UNIVERSIDADE ABERTA
www.uab.pt

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

U.C. 21048

Física Geral

20 de fevereiro de 2015 – RESOLUÇÃO

INSTRUÇÕES

Leia com atenção o que se segue antes de iniciar a sua prova:

Verifique se o enunciado desta prova possui, para além desta folha de rosto, mais 5 páginas, numeradas de 2 a 6 e terminando com a palavra FIM.

O estudante não necessita de indicar qualquer resposta neste enunciado, pelo que poderá ficar na posse do mesmo finda a prova.

Este exame consta de duas partes:

1) A primeira é constituída por **6 questões de escolha múltipla**, em que apenas uma das respostas é correcta. **As respostas a estas questões devem ser feitas na folha de prova** (não neste enunciado). Indique de uma forma clara a alínea que corresponde à resposta que considera correta. Respostas que não sejam claras ou cuja interpretação seja ambígua serão consideradas **nulas**. Se desejar, pode incluir detalhes da sua resolução da questão. Se desses detalhes o professor verificar que respostas incorretas se deveram apenas a pequenos erros de cálculo, estas poderão ser parcialmente cotadas.

2) A segunda é composta por **4 questões estruturadas** de produção de resposta. Nestas respostas os parâmetros valorizados são:

   - O rigor científico do raciocínio usado, nomeadamente na identificação dos princípios físicos em jogo e na colocação do problema em equação.
   - O rigor dos cálculos efectuados, incluindo a expressão correta dos resultados (os valores numéricos com os algarismos significativos e unidades adequados) e a interpretação dos resultados (se aplicável). Os resultados devem ser apresentados com 2 ou 3 algarismos significativos.

Recomenda-se que:

- Leia com muita atenção as questões e selecione bem os dados e incógnitas antes de responder.
- Responda primeiro às questões que julgar mais acessíveis, e só depois às questões que considerar mais difíceis.
- Revejaas resoluções cuidadosamente antes de entregar a prova.

Pode utilizar a sua máquina de calcular mas não pode emprestá-la a qualquer dos seus colegas.

Duração: 2h:30 min

FORMULÁRIO E VALORES DE CONSTANTES FÍSICAS

$\Delta G = G_{final} - G_{inicial}$; $\vec{A} = A_x\hat{\mathbf{I}} + A_y\mathbf{J} + A_z\mathbf{K}$; $|\vec{A}| \equiv A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$; $\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta$; $\vec{A}\times\vec{B} = AB\sin\theta\hat{\mathbf{n}}$

Círculo: $A = \pi R^2$; $P = 2\pi R$ | Esfera: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$; $A = 4\pi R^2$ | Cilindro: $V = \pi R^2 h$; $A = 2\pi R^2 + 2\pi Rh$

$\vec{v}_{med} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$; $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$; $s_{med} = \frac{distância}{\Delta t}$; $s = |\vec{v}| = v$; $\vec{a}_{med} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$

$\begin{cases} \vec{v} = cte \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t \end{cases}$ 1D: $\begin{cases} v = cte \\ x = x_0 + vt \end{cases}$

$\begin{cases} \vec{a} = cte \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \end{cases}$ 1D: $\begin{cases} a = cte \\ v = v_0 + at \\ x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$

$\begin{cases} \theta = \frac{d}{R} \quad ; \quad 1\text{ rot} = 2\pi\text{ rad} \\ \omega = \frac{d\theta}{dt} \quad ; \quad \omega_{med} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \\ \alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad ; \quad \alpha_{med} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \end{cases}$; $\begin{cases} d = \Delta\theta R \\ v = \omega R \\ a_t = \alpha R \quad ; \quad a_r = \frac{v^2}{R} \end{cases}$; $\begin{cases} \omega = cte \\ \theta = \theta_0 + \omega t \end{cases}$; $\begin{cases} \vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F} \\ \alpha = \frac{|\Sigma\vec{\tau}|}{I} \end{cases}$; $\begin{cases} \alpha = cte \\ \omega = \omega_0 + \alpha t \\ \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \end{cases}$

$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$; $F_g = mg$; $g = 9{,}8$ m/s^2 ; $f_s \le \mu_e F_N$; $f_k = \mu_c F_N$; $F_{centrip} = m\frac{v^2}{R}$

