

## Capítulo 3 – Dinâmica

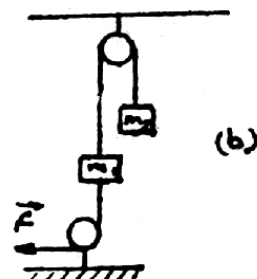
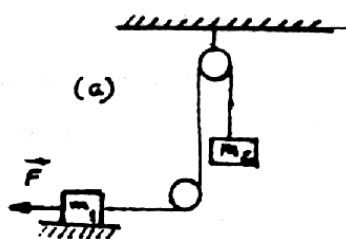
1 - Um homem cuja massa é de 90 kg está num elevador. Determine a força que o chão exerce sobre ele quando:

- O elevador sobe com velocidade uniforme.
- O elevador desce com velocidade uniforme.
- O elevador sobe com uma aceleração de  $3 \text{ ms}^{-2}$ .
- O elevador desce com uma aceleração de  $3 \text{ ms}^{-2}$ .
- O cabo parte-se e o elevador cai livremente.

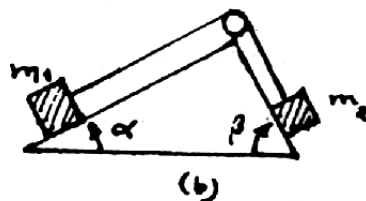
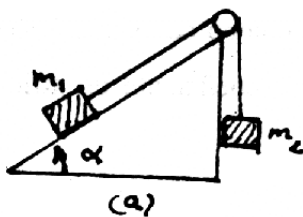
2 - Um automóvel cuja massa é 1000 kg sobe uma rua cuja inclinação é de  $20^\circ$ . Determine a força que o motor deve produzir para que o carro se mova (despreze o atrito interno):

- Com movimento uniforme.
- Com uma aceleração de  $0,2 \text{ ms}^{-2}$ .
- Determine em cada caso a força exercida no automóvel pela estrada.

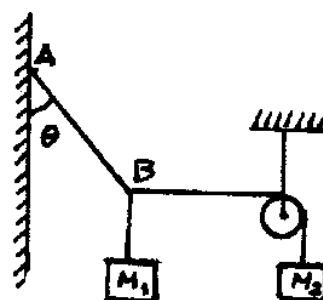
3 - Calcule a aceleração dos corpos da figura e a tensão nas cordas. Aplique ao caso em que  $m_1 = 50 \text{ g}$ ,  $m_2 = 80 \text{ g}$  e  $F = 1 \text{ N}$ .



4 - Determine a aceleração com que os corpos se movem e as tensões nas cordas:



5 - Considere o sistema em equilíbrio representado na figura. Calcule o ângulo  $\theta$  e a tensão na corda AB, sendo  $M_1 = 3 \text{ kg}$  e  $M_2 = 4 \text{ Kg}$ .



6 - Uma massa de 1 kg descreve um arco de circunferência situado no plano vertical, presa à extremidade dum fio de comprimento 1 metro e de peso desprezável. Sendo a sua velocidade  $2 \text{ ms}^{-2}$  quando o fio faz um ângulo  $\theta = 30^\circ$  com a vertical, determinar:

- As componentes radial e tangencial da aceleração.
- A grandeza e direcção da aceleração resultante.

7 - Uma massa de 0,4 kg está presa a uma corda de 0,8 m e é posta a rodar horizontalmente a 80 voltas/min.

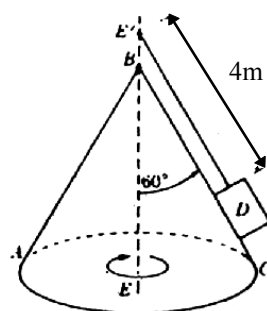
- Qual é a intensidade da força que a corda exerce sobre a massa?
- Se a corda se partir quando a tensão for superior a 490 N, qual é a maior velocidade angular possível para a corda?

8 - Um comboio descreve uma curva a  $63 \text{ kmh}^{-1}$ . O raio da curva é 300 m. Calcule:

- a inclinação que a curva deve ter para que no comboio não actuem forças laterais.
- o ângulo que uma vara suspensa do tecto de uma das carruagens faz com a vertical.

