การเปลี่ยนแปลงเชิง thermodynamics

1. Isovolumatic process (V คงที่)
2. Isobaric process (P คงที่)
3. Adiabatic process (Q = 0)
→ 4. Isothermal process (T คงที่)

ระบบที่ง่ายที่สุด คือ Ideal gas (ก๊าซในอุดมคติ)

- พลังงานภายใน E(T,V,P) โดยทั่วไป.
- ความสัมพันธ์ระหว่าง T, V, และ P
  ↑ equation of state

โดยทั่วไป พลังงานภายในจะขึ้นกับ T, V, P

ถ้า T_i, V_i, P_i เริ่มต้น และเปลี่ยนไปเป็น

T_f, V_f, P_f

⇒ E จะไม่ขึ้นกับเส้นทางการเปลี่ยนแปลง

หรือไม่ขึ้นกับ process

แต่ $dE = dQ + dW$

dE: ไม่ขึ้นกับ process

$dQ + dW$: ขึ้นกับ process

Ideal gas

- พลังงานภายในจะขึ้นกับ T อย่างเดียว

$$E(T,V,P) \longrightarrow E(T)$$

- ก๊าซที่ molecule ของก๊าซไม่มีอันตรกิริยาซึ่งกันและกัน dilute (ความหนาแน่น)

พลังงานของ molecule ของก๊าซเป็นพลังงานจลน์อย่างเดียว

=> เนื่องจาก molecule สามารถเคลื่อนที่ได้ 3 ทิศทาง => 3 degrees of freedom

1 degrees of freedom จะมีพลังงานจลน์ = $\frac{N_0}{2}kT$ (จำนวน molecule)

$\frac{1}{2}k_B TN = \frac{1}{2}nRT$ gas constant. 8.314 J/mole/K

↑ จำนวนโมลของ molecule ทั้งหมด

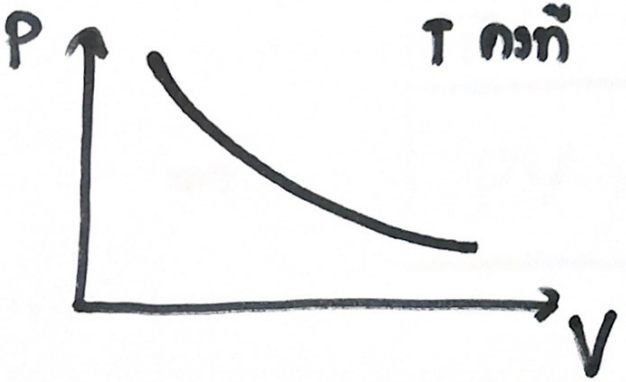
Boltzmann constant.

$\Rightarrow \quad k_B N = nR$

Ideal gas : $\boxed{E_{int}(T) = \frac{3}{2}nRT}$

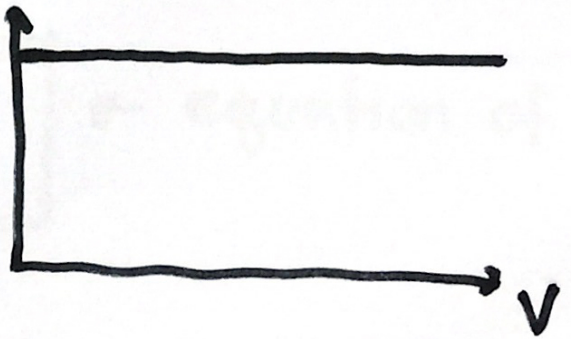
- Equation of state ความสัมพันธ์ระหว่าง P, V, T

<u>Boyle's law</u> : ความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ V เมื่อ T คงที่



