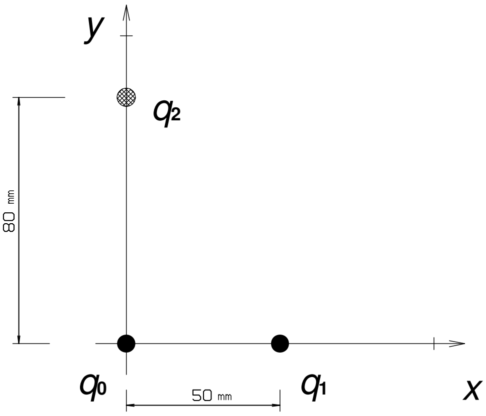
E1 Vetores: 1) Imagine um cubo com aresta de 1m alinhado com os eixo xyz de um sistema Cartesiano de coordenadas de tal forma que o cubo fique no primeiro oitante do sistema de coordenadas, que um dos vértices do cubo seja a origem de coordenadas e que três arestas fiquem nos eixos de coordenadas. (a) Desenhe esta situação. (b) Escreva o vetor posição $\vec{r}_C$ do centro do cubo assim como o vetor posição $\vec{r}_F$ do centro da face do cubo que fica no plano xy . Escreva estes vetores em termos da base ortonormal $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ que está associada ao sistema de coordenadas. (c) Determine o ângulo entre os vetores $\vec{r}_C$, e $\vec{r}_F$. (d) Descreva em palavras qual é o ponto P cujo vetor posição $\vec{r}_P$ é dado pela soma $\vec{r}_P = \vec{r}_C + \vec{r}_F$. (e) Responda, com justificativa, se podemos formar o vetor $\vec{r}_C + \hat{x}$.

$$\hat{x} \underset{def.}{=} \frac{\partial\vec{r}/\partial x}{|\partial\vec{r}/\partial x|}, \qquad \hat{y} \underset{def.}{=} \frac{\partial\vec{r}/\partial y}{|\partial\vec{r}/\partial y|}, \qquad \hat{z} \underset{def.}{=} \frac{\partial\vec{r}/\partial z}{|\partial\vec{r}/\partial z|}$$

2) (a) Desenhe os vetores $\vec{a} = 1\text{cm}\,\hat{x} + 2\text{cm}\,\hat{y}$ e $\vec{b} = 2\text{cm}\,\hat{x} + 2\text{cm}\,\hat{y}$. (b) Baseado no desenho e sem cálculo algébrico, construa os vetores $\vec{a}+\vec{b}$ e $\vec{a}-\vec{b}$. (c) Calcule estes vetores algebricamente e compare o resultado com a construção geométrica.

3) Lei de Coulomb: Uma carga elétrica $q_0 = +1\mu\text{C}$ se encontra na origem de um sistema de coordenadas cartesianas. Duas outras cargas se encontram nos eixos x e y como indicado na figura. O valor da carga no eixo x vale $q_1 = +2\mu\text{C}$ e a carga no eixo y $q_2 = -10\mu\text{C}$.



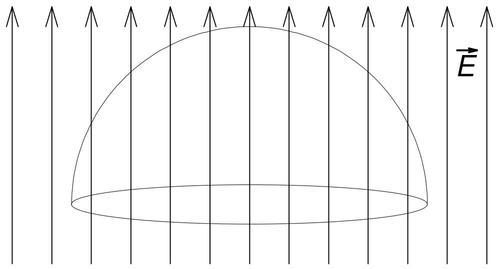
Desenhe cada uma das forças que q_1 e q_2 exercem sobre q_0, representando uma força de 1 N por uma seta de 1 cm. Desenhe em seguida a força resultante. Calcule as componentes x e y da força resultante assim como o módulo desta força. O módulo da força resultante é a soma dos módulos das forças individuais**?** Dados: $\varepsilon_0 \approx 8{,}85\times10^{-12}\,\text{C}^2\,\text{N}^{-1}\,\text{m}^{-2}$. O prefixo μ = micro vale 10^{-6}.

\- - - - - - - - - - - - -

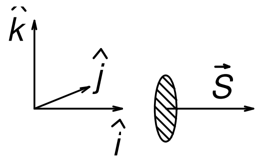
E2 Calcule o campo elétrico num ponto do eixo x de uma configuração de cargas situada em volta da origem de coordenadas que consiste de duas cargas q e duas cargas -q como indicado na figura. Dica: você pode somar 4 contribuições ou somar dois campos de dipolo. Considere $|x| >> d$.

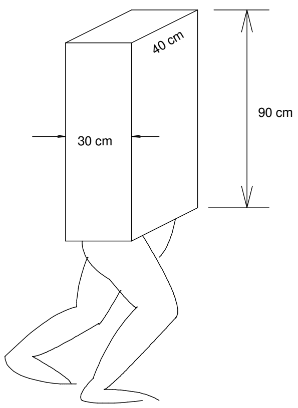
E3 1) a) Calcule o campo elétrico num ponto com coordenadas (0,0,z) que é gerado por um disco uniformemente carregado de raio R e espessura D cujo centro se encontra na origem de coordenadas e cujo eixo de simetria de rotação é o eixo z. Suponha que z > D/2.

b) Uma calota esférica de raio R está imersa num campo elétrico uniforme $\vec{E} = E\,\hat{z}$. Calcule o fluxo de campo elétrico $\Phi_E = \iint\limits_{semiesfer.} \vec{E} \cdot d\vec{S}$ através da superfície esférica. Sugestão: Use $d\vec{S}$ em coordenadas esféricas, $d\vec{S} = R^2 sen\theta\, d\theta\, d\varphi\, \hat{r}$. De que outra maneira Φ_E poderia ser calculado?



