell = \frac{\eta}{\mu \cdot S}$. Substituindo na equação (1), temos: $v = \frac{\frac{\eta}{\mu \cdot S}}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{\eta}{\mu \cdot S \cdot \Delta t}$.

Como $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\eta e}{\Delta t}$, podemos escrever $\eta = \frac{i \cdot \Delta t}{e}$. Substituindo:

$$v = \frac{i \cdot \Delta t}{e \cdot \mu \cdot S \cdot \Delta t} \therefore$$

$$\boxed{v = \frac{i}{e \cdot \mu \cdot S}}$$

A equação encontrada mostra que a velocidade do elétron é diretamente proporcional à intensidade de corrente. Assim, para um mesmo condutor, correntes de intensidade maior implicam elétrons deslocando-se mais rapidamente, algo que parece bastante sensato. Indica também que quanto maior a secção transversal de um condutor, mantendo-se constante a corrente, menor será a velocidade dos elétrons.

Para finalizar, vamos substituir os valores citados anteriormente:

$$v = \frac{1,0}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,7 \cdot 10^{22} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$v = 0,038 \text{ cm/s} \text{ ou } v = 0,38 \text{ mm/s}$$

Muito menos que a velocidade da luz, não? Nem uma formiga anda nessa velocidade. Por outro lado, em relação ao tamanho do elétron andar a 0,38mm/s é percorrer uma distância equivalente a 10^{11} vezes o seu diâmetro a cada segundo!

Já jogou bolinha de gude? Se você lançasse uma bolinha de gude com uma velocidade nessa proporção, ela percorreria dois milhões de quilômetros num único segundo. Mas, obviamente, isso é impossível.

Agora, a pergunta talvez fosse: “então por que a luz acende-se instantaneamente ao ligarmos o interruptor?”. Simplesmente porque os elétrons põem-se em movimento *ao mesmo tempo*.