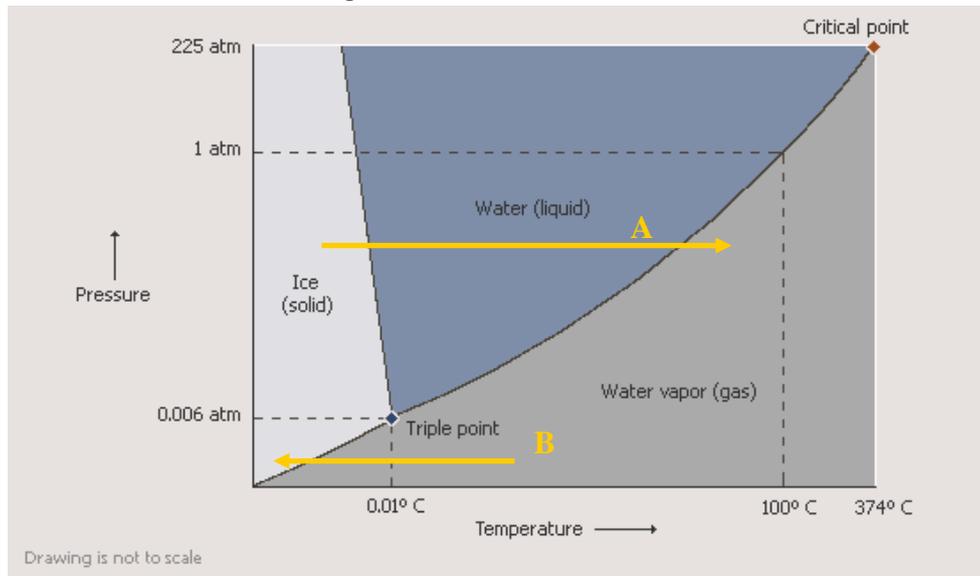


## 4ª Série de Problemas

### Termodinâmica e Estrutura da Matéria

#### MEBM, MEFT e LMAC

1. A figura representa um diagrama de fase para a água. Que transições de fase se observam se fizermos o sistema evoluir segundo os percursos A e B indicados com setas na figura?



2. O hélio e a água são correctamente descritos, na transição líquido-vapor, pela equação de van der Waals (VDW):

$$\left( p + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

Para o hélio tem-se

$$a = 0,03415 \times 10^6 \text{ atm cm}^6 \text{ mole}^{-2}$$

$$b = 23,71 \text{ cm}^3 \text{ mole}^{-1}$$

e para a água:

$$a' = 5,468 \times 10^6 \text{ atm cm}^6 \text{ mole}^{-2}$$

$$b' = 30,52 \text{ cm}^3 \text{ mole}^{-1}$$

- 2.a)** Indique, justificando, qual das duas substâncias tem forças de interacção molecular mais intensas. Calcule a relação de ordem de grandeza entre as suas intensidades.
- 2.b)** Indique, justificando, qual das duas substâncias tem um ponto de ebulição mais baixo, à pressão atmosférica.
- 2.c)** Indique qual das duas substâncias tem moléculas maiores. Estime o valor do raio dum átomo de hélio

3. Pretende-se obter algumas propriedades do amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) no ponto triplo. A pressão de vapor do amoníaco sólido é dada por

$$\ln p = 23.03 - \frac{3754}{T}$$

e a pressão de vapor do amoníaco líquido por

$$\ln p = 19.49 - \frac{3063}{T}$$

onde a pressão  $p$  está em Torr e a temperatura  $T$  em K.

- 3.a)** Calcule a temperatura  $T_0$  e a pressão  $p_0$  do ponto triplo do amoníaco.
- 3.b)** Verifique qual é o estado físico do amoníaco a PTN.
4. Determine a temperatura de ebulição de água numa panela de pressão, sabendo que a pressão no seu interior atinge 2 atm.
5. Sabendo que a temperatura do gelo num *ring* de patinagem é de  $-7^\circ\text{C}$ , determine qual poderá ser a área máxima que a lâmina dos patins para que a pressão exercida por uma pessoa com 50 kg de massa seja suficiente para baixar o ponto de fusão do gelo abaixo da temperatura do gelo no *ring*. A massa específica da água líquida é de cerca de  $1 \text{ g/cm}^3$  e a do gelo é de cerca de  $0.92 \text{ g/cm}^3$ .
6. Calcule o trabalho realizado por uma transformação reversível entre um estado inicial  $i$  e um estado final  $f$  para um gás ideal, no caso de ser submetido a uma transformação isotérmica, isobárica, isométrica ou adiabática. Qual o trabalho realizado por um sólido ou líquido submetido a aquecimento reversível?
7. Calcule o acréscimo de entropia de um cubo de gelo de 1 cm de aresta, ao fundir-se à temperatura ambiente num dia de calor ( $30^\circ\text{C}$ )? Há alguma diferença se for num dia frio? E se o cubo for fundido fornecendo-lhe apenas trabalho? Justifique.  
*Calor de fusão do gelo = 80 cal/g.*  
*Volume específico do gelo a  $0^\circ\text{C}$  =  $1,0907 \text{ cm}^3/\text{g}$ .*

