

Correção da prova 4 (P.4):

1) $n = 1,8 \text{ mol}$ $T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$ $V_i = 2\text{L}$
expansão isotérmica $T = \text{const.}$

$$V_f = 6\text{L}$$

$$R = 0,083 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$$

$$R = 8,3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

a) gás ideal $PV = nRT$ $P_i = \frac{nRT}{V_i} = \frac{1,8 \cdot 0,083 \cdot 300}{2}$ $\frac{P[\text{Pa}]}{V[\text{m}^3]}$

$$P_i = 22,41 \text{ atm}$$

$$P_f = 7,47 \text{ atm}$$

$$P_f = \frac{nRT}{V_f} = \frac{1,8 \cdot 0,083 \cdot 300}{6}$$

$$dU = ncvdT \Rightarrow \Delta U = ncv\Delta T$$

$$U_f - U_i = ncv(T_f - T_i) = ncvT_f - ncvT_i \Rightarrow U(T)$$

se $T = \text{const}$ isotérmico $\Delta U = 0$

1ª Lei da Termodinâmica

$$dU = dQ - dW$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$0 = Q - W \Rightarrow W = Q$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \quad e \quad P = \frac{nRT}{V}$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = n \cdot RT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 1,8 \cdot 8,3 \cdot 300 \ln\left(\frac{6}{2}\right) = 4.924 \text{ J}$$

$$W = Q = 4924 \text{ J}$$

$$dS = \frac{dQ_{rev}}{T} \Rightarrow \Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{4924}{300} = 16,41 \text{ J/K}$$

$$\Delta S = 16,41 \text{ J/K}$$

b) gás de van der Waals

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

$$dU = ncvdT + \left(\frac{an^2}{V^2}\right)dV$$

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

$$a = 0,55 \text{ J}\cdot\text{m}^3/\text{mol}^2$$

$$b = 6,38 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$$

$$V_i = 2\text{L} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_f = 6\text{L} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$R = 8,3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$P_i = \frac{1,8 \cdot 8,3 \cdot 300}{2 \times 10^{-3} - 1,8 \cdot 6,38 \times 10^{-5}} - \frac{0,55 \cdot 1,8^2}{(2 \times 10^{-3})^2}$$

S T Q Q S S D

$$\frac{nRT}{V-nb} \rightarrow \frac{an^2}{V^2}$$

$$P_i = \frac{4482}{0,001885} - \frac{1,782}{4 \times 10^{-6}} = 2.377.517 - 445.500 = 1.932.017 \text{ Pa}$$

$$P_i = 1.932.017 \text{ Pa} = 19,32 \text{ atm}$$

$$P_f = \frac{1,8 \times 83 \times 300}{6 \times 10^{-5} - 1,8 \times 6,38 \times 10^{-5}} - \frac{0,55 \times 1,8^2}{(6 \times 10^{-3})^2}$$

$$P_f = \frac{4482}{0,0058856} - \frac{1,782}{36 \times 10^{-6}} = 761.576 - 49.500 = 712.076 \text{ Pa}$$

$$P_f = 712.076 \text{ Pa} = 7,12 \text{ atm}$$

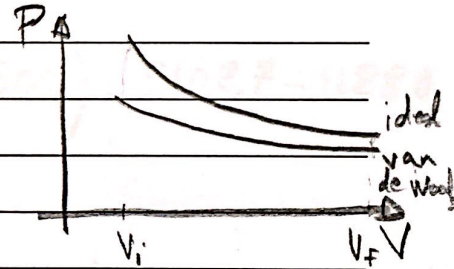
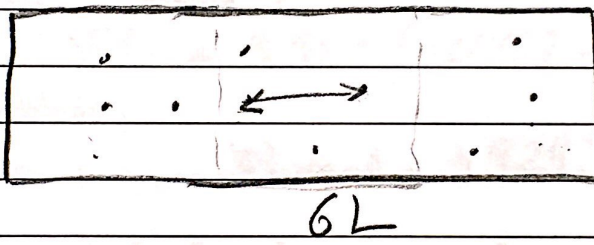
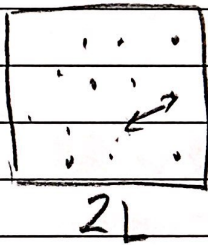
Ideal Real

P_i 22,41 19,32 atm

P_f 7,47 7,12 atm

A pressão final mudou menos

que a inicial, porque com maior volume a distância média entre as moléculas aumenta e a interação diminui.



