

2022년 1학기 물리학 I: Quiz 19

김현철^{a,†} and Lee Hui-Jae^{1,‡}

¹*Hadron Theory Group, Department of Physics,
Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea*

(Dated: Spring semester, 2022)

풀이 : 온도가 20°C 일 때 강철자의 길이를 L_{st} , 물체의 길이를 L' 이라 하자. 선팽창계수를 고려하면 강철자가 늘어난 길이 ΔL_{st} 와 물체가 늘어난 길이 $\Delta L'$ 은

$$\Delta L_{st} = L_{st}\alpha_{st}\Delta T, \quad \Delta L' = L'\alpha'\Delta T \quad (1)$$

이다. α_{st} 와 α' 은 각각 강철과 물체의 선팽창계수이다. 강철자의 길이가 20°C 에서 1 cm라고 생각해보자. 오븐의 넣기 전 강철자로 잴 막대의 길이가 20.05 cm이므로

$$\frac{L'}{L_{st}} = \frac{20.05 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 20.05 \implies L' = 20.05L_{st} \quad (2)$$

이고 오븐에 넣고서 강철자로 잴 막대의 길이가 20.11 cm이므로

$$\frac{L' + \Delta L'}{L_{st} + \Delta L_{st}} = 20.11 \implies L' + \Delta L' = (20.11)(L_{st} + \Delta L_{st}) \quad (3)$$

이다. 식 (1)과 (2)를 식 (3)에 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L'(1 + \alpha'\Delta T) &= L_{st}(20.05)(1 + \alpha'\Delta T) = L_{st}(20.11)(1 + \alpha_{st}\Delta T) \\ \implies \alpha' &= \frac{1}{\Delta T} \left(\frac{20.11}{20.05}(1 + \alpha_{st}\Delta T) - 1 \right). \end{aligned} \quad (4)$$

따라서 물체의 열팽창계수 α' 는

$$\begin{aligned} \alpha' &= \frac{1}{250^\circ\text{C}} \left(\frac{20.11}{20.05} (1 + (11 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1})(250^\circ\text{C})) - 1 \right) \\ &= 2.3 \times 10^{-5}^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned} \quad (5)$$

이다.

풀이 : 비열이 c 이고 질량이 m 인 물질의 온도를 아주 작은 dT 만큼 올리는데 필요한 에너지 dQ 는

$$dQ = cm dT \quad (6)$$

이다. 이 물질의 온도를 T_1 에서 T_2 까지 가열한다고 할 때 필요한 에너지 Q 는

$$\begin{aligned} Q &= m \int_{T_1}^{T_2} c dT = m \int_{T_1}^{T_2} 0.20 + 0.14T + 0.023T^2 dT \\ &= m \left(0.20(T_2 - T_1) + 0.07(T_2^2 - T_1^2) + \frac{0.023}{3}(T_2^3 - T_1^3) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

^a Office: 5S-436D (면담시간 매주 화요일-16:00~20:00)

[†] hchkim@inha.ac.kr

[‡] hjlee6674@inha.edu

이다. $m=2.0$ g, $T_1=5.0$ °C이고 $T_2=15$ °C이므로 에너지 Q 를 다음과 같이 얻는다.

$$Q = (2.0 \text{ g}) \left((0.20)(10^\circ\text{C}) + (0.07) ((15^\circ\text{C})^2 - (5.0^\circ\text{C})^2) + \frac{0.023}{3} ((15^\circ\text{C})^3 - (5.0^\circ\text{C})^3) \right) \\ = 82 \text{ cal.} \quad (8)$$

풀이 : 물과 얼음의 처음 온도를 T_w , T_i 라 하고 물이 얼음에 전달한 열을 Q_w , 얼음이 흡수한 열을 Q_i 라고 하자. Q_w 과 Q_i 는

$$Q_w = c_w m_w \Delta T_w, \quad Q_i = c_i m_i \Delta T_i \quad (9)$$

이다. 열평형일 때 온도를 T_e 라고 하면

풀이 : 열역학 제 1법칙은 다음과 같다.

$$dU = dQ - PdV. \quad (10)$$

(가) 경로 ab 는 등압과정, 경로 ca 는 등적과정이다. 경로 ab 를 거치면서 내부에너지가 +3.0 J만큼 변화였고 외부에 5.0 J만큼 일을 해주었다. 식 (10)에 의해 경로 ab 를 다라가는 동안 기체에 전달된 열의 크기 Q 는

$$Q = 3.0 \text{ J} + 5.0 \text{ J} = 8.0 \text{ J} \quad (11)$$

이다.

(나) 전체 과정을 한번 순환하면 기체의 내부에너지의 변화는 없으므로 순환경로 $abca$ 를 한번 따라가면서 기체에 전달된 열에너지는 모두 기체가 외부에 한 일로 변환된다. 기체에 전달된 열에너지의 합은

$$Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca} = 8.0 \text{ J} + Q_{bc} + 2.5 \text{ J} \quad (12)$$

이고 기체가 외부에 한 일의 합은

$$W_{ab} + W_{bc} + W_{ca} = 1.2 \text{ J} \quad (13)$$

이다. 따라서 경로 bc 를 따라갈 때 기체에 전달된 열에너지 Q_{bc} 는

$$Q_{bc} = 1.2 \text{ J} - (8.0 \text{ J} + 2.5 \text{ J}) = -9.3 \text{ J} \quad (14)$$

이다. -부호는 기체로부터 열에너지가 빠져나갔음을 의미한다.