

## Chapter 18: Temperature, Heat, and the First Law of Thermodynamics — 연습문제

---

### 문제 1 [계산]

- (a) 서울의 한겨울 최저 기온이  $-15^{\circ}\text{C}$ 이다. 이를 화씨( $^{\circ}\text{F}$ )와 켈빈( $\text{K}$ )으로 변환하시오.
- (b) 미국의 한 도시에서 기온이  $95^{\circ}\text{F}$ 로 보도되었다. 이를 섭씨( $^{\circ}\text{C}$ )로 변환하시오.
- (c) 섭씨와 화씨 온도가 같아지는 온도를 구하시오.
- 

### 문제 2 [계산]

길이  $L = 12.000\text{ m}$ 인 강철 교량 상판( $\alpha = 11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )의 온도가 겨울  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 여름  $40^{\circ}\text{C}$ 로 변한다.

- (a) 상판의 길이 변화  $\Delta L$ 을 구하시오.
- (b) 가솔린(체적팽창계수  $\beta = 9.5 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ )  $60.0\text{ L}$ 를  $15^{\circ}\text{C}$ 에서 자동차에 넣었다. 자동차 내부 온도가  $45^{\circ}\text{C}$ 까지 올라갔을 때, 넘치는 가솔린의 부피를 구하시오. (탱크의 열팽창은 무시)
- 

### 문제 3 [계산]

$-5^{\circ}\text{C}$ 의 얼음  $200\text{ g}$ 을  $50^{\circ}\text{C}$ 의 물  $300\text{ g}$ 이 담긴 단열 용기에 넣는다.

(물의 비열:  $c_w = 4187\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 얼음의 비열:  $c_{\text{ice}} = 2220\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 융해열:  $L_F = 333\text{ kJ}/\text{kg}$ )

- (a) 물이 공급할 수 있는 최대 열량(물이  $0^{\circ}\text{C}$ 까지 내려갈 때)을 구하시오.
- (b) 얼음을 전부 녹이는 데 필요한 열량(얼음을  $0^{\circ}\text{C}$ 로 올리고 전부 녹이는 데 필요한 열)을 구하시오.
- (c) 열평형에 도달했을 때 최종 온도와 상태(물 / 얼음+물 혼합)를 결정하시오.
- 

### 문제 4 [유도]

고체 막대의 선팽창 공식  $\Delta L = \alpha L \Delta T$ 로부터 부피 팽창 공식을 유도한다. 한 변의 길이가  $L$ 인 정육면체 고체의 온도를  $\Delta T$ 만큼 올린다고 하자.

- (a) 새로운 한 변의 길이  $L' = L(1 + \alpha \Delta T)$ 를 이용하여, 새로운 부피  $V'$ 를 전개하시오.
- (b)  $\alpha \Delta T \ll 1$ 인 근사를 적용하여  $\Delta V = V' - V \approx 3\alpha V \Delta T$ 임을 보이시오. 즉, 부피 팽창 계수가  $\beta = 3\alpha$ 임을 유도하시오.
- (c) 구리( $\alpha = 17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )의 부피 팽창 계수  $\beta$ 를 계산하시오.
- 

### 문제 5 [유도]

이상기체  $n\text{ mol}$ 이 온도  $T$ 에서 등온 팽창하여 부피가  $V_i$ 에서  $V_f$ 로 변한다. 이상기체 상태방정식  $pV = nRT$ 를 이용하여 다음을 유도하시오.

- (a) 등온 과정에서 기체가 한 일이

$$W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

임을  $W = \int_{V_i}^{V_f} p dV$ 로부터 유도하시오.

(b) 등온 과정에서 이상기체의 내부 에너지 변화가  $\Delta E_{\text{int}} = 0$ 인 이유를 설명하고, 열역학 제1법칙을 사용하여  $Q = W$ 임을 보이시오.

(c)  $n = 2 \text{ mol}$ ,  $T = 300 \text{ K}$ ,  $V_f/V_i = 2$ 일 때  $W$ 와  $Q$ 의 수치를 구하시오.

---

### 문제 6 [개념+계산]

이상기체 1 mol이 상태  $i$  ( $p_i = 3 \text{ atm}$ ,  $V_i = 1 \text{ L}$ )에서 상태  $f$  ( $p_f = 1 \text{ atm}$ ,  $V_f = 3 \text{ L}$ )로 두 가지 경로를 따라 변한다. ( $1 \text{ atm} \cdot \text{L} = 101.3 \text{ J}$ )

- **경로 A:** 등압 팽창 ( $i \rightarrow a$ ,  $V_i \rightarrow V_f$ ) + 등적 냉각 ( $a \rightarrow f$ ,  $p_i \rightarrow p_f$ )
- **경로 B:** 등적 냉각 ( $i \rightarrow b$ ,  $p_i \rightarrow p_f$ ) + 등압 팽창 ( $b \rightarrow f$ ,  $V_i \rightarrow V_f$ )

(a) 각 경로에서 기체가 한 일  $W_A$ ,  $W_B$ 를 구하시오.

(b)  $\Delta E_{\text{int}}$ 는 두 경로에서 같은가, 다른가? 이유를 설명하시오.

(c) 열역학 제1법칙  $Q = \Delta E_{\text{int}} + W$ 를 사용하여, 두 경로에서 흡수한 열의 차이  $Q_A - Q_B$ 를 구하시오.

---

### 문제 7 [개념+계산]

두께  $L = 5.0 \text{ cm}$ , 면적  $A = 2.0 \text{ m}^2$ 인 유리창( $k = 1.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )을 통한 열전도를 분석한다. 실내  $20^\circ\text{C}$ , 실외  $-10^\circ\text{C}$ 이다.

(a) 단일 유리창의 열전도 속도  $P_{\text{cond}}$ 를 구하시오.

(b) 이 유리를 두께  $2.5 \text{ cm}$  유리 두 장 사이에 두께  $1.0 \text{ cm}$  공기층( $k_{\text{air}} = 0.026 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )을 넣은 이중 유리로 교체하면, 열전도 속도가 얼마로 변하는가?

(c) 이중 유리로 교체했을 때 열전도 감소율을 백분율로 구하고, 공기층이 단열 효과를 크게 높이는 이유를 물리적으로 설명하시오.