2) Densidade de corrente: a) Um fluido escoa com velocidade $\vec{v} = 5\text{ms}^{-1}\hat{\imath} + 3\text{ms}^{-1}\hat{\jmath} - 2\text{ms}^{-1}\hat{k}$. Um medidor de corrente de massa de área $A = 1\text{cm}^2$ mede uma corrente de 10^{-3}kg/s quando posto no fluxo com orientação na direção $\hat{\imath}$. Calcule a densidade do fluido e o módulo da densidade de corrente de massa.



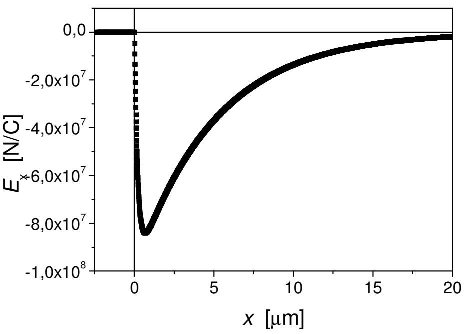


b) Num dia de chuva o Senhor Kubo corre 100m da casa para a padaria em 40 s. As gotas de chuva caem verticalmente para baixo com velocidade de 5 m/s. Na média caiem 10 litros de água por metro quadrado por hora. O corpo do Senhor Kubo tem aproximadamente a forma de um paralelepípedo como indicado na figura (30cm x 40cm x 90cm). Calcule a quantidade de chuva que o Sr. Kubo apanha.

- - - - - - - - - - - -

E4: Num processo usado na fabricação de certos componentes de opto-eletrônica foi criada uma distribuição de cargas elétricas que produz o seguinte campo elétrico:

$$\vec{E}(x,y,z)=\begin{cases}0 & para \quad x<0\\ A\,\hat{x}\left[e^{-x/a}-e^{-x/b}\right] & para \quad x\geq 0\end{cases}$$

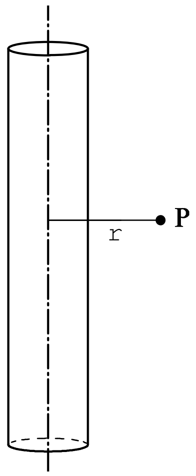


onde as constantes valem: $A=10^8\,\text{N/C}$, $a=0,20\,\mu\text{m}$ e $b=5,0\,\mu\text{m}$ (Compare gráfico). Calcule a carga elétrica contida num paralelepípedo dado pelas seguintes condições:

$$3\mu\text{m} \leq x \leq 4\mu\text{m}$$
$$0 \leq y \leq 1\mu\text{m}$$
$$0 \leq z \leq 1\mu\text{m}$$

Considerando que esta carga é constituída por cargas elementares ($q_e=1,60\times10^{-19}\,\text{C}$) estime a distância média entre as cargas elementares nesta região. Dado: $\varepsilon_0\approx 8,85\times10^{-12}\,\text{C}^2\,\text{N}^{-1}\,\text{m}^{-2}$.

\- - - - - - - - - - - -



E5 **1)** Um cilindro muito comprido de raio R é eletricamente carregado com uma densidade de carga descrita pela seguinte função:

$$\rho_e(P)=\begin{cases}A\dfrac{(\mathrm{r}-R)^2}{R^2} & \text{para} \quad \mathrm{r}<R\\ 0 & \text{para} \quad \mathrm{r}\geq R\end{cases}$$

onde A é uma constante (medida em C/m^3) e r é a distância entre o ponto P e o eixo de simetria do cilindro. Tratando o cilindro como infinitamente comprido calcule o campo elétrico dentro e fora do cilindro.

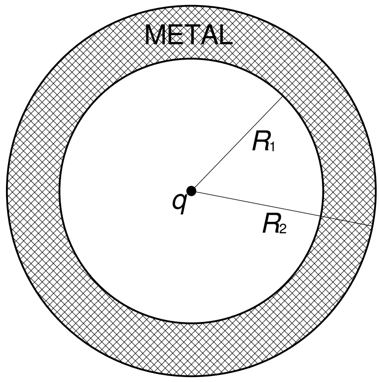
2) Criou-se uma densidade de carga elétrica com simetria esférica com a seguinte densidade

$$\rho_e(\vec{r})=\frac{B}{|\vec{r}|^2}\exp\left\{-\frac{|\vec{r}|}{a}\right\}$$

com *B=const.* e *a-const.´*. Calcule o campo elétrico gerado por esta configuração de cargas. - - - - - - - - -

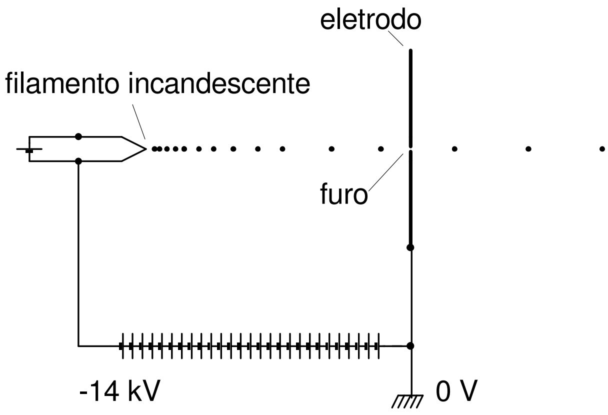
\-

E6 Uma carga elétrica puntiforme q encontra-se no centro de uma esfera metálica de raio interno R_1 e raio externo R_2. O metal tem carga líquida zero, mas localmente pode não ser neutro nas superfícies. a) Calcule o campo elétrico nas regiões $r<R_1$, $R_1<r<R_2$ e $R_2<r$ supondo equilíbrio estático. b) Calcule o potencial elétrico $V(\vec{r})$ nestas regiões integrando do infinito até o raio considerado.



