Física III – Eletromagnetismo

Prof. Nilson E. Souza Filho

Avaliação 01 ___/__/_____.

[ ] Lista 01 – Carga Elétrica (Cap.23)
[ ] Lista 02 – Campo Elétrico (Cap.24)
[ ] Lista 03 – Lei de Gauss (Cap.25)
[ ] Lista 04 – Potencial Elétrico (Cap.26)

Avaliação 02 ___/__/_____.

[ ] Lista 05 – Campo Magnético e Lei de Ampère (Cap.30 e Cap.31)
[ ] Lista 06 – Lei de Faraday e Equações de Maxwell (Cap.32 e Cap.37)
[ ] Lista 07 – Eletrodinâmica em meios contínuos (Cap. 34)

Avaliação 03 ___/__/_____.

[ ] Lista 08 – Capacitância, resistência e Indutância (Cap.27, 28 e 33)
[ ] Lista 09 – Circuitos (Cap.33 e Cap.29)
[ ] Lista 10 – Oscilações e correntes alternadas (Cap.35 e Cap.36)

EXAME ___/__/_____.

Livro Texto: Halliday, Resnick, Walker, Vol.3, 4ª Edição

Outras Referências (senha: downloads)

Experimentos Virtuais ou Simulações

Recomendação de Video-Aulas

UFSM
Frederico Westphalen

1^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

Lei de Coulomb, Quantização e Conservação da Carga Elétrica.

Problema 01. Qual seria a força eletrostática entre duas cargas de $1,00 Coulomb$ separadas por uma distância de (a) $1,00m$ e (b) $1,00km$ se tal configuração pudesse ser estabelecida?

Problema 02. Uma carga puntiforme de $+3,00 \times 10^{-6}C$ dista $12cm$ de uma segunda carga puntiforma de $-1,50 \times 10^{-6}C$. Calcular o módulo da força eletrostática que atua sobre cada carga.

Problema 03. Qual deve ser a distância entre duas cargas puntiformes $q_1 = 26,0\mu C$ e $q_2 = -47,0\mu C$ para que o módulo da força eletrostática entre elas seja de $5,70N$?

Problema 04. Na descarga de um relâmpago típico, uma corrente de $2,5 \times 10^4 A$ flui durante $20\mu s$. Que quantidade de carga é transferida pelo relâmpago?

Problema 05. Duas partículas igualmente carregadas, mantidas a uma distância de $3,2 \times 10^{-3}m$ uma da outra, são largadas a partir do repouso. O módulo da aceleração inicial da primeira partícula é de $7,0m/s^2$ e o da segunda é de $9,0m/s^2$. Sabendo-se que a massa da primeira partícula vale $6,3 \times 10^{-7}kg$, quais são: (a) a massa da segunda partícula e (b) o módulo da carga comum?

Problema 06. Duas esferas condutoras idênticas e isoladas, 1 e 2, possuem quantidades iguais de carga e estão separadas por uma distância grande comparada com seus diâmetros (figura 1a). A força eletrostática que atua sobre a esfera 2 devida à esfera 1 é $\boldsymbol{F}$. Suponha agora que uma terceira esfera idêntica 3, dotada de um suporte isolante e inicialmente descarregada, toque primeiro a esfera 1 (figura 1b), depois a esfera 2 (figura 1c) e, em seguida, seja afastada (figura 1d). Em termos de $\boldsymbol{F}$, qual é a força eletrostática $\boldsymbol{F'}$ que atua agora sobre a esfera 2?

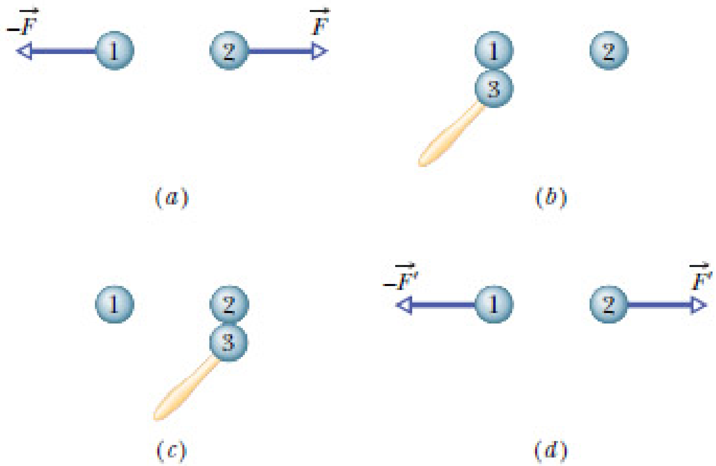


Figura 1: *Problema 06.*

Problema 07. Três parículas carregadas, localizadas sobre uma linha reta, estão separadas pela distância d, como mostra a figura 2. As cargas q_1 e q_2 são mantidas fixas. A carga q_3, que está livre para mover-se, encontra-se em equilíbrio (nenhuma força eletrostática líquida atua sobre ela). Determine q_1 em termos de q_2.

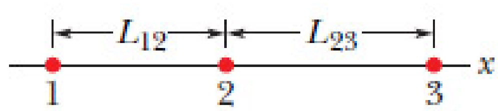


Figura 2: *Problema 07.*

Problema 08. Duas esferas condutoras idênticas, mantidas fixas, atraem-se com uma força eletrostática de módulo igual a $0,108N$ quando separadas por uma distância de $50,0cm$. As esferas são então ligadas por um fio condutor fino. Quando o fio é removido, as esferas se repelem com uma força eletrostática de módulo igual a $0,0360N$. Quais eram as cargas iniciais das esferas?

Problema 09. Duas cargas puntiformes *livres* $+q$ e $+4q$ estão a uma distância L uma da outra. Uma terceira carga é, então, colocada de tal modo que todo o sistema fica em equilíbrio. Determine a posição, o módulo e o sinal da terceira carga.

Problema 10. Uma carga Q é dividida em duas partes q e $(Q - q)$, que são, a seguir, afastadas por uma certa distância entre si. Qual deve ser o valor de q em termos de Q, de modo que a repulsão eletrostática entre as duas cargas seja máxima?

Problema 11. Duas pequenas esferas condutoras de massa m estão suspensas por um fio de seda de comprimento L e possuem a mesma carga q, conforme é mostrado na figura abaixo. Suponha o ângulo θ tão pequeno que possa ser substituído por $sen\theta$ com erro desprezível. (a) Mostre que, no equilíbrio,

$$x = \left(\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 m g} \right)^{1/3}.$$

onde x é a separação entre as bolas. (b) Sendo $L = 120cm$, $m = 10g$ e $x = 5,0cm$, qual é o valor de q.

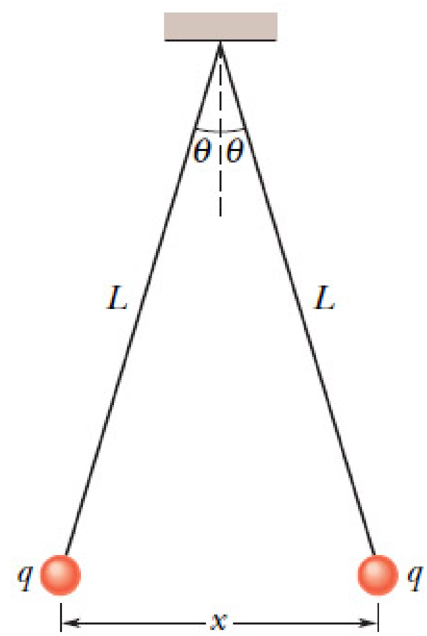


Figura 3: *Problemas 11 e 12.*

Problema 12. No problema anterior, cujas esferas são condutoras (a) O que acontecerá após uma delas ser descarregada? Explique sua resposta. (b) Calcule a nova separação de equilíbrio das bolas.

Problema 13. Duas pequenas gotas esféricas de água possuem cargas idênticas de $-1,00 \times 10^{-16}C$, e estão separadas, centro a centro, de $1,00cm$. (a) Qual é o módulo da força eletrostática que atua entre elas? (b) Quantos elétrons em excesso existem em cada gota, dando a ela a sua carga não equilibrada?

Problema 14. A figura 4 mostra uma longa barra não condutora, de massa desprezível e comprimento L, presa por um pino no seu centro e equilibrada com um peso W a uma distância x de sua extremidade esquerda. Nas extremidades esquerda e direita da barra são colocadas pequenas esferas condutoras com cargas positivas q e $2q$, respectivamente. A uma distância h diretamente abaixo de cada uma dessas cargas está fixada uma esfera com uma carga positiva Q. (a) Determine a distância x quando a barra está horizontal e equilibrada. (b) Qual valor deveria ter h para que a barra não exercesse nenhuma força sobre o mancal na situação horizontal e equilibrada?

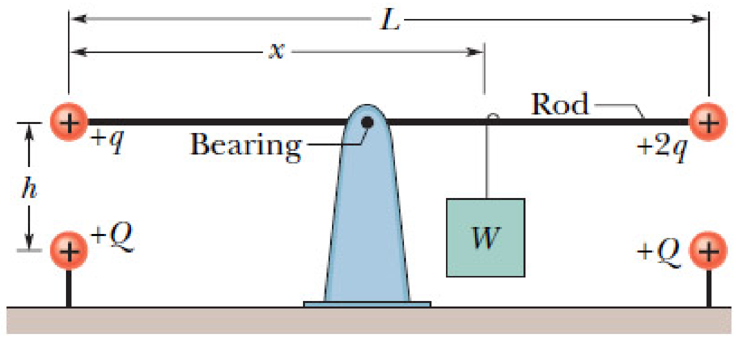


Figura 4: *Problema 14.*

Problema 15. Pelo filamento de uma lâmpada de $100W$, operando em um circuito de $120V$, passa uma corrente (suposta constante) de $0,83A$. quanto tempo leva $1mol$ de elétrons leva para passar pela lâmpada?

2^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

O Campo Elétrico.

Problema 01. Qual deve ser o módulo de uma carga puntiforme escolhida de modo a criar um campo elétrico de $1N/C$ em pontos a $1m$ de distância?

Problema 02. Qual é o módulo de uma carga puntiforme cujo o campo elétrico, a uma distância de $50cm$, tem módulo igual a $2,0N/C$?

Problema 03. Duas cargas iguais e de sinais opostos (de módulo $2,0 \times 10^{-7}C$ são mantidas a uma distância de $15cm$ uma da outra. (a) Quais são o módulo, a direção e o sentido de $\vec{E}$ no ponto situado a meia distância entre as cargas? (b) Que força (módulo, direçaõ e sentido) atuaria sobre um elétron colocado nesse ponto?

Problema 04. Um átomo de plutônio 239 tem um raio nuclear de $6,64fm$ e o número atômico $Z = 94$. Supondo que a carga positiva do núcleo está uniformemente distribuída, quais são o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico, criado por essa carga, na superfície do núcleo?

Problema 05. Duas cargas $q_1 = 2,1 \times 10^{-8}$ e $q_2 = -4,0q_1$ estão fixas a uma distância de $50cm$ uma da outra. Determine, ao longo da linha reta que pasa pelas duas cargas, o ponto onde o campo elétrico é zero.

Problema 06. Determine o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico no ponto P da figura 1.

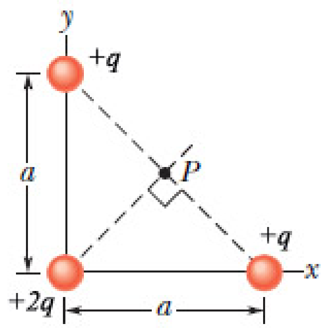


Figura 1: *Problema 06.*

Problema 07. Qual o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico no centro quadrado da figura 2, sabendo que $q = 1,0 \times 10^{-8} C$ e $a = 5,0 cm$?

