Concurso Público do Instituto Federal de Sergipe para provimento dos cargos efetivos de Professor do EBTT

Física.

André V. Silva

www.andrevsilva.com

Sunday 6th July, 2025

A Terra não é um referencial inercial porque ela tem movimentos acelerados, como a rotação em torno de seu eixo e a translação em torno do Sol. Esses movimentos geram forças fictícias (como Coriolis e centrífuga) que só existem em referenciais não inerciais.

Cálculo da aceleração centrípeta de um ponto na superfície da Terra devido à rotação:

- Raio da Terra: $R \approx 6,37 \times 10^6\,\mathrm{m}$
- Período de rotação: $T = 24\,\mathrm{h} = 86400\,\mathrm{s}$

Passo 1: velocidade angular

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \approx \frac{2\pi}{86400} \approx 7,27 \times 10^{-5}\,\mathrm{rad/s}$$

Passo 2: aceleração centrípeta

$$a_c = \omega^2 R$$

Substituindo os valores numéricos:

$$a_c = \left(7,27 \times 10^{-5}\right)^2 \cdot 6,37 \times 10^6$$

$$a_c \approx 0,034\,\text{m/s}^2$$

Resultado:

$$\boxed{a_c \approx 0,034\,\text{m/s}^2}$$

Q31

A 1ª Lei de Newton do Movimento, ou Lei da Inércia, define os referenciais inerciais e os referenciais não inerciais. A Terra não é um referencial inercial porque possui

(A) massa maior que a massa da Lua.

(B) movimento de rotação em torno do seu eixo.

(C) superfície irregular, com deformações.

(D) massa menor que a massa do Sol.

Solução:

A resposta correta é alternativa **B**.

As Leis de Newton – Leis Fundamentais da Mecânica

Isaac Newton formulou, no século XVII, três princípios fundamentais que descrevem as relações entre as forças aplicadas a um corpo e o movimento que ele executa. Essas leis são a base da Mecânica Clássica.

1ª Lei de Newton – Lei da Inércia

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudar esse estado por forças que sobre ele atuem."

Em outras palavras: um corpo tende a manter sua velocidade constante (em módulo, direção e sentido) se a força resultante sobre ele for nula. Isso significa que a tendência natural dos corpos não é "parar" (como pensavam os gregos), mas sim manter o estado em que estão, seja parado, seja em movimento retilíneo uniforme.

Matematicamente:

$$\sum \vec{F} = 0 \implies \vec{v} = \text{constante}$$

2ª Lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica

"A força resultante sobre um corpo é igual ao produto da sua massa pela aceleração que ele adquire."

Em outras palavras: quando a força resultante sobre um corpo é diferente de zero, ele sofre uma aceleração na mesma direção e sentido da força resultante.

Matematicamente:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

onde:

- $\sum \vec{F}$: força resultante sobre o corpo
- m: massa do corpo (constante)
- $\vec{a}$: aceleração do corpo

Essa lei também pode ser interpretada como a relação de causa (força resultante) e efeito (aceleração).

3ª Lei de Newton – Princípio da Ação e Reação

"A toda ação corresponde sempre uma reação, de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto."

Em outras palavras: sempre que um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B exerce uma força de mesma intensidade e direção, mas em sentido oposto, sobre o corpo A.

Matematicamente:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Essas forças:

- nunca se anulam entre si, pois atuam em corpos diferentes;
- sempre ocorrem em pares (ação e reação simultaneamente).

Resumo

Lei	Nome	Fórmula
1ª	Inércia	$\sum \vec{F} = 0 \implies \vec{v} = \text{constante}$
2ª	Dinâmica	$\sum \vec{F} = m\vec{a}$
3ª	Ação e Reação	$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

Q32

Um bloco A de massa m_1 está sobre uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a mesa é μ_k. Um fio inextensível e de massa desprezível, conectado ao bloco A, passa por uma polia de massa e atrito desprezíveis. Na outra extremidade do fio, está um bloco B de massa m_2, suspenso. Quando o bloco A desliza sobre a mesa, puxado pelo bloco B, a tensão no fio é igual a:

(A) $\frac{m_1 m_2 (1+\mu_k) g}{m_1+m_2}$

(B) $\frac{(m_2+\mu_k m_1) g}{m_1+m_2}$

(C) $\frac{m_1 m_2 (1-\mu_k) g}{m_1+m_2}$

(D) $\frac{(m_2-\mu_k m_1) g}{m_1+m_2}$

Solução:

Queremos determinar a **tensão** T no fio.

