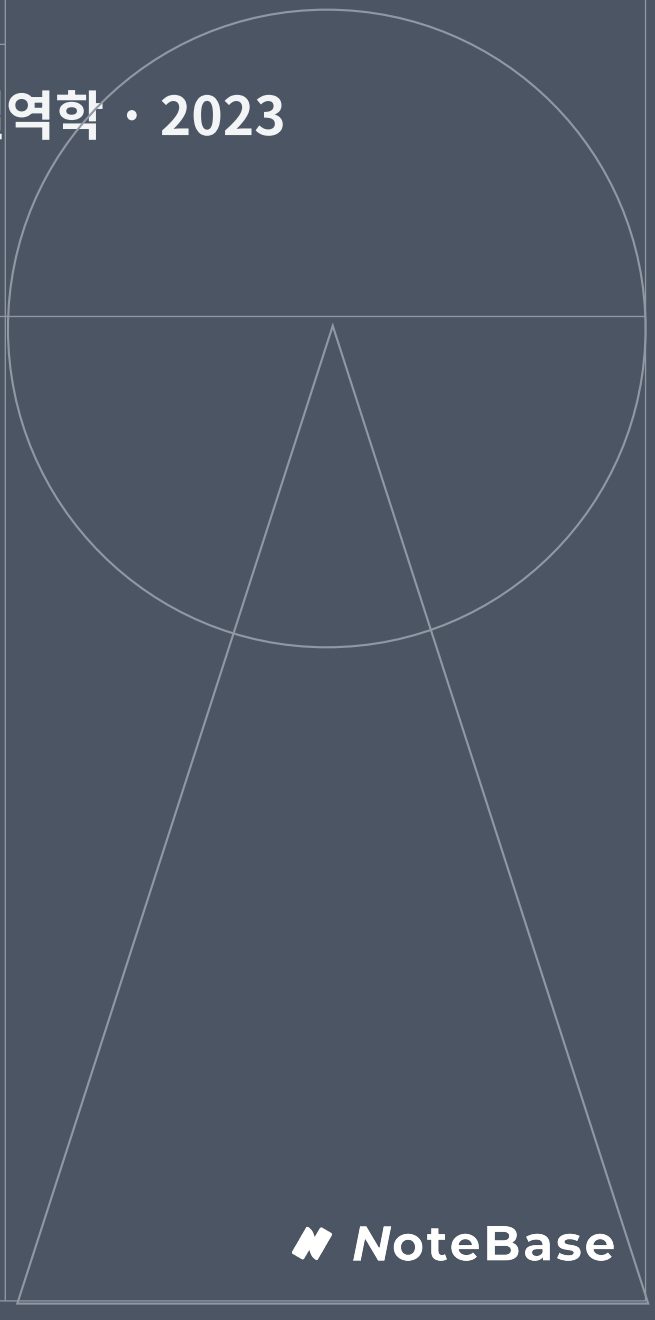
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2023

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2023

문 1. 열역학 제1법칙에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 제1종 영구기관이 존재할 수 있음을 의미하는 법칙이다.

② 이상기체에만 적용할 수 있는 법칙이다.

③ 하나의 형태의 에너지가 사라지면 그만큼 다른 형태의 에너지가 생성되어 에너지의 총량은 일정하다.

④ 일과 열은 상호 변환 불가능하며 독립적으로 존재한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열역학 제1법칙의 핵심인 에너지 보존과 열·일의 의미를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

열역학 제1법칙은 에너지가 새로 생성되거나 완전히 소멸하지 않고 열, 일, 내부에너지 등 다른 형태로 전환될 뿐 총량은 보존된다는 법칙이다. 열과 일은 계가 에너지를 주고받는 전달 형태이지 계 내부에 저장되는 독립적 상태량이 아니다.

선지별 해설

① X: 제1종 영구기관은 외부에서 에너지를 받지 않고 일을 계속 만들어 내는 장치인데, 이는 에너지 보존에 정면으로 반한다. 틀린 표현은 "제1종 영구기관이 존재할 수 있음"이며, 올바르게는 "제1종 영구기관은 존재할 수 없음을 뜻하는 법칙"이다.

② X: 열역학 제1법칙은 이상기체에만 한정되는 법칙이 아니라 모든 열역학적 계에 적용되는 일반 법칙이다. 틀린 표현은 "이상기체에만"이며, 올바르게는 "이상기체를 포함한 모든 물질과 계에 적용된다"이다.