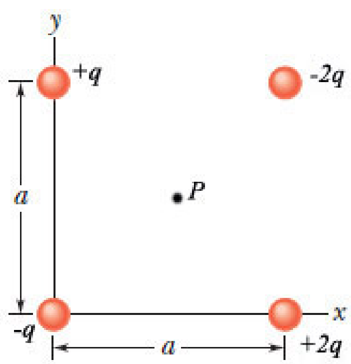


Figura 2: *Problema 07.*

Problema 08. Determine a expressão do campo elétrico para um dipolo elétrico em função do momento de dipolo elétrico p (figura 3). Determine o momento de dipolo elétrico constituído por um elétron e um próton separados por uma distância de $4,30 nm$.

Problema 09. Na figura 3, suponha que as duas cargas sejam positivas. Mostre que E no ponto P, nessa figura, considerando $z \gg d$, é dado por

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2q}{z^2}.$$

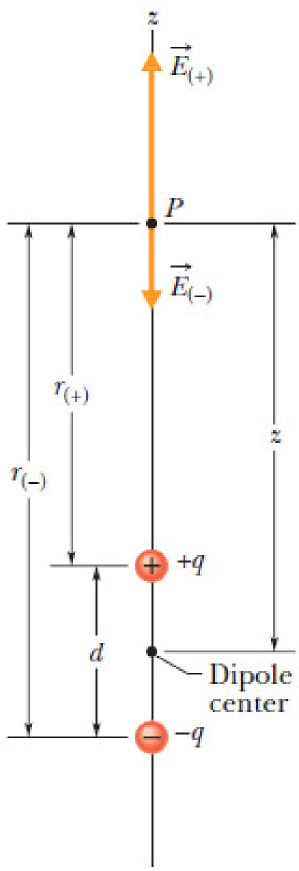


Figura 3: *Problemas 08 e 09.*

Problema 10. Calcule o campo elétrico (módulo, direção e sentido) devido a um dipolo elétrico em um ponto localizado a uma distância $z \gg d$ sobre a mediatriz do segmento que une as cargas (figura 4). Expresse sua resposta em termos de momento de dipolo $\vec{p}$.

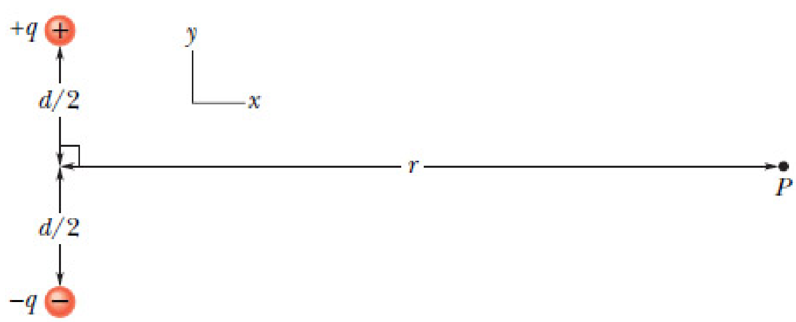


Figura 4: *Problema 10.*

Problema 11. *Quadrupolo Elétrico.* A figura 5 mostra um quadrupolo elétrico. Ele consiste em dois dipolos cujos momentos de dipolo têm módulos iguais mas sentidos opostos. Mostre que o valor de E sobre o eixo do quadrupolo, em pontos que distam x do seu centro (suponha $x \gg d$), é dado por

$$E = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 x^4},$$

onde $Q = 2qd^2$ é o *momento de quadrupolo* da distribuição de cargas.

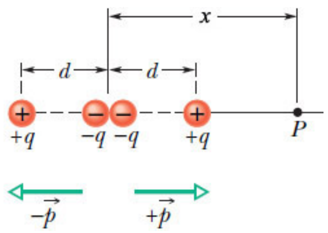


Figura 5: *Problema 11.*

Problema 12. Determine o vetor campo elétrico $\vec{E}$ de um anel de raio R, com uma densidade linear de carga λ, num ponto P a uma distância x ao longo do eixo do anel, como ilustra a figura 6.

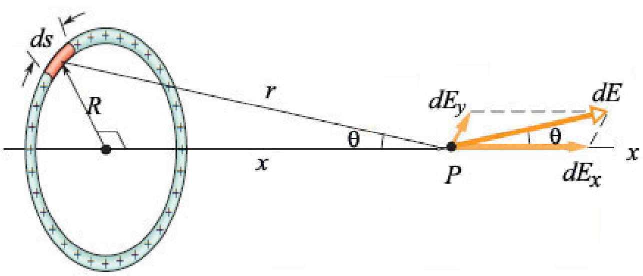


Figura 6: *Problema 12.*

Problema 13. Determine o vetor campo elétrico $\vec{E}$ de um disco de raio R, com uma densidade de superficial de carga σ, num ponto P a uma distância x ao longo do eixo do anel, como ilustra a figura 7.

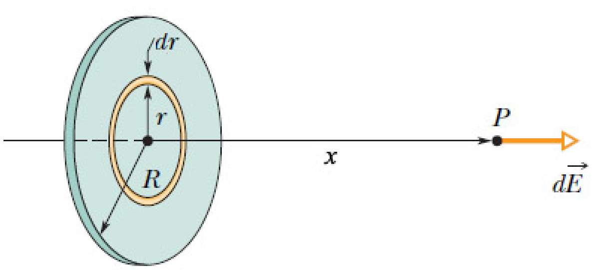


Figura 7: *Problema 13.*

Problema 14. Uma barra fina de vidro é encurvada na forma de um semicírculo de raio r. Uma carga $+q$ está distribuída uniformemente ao longo da metade superior, e uma carga $-q$, distribuída uniformemente ao longo da metade inferior, como mostra a figura 8. Determine o campo elétrico $\vec{E}$ no ponto P no centro do semicírculo.

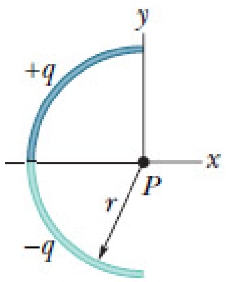


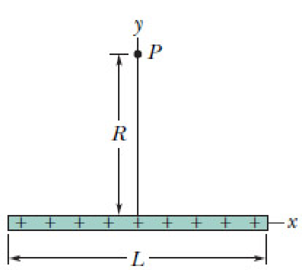
Figura 8: *Problema 14.*

Problema 15. Uma barra fina, não-condutora, de comprimento finito L, tem uma carga q uniformemente distribuída ao longo dela. Mostre que o módulo E do campo elétrico no ponto P sobre a mediatriz da barra (figura 9b) é dado por

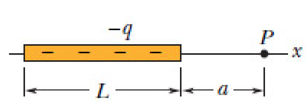
$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 y}\frac{1}{(L^2+4y^2)^{1/2}}.$$

Problema 16. Na figura 9b, uma barra não condutora, de comprimento L, tem uma carga $-q$ uniformemente distribuída ao longo do seu comprimento. (a) Qual a densidade linear de carga da barra? (b) Qual o campo elétrico no ponto P a uma distância a da extremidade da barra? (c) Se o ponto P estivesse a uma distância muito grande da barra comparada com L, ela se comportaria como uma carga puntiforme. Mostre que a sua resposta para o intem (b) se reduz ao campo elétrico de uma carga puntiforme para $a \gg L$.

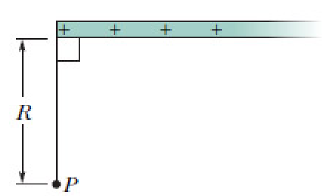
Problema 17. Na figura 9c, uma barra não-condutora "semi-infinita"possui uma carga por unidade de comprimento, de valor constante λ. Mostre que o campo elétrico no ponto P faz um ângulo de 45^o com a barra e que este resultado é independente da distância R.



(a) *Problema 15.*



(b) *Problema 16.*



(c) *Problema 17.*

Figura 9: *Figuras dos problemas 17, 18 e 19.*

Problema 18. Na experiência de Milikan, uma gota de raio $1,64\mu m$ densidade de $0,851 g/cm^3$ fica suspensa na câmara inferior quando o campo elétrico aplicado tem módulo igual a $1,92 \times 10^5 N/C$ e aponta verticalmente parabaixo. Determine a carga da gota em termos de e.

Problema 19. A figura 10 mostra a região entre duas grandes placas horizontais e um pêndulo pendurado na placa superior. O pêndulo consiste em uma pequena esfera isolante, de massa m e carga $+q$, e um fio isolante de comprimento l. Qual será o período do pêndulo se um campo elétrico uniforme $\vec{E}$ for estabelecido entre as placas da seguinte maneira: (a) Carregando-se a placa superior negativamente e a placa inferior positivamente e (b) o contrário do item (a). Nos dois casos, o campo aponta diretamente de uma placa para outra.

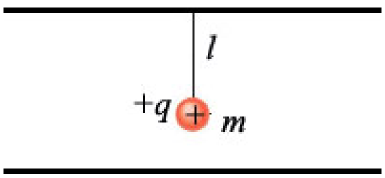


Figura 10: *Problema 19.*

Problema 20. Na figura 11, um campo elétrico $\vec{E}$ de módulo $2,00 \times 10^3 N/C$, apontando para cima, é estabelecido entre duas placas horizontais, carregando-se a placa inferior positivamente e a placa superior negativamente. As placas têm comprimento $L = 10,0 cm$ e separação $d = 2,00 cm$. Um elétron é, então, lançando entre as placas a partir da extremidade esquerda da placa inferior. A velocidade inicial $\vec{v}_0$ do elétron faz um ângulo $\theta = 45^o$ com a placa inferior e tem um módulo de $6,00 \times 10^6 m/s$. (a) O elétron atingirá uma das placas? (b) Sendo assim, qual delas e a que distância horizontal a partir da extremidade esquerda?

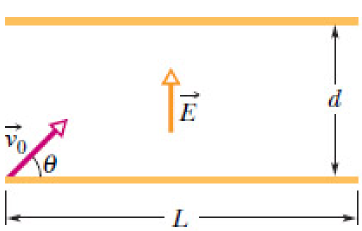


Figura 11: *Problema 20.*

3^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

Lei de Gauss.

Problema 01. Prove a equivalência entre a Lei de Gauss e a Lei de Coulomb.

Problema 02. A superfície quadrada da figura 1 tem $3,2mm$ de lado. Ela está imersa num campo elétrico uniforme com $E = 1800N$. As linhas do campo formam um ângulo de 35^o com a normal "apontando para fora". Calcular o fluxo através da superfície.

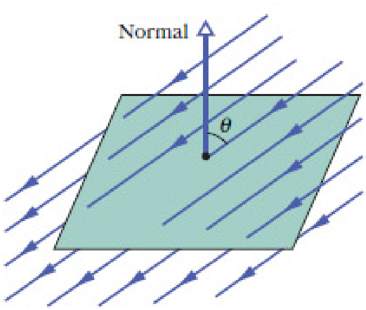


Figura 1: *Problema 02.*

Problema 03. Calcule Φ através (a) da base plana e (b) da superfície curvada de um hemisfério de raio R. O campo $\vec{E}$ é uniforme e perpendicular à base plana do hemisfério e as linhas do campo entram através da base plana.

Problema 04. Uma carga puntiforme de $1,8\mu C$ está no centro de uma superfície gaussiana cúbica de $55cm$ de aresta. Qual é o fluxo elétrico líquido através da superfície?