Análise das forças

Bloco A (horizontal)

Forças horizontais no bloco A:

$$T - f_{\text{at}} = m_1 a$$

O atrito cinético é dado por:

$$f_{\text{at}} = \mu_k m_1 g$$

Portanto:

$$T - \mu_k m_1 g = m_1 a$$

$$T = m_1 a + \mu_k m_1 g$$

Bloco B (vertical)

Forças verticais no bloco B:

$$m_2 g - T = m_2 a$$

Equação do sistema

Os blocos têm aceleração comum a. Somamos as equações:

$$(T - \mu_k m_1 g) + (m_2 g - T) = m_1 a + m_2 a$$

O termo T se cancela:

$$m_2 g - \mu_k m_1 g = (m_1 + m_2) a$$

Assim:

$$\boxed{a = \frac{m_2 g - \mu_k m_1 g}{m_1 + m_2}}$$

Substituindo a em T

Substituímos a na equação do bloco A:

$$T = m_1 a + \mu_k m_1 g$$

$$T = m_1 \cdot \frac{m_2 g - \mu_k m_1 g}{m_1 + m_2} + \mu_k m_1 g$$

Distribuindo:

$$T = \frac{m_1 m_2 g - \mu_k m_1^2 g}{m_1 + m_2} + \frac{\mu_k m_1 g (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2}$$

Somamos os termos:

$$T = \frac{m_1 m_2 g - \mu_k m_1^2 g + \mu_k m_1^2 g + \mu_k m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$$

Os termos $-\mu_k m_1^2 g + \mu_k m_1^2 g$ se cancelam:

$$T = \frac{m_1 m_2 g + \mu_k m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$$

Fatorando:

$$T = \frac{m_1 m_2 g(1 + \mu_k)}{m_1 + m_2}$$

Resposta final:

$$\boxed{T = \frac{m_1 m_2 g(1 + \mu_k)}{m_1 + m_2}}$$

A resposta correta é alternativa **A**.

Q33

Num plano inclinado com atrito, que faz um ângulo θ com uma superfície horizontal, está uma esfera em repouso. Na direção da iminência do movimento, a força de atrito do plano inclinado sobre a esfera será

(A) perpendicular ao plano, apontando para baixo.

(B) paralela ao plano, apontando para baixo.

(C) perpendicular ao plano, apontando para cima.

(D) paralela ao plano, apontando para cima.

Solução:

Força de atrito no plano inclinado com atrito

Uma **esfera em repouso** sobre um plano inclinado com atrito está sujeita a forças. O plano faz um ângulo θ com a horizontal.

Forças na direção do movimento iminente (para baixo do plano):

- Componente do peso ao longo do plano:

$$P_{\parallel} = mg \sin \theta$$

- Força de atrito estático: Ela se opõe ao movimento iminente (para cima do plano), ajustando-se para manter o equilíbrio. Seu valor máximo possível é dado por:

$$f_{\text{atrito máx}} = \mu_e N$$

  onde

$$N = mg \cos \theta$$

  é a força normal.

Valor real do atrito:

O valor real do atrito enquanto a esfera está em repouso **não é necessariamente o máximo possível**. Ele é apenas o necessário para equilibrar a componente do peso ao longo do plano:

$$f_{\text{atrito}} = mg \sin \theta$$

Resposta final:

A força de atrito do plano inclinado sobre a esfera, na direção do movimento iminente, é:

$$\boxed{f_{\text{atrito}} = mg \sin \theta}$$

Condições:

- Direção: ao longo do plano, para cima.
- O valor máximo que o atrito pode assumir é:

$$f_{\text{atrito máx}} = \mu_e mg \cos \theta$$

Se $mg\sin\theta > \mu_e mg\cos\theta$, a esfera não permaneceria em repouso, pois o atrito não seria suficiente para manter o equilíbrio.

A resposta correta é alternativa **D**.

Q34

Um drone paira a uma altitude de 20 m quando abandona uma caixa de massa igual a $5,0$ kg, que cai e atinge o solo com velocidade de 12 m/s, numa região em que a gravidade vale $9,8$ m/s^2. Quanta energia foi dissipada devido à resistência do ar durante a descida da caixa?

