

7주차 과제물 1번

1. 공기의 정압비열이 $c_p = 0.97 + 0.000068 T [kJ/kgK]$ 인 관계를 갖는다. 이 경우 5kg의 공기를 20°C에서 100°C까지 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

$$\int_1^2 dQ = \int_1^2 mc dt = m \int_1^2 c dt = m \int_1^2 f(T) dT$$

$${}_1Q_2 = m \int_1^2 (0.97 + 0.000068 T) dT = m \left(0.97 T + \frac{0.000068}{2} T^2 \right) \Big|_1^2$$

$$= 5 \times \left[0.97(373.15 - 293.15) + \frac{0.000068}{2} (373.15^2 - 293.15^2) \right]$$

$$= 397.06 \text{ kJ}$$

② 평균비열.

$$c_m = \frac{\int_1^2 c dT}{(t_2 - t_1)} = \frac{\int_1^2 (0.97 + 0.000068 T) dT}{(t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{\left(0.97 T + \frac{0.000068}{2} T^2 \right) \Big|_1^2}{(t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{0.97(373.15 - 293.15) + \frac{0.000068}{2} (373.15^2 - 293.15^2)}{(373.15 - 293.15)}$$

$$= 0.993 \text{ kJ/kgK}$$

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

${}_1Q_2 = mc_m(t_2 - t_1)$ 에서

$$c_m = \frac{{}_1Q_2}{m(T_2 - T_1)} = \frac{397.06}{5(373.15 - 293.15)}$$

$$= 0.993 \text{ kJ/kgK}$$

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.

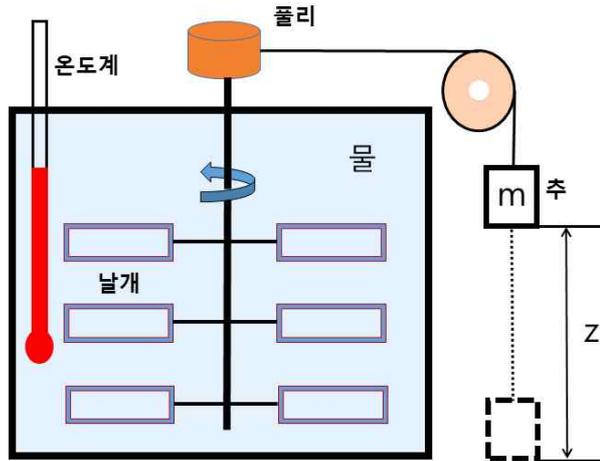


그림 2-1 줄의 실험장치

추가 낙하하면서 하는 일 W 와 교반에 의하여 생기는 열량 Q

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

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

Joule은 실험을 통하여 열과 일과의 관계식을 구하였다.

$$\begin{aligned} Q &= A W \text{ [kcal]} \\ W &= \frac{1}{A} Q = J Q \text{ [kg}\cdot\text{m]} \end{aligned} \tag{2-2}$$

A : 일의 열당량(thermal equivalent of work)

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

J : 열의 일당량(mechanical equivalent of heat)

$$J = 426.79 \left(\doteq 427 \right) \text{ kg}\cdot\text{m/kcal} = 4.186 \text{ kJ/kcal}$$

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

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

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

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

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

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

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

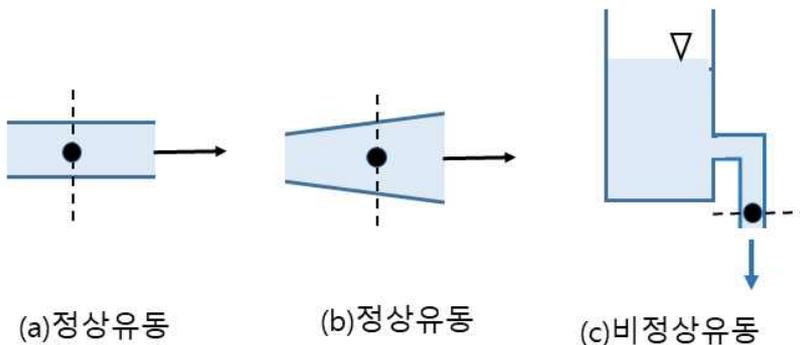
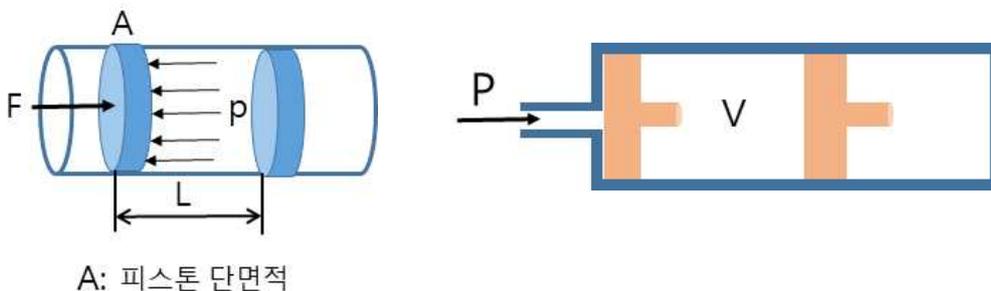


그림 2-2 정상유동과 비정상유동

엔탈피 = 내부에너지 + 유동일(flow work)

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

☞ 유동일: 유체를 유동계안으로 흘러들어가도록 밀어 넣는데 요구되는 일



A: 피스톤 단면적

그림 2-3 유동일

$$W = F L = pAL = pV$$

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

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