Problema 05. Uma esfera condutora uniformemente carregada, de $1,2m$ de diâmetro, possui uma densidade superficial de carga de $8,1\mu C/m^2$. (a) Determine a carga sobre a esfera. (b) Qual é o valor do fluxo elétrico total que está deixando a superfície da esfera?

Problema 06. Um condutor isolado, de forma arbitrária, possui uma carga total de $+10 \times 10^{-6}C$. Dentro do condutor existe uma cavidade oca, no interior da qual há uma carga puntiforme $q = +3 \times 10^{-6}C$. Qual é a carga: (a) sobre a parede da cavidade e (b) sobre a superfície externa do condutor? (c) Enuncie o *Teorema das Casacas Esféricas*.

Problema 07. (a) Mostre que para uma linha de carga $E = \lambda/2\pi\epsilon_0 r$. (b) Uma linha infinita de cargas produz um campo de $4,5 \times 10^4 N/C$ a uma distância de $2,0m$. Calcule a densidade linear de carga sobre a linha. (c) Mostre que para uma chapa não-condutora carregada $E = \frac{\sigma}{2\epsilon}$. (d) Qual seria o valor do campo de a chapa fosse condutora?

Problema 08. A figura 2 mostra uma seção através de um tubo longo metálico, cujas paredes são finas. O tubo tem raio R e uma carga por unidade de comprimento λ sobre a sua superfície. Obtenha expressões para E em função da distância r ao eixo do tubo, considerando: (a) $r > R$ e (b) $r < R$. Faça um gráfico de seus resultados na faixa de $r = 0$ até $r = 5,0cm$, supondo que $\lambda = 2,0 \times 10^{-8}C/m$ e R = 3 cm.

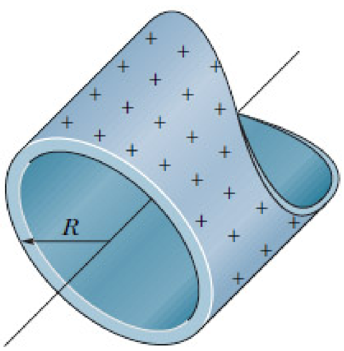


Figura 2: *Problema 08.*

Problema 09. A figura 3 mostra uma seção através de dois longos e finos cilindros concêntricos de raios a e b com $a < b$. Os cilindros possuem cargas iguais e opostas por unidae de comprimento λ. Usando a lei de Gauss, prove que (a) $E = 0$ para $r < a$ e (b) para $a < r < b$ (entre os cilindros), o campo é: $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r}$.

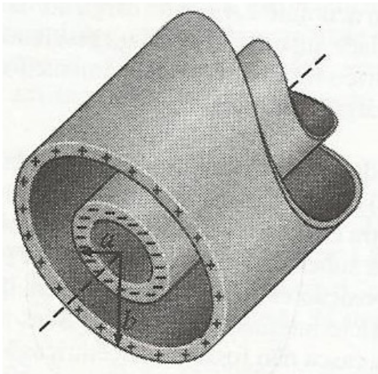


Figura 3: *Problema 09.*

Problema 10. Uma barra cilíndrica condutora, muito longa, de comprimento L com uma carga total $+q$, é circundada por uma casca cilíndrica condutora (também de comprimento L), com uma carga total $-2q$ como mostra a seção transfersal da figura 4. Use a lei de Gauss para determinar (a) o campo elétrico em pontos fora da casca condutora, (b) a distribuição de carga sobre a casca condutora e (c) o campo elétrico na região entre a casca e a barra.

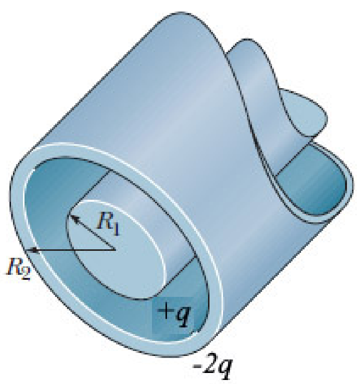


Figura 4: *Problema 10.*

Problema 11. Uma carga está uniformemente distribuida através do volume de um cilindro infinitamente longo de raio R. (a) Mostre que E, a uma distância r do eixo do cilindro ($r < R$) é dado por $E = \rho r/2\epsilon_0$, onde ρ é a densidae volumétrica de carga. (b) Escreva uma expressão para E a uma distâncio $r > R$.

Problema 12. Na figura 5, uma pequena bola, não-condutora, de massa $m = 1,0mg$ e carga $q = 2,0 \times 10^{-8}C$ uniformemente distribuida, está suspensa por um fio isolante que faz um ângulo $\theta = 30^o$ com uma chapa não-condutora, vertical, uniformemente carregada. Considerando o peso da bola e supondo a chapa extensa, calcule a densidade superficial de carga σ da chapa.

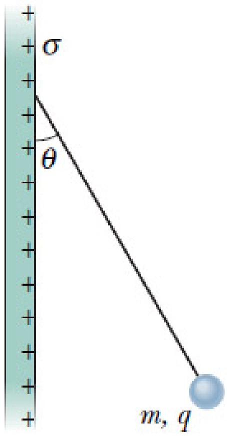


Figura 5: *Problema 12.*

Problema 13. (a) Enuncie o Teorema para Cascas Esféricas. Uma esfera metálica de parede fina tem um raio de $25cm$ e uma carga de $2,0 \times 10^{-7}C$. Determine E para um ponto (b) dentro da esfera, (c) imediatamente fora da esfera e (d) a $3,0m$ do centro da esfera.

Problema 14. Uma casca fina esférica metálica de raio a tem uma carga q_a. Concentrica com ela está uma outra casca fina, esférica, metálica de raio b (onde $b > a$) e carga q_b. Determine o campo elétrico em pontos radiais r onde (a) $r < a$, (b) $a < r < b$ e (c) $r > b$. (d) Discuta o critério que poderia ser usado para determinar a forma como as cargas estão distribuídas pelas superfícies interna e externa das cascas.

Problema 15. A figura 6 mostra uma casca esférica com densidade volumétrica de carga constante ρ. Faça um gráfico mostrando a variação de E com a distância r ao centro da casca desde zero até $30cm$. suponha que $\rho = 1,0 \times 10^{-6}C/M^3$, $a = 10cm$ e $b = 20cm$.

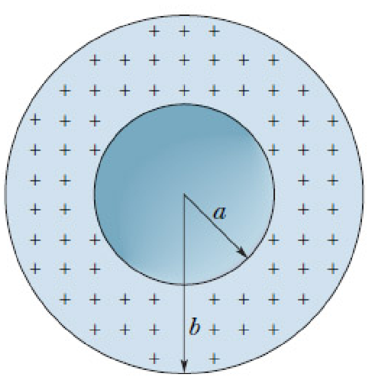


Figura 6: *Problema 19.*

Problema 16. Na figura 7, uma casca esférica não-condutora, com raio interno a e raio externo b, tem uma densidade volumétrica de carga dada por $\rho = A/r$, onde A e uma constante r é a distância ao centro da casca. Além disso, uma carga puntiforme q está localizada no centro. Qual deve ser o valor de A para que o campo elétrico na casca ($a \leq r \leq b$) tenha o módulo constante? (*sugestão*: A depende de a mas não de b.)

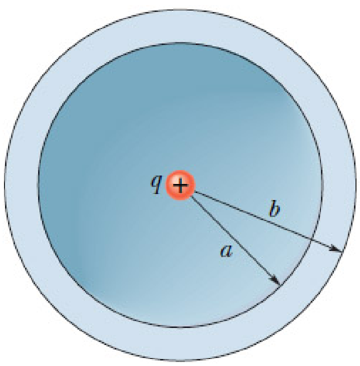


Figura 7: *Problema 16.*

4^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

Potencial Elétrico

Problema 01. Defina potencial elétrico. Use o princípio da superposição para definir a equação do potencial para uma distribuição discreta de cargas e também para uma distribuição contínua de cargas.

Problema 02. A diferença de potencial elétrico entre pontos de descarga durante uma determinada tempestade é de $1,2 \times 10^9 V$. Qual é o módulo da variação na energia potencial elétrica de um elétron que se move entre estes pontos?

Problema 03. Uma bateria de carro de $12 Volts$ é capaz de fornecer uma carga de $84 Amperes - hora$. (a) Quantos Coulombs de carga isto representa? (b) Se toda esta carga for descarregada a $12 Voltz$, quanta energia estará disponível?

Problema 04. Em um relâmpago típico, a diferença de potencial entre pontos de descarga é cerca de $10^9 V$ e a quantidade de carga transferida é cerca de $30C$. (a) Quanta energia é liberada? (b) Se toda a carga que foi liberada pudesse ser usada para acelerar um carro de $1000 Kg$ a partir do repouso, qual seria a sua velocidade final? (c) Que quantidade de gelo a $0^o C$ seria possível derreter se toda a energia liberada pudesse ser usada para este fim? O calor de fusão do gelo é $L = 3,3 \times 10^5 J/kg$.

Problema 05. A densidade de carga de um plano infinito, carregado é $\sigma = 0,10 \mu C/m^2$. Qual é a distância entre as superfícies equipotenciais cuja diferença de potencial é e de $50 Volts$?

Problema 06. O campo elétrico dentro de uma esfera não-condutora de raio R, com carga espalhada com uniformidade por todo seu volume, está radialmente direcionado e tem módulo dado por

$$E = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3}.$$

Nesta expressão, q (positiva ou negativa) é a carga total da esfera e R é a distância ao centro da esfera. (a) Tomando $V = 0$ no centro da esfera, determine o potencial $V(r)$ dentro da esfera. (b) Qual é a diferença de potencial elétrico entre um ponto da superfície e o centro da esfera? (c) Sendo q positiva, qual destes dois pontos tem maior potencial?

Problema 07. Uma carga está uniformemente distribuída através de um volume esférico de raio R.

(a) Fazendo $V = 0$ no infinito, mostre que o potencial a uma distância r do centro, onde $r < R$, é dado por

$$V = \frac{q(3R^2 - r^2)}{8\pi\epsilon R^3}.$$

(b) Por que este resultado difere do item (a) do problema anterior? (c) Qual a diferença de pontencial entre um ponto da superfície e o centro da esfera? (d) Por que este resultado não difere daquele do item (b) do problema anterior?

Problema 08. Uma casca esférica espessa de carga Q e densidade volumétrica de carga , está limitada pelos raios r_1 e r_2, onde $r_2 > r_1$. Com $V = 0$ no infinito, determine o potencial elétrico em função da distância r ao centro da distribuição, considerando as regiões (a) $r > r_2$; (b) $r_1 < r < r_2$ e; (c) $r > r_2$.

(d) Estas soluções concordam em $r = r_2$ e $r = r_1$?

Problema 09. Uma gota esférica de água tem uma carga de $30pC$ e o potencial na sua superfície é de $500V$. (a) Calcule o raio da gota. (b) Se duas gotas iguais a esta, com mesma carga e o mesmo raio, se juntarem para constituir uma única gota esférica, qual será o potencial na superfície desta nova gota?

Problema 10. Para a configuração de cargas da figura 1, mostre que $V(r)$ para os pontos sobre o eixo vertical, supondo que $r \gg d$ é dado por

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q}{r}\left(1 + \frac{2d}{r}\right).$$

(Sugestão: A configuração de cargas pode ser vista como a soma de uma carga isolada e um dipolo.)