9 - Um corpo D de massa  $m = 6 \text{ kg}$  está sobre uma superfície cónica A B C e está rodando em torno do eixo EE' com uma velocidade angular de 10 rev/min. Calcule:

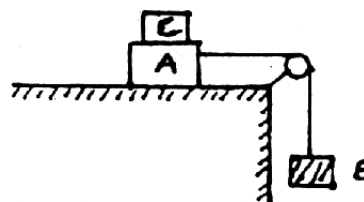
- A velocidade linear do corpo
- A tensão no fio.
- A reacção da superfície do corpo
- A velocidade angular necessária para reduzir a reacção do plano a zero.



10 - Um pêndulo cônico de massa  $m = 1,2 \text{ kg}$ , semelhante ao da figura anterior, descreve no plano horizontal um círculo de raio  $R = 1,16 \text{ m}$  com uma velocidade angular  $\omega = 30 \text{ rad s}^{-1}$ . Sabendo que para esta velocidade o corpo descola da base de apoio, calcule a tensão na corda e o ângulo que faz com a vertical.

11 - As massas A e B da figura são respectivamente 10 kg e 5 kg. Os coeficientes de atrito estático e cinético de A com a mesa são 0,20.

- Calcule a massa mínima C que impede A de se mover.
- Calcule a aceleração do sistema se se levantar C.



12 - Determine a força de atrito exercida pelo ar sobre um corpo cuja massa é de 0,4 kg se ele cair com uma aceleração de  $9,0 \text{ ms}^{-2}$ .

**13** - Ache as expressões para o deslocamento e a velocidade de um corpo que se move horizontalmente num meio em que a força resistiva é proporcional à velocidade.

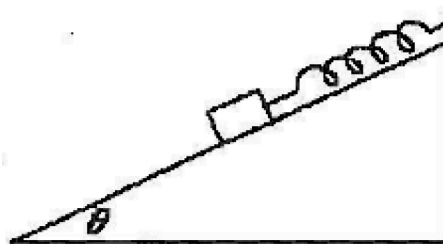
**14** - Ache as expressões para o deslocamento e a velocidade de um corpo que se move verticalmente num meio em que a força resistiva é proporcional à velocidade.

**15** - Calcule a velocidade limite de uma esfera com raio 2 cm e massa volúmica  $1,50 \text{ gcm}^{-3}$  caindo através da glicerina (massa volúmica  $1,26 \text{ gcm}^{-3}$ ). Calcule também a velocidade da esfera quando a sua aceleração é de  $1,00 \text{ ms}^{-2}$  ( $\eta_{\text{glicerina}} = 0,833 \text{ S.I.}$ ).

**16** - Um corpo que pesa 4 kg está assente sobre uma superfície horizontal. Aplicando-lhe uma força horizontal de intensidade crescente, verifica-se que o corpo se mantém em equilíbrio até a força ser de 8 N. Determinar o coeficiente de atrito estático entre as duas superfícies.

**17** - Um bloco de madeira está sobre um plano inclinado cuja inclinação se pode variar. Aumenta-se gradualmente a inclinação até que o bloco comece a deslizar, para uma inclinação de  $30^\circ$ . Determine o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o plano.

**18** - Um bloco de massa  $m$  repousa num plano inclinado que faz um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Existe atrito entre o bloco e a superfície de coeficiente  $\mu$ . Ao bloco está ligada uma mola de constante  $K$  com comprimento  $L$ . O bloco é puxado até que a mola adquira um comprimento de  $L + x$ . Qual é a elongação máxima da mola,  $x_{\text{max}}$ , de forma a que o bloco permaneça em repouso após ser libertado?