\- - - - - - - - -

E7 Num tubo de televisão (preto-branco) elétrons emitidos de um filamento incandescente são acelerados num campo elétrico na região entre o filamento e um eletrodo com um pequeno furo. A diferença de potencial elétrico entre filamento e eletrodo vale 14 kV. Os elétrons que atravessam o furo voam depois balisticamente numa região sem campo com velocidade constante até bater na tela onde provocam emissão de luz. Calcule a velocidade que os elétrons atingem. Supondo uma distância entre canhão de elétrons e tela de 40 cm estime o tempo de vôo até bater na tela. (A tudo rigor estes cálculos precisariam de fórmulas da teoria da relatividade (Física IV), mas calculando com a Física I cometemos um erro e apenas 2%). Dados: carga do elétron: $q = -1{,}6\times10^{-19}\,\mathrm{C}$, massa do elétron $m = 9{,}1\times10^{-31}\,\mathrm{kg}$.



E8 1) A Terra tem aproximadamente a forma de uma esfera de raio $R = 6371\,\mathrm{km}$ e ela pode ser considerada um condutor. Numa altura de aproximadamente 50 km acima do nível no mar existem tantos íons na atmosfera terrestre que o gás nesta altura pode ser considerado um condutor. Esta camada condutora da atmosfera é chamada ionosfera. A Terra junto com a ionosfera forma um capacitor esférico. Supondo uma carga Q na ionosfera e uma carga $-Q$ na Terra calcule o campo elétrico no espaço entre Terra e ionosfera (use a lei de Gauss). Calcule a diferença de potencial entre ionosfera e Terra em função da carga Q. Determine a capacitância deste capacitor.

2) Considere um capacitor esférico (como aquele da tarefa 1) e calcule o limite do valor da capacitância mandando o raio da esfera externa para infinito. O valor deste limite é chamado de capacitância de uma esfera.

\- - - - - - - - - - -

E 9 1) Os capacitores eletrolíticos mais comuns usam como placas condutores um filme de alumínio e um eletrólito. Estas duas placas são separadas por uma fina camada de óxido de alumínio Al_2O_3 que é formado na superfície do filme de alumínio eletroliticamente. O Al_2O_3 possui uma constante dielétrica de 9,6 e suporta campos elétricos até $7\times10^{8}\,\mathrm{V/m}$. A) Calcule qual deve ser a espessura mínima da camada de Al_2O_3 para fazer um capacitor que possa ser usado para tensões até 50 V. B) Qual deve ser a área das placas para que este capacitor tenha uma capacitância de $1000\,\mu\mathrm{F}$?

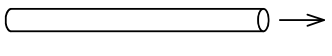
2) Calcule a capacitância de um capacitor esférico com duas esferas condutoras concêntricas com raios a (da esfera interna) e raio interno b da esfera externa. Suponha que exista um dielétrico de constante dielétrica κ entre as esferas. Verifique se a hipótese que a densidade de energia elétrica seja dada por $\rho_{energ.} = \kappa\varepsilon_0 \vec{E}\cdot\vec{E}/2$ leva á expressão correta da energia do capacitor $E = V^2C/2$.

3) Um capacitor de placas paralelas é constituído de duas placas planas de grande área que se encontram numa distância x. Este capacitor está carregado com uma carga Q, isto é, uma placa tem a carga Q e a outra a carga $-Q$. O capacitor se encontra isolado. Agora uma das placas é afastada um pouco mais de tal forma que a distância passa a ser $x+\delta x$. (a) Calcule a mudança de energia armazenada no capacitor devido a este afastamento. (b) Usando o resultado do item (a), calcule a força necessária para puxar a placa.

\- - - - - - - - - - -

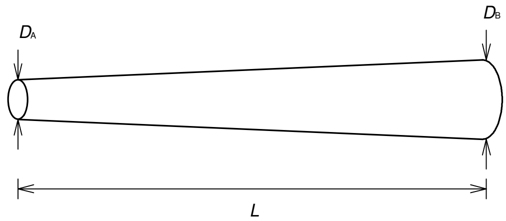
E 10 Você esta montando um equipamento eletrônico e precisa de um capacitor de $0{,}080\,\mu\text{F}$. Mas na sua coleção de componentes você encontra somente capacitores de $0{,}100\,\mu\text{F}$, de $0{,}300\,\mu\text{F}$ e de $5{,}0\,\text{nF}$. Crie uma combinação de capacitores que possua a capacitância desejada!