$W = \vec{F}\cdot\Delta\vec{r}$; $E_c = \frac{1}{2}mv^2$; $E_p = -\int_{xi}^{xf} F_C(x)dx$; $F_C = -\frac{dE_p}{dx}$; $E_{pg} = mgh$; $F_{elast,x} = -kx$; $E_{p,elast} = \frac{1}{2}kx^2$

$E_m = E_c + E_p$; $W_{tot} = \Delta E_c$; $W_C = -\Delta E_p$; $W_{NC} = \Delta E_m$; $\mathcal{P}_{med} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$; $\mathcal{P} = \vec{F}\cdot\vec{v}$

$\vec{p} = m\vec{v}$; $\vec{I} = \vec{F}_{ext}\Delta t$; $\vec{I} = \Delta\vec{p}$

$F_G = G\frac{Mm}{r^2}$; $V_G = -G\frac{M}{r}$; $E_{pG} = mV_G$; $G = 6{,}67\times10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2} ; $a_g \equiv g = G\frac{M}{r^2}$

Para uma ED do tipo $\frac{dx}{dt} = f(x,t)$

Euler/Runge-Kutta 1: $x_{i+1} = x_i + f(t_i, x_i)h$; $h = t_{i+1} - t_i$

Heun/Previsor-corretor/Runge-Kutta 2: $\begin{cases} x_{i+1}^{(P)} = x_i + f(t_i, x_i)h \\ x_{i+1} = x_i + \frac{f(t_i, x_i) + f(t_{i+1}, x_{i+1}^{(P)})}{2}h \end{cases}$; $h = t_{i+1} - t_i$

Nota: x_i, x_{i+1} são o mesmo que respetivamente $x(t_i)$, $x(t_{i+1})$.

PARTE I

1. **(1,5 val)** Um projétil é lançado do topo de um edifício, num ângulo de 30º com a horizontal. Passados 4,5 s o projétil atinge o solo a uma distância, medida na horizontal, de 12 m do local de lançamento. Com que rapidez foi lançado? Ignore a resistência do ar.

A. 2,7 m/s **B.** 3,1 m/s **C.** 3,8 m/s **D.** 4,4 m/s **E.** 5,3 m/s **F.** 6,3 m/s

O problema é fácil de resolver se atendermos apenas ao movimento segundo o eixo horizontal. Neste eixo temos um muito simples movimento retilíneo uniforme (MRU), expresso por

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad \rightarrow \quad x = v_{0x}t$$

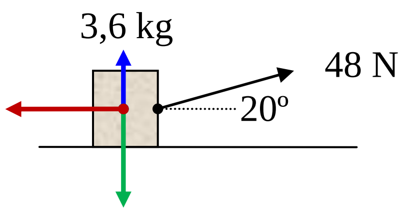
onde definimos $x_0 = 0$ no local de lançamento. Substituindo os dados do enunciado temos

$$12\ \mathrm{m} = v_{0x}(4{,}5\ \mathrm{s}) \Leftrightarrow v_{0x} = 2{,}667\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Mas atenção: esta não é a rapidez de lançamento! É a *componente horizontal* da velocidade de lançamento. Essas duas grandezas relacionam-se, em módulo, via $v_{0x} = v_0\cos(30^0)$. Recordando que o co-seno de 30º é $\frac{\sqrt{3}}{2}$ temos finalmente, a 2 algarismos significativos (2AS),

$$v_0 = \frac{v_{0x}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \Leftrightarrow v_0 = \frac{2{,}667\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 3{,}079\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \left(3{,}1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$$

2. **(1,5 val)** Um bloco de 3,6 kg é puxado por uma força de tração de 48 N, num ângulo de 20º com a horizontal (c.f. figura ao lado). O bloco segue a rapidez constante. Quanto vale o coeficiente de atrito entre o bloco e o solo?