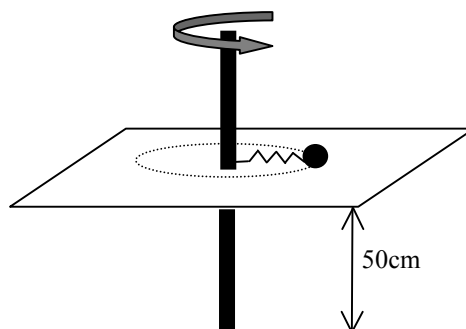
**19** - Partindo do repouso, um corpo percorre num plano inclinado de  $45^\circ$  e de coeficiente de atrito  $\mu$ , uma certa distância num tempo determinado. Qual deveria ser o coeficiente de atrito, para que o corpo percorresse nas mesmas condições, a mesma distância em metade do tempo?

**20** - Um corpo com massa 0,8 kg está sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , com coeficiente de atrito cinético 0,3. Que força, paralela ao plano, deve ser aplicada sobre o corpo de modo a que ele deslize ao longo do plano

- a) para cima, com um movimento uniforme
- b) para baixo, com um movimento uniforme
- c) para cima, com movimento acelerado ( $a = 0,10 \text{ ms}^{-2}$ )
- d) para baixo, com movimento acelerado ( $a = 0,10 \text{ ms}^{-2}$ )

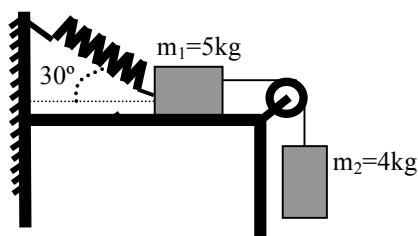
**21** - Uma auto-estrada cujo raio é de 300 m não é inclinada nas curvas. Sabendo que o coeficiente de atrito entre a borracha e o asfalto seco é de 0,75, entre a borracha e o asfalto molhado é de 0,5 e entre a borracha e o gelo é de 0,25, determine a velocidade máxima dentro dos limites de segurança de modo a que um carro possa descrever a curva em: a) dias secos; b) dias de chuva e c) dias com neve.

**22** - Uma régua, indeformável, está ligada a um eixo vertical (fig.) e serve de apoio a uma mola, de 50 cm de comprimento, que tem presa numa extremidade uma esfera de 200 g, estando a outra extremidade fixa no eixo vertical. O comprimento da mola sofre um aumento de 1 cm quando está sujeita a uma força de 1 N. O conjunto roda com movimento circular uniforme, em torno do eixo vertical, a uma altura de 50 cm acima do solo. Despreze o atrito entre a régua e a esfera.



- Qual será o comprimento da mola quando o conjunto roda dando uma volta em cada 2 s ?
- Qual o vector velocidade com que a esfera atinge o solo se se desprender num dado instante. Despreze todas as forças de resistência.

**23** - Considere o esquema da figura. A mola tem uma constante de força  $K = 400 \text{ N/m}$ . Estando o sistema em repouso, e na iminência de se movimentar, qual o alongamento da mola (o ângulo mantém-se constante):



- Se não houver atrito.
- Se o coeficiente de atrito entre  $m_1$  e a mesa for 0,4.

**24** - A massa do planeta Marte é 10,8% da massa da Terra e o seu raio 60% do raio da Terra. Calcule a aceleração gravitacional,  $g$ , na superfície de Marte.

**25** - Um astronauta aproxima-se dum planeta desconhecido, que possui um satélite e efectua as seguintes medições:  $r$ =raio do planeta,  $R$ =raio da órbita circular do satélite,  $T$ =período de revolução do satélite. Pode o astronauta, com estes resultados, calcular:

- A massa do planeta?
- A massa do satélite?
- A massa volúmica do planeta?
- A aceleração da gravidade à superfície do planeta?
- A pressão atmosférica à superfície do planeta?

Nos casos afirmativos, explicita os cálculos a efectuar.

**26** - Admita que a altura a que consegue saltar, verticalmente, na Terra é  $H=1\text{m}$ . Calcule quanto poderia saltar:

- Na Lua ( $M=7,3 \times 10^{22} \text{ kg}$ ,  $R=1,7 \times 10^3 \text{ km}$ ).
- Em Júpiter ( $M=1,9 \times 10^{27} \text{ kg}$ ,  $R=7,0 \times 10^4 \text{ km}$ ).
- Na superfície do núcleo esférico dum cometa (massa volúmica  $=1\text{g/cm}^3$ ,  $R=10 \text{ km}$ ).

