Exercícios – Módulo Eletrostática IV

Fundamentos da Eletrodinâmica

Terceiro Ano do Ensino Médio

Autor: Vinicius Henning

Revisora: Luna Lima

Portal da Física OBMEP

1. Exercícios resolvidos sobre Fundamentos da Eletrodinâmica

Exercício 1) Considere um fio condutor acoplado em uma das suas extremidades a um contador de carga, como mostra a Fig. 1. Você então ativa o contador de carga por quatro segundos e observa um total de carga $\Delta Q = 28mC$ (mili Coulomb).

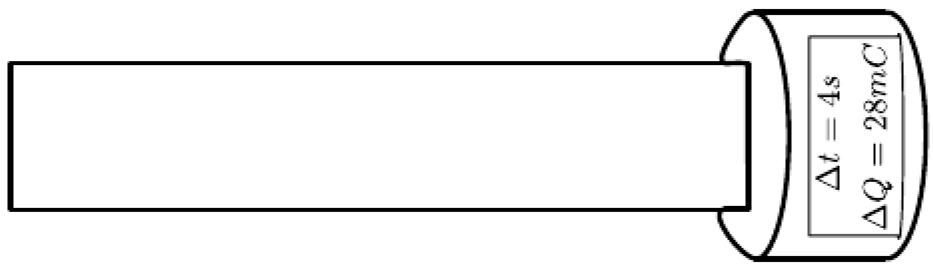

Fig. 1: Contador de carga acoplado a um fio condutor.

a) Sabendo que a corrente é contínua, calcule a intensidade da corrente que está passando pelo fio.

b) Faça o gráfico $i \times t$ e discuta como obter a carga elétrica a partir do gráfico.

Solução:
a) Como nós já vimos, a corrente é dada pela quantidade de carga que atravessa uma dada superfície por unidade de tempo, isto é

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Substituindo os valores, obtemos

$$i = \frac{28.10^{-3}C}{4s} = 7.10^{-3}\frac{C}{s} = 7mA$$

(lê-se sete miliamperes).

b) Como sabemos, a corrente é dada por $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$. Logo, a carga é obtida por $\Delta Q = i \cdot \Delta t$. Se fizermos um gráfico da corrente pelo tempo, como mostrado na figura 2 abaixo, obtemos que a carga total que flui no fio por $\Delta t = 4s$ é numericamente igual à área sob a curva da corrente *versus* tempo.

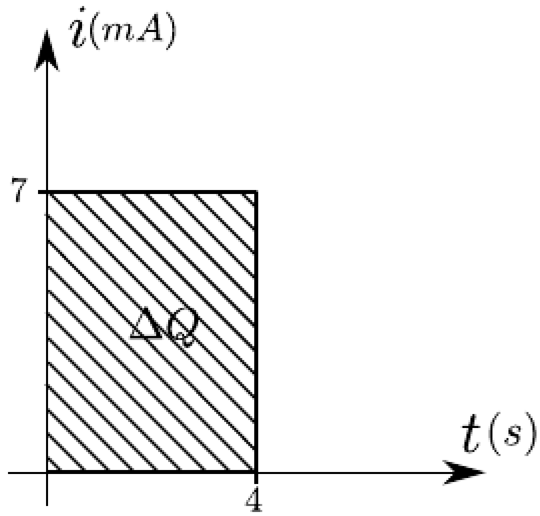

Fig. 2: Gráfico da corrente versus *tempo,* $i \times t$*, para o exercício 1.*

Exercício 2) Suponha que você faça uma medição de corrente na sua casa com um amperímetro (objeto para medir corrente) e constata uma corrente de $i = 0,3A$. Todavia, nada na natureza ocorre instantaneamente, ou seja, os processos levam um tempo para ocorrer; por exemplo, a luz do Sol leva aproximadamente oito minutos para chegar até a Terra. Com as correntes nos fios não é diferente. Quando aplicamos um campo elétrico que faz com que os elétrons se movam e produzam uma corrente $i = 0,3A$, a corrente vai aumentando até chegar a esse valor. Todavia, tal período de tempo é muito rápido e nem percebemos (tente ligar a luz da sua casa no interruptor e observe que é essencialmente instantâneo). Este período de tempo muito curto é chamado *período transiente* e nós vamos modelar ele.

Situação: Suponha que este período transiente seja de $\Delta t = 0,4s$ (geralmente ele é bem, bem mais curto). Assim, você liga o aparelho na tomada, e após a fase transiente este é mantido dez segundos ligado e é então desligado.

a) Suponha que a corrente aumente/diminua linearmente no período transiente. Faça o gráfico da situação descrita acima de $i \times t$ e calcule a quantidade de carga transferida.

b) No exemplo acima nós consideramos que durante a fase transiente a corrente aumenta linearmente com o tempo, até alcançar o valor constante de $i = 0,3A$. O que aconteceria com a quantidade de carga obtida acima caso o crescimento fosse quadrático em vez de linear (para o mesmo período de tempo)? Desenhe no gráfico abaixo o comportamento linear, compare graficamente o comportamento linear e quadrático, lembrando que a quantidade de carga é numericamente igual à área sob a curva no gráfico $i \times t$.