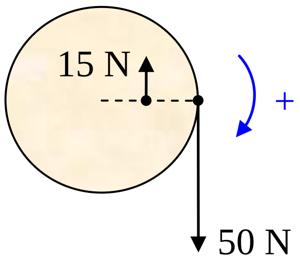
A. 2,4 **B.** 1,5 **C.** 1,2 **D.** 0,98 **E.** 0,87 **F.** 0,73

Se a rapidez é constante, estamos num caso em que se aplica a 1ª lei de Newton, i.e. $\Sigma\vec{F} = 0$. Marquemos pois as forças em ação, além da tensão já marcada. A verde o peso, azul a normal e vermelho o atrito cinético. Escrevendo a 1ª lei num referencial *xy* usual temos

$$\begin{cases}\Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}-f_k + F_T\cos 20 = 0 \\ F_N + F_T\,\mathrm{sen}\,20 - F_g = 0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}-\mu_k F_N + F_T\cos 20 = 0 \\ F_N = -F_T\,\mathrm{sen}\,20 + mg\end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases}\mu_k = \dfrac{44{,}98\ \mathrm{N}}{18{,}86\ \mathrm{N}} = 2{,}385 \quad (\mathbf{2{,}4}) \\ F_N = -(48\ \mathrm{N})(0{,}342) + (3{,}6\ \mathrm{kg})\left(9{,}8\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) = 18{,}86\ \mathrm{N}\end{cases}$$

3. **(1,5 val)** Duas forças, de 15,0 e 50,0 N respetivamente, atuam sobre uma roda de raio R = 50,0 cm e 2,40 kg de massa, perpendicularmente ao raio (c.f. figura). A força de 15,0 N atua a metade do raio, e a de 50,0 N na borda. Qual será a aceleração angular que estas forças vão induzir na roda? Trate a roda como um disco homogéneo. (I_{disco} = ½ MR^2.)



A. 12,5 rad/s^2 **B.** 32,5 rad/s^2 **C.** 47,8 rad/s^2 **D.** 70,8 rad/s^2 **E.** 83,3 rad/s^2 **F.** 95,8 rad/s^2

Trata-se aqui de aplicar simplesmente a 2ª lei de Newton para a rotação, $\Sigma\tau = I\alpha$. Sejam F_1 e F_2 as forças de 15 N e 50 N e recordemos que $\tau = \pm RF \operatorname{sen}\theta$ (sinal $\pm$ dependendo do sentido da rotação induzido pela força). Definindo o sentido horário como positivo – c.f. seta a azul na figura – e escolhendo o centro do disco como a origem dos momentos, a expressão $\Sigma\vec{\tau} = 0$ projeta para

$$\Sigma\tau = \tau_{F1} + \tau_{F2} \Leftrightarrow \Sigma\tau = -R_1F_1 \operatorname{sen} 90 + R_2F_2 \operatorname{sen} 90$$

$$= -(0{,}250\text{ m})(15\text{ N})(1) + (0{,}500\text{ m})(50\text{ N})(1) = 21{,}25\text{ N.m}$$

Substituindo em $\Sigma\tau = I\alpha$ temos

$$\Sigma\tau = I\alpha \Leftrightarrow 21{,}25\text{ N.m} = \frac{1}{2}(2{,}40\text{ kg})(0{,}500\text{ m})^2\alpha \Leftrightarrow \alpha = \frac{21{,}25\text{ N.m}}{0{,}300} = 70{,}83\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad \left(70{,}8\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)$$

4. **(1,5 val)** Um avião de caça de 16 toneladas de massa e inicialmente em repouso é lançado de um porta-aviões a 360 km/h. Duas forças de tração atuam nele na descolagem: o empuxo dos motores e a força da catapulta de lançamento. Os motores produzem 140 kN durante os 100 m da descolagem. Qual o trabalho realizado pela catapulta sobre o avião?

A. 160 MJ **B.** 80 MJ **C.** 66 MJ **D.** 34 MJ **E.** 12 MJ **F.** 8,0 MJ

Há várias formas de resolver este problema. A mais simples será talvez aplicar o corolário $W_{NC} = \Delta E_m$, dado que forças de tração são não-conservativas. Como a descolagem é um movimento horizontal, temos $\Delta E_m = \Delta E_c$ e vem, notando que 360 km/h são 100 m/s,

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2}(16\,000\text{ kg})\left(100\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - 0 = 8{,}0 \times 10^7\text{ J} \quad (80\text{ MJ})$$

Destes 80 MJ, uma parte deve-se ao empuxo e a outra à catapulta. A parte do empuxo podemos calcular aplicando a definição de trabalho, $W = F\Delta r$ (módulo):

$$W_{\text{empuxo}} = (140 \times 10^3\text{ N})(100\text{ m}) = 1{,}4 \times 10^7\text{ J} \quad (14\text{ MJ})$$

Pelo que o trabalho da catapulta é então

$$W_{\text{cat}} = \Delta E_c - W_{\text{empuxo}} = 80\text{ MJ} - 14\text{ MJ} = 66\text{ MJ}$$

5. (1,0 val) Sobre um corpo inicialmente em repouso atua uma força constante de 12 N durante um intervalo de tempo de 4,0 s. No final, o corpo ganhou uma rapidez de 3,2 m/s. Qual a sua massa?