E 11 Condução: Um eletrólito contem íons positivos com uma carga elementar ($1{,}60\times10^{-19}\,\text{C}$) numa concentração de 0,10 mol/litro. Os íons negativos neste eletrólito têm duas cargas elementares ($-3{,}20\times10^{-19}\,\text{C}$) e existem numa concentração de 0,05 mol/litro. (Um mol contem $6{,}03\times10^{23}$ partículas). O eletrólito se encontra num tubo de seção reta de 1 cm^2 e o eixo do tubo aponta na direção x de um sistema de coordenadas. No eletrólito flui uma corrente de 10mA no sentido do eixo x. Estimou-se que 60% desta corrente é transportada pelos íons positivos e o restante é por conta dos íons negativos. a) Calcule a densidade de corrente total, assim como as densidades de corrente de cada espécie. b) Calcule a velocidade de migração de cada espécie (em forma vetorial).

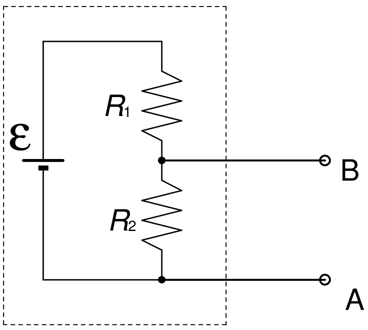


\- - - - - - - - - - -

E 12 1) Um condutor feito de um material uniforme de condutividade σ tem forma cônica com diâmetros extremos D_A e D_B e comprimento L como mostra a figura. Calcule a resistência deste fio.



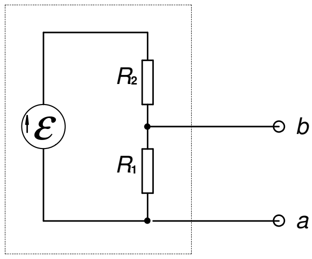
2)



Escreva um pequeno ensaio sobre o tema "Divisor de Voltagem". Mostre que a caixa pontilhada da figura pode ser encarada como uma bateria com força eletromotriz efetiva de $\varepsilon_{ef} = \dfrac{R_2}{R_1+R_2}\varepsilon$ e com resistência interna efetiva $R_{I\,ef} = \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2} = R_1 \parallel R_2$. Discuta também as possíveis aplicações do divisor de voltagem na eletrônica.

\- - - - - - - - - - - -

E13 1) Mostramos que o divisor de voltagem (figura 1) é uma fonte de força eletromotriz efetiva $\varepsilon_{\text{efetiva}} = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}\varepsilon$ e resistência interna efetiva $R_{\text{int. efetiva}} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Existe uma generalização importante deste circuito: A figura 2 mostra um circuito de n+1 baterias de força eletromotriz ε e resistência interna desprazível, n+2 resistores de valor $2R$, n resistores de valor R e n+1 chaves com duas possíveis posições A e B. O número n é algum número inteiro não negativo; n = 0, 1, 2, 3, ... As chaves e baterias são numeradas de 0 até n como indicado na figura 2. Para a k-ésima chave, vamos definir um número a_k que descreve o estado da chave:



$$a_k = \begin{cases} 1 & \text{se a chave } k \text{ estiver na posição A} \\ 0 & \text{se a chave } k \text{ estiver na posição B} \end{cases}$$

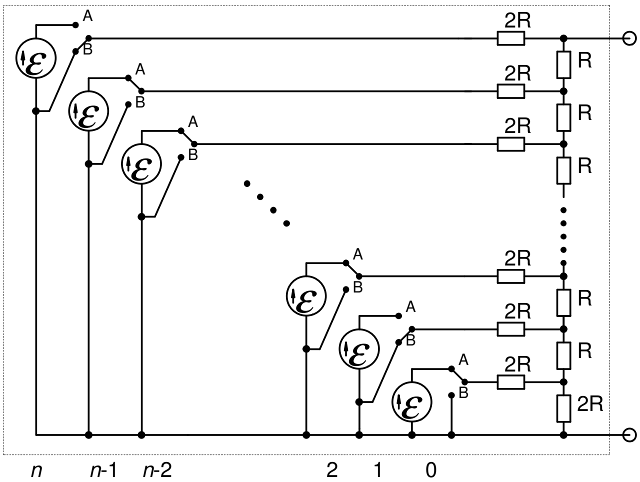


Fig. 2

Mostre que a força eletromotriz efetiva do circuito vale

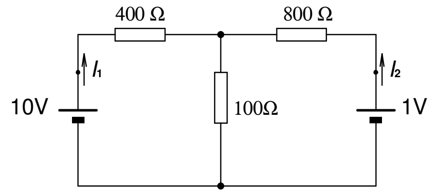
$$\varepsilon_{\text{efetiva}} = \frac{\sum_{k=0}^{n} a_k 2^k}{2^{n+1}} \varepsilon$$

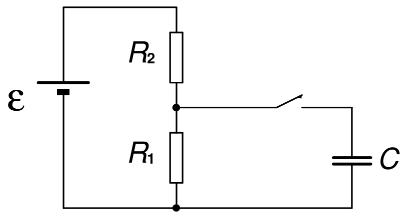
e que a resistência interna efetiva vale R. Sugestão: use o método de indução matemática para provar estas afirmações. Pense numa aplicação prática do circuito da figura 2.

2) Uma resistência de chuveiro elétrico é construída de tal maneira que ela entrega 4 kW se ela for ligada numa fonte de 127V. Na instalação de uma casa ele é ligada na rede de 127V através de fios de cobre de 1 mm de diâmetro e $2 \times 20\,\text{m}$ (ida de volta) de comprimento. Calcule qual é a potência térmica que esta resistência irá entregar à água, qual é a potência tirada da rede elétrica e qual é a potência gasta inutilmente na fiação na parede. Calcule como seriam estes valores se tivéssemos 220V na instalação com um chuveiro que entrega 4 kW quando ligado a 220 V. Dado: resistividade do cobre = $0{,}0172\,\Omega(\text{mm})^2\,\text{m}^{-1}$.

