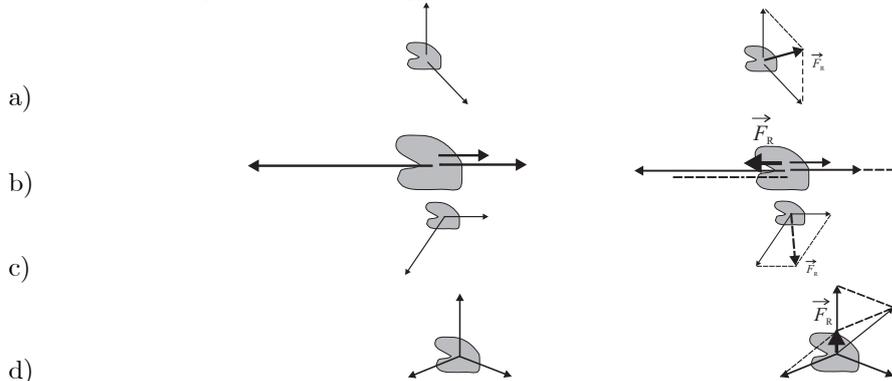


## Física I -2009/2010

### 2ª Série - Força e Movimento 1 - Resolução

#### Questões:

**Q1 -** Duas ou mais forças estão aplicadas aos corpos em cada uma das alíneas. Desenhe, em cada caso, o vector força resultante,  $\vec{F}_{res}$ .

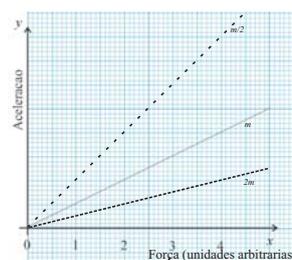
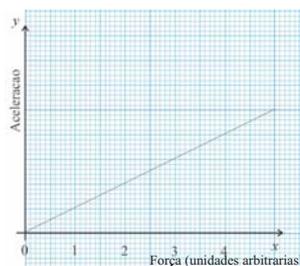


**Q2 -** Identifique todas as forças aplicadas aos corpos seguintes, nas condições especificadas.

- Um elevador, suspenso de um cabo, desce com velocidade constante.
- Uma mola em hélice comprimida está a empurrar um bloco sobre uma mesa com superfície rugosa.
- Um tijolo está cair do topo de um edifício de três andares.
- Um foguete é lançado com velocidade inicial fazendo um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal,

**Q3 -** A figura apresenta um gráfico do módulo da aceleração em função do módulo da força aplicada, para um corpo de massa  $m$ . O gráfico apresenta os dados como pontos individuais, pelo quais foi traçada uma recta. Desenhe e identifique na figura o gráfico do módulo da aceleração em função do módulo da força aplicada, para corpos de massa:

- $2m$ ;
- $0.5m$ .

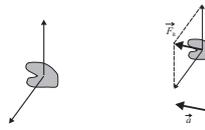


**Q4 -** Uma força constante aplicada a um corpo, dá origem a uma aceleração deste último, com módulo  $10 \text{ m/s}^2$ . Qual será o módulo da aceleração do corpo, se:

- O módulo da força aplicada passar para o dobro?
- A massa do corpo passar para o dobro?
- Tanto o módulo da força como o módulo da massa passam para o dobro?
- O módulo da força passa para o dobro e a massa passa para metade?

**Q5 -** As figuras mostram as forças aplicadas a um objecto em várias situações. Para cada caso, desenhe o vector força resultante aplicada ao corpo e, na parte inferior de cada figura, o vector aceleração do corpo.

a)



b)



c)



**Q6 -** Em cada uma das figuras seguintes falta uma força. Utilize a direcção da aceleração apresentada, em cada caso, para identificar a força em falta e desenhe-a na figura.

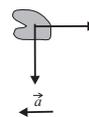
a)



b)

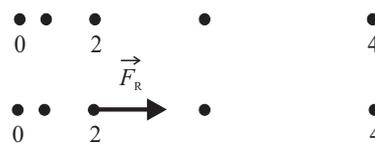


c)

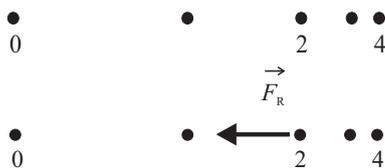


**Q7 -** Considere os seguintes diagramas de movimento para uma partícula. Desenhe o vector força resultante que actua na partícula na posição 2.

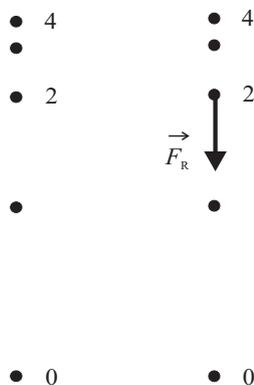
a)



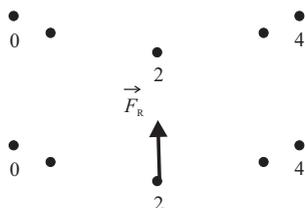
b)



c)



d)



Q8 - Para cada uma das situações seguintes, esboce uma figura e represente todas as forças aplicadas ao corpo em causa. Em seguida, desenhe um diagrama dessas forças e faça uma legenda, identificando a origem de cada uma das forças. Por fim, represente, numa cor diferente, o vector que representa a força resultante,  $\vec{F}_{res}$ , das forças aplicadas..