(A) 620 J.

(B) 540 J.

(C) 480 J.

(D) 330 J.

Solução:

A energia potencial gravitacional inicial é:

$$E_{p,\,\text{inicial}} = mgh$$

Substituindo os valores:

$$E_{p,\,\text{inicial}} = 5,0 \cdot 9,8 \cdot 20 = 980 \text{ J}$$

A energia cinética final ao atingir o solo é:

$$E_{c,\,\text{final}} = \frac{1}{2}mv_f^2$$

Substituindo os valores:

$$E_{c,\,\text{final}} = \frac{1}{2} \cdot 5,0 \cdot (12)^2 = 360 \text{ J}$$

A energia dissipada pela resistência do ar é a diferença entre a energia potencial inicial e a energia cinética final:

$$E_d = E_{p,\,\text{inicial}} - E_{c,\,\text{final}} = 980 - 360 = 620 \text{ J}$$

Resposta final:

$$\boxed{E_d = 620 \text{ J}}$$

A resposta correta é alternativa **A**.

Q35

Em uma colisão unidimensional não relativística, uma partícula de massa 2m colide com uma partícula de massa m em repouso. Se as partículas se unirem após a colisão, que fração da energia cinética inicial será perdida na colisão?

(A) 1/5.

(B) 1/4.

(C) 1/3.

(D) 1/2.

Solução:

Em uma colisão unidimensional não relativística, uma partícula de massa $2m$ colide com uma partícula de massa m em repouso. Após a colisão, as partículas se unem. Pergunta-se: que fração da energia cinética inicial é perdida na colisão?

Solução

1. Conservação do momento linear

Antes da colisão, apenas a partícula de massa $2m$ está em movimento, com velocidade v_0:

$$p_{\text{inicial}} = (2m)v_0$$

Depois da colisão, as partículas estão unidas, formando um corpo de massa $3m$, com velocidade final v_f:

$$p_{\text{final}} = (3m)v_f$$

Pela conservação do momento linear:

$$\boxed{2mv_0 = 3mv_f}$$

Cancelando m:

$$v_f = \frac{2}{3}v_0$$

2. Energia cinética inicial

Antes da colisão:

$$E_{c,\text{inicial}} = \frac{1}{2}(2m)v_0^2 = mv_0^2$$

3. Energia cinética final

Depois da colisão:

$$E_{c,\text{final}} = \frac{1}{2}(3m)v_f^2$$

Substituindo $v_f = \frac{2}{3}v_0$:

$$E_{c,\text{final}} = \frac{1}{2}(3m)\left(\frac{2}{3}v_0\right)^2$$

Calculando o quadrado:

$$E_{c,\text{final}} = \frac{1}{2}(3m) \cdot \frac{4}{9}v_0^2 = \frac{2}{3}mv_0^2$$

4. Energia perdida

Energia perdida:

$$E_{\text{perdida}} = E_{c,\text{inicial}} - E_{c,\text{final}} = mv_0^2 - \frac{2}{3}mv_0^2 = \frac{1}{3}mv_0^2$$

Fração perdida:

$$\text{Fração} = \frac{E_{\text{perdida}}}{E_{c,\text{inicial}}} = \frac{\frac{1}{3}mv_0^2}{mv_0^2} = \frac{1}{3}$$

Resposta final:

$$\boxed{\frac{E_{\text{perdida}}}{E_{c,\text{inicial}}} = \frac{1}{3}}$$

Portanto, a fração da energia cinética inicial perdida na colisão é $\frac{1}{3}$.

A resposta correta é alternativa **C**.

