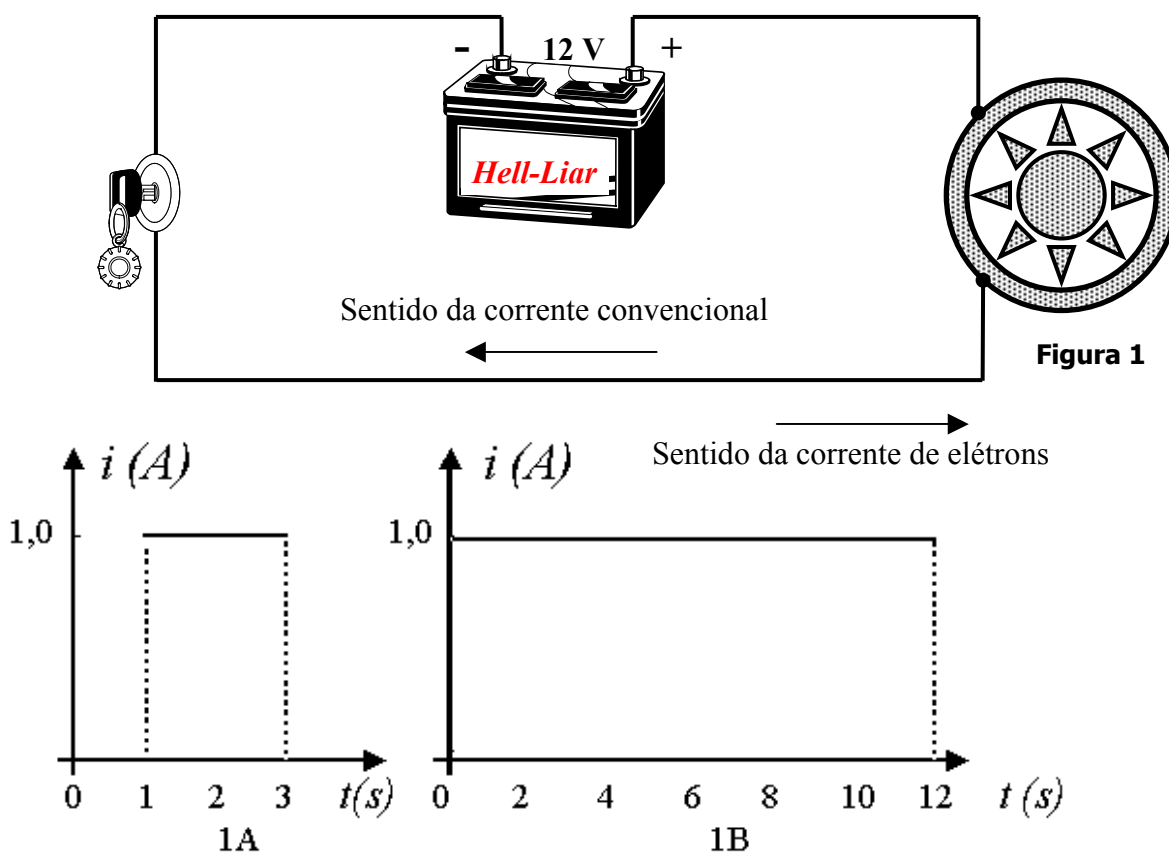


Gabarito dos Exercícios Programados 4

Daniel Miranda

Exercício 1

Na figura abaixo é apresentado, de forma esquemática, o circuito elétrico que representaria a ligação da bateria de um carro com o seu motor de arranque e a chave de ignição. Já nos gráficos abaixo da figura estão apresentados os comportamentos com o tempo da corrente elétrica  $i$  no circuito quando duas pessoas ligam o carro em ocasiões diferentes. O gráfico 1A mostra o que acontece com a corrente elétrica  $i$  no circuito como função do tempo quando o dono do carro, habituado a usá-lo, vira a chave de ignição. Já o gráfico 1B mostra o comportamento da corrente  $i$  quando a filha adolescente do dono tenta ligar o carro na ausência do seu pai.