③ O: 한 형태의 에너지가 감소하면 그만큼 다른 형태의 에너지로 전환되어 전체 에너지 총량은 일정하게 유지된다. 이는 열역학 제1법칙의 가장 직접적인 설명이다.

④ X: 열과 일은 서로 다른 에너지 전달 방식이지만 상호 전환될 수 있으며, 둘 다 계에 저장되는 독립적 물성은 아니다. 틀린 표현은 "상호 변환 불가능하며 독립적으로 존재한다"이며, 올바르게는 "상호 전환될 수 있고 모두 경로함수인 에너지 전달 형태이다"이다.

NoteBase

오답 포인트

①은 제1법칙과 제2법칙의 영구기관 개념을 혼동하면 틀리기 쉽고, ④는 열과 일을 내부에너지처럼 저장되는 양으로 착각하면 속기 쉽다. 특히 "독립적으로 존재한다"라는 표현이 상태량처럼 보이게 만들어 함정을 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

열역학 제1법칙 문제에서는 먼저 "에너지 총량 보존"인지 확인하고, 이어서 열과 일이 저장량인지 전달량인지 구분하면 된다. 선지에 "영구기관 가능", "특정 물질에만 적용", "열과 일은 저장된다" 같은 표현이 나오면 제1법칙에 반하는지 바로 점검할 수 있다.

암기 포인트

제1법칙은 에너지 보존, 열과 일은 전달, 제1종 영구기관은 불가능이다.

NoteBase

문 2. 열역학에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 열역학에서는 화학적 또는 물리적 공정의 속도가 중요하다.

② 열역학의 적용을 위해 고려대상이 되는 특정한 범위를 계(system)라고 한다.

③ 열역학을 실제로 응용할 때 필요한 물성치는 일반화된 상관관계식들을 사용하여 그 추정치를 얻는 것이 가능하다.

④ 열역학은 열에서 발생한 동력을 설명할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 열역학이 다루는 대상과 한계를 이해하고, 열역학과 속도론을 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

열역학은 계의 평형 상태와 에너지 변환의 가능성, 방향, 한계를 다루는 학문이다. 핵심 키워드는 상태, 평형, 에너지, 가능성이다.
반응속도론 또는 공정 속도 해석은 과정이 얼마나 빨리 진행되는지를 다루는 영역이다. 핵심 키워드는 시간, 속도, 진행률이다.
계(system)는 열역학적 해석을 위해 경계로 구분하여 정한 대상 영역이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
열역학에서는 공정의 속도 자체가 핵심 대상이 아니다. 열역학은 초기 상태와 최종 상태, 그리고 그 변화가 가능한지를 다룬다.
틀린 부분은 "공정의 속도가 중요하다"이다.
올바르게는 "공정의 속도는 반응속도론이나 전달현상에서 중요하며, 열역학은 속도보다 상태와 에너지 관계를 다룬다"이다.

② O
열역학에서 분석 대상으로 정한 특정 범위를 계라고 한다. 계와 주위의 구분은 열, 일, 물질 출입을 해석하는 출발점이 된다.

③ O
실제 공정 계산에서는 모든 물성치를 직접 측정하지 못하는 경우가 많으므로 일반화된 상관관계식이나 추정식을 이용해 물성치를 추정할 수 있다. 이는 화공열역학의 실무적 적용과 맞는 설명이다.

④ O
열역학은 열과 일의 상호변환, 그리고 열로부터 일을 얻는 과정의 가능성과 한계를 설명할 수 있다. 따라서 열에서 발생한 동력을 설명할 수 있다는 진술은 타당하다.

오답 포인트

①의 "속도"라는 단어가 함정이다. 열역학도 공정을 다루므로 속도까지 함께 다룬다고 착각하기 쉽지만, 속도는 열역학이 아니라 반응속도론이나 전달현상의 주된 관심사이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 속도, 시간 변화, 진행률이 나오면 먼저 속도론 영역인지 점검한다. 반대로 평형, 상태, 에너지 수지, 가능성과 한계가 나오면 열역학 진술일 가능성이 크다.

암기 포인트

열역학은 가능한가를 다루고, 속도론은 얼마나 빨리 일어나는가를 다룬다.

