Lista Foice 1

Rafael Timbó

1 Triângulos

Os três vértices de um triângulo equilátero são mantidos a temperaturas contantes, T_1, T_2 e T_3 (aquecendo ou esfriando cada vértice o quanto que for necessário para isso).Qual temperatura você espera que o centro do triângulo tenha? Prove sua resposta.

2 Mágica?

Você recebe $1kg$ de água destilada à $0\,^{\circ}C$, uma quantidade igual de água de torneira à $100\,^{\circ}C$ e sua missão é aquecer a água destilada até $60\,^{\circ}C$.Você não tem acesso a mais água, mas possui uma série de materiais isolantes e condutores, além de uma série de ferramentas.Qual a temperatura máxima que seu método pode alcançar? Você conseguiria alcançar o seu objetivo?

3 Estimativas

Determine ou estime a densidade de fluxo de calor P resultante entre duas placas paralelas separadas por uma distância L, tendo uma delas temperatura T_1 e a outra T_2. O espaço entre as placas é preenchido com um gás monoatômico de densidade molar η e massa molar M. Você pode usar as seguintes aproximações:

(i)A densidade do gás é tão baixa que o livre caminho médio $\lambda >> L$.

(ii)$T_1 >> T_2$.

(iii)Quando uma partícula bate numa placa, ela adquire a temperatura dessa placa.

(iv)Você pode desprezar a radiação de corpo negro.

4 Preto

Um satélite esférico de raio r viaja ao redor do Sol de raio R em uma órbita circular a uma distância D do seu centro ($r << D$). Considerando que o Sol irradia como um corpo negro a uma temperatura $T_0 = 6000K$, e que é coberto por um arco $2\theta = 32'$ visto pelo satélite, determine a temperatura de equilíbrio T do satélite.

5 Entropia

A entropia é a grandeza que mede o nível de desordem de um sistema termodinâmico e a sua variação durante um processo diz muito sobre a reversibilidade do mesmo.Calcule a variação de entropia nos seguintes processos:

a)Dois gases monoatômicos idênticos com mesmo número de partículas N, são mantidos em dois recipientes idênticos de volume V, à mesma temperatura T e pressão P. Num certo instante os recipientes são conectados muito rapidamente, de modo que se misturam e atingem um novo equilíbrio.

b)Mesmo processo do item anterior, mas agora com os gases sendo distintos.

c)Dois gases monoatômicos distintos, com mesmo número de partículas N, são mantidos em recipientes de volumes V_1 e V_2 e à temperaturas T_1 e T_2, mas à mesma pressão P. Num certo instante, os recipientes são conectados muito rapidamente, de modo que se misturam e atingem um novo equilíbrio. No limite $T_1 = T_2$ e $V_1 = V_2$ sua resposta coincide com a do primeiro item?

6 Potenciais

A termodinâmica pode ser formulada em várias representações, dentre elas estão a representação da energia e a representação da entropia, onde escrevemos funções de estado para essas variáveis. Contudo existem situações em que outras representações são convenientes. Essas representações alternativas são feitas em função dos chamados potenciais termodinâmicos, que são obtidos através de uma transformada de Legendre a partir da função energia interna U. A energia interna é uma função do tipo $U = U(S, V)$ (a dependência com o número de partículas foi omitida pois neste problema os sistemas abordados não trocam partículas). A transformada de Legendre parte da energia interna e nos fornece uma função que depende de outras variáveis do sistema, a partir da adição de termos convenientes. Exemplos de potenciais termodinâmicos são a entalpia ($H = H(S, P)$), a energia livre de Helmholtz ($F = F(T, V)$) e a energia livre de Gibbs ($G = G(T, P)$).

a)Faça as transformadas de Legendre na energia $U(S, V)$ e encontre os potenciais termodinâmicos já mencionados em função da temperatura, entropia, pressão e volume do sistema.

A grande vantagem de trabalhar com os potenciais termodinâmicos é que, em determinadas circunstâncias, eles funcionam como um análogo à segunda lei da termodinâmica, que diz que a entropia do universo deve sempre aumentar (ou permanecer a mesma, num processo reversível). Se temos um sistema em contato com um reservatório, a entropia total deve ser maximizada, mas maximizar a entropia do universo nem sempre é uma tarefa fácil, aí entram os potenciais.

b)Para um sistema em contato com um reservatório térmico, escreva um princípio análogo à segunda lei da termodinâmica, mas em função apenas das variáveis do sistema, isto é, seus potenciais termodinâmicos.

c)Faça o mesmo para um sistema em contato com um reservatório que mantém não só a temperatura, mas também a pressão do sistema constante.

