Fundação CECIERJ – Vice Presidência de Educação Superior à Distância

**Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação**

**Gabarito da 2ª Avaliação à Distância de Física para Computação – 2019.2**

**Questão 1 (2,0 pontos)** Em uma unidade de cloreto de potássio, a distância entre o íon potássio ($K^+$) e o íon cloro ($Cl^-$) é $2{,}80\times10^{-12}$m. Determinar a) A energia (em eV) necessária para separar os dois íons até uma distância de separação infinita (modele os dois íons como duas partículas puntiformes inicialmente em repouso) b)Se fosse fornecido o dobro da energia determinada na parte (a), qual seria a quantidade de energia cinética total que os dois íons teriam quando estivessem a uma distância infinita?

**Solução**

O trabalho realizado por um agente externo, para separar os dois íons pode alterar suas energias cinéticas e potenciais. Ao iniciarmos a nossa análise, vamos considerar que os íons serão afastados muito lentamente até uma distância muito grande. Ou seja, estamos supondo que os íons inicialmente estão em repouso e que eles continuarão em repouso quando estiverem infinitamente distantes.

Assim determinamos a energia mínima necessária para separar os íons, sem alterar-lhes as energias cinéticas.

Quando os íons estiverem infinitamente distantes, a energia relacionada à interação elétrica entre eles é nula, já que os íons não interagem, neste caso. Quando os íons estão ligados formando a molécula de cloreto de potássio, os íons estão em situação mais favorável de energia, com um íon negativo próximo de outro positivo; ou seja, a energia da interação entre os íons é negativa (e seu valor absoluto é a energia de ligação). Como a energia potencial, quando os íons estão infinitamente distantes é zero, a energia $W_{ext}$ exigida para separar os íons até uma distância infinita é a energia de ligação, ou seja, o negativo da energia potencial de quando os íons distam r um do outro.

a) Expressamos a energia necessária em termos do trabalho requerido por um agente externo para separar os íons:

$$\boxed{W_{ext} = \Delta K + \Delta U = 0 - U_i = -\frac{kq^-q^+}{r} = \frac{-k(-e)e}{r} = \frac{ke^2}{r}}$$

Note que a energia cinética no infinito é nula ($\boxed{\Delta K = 0}$), portanto fica somente a energia potencial ($\boxed{\Delta U}$).

Na expressão encontrada de W*ext* substituímos os valores:

$$\boxed{W_{ext} = \frac{(8{,}988x10^9 Nm^2/C^2)(1{,}602x10^{-19}C)^2}{2{,}8x10^{-10}m}}$$

$$\boxed{W_{ext} = (8{,}238x10^{-19}J)(\frac{1eV}{1{,}602x10^{-19}J})}$$

$$\boxed{\boldsymbol{W_{ext} = 5{,}14 \times 10^2 eV}}$$

b) Neste caso, sendo realizado um trabalho de afastamento dos íons com energia maior do que aquela que já afasta completamente os íons, é de se esperar que aquilo que ultrapasse tal energia, o excedente de energia, se converta em energia de movimento. Efetivamente, aplicando o teorema de trabalho-energia temos:

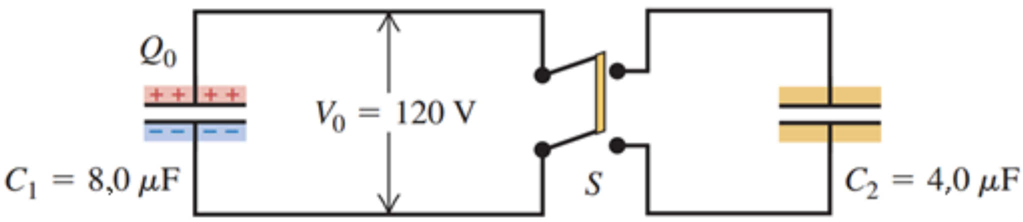
$$\boxed{2W_{ext} = \Delta K + \Delta U = K_f - U_i}$$
$$\boxed{K_f = 2W_{ext} + U_i}$$

Observe que $\boxed{K_f}$ é a energia cinética dos íons quando eles se encontram infinitamente afastados.