NoteBase

문 3. <보기>에서 과잉 깁스 에너지(Excess Gibbs Energy)로부터 유도된 과잉 성질에 대한 식으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

ㄱ. $H^E = -T\left[\frac{\partial(G^E/RT)}{\partial T}\right]_{P,x}$

ㄴ. $V^E = \left(\frac{\partial G^E}{\partial P}\right)_{T,x}$

ㄷ. $S^E = -\left(\frac{\partial G^E}{\partial T}\right)_{P,x}$

ㄹ. $C_P^E = -T\left(\frac{\partial^2 G^E}{\partial T^2}\right)_{P,x}$

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 과잉 깁스 에너지 G^E로부터 S^E, V^E, H^E, C_P^E를 유도하는 기본 열역학 관계식을 정확히 적용하는지 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 기준식은 G^E이다.
판단 대상은 H^E, V^E, S^E, C_P^E의 유도식이다.
발문은 '가장 옳지 않은 것'이므로 틀린 식 하나를 찾으면 된다.

사용할 공식

$S^E = -(\partial G^E/\partial T)_{P,x}$, $V^E = (\partial G^E/\partial P)_{T,x}$이다.
또한 $H^E = G^E + TS^E = G^E - T(\partial G^E/\partial T)_{P,x} = -T^2(\partial(G^E/T)/\partial T)_{P,x} = -RT^2(\partial(G^E/RT)/\partial T)_{P,x}$이다.
따라서 $C_P^E = (\partial H^E/\partial T)_{P,x} = -T(\partial^2 G^E/\partial T^2)_{P,x}$가 된다.
과잉 성질도 원래의 몰 성질과 같은 미분관계를 따르므로 G^E에 대한 기본 관계식을 그대로 적용하면 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X

ㄱ. $H^E = -T[\partial(G^E/RT)/\partial T]_{P,x}$는 틀리다. G^E/RT를 사용한 엔탈피식은 $H^E = -RT^2[\partial(G^E/RT)/\partial T]_{P,x}$이어야 한다. 제시식은 앞의 RT 한 묶음이 빠져 차원도 맞지 않는다.
틀린 표현 → 올바르게는 $H^E = -RT^2[\partial(G^E/RT)/\partial T]_{P,x}$이다.

② O

ㄴ. 깁스 에너지는 자연변수가 T, P이므로 $V = (\partial G/\partial P)_T$이다. 과잉 성질도 같은 관계를 따라 $V^E = (\partial G^E/\partial P)_{T,x}$가 맞다.

③ O

ㄷ. 엔트로피는 $S = -(\partial G/\partial T)_P$이므로 과잉 엔트로피도 $S^E = -(\partial G^E/\partial T)_{P,x}$가 맞다.

④ O

ㄹ. $H^E = G^E - T(\partial G^E/\partial T)_{P,x}$를 T에 대해 미분하면 $C_P^E = (\partial H^E/\partial T)_{P,x} = -T(\partial^2 G^E/\partial T^2)_{P,x}$가 된다. 따라서 제시식은 옳다.

오답 포인트

G^E/RT처럼 무차원화된 식을 보면 앞의 계수를 단순히 T 하나로 착각하는 경우가 많다. 이 문항의 함정은 ㄱ에서 H^E 식의 핵심 계수인 RT^2를 빠뜨린 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 G에서 직접 나오는 1차 미분 관계인 $S = -(\partial G/\partial T)_P$, $V = (\partial G/\partial P)_T$를 확인한다. 그다음 $H = G + TS$로 H를 만들고, 마지막에 $C_P = (\partial H/\partial T)_P$로 이어서 판단하면 된다. G/RT 형태가 보이면 H 식 앞에 RT^2가 붙는지 차원으로 다시 검산한다.

암기 포인트

G에서 바로 나오면 S, V이고, H는 $G + TS$로 만든다. G^E/RT를 이용한 엔탈피식은 $-RT^2\partial(G^E/RT)/\partial T$ 형태이다.

문 4. 유체의 임계거동에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 임계점에서 액상과 증기상을 서로 명확하게 구별할 수 있다.

② 임계온도, 임계압력 이상을 갖는 물질을 압축성 유체 라고 한다.

③ 임계점은 고체, 액체, 기체가 평형을 이루며 존재하는 상태이다.