Conservação Momento Angular

O **momento angular** $\vec{L}$ de um corpo é dado por:

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$$

Onde:

- $\vec{L}$: momento angular
- I: momento de inércia
- $\vec{\omega}$: velocidade angular

Princípio da Conservação

Se o **torque resultante externo** sobre um sistema é nulo:

$$\vec{L}_{\text{inicial}} = \vec{L}_{\text{final}} \quad \Rightarrow \quad I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

Aplicações

- Patinadores puxando os braços e girando mais rápido
- Estrelas colapsando em pulsares
- Satélites e giroscópios

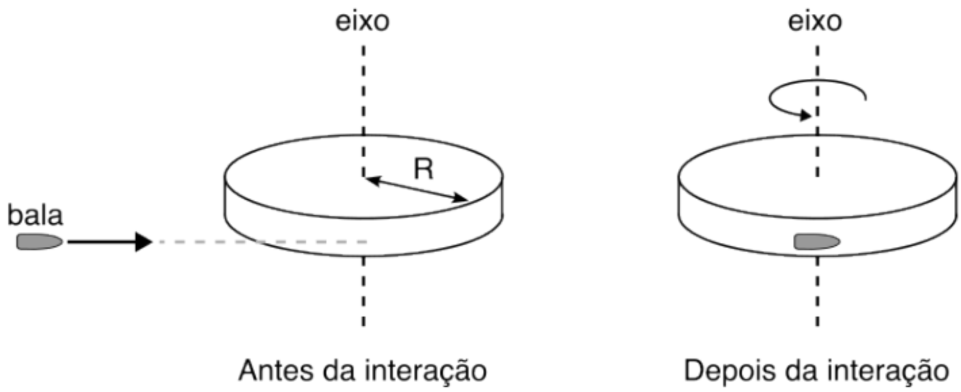
Teorema dos Eixos Paralelos (Steiner)

Seja I_{cm} o momento de inércia em relação ao centro de massa, então para um eixo paralelo a uma distância d:

$$\boxed{I = I_{cm} + Md^2}$$

Q36

Observe a figura a seguir.



Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7795179/mod_resource/content/0/aula_exercicios_P3.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024. [Adaptado].

Uma bala de massa m se move horizontalmente com velocidade v. A bala atinge a borda de um disco sólido, que está inicialmente em repouso, ficando cravada nele (ver a figura). O disco tem massa M, raio R, momento de inércia $MR^2/2$ e está livre para girar em torno de seu eixo. Qual é a velocidade angular do disco imediatamente após a bala ser cravada nele?

(A) $\omega = \frac{Mv}{(m+\frac{M}{2})R}$

(B) $\omega = \frac{mv}{(m+\frac{M}{2})R}$

(C) $\omega = \frac{mv}{(\frac{M}{2}-m)R}$

(D) $\omega = \frac{Mv}{(\frac{M}{2}-m)R}$

Solução:

Princípio: Como não há torques externos atuando em torno do eixo vertical, o momento angular do sistema em relação ao eixo é conservado.

Antes da colisão

O momento angular do sistema em torno do eixo é apenas devido à bala:

$$L_{\text{inicial}} = mvR$$

Depois da colisão

Após a colisão, a bala fica presa ao disco na borda, e o sistema (disco + bala) gira com velocidade angular ω.

Momento angular do disco:

$$L_{\text{disco}} = I_{\text{disco}} \cdot \omega = \frac{1}{2}MR^2 \cdot \omega$$

Momento angular da bala (considerada puntiforme a distância R do eixo):

$$L_{\text{bala}} = mR^2 \cdot \omega$$

Assim, o momento angular total após a colisão é:

$$L_{\text{final}} = \left(\frac{1}{2}MR^2 + mR^2\right)\omega$$

Conservação do momento angular

$$L_{\text{inicial}} = L_{\text{final}}$$

$$mvR = \left(\frac{1}{2}MR^2 + mR^2\right)\omega$$

Dividindo ambos os lados por R:

$$mv = \left(\frac{1}{2}M + m\right)R\omega$$

Isolando ω:

$$\omega = \frac{mv}{R\left(\frac{1}{2}M + m\right)}$$

Resposta final:

$$\boxed{\omega = \frac{mv}{\left(m + \frac{1}{2}M\right)R}}$$

A resposta correta é alternativa **B**.

Q38

Qual o astrônomo que propôs um modelo geocêntrico que permitia descrever e prever as posições dos planetas e que, para isso, propôs que o movimento retrógrado dos planetas não tem sempre o mesmo aspecto e duração?

(A) Galileu Galilei.

(B) Johannes Kepler.

(C) Cláudio Ptolomeu.

(D) Nicolau Copérnico.

Solução:

Resposta correta

$$\boxed{\text{(C) Cláudio Ptolomeu}}$$

Explicação detalhada

Quem foi Ptolomeu?

