



Pró-Ensino

LISTA DE EXERCÍCIOS
SEGUNDA LEI DA
TERMODINÂMICA

Físico-Química

2024



01. (ATKINS) Calcule a entropia molar de uma amostra de neônio, mantida a volume constante, a 500 K, sabendo que ela é igual a $146,22 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ a 298 K.
02. (CASTELLAN) Um sólido monoatômico tem uma capacidade calorífica de $C_p = 3,1R$. Calcule o aumento de entropia de um mol deste sólido no caso da temperatura ser aumentada de 300 K a 500 K, a pressão constante.
03. (ATKINS) Calcule ΔH e ΔS_{tot} quando dois blocos de cobre, cada um com 10,0 kg de massa, um a 100°C e outro a 0°C , são colocados em contato térmico, num vaso isolado. O calor específico do cobre é de $0,385 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e aproximadamente constante no intervalo de temperatura considerado.
04. (LEVINE) Calcule ΔS para a mistura de 10,0 g de He a 120°C e 1,50 bar com 10,0 g de O_2 a 120°C e 1,50 bar.
05. (ATKINS) Calcule a entropia padrão das seguintes reações a 298 K:
- $2 \text{CH}_3\text{CHO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$
 - $2 \text{AgCl}(\text{s}) + \text{Br}_2(\text{l}) \longrightarrow 2 \text{AgBr}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
 - $\text{Hg}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{HgCl}_2(\text{s})$
06. (CASTELLAN) a) Qual a variação de entropia se um mol de água for aquecido de 0°C a 100°C , sob pressão constante; $C_p = 75,291 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.
b) O ponto de fusão é 0°C e o calor de fusão é $6,0095 \text{ kJ mol}^{-1}$. O ponto de ebulição é 100°C e o calor de vaporização é $40,6563 \text{ kJ mol}^{-1}$. Calcule ΔS para a transformação:
gelo (0°C , 1 atm) \longrightarrow vapor (100°C , 1 atm)
07. (ATKINS) A entropia-padrão de combustão do fenol sólido ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) é $-3054 \text{ kJ mol}^{-1}$ a 298 K, e a sua entropia molar padrão é $144,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Calcule a energia de Gibbs padrão de formação do fenol a 298 K.
08. (LEVINE) Verdadeiro ou Falso?
- Para um sistema fechado, ΔS nunca pode ser negativo;
 - Para um processo reversível em um sistema fechado, ΔS tem que ser zero;
 - Para um processo reversível em um sistema fechado, ΔS_{univ} tem que ser zero;
 - Para um processo adiabático em um sistema fechado, ΔS não pode ser negativo;



- e) Para um processo em um sistema isolado, ΔS não pode ser negativo;
- f) Para um processo adiabático em um sistema fechado, ΔS tem que ser zero;
- g) Um processo adiabático não pode diminuir a entropia de um sistema fechado;
- h) Para um sistema fechado, o equilíbrio é atingido quando S atinge o valor máximo.
09. (ATKINS) Calcule o trabalho máximo, diferente do de expansão, que pode ser obtido, por mol, numa célula a combustível em que a reação química é a combustão do metano a 298 K.
10. (CASTELLAN) Para a água líquida a 25°C, $\alpha = 2,07 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ e a densidade pode ser tomada como sendo 1,00 g/cm³. Calcule ΔS quando um mol de água líquida a 25°C é comprimido isotermicamente de 1 atm para 1000 atm supondo que:
- a) A água seja incompressível, isto é $k = 0$
- b) Que $k = 2,53 \times 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$.
11. (ATKINS) a) Calcule a eficiência do ciclo de Carnot de uma máquina térmica primitiva que opera com o vapor a 100°C e descarrega a 60°C.
- b) Repita o cálculo para uma turbina a vapor moderna que opera com o vapor a 300°C e descarrega a 80°C.
12. (LEVINE) Quais das seguintes afirmativas podem ser provadas a partir da segunda lei da termodinâmica?
- a) Para qualquer sistema fechado, o equilíbrio corresponde à posição de entropia máxima do sistema.
- b) A entropia de um sistema isolado deve permanecer constante.
- c) Para um sistema encerrado entre paredes adiabáticas impermeáveis, a entropia do sistema atinge o valor máximo no equilíbrio.
- d) A entropia de um sistema fechado nunca pode diminuir.
- e) A entropia de um sistema isolado nunca pode diminuir.
13. (ATKINS) Calcule a variação da energia livre de Gibbs de 35g de metanol (massa específica 0,789 g/cm³) quando a pressão aumenta isotermicamente de 1 atm até 3000 atm.
14. (CASTELLAN) Num frasco de Dewar (recipiente adiabático) adicionam-se 20 g de gelo a -5°C a 30 g de água a 25°C. Se as capacidades caloríficas forem $C_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 4,18 \text{ J/Kg}$ e $C_p \text{ H}_2\text{O}, \text{s}) = 2,09 \text{ J/Kg}$, qual será o estado final do