④ 임계압력은 순수한 화학 물질이 증기/액체평형을 이룰 수 있는 최고의 압력을 나타낸다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 임계점, 초임계유체, 삼중점, 임계압력의 정의를 서로 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

임계점: 액상과 기상이 더 이상 서로 구별되지 않게 되는 끝점이다. / 결정 차이축: 액체-증기 경계의 소멸 여부 / 키워드: 액상·기상 불구별
초임계유체: 임계온도와 임계압력을 모두 넘은 단일상 유체이다. / 결정 차이축: 임계조건 초과 여부 / 키워드: 초임계 상태
삼중점: 고체, 액체, 기체가 동시에 평형하는 점이다. / 결정 차이축: 공존하는 상의 수 / 키워드: 3상 평형
임계압력: 순수물질이 액체-증기 평형을 유지할 수 있는 최대 압력이다. / 결정 차이축: 증기-액체 공존의 압력 한계 / 키워드: 최고 공존 압력

선지별 해설

1번: X. 임계점에서는 액상과 증기상의 밀도 차이가 사라져 두 상을 명확하게 구별할 수 없다. 틀린 표현은 '명확하게 구별'이다. 올바르게는 '임계점에서는 액상과 증기상이 서로 구별되지 않는다'이다.
2번: X. 임계온도와 임계압력 이상 상태의 물질은 일반적으로 초임계유체라고 한다. 틀린 표현은 '압축성 유체'이다. 올바르게는 '초임계유체'이다.
3번: X. 고체, 액체, 기체가 평형을 이루며 존재하는 상태는 임계점이 아니라 삼중점이다. 틀린 표현은 '임계점'이다. 올바르게는 '삼중점은 고체, 액체, 기체가 동시에 평형하는 점이다'이다.
4번: O. 임계압력은 순수한 화학물질이 액체-증기 평형을 이룰 수 있는 최대 압력을 뜻하므로 옳다. 이 한계를 넘으면 액체와 증기를 서로 다른 두 상으로 유지할 수 없다.

오답 포인트

임계점을 삼중점처럼 여러 상이 공존하는 점으로 혼동하거나, 임계조건을 넘은 유체를 막연히 압축성 유체라고 부르면 틀린다. 임계압력은 '증기/액체 평형이 가능한 최고 압력'이라는 한계 개념으로 잡아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 공존하는 상의 수와 액체-증기 구별 가능 여부를 본다. 액체와 증기가 구별되지 않으면 임계점, 고체까지 포함한 3상 평형이면 삼중점, 임계온도와 임계압력을 모두 넘으면 초임계유체, 증기/액체 평형의 압력 상한을 묻으면 임계압력이다.

암기 포인트

임계점은 액·증 구별 소멸, 삼중점은 3상 공존, 임계 이상은 초임계유체, 임계압력은 증기·액체 공존의 최고 압력이다.

NoteBase

문 5. 피스톤 안 1 mol 기체의 상태가 일정 온도에서 압축 또는 팽창에 의해 가역적으로 부피가 V_1에서 V_2로 변할 때, van der Waals 식 $P=\frac{RTV^2-a(V-b)}{(V-b)V^2}$을 이용해서 시스템의 일 ($W$)을 나타낸 식으로 가장 옳은 것은?

① $W=RT\ln\left(\frac{V_2-b}{V_1-b}\right)+\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)\frac{1}{a}$
② $W=RT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)+\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)a$
③ $W=aRT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)+\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$
④ $W=RT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)+\left(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1}\right)a$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 van der Waals 상태방정식을 $P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$로 정리한 뒤, 가역 등온 과정의 시스템 일 $W=-\int_{V_1}^{V_2}PdV$를 정확히 적분할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 1 mol 기체, 등온, 가역 압축 또는 팽창, van der Waals 식 $P=\frac{RTV^2-a(V-b)}{(V-b)V^2}$이다.
구해야 할 값: 부피가 V_1에서 V_2로 변할 때 시스템의 일 W이다.
주의할 조건: 화공열역학에서 시스템의 일은 보통 계가 외부에 한 일을 음수로 두므로 $W=-\int PdV$를 사용한다.

사용할 공식

$W=-\int_{V_1}^{V_2}PdV$
$P=\frac{RTV^2-a(V-b)}{(V-b)V^2}=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 가역 등온 부피변화와 압력식을 직접 주었으므로, 압력을 부피의 함수로 정리한 뒤 일의 정의식에 대입해 적분하면 된다.