T คงที่

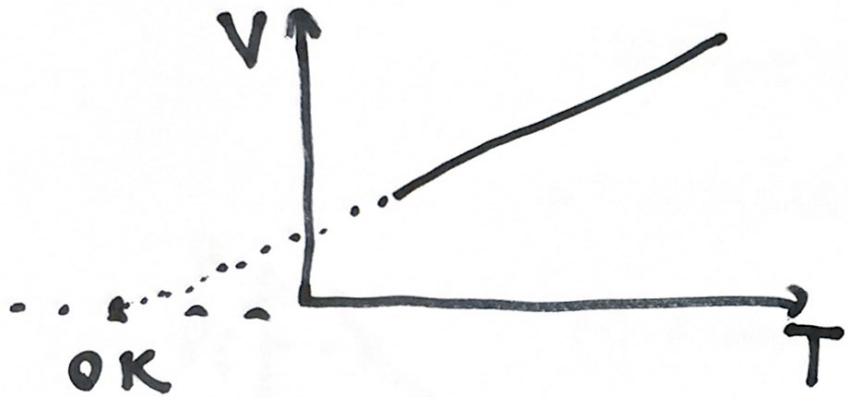
$\Rightarrow$ PV



$\Rightarrow$ PV = ค่าคงที่ ถ้า T คงที่

$\Rightarrow$ $PV \propto T$

Charles's law P คงที่



$\frac{V}{T}$ = ค่าคงที่ เมื่อ P คงที่

$\Rightarrow$ $\frac{PV}{T}$ = ค่าคงที่ = nR

$\Rightarrow$ $\boxed{PV = nRT.}$ ← equation of state

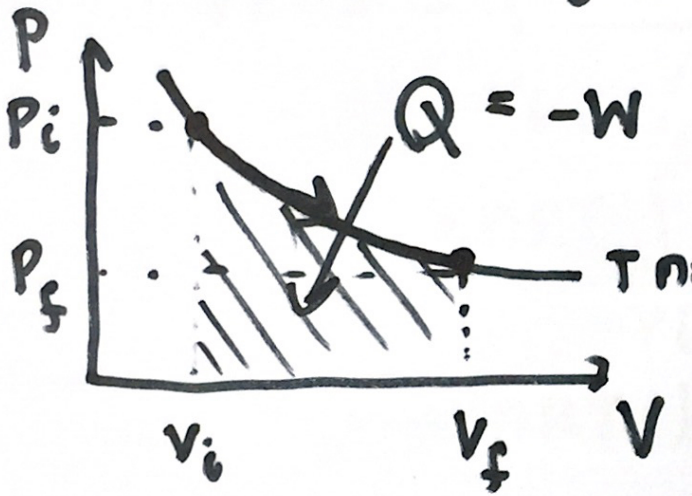
Isothermal process ของ Ideal gas

T คงที่ $\Rightarrow$ $E_{int}(T)$ คงที่ $\Rightarrow$ $dE_{int} = 0$

จากกฎข้อที่ 1 0

$$dE_{int} = dQ + dW$$

$$\Rightarrow \quad dQ = -dW$$



ต้องการหา $W = ?$

$$W = -\int_{V_i}^{V_f} P\,dV$$

$$W = -\int_{V_i}^{V_f} P\,dV.$$

จาก equation of state $PV = nRT$

$$\Rightarrow \quad P = \frac{nRT}{V}$$

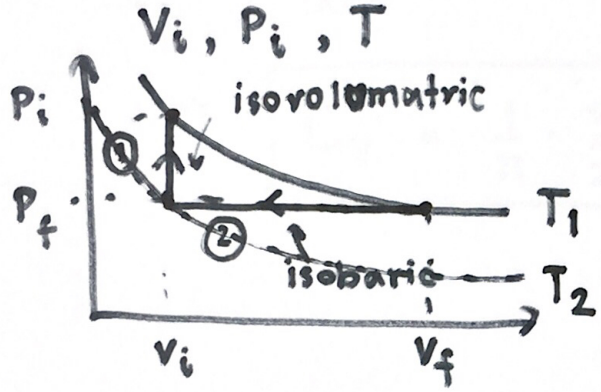
$$W = -\int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V}\,dV$$

$$= -nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V}\,dV$$

$$= -nRT \ln V \Big|_{V_i}^{V_f} = -nRT\left(\ln V_f - \ln V_i\right)$$

$$W = nRT\left(-\ln V_f + \ln V_i\right) = nRT \ln\left(\frac{V_i}{V_f}\right)$$

หลังจาก Isothermal process เราอยากกลับไปที่



เส้นทาง 1 isovolumatric

$W = 0$

$\Delta E_{int} = Q$

หา $\Delta E_{int} = ?$

นิยามค่าความจุความร้อน ที่ปริมาตรคงที่ C_v J/mol/K

$$\Delta E_{int} = nC_v\Delta T$$

$$\Rightarrow \quad C_v = \frac{1}{n}\frac{\Delta E_{int}}{\Delta T} \xrightarrow[\text{ที่ } \Delta T \to 0]{\text{limit}} \frac{1}{n}\frac{dE_{int}}{dT}$$

จาก $E_{int} = \frac{3}{2}nRT$

$$\frac{dE_{int}}{dT} = \frac{d\left(\frac{3}{2}nRT\right)}{dT} = \frac{3}{2}nR$$

$$\Rightarrow \boxed{C_V = \frac{1}{n} \cdot \frac{3}{2}nR = \frac{3}{2}R.}$$