**27** - A que distância da Terra deve colocar-se um corpo, de modo que a atracção gravitacional do Sol contrabalance a da Terra?

**28** - Determine o valor da aceleração da gravidade a uma altitude de 500 km. Qual a percentagem a que é reduzido o peso de um corpo a esta altitude?

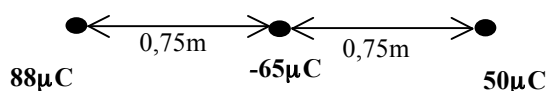
**29** - Calcule a massa do Sol, sabendo que a distância da Terra ao Sol é de  $1,496 \times 10^{11}$  m. Sugestão: Qual o período do movimento?

**30** - Três massas de 5 kg estão colocadas nos vértices de um triângulo equilátero, cujo lado mede 0,25 m. Determine a intensidade, direcção e sentido da força gravitacional resultante sobre uma das massas, devido à presença das outras duas.

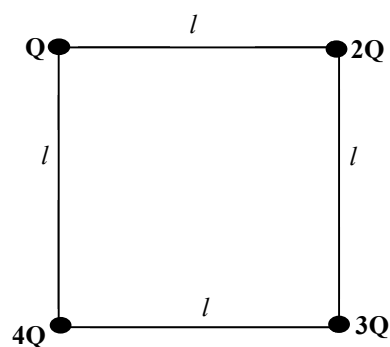
**31** - Três massas iguais,  $m$ , estão colocadas respectivamente em três dos vértices de um quadrado, de lado  $l$ . Calcule a força exercida numa massa  $m$  colocada no quarto vértice, devido às três outras massas.

**32** - Uma carga de  $1.3 \mu\text{C}$  está situada no eixo dos  $x$  em  $x = -0.5$  m, enquanto que outra de  $3.2 \mu\text{C}$  se encontra no mesmo eixo em  $x = 1.5$  m e uma terceira de  $2.5 \mu\text{C}$  se situa na origem. Determine a força resultante que se exerce nesta última, sabendo que as três cargas são positivas.

**33** - Três cargas pontuais de  $+88 \mu\text{C}$ ,  $-65 \mu\text{C}$  e  $+50 \mu\text{C}$  encontram-se localizadas numa linha, como se mostra na figura. A carga central situa-se a 0,75 m das outras duas. Calcule a força total exercida em cada carga devido à acção das outras duas.

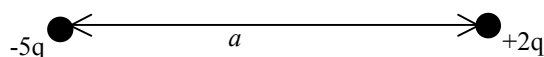


**34** - Nos vértices de um quadrado de lado  $l$  encontram-se cargas pontuais de grandeza  $Q$ ,  $2Q$ ,  $3Q$  e  $4Q$ , como se representa na figura. Determine a força exercida em cada carga pelas outras três.

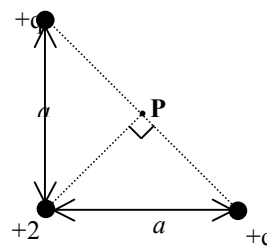


**35** - Uma carga pontual de  $-5.2 \mu\text{C}$  está situada na origem. Determine o campo eléctrico a) no eixo dos  $x$ , em  $x = 3$  m, b) no eixo dos  $y$ , em  $y = -4$  m, c) e no ponto de coordenadas  $x = 2$  m,  $y = 2$  m.

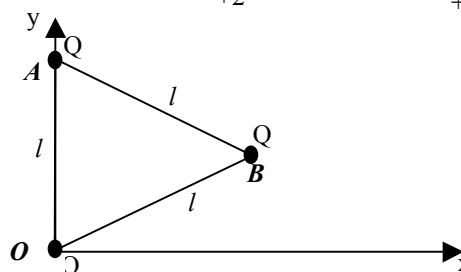
**36** - Considerando a figura abaixo, localize o ponto (ou pontos) nos quais o campo eléctrico devido às duas cargas é nulo. Desenhe de modo qualitativo as linhas de campo eléctrico.