A. 5,0 kg **B.** 7,5 kg **C.** 8,3 kg **D.** 9,5 kg **E.** 11 kg **F.** 15 kg

Novamente, há várias formas de resolver esta questão. Abaixo apresentamos uma, baseada no teorema de impulso-momento, $I = \Delta p$. Da definição $I = F\Delta t$ (que só se aplica se a força for constante!) e do teorema vem

$$I = \Delta p \Leftrightarrow F\Delta t = m\Delta v \Leftrightarrow m = \frac{F\Delta t}{\Delta v} \Leftrightarrow m = \frac{(12\ \mathrm{N})(4{,}0\ \mathrm{s})}{\left(3{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 0\right)} = 15\ \mathrm{kg}$$

6. (1,0 val) No arranque, um foguetão ascende verticalmente sob ação de três forças principais: empuxo dos motores, peso (ambas aproximadamente constantes) e a resistência do ar (proporcional ao quadrado da velocidade). Qual das equações diferenciais abaixo poderá representar a evolução temporal da sua velocidade vertical, num referencial com $+y$ para cima?

M = massa do foguetão

b = coeficiente aerodinâmico

F = empuxo dos motores

$F_g = Mg$ = peso

A. $M\, dv/dt = F - bv^2 - F_g$

B. $M\, dv/dt = F + bv^2 - F_g$

C. $dv/dt = F/M - bv^2 - F_g$

D. $dv/dt = F/M + bv^2/M - g$

E. $M\, dv/dt = F + bv^2 + F_g$

F. $dv/dt = F/M - bv^2/M + g$

[Nota: a equação só é realista para os primeiros instantes, dado que após algum tempo a massa começa a diminuir significativamente.]

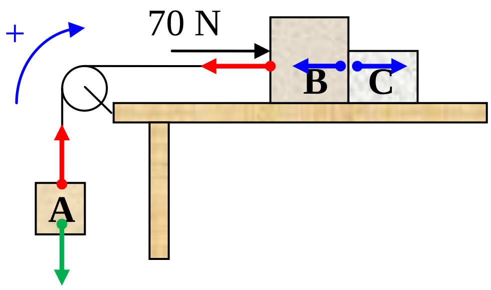
Da 2ª lei de Newton temos, segundo a vertical,

$$\Sigma F_y = ma_y \Leftrightarrow F_y + F_{\mathrm{arrasto},y} + F_{g,y} = m\frac{dv_y}{dt}$$

onde os subscritos y se referem às projeções segundo y das forças. A questão essencial aqui é compreender os sinais dessas projeções. Como $+y$ é para cima, v_y aumenta quando $\Sigma F_y > 0$. Ora como tanto o arrasto como peso apontam para baixo, estes devem ter sinal menos. A força de empuxo deve ter sinal mais. Assim, apenas A e C podem estar certas. Como C contém um erro na divisão por M, a resposta correta é A: $M\frac{dv}{dt} = F - bv^2 - F_g$, com $v = v_y$.

PARTE II

1. Na montagem ao lado os blocos A, B e C têm massas respetivamente 3,0 kg; 5,0 kg e 2,5 kg. Entre entre a mesa e os blocos B e C não há atrito. Assuma os corpos como pontuais e calcule:



a. **(1,5 val)** A aceleração do sistema.

b. **(1,0 val)** A tensão na corda.

c. **(0,5 val)** A força de contacto entre B e C.

