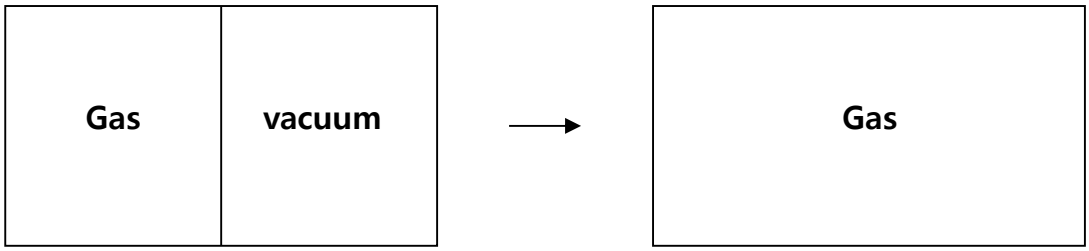
Department of Materials Science and Engineering
Pohang University of Science and Technology

AMSE205 Thermodynamics I

due date: Oct. 05, 2021 Prof. Byeong-Joo Lee

Problem Set #1 calphad@postech.ac.kr
Room 1- 311

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.



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.

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.

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.

1. force보다는 자발적으로 일어나는 현상이라 생각한다.

모든 물질들은 온도에 따라 일정한 운동에너지를 갖고 빠르게 운동하고 있다.

칸막이를 열기 전에 한쪽에 있었지만,

칸막이를 여는 순간에는 칸막이에 부딪히려 하는 분자들이 존재하였으며,

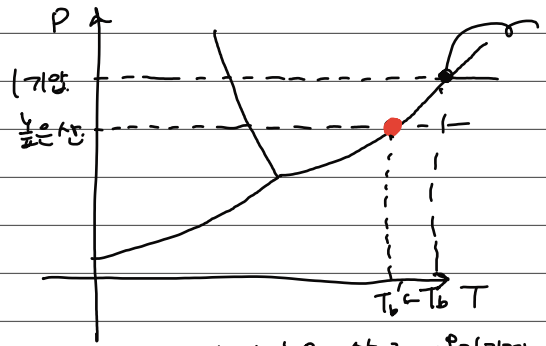
이 분자들이 새로운 공간으로 들어가기 시작하며 확산이 발생한다고 생각한다.

① 전체 공간이 2배로 늘어나면서, 쉼없이 운동하는 분자가 새공간에 들어갈 확률은 $\frac{1}{2}$이 될 것이고, 평형상태에서는 분자 수의 $\frac{1}{2}$만큼이 새로운 공간에 분포할 것이라 예상한다.

② 그러나, 열린 직후에는 얘기가 다르다. 열린 직후에 나는 벽이 '부딪히고 있는' 분자에 집중하였으며, 면이 6개로 둘러싸여있기 때문에

열린 직후에는 전체 분자의 $\frac{1}{6}$만큼이 오른쪽으로 담겨있을 것이라 예상된다.

2. 높은 산에 올라가면 ⇒기압↓



1기압에서는 boiling point가 100°C

∴ 일상에서 물분자들이 서로 1기압으로 누르기때문에 100°C에서 끓는다.

but. 높은 산으로 올라가게 되면 표면 및 내부의 물분자들이 다른 물분자들을 누르는 힘이 1기압보다 줄어들게 된다.

⇒ 우리 발견색 점에서 물이 끓게 된다.

∴ 1기압에서의 boiling point보다 낮은 point에서 물이 끓어 증발이 만들어진다.

이를 해결하기 위해서는 냄비 뚜껑위에 돌을 올려 더 높은 압력에서 물이 끓도록 해야한다.

3. An ideal gas at 300K has a volume of 15ℓ at a pressure of 15atm.

a) reversible isothermal expansion to a pressure of 10atm.