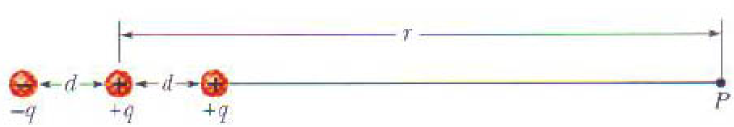
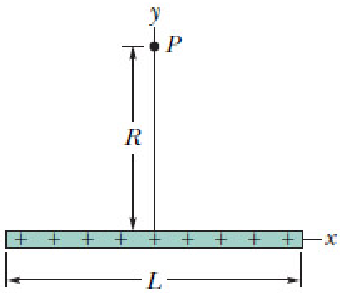


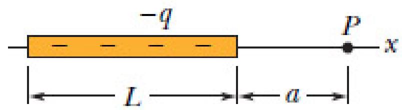
Figura 1: *Problema 10.*

Problema 11. Determine o potencial elétrico para as situações das figuras abaixo. Considere $V = 0$ no infinito.

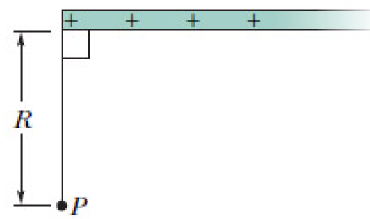
Integrais úteis: $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = ln(x + \sqrt{x^2 + a^2})$ **e** $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+a^2}} = -\frac{1}{a} ln\left(\frac{a+\sqrt{x^2+a^2}}{x}\right)$



(a) *Problema 11a.*



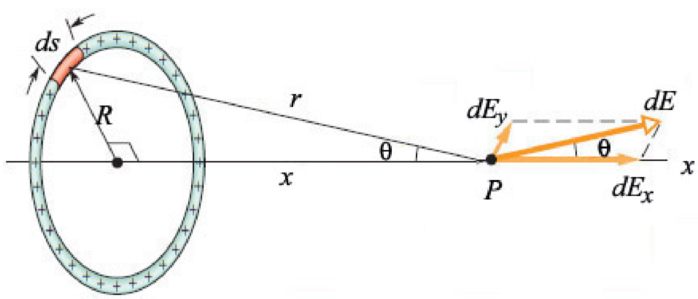
(b) *Problema 11b.*



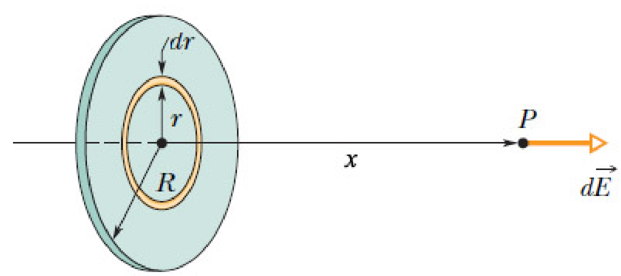
(c) *Problema 11c.*

Figura 2: *Figuras do problema 11.*

Problema 12. Determine o potencial elétrico de (a) anel carregado e de (b) um disco carregado. Considere $V = 0$ no infinito.



(a) *Problema 12a.*



(b) *Problema 12b.*

Figura 3: *Figuras do problema 12.*

Problema 13. Uma barra fina de plástico, circular, de raio R, tem uma carga positiva $+Q$ uniformemente distribuída ao longo de um quarto de sua circunferência e uma carga negativa de $-6Q$ uniformemente distribuída ao longo do remanescente da circunferência (figura 4). Com $V = 0$ no infinito, qual é o potencial elétrico (a) no centro C do círculo e (b) no ponto P, que está sobre o eixo do císrculo a uma distância z de seu centro?

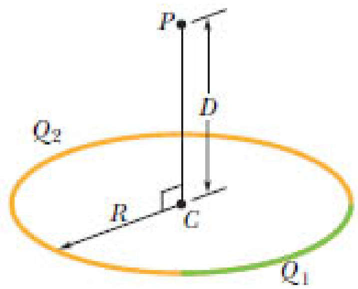


Figura 4: *Problema 13.*

Problema 14. Um disco de plástico é carregado sobre um lado com uma densidade superficial de carga σ e, a seguir, três quadrantes do disco são retirados. O quadrante que resta, é mostrado na figura 5. Com $V = 0$ no infinito, qual é o potencial criado por esse quadrante no ponto , que está sobre o eixo central do disco original, a uma distância z centro original?

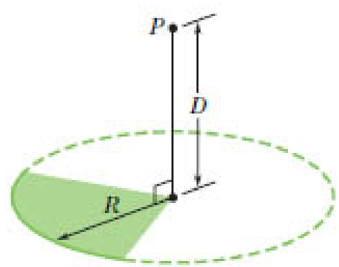


Figura 5: *Problema 14.*

Problema 15. Uma carga elétrica está distribuída numa esfera oca de raio interno R_1 e raio externo R_2. A densidade volumétrica da carga é dada por $\rho(r) = Ar - Br^2$, em que r é a distância ao centro.

(a) Determine a carga elétrica total Q_T;

(b) Determine o campo elétrico $E(r)$ em todas as regiões de interesse*.

(c) Determine o potencial elétrico $V(r)$ em todas as regiões de interesse*.

* As regiões de interesse são: (i) $r < R_1$; (ii) $R_1 \leq r \leq R_2$; e (iii) $r > R_2$.

Problemas Adicionais

Problema 16. Aplique o operador diferencial *del* (de símbolo nabla ∇):

(a) A uma função escalar V, e escreva o campo vetorial $\vec{E}$ em termos do Gradiente de V;

(b) Ao campo vetorial $\vec{E}$ e escreva o Divergente do Campo;

(c) Ao campo vetorial $\vec{B}$ e escreva o Rotacional do Campo;

Use coordenadas retangulares.

Problema 17. O Gradiente, o Divergente e o Rotacional são apenas primeiras derivadas que podemos obter com ∇. Ao aplicar ∇ duas vezes, podemos construir cinco tipos de derivadas segundas.

i) O Gradiente ∇V é um *vetor*, de forma que podemos obter o seu Divergente e seu Rotacional.

(a) Qual é o resultado do Divergente do Gradiente? $\nabla \cdot (\nabla V)$.

(b) Qual é o resultado do Rotacional do Gradiente? $\nabla \times (\nabla)$.

ii) O Divergente $\nabla \cdot \vec{E}$ é um *escalar*, podemos apenas obter seu gradiente.

(c) Qual é o resultado do Gradiente do Divergente? $\nabla(\nabla \cdot \vec{E})$

iii) O Rotacional $\nabla \times v$ é um *vetor*, de forma que podemos obter seu divergente e seu Rotacional.

(d) Qual é o resultado do Divergente do Rotacional? $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{B})$

(e) Qual é o resultado do Rotacional do do Rotacional? $\nabla \times (\nabla \times \vec{B})$

Problema 18. Escreva o Teorema Fundamental do Cálculo para:

(a) Gradientes;

(b) Divergentes;

(c) Rotacionais;

Problema 19. Determine a forma diferencial da Lei de Gauss da Eletrostática (1^a equação de Maxwell).

Problema 20. Toda a eletrostática, sob um ponto de vista matemático, é meramente o estudo das soluções da equação de Poisson. Sendo $E = -\nabla V$ e dada a lei de Gauss (ou a primeira equação de Maxwell na forma diferencial) $\nabla \cdot E = \rho/\epsilon_0$, determine a equação de Poisson.

Universidade Federal de Santa Maria
SEDES SAPIENTIÆ
1960
UFSM
Frederico Westphalen

5^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

O Campo Magnético.

Problema 01. Expresse a unidade de um campo magnetico $\vec{B}$ em termos das dimensões M, L, T e Q (massa, comprimento, tempo e carga).

Problema 02. Um elétron que tem velocidade $\vec{v} = (2 \times 10^6 m/s)\hat{\imath} + (3 \times 10^6 m/s)\hat{\jmath}$ penetra num campo magnético $\vec{B} = (0,030T)\hat{\imath} - (0,15T)\hat{\jmath}$. (a) Determine o módulo, direção e o sentido da força sobre o elétron. (b) Repita o cálculo para um próton com a mesma velocidade.

Problema 03. Um elétron num campo magnético uniforme tem uma velocidade $\vec{v} = (40km/s)\hat{\imath} + (35km/s)\hat{\jmath}$. Ele experimenta uma força $\vec{F} = (4,2fN)\hat{\imath} + (4,8fN)\hat{\jmath}$. Sabendo-se que $B_x = 0$, calcular o campo magnético que origina a força.

Problema 04. Um campo elétrico de $1.5kV/m$ e um campo magnético de $0,4T$ atuam sobre um elétron em movimento de modo a produzir uma força resultante nula. (a) Calcule a velocidade escalar mínima v do elétron. (b) Desenhe os vetores $\vec{E}$, $\vec{B}$ e $\vec{v}$.

Problema 05. Campos magnéticos são frequentemente usados para curvar um feixe de elétrons em experimentos de física (TV de tubo). Que campo magnético uniforme, aplicado perpendicularmente a um feixe de elétrons que se move a $1,3 \times 10^6 m/s$, é necessário para fazer com que os elétrons percorram uma trajetória circular de raio $0,35m$?

Problema 06. Um físico vai projetar um ciclotron para acelerar prótons a um décimo da velocidade da luz. O íman utilizado produzirá um campo de 1,4T. Calcular (a) o raio do ciclotron e (b) a frequência de oscilação correspondente. Os efeitos relativísticos não são significativos.

Problema 07. Um fio de $1,80m$ de comprimento transporta uma corrente de $13A$ e faz um ângulo de 35^o com um campo magnético uniforme $B = 1,5T$. Calcular a força magnética sobre o fio.

Problema 08. Um fio de $50cm$ de comprimento, situado ao longo do eixo x, é percorrido por uma corrente de $0,50A$, no sentido positivo de x. O fio está imerso num campo magnético dado por $\vec{B} = (0,0030T)\hat{j} + (0,010T)\hat{k}$. Determine a força sobre o fio.

Problema 09. A figura 1 mostra um cilindro de madeira com massa $m = 0,250kg$ e comprimento $L = 0,100m$, com $N = 10,0/voltas$ de fio enrolado em torno dele longitudinalmente, de modo que o plano da bobina, assim formada, contenha o eixo do cilindro. Qual é a corrente mínima através da bobina capaz de impedir o cilindro de rolar para baixo no plano inclinado de θ em relação à horizontal, na presença de um campo magnético uniforme vertical de $0,500T$, se o plano dos enrolamentos for paralelo ao plano inclinado?

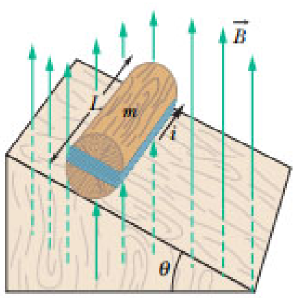


Figura 1: *Problema 09.*

Problema 10. Uma espira circular de corrente, de raio $8cm$, transporta uma corrente de $0,2A$. Um vetor unitário, paralelo ao momento de dipólo μ da espira e dado por $0,60\hat{\imath}0,80\hat{\jmath}$. A espira está imersa num campo magnético dado por $B = (0,5T)\hat{\imath} + (0,3T)\hat{\jmath}$. Determine (a) o torque sobre a espira (usando notação vetorial) e (b) a energia potencial magnética da espira.

Lei de Ampère (Lei de Gauss do Magnetismo).

Problema 11. (a) Use a lei de Biot-Savart:

$$d\vec{B} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\frac{id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3},$$

para determinar o campo magnético B de um fio retilíneo de comprimento L que transporta uma corrente elétrica i.

(b) Use a lei de Ampère:

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 i,$$

para determinar o campo magnético B de um fio retilíneo de comprimento L que transporta uma corrente elétrica i.

