

## 7주차 과제물 1번

1. 공기의 정압비열이  $c_p = 0.97 + 0.000068 T [kJ/kgK]$ 인 관계를 갖는다. 이 경우 5kg의 공기를 20℃에서 100℃까지 높이는데 필요한 열량  ${}_1Q_2$ 과 평균비열  $c_m$ 을 구하라. 답 397.06kJ, 0.993kJ/kgK

문제풀이과정: ①식을쓰고 ②정리한후 ③수치대입하여 ④답을 구하고 ⑤단위 기입.

여기서 정리한다는 것은 구하려는 것은 좌항에 알고 있는 것은 우항으로 정리

문제 분석

- 질량 5 kg
- 비열이 온도에 함수임  $c = f(T)$  : 비열이 온도의 함수 즉 온도에 따라 변화하는 경우에 해당함.  
이때 온도가 절대온도이므로 섭씨온도를 절대온도로 환산하여 풀어야함.
- 평균비열은 열량을 이미 구하였으므로  ${}_1Q_2 = mc_m(t_2 - t_1)$  로 구할 수 있다..

① 열량

비열방정식  $dQ = mc dt$ 에서 양변 적분하면

$$\begin{aligned} \int_1^2 dQ &= \int_1^2 mc dt = m \int_1^2 c dt = m \int_1^2 f(T) dT \\ {}_1Q_2 &= m \int_1^2 (0.97 + 0.000068 T) dT = m \left( 0.97 T + \frac{0.000068}{2} T^2 \right) \Big|_1^2 \\ &= 5 \times \left[ 0.97(373.15 - 293.15) + \frac{0.000068}{2} (373.15^2 - 293.15^2) \right] \\ &= 397.06 \text{ kJ} \end{aligned}$$

② 평균비열.

$$\begin{aligned} c_m &= \frac{\int_1^2 c dT}{(t_2 - t_1)} = \frac{\int_1^2 (0.97 + 0.000068 T) dT}{(t_2 - t_1)} \\ &= \frac{\left( 0.97 T + \frac{0.000068}{2} T^2 \right) \Big|_1^2}{(t_2 - t_1)} \\ &= \frac{0.97(373.15 - 293.15) + \frac{0.000068}{2} (373.15^2 - 293.15^2)}{(373.15 - 293.15)} \\ &= 0.993 \text{ kJ/kgK} \end{aligned}$$

또는 이미  ${}_1Q_2$ 을 알고 있는 경우에는 간단히 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} {}_1Q_2 &= mc_m(t_2 - t_1) \text{에서} \\ c_m &= \frac{{}_1Q_2}{m(T_2 - T_1)} = \frac{397.06}{5(373.15 - 293.15)} \\ &= 0.993 \text{ kJ/kgK} \end{aligned}$$

## 제 2 장 열역학 제 1법칙

### 2-1 열역학 제 1 법칙(the first law of thermodynamics)

열역학의 기초 법칙으로써 에너지 보존의 원리(principle of conservation of energy)가 성립함을 나타낸 것으로 열은 에너지의 한 형태로서 열과 일은 서로 변환할 수 있다. 즉 열과 일 사이에 일정한 비례관계가 있다.

#### (1) Joule의 실험(1848년)

질량이  $m$ 인 추를 높이  $z$ 에서 낙하시켜 용기내의 교반기를 회전하도록 하면 물의 온도는 상승하게 된다.

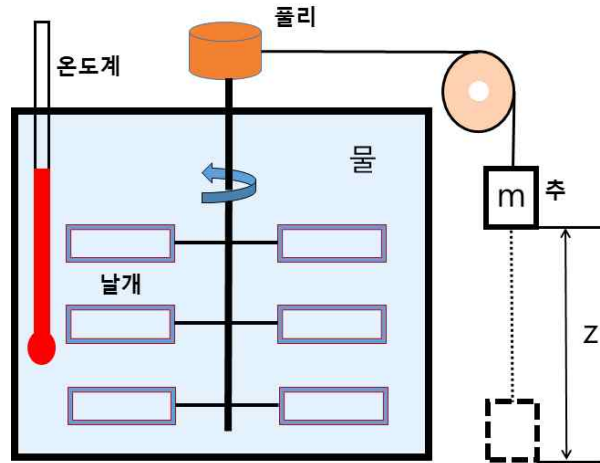


그림 2-1 줄의 실험장치

추가 낙하하면서 하는 일  $W$ 와 교반에 의하여 생기는 열량  $Q$

$$\begin{aligned} W &= m g z \\ Q &= m_w c \Delta T \end{aligned} \quad (2-1)$$

여기서  $m$ 은 추의 질량,  $m_w$ 은 물의 질량,  $c$ 는 물의 비열이다.

