LISTA DE EXERCÍCIOS

por Fernando Frota

1. Uma onda plana e harmônica de frequência angular ω se propaga com velocidade v numa direção que forma ângulos α, β e γ com os eixos x, y e z, respectivamente. Determine a diferença de fase entre as oscilações de dois pontos da onda com coordenadas (x_1, y_1, z_1) e (x_2, y_2, z_2).

2. Considere duas partículas que se movem com velocidade de módulo constante v. A partícula 1 se move ao longo do eixo y, partindo, em $t = 0$, de um ponto de coordenadas $(0, b)$. A partícula 2 parte de um ponto localizado no eixo x, de coordenadas $(a, 0)$. O movimento da partícula 2 tem uma peculiaridade: para todo instante de tempo $t \geq 0$, esta partícula cuida de apontar seu vetor velocidade em direção à partícula 1, dando a impressão de que está perseguindo a partícula 1. Qual a trajetória descrita pela partícula 2 (isto é, qual a função $f(x)$ que define a trajetória da partícula 2)? Considere que $a > 0$ e $b > 0$.

3. Uma corrente de comprimento L é colocada em cima de uma superfície esférica de raio R com uma de suas extremidades fixa no topo da esfera. Calcule a aceleração de cada elemento da corrente quando sua extremidade de cima for liberada. Assuma que $2L < \pi R$.

4. Considere um cilindro hermeticamente vedado e com paredes adiabáticas, fechado em ambas as extremidades e dividido em duas partes por um êmbolo com paredes adiabáticas e que pode mover-se livremente sem atrito. Inicialmente o volume, a pressão e a temperatura do gás ideal em ambas as partes do cilindro são V_0, p_0 e T_0, respectivamente. No lado direito do cilindro é colocada uma resistência, utilizada para aquecer lentamente o gás até que a pressão atinja $64p_0/27$. Considere que a capacidade calorífica C_v seja independente da temperatura e que $C_p/C_v = \gamma = 3/2$. Encontre as seguintes quantidades em função de V_0, p_0 e T_0:

(a) A variação de entropia do gás situado na parte esquerda do cilindro.

(b) O volume final do lado esquerdo.

(c) A temperatura final do lado esquerdo.

(d) A temperatura final do lado direito.

(e) O trabalho realizado sobre o gás do lado esquerdo.

5. Considere um planeta que é feito de um material com a mesma densidade média da Terra. Assuma que a pressão atmosférica na superfície do planeta é a mesma que na Terra, P_t. Por simplicidade, assuma que a temperatura na atmosfera do planeta é independente da altura, e é igual à temperatura atmosférica na superfície da Terra. Considere também que a composição do ar atmosférico do planeta é igual ao da Terra. Sendo R_t o raio da Terra, g a aceleração gravitacional na superfície da Terra, P_t a pressão atmosférica na superfície da terra, ρ_t a densidade atmosférica na superfície da Terra, determine qual deve ser o raio r do planeta, de modo que um raio de luz possa viajar em uma trajetória circular, imediatamente acima da superfície do planeta? O índice de refração depende da densidade do ar de acordo com a equação $n(\rho) = 1 + \epsilon\rho$, onde ϵ é uma constante dada.

6. Um corpo 1 de massa M colide elásticamente com um corpo 2 de massa m (inicialmente em repouso). Após a colisão as duas partículas são espalhadas com ângulos θ_1 e θ_2 com a direção original do movimento do corpo 1. Demonstre que:

(a) Se $M = m$, então $\theta_1 + \theta_2 = \pi/2$.

(b) Se $M > m$, então o maior valor possível para θ_1 satisfaz $\sin(\theta_{1,max}) = m/M$.

(c) Se $M \ll m$, então $\theta_1 \approx \pi - 2\theta_2$.

7. Uma partícula move-se sob a influência de uma força central atrativa que possui o formato $F(r) = -k/r^n$, onde $k > 0$ é uma constante. Sabendo que a órbita da partícula é circular e passa pelo centro de força, então n vale:

A ( ) 1 **B** ( ) 2 **C** ( ) 3 **D** ( ) 4 **E** ( ) 5

8. A velocidade de uma lancha motorizada em águas paradas é quatro vezes maior do que a velocidade da correnteza de um rio. Normalmente, a lancha demora 1 minuto para atravessar o rio seguindo uma trajetória perpendicular à correnteza. Certo dia, o motor da lancha não funcionou com toda a potência, de modo que a lancha demorou 4 minutos para atravessar o rio seguindo a mesma trajetória. Assumindo que a velocidade da correnteza é uniforme em todos os pontos, calcule a razão entre as velocidades da lancha em águas paradas com o motor quebrado e com o motor funcional.

