

P. 10.1.

Um comboio rápido de passageiros, viajando inicialmente a uma velocidade de 240 km/h é forçado a realizar uma travagem até a velocidade de 60 km/h para evitar colidir com um comboio de mercadorias que se desloca na mesma linha. Se a travagem demorar 20 segundos qual a força de inércia sentida por um passageiro de massa igual a 80 kg (especifique o sentido da força de inércia).

$N \cdot I$
 $V_i = 240 \text{ km h}^{-1}$
 $V_f = 60 \text{ km h}^{-1}$
 $\Delta t = 20 \text{ s}$
 $m = 80 \text{ kg}$
 $P_i = 80 \times \frac{240 \times 100}{360} = 5333 \text{ N}$
 $P_f = 80 \times \frac{60 \times 100}{360} = 1333 \text{ N}$
 $F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{4000 \text{ N}}{20} = 200 \text{ N}$

P. 10.2.

Um passageiro de um comboio que se desloca a uma velocidade uniforme deixa cair uma moeda da janela quando o comboio atravessa uma ponte sobre um rio. Escreva as equações da posição da moeda em função do tempo, x(t), z(t) e a respectiva trajectória z(x) quando observada:

a) Pelo passageiro do comboio.
 b) Por um pescador que se encontra em repouso na margem do rio.
 (considere x/x' a direcção horizontal, correspondente ao tabuleiro da ponte (e ao comboio) e z a direcção vertical).
 $x(t) = x_0 = 0$
 $z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + z_0$
 $z(x) = z_0$
 b) $x(t) = x_0 + v t = v t$
 $z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + z_0$
 $z(x) = z_0 - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v}\right)^2$

P. 10.3.

Verifique, utilizando a transformação de Galileu, que a distância entre dois pontos quaisquer do espaço não depende do referencial de inércia em que a posição destes pontos é descrita.

$x' = x - vt$
 $y' = y$
 $z' = z$
 $d = \sqrt{(x' - x + vt)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2} =$
 $d = |vt|$
 \hat{z} depende de v e de t máis da referencial

P. 10.4. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

Um passageiro num elevador deixa cair uma moeda.

- a) Se no instante em que esta adquire uma velocidade de 1 m/s em relação ao passageiro se partirem os cabos do elevador, qual o movimento posterior da moeda em relação a este? E que tipo de movimento tem a moeda em relação a uma pessoa que está à espera do elevador no 1º andar?
- b) Se este passageiro tivesse suspenso na mão um pêndulo a oscilar, no instante em que os cabos se partem, qual passaria a ser a frequência das oscilações? Com que tipo de movimento fica o pêndulo?

a) MU $v = 1 \text{ m/s}$ em relação ao passageiro
 MVA $v = 1 \text{ m/s}$ em relação à pessoa
 $a = g$

b) deixa de oscilar e para rodar

P. 10.5. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

Um dinamómetro suporta, sem se partir, no máximo, uma massa de 220g. Fixa-se o dinamómetro ao tecto de um elevador...

- a) Se se quiser suspender uma massa superior a 220g no dinamómetro sem que este se parta, deve fazer-se subir ou descer o elevador?
- b) Qual a maior massa que o dinamómetro pode suportar, numa subida com uma aceleração dez vezes mais pequena que a aceleração da gravidade?
- c) Como varia a frequência das oscilações da massa suspensa no dinamómetro quando o elevador é acelerado para subir e quando é acelerado para descer?

a) Descer
 b) $P_{max} = 220 \times g$
 $2 \times \left(\frac{g}{10} + g\right) = 220 \times g \Leftrightarrow$
 $\alpha = 200g$
 c) Não varia

P. 10.6. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

Numa base espacial encontra-se estacionada uma nave espacial com 20 m de comprimento. A nave parte para uma viagem e quando atinge a velocidade de cruzeiro é medida a partir da base obtendo-se um valor de 10 m de comprimento.

- a) Com que velocidade se desloca a nave em relação à base espacial?
- b) Qual o comprimento da nave para os tripulantes que nela se encontram?

a) $10 = 20 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Leftrightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Leftrightarrow \sqrt{\frac{3}{4} c^2} = v \Leftrightarrow 0,866c = v$
 b) 20m

P. 10.7. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

Qual a contracção do diâmetro da Terra para um astronauta que se encontra em repouso relativamente ao Sol? (considere a Terra como um referencial de inércia num pequeno intervalo de tempo).