Nota - Em geral, num diagrama de forças não deve ser colocada a força resultante, por poder ser confundida com uma das forças individuais aplicadas. Neste exercício, excepcionalmente, pede-se que a força resultante, seja representada. Por isso, e para evitar confusão, a força resultante deve ser desenhada com uma cor que a diferencie das outras.

- Um, caixote pesado desce verticalmente, com velocidade constante, suspenso de um cabo de aço;
- Um rapaz empurra uma caixa assente no chão, com velocidade cujo módulo cresce uniformemente. Neste caso, o "corpo" é a caixa.
- Uma bicicleta desce uma encosta, com movimento uniformemente acelerado. Despreze o atrito com o solo (excepto o do rolamento), mas considere não desprezável a resistência do ar.
- Os travões de carro foram accionados quando descia uma encosta, de forma que ficaram bloqueados.

Q9 - Numa tentativa de enunciar a 3ª lei de Newton, um estudante diz que as forças de acção e reacção são iguais e opostas entre si. Neste caso, como é que poderia alguma vez haver uma força não nula sobre um objecto?

As forças constituintes de qualquer par de acção e reacção actuam sempre em corpos distintos. Consequentemente as duas nunca contribuem para a força resultante que actua num corpo.

**Q10 - São entregues a um astronauta, em órbita em torno da Terra, duas bolas que, exteriormente, são idênticas. No entanto, uma delas é oca e a outra está cheia de chumbo. Como é que o astronauta pode distinguir as bolas, sem as abrir?**

Para o astronauta, as paredes do satélite constituem um referencial de inércia, porque, como a aceleração é a mesma, para ele e para as paredes do satélite, se ele estiver em repouso e nenhuma força, para além da da gravidade, se exercer sobre ele, permanece em repouso, e se estiver a mover-se com velocidade constante, em relação às paredes do satélite e nenhuma força, para além da da gravidade, se exercer sobre ele, permanece em movimento com velocidade constante. Em resumo, não existe aceleração relativa entre o astronauta e as paredes do satélite.

Como as massas das bolas são diferentes, ele pode, estando em repouso em relação às paredes do satélite, segurando uma das bolas, atirá-la numa direcção qualquer. Para isso, exercerá sobre a bola uma força  $\vec{F}_{AB}$  (força exercida pelo (A)stronauta na (B)ola), comunicando, durante um intervalo de tempo pequeno a aceleração  $\vec{a}_B = \frac{\vec{F}_{AB}}{m_B}$  à bola. A bola reagirá com uma força sobre o astronauta de módulo igual e de sentido contrário,  $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$  (3.ª Lei de Newton). O astronauta terá, de o mesmo intervalo de tempo, a aceleração

$$\vec{a}_A = \frac{\vec{F}_{BA}}{m_A} = -\frac{\vec{F}_{AB}}{m_A} = \frac{m_B}{m_A} \vec{a}_B.$$

Consequentemente, se o astronauta proceder de modo a comunicar às duas bolas acelerações iguais, a aceleração do próprio astronauta terá módulo proporcional à massa da bola, o que lhe permitirá distinguir entre as duas bolas.

**Q11 - Suponha que atira ao ar verticalmente uma pedra, assente inicialmente na palma da sua mão, com um movimento ascensional brusco. Neste caso, o "corpo" é a rocha. Em cada um dos instantes seguintes, identifique as forças aplicadas à pedra e apresente um diagrama de forças, em cada caso. Dê atenção aos módulos relativos dos vectores que desenhar.**

- Quando a pedra está assente em repouso na palma da sua mão, antes de ser atirada ao ar;
- Quando a sua mão se move para cima, antes de largar a pedra;
- Um décimo de segundo após a pedra deixar a mão;
- Um décimo de segundo antes de a pedra atingir a altura máxima;
- No instante em que a pedra atinge a altura máxima;
- Um décimo de segundo após a pedra atingir a altura máxima.

**Q12 - Analise cada uma das situações seguintes, do ponto de vista da Dinâmica, utilizando os passos seguintes:**

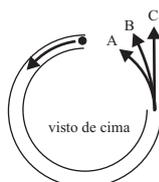
- Identificar o(s) corpo(s) a que o problema se refere e as forças aplicadas a cada um
- Traçar o diagrama de forças para cada um dos corpos em causa
- Escrever as equações que resultam da aplicação da 2.ª Lei de Newton a cada um dos corpos
- Escolher um ou mais sistemas de referência apropriados
- Obter as equações escalares que resultam da obtenção das componentes dos vectores que surgem nas equações obtidas em 3.
- Acrescentar as equações que relacionam o movimento dos corpos (identificando forças que constituem pares de acção e reacção e a relação entre as componentes da aceleração de cada corpo, relativamente aos sistemas de referência adoptados).