계산 과정

1. 주어진 식을 항별로 나누면 $P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$이다.
2. 따라서 시스템의 일은 $W=-\int_{V_1}^{V_2}\left(\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}\right)dV$이다.
3. 적분하면 $\int\frac{RT}{V-b}dV=RT\ln(V-b)$, $\int-\frac{a}{V^2}dV=\frac{a}{V}$이다.
4. 이를 경계값에 대입하면 $W=-\left[RT\ln\left(\frac{V_2-b}{V_1-b}\right)+a\left(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1}\right)\right]$이다.
5. 부호를 정리하면 $W=RT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)+a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$이므로 ②와 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① X: 로그항은 $\int PdV$ 형태라서 시스템의 일 부호와 맞지 않고, 두 번째 항의 계수도 a가 아니라 $\frac{1}{a}$로 적혀 차원까지 틀렸다. 틀린 표현은 $\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)\frac{1}{a}$이고, 올바르게는 $a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$이다.
② O: $W=-\int_{V_1}^{V_2}PdV$를 적용하면 $RT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)+a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$가 그대로 나온다.
③ X: 첫째 항은 $\int\frac{RT}{V-b}dV$에서 나와야 하므로 앞계수는 RT만 남아야 한다. 틀린 표현은 $aRT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)$이고, 올바르게는 $RT\ln\left(\frac{V_1-b}{V_2-b}\right)$이다. 또한 둘째 항도 $a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$처럼 a가 붙어야 한다.
④ X: 로그항은 맞지만 둘째 항의 부호가 반대이다. 틀린 표현은 $a\left(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1}\right)$이고, 올바르게는 $a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$이다.

오답 포인트

van der Waals 식을 $\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$로 단순화한 뒤에도 일의 부호 규약을 놓치기 쉽다. 특히 $\int-\frac{a}{V^2}dV=\frac{a}{V}$가 된다는 점과, 마지막에 시스템 일의 음수 부호를 한 번 더 반영해야 한다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상태방정식을 먼저 적분 가능한 항으로 분해하고, 그다음 $W=-\int PdV$인지 $W=\int PdV$인지 부호 규약을 확인한 뒤, 각 항을 적분하고 경계값과 부호를 마지막에 한 번 더 검산하면 된다.

암기 포인트

화공열역학의 시스템 일은 $W=-\int PdV$, van der Waals 1 mol 식은 $P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$이다.

NoteBase

문 6. 물 1kg($V_1 = 1{,}003\text{cm}^3/\text{kg}$)이 피스톤에 의해 25°C, 1bar에서 가역 과정을 거쳐 25°C, 1,500bar로 압축된다. 처음 상태의 압력, 온도, 부피를 P_1, T_1, V_1, 나중 상태의 압력, 온도, 부피를 P_2, T_2, V_2라고 한다면 <보기>의 식을 사용하여 나중 상태의 부피(V_2)를 구하는 식으로 가장 옳은 것은? (단, β와 κ는 온도와 압력에 무관한 상수이다.)

<보기>

$\frac{dV}{V} = \beta dT - \kappa dP$

① $V_2 = \frac{\exp(\kappa(P_1 - P_2))}{V_1}$

② $V_2 = V_1 \exp(-\kappa(P_1 - P_2))$

③ $V_2 = \frac{\exp(-\kappa(P_1 - P_2))}{V_1}$

④ $V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $\frac{dV}{V} = \beta dT - \kappa dP$를 적분하여 온도 변화가 없는 압축 과정에서 나중 부피 V_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물 1 kg, $P_1 = 1\text{bar}$, $T_1 = 25^\circ\text{C}$, $V_1 = 1{,}003\text{cm}^3/\text{kg}$, $P_2 = 1{,}500\text{bar}$, $T_2 = 25^\circ\text{C}$
구해야 할 값: 나중 상태의 부피 V_2
주의할 조건: β와 κ는 상수이고, 처음과 나중 온도가 같으므로 dT 적분항은 0이 된다.