(a) A forma mais simples de resolver o problema é escolher um referencial local ao longo da corda, como indicado na figura. Neste referencial, as forças marcadas (verde: peso, azul: forças de contacto, vermelho: pares da tensão na corda) decompõem para

$$\begin{cases} A: \quad -F_{gA} + F_T = m_A a \\ B: \quad F - F_T - F_{AB} = m_B a \\ C: \quad F_{AB} = m_C a \end{cases}$$

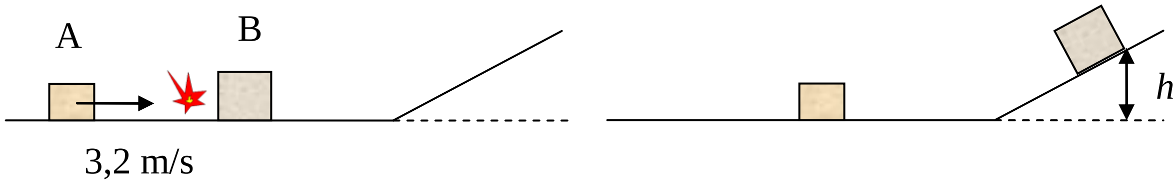
Note-se que não marcámos os pesos/normais dos blocos B, C visto estes não serem relevantes para os cálculos. Sê-lo-iam se a situação tivesse atrito. Somando as três equações F_T e F_{AB} cancelam, e substituindo valores temos

$$-F_{gA} + F = (m_A + m_B + m_C)a \Leftrightarrow a = \frac{70\ \text{N} - (3{,}0\ \text{kg})\left(9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}{(3{,}0 + 5{,}0 + 2{,}5)\ \text{kg}} = 3{,}867\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \left(3{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

(b), (c) A tensão e força de contacto podem ser obtidos substituindo a aceleração nas 1ª e 3ª equações do sistema:

$$F_{AB} = (2{,}5\ \text{kg})\left(3{,}867\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 9{,}7\ \text{N} \quad ; \quad F_T = (3{,}0\ \text{kg})\left(3{,}876\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + (3{,}0\ \text{kg})\left(9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 41\ \text{N}$$

2. Um bloco A, de 2,8 kg de massa, move-se à rapidez de 3,2 m/s quando embate frontalmente com outro bloco B, de massa desconhecida e inicialmente em repouso. No embate o bloco A faz ricochete, passando a deslocar-se para a esquerda a 0,65 m/s. O bloco B desliza horizontalmente e sobe por uma rampa até parar a uma altura h = 0,27 m (c.f. figura). A situação é *sem atrito* e considere os blocos como corpos pontuais.



Calcule:

a. (1,0 val) A rapidez de B imediatamente após o embate.

b. (1,0 val) A massa de B.

c. (1,0 val) A colisão foi elástica ou não? Justifique.

(a) Imediatamente após o embate B tem energia cinética $\frac{1}{2}m_B v_{Bf}^2$. Não havendo atrito temos $W_{NC} = \Delta E_m = 0$, pelo que finda a subida pela rampa, esta energia cinética é totalmente transformada em energia potencial do sistema Terra-B. Vem então, a 2 AS,

$$\frac{1}{2}m_B v_{Bf}^2 = mgh \Leftrightarrow v_{Bf} = \sqrt{2gh} \Leftrightarrow v_{Bf} = \sqrt{2\left(9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(0{,}27\ \mathrm{m})} = 2{,}300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \left(2{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$$

(b) A massa de B pode ser obtida da conservação de momento linear do sistema A-B na colisão. Segundo a direção horizontal temos

$$p_i = p_f \Leftrightarrow m_A v_{Ai} + 0 = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \Leftrightarrow (2{,}8\ \mathrm{kg})\left(3{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$$
$$= (2{,}8\ \mathrm{kg})\left(-0{,}65\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right) + m_B\left(2{,}300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right) \Leftrightarrow m_B = \frac{(2{,}8\ \mathrm{kg})\left(3{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 0{,}65\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{2{,}300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}$$
$$= 4{,}699\ \mathrm{kg} \quad (4{,}7\ \mathrm{kg})$$

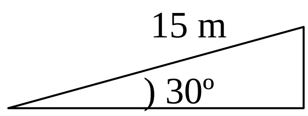
(c) Para verificar se a colisão foi, ou não, elástica, basta comparar a energia cinética do sistema A-B antes e depois da colisão:

$$E_{ci} = \frac{1}{2}m_A v_{Ai}^2 + 0 = \frac{1}{2}(2{,}8\ \mathrm{kg})\left(3{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 14{,}34\ \mathrm{J}$$

$$E_{cf} = \frac{1}{2}m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{Bf}^2 = \frac{1}{2}(2{,}8\ \mathrm{kg})\left(-0{,}65\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \frac{1}{2}(4{,}699\ \mathrm{kg})\left(2{,}300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 13{,}02\ \mathrm{J}$$

Há uma ligeira perda de energia cinética na colisão (de 1,3 J), pelo que se trata de uma colisão inelástica.