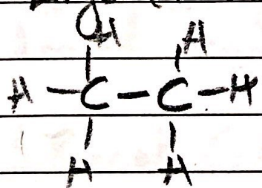
3 condições o gás ser considerado ideal

- baixa densidade $\rho = \frac{nm}{V}$ $n \rightarrow 0$ ou $V \rightarrow \infty$

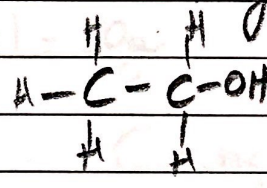
- não interação entre as moléculas

- as moléculas têm tamanho desprezível comparativamente ao tamanho do recipiente.

Ligação de hidrogênio (ou ponte de hidrogênio)



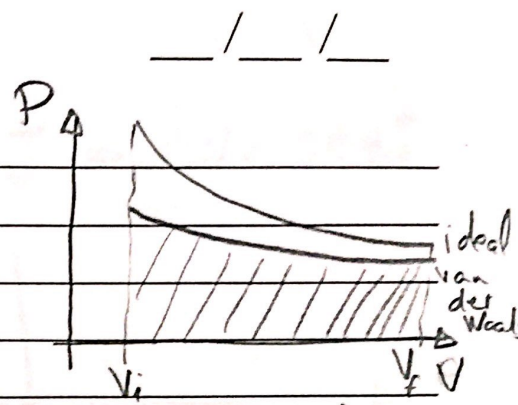
nas temperatura e pressão ambiente é gás



nas temperatura e pressão ambiente é líquido

$$b) P = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} \left(\frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2} \right) dV$$



$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V-nb} dV - \int_{V_i}^{V_f} \frac{an^2}{V^2} dV$$

$W = \text{area} = \int P dV$
 $W_{vdw} < W_{ideal}$

$$U = V - nb \quad dU = dV$$

$$W = nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V-nb} - an^2 \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V^2} = nRT \ln \left(\frac{V_f - nb}{V_i - nb} \right) + \frac{an^2}{V} \Big|_{V_i}^{V_f}$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_f - nb}{V_i - nb} \right) + an^2 \left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right) = 1,8 \times 8,3 \times 300 \ln \left(\frac{6 \times 10^{-3} - 1,8 \times 6,38 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-3} - 1,8 \times 6,38 \times 10^{-5}} \right) + 1,8^2 \left(\frac{1}{6 \times 10^{-3}} - \frac{1}{2 \times 10^{-3}} \right)$$

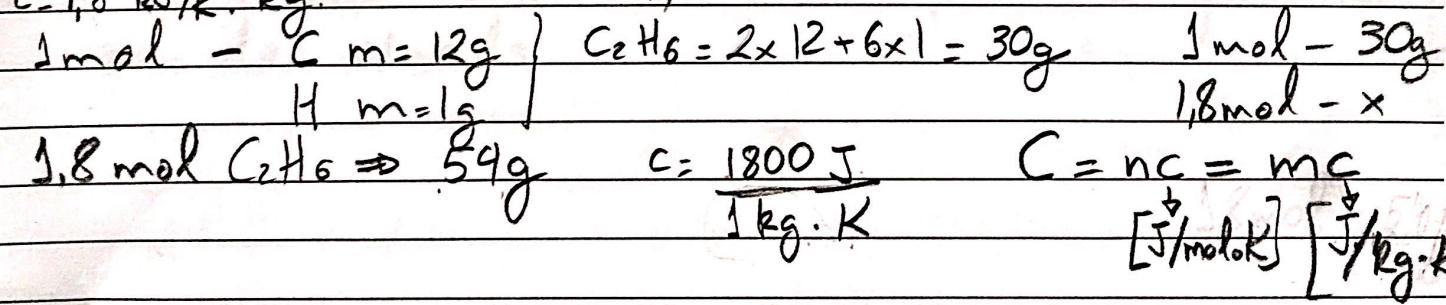
$$W = 4482 \ln \left(\frac{0,005885}{0,001885} \right) + 1,782 (166,667 - 500) = 5102,7 - 594,0$$