Problema 12. O fio mostrado na figura 2 transporta uma corrente i. Que campo magnético B é produzido no centro C do semicírculo (a) por cada segmento retilíneo de comprimento L, (b) pelo segmento semicircular de raio R e (c) pelo fio inteiro?

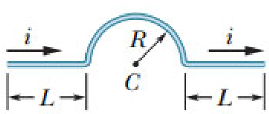


Figura 2: *Problema 12.*

Problema 13. Considere o circuito da figura 3. Os segmentos curvos são arcos de círculos de raios a e b. Os segmentos retilíneos estão ao longo de raios. Determine o campo magnetico B em P, considerando uma corrente i no círculo.

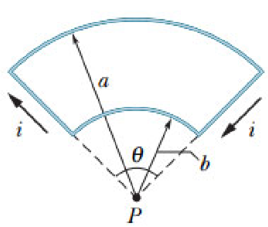


Figura 3: *Problema 13.*

Problema 14. Um segmento retilíneo de fio, de comprimento L, transporta uma corrente i. Mostre que o módulo do campo magnético B produzido por este segmento, a uma distância R do segmento ao longo de sua mediatriz é

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\frac{L}{\sqrt{L^2+4R^2}}.$$

Mostre que esta expressão se reduz a um resultado esperado quando $L\to\infty$.

Problema 15. Dois fios paralelos, retilíneos e longos, separados por $0,75cm$ estão perpendiculares ao plano da página, como é mostrado na figura 4. O fio 1 transporta uma corrente de $6,5A$ para dentro da página. Qual deve ser a corrente (intensidade e sentido) no fio 2 para que o campo magnético resultante no ponto P seja zero?

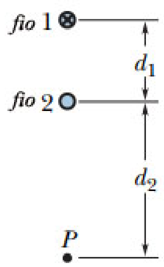


Figura 4: *Problema 15.*

Problema 16. Use a lei de Biort-Savart para determinar o campo em um ponto P sobre o eixo de uma espira circular de raio R que transporta uma corrente i. Re-escreva o resultado para $x \gg R$ e para $x = 0$.

Problema 17. Use a lei de Ampère para determinar a a expressão do campo magnético de (a) um solenóide ideal e (b) de um toróide.

Problema 18. Um solenoide de 200 espiras tendo um comprimento de $25cm$ e um diâmetro de $10cm$ transporta uma corrente de $0,30A$. Calcule o módulo do campo magnético próximo ao centro do solenóide.

Problema 19. A figura 5 mostra um arranjo conhecido como bobina de Helmholtz. Ela consiste em duas bobinas co-axiais, cada uma com N espiras e um raio R, separadas por uma distância R. As duas bobinas transportam correntes iguais i no mesmo sentido. Determine o campo magnético P, a meio caminho entre as bobinas.

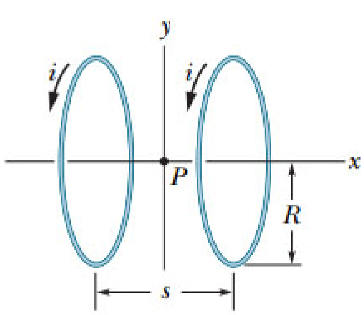


Figura 5: *Problema 20.*

Problema 20. Um disco de plástico fino de raio R tem uma carga q uniformemente distribuida sobre sua superfície. O disco gira com uma frequência angular ω em torno do seu eixo. Mostre que: (a) o campo magnético no centro do disco é:

$$B = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R}.$$

6^a Lista de Exercícios de Física III

Prof. Nilson E. Souza Filho

Lei de Faraday (2^a Equação de Maxwell).

Problema 01. Sendo o fluxo do campo magnético dado por:

$$\Phi_B = \int \vec{B} d\vec{A},$$

use o teorema da divergência para escrever a 2^a equação de Maxwell na forma diferencial.

Problema 02. Uma corrente $i = i_0 sen(\omega t)$ percorre um solenóide extenso que possui n espiras por unidade de comprimento. Uma espira circular de area A está no interior do solenóide e seu eixo coincide com o eixo do solenóide. Ache a fem induzida na espira.

Problema 03. Um campo magnetico uniforme, B, e perpendicular ao plano de uma espira circular de raio r. O módulo do campo varia com o tempo de acordo com a relação $B = B_0 e^{t/\tau}$, onde B_0 e τ são constantes. Encontre a fem induzida na espira em função do tempo.

Problema 04. O fluxo magnético que atravessa uma espira, cresce com o tempo de acordo com a expressão $\Phi_B(t) = 6t^2 + 7t$, onde Φ_B e dado em $miliwebers$ é t em segundos. (a) Calcule o módulo da fem induzida na espira quando $t = 2s$; (b) Ache o sentido da corrente através de R.

Problema 05. Um campo magnético uniforme é ortogonal ao plano de uma espira circular de diâmetro igual a $10cm$, feita de fio de cobre (diâmetro $D = 2,5mm$). (a) Calcule a resistência do fio. (b) A que taxa deve o campo magnético variar com o tempo para que uma corrente induzida de $10A$ seja estabelecida na espira?

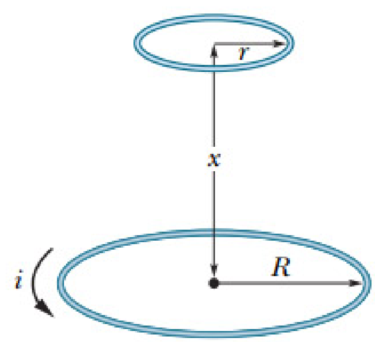
b

Problema 06. Um solenóide longo com raio de $25mm$ possui $100 espiras/cm$. Uma espira circular de $5cm$ de raio e colocada em torno do solenóide de modo que o seu eixo coincida com o eixo do solenóide. A corrente no solen[o]ide reduz-se de $1A$ para $0,5A$ a uma taxa uniforme num intervalo de tempo de $10ms$. Qual e a fem que aparece na espira?

Problema 07. Deduza uma expressão para o fluxo através de um toróide com N espiras transportando uma corrente i. Suponha que o enrolamento tenha uma seção reta retangular de raio interno a, raio externo b, altura h.

Problema 08. Um toróide tem seção transversal quadrada de lado igual a $5,0cm$, raio interno de $15cm$, 500 espiras e transporta uma corrente de $0,8A$. Qual é o fluxo através da seção transversal?

Problema 09. A figura mostra duas espiras de fio em forma de anel, que tem o mesmo eixo. O anel menor está acima do maior, a uma distância x, que é grande em comparação com o raio R, do anel maior. Em consequência, com a passagem da corrente i pelo anel maior (veja a figura), o camo magnético correspondente é aproximadamente constante através da área plana πr^2 limitada pelo anel menor. Suponha agora que a distância x não seja fixa, mas que varie a razão constante $dx/dt = v$. (a) Determine o fluxo magnético através da área limitada pelo anel menor. (b) Calcule a fem gerada no anel menor. (c) Determine o sentido da corrente induzida no anel menor.



Problema 10. Cada um dos fios de um par de fios longos e paralelos porta uma corrente I. As correntes têm sentidos opostios e variam no tempo segundo a taxa $dI/dt = k$. Uma espira retangular de lados h_1 e h_2 paralelamente a eles. Calcule a força motriz induzida na espira.

Problema 11. Uma espira retangular de comprimento a, largura b e resistência R é colocada paralelamente a um fio longo e retilíneo que transporta uma corrente I_0. Determine a corrente induzida na espira à medida que ela se afasta do fio com velocidade v.

Problema 12. Uma casca cilíndrica, de raio R e comprimento L, está carregada eletricamente com uma densidade superficial de carga σ e gira em torno do seu eixo com velocidade angular ω.

(a) Calcule o campo $\vec{B}$ em um ponto qualquer do seu eixo.

(b) Considere agora que $L \to \infty$ e determine o potencial vetor $\vec{A}$ no eixo.

(c) Verifique que para este caso $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$

Equações de Maxwell.

Problema 13. Um capacitor de placas circulares paralelas está sendo carregado. (a) Deduza uma expressão para o campo magnético induzido em pontos internos ao capacitor, ou seja, para $r \leq R$. (b) Deduza uma expressão para o campo magnético induzido em pontos externos ao capacitor, ou seja, para $r \geq R$.

Problema 14. Para a situação do Problema 13, (a) onde o campo magnético induzido é reduzido à metade de seu valor máximo? (b) qual é a corrente de deslocamento i_d? (c) Mostre que a densidade de corrente de deslocamento $\vec{J}_d$, para $r \leq R$, é dada por $\vec{J}_d = \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$.

Problema 15. Verifique o valor numérico da velocidade escalar da luz $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ e mostre que a equação está dimensionalmente correta.

Problema 16. Prove que a corrente de deslocamento num capacitor de placas paralelas pode ser escrita como $i_d = C \frac{dV}{dt}$.

Problema 17. Dispõe-se de um cacitor de placas paralelas de $1 \mu F$. Como seria possível obter uma corrente de deslocamento (instantânea) de $1A$ no espaço entre as placas?

Problema 18. Escreva as equações de Maxwell na forma integral e use o teorema da divergência e o teorema de Stokes para reescrevê-las na forma diferencial. Faça uma Tabela 1 com os resultados.

Problema 19. (a) Demonstre a Lei de Ampère-Maxwell e refaça a Tabela 1 do Problema 18 com a correção de Maxwell. (b) Mostre que a luz é uma onda eletromagnética.

Problema 20. Obtenha o divergente e o laplaciano do vetor potencial magnético $\vec{A}$.

7^a Lista de Exercícios de Física III

Prof. Nilson E. Souza Filho

Relação entre densidade de fluxo elétrico e campo elétrico.

Problema 01. De maneira geral, para meio linear isotrópico de permissividade ϵ, a *densidade de fluxo elétrico* é dada por: $\vec{D} = \epsilon\vec{E}$. Calcule $\vec{D}$ em $(1, 3, -4)$ (metros), para uma carga puntiforme $q = 30nC$ localizada na origem de um sistema de coordenadas cartesianas.

Problema 02. Uma distribuição de cargas, em coordenadas cilíndricas, é dada por $\rho = 5re^{-2r}(C/m^3)$. Use a lei de Gauss para obter $\vec{D}$.

Problema 03. O volume descreito por $r \leq a$, em coordenadas esféricas, contém uma densidade de carga uniforme ρ. (a) Use a lei de Gauss para determinar $\vec{D}$. (b) Que carga q colocada na origem forneceria o mesmo campo $\vec{D}$, para $r > a$?

A Divergência de $\vec{D}$.

Problema 04. A divergência de $\vec{D}$ é um Resultado muito importante que constitui uma das equações de Maxwell para campos estáticos. Sendo $\vec{D} = \frac{q}{\pi r^2}[1 - cos(3r)]\hat{r}$, em coordenadas esféricas, encontre a densidade de cargas.

Problema 05. Sendo $\vec{D} = \frac{10r^3}{4}\hat{r}(C/m^2)$, para região definida por $0 < r \leq 3$ (metros), em coordenadas cilíndricas, e $\vec{D} = \frac{810}{4r}\hat{r}(C/m^2)$, para demais pontos. Obtenha a densidade de cargas ρ.

Dielétricos e Polarização.

Problema 06. Define-se vetor polarização $\vec{P}$ como o momento de dipólo elétrico ($\vec{p} = qd$) por unidade de volume (C/m^2). Numa visão macroscópica, a polarização $\vec{P}$ pode ser associada ao aumento de densidade de fluxo elétrico: $\vec{D} = \epsilon_0\vec{E} + \vec{P}$. Para materiais isotrópicos homogêneos, $\vec{P} = \chi_e\epsilon_0\vec{E}$, em que χ_e é a susceptibilidade elétrica (adimensional) do material.