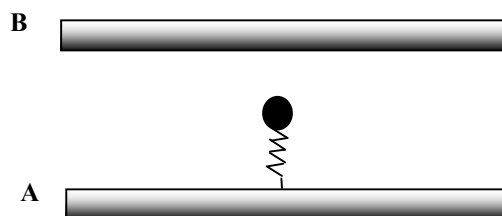
**37** - Calcule a direcção e a grandeza do campo eléctrico no ponto P da figura .



**38** - a) Determine o campo eléctrico na origem O do sistema de eixos indicado na figura devido às duas cargas em **A** e **B**. b) Repita o cálculo anterior, assumindo um sinal simétrico para a carga em B.



**39** - Uma esfera com carga  $+60 \mu\text{C}$ , na extremidade de uma mola cuja constante elástica  $K = 60 \text{ N/m}$ , está em equilíbrio quando colocada numa região entre duas placas A e B carregadas com cargas opostas conforme o esquema seguinte. Estando, nessa situação, a mola comprimida 3 cm calcule o campo eléctrico uniforme criado pelas placas indicando qual delas está carregada positivamente (despreze efeitos gravitacionais).



**40** - Um protão acelera a partir do repouso num campo eléctrico uniforme de  $640 \text{ N/C}$ , adquirindo uma velocidade de  $1.20 \times 10^6 \text{ m/s}$  ao fim de um certo tempo. Determine:

- A aceleração do protão.
- O tempo que demorou a atingir a velocidade referida.
- A distância percorrida nesse mesmo tempo.

**41** - Um protão é projectado segundo o sentido positivo do eixo dos x numa região em que existe um campo eléctrico uniforme  $\vec{E} = -6 \times 10^5 \hat{i} \text{ N/C}$ . O protão percorre 7 cm até atingir o repouso. Determine:

- A aceleração do protão.
- A sua velocidade inicial.
- O tempo que o protão demora a parar.

**42** - Um protão tem uma velocidade inicial de  $4.50 \times 10^5 \text{ m/s}$  na direcção horizontal, quando entra num campo eléctrico uniforme de  $9.60 \times 10^3 \text{ N/C}$  de direcção vertical. Desprezando os efeitos da gravidade, determine:

- O tempo que o protão demora a percorrer 5 cm na horizontal.
- O deslocamento vertical correspondente.
- As componentes horizontal e vertical da velocidade após ter percorrido essa distância na horizontal.

**43** - Um electrão tem uma velocidade inicial  $\vec{v}_i = 6.0 \times 10^4 \hat{i} \text{ (m/s)}$  e entra numa região onde existe um campo eléctrico  $\vec{E} = (2.0\hat{i} + 8.0\hat{j}) \times 10^4 \text{ (N/C)}$ .

- Determine o vector aceleração do electrão em função do tempo.
- Segundo que ângulo se move o electrão (relativamente à sua direcção inicial) no instante  $t = 1.0 \text{ ns}$ ?

**44** - Uma partícula alfa ( $M = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ) move-se inicialmente com uma velocidade de  $3.8 \times 10^5 \text{ m/s}$  segundo Ox. Em  $t=0$  é aplicado um campo magnético de  $1.9 \text{ T}$  segundo Oy.

- Qual a força magnética que se exerce na partícula alfa em  $t=0$ ?
- Caracterize a trajectória da partícula alfa.
- Determine o período do movimento.

**45** - Num certo instante um protão move-se com uma velocidade  $\vec{v} = (2\hat{i} - 4\hat{j} + \hat{k}) \text{ m/s}$  numa região onde o campo magnético é dado por  $\vec{B} = (\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k}) \text{ (T)}$ . Determine:

- A força magnética que actua no protão nesse instante
- O raio da trajectória do protão.
- O período do movimento.