Cláudio Ptolomeu foi um astrônomo, matemático e geógrafo grego que viveu em Alexandria, no Egito, no século II d.C. Ele escreveu a obra *Almagesto*, que se tornou o principal tratado astronômico da Antiguidade e da Idade Média.

O que ele propôs?

Ptolomeu refinou o antigo modelo geocêntrico (originalmente defendido por Aristóteles e Hiparco), criando um sistema geométrico e matemático capaz de:

- Prever com precisão a posição dos planetas no céu em diferentes datas.
- Explicar por que os planetas às vezes parecem parar e andar para trás (*movimento retrógrado aparente*).

Como ele explicou o movimento retrógrado?

Para explicar o movimento retrógrado no **modelo geocêntrico**, Ptolomeu propôs que cada planeta não girava apenas em torno da Terra, mas fazia isso percorrendo duas trajetórias ao mesmo tempo:

- Um **deferente**: círculo grande ao redor da Terra.
- Um **epiciclo**: círculo menor, cujo centro se move ao longo do deferente.

Esse sistema (*deferente + epiciclo*) conseguia reproduzir as irregularidades do movimento dos planetas, inclusive o fato de que o movimento retrógrado não tinha sempre o mesmo tamanho nem a mesma duração para cada planeta.

Por que não as outras alternativas?

- **(A) Galileu Galilei**: Defendeu o heliocentrismo e fez observações com telescópio (*séc. XVII*).
- **(B) Johannes Kepler**: Refinou o heliocentrismo com órbitas elípticas, rejeitando o geocentrismo (*séc. XVII*).
- **(D) Nicolau Copérnico**: Propôs o heliocentrismo com órbitas circulares (*séc. XVI*).

Somente **Ptolomeu** defendeu um modelo **geocêntrico**, consistente com as crenças da época, que já explicava as variações do movimento retrógrado.

Resumo

Astrônomo	**Modelo**	**Movimento retrógrado**
Ptolomeu	Geocêntrico com epiciclos	Explicava corretamente o aspecto variável
Galileu	Heliocentrismo com telescópio	Observações em defesa do heliocentrismo
Kepler	Heliocentrismo com órbitas elípticas	Refinamento matemático
Copérnico	Heliocentrismo com órbitas circulares	Proposta inicial

A resposta correta é alternativa **C**.

Gravitação Universal

Lei da Gravitação Universal:

$$F = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Campo gravitacional:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Energia potencial gravitacional:

$$E_p = -\frac{GMm}{r}$$

Demonstração da Velocidade de Escape

A velocidade de escape é a mínima velocidade necessária para um corpo escapar da gravidade de um planeta, sem considerar resistência do ar.

Conservação de Energia

Considerando um corpo de massa m lançado da superfície de um planeta de massa M e raio R:

- Energia mecânica inicial:

$$E_{\text{inicial}} = \frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GMm}{R}$$

- Energia mecânica final (no infinito):

$$E_{\text{final}} = 0$$

Aplicando a conservação da energia:

$$\frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GMm}{R} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}v_e^2 = \frac{GM}{R} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Conclusão: A velocidade de escape depende apenas da massa e do raio do corpo celeste, e não da massa do objeto lançado.

Questao 38

Um foguete é lançado verticalmente para cima a partir da superfície da Terra. Se a velocidade inicial do foguete for metade da velocidade de escape da Terra, qual a altura que o foguete atingirá, em unidades do raio da Terra (R$_T$)? Despreze as influências da rotação da Terra no movimento do foguete.

(A) (7/3)R$_T$.

(B) (5/3)R$_T$.

(C) (2/3)R$_T$.

(D) (1/3)R$_T$.

Solução:

A energia mecânica total do foguete se conserva, pois desprezamos a resistência do ar. Na superfície da Terra ($r = R_T$), a energia total é a soma da energia cinética e potencial:

$$E_i = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GM_Tm}{R_T}$$

Na altura máxima ($r = r_{\max}$), a velocidade do foguete é nula ($v_f = 0$):

$$E_f = 0 - \frac{GM_T m}{r_{\max}}$$

Conservação da energia mecânica: $E_i = E_f$ Portanto:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GM_T m}{R_T} = -\frac{GM_T m}{r_{\max}}$$