- - - - - - - - - - - - --

E 14 **(A)** Duas baterias de força eletromotriz 10V e 1 V e resistência interna desprezível estão ligadas no circuito da figura. Calcule as corrente I_1 e I_2 . Calcule a taxa de transferência de energia do campo elétrico para cada um dos elementos do circuito. Repare nos sinais destas taxas! Quais dos elementos recebem energia?





(B) Uma bateria de força eletromotriz ε e resistência interna desprezível está alimentando um divisor de voltagem como mostra a figura. No instante *t*=0 um capacitor descarregado de capacitância *C* foi ligado no divisor fechando o interruptor que aparece aberto na figura. Deduza uma fórmula que descreva a carga do capacitor em função do tempo.

\- - - - - - - - -- - - -

E 15 **(A)** Você possui um amperímetro muito sensível cujo ponteiro se move até o fundo da escala quando se injeta nele apenas $1\,\mu\mathrm{A}$. A resistência interna deste instrumento vale $10\,\Omega$. Determine os elementos que precisa colocar adicionalmente neste medidor para transforma-lo num voltímetro de fundo de estala $V_F = 10\,\mathrm{V}$ ou num amperímetro com fundo de escala $I_F = 100\,\mathrm{mA}$.

(B) Um elétron, que partiu do repouso, foi acelerado com uma diferença de potencial de $150\mathrm{V}$. Depois deste processo de aceleração o elétron se move com velocidade constante na direção do eixo *z*. Logo mais adiante o elétron entra numa região com campo elétrico constante $\vec{E} = \hat{x}\, 6{,}00\times 10^{6}\ \mathrm{V/m}$. Quando se liga um campo magnético $\vec{B} = \hat{y}\, 0{,}826\ \mathrm{Vs\,m^{-2}}$ nesta mesma região, o elétron segue em linha reta num movimento uniforme. Use estes dados para determinar a razão da carga e massa do elétron (*e/m*). Se agora o campo elétrico fosse repentinamente desligado, qual seria o movimento do elétron no puro campo magnético? (Calcule o vetor $\vec{\omega}$ (velocidade angular) e o raio do movimento circular).

\- - - - - - - - - - - -

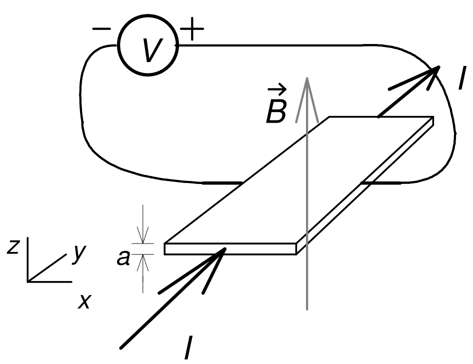
E 16 Num modelo (não muito correto) dos átomos os elétrons são imaginados girando em torno do núcleo positivo como se fossem planetas girando em torno de um sol. Considere um elétron numa órbita circular girando com uma velocidade angular ω constante. Este elétron que gira constitui uma corrente e podemos tratar a órbita do elétron como uma espira de um minúsculo fio condutor que leva esta corrente. Esta espira possui um momento magnético. Deduza uma fórmula que relacione o momento magnético desta espira com o momento angular do elétron. Sabendo que o momento angular do elétron vale $\ell = 1{,}05\times 10^{-34}\ \mathrm{kg\,m^2\,s^{-1}}$ calcule o momento magnético desta espira de corrente. (dados: massa do elétron = $9{,}109\times 10^{-31}\mathrm{kg}$, carga do elétron = $-1{,}602\times 10^{-19}\,\mathrm{As}$).

\- - - - - - - - - - - -

E17 **(A)** Um elemento reto de fio elétrico se estende do ponto $\mathbb{A} = \langle x = 1\text{cm}, y = 1\text{cm}, z{=}0 \rangle$ até o ponto $\mathbb{B} = \langle x = 2\text{cm}, y = 2\,\text{cm}, z{=}0 \rangle$ e uma corrente $I = 2\text{A}$ corre neste fio no sentido de $\mathbb{A}$ até $\mathbb{B}$. Calcule a força magnética que atua sobre este elemento se ele for exposto a um campo magnético uniforme de $\vec{B} = \hat{x}\,0{,}5\text{T} + \hat{y}\,1{,}0\text{T} + \hat{z}\,1{,}0\text{T}$. **(B)** **(Desafio)** Uma espira de corrente I tem forma circular com raio R. Vamos supor este círculo fica no plano x-y com centro na origem de coordenadas e a orientação de I coincide com o sentido do vetor unitário $\hat{\varphi}$ do sistema de coordenadas cilíndricas. Mostre que esta espira sofre dentro de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ o torque $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ onde $\vec{\mu} = \hat{z}\, I \pi R^2$. **(B) (2xDesafio)** Uma espira de corrente I tem forma de uma curva fechada $\mathscr{C}$. Mostre que esta espira sofre dentro de um campo magnético uniforme $\vec{B}$ o torque $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ onde $\vec{\mu} = \dfrac{I}{2} \oint\limits_{\mathscr{C}} \vec{r} \times d\vec{r}$. (Dica: use que a integral da diferencial total $d\left(\vec{r} \times \left(\vec{r} \times \vec{B}\right)\right)$ sobre qualquer caminho fechado é zero e use a identidade de Jakobi).