- Um burro puxa uma carroça. O movimento ocorre com velocidade constante
- Uma bola está pendurada de uma corda. Esta última está ligada ao tecto.
- A corda da alínea anterior é cortada Considere o instante em que a bola atinge o solo. (Nesta alínea não tem que entrar em conta com a corda e o tecto).
- Um contentor encontra-se na caixa de um camião que está a acelerar. O contentor não escorrega. Considere o contentor e o camião como um único corpo
- Um contentor encontra-se na caixa de um camião que está a acelerar. O contentor não escorrega. Considere o contentor e o camião como corpos distintos.

f) Dois corpos, de massas diferentes, estão suspensos das extremidades de uma corda que passa através de uma roldana. Considere desprezáveis as massa da corda e da roldana, bem como a resistência do ar.

g) Suponha que se encontra no meio de um lago gelado com uma superfície tão escorregadia (os coeficientes de atrito estático e cinético entre as superfícies dos seus pés e o gelo são nulos), que não consegue andar. No entanto, nos seus bolsos existem várias pedras. O gelo está tão duro que as pedras, se atiradas, não conseguem quebrá-lo e escorregam sobre ela. Consegue encontrar um processo de atingir a margem do lago, sem qualquer auxílio externo? Utilize esquemas, forças e as leis de Newton para explicar o seu raciocínio.

Q13 - Um tubo oco está dobrado de modo a formar três quartos de uma circunferência. Uma bola é lançada através do tubo com velocidade de módulo elevado. Quando a bola emerge da outra extremidade, segue a trajetória A, a trajetória B ou a trajetória C? Justifique o seu raciocínio.



A bola segue a trajetória C, porque ao emergir do tubo deixa de ser actuada por qualquer força (durante o percurso no interior do tubo era actuada por uma força centrípeta, exercida pela parede do tubo), pelo que a sua velocidade passa a ser constante.

Q14 - a) Um elevador desloca-se para cima, com velocidade constante. O elevador está suspenso de um cabo. Despreze os atritos e a resistência do ar. O módulo da tensão do cabo é superior, inferior ou igual ao módulo do peso do elevador? Justifique, utilizando um diagrama de forças e referindo as leis físicas pertinentes.

b) O elevador desloca-se para baixo, com velocidade de módulo decrescente. O módulo da tensão do cabo é superior, inferior ou igual ao módulo do peso do elevador? Justifique, utilizando um diagrama de forças e referindo as leis físicas pertinentes.

Q15 - Duas ou mais forças, representadas por diagramas de forças, são exercidas num corpo com massa de 2 kg. A escala está graduada em newton. Para cada um dos casos apresentados,

- Desenhe o vector que representa a força resultante aplicada ao corpo, aplicando-o na origem do sistema de referência;
- No espaço à direita, escreva os valores numéricos das componentes da aceleração,  $a_x$  e  $a_y$ .

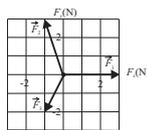
a)



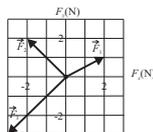
$$a_x = \frac{F_{R,x}}{m} = \frac{1 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

$$a_y = \frac{F_{R,y}}{m} = \frac{2 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 1.0 \text{ m/s}^2$$

b)

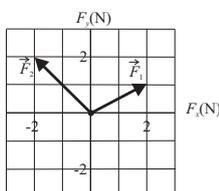


c) .



Q16 - Três forças,  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$ , originam a aceleração de um corpo com massa de 1 kg, cujo módulo é indicado. Em cada diagrama de forças estão representadas duas forças, mas a terceira não está representada. Para cada caso, desenhe o vector correspondente à terceira força, aplicando-o na origem do sistema de referência.

a)  $|\vec{a}| = 2 \text{ m/s}^2$



A força  $\vec{F}_3$  deve ser tal que

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m\vec{a},$$

com  $m = 1 \text{ kg}$  e  $|\vec{a}| = 2 \text{ m/s}^2$ . Do gráfico retiramos

$$\begin{aligned} F_{1_x} &= 2 \text{ N}; F_{1_y} = 1 \text{ N} \\ F_{2_x} &= -2 \text{ N}; F_{2_y} = 2 \text{ N}. \end{aligned}$$

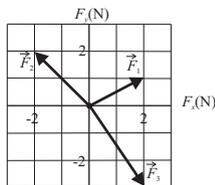
Da 2.<sup>a</sup> Lei de Newton,

$$\begin{aligned} |\vec{a}| &= \frac{|\vec{F}_R|}{m} \\ &= \frac{\sqrt{(F_{1_x} + F_{2_x} + F_{3_x})^2 + (F_{1_y} + F_{2_y} + F_{3_y})^2}}{m}. \end{aligned}$$

Substituindo os valores dados e os calculados,

$$\begin{aligned} \sqrt{(F_{1_x} + F_{2_x} + F_{3_x})^2 + (F_{1_y} + F_{2_y} + F_{3_y})^2} &= m|\vec{a}| \\ \sqrt{(2 \text{ N} - 2 \text{ N} + F_{3_x})^2 + (1 \text{ N} + 2 \text{ N} + F_{3_y})^2} &= 1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 \\ \sqrt{F_{3_x}^2 + (3 \text{ N} + F_{3_y})^2} &= 2 \text{ N} \end{aligned}$$

Uma possibilidade é  $F_{3_y} = -3 \text{ N}$  e  $F_{3_x} = 2 \text{ N}$ .