$W = 4508,7 \text{ J}$ $W_{ideal} = 4924 \text{ J}$

O trabalho no modelo de van der Waals é menor que o gás ideal, pois ele representa a área no diagrama PV e como P_{vdw} é sempre menor que a P_{ideal} , então a área será sempre menor.

$$c) dU = nc_v dT + \frac{an^2}{V^2} dV \Rightarrow \Delta U = \int_{T_i}^{T_f} nc_v dT + \int_{V_i}^{V_f} \frac{an^2}{V^2} dV \quad \begin{matrix} T_f = T_i \\ \Delta T = 0 \end{matrix}$$

$$\Delta U = nc_v \Delta T - an^2 \left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right) = \cancel{nc_v \Delta T} - an^2 \left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right)$$

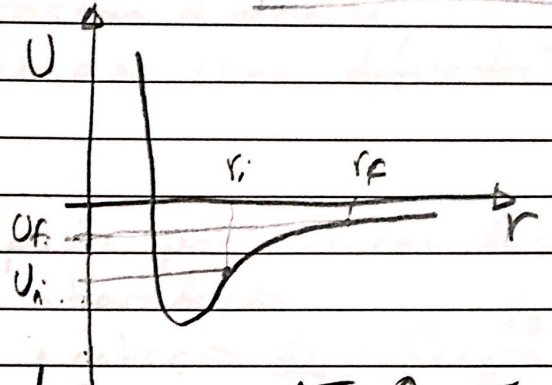


S T Q Q S S D

$$\Delta U = -0,55 \times 1,8^2 \left(\frac{1}{6 \times 10^{-3}} - \frac{1}{2 \times 10^{-3}} \right) = 594 \text{ J} \Rightarrow \boxed{\Delta U = 594 \text{ J}}$$

$$\Delta U_{\text{ideal}} = 0$$

Para o gás ideal a variação de energia interna é nula pois a ΔU só depende de ΔT



e no caso de um processo isotérmico $\Delta T = 0$. Já para o gás real existe a interação entre as moléculas que é atrativa, ou seja, negativa. Portanto quando aumentamos o volume e a distância entre as moléculas aumenta e a energia $U_f > U_i$

e) 1ª Lei da Termodinâmica $\Delta U = Q - W$

$$594 = Q - 4508,7$$

$$Q_{\text{ideal}} = 4924 \text{ J}$$

$$\Delta S_{\text{ideal}} = 16,4 \text{ J/K}$$

$$\boxed{Q = 5102,7 \text{ J}}$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{5102,7}{300} = 17 \text{ J/K}$$

Neste processo de expansão isotérmica houve uma variação de entropia maior para o gás real usando o modelo de van der Waals comparativamente ao gás ideal.

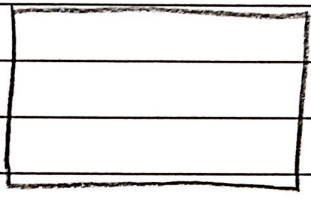
$$T_i = T_f$$

$$V_f = 3V_i$$

A desordem aumentou mais para o gás de van der Waals.

Formas de transporte de calor

- Condução \Rightarrow contato de corpos com diferentes T
- Convecção \Rightarrow mistura de fluidos com diferentes T
- Radiação \Rightarrow



material é composto por moléculas
movimentos \Rightarrow

- translação
- rotação
- vibração
- excitação eletrônica



níveis de energia
 quantizada

mudança no movimento necessariamente está associada a uma ΔU que é quantizado:

- excitações rotacionais \Rightarrow foton ou onda eletromagnética com energia na região de micro-ondas
- excitações vibracionais \Rightarrow foton ou onda eletromagnética com energia na região de infravermelho. (região do calor ambiente)
- excitações eletrônicas \Rightarrow foton ou onda eletromagnética com energia na região de ultra-violeta e visível.