**46** - Numa experiência com campo magnético  $\vec{B}$  fixo, obtiveram-se três medições da velocidade e da aceleração de uma partícula com carga  $q = 1 \text{ mC}$  e massa  $m = 1 \text{ g}$ . Determine o vector campo magnético a partir destas medições:

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \vec{i}, & \vec{a} &= 2\vec{k} - 4\vec{j}, \\ \vec{v} &= \vec{j}, & \vec{a} &= 4\vec{i} - \vec{k}, \\ \vec{v} &= \vec{k}, & \vec{a} &= \vec{j} - 2\vec{i}.\end{aligned}$$

## Soluções

**1** - a)  $R = 882 \text{ N}$ ; b)  $R = 882 \text{ N}$ ; c)  $R = 1152 \text{ N}$ ; d)  $R = 612 \text{ N}$ ; e)  $R = 0 \text{ N}$ .

**2** - a)  $F = 3352 \text{ N}$ ; b)  $F = 3552 \text{ N}$ ; c)  $R_1 = R_2 = 9209,0 \text{ N}$ ;  $F_{a1} = 3352 \text{ N}$ ;  $F_{a2} = 3552 \text{ N}$ .

**3** - a)  $a = 1,66 \text{ m/s}^2$ ;  $T = 0,92 \text{ N}$ ; b)  $a = 5,43 \text{ m/s}^2$ ;  $T = 1,22 \text{ N}$ .

**4** - a)  $a = [m_1 \sin \alpha - m_2]g/[m_1 + m_2]$ ;  $T = m_1 m_2 [1 + \sin \alpha]g/[m_1 + m_2]$ .

b)  $a = [m_1 \sin \alpha - m_1 \sin b]g/[m_1 + m_2]$ ;  $T = m_1 m_2 [\sin \alpha + \sin b]g/[m_1 + m_2]$ .

**5** -  $\theta = 53,1^\circ$ ;  $T = 49 \text{ N}$ .

**6** - a)  $a_t = 4,9 \text{ m/s}^2$ ;  $a_n = 4 \text{ m/s}^2$ ; b)  $|\vec{a}| = 6,33 \text{ m/s}^2$ ;  $\theta = 39,2^\circ$ .