Joule은 실험을 통하여 열과 일과의 관계식을 구하였다.

$$\begin{aligned} Q &= A W \text{ [kcal]} \\ W &= \frac{1}{A} Q = J Q \text{ [kgfm]} \end{aligned} \quad (2-2)$$

$A$ : 일의 열당량(thermal equivalent of work)

$$A = \frac{1}{426.79} \left( \doteq \frac{1}{427} \right) \text{ kcal/kgfm} = \frac{1}{4.186} \text{ kcal/kJ}$$

$J$ : 열의 일당량(mechanical equivalent of heat)

$$J = 426.79 (\doteq 427) \text{ kgfm/kcal} = 4.186 \text{ kJ/kcal}$$

SI단위에서는 일과 열의 단위가 동일한 단위 주울[J]을 사용함으로  $A = J = 1$ 이다.

$$Q = W \text{ [kJ]}$$

#### (2) 제1종 영구기관(perpetual motion machine of first kind)

외부로부터 에너지를 받지 않고 계속해서 일을 발생시키는 기계를 말하며, 제작이 불가능하다. 즉, 열역학 제1법칙을 위배하므로 실현 불가능 하다.

예제 1] 질량이 1200 kg인 승용차가 시속 100 km/h의 속도로 주행하다가 제동을 걸어 정지하는 경우 브레이크에 발생하는 열량은 몇 kJ인가? 또한 kcal로 환산하라. 답:462.96kJ, 110.2 3kcal

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \times (100 \times 10^3 / 3600)^2$$

$$= 462.96 \times 10^3 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2 = 462.96 \text{ kJ}$$

$$Q = A W = \frac{462.96}{4.186} = 110.60 \text{ [kcal]}$$

## 2-2 내부에너지 (internal energy) : U

물체가 갖는 역학적 에너지와 무관하게 **압력과 온도** 등에 의해 물체 자신의 내부에 보유하는 에너지.  
계의 에너지 = 내부에너지 + 역학적 에너지 (운동에너지+ 위치에너지)

비내부에너지(specific internal energy) : u

단위 질량당 내부에너지

$$u = \frac{U}{m} \text{ [kJ/kg]} \quad (2-3)$$

## 2-3 엔탈피(enthalpy) 또는 열역학적 포텐셜(thermodynamic potential) : H

정상유동상태의 유체가 갖는 에너지.

☞ 정상유동 : 임의의 점에서 시간에 관계없이 물리량(온도, 압력, 속도 등)이 일정한 유동

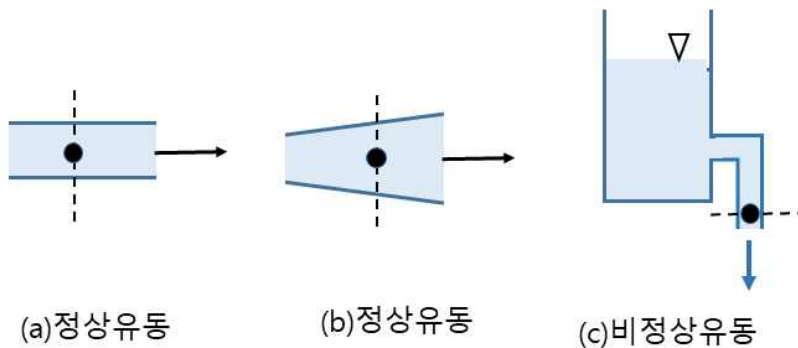


그림 2-2 정상유동과 비정상유동

엔탈피 = 내부에너지 + 유동일(flow work)

$$H = U + pV \text{ [kJ]} \quad (2-4)$$

☞ 유동일: 유체를 유동계안으로 흘러들어가도록 밀어 넣는데 요구되는 일

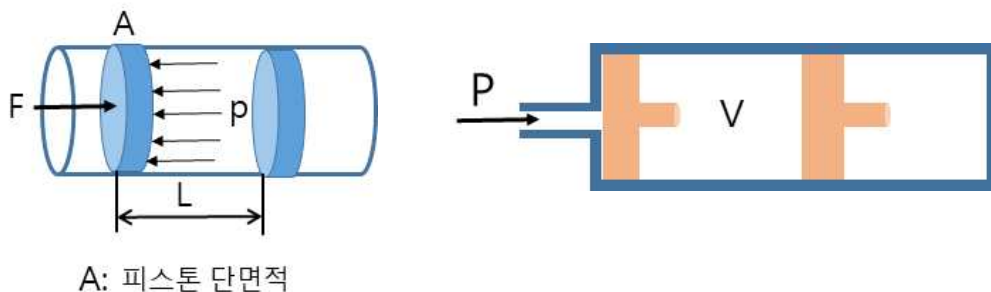


그림 2-3 유동일

$$W = F L = p A L = p V$$

비엔탈피(specific nthalpy) :  $h$

단위 질량당 엔탈피

$$h = \frac{H}{m} = u + pv \quad [kJ/kg] \quad (2-5)$$

예제2] 2kg의 가스가 압력 50 kPa, 비체적  $2.5m^3/kg$  상태에서 압력 1.3MPa, 비체적  $0.2m^3/kg$ 의 상태로 변화하였다. 이 과정중 가스의 내부에너지가 일정하다고 할 때 엔탈피의 변화량을 구하라.

$$\Delta H = (H_2 - H_1) = (U_2 - U_1) + (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$(U_2 - U_1) = 0$  이므로

$$\begin{aligned} \Delta H &= (H_2 - H_1) = (p_2 V_2 - p_1 V_1) = m(p_2 v_2 - p_1 v_1) \\ &= 2 \times (1.3 \times 10^3 \times 0.2 - 50 \times 2.5) = 270 \text{ kJ} \end{aligned}$$