- a) Indique qual é o sentido da corrente de elétrons (os quais possuem cargas elétricas negativas) no circuito.

*As cargas elétricas negativas se deslocam espontaneamente do potencial menor para o potencial maior. Nas fontes de corrente elétrica, as cargas elétricas negativas são forçadas pelo campo elétrico motor a se deslocarem do potencial maior para o potencial menor. Como nos fios condutores são os elétrons que transportam a corrente elétrica, no circuito da figura 1 os elétrons se deslocam no sentido anti-horário, isto é, fora da fonte do potencial menor (terminal negativo) para o potencial maior (terminal positivo), e no interior da fonte do potencial maior para o potencial menor.*

- b) Faça o mesmo, indicando o sentido para a corrente elétrica convencional no circuito.

*As cargas elétricas positivas se deslocam espontaneamente do potencial maior para o potencial menor. Nas fontes de corrente elétrica, as cargas elétricas positivas são forçadas pelo campo elétrico motor a se deslocarem do potencial menor para o potencial maior. Como na corrente convencional se supõe que transportadores de corrente elétrica têm cargas positivas, no circuito da figura 1 as cargas elétricas positivas da corrente convencional se deslocam no sentido horário, isto é, fora da fonte do potencial maior (terminal positivo) para o potencial menor (terminal negativo), e no interior da fonte do potencial menor para o potencial maior.*

- c) Observando o comportamento temporal das correntes elétricas no circuito nas duas situações (gráficos 1A e 1B) você diria que estas correntes seriam contínuas ou variáveis?

*Teoricamente, uma corrente contínua é um modelo matemático que supõe a existência de uma corrente elétrica constante em um intervalo de tempo infinito. Na prática só existem correntes contínuas para intervalos de tempos finitos, por exemplo, quando ligamos um carro, a corrente elétrica aumenta até atingir um valor constante. Quando desligamos o carro a corrente elétrica se anula. Por isso, podemos afirmar que as correntes elétricas das figuras 1a e 1b são variáveis se considerarmos intervalos de tempos que incluem o ligar e o desligar do carro, mas são contínuas no intervalo de tempo em que as correntes elétricas atingem o seu valor máximo (1A).*

- d) Existiria algum intervalo de tempo nas duas situações onde você poderia considerar a corrente elétrica contínua?

*No gráfico 1A, a corrente é contínua entre 1 s e 3 s e igual a 1,0 A. No o gráfico 1B, a corrente é contínua entre 1 e 12 segundos e é igual a 1,0 A.*

- e) Lembrando que a corrente elétrica  $i$  é definida como o total de cargas  $\Delta q$  que percorre o circuito durante o intervalo de tempo  $\Delta t$  dividido por este intervalo de tempo ( $i = \Delta q / \Delta t$ ) determine a carga elétrica total que percorre o circuito quando o dono do carro o liga (gráfico 1A).

*Como  $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , temos que  $\Delta q = i \Delta t$ .*

*Portanto, a carga que percorre o circuito é dada pelo produto entre a corrente elétrica estabelecida no circuito e o intervalo de tempo em que essa corrente esteve presente no circuito. A carga total que percorre o circuito é:*

$$\Delta q_{1A} = 1 \times (3 - 1) = 2 C \Rightarrow \Delta q_{1A} = 2 C.$$

- f) Repita o mesmo cálculo do item anterior para obter a carga elétrica total que percorre o circuito quando a filha do dono do carro tenta ligá-lo na ausência do pai (gráfico 1B).

*De maneira análoga ao item anterior, obtemos a carga elétrica total para o gráfico 1B:  $\Delta q_{2B} = 1 \times (12 - 0) = 12 C \Rightarrow \Delta q_{2B} = 12 C$ .*

- g) Comparando os resultados dos dois últimos itens o que você poderia dizer sobre a vida útil da bateria para proprietários de carros que tivessem como característica ligá-los segundo os dois padrões

apresentados (o do dono e o de sua filha)? Seriam as consequências mais acentuadas no caso de uma bateria velha?