사용할 공식

사용 공식은 $\frac{dV}{V} = \beta dT - \kappa dP$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 직접 이 관계식을 주었고, β와 κ를 상수로 두었으므로 상태 1에서 상태 2까지 바로 적분할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 상태 1에서 상태 2까지 적분하면 $\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \int_{T_1}^{T_2} \beta dT - \int_{P_1}^{P_2} \kappa dP$이다.
2. β, κ가 상수이고 $T_2 - T_1 = 25 - 25 = 0$이므로
$\ln \frac{V_2}{V_1} = \beta(T_2 - T_1) - \kappa(P_2 - P_1) = -\kappa(P_2 - P_1) = \kappa(P_1 - P_2)$이다.
3. 양변에 지수함수를 취하면 $\frac{V_2}{V_1} = \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이고, 따라서 $V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: V_2는 V_1에 비례해야 하는데, 이 식은 V_1가 분모에 들어가 있다. 틀린 표현은 분모의 V_1이고, 올바르게는 $V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이다.
② X: $-\kappa(P_1 - P_2) = \kappa(P_2 - P_1)$이므로 압력이 커질수록 부피가 커지는 꼴이 되어 압축과 맞지 않는다. 틀린 표현은 지수부의 부호이고, 올바르게는 $\kappa(P_1 - P_2)$가 들어가야 한다.
③ X: ①과 마찬가지로 V_1가 분모에 있어 적분 결과 $\frac{V_2}{V_1} = \exp(\cdots)$를 잘못 옮긴 식이다. 틀린 표현은 분모의 V_1이고, 올바르게는 $V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이다.
④ O: 적분 결과가 바로 $V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이므로 옳다. $P_2 > P_1$이어서 지수부는 음수가 되고, 압축 후 부피가 감소하는 방향과도 일치한다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지이다. 첫째, 과정 중 가열이 있었다는 문장에 끌려 βdT 항을 남기기 쉽지만, 식은 처음과 나중 상태를 적분하는 것이므로 $T_2 = T_1$만 보면 된다. 둘째, $\ln \frac{V_2}{V_1} = \kappa(P_1 - P_2)$를 지수화할 때 V_1를 분모에 두거나 지수부 부호를 뒤집기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

상태량 미분식을 주는 계산형은 먼저 처음값과 나중값만 확인한 뒤, 0이 되는 항을 지우고 적분한다. 그다음 $\ln \frac{V_2}{V_1}$ 형태를 $V_2 = V_1 \exp(\cdots)$로 옮겨 분자·분모와 부호를 검산하면 된다.

암기 포인트

$\ln \frac{V_2}{V_1} = \kappa(P_1 - P_2) \Rightarrow V_2 = V_1 \exp(\kappa(P_1 - P_2))$이며, 압축이면 지수부가 음수가 된다.

NoteBase

문 7. 1bar, 1,000°C**에서 이상기체 화학반응** $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O$**의 평형상수를** K_r**이라고 한다. 주어진 화학반응이 모두** 1,000°C**에서 발생한다고 할 때, 반응의 평형상수가** K_r**이 아닌 것은?**

① $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O \quad (P = 5\text{bar})$

② $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O \quad (P = 10\text{bar})$

③ $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O \quad (P = 1\text{bar})$

④ $H_2 + \frac{1}{2}O_2 + 3N_2 \rightleftharpoons H_2O + 3N_2 \quad (P = 5\text{bar})$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 반응의 평형상수가 온도만의 함수인지, 그리고 반응식을 배수로 바꾸면 평형상수가 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

평형상수 K_r는 주어진 반응식에 대해 온도가 정해지면 값이 고정되는 상수이다.
반응식을 그대로 두면 압력 변화만으로 K_r가 바뀌지 않는다.
반응식을 n배 하면 평형상수는 $(K_r)^n$이 되고, 역반응으로 바꾸면 $1/K_r$가 된다.
양변에 같은 성분이 같은 계수로 들어가면 그 항은 평형식에서 서로 상쇄된다.

NoteBase

선지별 해설

① O
반응식이 원래와 완전히 같고 온도도 1,000 °C로 같으므로 평형상수는 그대로 K_r이다.
$P = 5$ bar는 평형 조성에는 영향을 줄 수 있지만 이상기체 반응의 평형상수 자체를 바꾸지 않는다.

② O
①과 같은 이유이다.
$P = 10$ bar라도 반응식과 온도가 같으므로 평형상수는 여전히 K_r이다.

③ X
틀린 부분은 반응식을 2배로 만든 점이다.
원반응이 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O$이고 그 평형상수가 K_r이면, $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$의 평형상수는 $(K_r)^2$이다.
올바르게는 "③의 평형상수는 K_r이 아니라 $(K_r)^2$이다."이다.

④ O
N_2가 양변에 같은 계수 3으로 들어가므로 평형식에서 $(f_{N_2})^3/(f_{N_2})^3 = 1$로 상쇄된다.
따라서 실질적인 반응은 원래 반응과 같고 온도도 같으므로 평형상수는 K_r이다.