- sistema, sabendo-se que a pressão é constante? $\Delta H_{\text{fus}} = 334 \text{ J/g}$. Calcule ΔS e ΔH para a transformação.
15. (ATKINS) Calcule a variação do potencial químico (ou seja, da energia de Gibbs molar) de um gás perfeito quando a sua pressão aumenta isotermicamente de 1,8 atm até 29,5 atm, a 40°C .
16. (CASTELLAN) Quantos gramas de água a 24°C precisam ser adicionados ao frasco de Dewar, contendo 20 g de gelo a -5°C , para satisfazer as condições abaixo de (a) e (d)? Calcule a variação de entropia em cada caso.
- A temperatura final é -2°C ; toda a água congela.
 - A temperatura final é 0°C ; metade da água congela.
 - A temperatura final é 0°C ; metade do gelo funde.
 - A temperatura final é 10°C ; todo o gelo funde.
17. (ATKINS) O coeficiente de fugacidade de um certo gás, a 200 K e 50 bar, é 0,72. Calcule a diferença entre a energia de Gibbs molar do gás e a de um gás perfeito, no mesmo estado.
18. (CASTELLAN) Vinte gramas de vapor a 120°C e 300 g de água líquida a 25°C são colocados juntos dentro de um frasco isolado. A pressão é mantida em 1 atm. Se $C_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 4,18 \text{ J/Kg}$, $C_p(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 1,86 \text{ J/Kg}$ e $\Delta H_{\text{vap}} = 2257 \text{ J/g}$, a 100°C ,
- Qual a temperatura final do sistema e qual (ou quais) fases encontra-se presente?
 - Calcule ΔS para a transformação.
19. (ATKINS) Calcule a variação da energia de Gibbs molar do hidrogênio gasoso quando a sua pressão aumenta isotermicamente, a 298 K, de 1,0 atm até 100,0 atm.
20. (CASTELLAN) Um lingote de cobre, com uma massa de 1 kg e uma capacidade calorífica média de $0,39 \text{ J/K}$, está a uma temperatura de 500°C .
- Se o lingote for banhado em água, que massa de água a 25°C deverá ser usada para que o estado final do sistema consista de água líquida, vapor e cobre sólido a 100°C , sendo metade da água convertida em vapor. A capacidade calorífica da água é de $4,18 \text{ J/K}$ e o seu calor de vaporização é 2257 J/g .
 - Qual o valor de ΔS nessa transformação?



GABARITO

- 1) $152,67 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.
- 2) $13,2 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.
- 3) $\Delta H = 0$
 $\Delta H_{\text{tot}} = 0$
 $\Delta S_{\text{tot}} = +93,4 \text{ J K}^{-1}$
- 4) $8,14 \text{ J K}^{-1}$
- 5) a) $-386,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
b) $+92,6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
c) $-153,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- 6) a) $23,488 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
b) $153,443 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- 7) -50 kJ mol^{-1} .
- 8) (a) F; (b) F; (c) V; (d) V; (e) V; (f) F; (g) V; (h) F.
- 9) $817,90 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 10) a) $-0,377 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
b) $-0,369 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- 11) $\eta = 1 - \frac{333\text{K}}{373\text{K}} = 0,11$.
 $\eta = 1 - \frac{353\text{K}}{573\text{K}} = 0,38$.
- 12) (c), (e).
- 13) 12 kJ .
- 14) Estado final: $11,2 \text{ g}$ de gelo e $38,8 \text{ g}$ de H_2O líquido a 0°C ; $\Delta H = 0$; $\Delta S = 0,50 \text{ J/K}$
- 15) $+7,3 \text{ kJ mol}^{-1}$.



- 16) a) 0,28 g; 0,01 J/K mol
b) 0,77 g; 0,02 J/K
c) 34 g; 0,6 J/K
d) 123 g; 1,6 J/K
- 17) $-0,55 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 18) a) Todos líquidos a $64,0^\circ\text{C}$
b) 23 J/K
- 19) $+11 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 20) a) 108 g
b) 144 J/K

Bibliografia:

ATKINS, Peter; PAULA, Julio de. Físico-Química 1. 9. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2012.

CASTELLAN, G. Fundamentos de Físico-Química. Livros Técnicos e Científicos Editora, 1986.

LEVINE, I. N. Físico-Química. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012