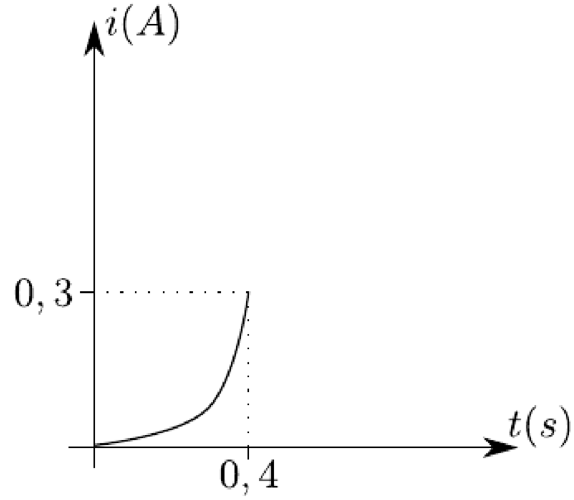

Fig. 3: Comportamento quadrático da corrente na fase transiente.

Solução:

a) A questão pede para desenharmos o gráfico quando o período transiente é linear. Assim, de $t = 0$ até $t = 0,4s$, temos um aumento linear da corrente. Durante $0,4s \leq t \leq 10,4s$ a corrente é constante e vale $i = 0,3A$. Entre os segundos $10,4s \leq t \leq 10,8s$ (quando o aparelho é desligado), a corrente começa a diminuir até atingir $i = 0A$ novamente. Isso está graficamente mostrado na Fig. 4:

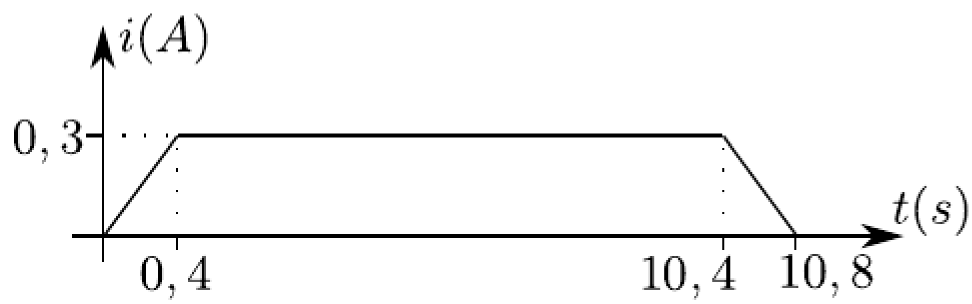

Fig. 4: Ilustração do comportamento da corrente ao ligarmos e desligarmos um aparelho. O aparelho é mantido ligado por 10 segundos.

Nós podemos calcular a quantidade de carga diretamente calculando a área sob a curva, isto é a área do trapézio de bases maior e menor $10,8$ e 10, respectivamente, e altura $0,3$. Como a área total é a soma das áreas, nós podemos também calcular a área dos triângulos retângulos de catetos $0,3$ e $0,4$, e somar com a área do retângulo de base 10 e altura $0,3$.

Nós obtemos então que

$$\Delta Q = 2\times\frac{(0,3\cdot 0,4)}{2} + 10\cdot 0,3 = 0,12 + 3 = 3,12C$$

Isto é, a quantidade de carga transferida vale

$$\Delta Q = 3,12C$$

b) Vamos agora desenhar a resposta linear na fase transiente e comparar com a resposta quadrática para o mesmo período de tempo:

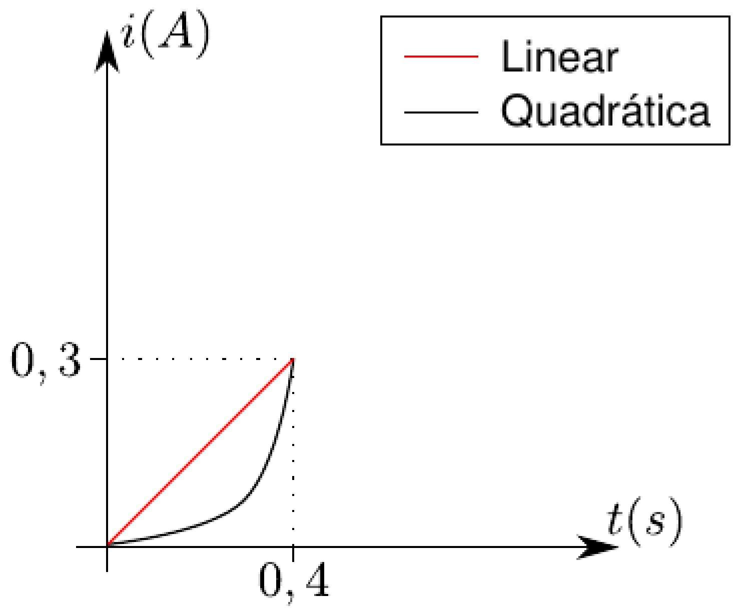

Fig. 5: Comparação entre as respostas linear e quadrática da corrente.

Como nós podemos observar, a área sob a curva da resposta quadrática (preto) é menor que a área sob a curva para a resposta linear (vermelho). Assim, nós podemos afirmar com certeza que a quantidade de carga que passaria pelo fio seria menor (pois a área sob a curva é menor na fase transiente). A diferença seria pouca (pois estamos analisando um período de $\Delta t = 0,8$ da fase transiente num processo que dura no total $t = 10,8s$). Usando cálculo diferencial e integral nós poderíamos facilmente calcular essa diferença. A área sob a curva da função linear é 50% maior que a área sob a curva quadrática. Apesar de ser interessante vermos essas diferenças graficamente (não precisamos fazer contas para inferir que uma área é maior que a outra), provar que é 50% maior está fora do escopo deste texto.