7 Pressão de saturação

Deduza a equação de Clausius-Clapeyron

$$\frac{dP_s}{dT} = \frac{\mu\lambda}{RT^2}P_s$$

Sendo o calor latente de vaporização λ, temperatura T, pressão de saturação P_s e massa molar μ.

Dica:Trabalhe com um ciclo de Carnot infinitesimal em que o trabalho é realizado pelo vapor de água e que ambas as fontes quente e fria são feitas de água, com temperaturas T_0 e T_1, respectivamente.

8 Teorema do Virial

Quando analisamos um sistema com um número muito grande de partículas, é conveniente trabalhar com médias. O teorema do virial relaciona a Energia cinética média e a energia potencial média de interação de um sistema com número alto de partículas, onde a média é tirada sobre o tempo.

a)Para um sistema com N partículas, defina a grandeza A como sendo:

$$\Gamma = \sum_i m_i \vec{v}_i \cdot \vec{r}_i$$

A partir dessa grandeza e a média de sua derivada temporal, podemos encontrar uma relação do tipo:

$$\langle K \rangle_t = -\gamma \langle U \rangle_t$$

Considerando que cada partícula está sujeita a forças externas ($\vec{F}_i$ para cada partícula) e internas ($\vec{F}_{ij}$ entre as partículas i e j), determine o valor de γ e U utilizando o fato de que $\left\langle \frac{d\Gamma}{dt} \right\rangle_t = 0$.

b)Podemos utilizar o resultado do item anterior para determinar a equação de estado de um gás. Considere um recipiente cúbico de aresta a com um dos vértices centrados na origem e de modo que sobre cada eixo cartesiano exista uma aresta. Aplicando o teorema do virial, mostre:

$$PV = NK_bT + \frac{1}{3}\sum_i \sum_j \vec{F}_{ij} \cdot \vec{r}_{ij}\delta_{ij}$$

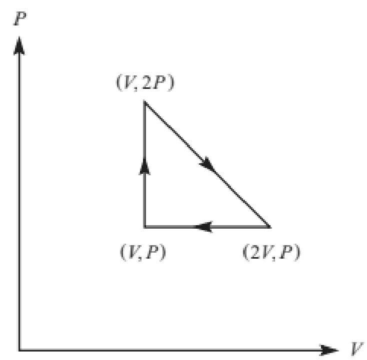
Onde δ_{ij} é o delta de Kronecker. Analise o caso do gás ideal.

9 Placas oprimidas

Uma superfície plana negra é mantida a uma temperatura elevada T_q é paralela a outra placa semelhante, mas a uma temperatura menor, T_f. Entre as placas há vácuo. A fim de diminuir o fluxo de radiação entre as placas, são introduzidas outras N placas termicamente isoladas entre as duas primeiras. Após certo tempo, o regime estacionário é alcançado. Por qual fator ξ a fluxo de energia é reduzido após a introdução das placas?

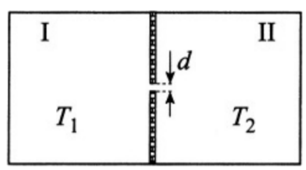
10 Rendimento

Calcule o rendimento do ciclo termodinâmico da figura.



11 Buraquinho

Um container é dividido em duas partes por uma partição com um pequeno furo de diâmetro d. Gás Hélio é colocado em ambas as partes, com diferentes temperaturas (T_1 e T_2).



a)Como o diâmetro d determina o processo físico pelo qual os gases atingem o estado de equilíbrio?
b)Qual é a razão entre o livre caminho médio das divisões λ_1/λ_2 quando $d << \lambda_1$ e $d << \lambda_2$?
c)E quando $d >> \lambda_1$ e $d >> \lambda_2$?

Gabarito

1)$\frac{T_1+T_2+T_3}{3}$

2) Conseguiria, $T_{max} \approx 63°C$

3)$\frac{2}{3}\eta R T_1 \sqrt{\frac{RT_2}{M}}$

4)$T_0\sqrt{\frac{\theta}{2}}$

5)a)$\Delta S = 0$ b)$\Delta S = NK_b Ln(2)$ c)$\Delta S = NK_b Ln\left(\frac{(V_1+V_2)^2}{V_1V_2}\left(\frac{(T_1+T_2)^2}{4T_1T_2}\right)^3\right)$

6) a) $F = U - TS \quad G = U - TS + PV \quad H = U + PV$ b)$\Delta F \leq 0$ c)$\Delta G \leq 0$

7)Dedução

8)a)$\gamma = \frac{1}{2}$ b) Demonstração

9)$\epsilon = \frac{1}{N+1}$

10)$\eta = \frac{16}{97}$

11)a) discussão qualitativa b)$\frac{1}{\sqrt{2}}$ c)$\frac{1}{2}$