Podemos verificar o resultado:

$$F_{R_x} = 2\text{ N} - 2\text{ N} + 2\text{ N} = 2\text{ N}$$

$$F_{R_y} = 1\text{ N} + 2\text{ N} - 3\text{ N} = 0$$

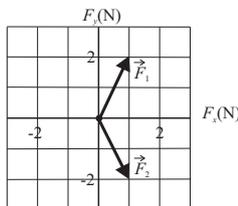
A aceleração do corpo de massa 1 kg, actuado por esta força, será

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \frac{\vec{F}_R}{m} \\ &= \frac{2\text{ N}}{1\text{ kg}} \vec{i} \\ &= 2\vec{i} \text{ (m/s}^2\text{)}, \end{aligned}$$

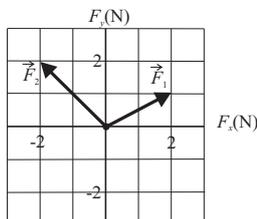
cujo módulo é, evidentemente,  $|\vec{a}| = 2\text{ m/s}^2$ .

Note-se que este resultado *não é* o único possível.

b)  $\vec{a} = (0, -3)\text{ m/s}^2$



c) O corpo move-se com velocidade constante.

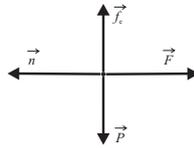


Q17 - Se o ouro fosse vendido a peso, preferia comprá-lo na Serra da Estrela ou em Lisboa? Se fosse vendido pela massa em qual das duas localidades preferia comprá-lo? Porquê?

Q18 - Quanto pesa um astronauta no espaço, longe de qualquer planeta?

Q19 - Suponha que está a pressionar, com a mão, um livro contra uma parede. O livro não se move. a) Identifique as forças aplicadas ao livro e desenhe um diagrama de forças.

As forças aplicadas ao livro são a força gravítica (o peso),  $\vec{P}$ , exercida pela Terra, a força exercida pela mão,  $\vec{F}$ , e a força exercida pela parede no livro, que se pode decompor em duas componentes, uma normal à parede,  $\vec{n}$  e outra com a direcção da parede (a força de atrito estático),  $\vec{f}_e$ . O diagrama de forças aplicadas ao livro, suposto pontual, é o seguinte:



b) Suponha que diminui a força,  $\vec{F}$ , que está aplicar com mão ao livro, mas não o suficiente para o livro se mover. O que acontece ao módulo de cada uma das seguintes quantidades? Aumenta, diminui ou não se altera?

$\vec{F}$

$\vec{P}$  (peso do livro)

$\vec{n}$  (força da parede sobre o livro)

$\vec{f}_e$  (força de atrito estático entre o livro e a parede)

$f_{e_{\max}}$  (módulo máximo da força de atrito estático entre o livro e a parede)

$|\vec{F}|$  diminui;  $|\vec{P}|$  mantém-se;  $|\vec{n}|$  diminui, porque, como o livro está em equilíbrio,  $|\vec{n}| = |\vec{F}|$ ;  $|\vec{f}_e|$  mantém-se, porque, como o livro está em equilíbrio,  $|\vec{f}_e| = |\vec{P}|$ .  $f_{e_{\max}}$  não se altera porque depende apenas do coeficiente de atrito entre as superfícies do livro e da parede.

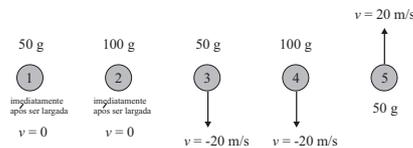
**Q20 - Considere um contentor que se encontra na caixa de um camião.**

a) Se a aceleração do camião tem módulo muito pequeno, o contentor move-se solidariamente com o camião, sem escorregar. Qual é a força ou forças que actua(m) no contentor, originando a aceleração deste? Qual é a direcção e sentido desta(s) força(s)?

b) Desenhe um diagrama das forças que actuam no contentor e apresente a respectiva legenda.

c) O que acontece ao contentor se a aceleração do camião tiver módulo muito elevado? Justifique a sua resposta.

**Q21 - Cinco bolas deslocam-se no ar, com as velocidades representadas pelos vectores das figuras. Coloque por ordem, do maior para o menor, os módulos das acelerações  $a_1$  a  $a_5$ . Note que alguns podem ser iguais. Utilize o formato  $A > B = C > D$ . Justifique.**



**Q22 - Considere uma bola de madeira com massa 1 kg e uma bola de chumbo com massa 10 kg, com dimensões e formas idênticas. São largadas a partir do repouso, simultaneamente, de uma torre.**

a) Comece por supor que a resistência do ar é desprezável. Durante a queda, as forças resultantes que actuam em cada bola são de módulos iguais ou diferentes? Neste último caso, qual é a de maior módulo? Justifique.

Durante a queda, e se desprezarmos a resistência do ar, a única força que actua nas bolas é a força da gravidade, pelo que a força resultante é igual à força da gravidade. A aceleração das duas bolas é igual, vertical, dirigida para baixo e de módulo igual a  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ . O módulo da força resultante que actua numa bola de massa  $m$  é, portanto  $F = mg$ , directamente proporcional à massa. Consequentemente a força resultante com maior módulo é a que actua na bola de chumbo.

b) E as acelerações? São iguais ou diferentes? Neste último caso, qual é a de maior módulo? Justifique.

