

## 제 1 장 열역학과 열전달의 기초개념

### 1-1. 열역학과 열전달

열역학 : 에너지 보존 법칙을 만족시키면서 상태가 변할 때 전달되는 열을 설명

열전달 : 온도차에 의한 에너지 전달을

에너지 평형상태를 다루면 열역학, 비평형 현상을 이루면 열전달.

### 1-3. 열과 다른 형태의 에너지

에너지 단위

$$J = Pa \cdot m^3 = N/m^2 \cdot m^3$$

$$Cal = 4.1868 J$$

비 열

i) 정적비열  $C_v$

ii) 정압비열  $C_p$

이상기체  $C_p = C_v + R$

내부 에너지 변화와 엔탈피 변화

$$du = C_v dT \quad T: \text{온도}$$

$$dh = C_p dT$$

비압축성 물질의 경우

$$C_v \approx C_p$$

열전달율 ( $\dot{Q}$ )

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} \quad Q: \text{열전달량}$$

열유속 ( $\dot{q}$ )

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad A: \text{열전달 방향과 수직인 열전달 면적}$$

#### 1-4. 열역학 제 1법칙

##### 열역학 제 1법칙

시스템에 들어가는 총 에너지 - 시스템에서 나가는 총 에너지  
= 시스템 내부의 총 에너지 변화

$$Q_i - Q_o + E_{gn} = \Delta E_{thermal\ system}$$

##### 밀폐 시스템에서의 에너지 균형

$$E_i - E_o = \Delta U = mC_v\Delta T$$

##### 정상 유동 시스템의 에너지 균형

$$\dot{Q} = \dot{m}\Delta h = \dot{m}C_p\Delta T$$

$\dot{m}$  : 질량 유동율 ( $=\rho A_c v$ )

$v$  : 평균 속도

#### 1-5. 열전달 메카니즘

열전달 { 전도 : 고체를 통과하는 경우  
대류 : 유체와 관계  
복사 : 전자파의 일종

i) 전도

$$\begin{array}{c} T_1 \\ \text{(고온)} \end{array} \left| \begin{array}{c} \Rightarrow \\ \Rightarrow x \end{array} \right| \begin{array}{c} T_2 \\ \text{(저온)} \end{array}$$

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad : \text{Fourier 의 열전도 법칙}$$

$k$  : 열전도도

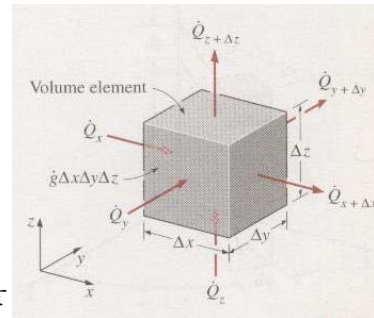
### <3차원에서 열전도 법칙>

$$\dot{Q}_x + \dot{Q}_y + \dot{Q}_z + \dot{Q}_{gn} = \dot{Q}_{x+dx} + \dot{Q}_{y+dy} + \dot{Q}_{z+dz} + \frac{\partial E}{\partial \tau}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \tau} = \rho C_p dx dy dz \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

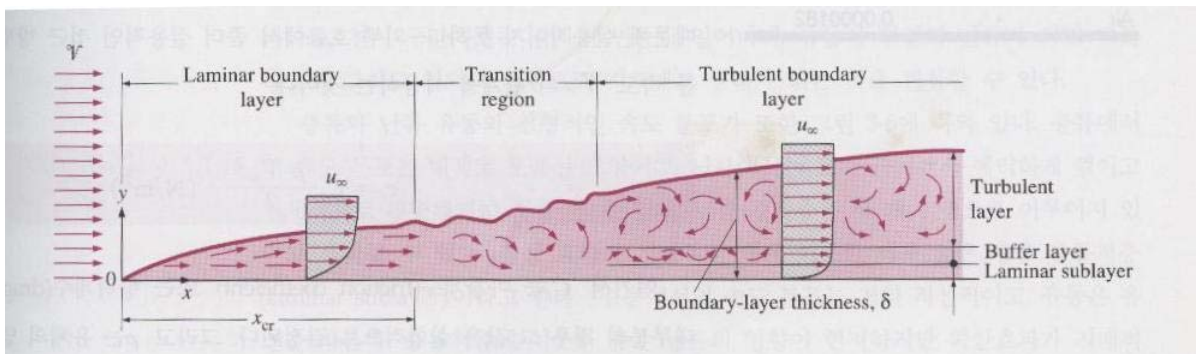
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q}_g = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\alpha \equiv \frac{k}{\rho C_p} : \text{열 확산율}$$



ii) 대 류

- 고체면과 유동이 인접한 액체 또는 기체사이에서 발생하는 열전달
- 전도와 유체유동이 복합적으로 작용



평면 가까이 접근된 유체는 conduction으로 생각

$$\dot{q} = -k \left( \frac{dT}{dy} \right)_{y=0}$$

$$T = T_{(y)}$$

온도 분포는 유동 상태에 따라 달라진다.

편미분 방정식을 푼다.

대개 non-linear이므로 실험에 의존한다.

∴ Newton의 냉각 법칙

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_\infty)$$

h : 대류열 전달 계수

$$\dot{Q} = hA(T_s - T_\infty) = -kA\left(\frac{dT}{dy}\right)_{y=0}$$

$$\therefore h = \frac{-k\left(\frac{dT}{dy}\right)_{y=0}}{T_s - T_\infty}$$

대류  $\left\{ \begin{array}{l} \text{강제 대류} \\ \text{자연 대류} \\ \text{비등} \\ \text{응축} \end{array} \right. \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{강제 대류} \\ \text{자연 대류} \\ \text{비등} \\ \text{응축} \end{array}} \right\} \rightarrow \text{상변화}$

iii) 복 사

원자나 분자의 구조가 변하면서 전자파 또는 광자의 형태로 방출되는 에너지

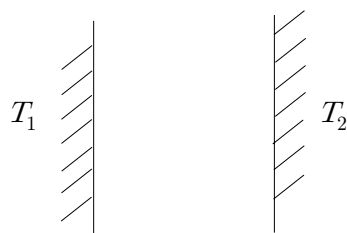
흑체 (black body)

$$\dot{Q}_{emit, max} = \sigma A T_s^4$$

$\sigma$  : *stefan-Boltzmann* 상수  
 $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$\epsilon$  : 표면의 방사율

$\alpha$  : 흡수율



$$\dot{Q}_{rad} = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$