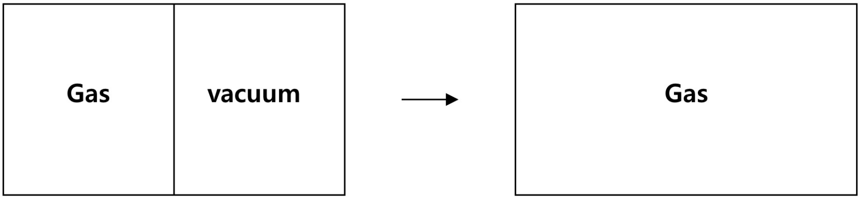
1. 왼쪽 그림과 같이 한쪽 box에 갇혀있던 ideal gas 입자들은 칸막이를 제거할 경우 진공 영역으로 퍼져 나가 통합된 전체 box 내에서 균일하게 분포를 하게 된다. 각 gas 입자들은 칸막이가 제거된 순간 옆에 빈 공간이 있으며 그리로 퍼져 나가야 할 운명이라는 것을 미리 알고 있었을까? (퍼져 나가야 할 어떤 force 같은 것을 느끼게 되는 걸까?) 이 문제에 대한 견해를 밝히시오.



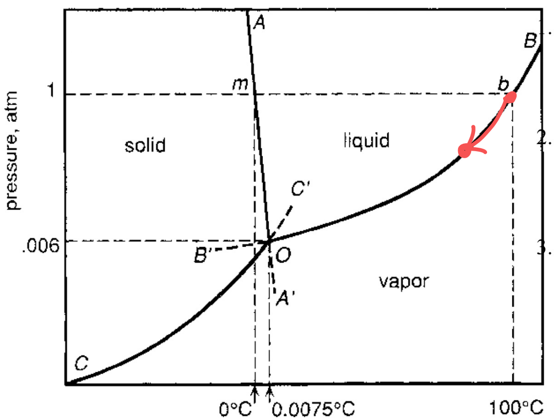
Ans : gas는 칸막이가 제거된 후 통합된 전체 box 내에서 균일하게 분포한 상태가 가장 안정한 상태이다.

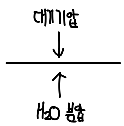
또한 해당 상태가 확률적으로 높다.

따라서 gas 입자들은 안정한 상태이자 엔트로피가 높아지는 방향으로 자발적으로 빈공간으로 퍼져나가야한다.

즉 gas 입자들은 기존의 위치에서 옆에 빈공간으로 퍼져나가야 할 어떤 force와 같은 것을 느끼게 된다.

2. 높은 산에 올라가 냄비에 밥을 지으면 3층밥이 되는 경우가 많다. 그 이유를, H_2O의 P-T diagram을 이용하여, 물이 끓는다는 것의 의미와 함께 과학적으로 설명하시오. 또한 3층밥이 지어지는 것을 피하기 위한 대안을 제시하시오.





대기기압 ≤ H_2O 분압인 경우
H_2O는 물에서 수증기가 되며 즉 물이 끓는 상태가 된다.
산아래에서는 대기 기압이 약 1atm으로
phase diagram을 보면 알 수 있듯이
물의 온도가 100°가 되었을때부터 끓기시작한다는 것을 알 수 있다.
반면 높은 산에서는 대기 기압이 낮아진다. 따라서 H_2O가
대기 기압보다 커지는 순간의 물의 온도가 낮아진다.
즉, 물이 더 낮은 온도에서부터 끓기시작하여 밥이 다 익기전에
물이 모두 증발해 버려서 아랫부분은 타고 중간은 익고 맨 윗부분은
충분한 열이 전달되지 못해 설익는 3층밥이 되는 것이다..

이러한 현상을 피하기 위한 대안은 냄비위에 돌을 올려서
냄비 속 압력을 높여줌으로서 H_2O의 끓는점을 높여주는 것이다.

3. An ideal gas at 300 K has a volume of 15 liters at a pressure of 15 atm. Calculate (1) the final volume of the system, (2) the work done by the system, (3) the heat entering or leaving the system, (4) the change in the internal energy, and (5) the change in the enthalpy when the gas undergoes
    a. A reversible isothermal expansion to a pressure of 10 atm
    b. A reversible adiabatic expansion to a pressure of 10 atm

The constant volume molar heat capacity of the gas, c_v, has the value 1.5 R.