As acelerações são iguais, como foi explicado na alínea anterior.

c) Qual das bolas atinge primeiro o solo? Ou chegarão ao solo ao mesmo tempo? Justifique.

Como as acelerações são iguais, chegarão ao solo ao mesmo tempo, por aplicação simples das leis da cinemática do movimento com aceleração constante, uma vez que são largadas do repouso.

d) Quando a resistência do ar é incluída no raciocínio, conclui-se que as bolas serão actuadas por forças de resistência iguais, durante o movimento, quando a velocidade for a mesma, porque as bolas têm a mesma forma. Neste caso, as acelerações das bolas são iguais ou diferentes? Se são diferentes, qual delas possui aceleração de módulo maior? Justifique, utilizando diagramas de forças e as leis de Newton.

Se incluirmos a resistência do ar,  $\vec{R}$ , o diagrama de forças é o seguinte:



O módulo da força de resistência do ar é

$$R = \frac{1}{2}C\rho Av^2,$$

em que  $C$  é o coeficiente de resistência do ar,  $\rho$  é a massa volúmica do ar,  $A$  é a área da secção eficaz da bola no seu movimento e  $v$  o módulo da velocidade da bola.

A força total que actua na bola, durante o movimento, é

$$\begin{aligned}\vec{F}_{\text{Res}} &= \vec{P} + \vec{R} \\ &= m\vec{a},\end{aligned}$$

ou, considerando um eixo vertical de referência dirigida para baixo,

$$P - R = ma,$$

de onde

$$\begin{aligned}a &= \frac{P - R}{m} \\ &= g - \frac{C\rho A}{2m}v^2,\end{aligned}$$

que se reduz a  $a = g$ , quando  $v = 0$ . Verificamos assim que, em cada instante as acelerações das bolas são diferentes, se largadas simultaneamente, visto que no coeficiente de proporcionalidade do termo dependente de  $v$  surge a massa da bola em denominador. A bola de maior massa possuirá aceleração de módulo maior, porque a parcela com sinal negativo é maior.

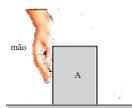
e) Na situação da alínea anterior, qual das bolas atinge primeiro o solo? Ou chegarão ao solo ao mesmo tempo? Justifique.

Como o módulo da aceleração da bola de maior massa é maior em cada instante, essa bola atingirá o solo antes da outra. Podemos também verificar este facto calculando a velocidade terminal de cada bola, nestas circunstâncias. O módulo da velocidade terminal,  $v_T$ , é atingida quando a aceleração é nula, isto é,

$$\begin{aligned}g - \frac{C\rho A}{2m}v_T^2 &= 0 \\ v_T &= \sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}}.\end{aligned}$$

O módulo da velocidade terminal é maior para a bola de massa maior.

**Q23 - O bloco A, assente numa superfície horizontal, é empurrado com velocidade constante por uma mão que exerce uma força  $\vec{F}_{MA}$  (força exercida pela (M)ão no bloco A). Existe atrito entre o bloco e a superfície horizontal.**



a) Desenhe dois diagramas de forças, um para a mão e outro para o bloco. Nestes diagramas, apresente apenas as forças horizontais, com comprimentos que representem os módulos relativos dessas forças. Denomine as forças com a convenção  $\vec{F}_{CD}$  (força que o corpo C exerce no corpo D). Ligue pares de ação e reação com uma linha a tracejado.



Legenda:

Forças horizontais exercidas na mão:

$\vec{F}_{BM}$  → força exercida pelo bloco na mão;

$\vec{F}_{\text{braço}}$  → força exercida pelo braço na mão;

Forças horizontais exercidas no bloco:

$\vec{F}_{MB}$  → força exercida pela mão no bloco;

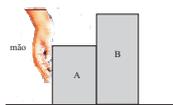
$\vec{F}_c$  → força de atrito cinético exercido pela mesa no bloco

b) Coloque por ordem de módulos, do maior ao menor, todas as forças horizontais que apresentou na alínea anterior e justifique.

Os módulos das forças que constituem o par de ação e reação são iguais, ou seja . Como a mão se desloca com velocidade constante (e na horizontal),  $F_{\text{braço}} = F_{BM}$ . Analogamente, como o bloco se desloca com velocidade constante,  $F_{MB} = F_c$ . Consequentemente, os módulos das quatro forças são iguais.

$$F_{\text{braço}} = F_{BM} = F_{MB} = F_c$$

Q24 - Um segundo bloco, B, é encostado ao bloco A da questão Q22. A massa do bloco B é superior à do bloco A. Os blocos possuem aceleração não nula.



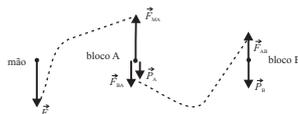
a) Suponha que não existe atrito entre os blocos e a superfície em que assentam. Desenhe três diagramas de forças, para os blocos A e B e para a mão, msotrando apenas as forças horizontais. Ligue pares de ação e reação com uma linha a tracejado.

b) Por aplicação da 2.<sup>a</sup> lei a cada bloco e da 3.<sup>a</sup> lei a cada par de ação e reação, coloque por ordem os módulos de todas as forças horizontais, do maior ao menor. Justifique.