3. Uma escada rolante transporta passageiros a uma rapidez constante. A escada tem 15 m de comprimento e inclinação de 30º (c.f. figura). Determine:



a. (1,5 val) O trabalho da força motora necessária para elevar um passageiro de 80 kg.

b. (0,8 val) A potência correspondente, se o transporte for efetuado em 30 s.

c. (0,7 val) O rendimento η do motor, i.e. o quociente entre a potência útil (potência que realiza trabalho) e a potência total, sabendo que a última é de 300 W.

(a) No transporte escada acima, realizam trabalho duas forças: peso e força motora (a força normal é perpendicular ao deslocamento, pelo que não realiza trabalho). Como o transporte é feito a rapidez constante, $\Delta E_c = 0$. Do 1º teorema de trabalho-energia, $W_{tot} = \Delta E_c$ temos

$$W_{tot} = W_{F_g} + W_F = 0 \Leftrightarrow W_F = -W_{F_g}$$

Agora, do 2º teorema, $W_C = -\Delta E_p$, que para o peso se torna $W_{F_g} = -\Delta E_{pg}$; $E_{pg} = mgh$, vem

$$W_F = -W_{F_g} \Leftrightarrow W_F = +\Delta E_{pg} = E_{pg}^{\text{topo}} - E_{pg}^{\text{base}}$$

onde a energia potencial em causa é a do sistema passageiro-Terra. Fazendo a origem dos potenciais na base e aplicando trigonometria temos

$$W_F = mgh^{\text{topo}} - 0 \Leftrightarrow W_F = (80\ \text{kg})\left(9{,}8\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(15\ \text{m} \times \text{sen}\, 30^0) = 5880\ \text{J} \quad (5{,}9\ \text{kJ})$$

(b) A potência é, por definição, $P = \Delta E/\Delta t$, que para o caso se torna $P = W_F/\Delta t$. O valor é

$$P = \frac{5880\ \text{J}}{30\ \text{s}} = 196\ \text{W}$$

(c) Potência útil é a potência que é efetivamente tranformada em potência mecânica. Se dos 300 W totais gerados pelo motor apenas 196 W são transformados em trabalho, temos

$$\eta = \frac{196\ \text{W}}{300\ \text{W}} = 0{,}653 \quad (65\%)$$

4. **(3,0 val)** Num veículo automóvel em movimento atuam forças dissipativas além do arrasto do ar. Na verdade, quando a velocidade é pequena (até 40-50 km/h) e o veículo é pesado (p.ex. camião carregado) o atrito nos eixos é significativamente superior ao arrasto. Esse atrito é linear na velocidade, i.e. tem a forma genérica $f_{eixo} = -kv$, em que o sinal menos indica que a força é contrária ao sentido do movimento.

Tendo em conta o indicado acima, suponha que um camião de 5,00 ton, carregado com 8,50 ton de carga circula a 40 km/h quando o condutor larga o acelerador. Seja k = 600 kg/s.

Nesta situação, a equação diferencial que rege (aproximadamente) o movimento do camião é

$$m\frac{dv}{dt} = -kv$$

Com m a massa total, camião + carga.

Integre esta equação diferencial pelo método previsor-corretor com passo t = 1,0 s e indique a rapidez do camião ao fim de 5,0 s.

Organize os seus cálculos numa tabela como a seguinte:

Tempo (s)	v_i (m/s)	$f(t_i,v_i)$	$v_i^{(P)}$	$f(t_i,v_i^{(P)})$
0,0 s	11.11111111	-0.49382716	10.61728395	-0.471879287
1,0 s	10.62825789	-0.472367017	10.15589087	-0.451372928
2,0 s	10.16638792	-0.451839463	9.714548452	-0.431757709
3,0 s	9.724589329	-0.43220397	9.292385359	-0.412994905
4,0 s	9.301989892	-0.413421773	8.888568119	-0.395047472
5,0 s	8.897755269	N/A	N/A	N/A

Basta identificar que $f(t,v) = -\frac{k}{m}v$, $v_0 = 40\frac{\text{km}}{\text{h}} = 11{,}11\frac{\text{m}}{\text{s}}$ e aplicar as fórmulas da iteração previsor-corretor. Resultados na tabela. Ao fim de 5,0 s o camião circulará a cerca de 8,9 m/s (32 km/h).

FIM