**No interior de uma bateria, a energia química é transformada em energia elétrica e em calor. A energia calorífica aquece os componentes da bateria e a energia elétrica é transferida para o seu exterior. Quando a corrente elétrica é constante, a energia química transformada é dada por  $\varepsilon i \Delta t$ , onde  $\varepsilon$  é a força eletromotriz da bateria,  $i$  é a corrente elétrica e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo em que existe a corrente elétrica. Por isso, a forma da filha ligar o carro dissipa mais energia química da bateria diminuindo o seu tempo de vida. Além disso, como o calor dissipado no interior da bateria é dado por  $R_{\text{bateria}} i^2 \Delta t$ , há um maior aquecimento da bateria e conseqüente desgaste das peças da bateria, quando a filha liga o carro.**

- h) Lembrando que o elétron possui uma carga elétrica negativa de módulo  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , use o fato de que o total de cargas  $\Delta q$  que percorre o circuito durante o intervalo de tempo  $\Delta t$  pode ser escrito como  $\Delta q = e \Delta n$  para calcular o número total de elétrons  $\Delta n$  que percorre o circuito quando o dono do carro o liga (gráfico 1A).

**Sabendo o valor da carga total que percorre o circuito ( $\Delta q$ ) durante um intervalo de tempo e o valor da carga do elétron ( $e$ ), podemos calcular o número de elétrons que atravessa o circuito durante o intervalo de tempo  $\Delta t$ :**

$$\Delta q = \Delta n \times e \Rightarrow \Delta n = \frac{\Delta q}{e}.$$

**No gráfico 1A, temos:** 
$$\Delta n = \frac{2}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,25 \times 10^{19} \text{ elétrons.}$$

- i) Repita o mesmo cálculo do item anterior para obter o número total de elétrons  $\Delta n$  que percorre o circuito quando a filha do dono do carro tenta ligá-lo (gráfico 1B).

**No gráfico da figura 1B, temos:** 
$$\Delta n = \frac{12}{1,6 \times 10^{-19}} = 7,5 \times 10^{19} \text{ elétrons.}$$

- j) Lembrando que a resistência elétrica  $R$  em um trecho de um circuito é definida pela razão entre a diferença de potencial  $\Delta V$  existente nos terminais daquele trecho e a corrente elétrica  $i$  que o percorre, então faça uma estimativa da resistência elétrica mínima  $R_{\text{min}}$  que deve ter o circuito envolvendo o motor de arranque do carro e a chave de ignição. Observe que a bateria do carro mantém em seus terminais uma diferença de potencial de 12 Volts.

**O circuito representado na figura 1 deve apresentar uma resistência  $R$  não-nula, devida à própria resistência dos fios que o compoem. O valor de  $R$  será dado pela razão entre a diferença de potencial no circuito e a corrente elétrica que o percorre. Como a maior corrente que atravessa o circuito é de 1 A, o valor de  $R$  é no mínimo igual a:**

$$\Delta V = R_{\text{min}} \times i \Rightarrow R_{\text{min}} = \frac{12}{1} = 12 \Omega$$

***Não sabemos ao certo o valor da resistência no circuito, mas sabemos que seu valor é de no mínimo  $12\ \Omega$ , pois corresponde ao valor máximo de corrente comunicada ao circuito.***

k) Enuncie o que significa o *efeito Joule*.