Cancelamos m em todos os termos:

$$\frac{1}{2}v_0^2 - \frac{GM_T}{R_T} = -\frac{GM_T}{r_{\max}}$$

Sabemos que a **velocidade de escape** é dada por:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}}$$

Como a velocidade inicial do foguete é $v_0 = \frac{v_e}{2}$, temos:

$$v_0^2 = \left(\frac{v_e}{2}\right)^2 = \frac{v_e^2}{4} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2GM_T}{R_T} = \frac{GM_T}{2R_T}$$

Substituímos v_0^2 na equação da energia:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{GM_T}{2R_T} - \frac{GM_T}{R_T} = -\frac{GM_T}{r_{\max}}$$

$$\frac{GM_T}{4R_T} - \frac{GM_T}{R_T} = -\frac{GM_T}{r_{\max}}$$

$$-\frac{3}{4} \cdot \frac{GM_T}{R_T} = -\frac{GM_T}{r_{\max}}$$

Eliminamos o sinal e GM_T:

$$\frac{3}{4R_T} = \frac{1}{r_{\max}}$$

Então:

$$r_{\max} = \frac{4}{3}R_T$$

A altura máxima $h_{\max}$ acima da superfície é:

$$h_{\max} = r_{\max} - R_T = \frac{4}{3}R_T - R_T = \frac{1}{3}R_T$$

Resposta final:

$$\boxed{h_{\max} = \frac{1}{3}R_T}$$

O foguete atinge uma altura máxima igual a $\frac{1}{3}$ do raio da Terra.

A resposta correta é alternativa **D**.

Q39

Um satélite de massa m orbita um planeta de massa M em uma órbita circular de raio R. O tempo necessário para uma volta completa do satélite em torno do planeta é

(A) independente de M.

(B) proporcional a $R^{3/2}$.

(C) dependente de m.

(D) proporcional a R^2.

Solução:

A força gravitacional fornece a força centrípeta necessária:

$$\frac{GMm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$$

Cancelando m e resolvendo para v:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

O período T é dado por:

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Substituindo v:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2}{GM}}\sqrt{R^3} = \sqrt{\frac{4\pi^2}{GM}} R^{3/2}$$

Resposta final:

$$\boxed{T \propto R^{3/2}}$$

A resposta correta é alternativa **B**.

Q40

Uma função de estado de um sistema termodinâmico fica completamente definida quando o estado do sistema é especificado. Isso pode ser representado num diagrama pressão-volume do sistema, que ilustra seus estados inicial e final. Qual das grandezas abaixo é uma função de estado de um sistema termodinâmico?

(A) A energia interna.

(B) O calor.

(C) O trabalho.

(D) A massa.

Solução:

Introdução: Funções de Estado em Termodinâmica

A Termodinâmica é a área da Física que estuda as transformações de energia e as propriedades macroscópicas da matéria, como temperatura, pressão e volume. Para

descrever um sistema termodinâmico, é necessário especificar o **estado do sistema**, que é determinado por um conjunto de variáveis chamadas **variáveis de estado**.
Quando um sistema evolui de um estado inicial para um estado final, podemos calcular as mudanças sofridas em algumas grandezas físicas. Algumas dessas grandezas dependem apenas do estado inicial e final do sistema, enquanto outras dependem do caminho seguido durante o processo.

O que é uma função de estado?

Uma **função de estado** é uma grandeza física cujo valor só depende do estado atual do sistema, isto é, das condições termodinâmicas (como P, V, T, U etc.), e **não depende do processo pelo qual o sistema chegou a esse estado**.
Ou seja:

> As funções de estado são propriedades macroscópicas que caracterizam completamente o estado do sistema. Sua variação entre dois estados é a mesma, independentemente do caminho percorrido entre eles.

Exemplos clássicos de funções de estado:

- Energia interna (U)
- Entalpia (H)
- Entropia (S)
- Pressão (P)
- Volume (V)
- Temperatura (T)

Essas grandezas podem ser representadas em diagramas, como os famosos diagramas $P \times V$ ou $T \times S$, que ilustram estados e trajetórias de processos.

E o que não é função de estado?

Grandezas como o **calor trocado** (Q) e o **trabalho realizado** (W) durante um processo dependem de como o sistema evoluiu — são chamadas de **funções de processo**.

