

2026_국가직_화공열역학_25

☑ infographic	☐
☑ slide	☐
☑ 영상	☐
☑ published	☒
☑ 오류 검증	☐
≡ Chapter	4
≡ 핵심 개념	표준생성열 표준연소열
⊙ 난이도	중
⊙ 중요도	높음
# 출제년도	2026
⊙ 계산/이론	계산문제
≡ 수학적 개념	해당없음
⊙ 유형	국가직
🕒 Updated	2026년 10월 7일 오후 5:49

25. 25 °C에서 90 mol%의 메테인($\text{CH}_4(g)$)과 10 mol%의 프로페인($\text{C}_3\text{H}_8(g)$)을 함유한 천연가스가 완전 연소하였다. 천연가스의 표준 연소열의 크기 [kJ mol^{-1}]는? (단, 25 °C에서 $\text{CO}_2(g)$, $\text{H}_2\text{O}(g)$, $\text{CH}_4(g)$, $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 표준 생성 엔탈피는 각각 -400 , -300 , -80 , -100 kJ mol^{-1} 이다)
- ① 1,058
 ② 1,222
 ③ 1,380
 ④ 3,220

문제풀이:

1. 문제 분석:

- 메테인(CH_4)과 프로페인(C_3H_8)으로 구성된 혼합 가스의 완전 연소 반응에서, 각 물질의 표준 생성 엔탈피(ΔH_f°)를 이용하여 전체 **표준 연소열의 크기**를 계산하는 기출문제이다.
- 25°C 기준 각 물질의 표준 생성 엔탈피 값과 혼합 가스의 몰 조성(CH_4 90 mol%, C_3H_8 10 mol%)을 이용하여 혼합 천연가스 1몰당 방출되는 열량을 도출해야 한다.

2. 각 성분의 표준 연소 엔탈피 계산:

- 헤스의 법칙(Hess's Law)에 따라 반응 엔탈피는 생성물의 표준 생성 엔탈피 합에서 반응물의 표준 생성 엔탈피 합을 빼서 구한다. 자연계에서 가장 안정한 산소 기체($\text{O}_2(g)$)의 표준 생성 엔탈피는 0 kJ mol^{-1} 이다.
- **메테인(CH_4)의 연소 반응식:**

$$\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g)$$
 주어진 생성 엔탈피 값을 대입하면,

$$\Delta H_{c,\text{CH}_4}^\circ = [1 \times (-400) + 2 \times (-300)] - [1 \times (-80) + 2 \times 0] = (-1000) - (-80) = -\mathbf{920 \text{ kJ mol}^{-1}}$$
- **프로페인(C_3H_8)의 연소 반응식:**

$$\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightarrow 3 \text{CO}_2(g) + 4 \text{H}_2\text{O}(g)$$
 주어진 생성 엔탈피 값을 대입하면,

$$\Delta H_{c,C_3H_8}^\circ = [3 \times (-400) + 4 \times (-300)] - [1 \times (-100) + 5 \times 0] = (-2400) - (-100) = -2300 \text{ kJ mol}^{-1}$$

3. 혼합 가스의 전체 연소열 크기 도출:

- 천연가스 1몰은 0.9 mol의 메테인과 0.1 mol의 프로페인으로 혼합되어 있다.
- 혼합 가스의 전체 연소 엔탈피는 각 성분의 연소 엔탈피에 몰분율을 곱한 가중 평균으로 계산된다.

$$\Delta H_{c,total}^\circ = 0.9 \times (-920) + 0.1 \times (-2300) = -828 - 230 = -1058 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- 문제에서는 연소열의 크기(절댓값)를 요구하였으므로, $|-1058| = 1,058 \text{ kJ mol}^{-1}$ 이 된다.

정답: ①

핵심개념 및 이론:

1. 표준 생성 엔탈피 (Standard Enthalpy of Formation, ΔH_f°):

- 표준 상태(25°C , 1 atm)에서 화합물 1몰이 그 화합물을 구성하는 가장 안정한 형태의 **홀원소 물질**로부터 생성될 때의 엔탈피 변화량이다.
- 열역학적 기준점에 따라, 자연계에서 가장 안정한 상태의 홀원소 물질(예: $\text{O}_2(g)$, $\text{H}_2(g)$, $\text{C}(\text{graphite})$)의 표준 생성 엔탈피는 **0으로 정의**한다.