Dados: Distância média Terra-Sol: $1,496 \times 10^{11} \text{ m}$; Raio da Terra: $6,378 \times 10^6 \text{ m}$.

$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \times 1,496 \times 10^{11}}{31536000} = 29806,1 \text{ m/s}$

$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 2 \times R_T - 2 \times R_T \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 6,3 \text{ cm}$

P. 10.8.

A vida média de um muão (partícula μ) é aproximadamente igual a $2,2 \times 10^{-6} \text{ s}$.

- a) Calcule o tempo médio de vida desta partícula no referencial do laboratório se esta deslocar à velocidade de 0,99 c.
- b) Qual o espaço percorrido em média pela partícula a esta velocidade no referencial do laboratório até decair?
- c) Do "ponto de vista" da partícula qual a distância percorrida pelo laboratório?
- d) Verifique que o resultado da alínea c) corresponde ao espaço percorrido na vida média da partícula no seu referencial próprio.

$t = \frac{2,2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - 0,99^2}} = 1,66 \times 10^{-5} \text{ s}$

$b) 0,99c \times 1,66 \times 10^{-5} = 4632 \text{ m}$

$c) L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 4632 \times \sqrt{1 - 0,99^2} = 653,4 \text{ m}$

$d) t' = \frac{L}{0,99c} = \frac{653,4}{0,99c} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ s}$

P. 10.9. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

As partículas de alta energia são observadas no laboratório pela respectiva trajectória registada pelos detectores. Uma partícula movendo-se à velocidade de 0,995c produz um rasto de 1,25 mm. Qual o tempo de vida da partícula no seu referencial próprio?

$t = \frac{L'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{(0,125 \times 10^{-3})}{\sqrt{1 - 0,995^2}} = 4,2 \times 10^{-11} \text{ s}$

P. 10.10. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et al.)

Um neutrão livre tem um período de semivida de 11,0 minutos (só no núcleo, com outros neutrões e protões é que o neutrão é mais estável) no seu referencial próprio, desintegrando-se num protão, num electrão e num neutrino (desintegração β^-). Considere um feixe de neutrões produzido numa das muitas reacções de fusão nuclear que ocorrem no Sol.

- a) Quanto tempo deve decorrer no referencial próprio dos neutrões para que o seu número se reduza a 1% do número inicial? (lembre-se da lei do declínio radioactivo: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ e comece por relacionar o período de semivida com a constante λ .)
- b) Suponha que os neutrões se deslocam a uma velocidade média de 10^6 m/s (na realidade a velocidade é menor) e considere que a distância Terra-Sol é de $1,49 \times 10^{11} \text{ m}$. Quanto tempo demoraria um neutrão a chegar à Terra para um observador da Terra?
- c) A partir dos resultados de a) e de b), diga se há perigo de os neutrões solares atingirem a Terra. (lembre-se que só pode comparar grandezas medidas no mesmo referencial!)

a) $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-11 \times 60 \times \lambda} \Leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-660\lambda} \Leftrightarrow -\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \lambda \Leftrightarrow \lambda = 0,0105$

$\frac{N_0}{100} = N_0 e^{-t \times 0,0105} \Leftrightarrow -\ln\left(\frac{1}{100}\right) = t \Leftrightarrow t = 73 \text{ min}$

b) $\frac{1,49 \times 10^{11}}{10^6} = 149000 \text{ s}$
 \downarrow
 $41 \text{ h } 13 \text{ min } 20 \text{ s}$
 c) Não.

P. 10.15.

Um núcleo de átomo de hélio é constituído por dois protões e dois neutrões, sendo as massas do protão e do neutrão

$m_p \approx m_n = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

e a massa do núcleo de átomo de hélio

$m_{He} = 6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Calcule a energia libertada numa reacção nuclear de fusão (no Sol por exemplo) quando dois protões se ligam a dois neutrões originando um núcleo de hélio.

$E = mc^2$
 $4 \times m_p = 4 \times 1,67 \times 10^{-27} = 6,68 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 $m_{He} = 6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 $\Delta m = 0,04 \times 10^{-27}$

$E = 0,04 \times 10^{-27} \times (299792458)^2 = 3,595 \times 10^{-12} \text{ J}$