Por exemplo: para comprimir um gás do volume V_1 ao volume V_2, o trabalho realizado pode ser maior ou menor dependendo do caminho seguido (isotérmico, adiabático etc.), mas a variação de energia interna só depende do estado inicial e final.
A resposta correta é alternativa **A**.

Q41

Uma bomba de calor serve para extrair calor do ambiente externo a 7°C e aquecer o interior de uma casa a 27°C. Considerando que a bomba é uma máquina de Carnot, para cada 15.000 J de calor entregue dentro de casa, a menor quantidade de trabalho que deve ser fornecido à bomba é

(A) 2.500 J.

(B) 2.000 J.

(C) 1.500 J.

(D) 1.000 J.

Solução:

Definição

Uma máquina térmica converte calor em trabalho, operando entre duas fontes térmicas.

Rendimento

$$\eta = \frac{W}{Q_q} = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

- η: rendimento
- W: trabalho útil
- Q_q: calor absorvido da fonte quente
- Q_f: calor rejeitado à fonte fria

Rendimento da Máquina de Carnot

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

Calcular o rendimento da bomba de calor:

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q} = 1 - \frac{7°\text{C} + 273\text{K}}{27°\text{C} + 273\text{K}} = 1 - \frac{280}{300} = 1 - 0.933333 = 0.066667 = 6.67\%$$

Agora podemos calcular o trabalho realizado pela bomba de calor:

$$W = \eta Q_q = 6.67\% \times 15.000\text{J} = 1.000\text{J}$$

A resposta correta é alternativa **D**.

Princípios da Termodinâmica

Primeiro Princípio

$$\Delta U = Q - W \quad \longrightarrow \quad Q = W + \Delta U$$

Segundo Princípio

- O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente.
- Entropia tende a aumentar.

O que é entropia?

A entropia (S) é uma função de estado que mede o grau de desordem de um sistema, a quantidade de microestados possíveis, e a irreversibilidade de processos.

Definição termodinâmica

Para processos reversíveis:

$$\Delta S = \int \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$$

Para temperatura constante (isotérmico):

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T}$$

Segunda Lei da Termodinâmica

$$\Delta S_{\text{total}} \geq 0$$

- $\Delta S_{\text{total}} = 0$: processo reversível
- $\Delta S_{\text{total}} > 0$: processo irreversível

Entropia estatística (Boltzmann)

$$S = k_B \ln \Omega$$

- $k_B = 1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K
- Ω: número de microestados possíveis

Unidade

Joules por Kelvin (J/K)

Exemplos onde a entropia aumenta

- Derretimento de gelo
- Expansão de gás
- Mistura de substâncias

Terceiro Princípio

- A entropia de um cristal perfeito é zero no zero absoluto ($0\,K$).

Q42

Um corpo de massa m com calor específico C à temperatura de 500 K é colocado em contato com outro corpo de mesma massa e mesmo calor específico à temperatura de 100 K. O sistema é colocado dentro de uma caixa isolada termicamente durante o processo. A variação da entropia do sistema quando os blocos alcançam o equilíbrio térmico é

(A) mCln 5.

(B) mCln 3.

(C) mCln(9/5).

(D) mCln(5/3).

Solução:

Variação de Entropia do Sistema

Dados do problema:

- Dois corpos idênticos: mesma massa m e mesmo calor específico C
- Temperatura inicial do corpo quente: $T_q = 500\,\mathrm{K}$
- Temperatura inicial do corpo frio: $T_f = 100\,\mathrm{K}$
- Caixa isolada termicamente (processo adiabático para o universo, mas irreversível para o sistema)

Queremos calcular a variação de entropia do sistema quando os corpos atingem o equilíbrio térmico.

Temperatura de equilíbrio

Como os corpos têm mesma massa e mesmo calor específico, a energia perdida pelo quente é igual à energia ganha pelo frio. Assim, a temperatura de equilíbrio é a média aritmética:

$$T_e = \frac{T_q + T_f}{2} = \frac{500 + 100}{2} = 300\,\mathrm{K}$$

Variação de entropia de cada corpo

Sabemos que a variação de entropia de um corpo com calor específico constante é dada por:

$$\Delta S = mC \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = mC \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$$

Para o corpo quente:

$$\Delta S_q = mC \ln\left(\frac{T_e}{T_q}\right) = mC \ln\left(\frac{300}{500}\right) = mC \ln(0{,}6)$$