**7** - a)  $T = 22,3 \text{ N}$ ; b)  $\omega = 39,13 \text{ rad/s}$ .

**8** - a)  $a = 5,95^\circ$ ; b)  $q = 5,95^\circ$ .

**9** - a)  $V = 3,64 \text{ m/s}$ ; b)  $R = 39,46 \text{ N}$ ;  $T = 49,24 \text{ N}$ ; d)  $w = 2,21 \text{ rad/s}$ .

**10** -  $T = 1253 \text{ N}$ ;  $\theta = 89,5^\circ$ .

**11** - a)  $m_c = 15 \text{ kg}$ ; b)  $a = 1,96 \text{ m/s}^2$ .

**12** -  $F_a = 0,32 \text{ N}$ .

- 13 -  $x = x_0 + \frac{m}{b} v_0 \left( 1 - e^{-\frac{b}{m} t} \right); v = v_0 e^{-\frac{b}{m} t}.$
- 14 -  $y = y_0 - \frac{mg}{b} t + \frac{m}{b} \left( v_0 + \frac{mg}{b} \right) \left( 1 - e^{-\frac{b}{m} t} \right); v = -\frac{mg}{b} + \left( v_0 + \frac{mg}{b} \right) e^{-\frac{b}{m} t}.$
- 15 -  $v_{\text{lim}} = 0,25 \text{ m/s}; v = 0,09 \text{ m/s}.$
- 16 -  $\mu = 0,2.$
- 17 -  $\mu = 0,58.$
- 18 -  $x_{\text{max}} = \frac{mg}{K} (\sin \theta + \mu \cos \theta).$
- 19 -  $\mu' = 4\mu - 3.$
- 20 - a)  $F = 5,96 \text{ N};$  b)  $F = 1,88 \text{ N};$  c)  $F = 6,04 \text{ N};$  d)  $F = 1,80 \text{ N}.$
- 21 - a)  $v = 46,96 \text{ m/s};$  b)  $v = 38,34 \text{ m/s};$  c)  $v = 27,11 \text{ m/s}.$
- 22 - a)  $51 \text{ cm};$  b)  $v = 3,52 \text{ m/s},$  fazendo um ângulo de  $62,9^\circ$  com a horizontal.
- 23 - a)  $11,3 \text{ cm};$  b)  $7,4 \text{ cm}.$
- 24 -  $g = 2,94 \text{ m s}^{-2}.$
- 25 - a)  $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2};$  b) não; c)  $\rho = \frac{3\pi R^3}{GT^2 r^3};$  d)  $g = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2 r^2};$  e) Não.
- 26 - a)  $5,8 \text{ m};$  b)  $0,38 \text{ m};$  c)  $3520 \text{ m}.$
- 27 - d)  $2,59 \times 10^8 \text{ m}.$
- 28 -  $g = 8,43 \text{ m s}^{-2};$  O peso do corpo reduz de  $14\%.$
- 29 - Massa do Sol =  $1,99 \times 10^{30} \text{ kg}.$
- 30 -  $F = 4,62 \times 10^{-8} \text{ N}$  em direcção ao centro do triângulo.
- 31 -  $F = \frac{Gm^2}{l^2} \frac{(2\sqrt{2} + 1)}{2}$  em direcção ao vértice oposto.
- 32 -  $\vec{F} = (8.50 \times 10^{-2} \text{ N}) \vec{i}.$
- 33 -  $74 \text{ N}$  para a direita,  $40 \text{ N}$  para a esquerda,  $34 \text{ N}$  para a esquerda.
- 34 - Q:  $(kQ^2 / l^2) [-(2 + 3\sqrt{2}/4) \hat{i} + (4 + 3\sqrt{2}/4) \hat{j}];$   
 2Q:  $(kQ^2 / l^2) [(2 + 2\sqrt{2}) \hat{i} + (6 + 2\sqrt{2}) \hat{j}];$   
 3Q:  $(kQ^2 / l^2) [(12 + 3\sqrt{2}/4) \hat{i} - (6 + 3\sqrt{2}/4) \hat{j}];$   
 4Q:  $(kQ^2 / l^2) [-(12 + 2\sqrt{2}) \hat{i} - (4 + 2\sqrt{2}) \hat{j}].$
- 35 - a)  $\vec{E} = (-5.20 \times 10^3 \text{ N/C}) \hat{i};$  b)  $\vec{E} = (2.93 \times 10^3 \text{ N/C}) \hat{j};$  c)  $|\vec{E}| = 5.85 \times 10^3 \text{ N/C},$  fazendo um ângulo de  $225^\circ.$
- 36 - é nulo em  $1.7a$  à direita da carga  $+2.0 q.$
- 37 -  $E = 4kq/a^2,$  ao longo da bissectriz, para fora do triângulo.
- 38 -  $\vec{E} = (Q/4\pi\epsilon_0 l^2) (-\sqrt{3}/2 \hat{i} - (3/2) \hat{j})$
- 39 -  $|\vec{E}| = 3 \times 10^4 \text{ N/C};$  a placa A está carregada negativamente.
- 40 - a)  $6,14 \times 10^{10} \text{ m/s}^2;$  b)  $19,5 \mu\text{s};$  c)  $11,7 \text{ m}.$
- 41 - a)  $(-5,75 \times 10^{13} \text{ m/s}^2) \hat{i};$  b)  $2,84 \times 10^6 \text{ m/s};$  c)  $49,4 \text{ ns}.$
- 42 - a)  $111 \text{ ns};$  b)  $5,67 \text{ mm};$  c)  $\vec{v} = (450 \text{ km/s}) \hat{i} + (102 \text{ km/s}) \hat{j}.$
- 43 - a)  $\vec{a} = -(3.5\hat{i} + 14\hat{j}) \times 10^{15} \text{ m/s}^2;$  b)  $76^\circ.$
- 44 - a)  $2,31 \times 10^{-13} \text{ N};$  b)  $4,15 \times 10^{-3} \text{ m};$  c)  $6,87 \times 10^{-8} \text{ s}.$
- 45 - a)  $2,34 \times 10^{-18} \text{ N};$  b)  $1,09 \times 10^{-8} \text{ m};$  c)  $1,75 \times 10^{-8} \text{ s}.$
- 46 -  $\vec{B} = \vec{i} + 2\vec{j} + 4\vec{k}.$