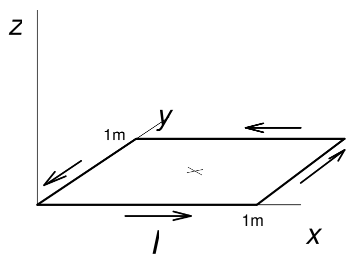
\- - - - - - - - - - -

E18 Um filme de cobre de espessura a = 0,02 mm foi posto num campo magnético de 0,4 T como mostra a figura. Uma corrente $I = 7{,}5\,\text{A}$ foi injetada no filme e numa direção perpendicular à direção da densidade de corrente foi medida uma diferença de potencial $V_{Hall} = -8{,}1\,\mu\text{V}$. Calcule a densidade dos portadores de carga no cobre. Compare o valor obtido com a densidade dos átomos de cobre. (dados: massa atômica de cobre 63,5 g/mol, e densidade de cobre = 8,94 g/ml).



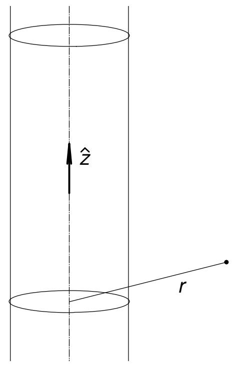
\- - - - - - - - - - - -

E 19 Calcule o campo magnético no centro de uma espira que tem forma de quadrado de 1m de lado e que se encontra no plano x y como mostra a figura. A corrente vale I = 20 A. (deduza primeiramente uma formula geral e depois substitua os valores. ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\text{V s A}^{-1}\text{m}^{-1}$).



E 20 1) Mostramos em sala de aula a força entre os lados de uma malha de fio ligado numa bateria de carro. O fio tem uma resistência de $0,0400\,\Omega$. A bateria tem uma força eletromotriz de $12\ \mathrm{V}$ e uma resistência interna de $0,0085\,\Omega$. Supondo uma distância média de 10 cm entre os fios, calcule a força que atua num metro de fio. (para poder imaginar o que este valor significa converta o resultado de Newtons para grama-força).

2) Existe uma corrente elétrica num fio muito comprido e reto. Devido a uma não uniformidade do material do fio a densidade de corrente não é uniforme, mas tem a seguinte dependência com a distância r ao eixo de simetria:

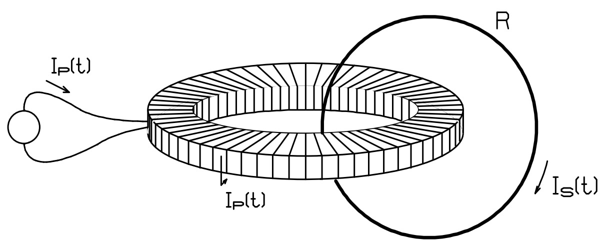


$$\vec{j}(r) \;=\; \begin{cases} \left(1-\dfrac{r}{R}\right) j_o\,\hat{z} & para \quad r \le R \\ 0 & para \quad r > R \end{cases}$$

a) Calcule o campo magnético nas regiões $r \le R$ (dentro do fio) e $r > R$ (fora do fio) em termos das grandezas j_0 e R.

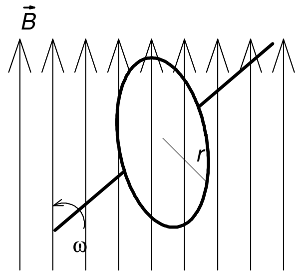
b) Calcule a corrente que passa pelo fio.

3) Imagine uma grande placa metálica de espessura d. Para pontos de observação perto do centro da placa podemos considerar a placa infinitamente extensa. Esta placa é paralela ao plano xy de um sistema de coordenadas tal que a face superior da placa fica em $z = d/2$. Imagine que exista uma densidade de corrente uniforme na placa $\vec{j} = j\,\hat{i}$. a) Determine as direções do campo magnético para $z>0$ e $z<0$ usando argumentos de simetria (o campo magnético é speudovetor). b) Calcule o campo.



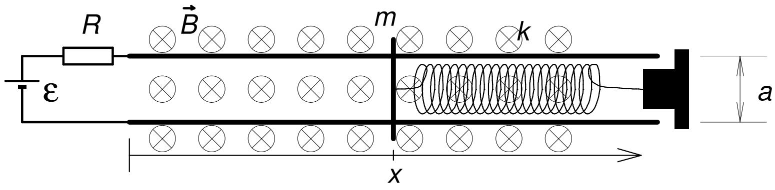
E 21 Uma bobina de N espiras é enrolada em um toróide com raio interno a, raio externo b e altura h. Uma fonte variável injeta uma corrente dependente do tempo na bobina. A corrente na bobina é $I_P(t) = I_0 \cos(\omega t)$. Calcule a corrente no anel de resistência R mostrado na figura. (despreze o campo magnético gerado pela corrente no anel).

E 22 1) Um anel circular de raio $r = 50$ cm é montado num eixo horizontal como mostra a figura. O anel consiste de um material fracamente condutor e o eixo não conduz eletricidade. A resistência elétrica do anel vale $R = 10\,\mathrm{k}\Omega$. Com ajuda de um motor o eixo é posto em rotação de tal forma que o anel executa 60 rotações completas por segundo. Toda a experiência é mantida num campo magnético uniforme de $1\ \mathrm{T}$ (= 1 $\mathrm{Vsm^{-2}}$). Em $t = 0$ o plano



do anel está perpendicular ao campo. Calcule a corrente no anel como função do tempo. Neste cálculo você deve desprezar o campo magnético gerado pela corrente no anel.