Q25 - Os blocos A e B estão assente na palma da sua mão, estando a ser elevados com velocidade constante. Suponha  $m_B > m_A$  e despreze a massa da mão ( $m_M = 0$ ).



a) Desenhe diagramas de forças, um para cada bloco e um terceiro para a mão. Apresente todas as forças verticais, tendo em conta os valores relativos dos módulos dessas forças. Para a mão, despreze o peso e as forças que o braço exerce nela. Ligue pares de ação e reação com uma linha a tracejado.



Legenda:

Forças exercidas na mão (desprezando o peso e as forças exercidas pelo braço):

$\vec{F}_{AM}$  → força exercida pelo bloco A na mão;

Forças exercidas no bloco A:

$\vec{F}_{MA}$  → força exercida pela mão no bloco A;

$\vec{F}_{BA}$  → força exercida pelo bloco B no bloco A;

$\vec{P}_A$  → Peso do bloco A

Forças exercidas no bloco B:

$\vec{F}_{AB}$  → força exercida pelo bloco A no bloco B;

$\vec{P}_B$  → Peso do bloco B

b) **Por aplicação da 2.<sup>a</sup> lei a cada bloco e da 3.<sup>a</sup> lei a cada par de acção e reacção, coloque por ordem os módulos de todas as forças verticais, do maior ao menor. Justifique**

A resultante das forças exercidas no bloco B é nula, porque este desloca-se com velocidade constante. Consequentemente,  $F_{AB} = P_B$ .

Como  $\vec{F}_{BA}$  e  $\vec{F}_{AB}$  constituem um par de acção e reacção,  $F_{BA} = F_{AB}$ . A resultante das forças exercidas no bloco A é nula, porque este desloca-se com velocidade constante. Consequentemente,  $F_{MA} = F_{BA} + P_A$ . Concluímos  $F_{BA} < F_{MA}$  e  $P_A < F_{MA}$ . É-nos dito que  $P_A < P_B$ .

Além disso,  $F_{MA} = F_{AM}$ , porque as forças  $\vec{F}_{MA}$  e  $\vec{F}_{AM}$  constituem um par de acção e reacção.

Colocando por ordem, temos:

$$P_A < P_B = F_{AB} = F_{BA} < F_{MA} = F_{AM}$$

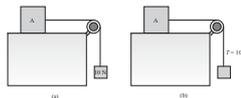
**Q26 - Um mosquito colide de frente com um camião que se desloca com velocidade de módulo 90 km/h.**

a) Qual é o tamanho relativo dos módulos das forças exercidas pelo camião no mosquito e pelo mosquito no camião? Justifique.

b) Desenhe os diagramas de forças pra o mosquito e o camião no momento da colisão. Ligue pares de acção e reacção com uma linha a tracejado.

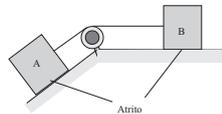
c) A sua resposta à alínea b) confirma a resposta à alínea a). Explique.

**Q27 - Na situação (a), o corpo A é acelerado, assente sobre uma mesa (sem atrito entre o corpo e a mesa), por outro corpo, suspenso, com o peso de 10 N. Na situação (b) o mesmo corpo A é acelerado por uma tensão de 10 N na corda. A aceleração do bloco A no caso (b) tem módulo maior, igual ou menor do que a aceleração no caso (a)? Justifique.**

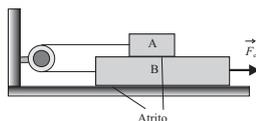


**Q28 - Desenhe os diagramas de forças para os corpos A e B. Ligue pares de acção e reacção (ou forças que actuam como pares de acção e reacção) com uma linha a tracejado.**

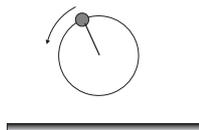
a)



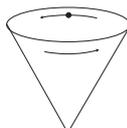
b)



Q29 - Uma bola descreve uma trajectória circular, num plano vertical, presa a um fio. Num instante em que a bola se encontra no ponto mais baixo da trajectória, uma faca afiada é utilizada para cortar o fio. Desenhe a trajectória subsequente da bola até que atinge o solo.



Q31 - Um berlinde desloca-se numa trajectória circular no interior de um cone. Desenhe um diagrama das forças que actuam no berlinde quando se encontra no lado esquerdo do cone e um segundo diagrama das forças que actuam no berlinde quando se encontra no lado direito do cone.



Q32 - Um avião a jacto desloca-se numa trajectória horizontal com velocidade constante.

- Qual é a força resultante que actua no avião?
- Desenhe um diagrama das forças que actuam no avião e identifique-as.
- Os aviões inclinam-se para um lado quando viram. Explique por quê, em termos das forças e das leis da Física.

Sugestão: Que aspecto terá o diagrama das forças observado por detrás do avião?

