

2026_국가직_화공열역학_24

☑ infographic	☐
☑ slide	☐
☑ 영상	☐
☑ published	☒
☑ 오류 검증	☐
≡ Chapter	5
≡ 핵심 개념	엔트로피
⦿ 난이도	중
⦿ 중요도	높음
# 출제년도	2026
⦿ 계산/이론	계산문제
≡ 수학적 개념	적분
⦿ 유형	국가직
🕒 Updated	2026년 10월 7일 오후 5:49

24. 다음 자료를 사용하여 p atm의 일정한 압력에서 알루미늄이 가역적으로 600°C 에서 700°C 로 가열될 때, 몰엔트로피(molar entropy) 변화 $[\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}]$ 는?

- 알루미늄의 원자량은 27이다.
- p atm에서 알루미늄의 녹는점은 660°C , 융해열은 393 J g^{-1} 이다.
- 고체 알루미늄과 액체 알루미늄의 몰열용량(molar heat capacity)은 각각 $32 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$, $34 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ 으로 일정하다.
- $\ln(973) = 6.88$, $\ln(933) = 6.84$, $\ln(873) = 6.77$, $\frac{131}{311} = 0.42$ 로 계산한다.
- $t[^{\circ}\text{C}] = T[\text{K}] - 273$ 으로 계산한다.

- ① 3.60
- ② 4.02
- ③ 14.94
- ④ 15.00

문제풀이:

1. 문제 분석:

- 일정한 압력(p atm) 하에서 고체 상태의 알루미늄이 가열되어 액체로 상변화 (Phase change)를 거친 후, 특정 온도까지 도달할 때 발생하는 전체 몰엔트로피 변화량(ΔS)을 계산하는 문제이다.
- 과정은 크게 세 단계(고체 가열, 상변화, 액체 가열)로 나뉘며, 각 단계에서의 엔트로피 변화를 합산하여 총 엔트로피 변화를 구해야 한다.
- 주어진 온도를 켈빈(K) 단위로 변환해야 한다. $T[\text{K}] = t[^{\circ}\text{C}] + 273$ 식을 사용한다.
 - 초기 온도: $T_1 = 600 + 273 = 873 \text{ K}$
 - 녹는점: $T_m = 660 + 273 = 933 \text{ K}$
 - 최종 온도: $T_2 = 700 + 273 = 973 \text{ K}$

1. 각 단계별 엔트로피 변화량 계산:

• **1단계: 고체 알루미늄 가열 (873 K → 933 K)**

- 현열(Sensible heat)에 의한 엔트로피 변화이다. 고체 알루미늄의 몰열용량 $C_{p,s} = 32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다.
- $\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_m} \frac{C_{p,s}}{T} dT = C_{p,s} \ln \left(\frac{T_m}{T_1} \right) = 32 \times \ln \left(\frac{933}{873} \right)$
- $\ln(933) = 6.84, \ln(873) = 6.77$ 이므로, $\ln(933) - \ln(873) = 6.84 - 6.77 = 0.07$ 이다.
- $\Delta S_1 = 32 \times 0.07 = 2.24 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

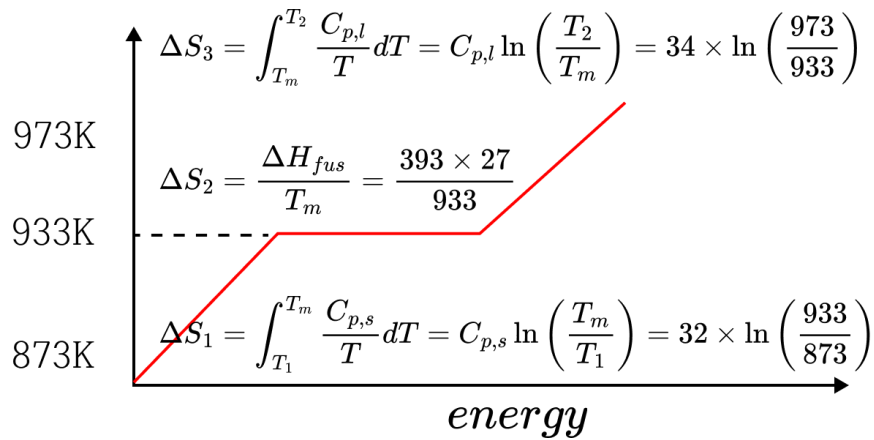
• **2단계: 고체에서 액체로 상변화 (융해, 933 K)**

- 잠열(Latent heat)에 의한 엔트로피 변화이다. 융해열은 393 J g^{-1} 로 질량당 열량이 주어졌으므로, 몰 단위로 변환해야 한다.
- 알루미늄의 원자량은 27이므로, 몰 융해열 $\Delta H_{fus} = 393 \text{ J g}^{-1} \times 27 \text{ g mol}^{-1}$ 이다.
- 상변화는 등온 가역 과정이므로 $\Delta S_2 = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m} = \frac{393 \times 27}{933}$ 이다.
- 주어진 단서에서 $\frac{131}{311} = 0.42$ 를 활용하기 위해 식을 변형한다. $\frac{393}{933}$ 분모와 분자를 3으로 나누면 $\frac{131}{311}$ 이 된다.
- $\Delta S_2 = 27 \times \left(\frac{131}{311} \right) = 27 \times 0.42 = 11.34 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

• **3단계: 액체 알루미늄 가열 (933 K → 973 K)**

- 현열에 의한 엔트로피 변화이다. 액체 알루미늄의 몰열용량 $C_{p,l} = 34 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다.
- $\Delta S_3 = \int_{T_m}^{T_2} \frac{C_{p,l}}{T} dT = C_{p,l} \ln \left(\frac{T_2}{T_m} \right) = 34 \times \ln \left(\frac{973}{933} \right)$
- $\ln(973) = 6.88, \ln(933) = 6.84$ 이므로, $\ln(973) - \ln(933) = 6.88 - 6.84 = 0.04$ 이다.
- $\Delta S_3 = 34 \times 0.04 = 1.36 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

2. 총 몰엔트로피 변화량 및 정답 도출:



- 엔트로피는 상태함수(State function)이므로 전체 변화량은 각 단계 변화량의 단순 합과 같다.
- $\Delta S_{total} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 2.24 + 11.34 + 1.36 = 14.94 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- 계산된 결과값과 일치하는 보기는 ③번이다.