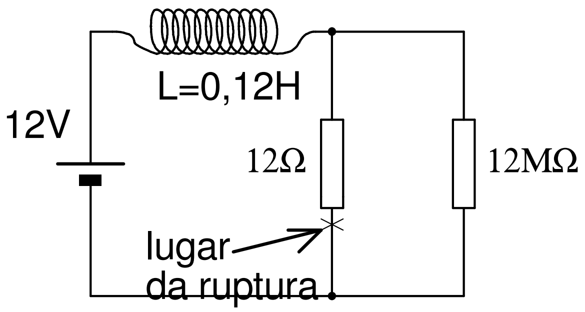
2) Uma barra condutora de massa m pode deslizar sem atrito em duas barras condutoras paralelas de distância a. Um campo magnético muito forte e uniforme existe na região com direção perpendicular ao plano das barras. A barra deslizante está preza numa mola de constante elástica k. As duas barras paralelas estão ligadas numa bateria de força eletromotriz ε através de um resistor de resistência R. O valor desta resistência é tão alto que o campo magnético gerado pela corrente no circuito possa ser desprezado. (a) Mostre que a dinâmica da barra deslizante é de um oscilador amortecido.



(b) Determine o valor de R (em termos das outras grandezas dadas) de tal forma que este oscilador esteja com um amortecimento crítico.

(c) Pense numa aplicação deste arranjo.

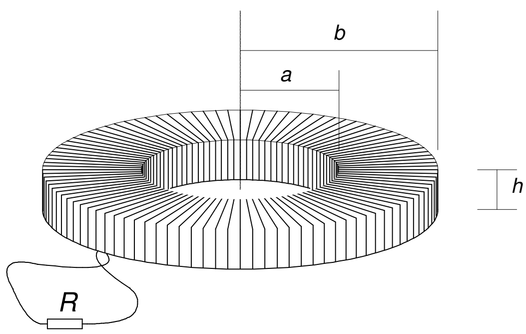
- - - - - - - - - - - - -



E23 A figura mostra um circuito de duas malhas. O circuito foi montado um bom tempo atrás. No instante $t = 0$ uma perna do resistor de 12 Ω quebra. a) determine a voltagem que aparece nos terminais do resistor de 12 MΩ no instante $t = +0$ (logo depois da quebra. b) Calcule a energia dissipada no resistor de 12 MΩ durante o primeiro milisegundo após a quebra.

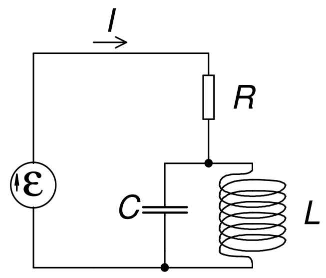
-- - -- - - - - - - - -- - - -- - - - - - - - - -- -- - -- - - - - - - - - - - - - - ----------- - - -

E 24 Mostramos que a corrente numa malha de resistência R e indutância L sem nenhum outro elemento é descrito pela lei horária $I(t) = I_0 \exp\left\{-\frac{R}{L}t\right\}$. Integrando a potência dissipada no resistor de $t = 0$ até $t = \infty$ encontramos que a energia inicialmente armazenada no campo magnético vale $\frac{L}{2}I_0^{\,2}$. (a) Use a lei de Ampère para calcular o campo magnético de um solenóide toroidal com N espiras que leva uma corrente I (compare figura). (b) Calcule a indutância do solenóide. (c) Comprove, neste exemplo, que a energia armazenada $\frac{L}{2}I_0^{\,2}$ é igual à integral de volume $\iiint \frac{1}{2\mu_0}\vec{B}(\vec{r})\cdot\vec{B}(\vec{r})\,d^3\vec{r}$.



- - - - - - - - - - - -

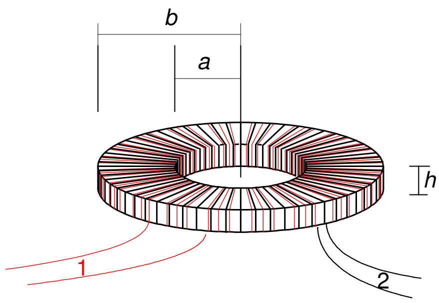
E 25 **(a)** Num fornecimento de energia elétrica trifásica temos três fios com voltagens em relação à Terra $V_1(t)=V_0\cos(\omega t)$, $V_2(t)=V_0\cos\left(\omega t+\frac{1}{3}2\pi\right)$, $V_3(t)=V_0\cos\left(\omega t+\frac{2}{3}2\pi\right)$. Calcule qual é a voltagem entre dois destes fios. Esta voltagem também oscila. Determine a amplitude de oscilação desta diferença em termos da amplitude V_0. Explique por que duas fases com voltagem efetiva de 127 Volt resultam em 220 V efetivo.



(b) A figura ao lado mostra um circuito com FEM $\mathcal{E}(t)=\mathcal{E}_0\cos(\omega t)$, onde ω é uma constante de dimensão tempo^{-1}. Calcule a corrente $I(t)$ no regime estacionário. Discuta especialmente o caso em que $\omega=(LC)^{-1/2}$.