## Problemas:

**P1 - Uma força dependente do tempo,  $\vec{F} = (8.00 \vec{i} - 4.00t \vec{j})$  N (onde  $t$  está em s), é aplicada num objecto de 2.00 kg inicialmente em repouso.**

**a) Em que instante o objecto se move com velocidade de módulo 15.0 m s<sup>-1</sup> ?**

Vamos utilizar a 2.<sup>a</sup> lei de Newton na forma  $\vec{F} = m\vec{a}$ , em que  $m$  é a massa do objecto e  $\vec{a}$  a sua aceleração. Resulta

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \frac{\vec{F}}{m} \\ &= (4.00 \vec{i} - 2.00t \vec{j}) \text{ m/s}^2.\end{aligned}$$

Utilizando, agora,  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ , obtemos

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \int_0^t \vec{a} dt \\ &= \int_0^t dt (4.00 \vec{i} - 2.00t \vec{j}) \text{ N} \\ &= 4.00t \vec{i} - t^2 \vec{j} \text{ m/s}\end{aligned}$$

Pretendemos encontrar o instante  $t$ , em segundo, para o qual

$$|\vec{v}|^2 = (4.00 \text{ N} \times t)^2 + t^4 = (15.0 \text{ m/s})^2$$

resultando imediatamente

$$t = 3.0 \text{ s.}$$

**b) A que distância está o objecto da sua posição inicial quando a sua velocidade possui módulo igual a 15.0 m s<sup>-1</sup>?**

O vector posição, em relação ao ponto de partida, é, para qualquer instante  $t$ ,

$$\begin{aligned}\vec{r} &= \int_0^t \vec{v} dt \\ &= \int_0^t dt (4.00t \vec{i} - t^2 \vec{j}) \text{ m/s} \\ &= 2.00t^2 \vec{i} - \frac{t^3}{3} \vec{j} \text{ m}\end{aligned}$$

No instante  $t = 3$  s, temos

$$\vec{r} = 18.0 \vec{i} - 9.00 \vec{j} \text{ m.}$$

A distância deste ponto ao ponto de partida, de coordenadas (0,0), é

$$\begin{aligned}d &= \sqrt{(18.0 \text{ m})^2 + (9.00 \text{ m})^2} \\ &= 20.1 \text{ m.}\end{aligned}$$

**c) Qual é o deslocamento total do objecto entre o ponto de partida e o ponto referido na alínea anterior?**

O deslocamento total é

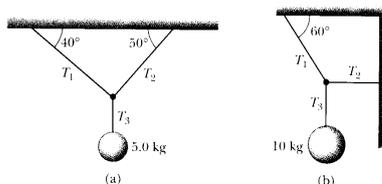
$$\begin{aligned}\Delta \vec{r} &= \vec{r}(t = 3.0 \text{ s}) - \vec{r}(t = 0.0 \text{ s}) \\ &= 18.0 \vec{i} - 9.00 \vec{j} \text{ m}\end{aligned}$$

**P2 - Se a força gravitacional da Terra faz com que um estudante de 60 kg em queda livre tenha uma aceleração de 9.8 m s<sup>-2</sup> para baixo, determine a aceleração da Terra, para cima, durante a queda do estudante. Considere a massa da Terra igual a  $5.98 \times 10^{24}$  kg.**

O módulo da força que a Terra exerce no estudante é  $F_{ET} = m_E a_E = 60 \times 9.8 = 5.9 \times 10 \text{ N}$ . A força que o estudante exerce na Terra é a força de reacção à primeira e portanto tem o mesmo módulo. Consequentemente, o módulo da aceleração da Terra, resultante da interacção com o estudante é

$$\begin{aligned} a_T &= \frac{F_{TE}}{M_T} \\ &= \frac{5.9 \times 10}{5.98 \times 10^{24}} \\ &= 9.9 \times 10^{-24} \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

**P3 - Determine a tensão em cada corda para os sistemas representados na figura (Despreze a massa das cordas)**



a) O ponto em que as cordas se juntam está em repouso. Consequentemente a resultante das forças que nele actuam é nula. Essa resultante é

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = \vec{0}$$

Escolhendo um sistema de eixos com o eixo dos  $x$  horizontal dirigido para a direita e o eixo dos  $y$  vertical dirigido para cima, temos:

$$\begin{aligned} x &: -T_1 \cos 40^\circ + T_2 \cos 50^\circ = 0 \\ y &: T_1 \cos 50^\circ + T_2 \cos 40^\circ - T_3 = 0 \end{aligned}$$

A bola está em repouso sob a acção do seu peso e da tensão  $\vec{T}_3$ , de onde

$$T_3 - P = 0$$

Portanto

$$\begin{aligned} T_3 &= P \\ &= 5.0 \times 10 \text{ N} \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} -T_1 \cos 40^\circ + T_2 \cos 50^\circ &= 0 \\ T_1 \cos 50^\circ + T_2 \cos 40^\circ &= 5.0 \times 10 \end{aligned}$$

A solução é :  $\{T_1 = 32 \text{ N}, T_2 = 38 \text{ N}\}$ .