Na parte (a) vimos que o $\boxed{W_{ext} = -U_i}$, logo substituímos essa igualdade em

$$\boxed{K_f = 2W_{ext} + U_i = 2W_{ext} - W_{ext} = \mathbf{5,14 \times 10^2 eV}}$$

**Questão 2 (2,0 pontos):** Na figura abaixo, um capacitor de capacitância $C_1$=8,0 μF, é carregado conectando-o a uma fonte com diferença de potencial $V_o$=120V. Inicialmente, o interruptor S encontra-se aberto. Assim que $C_1$ está carregado, a fonte de diferença de potencial é desconectada. (a) Qual o valor da carga Qo em C1, se o interruptor S é deixado aberto? (b) Qual a energia armazenada em C1, se o interruptor S é deixado aberto? (c) Inicialmente, o capacitor de capacitância C2= 4,0 μF não está carregada. Após ser fechado o interruptor S, qual a diferença de potencial através de cada capacitor, e qual a carga de cada? (d) Determine a energia total do sistema após o interruptor S ser fechado.




**<u>Solução</u>**

a) Segundo o enunciado e conforme a figura, observamos que inicialmente o capacitor de capacitância $C_1$ foi carregado. Assim, o valor da carga Qo em $C_1$ é:

$$\boxed{Qo = C_1 V_o = (8{,}0uF)(120V) = 960uC}$$

Portanto, quando o interruptor S está aberto o valor de Qo é 960uC.

b) Inicialmente, a energia armazenada no capacitor é:

$$\boxed{U_o = \frac{1}{2} Q_o V_o = \frac{1}{2}(960 \times 10^{-6} C)(120V) = 0{,}058J}$$

Onde Qo é a carga inicial no capacitor carregado.

Portanto, quando o interruptor S está aberto, a energia armazenada em $C_1$ será 0,058J.

c) Depois de fechar o interruptor, a carga positiva de $Q_o$ se distribui sobre as placas superiores de ambos os capacitores e a carga negativa sobre as placas inferiores. Pela conservação da carga podemos afirmar que $Q_o = Q_1 + Q_2$, onde $Q_1$ e $Q_2$ são as cargas finais nos capacitores.

No estado final, quando as cargas deixam de ser transportadas, ambas as placas superiores estão a um mesmo potencial. As duas placas, ao estarem conectadas pelo fio condutor do interruptor, formam uma superfície equipotencial.

Por outro lado, as duas placas inferiores também estão a um mesmo potencial, diferente do potencial das placas superiores. Assim, entre as placas a diferença do potencial final V será a mesma nos capacitores (como se esperava em uma conexão em paralelo). Logo, as cargas serão $Q_1 = C_1V$ e $Q_2 = C_2V$

Utilizando novamente o conceito de conservação da carga (Qo=Q1+Q2) e substituindo pelos seus equivalentes temos: $V = \frac{Qo}{C1+C2} = \frac{960uC}{8.0uF+4.0uF} = 80V$