(a) Encontre a polarização $\vec{P}$ num material dielétrico com $\epsilon_r = 2,8$, se $\vec{D} = 3,0 \times 10^{-7}\hat{r}$ (C/m^2).

(b) Determine o valor de $\vec{E}$ num material que tem $\chi_e = 3,5$ e $\vec{P} = 2,3 \times 10^{-7}\hat{r}$ (C/m^2).

Relação entre densidade de fluxo magnético e campo magnético.

Quando um campo magnético $\vec{H}$ é aplicado a um material, a resposta do material é chamada de *densidade de fluxo magnético* $\vec{B}$. Em alguns materiais (e no espaço livre) $\vec{B}$ é uma função linear: $\vec{B} = \mu\vec{H}$, em que $\mu = \mu_0\mu_r$, é a permeabilidade do meio.

Problema 07. Determine o campo $\vec{B}$ no eixo de um disco de ferro com raio R e espessura e, magnetizado paralelamente ao eixo x.

Problema 08. Uma espira portando uma corrente i está situada no eixo de um buraco de ferro cilíndrico. Ache $\vec{H}$, $\vec{B}$ e $\vec{M}$, (a) na região externa do ferro e (b) na região interna do ferro.

Materiais Magnéticos e Magnetização.

Problema 09. Uma barra magnética cilíndrica tem comprimento de $5cm$ e um diâmetro de $1,0cm$. Ela possui uma magnetização uniforme de $5,3 \times 10^3 A/m$. Qual é o seu momento de dipólo magnético?

Problema 10. A magnetização na saturação do níquel vale $4,7 \times 10^5 A/m$. Calcule o momento magnético de um único átomo de níquel. (A densidade do níquel é $9,90 g/cm^3$ e sua massa molecular é $58,71 g/mol$.)

Problema 11. (a) Mostre que a densidade de corrente num material magnético homogêneo, isotrópico e linear é dada por:

$$J_e = (\mu_r - 1)J_f.$$

(b) Mostre que a magnetização num meio magnético, isotrópico e linear é dada por:

$$\vec{M} = \frac{\chi_m \vec{B}}{\mu_0(1 + \chi_m)}.$$

Problema 12. Conforme o comportamento dos materiais sob a ação de um campo magnético externo $\vec{H}$, podemos classificá-los em:

Momentos de Dipólo Permanente:

(a) **Paramagnéticos**.

(b) **Ferromagnéticos**.

(c) **Ferrimagnéticos**.

(d) **Anti-ferrimagnéticos**.

Momentos de Dipólo Induzidos:

(e) **Diamagnéticos**.

Descreva as características de cada um deles.

(f) Explique através de curvas de magnetização de um material ferromagnético, o processo de *histerese*.

Problema 13. Durante o processo de gravação, um meio físico denominado: suporte ou *media* (fita magnética ou disco rígido) passa com velocidade $\vec{v}$ pelo *gap* da cabeça indutora e a magnetização do material fica alinhada de acordo com a direção e magnitude do campo externo $\vec{H}$. Depois do processo de gravação, a *media* fica com um padrão de magnetização proporcional ao sinal sonoro original.

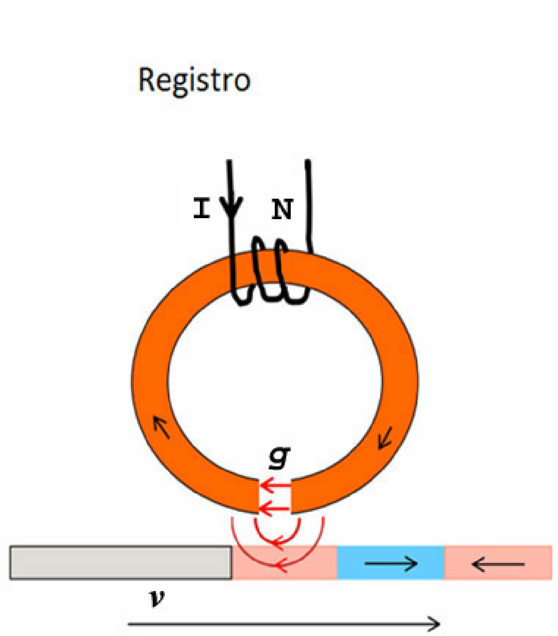


Figura 1: *Figura 1 - Processo de gravação magnética.*

(a) Ilustre e descreva o processo recíproco ao de registro, ou seja, o processo de leitura magnética.

(b) Qual é a tensão induzida na cabeça magnética na reprodução de um lá sustenido? Sendo densidade de fluxo máxima da fita gravada $B_M = 1kG$, que passa com $v = 4,76cm/s$ pelo *gap* de $g = 2m$ da cabeça.

O rotacional de $\vec{H}$.

Problema 14. Segundo a Lei de Ampère, se $\vec{H}$ é conhecido através de uma região particular, então $\nabla \times \vec{H}$ irá produzir $\vec{J}$ para aquela região. Calcule $\vec{H}$ para um cilindro sólido de raio R, onde a corrente i é uniformemente distribuída por sua seção reta.

Problema 15. No Problema 14, a intensidade do campo magnético foi obtida devido a um condutor circular com distribuição uniforme de corrente. Calcule inversamente, $\vec{J}$ a partir de $\vec{H}$.

Continuidade da Corrente Elétrica.

Problema 16. Sendo a corrente

$$i = -\frac{dq}{dt} = \oint \vec{J} d\vec{s},$$

use a divergência da densidade de corrente para chegar na equação da *continuidade da corrente elétrica* e determine a relação entre a corrente de condução J_c e a *corrente de deslocamento* J_d.

Problema 17. Sendo a densidade de corrente (lei de Ohm)

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon} \vec{D},$$

mostre que, no processo de condução, a densidade de carga ρ decai exponencialmente com uma constante de tempo ϵ/σ, conhecida como *tempo de relaxação*.

Equações de Maxwell e Ondas Eletromagnéticas em Meios Contínuos.

Problema 18. As equações de Maxwell como apresentadas na Tabela 2 do Problema 19 da Lista 06, valem somente na ausência de materiais dielétricos. Elimine tal restrição e reescreva as equações de Maxwell.

Problema 19. Dado $\vec{E} = E_m sen(\omega t - \beta z)\hat{j}$ no espaço livre,

(a) encontre $\vec{D}$, $\vec{B}$ e $\vec{H}$. Esboce $\vec{E}$ e $\vec{H}$ em $t = 0$.

(b) Mostre que os campos $\vec{E}$ e $\vec{H}$ formam uma onda com propagação ao longo do eixo z. Verifique que a velocidade dessa onda (assim como E/H) só dependem das propriedades do espaço livre.

Problema 20. Dado $\vec{H} = H_m e^{j(\omega t - \beta z)}\hat{\imath}$ no espaço livre, determine $\vec{E}$.

Problema 21. Numa região homogênea não condutora onde $\mu_r = 1$, calcule ϵ_r e ω, sendo:

$\vec{E} = 30\pi e^{j[\omega t - (4/3)y]}\hat{k}$ (V/m), e

$\vec{H} = e^{j[\omega t - (4/3)y]}\hat{\imath}$ (A/m).

Problema 22. Considere meios lineares e isotrópicos, obtenha as equações de onda vetoriais e determine o *fator de atenuação* α e a *defasagem* β.

Problema 23. Obtenha a impedância intrínseca do meio η, a velocidade de propagação u e o comprimento de onda , para:

(a) Um meio quase condutor.

(b) Um meio bom condutor.

(c) Dielétrico perfeito.

(d) Espaço livre.

Problema 24. Uma onda $\vec{H}$ propaga no espaço livre na direção $\hat{k}$, com constante de defasagem $30,0 rad/m$ e amplitude de $(1/3\pi) A/m$. Escreva as equações adequadas de $\vec{E}$ e $\vec{H}$, sabendo que o campo $\vec{H}$ está na direção $-\hat{\jmath}$ para $t = 0$ e $z = 0$. Calcule também a frequência e o comprimento de onda.

Problema 25. Determine a taxa instantânea do fluxo de energia por unidade de área (*vetor de Poynting*).

UFSM
Frederico Westphalen

8ª Lista de Exercícios de Física III

Prof. Nilson E. Souza Filho

Capacitância.

Problema 01. Um eletrômetro é um instrumento usado para medir carga estática: uma carga desconhecida é colocada sobre as placas do capacitor do medidor e a diferença de potencial é medida. Que carga mínima pode ser medida por um eletrômetro com uma capacitância de $50pF$ e uma sensibilidade à voltagem de $0,15V$?

Problema 02. O capacitor da figura 1 tem uma capacitância de $2,5pF$ e está inicialmente sem carga. A bateria fornece uma diferença de potencial de 12 V. Após a chave S ter ficado fechada por um longo tempo, quanta carga terá passado através da bateria?

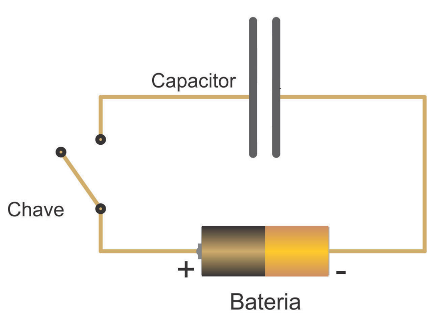


Figura 1: *Problema 02.*

Problema 03. Determine a capacitância de um capacitor:

(a) De placas paralelas;

(b) Cilindrico;

(c) Esférico;

(d) Esfera isolada.

Faça todos os desenhos necessários.

Problema 04. Um capacitor de placas paralelas possui placas circulares de raio $8,2cm$ e separação $1,3mm$. (a) Calcule a capacitância. (b) Que carga aparecerá sobre as placas se a ddp aplicada for de $120V$?

Problema 05. Para determinar capacitância de um cilíndrico, usamos a aproximação $ln(1+x) \simeq x$, quando $x \ll 1$. Mostre que ela se aproxima da capacitância de um capacitor de placas paralelas quando o espaçamento entre os dois cilindros é pequeno.

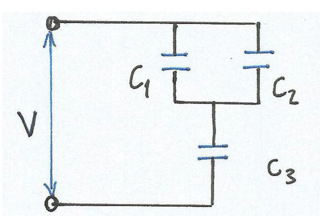
Problema 06. Suponha que as duas cascas esfericas de um capacitor esférico tenham aproximadamente raios iguais. Mostre que, sob tais condições, tal dispositivo se aproxima de um capacitor de placas paralelas com $(b-a) = d$.

Problema 07. Quantos capacitores de $1\mu F$ devem ser ligados em paralelo para acumularem uma carga de $1C$ com um potencial de $110V$ através dos capacitores?

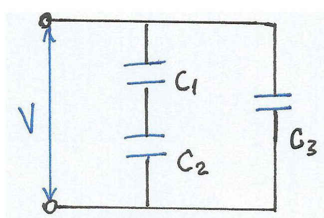
Problema 08. Determine a capacitância equivalente da combinação da figura 2.
Suponha que $C_1 = 10\mu F$, $C_2 = 5\mu F$ e $C_3 = 4\mu F$.

Problema 09. Determine a capacitância equivalente da combinação da figura 2.
Suponha que $C_1 = 10\mu F$, $C_2 = 5\mu F$ e $C_3 = 4\mu F$.