Para o corpo frio:

$$\Delta S_f = mC \ln\left(\frac{T_e}{T_f}\right) = mC \ln\left(\frac{300}{100}\right) = mC \ln(3)$$

Variação de entropia total do sistema

A variação de entropia total do sistema é a soma das variações de cada corpo:

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_q + \Delta S_f = mC \ln(0{,}6) + mC \ln(3)$$

Utilizando a propriedade dos logaritmos:

$$\ln(0{,}6) + \ln(3) = \ln(0{,}6 \times 3) = \ln(1{,}8)$$

Logo:

$$\Delta S_{\text{total}} = mC \ln\!\left(\frac{9}{5}\right)$$

Resposta final:

$$\boxed{\Delta S_{\text{total}} = mC\ln\left(\frac{9}{5}\right)}$$

A resposta correta é alternativa **C**.

Condições para Interferência em Filmes Finos (Incidência Normal)

Quando a luz incide perpendicularmente a um filme fino de espessura d e índice de refração n, a diferença de caminho óptico entre os dois feixes refletidos é:

$$\Delta = 2nd$$

A condição de interferência depende da ocorrência (ou não) de inversão de fase ao refletir nas interfaces.

Interferência Construtiva

- **Com inversão de fase em uma das interfaces:**

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

- **Sem inversão de fase (ou inversão em ambas):**

$$2nd = m\lambda$$

Interferência Destrutiva

- **Com inversão de fase em uma das interfaces:**

$$2nd = m\lambda$$

- **Sem inversão de fase (ou inversão em ambas):**

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

Onde:

- n é o índice de refração do filme;
- d é a espessura do filme;
- λ é o comprimento de onda da luz no ar;
- $m \in \mathbb{Z}$ é a ordem da interferência.

Q43

Luz com 650 nm de comprimento de onda incide perpendicularmente em um filme fino de sabão, que tem índice de refração igual a 1,30. Sabendo que esse filme está suspenso no ar, qual a menor espessura que esse filme deve ter para que as ondas refletidas por ele sofram interferência construtiva?

(A) 320 nm.

(B) 242 nm.

(C) 125 nm.

(D) 117 nm.

Solução:

Interferência construtiva em um filme de sabão

Dados:

- Comprimento de onda no ar: $\lambda_0 = 650\,\text{nm}$

- Índice de refração do filme: $n_f = 1{,}30$
- Índice de refração do ar: $n_{ar} \approx 1$

O filme está suspenso no ar. Queremos a menor espessura e para que a luz refletida tenha interferência construtiva.

Condição de fase

Quando a luz incide sobre a superfície do filme:

- Na interface ar–sabão ($n_{\text{ar}} < n_{\text{sabão}}$), ocorre inversão de fase de π (equivalente a $\lambda/2$).
- Na interface sabão–ar ($n_{\text{sabão}} > n_{\text{ar}}$), não ocorre inversão.

Como há uma inversão de fase, a condição para **interferência construtiva** é:

$$2e = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_f$$

Para a menor espessura ($m = 0$):

$$2e = \frac{\lambda_f}{2} \quad\implies\quad e = \frac{\lambda_f}{4}$$

Comprimento de onda no filme

No interior do filme, o comprimento de onda é menor:

$$\lambda_f = \frac{\lambda_0}{n_f} = \frac{650}{1{,}30} \approx 500\,\text{nm}$$

Espessura mínima

Substituindo:

$$e_{\text{mín}} = \frac{\lambda_f}{4} = \frac{500}{4} = 125\,\text{nm}$$

Resposta final:

$$\boxed{e_{\text{mín}} = 125\,\text{nm}}$$

A resposta correta é alternativa **C**.

Q44

Um feixe de luz laser incide sobre uma fenda estreita, e uma figura de difração é observada sobre uma tela localizada a 5,0 m da fenda. A distância vertical entre o centro do primeiro mínimo acima do máximo central e o centro do primeiro mínimo abaixo do máximo central é de 20 mm. Qual é a largura da fenda?

(A) 0,30 mm.

(B) 0,45 mm.

(C) 0,55 mm.

(D) 0,65 mm.

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa **...**.

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa ....

Questao

(A)

(B)

(C)

(D)

Solução:

A resposta correta é alternativa ....