Portanto,

$$Q_1 = C_1V = (8{,}0uF)(80V) = 640uC$$

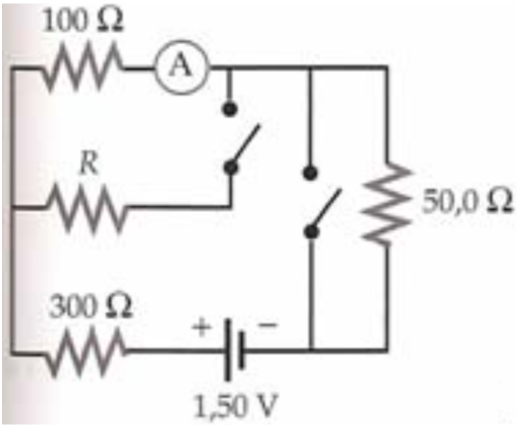
$$Q_2 = C_2V = (4{,}0uF)(80V) = 320uC$$

(d) A energia final do sistema será a soma das energias armazenadas em cada capacitor. Diferentemente do caso em que havia sido fornecida uma diferença de potencial (voltagem) de 120V, após a distribuição das cargas pelos dois capacitores, tem-se um circuito para o qual é fornecida uma DDP de 80V. Para este, tem-se a energia final, distribuída por dois capacitores, a seguir:

$$U_{final} = \frac{1}{2}Q_1V + \frac{1}{2}Q_2V = \frac{1}{2}Q_oV = \frac{1}{2}(960x10^{-6}C)(80V) = 0{,}038J$$

Observe que a energia final que os capacitores armazenam é menor do que a energia inicial. Essa diferença de energia decorre de o circuito não ter mais a DDP de 120V, que foi desligada após a carga inicial do capacitor $C_1$ mas, sim, uma DDP reduzida para 80V pela reorganização das cargas.

**Questão 3 (1,5 pontos):** No circuito da figura abaixo, a leitura do amperímetro é a mesma quando ambos os interruptores estão abertos e quando ambos estão fechados. Qual é o valor da resistência desconhecida R?




**Solução**

Observe que quando ambos os interruptores estão fechados, o resistor de 50,0Ω está em paralelo com um "resistor" de resistência zero (nenhuma carga "escolherá" passar pelo resistor de 50,0Ω, portanto). Para o caso em que ambos os interruptores estão abertos, podemos aplicar as Leis de Kirchhoff e encontrar a corrente I no resistor de 100Ω.

Note que quando os interruptores estão fechados, os resistores de 100Ω e R estão em paralelo.

$$\varepsilon - (300\Omega)I - (100\Omega)I - (50\Omega)I = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{450\Omega} = \frac{1{,}50V}{450\Omega} = 3{,}33mA$$

Logo, relacionando a diferença de potencial entre o resistor de 100Ω e R quando ambos os interruptores estão fechados temos:

$$(100\Omega)I_{100} = RI_R \text{ ...........(1)}$$

Aplicando novamente Kirchoff's, temos que:

$$I_{total} = I_{100} + I_R \quad ==> I_R = I_{total} - I_{100}$$

sendo que o $I_{total}$ é a corrente consumida desde a fonte quando ambos interruptores estão fechados.

Logo, substituindo em (1):

$$(100\Omega)I_{100} = RI_R \rightarrow (100\Omega)I_{100} = R(I_{total} - I_{100})$$

$$I_{100} = \frac{R\,I_{total}}{R+100\Omega} \text{ ….................... (2)}$$

- Expressamos a corrente $I_{total}$ quando ambos interruptores estão fechados $I_{total} = \frac{\varepsilon}{Req}$
- Observe também que a resistência equivalente Req quando ambos interruptores estão fechados é $Req = \frac{(100\Omega)R}{R+100\Omega} + 300\Omega$

Novamente, substituímos o Req em $I_{total} = \frac{\varepsilon}{Req} = \frac{1{,}5V}{\frac{(100\Omega)R}{R+100\Omega} + 300\Omega}$ e aproveitamos essa expressão para determinar o $I_{100}$ em (2)

$$I_{100} = \frac{R}{R + 100\Omega}\left(\frac{1{,}5V}{\frac{(100\Omega)R}{R + 100\Omega} + 300\Omega}\right) = \frac{(1{,}5V)R}{(400\Omega)R + 30{,}000\Omega^2}$$

Observe que a corrente que passa pela resistência de 100Ω é 3,33mA.