**P4 - Um bloco desliza sem atrito ao longo de um plano inclinado com inclinação de  $15^\circ$ . Se o bloco partir do repouso do cimo do plano e o comprimento deste for 2.0 m, determine:**

a) o módulo da aceleração do bloco,

A 2ª. lei de Newton aplicada ao bloco exprime-se na equação:

$$\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}$$

Com a escolha habitual de eixos, temos

$$\begin{aligned} x &: P \sin \theta = ma \\ y &: N - P \cos \theta = 0 \end{aligned}$$

Da 1<sup>a</sup>. destas equações, obtemos

$$\begin{aligned} a &= g \operatorname{sen} \theta \\ &= 10 \operatorname{sen} 15^\circ \\ &= 2.6 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**b) a velocidade do bloco quando atinge a base do plano.**

Utilizamos a equação da cinemática do movimento uniformemente acelerado unidimensional que relaciona a velocidade, a aceleração e a posição:

$$\begin{aligned} v^2 &= v_0^2 + 2ax \\ &= 0 + 2 \times 2.6 \times 2 \\ &= 10.4 (\text{m/s})^2 \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{10.4} \\ &= 3.2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

A velocidade do bloco quando atinge a base do plano é, portanto,  $\vec{v} = (3.2\vec{i}) \text{ m/s}$ .

**P5 - Um homem está de pé sobre uma balança de mola, dentro de um elevador. O elevador parte do repouso e sobe atingindo a sua velocidade máxima  $1.2 \text{ m s}^{-1}$  em  $0.80 \text{ s}$ . Durante os seguintes  $5.0 \text{ s}$ , o elevador viaja com velocidade constante igual a aquele valor. O elevador sofre em seguida uma aceleração uniforme negativa segundo o eixo dos  $y$  durante  $1.5 \text{ s}$ , até que atinge o repouso. O que é que a escala da mola marca :**

**a) antes do elevador começar a mover-se?**

O homem é actuado por duas forças, a força que a balança exerce,  $\vec{N}$ , vertical e apontando para cima, e a força gravítica, ou seja, o peso,  $\vec{P}$ , força vertical e dirigida para baixo. Como a aceleração do homem é nula, a 2.<sup>a</sup> lei de Newton aplicada ao homem exprime-se na forma

$$\vec{N} + \vec{P} = \vec{0}.$$

Escolhesmos um sistema de referência que consiste num eixo, cujo sentido apontamos, arbitrariamente; para cima. Nas componentes deste eixo, a equação anterior assume a forma

$$N - P = 0,$$

de onde resulta imediatamente

$$N = mg = 7.2 \times 10^2 \text{ N}.$$

É este o valor que a escala da mola marca

**b) durante os primeiros  $0.80 \text{ s}$ ?**

Nesta situação, o homem possui uma aceleração,  $\vec{a}$ , vertical e apontando para cima, pelo que a 2.<sup>a</sup> Lei de Newton aplicada ao homem assume agora a forma

$$\vec{N} + \vec{P} = \vec{a}.$$

ou, tendo em conta o eixo de referência referido,

$$N = m(g + a)$$

Podemos obter o módulo da aceleração a partir

$$\begin{aligned} a &= \frac{v - v_0}{t} \\ &= \frac{1.2 \text{ m/s}}{0.80 \text{ s}} \\ &= 1.5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} N &= m(g + a) \\ &= 72 \text{ kg} (10 \text{ m/s}^2 + 1.5 \text{ m/s}^2) \\ &= 8.28 \times 10^2 \text{ N.} \end{aligned}$$

**c) enquanto o elevador viaja com velocidade constante?**

Neste intervalo de tempo temos, de novo,  $\vec{N} + \vec{P} = \vec{0}$  e  $N = mg = 7.2 \times 10^2 \text{ N}$ .

**d) durante o tempo em que o elevador desacelera?**

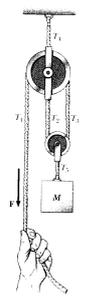
Agora, a componente da aceleração segundo o eixo de referência escolhido obtém-se de

$$\begin{aligned} a &= \frac{-1.2 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} \\ &= -0.8 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Finalmente, a partir de  $\vec{N} + \vec{P} = m\vec{a}$  e  $N = m(g + a)$ , obtemos

$$\begin{aligned} N &= 72 \text{ kg} (10 \text{ m/s}^2 - 0.8 \text{ m/s}^2) \\ &= 6.62 \text{ N} \end{aligned}$$

P6 - Uma massa  $M$  é mantida numa dada posição por uma força aplicada  $\vec{F}$  e um sistema de roldanas como se mostra na figura 3. As roldanas não têm massa e atrito. Determine:



a) a tensão em cada secção da corda,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ , e  $T_5$ ,

São indicadas apenas as relações entre as diversas grandezas, para orientação da resolução.

$$\begin{aligned} T_5 &= Mg \\ T_2 + T_3 &= T_5 \end{aligned}$$

e

$$T_2 = T_3$$

$$\begin{aligned} T_1 &= T_3 \\ F &= T_1 \\ T_4 &= T_1 + T_2 + T_3 \end{aligned}$$

Portanto

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{Mg}{2} \\ T_3 &= \frac{Mg}{2} \\ T_1 &= \frac{Mg}{2} \\ T_4 &= \frac{3Mg}{2} \end{aligned}$$

b) a intensidade de  $\vec{F}$ .

$$F = T_1 = \frac{Mg}{2}$$