Initial gas : $T = 300K,\ V = 15L,\ P = 15atm$

(a)-(1) final : $P = 10$ atm , 300K , V_f

Isothermal process $\rightarrow PV = \underbrace{nRT}_{constant}$ $\Rightarrow PV$는 constant

$$P_iV_i = P_fV_f$$

$$\Rightarrow (15atm)(15L) = (10atm)V_f$$

$$\Rightarrow V_f = 22.5L$$

(2) Initial 에서 $PV = nRT$

$$\Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{(15atm)(15L)}{(0.082 atm\cdot L/mol\cdot K)(300K)} = 9.14mol$$

$$W = \int P\,dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V}\,dV = nRT\ln\frac{V_f}{V_i}$$

$$= (9.14mol)(8.314J/mol\cdot K)(300K)\ln\frac{22.5}{15} = 9243J$$

(3) $\Delta U = q - W = nC_v\underbrace{dT}_{=0} = 0$

$$\Rightarrow q = W = 9243J \quad \because Q3\text{-}(a)\text{-}b$$

(4) $\Delta U = nC_v\underbrace{dT}_{=0}$ $(\because$ Isothermal $)$

$$\Rightarrow \Delta U = 0$$

(5) $\Delta H = nC_p\underbrace{dT}_{=0}$ $(\because$ Isothermal$)$

$$\Rightarrow \Delta H = 0$$

(b)-(1) final : $P = 10\ atm$

adiabatic process $\rightarrow PV^{\gamma}$ = constant

$\gamma - 1 = \frac{R}{C_v} = \frac{R}{1.5R}$

$\Rightarrow \gamma = \frac{5}{3}$

$P_i V_i^{\frac{5}{3}} = P_f V_f^{\frac{5}{3}}$

$\Rightarrow (15\,atm)(15L)^{\frac{5}{3}} = (10\,atm) V_f^{\frac{5}{3}}$

$\Rightarrow V_f^{\frac{5}{3}} = \frac{15atm}{10atm}(15L)^{\frac{5}{3}}$

$\Rightarrow V_f = 19.1\ L$

(2) $T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{(10\,atm)(19.1L)}{(9.14mol)(0.082\ atm \cdot L/mol \cdot K)}$

$= 255\ K$

$dU = -\delta W + \underbrace{q}_{=0}$

$\Rightarrow W = -nC_v \Delta T$

$= -(9.14mol)\,1.5(8.314J/mol \cdot K)(255K - 300K)$

$= 5129J$

(3) $q = 0$ $\quad\because$ adiabatic process

(4) $\Delta U = \underbrace{q}_{=0} - W$

$\Rightarrow \Delta U = -W = -5129J$ (Q3-(b)-2)

$\therefore \Delta U = -5129\ J$

(5) $\Delta H = nC_p\, dT$

$C_p = C_v\, \gamma = (1.5R)\frac{5}{3} = 2.5R$

$\Rightarrow \Delta H = (9.14\,mol)\,2.5\,(8.314J/mol \cdot K)(225K - 300K)$

$= -8549J$

4. One mole of a monatomic ideal gas, in the initial state T = 273 K, P = 1 atm, is subjected to the following three processes, each of which is conducted reversibly:

a. A doubling of its volume at constant pressure

b. Then a doubling of its pressure at constant volume

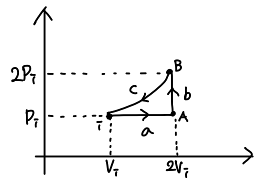
c. Then a return to the initial state along the path $P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667$.

Calculate the heat and work effects which occur during each of the three processes.

Initial : $T = 273K$, $P = 1\,atm$, $1mol \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1atm)(0.082\ atm\cdot L/mol\cdot k)(273K)}{(1atm)} = 22.4L$

(a) constant pressure

$P_A = P_i = 1atm$, $V_A = 2V_i = 44.8L$, $\rightarrow P_iV_i = nRT_i$, $P_i 2V_i = 2nRT_i$ $\rightarrow T_A = 2T_i = 546K$



$W = P \cdot dV$

$= 1atm \cdot (44.8L - 22.4L)(101.325\ J/atm\cdot L) = 2270J$

$q = \Delta U + W = nC_v\Delta T + W$ ($C_v = 1.5$ for ideal gas)

$= (1mol)1.5(8.314J/mol\cdot k)(546k - 273k) + 2270J = 5675J$

$\therefore W = 2270J$

$q = 5675J$

(b) $P_B = 2P_i = 2atm$. $V_B = V_A = 44.8L \rightarrow 2P_i 2V_i = 4nRT_i \rightarrow T_B = 4T_i = 1092K$

$W = 0$ ($\because dV = 0$)

$q = \Delta U + W = \Delta U = nC_v dT$

$= (1mol)1.5(8.314J/mol\cdot K)(1092K - 546K) = 6809J$

$\therefore W = 0J$

$q = 6809J$

(c) $W = \int P\,dV = \int_{44.8}^{22.4} (6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667)\,dV$

$= \left\{\frac{1}{3}(6.643 \times 10^{-4})((22.4)^3 - (44.8)^3) + 0.6667(22.4 - 44.8)\right\} \times (101.325J/atm\cdot L) = -3278J$

$q = \Delta U + W = nC_v\Delta T + W$

$= (1mol)1.5(8.314J/mol\cdot K)(273K - 1092K) - 3278J$

$= -13492J$

$\therefore W = -3278J$

$q = -13492J$