9. Imaginemos que duas máquinas térmicas estejam ligadas em série, com o reservatório de descarga da primeira operando como o reservatório quente da segunda. A primeira máquina térmica possui rendimento de 30%, ao passo que a segunda máquina térmica possui rendimento de 45%. Assinale a opção que contém o rendimento da máquina térmica resultante da união

das duas máquinas:
A ( ) $55,0\%$
B ( ) $61,5\%$
C ( ) $75,0\%$
D ( ) $35,5\%$
E ( ) $42,5\%$

10. Considere as afirmações a seguir a respeito de gases ideais, denotando sua pressão como p e seu volume por V:

I. Duas curvas que representam transformacões adiabáticas reversíveis não podem se cruzar.

II. Ao longo de uma transformação adiabática, a temperatura pode assumir um valor máximo ou mínimo local.

III. É possível um gás passar por um ciclo em que o único efeito é extrair uma certa quantidade de calor de um reservatório e transformá-lo integralmente em trabalho.

IV. É possível um gás passar por um ciclo em que o único efeito é realizar trabalho sobre um reservatório e transformá-lo integralmente em calor.

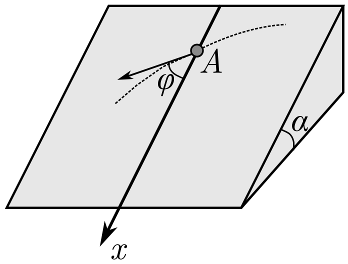
V. Para um ponto A no diagrama $p-V$, que representa o equilíbrio termodinâmico de um gás, existem infinitos outros pontos que não podem atingir este ponto por caminhos adiabáticos.

Destas afirmações, é(são) correta(s) somente
A ( ) I e IV
B ( ) II e III
C ( ) I, III e V
D ( ) I, IV e V
E ( ) I, II e IV

11. Uma pedra é lançada na vertical. Durante o último segundo de voo da pedra, esta percorre metade da distância total percorrida durante o voo. Qual será o tempo máximo de voo desta pedra? Considere $g = 10m/s^2$. Desconsidere quaisquer atritos.

12. Um ponto P está localizado acima de um plano inclinado de um ângulo α com a horizontal. É possível que um pequeno anel atinja o plano inclinado deslizando sob ação da gravidade por um fio que liga o ponto P até outro ponto P' do plano. Como devemos escolher o ponto P' de modo que o tempo de viagem seja minimizado?

13. Um bloco A foi colocado em cima de um plano inclinado formando um ângulo α com a horizontal, como mostra a figura abaixo, e recebe uma velocidade inicial v_0. Encontre como a velocidade do bloco depende do ângulo φ sabendo que o coeficiente de atrito cinético vale $\mu = \tan(\alpha)$ e que no instante inicial $\varphi_0 = \pi/2$. Encontre também a velocidade do bloco depois de um tempo muito longo.



14. Um projétil é lançado do polo norte com o objetivo de atingir um ponto da Terra cuja latitude vale φ (onde $\varphi > 0$ no hemisfério norte e $\varphi < 0$ no hemisfério sul). Sob que ângulo (com relação ao horizonte) o projétil deve ser lançado para possuir a menor velocidade de lançamento possível e ainda assim atingir o alvo?

15. Um satélite é lançado de um planeta esférico de raio R. A velocidade inicial do satélite não é suficiente para retirá-lo da influência do planeta, de modo que este retorna à superfície do planeta com vetor velocidade paralelo ao vetor velocidade inicial. A separação angular entre o ponto de lançamento e o ponto de retorno vale θ. Quanto tempo o voo do satélite dura, sabendo que o período de rotação de um corpo em torno do planeta imediatamente acima da superfície vale T_0? Calcule também a máxima distância do satélite acima da superfície do planeta.

Gabarito

1. $\Delta\phi = \frac{\omega}{v}|(x_1 - x_2)\cos(\alpha) + (y_1 - y_2)\cos(\beta) + (z_1 - z_2)\cos(\gamma)|$
2. $f(x) = b\ln(\frac{a}{x}) + \frac{a^2}{2(b+\sqrt{a^2+b^2})}\ln(\frac{a}{x}) + \frac{x^2-a^2}{4(b+\sqrt{a^2+b^2})}$
3. $a = \frac{Rg}{L}\left[1 - \cos(\frac{L}{R})\right]$
4. **(a)** $\Delta S = 0$ **(b)** $9V_0/16$ **(c)** $4T_0/3$ **(d)** $92T_0/27$ **(e)** $W = 2p_0V_0/3$
5. $r = \sqrt{\frac{(1+\epsilon\rho)R_tP_t}{\epsilon g \rho_t{}^2}}$
6. Demonstração
7. E
8. $\sqrt{31}/16$
9. B
10. C
11. 4 segundos
12. -
13. $v = \frac{v_0}{1+\cos(\varphi)}$ e $v \to v_0/2$
14. $\alpha = \frac{\pi}{8} + \frac{\varphi}{4}$
15. O tempo de voo vale $T_0\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\cos(\frac{\theta}{2})\right]$ e a máxima distância ao solo vale $R\cos(\frac{\theta}{2})$.