Assim, $\frac{(1{,}5V)R}{(400\Omega)R + 30{,}000\Omega^2} = 3{,}33\text{mA} \rightarrow$ R=600Ω

**Questão 4 (1,5 pontos):** Um fio conduzindo corrente tem o formato de um triângulo equilátero com 0,075m de lado. O triângulo está no plano z=0. O fio conduz uma corrente de 2,0A. Qual é a magnitude do torque no fio se ele está em uma região com um campo magnético uniforme de intensidade igual a 0,20T e aponta a) na direção +z e b) na direção +x?

**Solução**

Segundo o enunciado, o fio que conduz a corrente tem um formato de triângulo equilátero. Para encontrar o torque no triângulo utilizamos $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ nas duas orientações do campo magnético.

Supondo que o momento magnético é na direção +z, temos $\vec{\mu} = IA\hat{k}$

Lembremos que a área de um triângulo equilátero é e de um triângulo equilátero é $\frac{1}{2}(L)\left(\frac{\sqrt{3}L}{2}\right) = \frac{\sqrt{3}L^2}{4}$. Este último resultado é substituído na área do momento magnético, ou seja, $\vec{\mu} = I\frac{\sqrt{3}L^2}{4}\hat{k}$

a) Avaliando $\vec{\tau}$ quando o campo $\vec{B}$ está na direção +z, temos

$$\vec{\tau} = I\frac{\sqrt{3}L^2}{4}\hat{k} \times \vec{B}\hat{k} = \frac{\sqrt{3}L^2 IB}{4}(\hat{k} \times \hat{k}) = 0$$

b) Avaliando $\vec{\tau}$ para $\vec{B}$ na direção +x, temos

$$\vec{\tau} = I\frac{\sqrt{3}L^2}{4}\hat{k} \times \vec{B}\hat{\imath} = \frac{\sqrt{3}L^2 IB}{4}(\hat{k} \times \hat{\imath}) = \frac{\sqrt{3}(0{,}075m)^2(2{,}0A)(0{,}2T)}{4}\hat{\jmath}$$

$$\vec{\tau} \cong \left(0{,}9 \times 10^{-3} Nm\right)\hat{\jmath}$$

Finalmente, se a corrente fosse no sentido contrário ao da hipótese adotada, o momento de dipolo magnético teria sinal oposto. Desta forma, haveria um sinal trocado para o item (b), e não haveria alteração no caso (a).

**Questão 5 (2,0 pontos)** Na aula de física você e seus colegas realizam um experimento sobre corrente elétrica. Antes de iniciar o experimento, o professor chama a atenção sobre a questão da segurança. Ele lembra que para medir a tensão em um resistor, você deveria conectar um voltímetro em paralelo com o resistor. Já para medir a corrente em um resistor, você deveria colocar um amperímetro em série com ele. Ele também chama a atenção que a conexão de um voltímetro em serie com um resistor não servirá para medir a tensão no resistor e que isto não causará qualquer dano ao circuito ou ao instrumento. Mas ele lembra que conectar um amperímetro em paralelo com um resistor não servirá para medir a corrente no resistor, mas que isso pode causar danos significativos ao circuito e ao instrumento. Explique por que a conexão de um voltímetro em série a um resistor não causa danos, enquanto a conexão de um amperímetro em paralelo com um resistor pode causar danos significativos?

**<u>Solução</u>**

Devido à alta resistência do voltímetro, se você conectar um voltímetro em série com um elemento do circuito, a resistência equivalente será significativamente aumentada; assim, a corrente neste trecho do circuito, será muito pequena. Isso significa que há poucas chances de aquecer o voltímetro e causar danos. No entanto, devido à baixa resistência do amperímetro, se você conectar um amperímetro em paralelo com um elemento do circuito, a resistência equivalente neste trecho será aproximadamente a do amperímetro (muito pequena) e, portanto, a corrente será muito grande. Isso significa que há uma boa chance de ocorrer superaquecimento e sobrevirem danos, talvez até um incêndio. Por esta razão, os amperímetros são frequentemente equipados com fusíveis ou disjuntores.