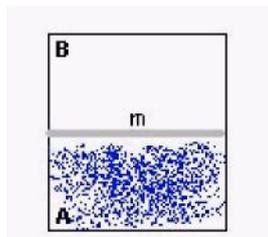
8. Calcule o acréscimo de entropia ocasionado pela vaporização de  $1 \text{ cm}^3$  de água à temperatura de  $100^\circ\text{C}$ .  
*Calor de vaporização da água =  $540 \text{ cal/g}$ .*

9. A seguir a nevar faz menos frio (porquê?). Use dados dos problemas anteriores para calcular a quantidade de calor libertada, ao congelar  $1 \text{ kg}$  de água a  $0^\circ\text{C}$ . E ao condensar  $1 \text{ kg}$  de vapor a  $100^\circ\text{C}$ ? Em cada um dos casos, a entropia da água aumenta ou diminui? E a do ambiente?

10. Um meteoro à temperatura de  $3000 \text{ K}$  enterra-se num icebergue que andava a flutuar no mar à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . O meteoro tem uma massa de  $10 \text{ kg}$  e embate com uma velocidade de  $10 \text{ km/s}$ . Sabendo que  $C_{p\text{meteoro}} = 800 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$  calcule:

- 10.a) a quantidade de gelo que derrete;  
10.b) a variação de entropia do icebergue;

11. Considere uma mole de  $\text{N}_2$  que se encontra dentro de um recipiente isolado, confinado ao volume A tal como é mostrado na figura. Os compartimentos A e B estão separados por uma divisória móvel de massa  $m$  que está a uma altura  $h$  relativamente à base do recipiente. Em B existe vácuo.



Considere o azoto como um gás ideal. Sejam ainda:  $V_A = 1 \text{ m}^3$ ;  $V_B = V_A$ ;  $T_A = 200 \text{ K}$ ;  $m = 2,5 \text{ kg}$ ;  $h = 8,3 \text{ m}$

- 11.a) Num primeiro processo de transformação a divisória é removida horizontalmente. Para este caso:
- 11.a.i) Calcule a temperatura final e a pressão final do sistema.  
11.a.ii) Calcule o calor que seria necessário fornecer ao sistema, após a expansão, para repor a pressão inicial.
- 11.b) Num segundo processo de transformação solta-se a divisória para que ela suba até ficar encostada à parte superior do recipiente. Considera-se que toda a energia cinética da divisória é transformada em energia interna após a barra encostar na parte superior do recipiente. Para este caso:
- 11.b.i) Calcule a temperatura final e a pressão final do sistema.

- 11.b.ii)** Calcule o calor que seria necessário fornecer ao sistema após a expansão para repor a pressão inicial. Compare com o valor da alínea a.ii) e comente.
- 11.c)** Calcule a variação de entropia do Sistema e do Universo durante os dois processos de expansão anteriormente descritos (sem se fornecer calor). Comente a diferença entre os valores calculados.
- 12.** Cinco moles de um gás monoatômico à temperatura de 300 K estão dentro de um recipiente termicamente isolado de forma cúbica com 1 m de aresta. Uma das paredes da caixa é móvel e é submetida a uma força externa de  $25 \times 10^3$  N, comprimindo o gás.
- 12.a)** Calcule a pressão inicial do gás no interior da caixa.
- 12.b)** Qual é a pressão final do gás após a transformação?
- 12.c)** Qual é o volume ocupado pelo gás depois de se estabelecer o equilíbrio durante a aplicação da força de compressão? E a sua temperatura?
- 12.d)** Calcule a variação de entropia do universo na transformação.
- 13.** Uma caixa de  $0.3 \text{ m}^3$ , termicamente isolada, encontra-se dividida a meio por uma parede rígida. No compartimento da direita encontra-se uma mole de Hélio a 300 K e no compartimento da esquerda 2 mole de Argon a 400 K.
- 13.a)** É retirado o isolamento térmico à parede divisória que permanece fixa ao centro da caixa. Calcule a p, V e T de ambos os gases após ser atingido o equilíbrio. Calcule a variação de entropia do sistema.
- 13.b)** A parede divisória é agora tornada móvel. Calcule a p, V e T de ambos os gases após ser atingido o equilíbrio. Calcule a variação de entropia do sistema.
- 13.c)** A parede divisória é então removida do interior da caixa. A entropia do sistema varia? Justifique com cálculos.
- 14.** Um recipiente cilíndrico é tapado por um pistão rígido que se pode mover sem atrito. O conjunto encontra-se submetido à pressão atmosférica e está termicamente isolado. No interior do recipiente encontram-se inicialmente 10 moles de Azoto a  $20^\circ\text{C}$ . Nessa altura injectam-se 9 g de vapor de água a  $120^\circ\text{C}$ . Despreze a capacidade calorífica do recipiente.
- 14.a)** Qual é a temperatura final do sistema?
- 14.b)** Estime o volume final da mistura.
- 14.c)** Determine a variação de entropia do Universo nesta transformação.