Provinha XIII – Despedida ♡

Parte 1

①Durante o primeiro contato com termodinâmica, os exemplos mais utilizados são em geral sistemas hidrostáticos, por exemplo, gases ideias. Contudo, a termodinâmica pode ser utilizada para descrever diversos sistemas. Um exemplo desses sistemas é um material paramagnético[1], como a platina ou o alumínio. Diferentemente de materiais ferromagnéticos, como níquel e o ferro, que são facilmente magnetizados e continuam mantendo suas propriedades magnéticas mesmo após o campo magnético ser desligado, os paramagnetos interagem muito fracamente com o campo magnético e não mantêm sua magnetização após o campo externo ser desligado.

Gases ideias são descritos por variáveis como pressão, volume e temperatura, enquanto a descrição termodinâmica de um paramagneto é feita por meio da intensidade do campo magnético H, a magnetização M do material e a temperatura T. A equação de estado que relaciona essas três variáveis é conhecida como Lei de Curie

$$M = D\frac{H}{T},$$

onde D é uma constante conhecida como constante de Curie. A variação de energia interna é dada em termos da variação da entropia e da magnetização por $dU = TdS + HdM$, onde o termo HdM é análogo ao trabalho $-PdV$ para um gás ideal. Trabalho nesse caso é entendido como a energia dedicada a magnetizar ou desmagnetizar o paramagneto. Vale também que $dU = C_M dT$, com C_M constante.

1. Mostre que a relação que vincula os valores iniciais da magnetização e do campo magnético M_i , T_i aos valores finais M_f , T_f em uma transformação adiabática, em termos de C_M e D, é dada por
$$M_f^2 - M_i^2 = 2C_M D \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right).$$

2. Represente o ciclo, composto por duas transformações adiabáticas e duas transformações isotérmicas, em um diagrama $H - M$. As isotermas correspondem respectivamente a uma temperatura mais alta, T_Q, e outra mais baixa, T_F . Indique os quatro estados nos vértices do diagrama como (M_1, H_1) (início do ciclo, no valor mais alto para a magnetização e à temperatura T_Q), (M_2, H_2), (M_3, H_3) e (M_4, H_4).

3. Calcule o trabalho total realizado no ciclo, em função de M_1, M_2, T_Q, T_F e da constante D.

4. Obtenha a eficiência do ciclo, dada pela razão entre o trabalho total realizado e o calor absorvido (à temperatura T_Q).

[1] Alguns exemplos de tais sistemas podem ser encontrados no capítulo 2 de "M. W. Zemansky, Heat and Thermodynamics, McGraw-Hill, 1997".

Parte 2 - Extra, porém, útil para trabalhar conceitos para a P2 ☺

② Seja o ciclo representado pela Figura 1, realizado por n moles de um gás ideal, no plano T × S. Considere conhecidas as temperaturas T_1 e T_2 e a diferença de entropia $\Delta S \equiv S_2 - S_1 > 0$.

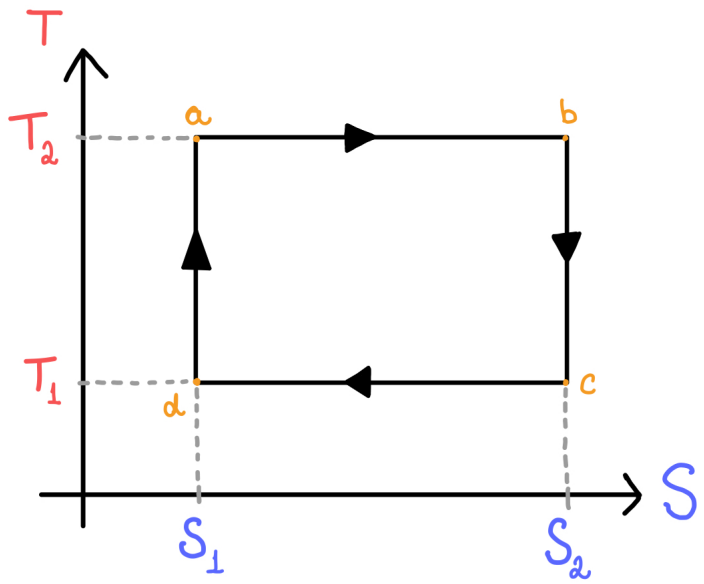

Figura 1

1. Calcule o calor transferido em cada etapa ($a \to b, b \to c, c \to d, d \to a$) em função de ΔS, T_1 e T_2, indicando se este foi absorvido pelo sistema ou cedido pelo mesmo.
2. Calcule a diferença de energia interna em cada etapa ($a \to b, b \to c, c \to d, d \to a$) em função de C_V, T_1 e T_2, onde C_V é a capacidade térmica molar a volume constante do gás.
3. Calcule o trabalho total no ciclo, em função de $\Delta S, T_1$ e T_2, indicando claramente se este foi realizado pelo sistema ou sobre ele.
4. Este ciclo representa uma máquina ou um refrigerador? Justifique. Se você achar que representa uma máquina, calcule a sua eficiência térmica η. Se você acha que representa um refrigerador, calcule o seu coeficiente de desempenho K.