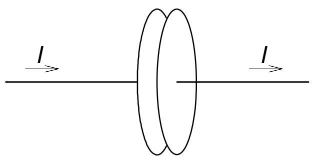
\- - - - - - - - - - - -

E 26 Duas bobinas com N_1 e N_2 espiras estão enroladas uniformemente num toroide de altura h, raio interno a e raio externo b como mostra a figura. Calcule as auto indutâncias L_{11}, L_{22} e as indutâncias mútias L_{12} e L_{21}.



\- - - - - - - - -

E27 Um capacitor de placas paralelas é feito de dois discos circulares com raio R e distancia $d \ll R$. Os fios, que servem para carregar o capacitor são barras metálicas retas muito longas saindo dos centros dos discos. Se carregarmos este tipo de capacitor com uma corrente constante aparece, durante o processo de carregamento, um campo magnético entre as placas. Calcule este campo.



\- - - - - - - - - - - -

E28 Em sala de aula analisamos o circuito da figura 28,1

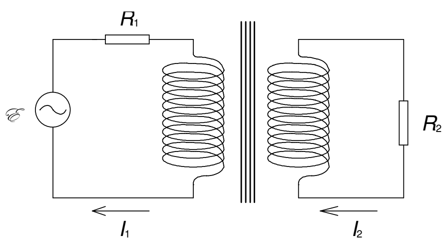


Fig. 28,1 Transformador.

Elabore uma análise de circuito análoga para um "transformador econômico" ou "autotransformador" da figura F28,2. Suponha um regime estacionário.

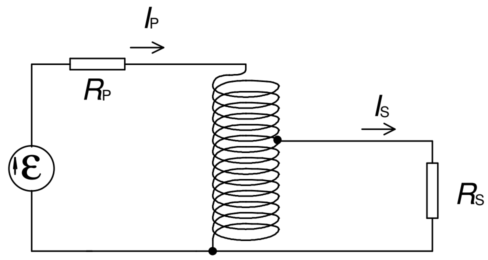
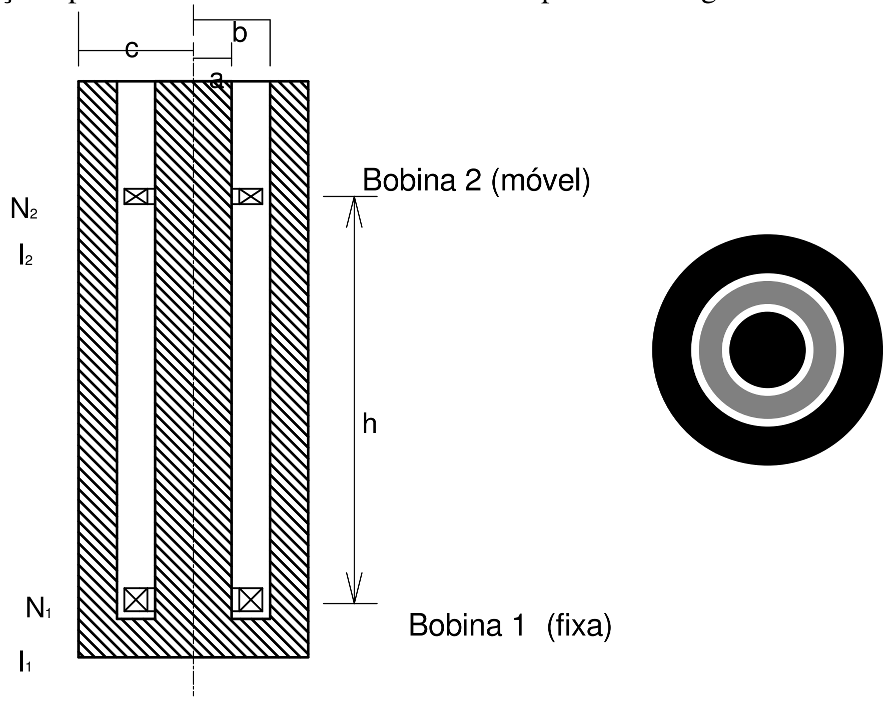


Fig. 28,2 Autotransformador. $\mathcal{E}(t)=\mathcal{E}_0\cos(\omega t)$

- - - - - - - - - - -

E 29 Um garote gostaria de ter uma fonte de alta tensão, algo que possa gerar mais de 2000 Volt. Ele tem a seguinte idéia: ele possui um pequeno transformador que serve para transformar 127V em 6 V. Agora ele pretende trocar os papeis das duas bobinas, ligar a bobina secundária como primária nos 127V na tomada e gerar 2688 Volt na outra bobina. Explique porque esta idéia não funciona! O que acontecerá? Não tente fazer isto em casa!

E 30 Um engenheiro precisou de um motor linear e montou a seguinte construção: Ele fabricou um pote cilíndrico com um eixo central coaxial como está mostrado na figura. Este pote é feito de um material ferromagnético com altíssima permeabilidade magnética. No fundo do pote ele colocou uma bobina com N_1 espiras e pendurou uma segunda bobina com N_2 espiras numa altura h encima da primeira. Ao injetar correntes I_1 e I_2 nas bobinas ele verificou que aparece uma força sobre a bobina 2. Experimentalmente ele verificou que a força, em boa aproximação, é independente da altura h , enquanto a bobina 2 não estiver perto da boca do pote. O engenheiro gostaria de saber de que parâmetros depende a força. Por exemplo ele gostaria de saber se a força depende dos raios das bobinas e se for possível ele gostaria de ter uma maneira de



calcular a força. Você como físico poderia ajudar?