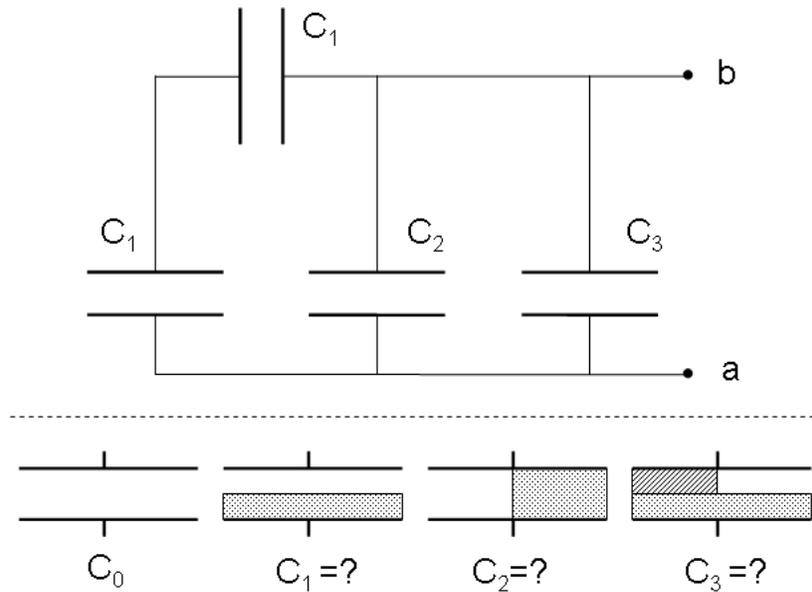


## Lista de Exercícios V

- ① A rigidez dielétrica de um dielétrico é a máxima diferença de potencial (ddp) por unidade de comprimento que ele suporta sem se tornar condutor: quando se aplica uma ddp maior do que essa, ocorre uma faísca entre os dispositivos que criam a ddp, por exemplo, as placas de um capacitor. A rigidez dielétrica do ar é da ordem de  $3 \times 10^3$  V/mm. Com base nisso, estime a diferença de potencial máxima entre os dois polos (as duas bolinhas) da roda de Whimshurst apresentada em aula. Estime também o potencial que atinge o gerador Van de Graaff apresentado em aula (o maior deles).
- ② Calcule a capacitância de cada um dos seguintes sistemas:
- Entre os pontos  $a$  e  $b$  da associação de capacitores da **figura 1**.
  - Capacitor preenchido com dielétrico de constante dielétrica  $\epsilon$ , mas disposto diferentemente, conforme mostrado na parte inferior da **figura 1** (com exceção do capacitor  $C_3$ , que possui dois dielétricos distintos). Escreva primeiramente o circuito equivalente a cada uma das situações apresentadas. Considere  $C_0$  a capacitância do capacitor sem dielétrico.
  - Calcule a energia armazenada em cada um dos capacitores do item anterior.



- ③ Um dipolo  $\vec{p}$  formado por duas cargas puntiformes  $+q$  e  $-q$  com massa  $m$ , separadas por uma distância  $a$ , é colocado num campo externo  $\vec{E}$ , formando com esse um ângulo  $\theta$ . Determine:
- A força que age em cada carga e a força total que age sobre o dipolo.
  - O torque exercido pelo campo externo sobre o dipolo.
  - Qual é o potencial associado a esse campo externo constante? Calcule a energia potencial do dipolo nesse campo em função de  $\theta$  e esboce seu gráfico.
  - Verifique a consistência de seus cálculos mostrando que o torque é dado pelo negativo da derivada do potencial em relação a  $\theta$ . Qual é o ponto de equilíbrio em  $\theta$ ?
  - É sabido que qualquer movimento com amplitude suficientemente pequena em torno de um ponto de equilíbrio pode ser aproximado pelo movimento de um oscilador harmônico simples (Física I). Isso posto, calcule a frequência de pequenas oscilações do dipolo em torno do ponto de equilíbrio.

- ④ Considere um dipolo elétrico formado por duas cargas puntiformes  $+q$  e  $-q$  separadas por uma distância  $d$ .
- (a) Calcule seu potencial elétrico em qualquer ponto do espaço. Obtenha a partir disso seu campo elétrico. Deixe tudo em função do vetor momento de dipolo elétrico  $\vec{p}$ .
  - (b) Imagine que um segundo dipolo  $\vec{p}'$  é colocado a uma distância  $\vec{r}$  (muito maior que as dimensões do dipolo). Calcule a energia potencial de interação entre  $\vec{p}$  e  $\vec{p}'$ . Obtenha o resultado geral.
  - (c) Particularize este resultado para dipolos alinhados com  $\vec{r}$ , paralelos ou antiparalelos.
  - (d) Particularize para dipolos perpendiculares a  $\vec{r}$ , paralelos ou antiparalelos.
  - (e) Qual das quatro situações dos itens acima é energeticamente favorecida?
  - (f) Nesse caso mais favorecido, calcule a energia de interação dipolar entre duas moléculas de água à distância de  $5 \text{ \AA}$  uma da outra e compare-a com a energia térmica  $kT$  à temperatura ambiente. O momento de dipolo elétrico permanente de uma molécula de água é  $6,2 \times 10^{-30} \text{ C m}$ .

- ☛ **Problema Desafio** : Dois tubos cilíndricos metálicos coaxiais, muito longos, de raio interno  $a$  e raio externo  $b$ , são colocados verticalmente dentro de um tanque contendo um óleo com permissividade elétrica  $\epsilon$  e densidade de massa  $\rho$ . O cilindro interno é mantido em um potencial  $V$ , e o externo, aterrado (**Figura 2**). Até que altura  $h$  o óleo subirá na região entre os tubos? (Sugestão: verifique que a energia potencial de um capacitor com dielétrico é menor que a de um capacitor a vácuo. Somando isso a efeitos de borda, se um pedaço de dielétrico é parcialmente colocado no interior de um capacitor, sofrerá a influência de uma força atrativa.)