2. 표준 반응 엔탈피와 헤스의 법칙 (Hess's Law):

- 엔탈피(H)는 경로에 무관하고 처음과 나중 상태에만 의존하는 상태함수(State function)이다. 따라서 일련의 화학 반응에서 전체 엔탈피 변화는 각 세부 단계의 엔탈피 변화를 대수적으로 합한 것과 같다.
- 이를 활용하면 반응에 직접 참여하는 물질들의 표준 생성 엔탈피만을 이용하여 임의의 반응에 대한 전체 엔탈피 변화를 쉽게 계산할 수 있다.

3. 표준 연소 엔탈피 (Standard Enthalpy of Combustion, ΔH_c°):

- 어떤 물질 1몰이 표준 상태에서 산소와 반응하여 완전 연소할 때 발생하는 열량(엔탈피 변화)이다.
- 연소 반응은 계가 주위로 에너지를 뱉어내는 격렬한 발열 반응(Exothermic reaction)이므로 연소 엔탈피의 값은 항상 음수(-)이다. 공학적으로 발열량을 다룰 때는 편의상 그 크기(절댓값)를 주로 사용한다.

< '엔탈피 및 열화학 반응' >

구분	기호	정의 및 열역학적 특징	비고
표준 생성 엔탈피	ΔH_f°	안정 홑원소로부터 화합물 1몰 생성 시 엔탈피 변화	안정 홑원소의 값은 0
표준 반응 엔탈피	ΔH_{rxn}°	화학 반응 전후의 계의 총 엔탈피 차이	헤스의 법칙 적용
표준 연소 엔탈피	ΔH_c°	가연성 물질 1몰이 완전 연소할 때의 엔탈피 변화	항상 발열($\Delta H < 0$)

OX Quiz

- 표준 상태(25°C , 1 atm)에서 산소 기체($\text{O}_2(g)$)의 표준 생성 엔탈피 값은 0이다. (O)
 - 해설: 산소 기체는 표준 상태에서 열역학적으로 가장 안정한 홑원소 물질이므로, 기준점에 따라 표준 생성 엔탈피를 0으로 정의한다.
- 화학 반응의 반응 엔탈피는 반응이 진행되는 중간 경로에 따라 그 값이 달라지는 경로 함수(Path function)이다. (X)
 - 해설: 엔탈피(H)는 초기 상태와 최종 상태에만 의존하는 상태 함수(State function)이다. 경로와 무관하기 때문에 간접적인 경로를 이용하는 헤스의 법칙을 적용할 수 있다.
- 물질의 연소 반응은 주변으로 열을 방출하는 발열 반응이므로 계의 연소 엔탈피(ΔH_c) 부호는 항상 음수(-)를 가진다. (O)
 - 해설: 연소는 산소와 산화 반응하며 에너지를 방출하는 대표적인 발열 반응이다. 계의 에너지가 외부로 빠져나가 내부에너지가 감소하므로 엔탈피 변화의 부호는 음수(-)가 된다.
- 두 가지 이상의 가연성 가스가 혼합된 이상 혼합 기체의 경우, 혼합 가스의 전체 연소열은 각 성분의 연소열에 몰분율을 곱한 값의 단순 합으로 구할 수 있다. (O)
 - 해설: 엔탈피는 물질의 양(질량 또는 몰수)에 비례하는 크기 성질(Extensive property)이다. 따라서 이상 혼합물에서 혼합 가스 1몰의 연소열은 각 성분의 몰분율을 이용한 가중 평균으로 정확히 계산할 수 있다.
- 문제의 연소 반응 조건에서 생성된 물의 상태가 수증기($\text{H}_2\text{O}(g)$)가 아닌 액체 상태의 물($\text{H}_2\text{O}(l)$)이었다면, 계산된 연소열의 크기(발열량)는 더 작아졌을 것이다. (X)
 - 해설: 액체 상태의 물($\text{H}_2\text{O}(l)$)이 생성될 경우, 기체 상태($\text{H}_2\text{O}(g)$)일 때보다 수증기의 응축 잠열만큼 열이 외부로 추가 방출된다. 따라서 방출되는 전체 연소열의

크기(고위 발열량)는 기체로 배출될 때(저위 발열량)보다 더 커지게 된다.