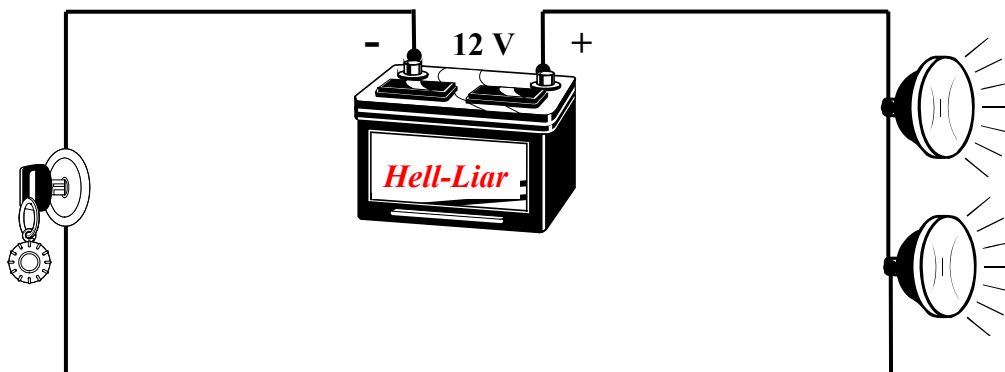
***O efeito Joule é a conversão de energia elétrica em calor que ocorre quando um resistor com resistência  $R$  é atravessado por uma corrente  $i$ .***

k) Em qual das duas situações (1A ou 1B) as consequências do *efeito Joule* pode representar maior perigo para o bom funcionamento da parte elétrica do carro? Justifique a sua resposta

***A energia elétrica dissipada em um resistor  $R$  percorrido por uma corrente elétrica contínua é  $Ri^2\Delta t$ . Logo, a situação onde a corrente atravessa o circuito por mais tempo (situação da figura 1B) representa um maior desgaste da parte elétrica do carro porque os fios aquecem mais.***

### Exercício 2

***Na figura abaixo é apresentado, de forma esquemática e simples, o circuito elétrico que representaria a parte de iluminação externa de um carro com os seus faróis ligados à bateria e à chave de ignição.***



a) Considerando que quando são ligados os faróis baixos do carro temos uma iluminação de menor alcance e mais fraca do que quando ligamos os seus faróis altos, o que você poderia concluir, baseado no *efeito Joule*, sobre a energia dissipada pelo aquecimento dos faróis nos dois casos?

***Vimos nas práticas de eletricidade, que quando maior o brilho de uma lâmpada maior é a potência dissipada nela por efeito Joule. Quando ligamos os faróis altos do carro, o brilho produzido pelo filamento incandescente da lâmpada é maior do que no caso em que ligamos os faróis baixos. Isso significa que a potência dissipada por efeito Joule no filamento da lâmpada é maior quando utilizamos o farol alto do que quando utilizamos o farol baixo.***

b) Qual é a relação de desigualdade entre as resistências elétricas dos filamentos para lâmpadas dos faróis baixos e dos faróis altos?

*É importante notar que as resistências do farol alto e do farol baixo devem ser diferentes, pois como a diferença de potencial no circuito é constante ( $V = 12\text{ V}$ ), se as resistências fossem iguais teríamos correntes iguais nas duas situações e a potência dissipada nos dois casos seria igual (e como vimos no item anterior as potências dissipadas em cada caso são diferentes).*

*Como a potência dissipada pelo farol alto ( $V \cdot i_A$ ) é maior do que a potência dissipada pelo farol baixo ( $V \cdot i_B$ ), temos:  $V \cdot i_A > V \cdot i_B \Rightarrow i_A > i_B$*

*De acordo com a Lei de Ohm, temos,  $i_A = \frac{V}{R_A}$  e  $i_B = \frac{V}{R_B}$ . Substituindo na desigualdade*

*acima obtemos:  $\frac{V}{R_A} > \frac{V}{R_B} \Rightarrow R_B > R_A$ .*

*Portanto, a resistência do filamento da lâmpada do farol alto é menor do que a resistência da lâmpada de farol baixo. Essa situação é análoga àquela do chuveiro elétrico apresentada na Aula 7 (pgs 133 e 134) do Módulo 4.*