등온과정

$P_1 = 15 \longrightarrow P_2 = 10$ $\quad P_1V_1 = P_2V_2$

$V_1 = 15 \longrightarrow V_2 = 22.5$ $\quad 225 = 10V_2$

$T_1 = 300 \longrightarrow T_2 = 300$

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{225}{300 \times 0.082} = 9.146(mol)$

1) $V_{최종} = 22.5(\ell)$

2) $w = P\Delta V = \int P dV = \int \frac{nRT}{V} dV = nR \times 300 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$= 9.146 \times 8.314 \times 300 \ln\frac{22.5}{15} = 9249.45(J) = 9.25kJ$

3) $\Delta U = 0 = q - w \rightarrow q = w \Rightarrow \therefore q = 9249.45(J) = 9.25kJ$

4) $\Delta U = 0 \quad (\because \Delta T = 0)$

5) $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = 0 + 0 = 0$

b) reversible adiabatic expansion. to a pressure of 10atm.

단열과정

$P_1 = 15 \longrightarrow P_2 = 10$ $\quad \frac{15 \times 15}{300} = \frac{10 \times 19.13}{T_2}$

$V_1 = 15 \longrightarrow V_2 = 19.13$ $\quad T_2 = 10 \times 19.13 \times \frac{4}{3}$

$T_1 = 300 \longrightarrow T_2 = 255.067K$ $\quad = 255.067(K)$

1) Volume $\quad P_1V_1^{\gamma} = PV^{\gamma}, \ \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$

$15 \cdot 15^{\frac{5}{3}} = 10 \cdot V^{\frac{5}{3}} \Rightarrow V^{\frac{5}{3}} = \frac{15^{\frac{8}{3}}}{10} \Rightarrow V = 19.13(\ell)$

2) $w = q - \Delta U = 5.125kJ$

3) $q = 0$

4) $\Delta U = nC_v\Delta T = 9.146 \times \frac{3}{2} \times 8.314 \times (255.067 - 300)$

$= -5125.05J = -5.125kJ$

5) $\Delta H = nC_p\Delta T = 9.146 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times (255.067 - 300) = -8548J$

$= -8.548kJ$

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.

4. $n = 1$.

$T_1 = 273$
$P_1 = 1$
$V_1 = 22.4$

a)

$T_1 = 273$, $P_1 = 1$, $V_1 = 22.4$ —V double→ $T_2 = 546$, $P_2 = 1$, $V_2 = 44.8$

$w = P\Delta V = 1 \cdot (44.8 - 22.4) \times 101.325 = 2269.7(J)$
$= 2.27(kJ)$

$\Delta U = nC_v\Delta T = \frac{3}{2} \times 8.314 \times 273 = 3404.6(J) = 3.405(kJ)$

$q = \Delta U + w = 5.675(kJ)$

b)

$T_2 = 546$, $P_2 = 1$, $V_2 = 44.8$ —P double→ $T_3 = 1092$, $P_3 = 2$, $V_3 = 44.8$

$w = P\Delta V = 0$ ($\because$ constant volume)

$\Delta U = nC_v\Delta T = \frac{3}{2} \times 8.314 \times 546 = 6809.17(J) = 6.809(kJ)$

$q = \Delta U = 6.809(kJ)$

c) $P = 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667$

$T_3 = 1092$, $P_3 = 2$, $V_3 = 44.8$ → $T_4 = 273$, $P_4 = 1$, $V_4 = 22.4$

$\Delta U = nC_v\Delta T = \frac{3}{2} \times 8.314 \times (-819) = -10213.75(J) = -10.214(kJ)$

$w = P\Delta V = \int P\,dV = \int_{44.8}^{22.4} 6.643 \times 10^{-4} V^2 + 0.6667\,dV$

$= \left[\frac{1}{3} \cdot 6.643 \times 10^{-4} V^3 + 0.6667V\right]_{44.8}^{22.4} = -3279.1(J) = -3.28(kJ)$

$q = \Delta U + w = -13493.1(J) = -13.49(kJ)$