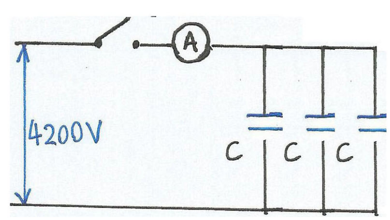
Problema 10. Cada um dos capacitores descarregados na figura 2 tem uma capacitância de $25\mu F$. Uma diferença de potencial de $4200V$ é estabelecida quando a chave é fechada. Quantos coulombs de carga passam então através do amperímetro A?



Problema 08.



Problema 09.



Problema 10.

Figura 2: *Circuitos dos Problemas 08, 09 e 10.*

Problema 11. Uma capacitância $C_1 = 6\mu F$ é ligada em série com uma capacitância $C_2 = 4\mu F$ e uma diferença de potencial de $200V$ é aplicada através do par. (a) Calcule a capacitância equivalente. (b) Qual é a carga em cada capacitor? (c) Qual a diferença de potencial através de cada capacitor?

Problema 12. Dois capacitores, de capacitância $2\mu F$ e $4\mu F$, são ligados em paralelo através de uma diferença de potencial de $300V$. Calcular a energia total armazenada nos capacitores.

Problema 13. Mostre que as placas de um capacitor de placas paralelas se atraem mutuamente com uma força dada por

$$F = \frac{q^2}{2\epsilon_0 A}.$$

Obtenha o resultado calculando o trabalho necessário para aumentar a separação das placas de x para $x + dx$, com a carga q permanecendo constante.

Problema 14. Um cabo coaxial usado numa linha de transmissão tem um raio interno de $0,1mm$ e um raio externo de $0,6mm$. Calcular a capacitancia por metro de cabo. Suponha que o espaço entre os condutores seja preenchido com poliestireno.

Problema 15. Uma certa substância têm uma constante dielêtrica de $2,8$ e uma rigidez dieletrica de $18MV/m$. Se a usarmos como material dielétrico num capacitor de placas paralelas, qual devera ser a área mínima das placas para que a capacitância seja de $7 \times 10^{-2}\mu F$ e para que o capacitor seja capaz de resistir a uma diferença de potencial de $4kV$?

Problema 16. Um capacitor de placas paralelas, de área A é preenchido com dois dielétricos, como ilustra a figura 3.

(a) Mostre que a capacitância é dada por $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}\left(\frac{\kappa_1+\kappa_2}{2}\right)$.

Verifique essa fórmula para todos os casos limites.

(b) Mostre que, neste caso, a capacitância é dada por dada por $C = \frac{2\epsilon_0 A}{d}\left(\frac{\kappa_1\kappa_2}{\kappa_1+\kappa_2}\right)$. (c) Qual é a capacitância do capacitor de placas paralelas da figura.

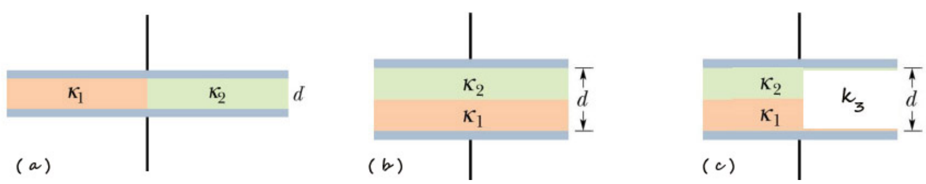


Figura 3: *Problema 16.*

Corrente e Resistência.

Problema 17. Uma corrente de $5A$ percorre um resistor de 10Ω durante 4 minutos. (a) Quantos Coulombs e (b) quantos elétrons passam através da seção transversal do resistor neste intervalo de tempo?

Problema 18. Um fusível num circuito eletrico é um fio cujo objetivo é derreter-se e, desta forma, interromper o circuito, caso a corrente exceda um valor predeterminado. Suponha que o material que compõe o fusível derreta sempre que a densidade de corrente atingir $440A/cm^2$. Qual o diametro do condutor cilíndrico que deverá ser usado para restringir a corrente a $0,5A$?

Problema 19. Um fio condutor tem diâmetro de $1mm$, um comprimento de $2m$ e uma resistência de $50m\Omega$. Qual é a resistividade do material?

Problema 20. Uma pessoa pode ser eletrocutada se uma corrente tão pequena quanto $50mA$ passar perto do seu coração. Um eletricista que trabalha com as mãos suadas faz um bom contato com os dois condutores que está segurando. Se a sua resistencia for igual a 2000Ω, de quanto será a voltagem fatal?

Problema 21. Um estudande deixou seu rádio portátil de $9V$ e $7W$ ligado das 9 horas às 14 horas. Que quantidade de carga passou através dele?

Problema 22. Um determinado tubo de raios-X opera na corrente de $7mA$ e na diferença de potencial de $80kV$. Que potência (em Watts) é dissipada?

Problema 23. A taxa de dissipação de energia térmica num resistor é igual a $100W$ quando a corrente e de $3A$. Qual é o valor da resistência envolvida?

Problema 24. Uma diferença de potencial de $120V$ é aplicada a um aquecedor cuja resistência é de 14Ω quando quente. (a) A que taxa a energia eletrica é transformada em calor? (b) A 5 centavos por kWh, quanto custa para operar esse dispositivo durante 5 horas?

Problema 25. Um aquecedor de $1250W$ é cosntruído para operar sob uma tensão de $115V$. (a) Qual será a corrente no aquecedor? (b) Qual é a resistência da bobina de aquecimento? (c) Que quantidade de energia térmica é gerada pelo aquecedor em 1 hora?

Indutância.

Problema 26. A indutância de uma bobina compacta de 400 $espiras$ vale $8mH$. Calcule o fluxo magnético através da bobina quando a corrente e de $5mA$.

Problema 27. Um solenóide longo e estreito, pode ser curvado de modo a formar um toróide. Mostre que, para um solenóide suficientemente longo e estreito, a equação que da a indutância do toróide assim formado é equivalente a de um solenóide com um comprimento apropriado.

Problema 28. Indutores em série. Dois indutores L_1 e L_2 estão ligados em série e separados por uma distância grande. (a) Mostre que a indutância equivalente é dada por $L_{eq} = L_1 + L_2$. (b) Por que a separação entre os indutores tem de ser grande para que a relação acima seja válida? (c) Qual é a generalização do item (a) para N indutores em série?

Problema 29. Indutores em paralelo. Dois indutores L_1 e L_2 estão ligados em paralelo e separados por uma distância grande. (a) Mostre que a indutância equivalente é dada por $\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ (b) Por que a separac¸ao entre os indutores tem de ser grande para que a relação acima seja válida? (c) Qual a generalização do item (a) para N indutores separados?

Problema 30. Um indutor de $12H$ transporta uma corrente constante de $2A$. De que modo podemos gerar uma fem autoinduzida de $60V$ no indutor?

Universidade Federal de Santa Maria

UFSM

Frederico Westphalen

9^a *Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

Circuitos Elétricos.

Problema 01. Uma bateria de automóvel com uma fem de $12V$ e uma resistência interna de $0,004\Omega$ está sendo carregada com uma corrente de $50A$. (a) Qual a diferença de potencial entre seus terminais? (b) A que taxa a energia está sendo dissipada como calor na bateria? (c) A que taxa a energia elétrica está sendo convertida em energia química?

Problema 02. Na figura 1, determine a corrente em cada resistor e a diferença de potencial entre a e b. Considere $E_1 = 6V$, $E_2 = 5V$, $E_3 = 4V$, $R_1 = 100\Omega$ e $R_2 = 50\Omega$.

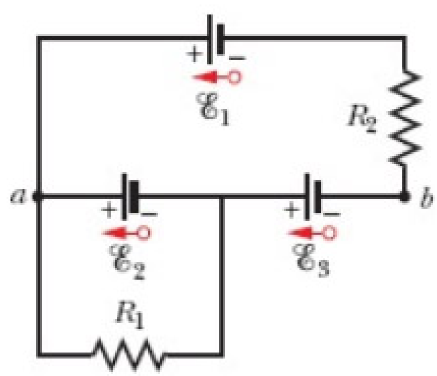


Figura 1: *Problema 02.*

Problema 03. Na figura 2, $E_1 = 3V$, $E_2 = 1V$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ e as duas baterias são ideais. (a) Qual e a taxa de dissipação de energia em R_1? Em R_2? Em R_3? (b) Qual é a potência da bateria 1? e da bateria 2?

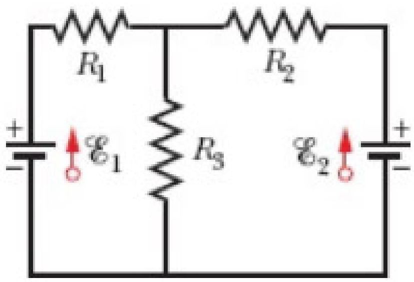


Figura 2: *Problema 03.*

Problema 04. Na figura 3 (*Ponte de Wheatstone*) ajustamos o valor de Rs até que os pontos a e b fiquem exatamente com o mesmo potencial. (Verificamos esta condição ligando momentaneamente um amperímetro sensível entre a e b; se estes pontos estiverem no mesmo potencial, o amperímetro não defletirá. Mostre que, após essa ajustagem, a seguinte relação é válida:

$$R_x = R_s \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

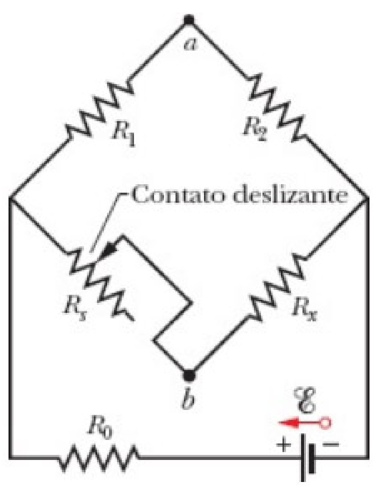


Figura 3: *Problema 04.*

Circuitos RC.

Problema 05. Quantas constantes de tempo devem decorrer até que um capacitor em um circuito RC esteja carregado com menos de 1 % de sua carga de equilíbrio?

Problema 06. Um resistor de $15k\Omega$ e um capacitor de sào ligados em série e, a seguir, uma diferença de potencial através do capacitor sobe para $5V$ em $1,30\mu s$. (a) Calcular a constante de tempo do circuito. (b) Determine a capacitância do capacitor.

Problema 07. Um capacitor com uma diferença de potencial de $100V$ é descarregado através de um resistor quando uma chave entre eles é fechada no instante $t = 0$. No instante $t = 10s$ a diferença de potencial através do capacitor é $1V$. (a) Qual é a constante de tempo do circuito? (b) Qual é a diferença de potencial através do capacitor no instante $t = 17s$?

Circuitos RL.

Problema 08. Em termos da constante de tempo τ_l, quanto tempo devemos esperar para que a corrente num circuito RL cresça ficando a $0,1\%$ do seu valor de equilíbrio?

Problema 09. A corrente num circuito RL cai de $1A$ para $10mA$ no primeiro segundo após a remoção da bateria do circuito. Sendo $L = 10H$, calcule a resistencia R do circuito.

Problema 10. Quanto tempo, após a remoção da bateria, a diferença de potencial através do resistor num circuito RL (com $L = 2H$, $R = 3\Omega$) decai a 10% de seu valor inicial?

Auto-Indução e Indução Mútua.

Problema 11. A indutância de uma bobina compacta é tal que uma fem de $3mV$ é induzida quando a corrente varia a uma taxa de $5A/s$. Uma corrente constante de $8A$ produz um fluxo magnético de $40\mu Wb$ através de cada espira. (a) Calcule a indutância da bobina. (b) Quantas espiras tem a bobina?