정답: ③

핵심개념 및 이론:

1. 엔트로피(Entropy)와 상태함수:

- 엔트로피(S)는 열역학적 계의 무질서도 또는 에너지가 분산된 정도를 나타내는 물리량이다.
- 엔트로피는 경로에 무관하고 오직 처음 상태와 나중 상태에만 의존하는 상태함수(State function)이다. 따라서 상변화가 포함된 복잡한 가열 과정이라도 여러 개의 가역적 세부 단계로 나누어 각각의 엔트로피 변화를 구한 뒤 더하여 전체 엔트로피 변화를 구할 수 있다.

2. 가열 과정(현열)에 따른 엔트로피 변화:

- 상변화 없이 온도만 변하는 과정에서 열이 가해질 때(현열, Sensible heat)의 엔트로피 변화는 열용량(C)을 이용하여 적분식으로 계산한다.

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} - nR \ln \frac{P_2}{P_1}$$

- 일정한 압력 조건에서는 정압 열용량(C_p)을 사용한다.
- 열용량이 온도에 무관하게 일정하다고 가정할 경우, 위 식은 $\Delta S = C_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$ 으로 단순화된다.

3. 상변화(잠열)에 따른 엔트로피 변화:

- 녹는점이나 끓는점에서의 상변화는 일정한 온도와 압력 하에서 일어나는 가역 등온 과정이다.
- 이때 흡수하거나 방출하는 열(잠열, Latent heat)에 의한 엔트로피 변화는 해당 상변화 엔탈피(ΔH)를 절대온도(T)로 나눈 값과 같다.

$$\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$$

< '온도 및 상변화에 따른 엔트로피 계산' >

과정	물리적 변화	수식	비고
등압 가열 (고체/액체/기체)	온도 상승 (상태 유지)	$\Delta S = C_p \ln(T_2/T_1)$	C_p 가 일정할 때 적용
상변화 (융해)	고체 → 액체	$\Delta S_{fus} = \Delta H_{fus}/T_m$	열 흡수, 엔트로피 증가
상변화 (기화)	액체 → 기체	$\Delta S_{vap} = \Delta H_{vap}/T_b$	열 흡수, 엔트로피 크게 증가

OX Quiz

- 엔트로피는 상태함수이므로, 물질을 일정한 압력 하에서 고체에서 액체로 변화시킨 후 다시 원래의 온도인 고체로 되돌리면 전체 엔트로피 변화는 0이다. (O)
 - 해설: 엔트로피는 시작 상태와 최종 상태에만 의존하는 상태함수이므로, 닫힌계가 임의의 경로를 거쳐 완전히 원래의 초기 상태로 돌아오는 순환 과정을 겪으면 계의 알짜 엔트로피 변화량(ΔS_{cycle})은 항상 0이다.
- 순수 물질이 일정한 압력 하에서 고체에서 액체로 융해될 때, 계의 엔트로피는 감소한다. (X)
 - 해설: 융해 과정은 계가 열을 흡수하는 흡열 반응($\Delta H_{fus} > 0$)이며, 분자들의 배열이 규칙적인 고체에서 상대적으로 자유로운 액체로 변하므로 무질서도가 증가하여 엔트로피는 항상 증가한다 ($\Delta S > 0$).
- 물질의 질량당 비열과 질량당 융해열이 주어졌을 때, 몰(mol) 단위의 엔트로피 변화량을 구하기 위해서는 해당 물질의 분자량(또는 원자량)을 곱해야 한다. (O)
 - 해설: 질량 단위(g 또는 kg)로 주어진 비열($J g^{-1} K^{-1}$)과 잠열($J g^{-1}$)을 몰 단위로 변환하려면, 단위 질량당 몰수를 나타내는 분자량($g mol^{-1}$)을 곱해주어야 몰열 용량 및 몰융해열이 되어 올바른 몰엔트로피 단위를 얻을 수 있다.

4. 정압 가열 과정에서 물질의 정압 열용량(C_p)이 항상 일정한 상수라면, 계의 엔트로피는 절대온도(T)에 정비례하여 증가한다. (X)

- 해설: $\Delta S = \int (C_p/T) dT = C_p \ln(T_2/T_1)$ 관계식에 따라, 엔트로피는 절대 온도 자체에 정비례하여 선형적으로 증가하는 것이 아니라 절대온도의 자연로그($\ln T$)에 비례하여 증가한다.

5. 끓는점에서의 융해열(기화열)에 의한 엔트로피 변화식 $\Delta S = \Delta H/T$ 는 해당 상변화 과정이 열역학적 가역 과정임을 전제로 성립한다. (O)

- 해설: 열역학 제2법칙에서 엔트로피 변화의 근본 정의는 $dS = dQ_{rev}/T$ 이다. 평형 온도인 녹는점이나 끓는점에서의 상변화는 상호 간에 상평형을 이루고 있는 상태에서 서서히 진행되는 대표적인 **가역 과정**이므로 이 식을 적용할 수 있다.
-