Problema 12. Duas bobinas estão em posições fixas. Quando na bobina 1 não há corrente e na bobina 2 existe uma corrente que cresce numa taxa constante de $15A/s$, a fem na bobina 1 vale $25mV$. (a) Qual é a indutância mútua destas bobinas? (b) Quando não há corrente na bobina 2 e a bobina 1 é percorrida por uma corrente de $3,6A$, qual é o fluxo através da bobina 2?

Problema 13. O circuito magnético da figura 4 é constituído de ferro fundido com comprimento médio $l_n = 0,44m$ e seção reta quadrada de $0,02 \times 0,02m$. O entreferro tem comprimento $l_e = 2mm$ e o enrolamento contém 400 *espiras* Calcule a corrente I necessária para gerar um fluxo de $0,141mWb$, sendo $H_n = 850A/m$.

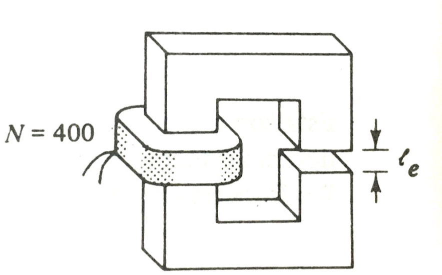


Figura 4: *Problema 13.*

Problema 14. Determine a relutância de um entreferro numa máquina de corrente contínua onde a área aparente é $S_e = 4,26 \times 10^{-2}m^2$ e o comprimento do entreferro é $l_e = 5,6mm$.

Problema 15. (a) A figura 5a mostra um circuito magnético composto por braços paralelos de aço fundido, que possui uma bobina com 500 *espiras*. Os comprimentos médios são $l_1 = 4cm$ e $l_2 = l_3 = 10cm$. Calcule a corrente da bobina $\phi_3 = 0,173mWb$, sendo $B = 1,15T$ e $H = 1030A/m$.

(b) O mesmo núcleo de ferro fundido contém agora duas bobinas idênticas de 500 *espiras* nos braços exteriores (figura 5b). Se, novamente, $\phi_3 = 0,173mWb$, encontre as correntes dos enrolamentos.

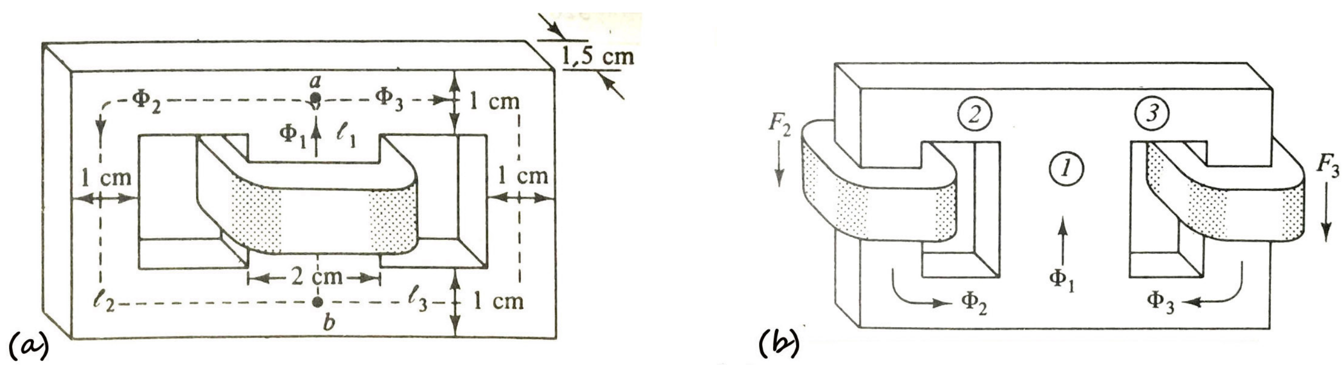


Figura 5: *Problema 15.*

10^a*Lista de Exercícios de Física III*

Prof. Nilson E. Souza Filho

Oscilações Eletromgnéticas.

Problema 01. Qual é a capacitância de um circuito LC, sabendo-se que a carga máxima do capacitor é $1,60\mu C$ e a energia total é $140\mu J$?

Problema 02. Num circuito LC, um indutor de $1,50mH$ armazena uma energia máima de $10\mu J$. Qual é o pico de corrente?

Problema 03. Para um certo circuito LC a energia total é transformada de energia elétrica no capacitor em energia magnética no indutor em $1,5\mu s$. (a) Qual é o períoodo de oscilação? (b) Qual a frequência de oscilação? (c) Num certo instante, a energia magnética é máxima. Quanto tempo depois será máxima novamente?

Problema 04. Os osciladores LC sao usados em circuitos ligados a alto-falantes para criar alguns sons da música eletrônica. Que indutância deve ser usada com um capacitor de $6,7\mu F$ para produzir uma frequência de $10kHz$, aproximadamente o meio da faixa audível?

Problema 05. Considere o circuito mostrado na figura 1. Com a chave S_1 fechada e as outras abertas, o circuito tem uma constante de tempo τ_C. Com a chave ligada em S_2 fechada e as outras duas chaves abertas, o circuito tem uma constante de tempo τ_L. om a chave ligada em S_3 fechada e as outras duas chaves abertas, o circuito oscila com período T Mostre que $T = 2\pi sqrt(\tau_C \tau_L)$.

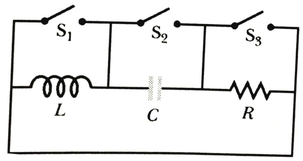


Figura 1: *Problema 05.*

Problema 06. No circuito mostrado na figura 2, a chave ficou na posição a durante um tempo muito longo. Ela é agora movida para a posição b. (a) Calcular a freqûencia da corrente oscilante resultante.

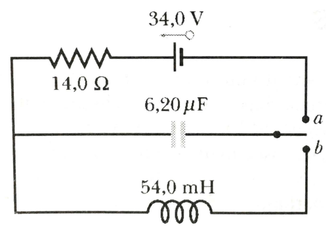


Figura 2: *Problema 06.*

Problema 07. Num circuito LC oscilante $L = 3,00mH$ e $C = 2,70\mu F$. No instante $t = 0$, a carga do capacitor é zero e a corrente é $2,00A$. (a) Que carga máxima aparecerá no capacitor? (b) Em termos do período T de oscilação, quanto tempo transcorrerá desde $t = 0$ até que a energia armazenada no capacitor esteja crescendo com sua maior taxa? (c) Qual é esta taxa máxima com que a energia flui para o capacitor?

Circuitos de Corrente Alternada.

Problema 08. Um capacitor de $1,5\mu F$ está ligado a um gerador de corrente alternada com $\varepsilon_m = 30V$. Qual será a amplitude da corrente alternada resultante se a frequência da fem for (a) $1kHz$; (b) $8kHz$?

Problema 09. Um indutor de $50mH$ está ligado a um gerador de corrente alternada com $\varepsilon_m = 30V$. Qual será a amplitude da corrente alternada resultante se a frequência da fem for (a) $1kHz$; (b) $8kHz$?

Problema 10. Um resistor de 50Ω está ligado a um gerador de corrente alternada com $\varepsilon_m = 30V$. Qual será a amplitude da corrente alternada resultante se a frequência da fem for (a) $1kHz$; (b) $8kHz$?

Problema 11. A saída de um gerador de CA e dada por $\varepsilon = \varepsilon_m sen(\omega t - \pi/4)$, onde $\varepsilon_m = 30V$ e $\omega = 350 rad/s$. A corrente e dada por $i(t) = Isen(\omega t - 3\pi/4)$, onde $I = 620mA$. (a) Quando, após $t = 0$, a fem do gerador atinge pela primeira vez um máimo? (b) Quando, após $t = 0$, a corrente atinge pela primeira vez um máximo? (c) O circuito contém apenas um elemento além do gerador. Ele é um capacitor, um indutor ou um resistor? Justifique sua resposta. (d) Qual é o valor da capacitancia, da indutâancia ou da resistência, conforme seja o caso?

Problema 12. (a) Calcule novamente todas as grandezas pedidas no Exemplo 36-3, pág.298, supondo que o capacitor tenha sido retirado e todos os outros parâmetros tenham sido mantidos. (b) Desenhe em escala um diagrama de fasores semelhantes ao indicado na Fig. 36-6c para esta nova situação.

Problema 13. (a) Calcule novamente todas as grandezas pedidas no Exemplo 36-3, pág.298, supondo que o indutor tenha sido retirado e todos os outros parâmetros tenham sido mantidos. (b) Desenhe em escala um diagrama de fasores semelhantes ao indicado na Fig. 36-6c para esta nova situação.

Problema 14. (a) Calcule novamente todas as grandezas pedidas no Exemplo 36-3, pág.298, para $C = 70\mu F$, os outros parâmetros sendo mantidos inalterados. (b) Desenhe em escala um diagrama de fasores semelhantes ao indicado na Fig. 36-6c para esta nova situação e compare os dois diagramas.

Problema 15. A amplitude da voltagem através de um indutor num circuito RLC pode ser maior do que a amplitude da fem do gerador? Considere um circuito RLC em série com: $\varepsilon_m = 10V$; $R = 10\Omega$; $L = 1H$ e $C = 1\mu F$. Determine a amplitude da voltagem através do indutor na ressonância.

Problema 16. Quando a fem do gerador no Exemplo 36-3 atinge seu valor máximo, qual é a voltagem através (a) do gerador, (a) do resistor, (c) do capacitor e (d) do indutor? (e) Somando estes resultados com seus respectivos sinais, verifique que a lei das malhas é satisfeita.

Problema 17. Num circuito RLC, $R = 5\Omega$, $C = 20\mu F$, $L = 1,0H$ e $\varepsilon_m = 30V$. (a) Para que frequência angular ω_0 a corrente terá seu valor máximo, como nas curvas de ressonância? (b) Qual e este valor máximo? (c) Quais são as duas frequências angulares ω_1 e ω_2 para as quais a amplitude da corrente é igual a metade desse valor máximo? (d) Qual é a meia-largura fracional [= $(\omega_1 - \omega_2)/\omega_0$] da curva de ressonância?

Problema 18. Num circuito RLC a fem operando na frequência de $60Hz$, a voltagem máxima através do indutor é 2 vezes a voltagem máxima através do capacitor. (a) Qual é o ângulo de fase que registra o atraso da corrente em relação à fem do gerador? (b) Sabendo-se que a fem máxima do gerador é de $30V$, qual deve ser a resistência do circuito para obtermos uma corrente máxima de $300mA$?

Problema 19. Um transformador possui 500 espiras no primário e 10 espiras no secundário. (a) Sabendo-se que V_p é $120V(mrs)$, qual é o valors de V_s, supondo o circuito aberto? (b) Ligando-se o secundário a uma carga resistiva de 15Ω, quais serao as correntes no primário e no secundário?

Problema 20. A figura 3 mostra um *autotransformador*. Ele é formado por uma única bobina (com um núcleo de ferro). Trê *derivações* são estabelecidas. Entre as derivações T_1 e T_2 existem 200 espiras e entre as derivações T_2 e T_3 existem 800 espiras. Duas derivações quaisquer podem ser consideradas os *terminais do primario* e duas derivações quaisquer podem ser consideradas os *terminais do secundario*. Escreva todas as relações pelas quais a voltagem primária pode ser transformada numa voltagem secundária.

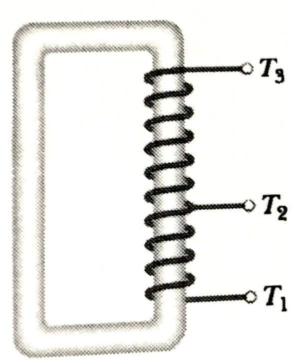


Figura 3: *Problema 20.*