오답 포인트

압력이 1 bar에서 5 bar, 10 bar로 바뀌면 평형상수도 바뀐다고 착각하기 쉽다. 이상기체 반응의 평형상수는 온도에만 의해 정해지고, 반응식을 몇 배로 썼는지가 값을 바꾼다. 또한 양변에 같은 비반응성 기체가 있으면 그 성분은 상쇄된다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 온도가 같은지 본다. 그다음 반응식을 원식과 비교해 계수가 그대로인지, 몇 배가 되었는지, 역반응인지, 양변 공통 성분이 있는지를 확인한다. 온도만 같고 반응식이 같으면 K는 같고, 반응식을 n배 하면 K^n, 역반응이면 $1/K$로 판단한다.

암기 포인트

온도 같으면 K는 고정, 반응식 n배면 K^n, 역반응이면 $1/K$, 양변 공통 성분은 상쇄이다.

NoteBase

문 8. <보기>는 열린계의 에너지 수지식이다. 입구와 출구가 하나씩 존재하는 계의 정상상태 단열계에 대한 에너지 수지식으로 가장 옳은 것은? (단, m: 전체 계의 질량, t: 시간, u: 속도, z: 높이, H: 비엔탈피, g: 중력가속도, $\dot{Q}$: 열전달률, $\dot{W}$: 일률, $\dot{m}$: 질량유량, 하첨자 1, 2는 각각 입구, 출구를 나타낸다.)

<보기>

$$\frac{d(mU)_{CV}}{dt} + \Delta\left[\left(H + \frac{1}{2}u^2 + zg\right)\dot{m}\right]_{fs} = \dot{Q} + \dot{W}$$

① $-\dot{W} = \left[\left(H_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + z_2 g\right)\dot{m}_2 - \left(H_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + z_1 g\right)\dot{m}_1\right]$

② $-\dot{W} = \left[\left(H_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + z_1 g\right)\dot{m}_1 + \left(H_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + z_2 g\right)\dot{m}_2\right]$

③ $-\frac{\dot{W}}{\dot{m}} = \left[-\left(H_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + z_1 g\right)\dot{m}_1 + \left(H_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + z_2 g\right)\dot{m}_2\right]$

④ $-\frac{\dot{W}}{\dot{m}} = \left[\left(H_1 + \frac{1}{2}u_1^2 + z_1 g\right) - \left(H_2 + \frac{1}{2}u_2^2 + z_2 g\right)\right]$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 열린계 정상상태 단열 에너지수지식에서 축적항과 열전달항을 없애고, 1입구-1출구 정상류 질량수지로 $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$를 적용할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은

$$\frac{d(mU)_{CV}}{dt} + \Delta\left[\left(H + \frac{u^2}{2} + zg\right)\dot{m}\right]_{fs} = \dot{Q} + \dot{W}$$

이다.

정상상태이므로 $\frac{d(mU)_{CV}}{dt} = 0$이다.

단열계이므로 $\dot{Q} = 0$이다.

입구 1개, 출구 1개인 정상류이므로 질량수지에서 $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$이다.

사용할 공식

정상상태 단열 열린계의 에너지수지식은

$$\dot{W} = \left(H_2 + \frac{u_2^2}{2} + z_2 g\right)\dot{m}_2 - \left(H_1 + \frac{u_1^2}{2} + z_1 g\right)\dot{m}_1$$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 문제의 조건이 바로 정상상태, 단열, 1입구-1출구인 열린계이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 정상상태이므로 축적항 $\frac{d(mU)_{CV}}{dt}$를 0으로 둔다.
2. 단열계이므로 $\dot{Q}=0$을 대입하면
$\dot{W}=\left(H_2+\frac{u_2^2}{2}+z_2g\right)\dot{m}_2-\left(H_1+\frac{u_1^2}{2}+z_1g\right)\dot{m}_1$
이 된다.
3. 양변에 마이너스를 곱하면
$-\dot{W}=\left(H_1+\frac{u_1^2}{2}+z_1g\right)\dot{m}_1-\left(H_2+\frac{u_2^2}{2}+z_2g\right)\dot{m}_2$
이다.
4. 정상류 질량수지로 $\dot{m}_1=\dot{m}_2=\dot{m}$이므로
$-\frac{\dot{W}}{\dot{m}}=\left(H_1+\frac{u_1^2}{2}+z_1g\right)-\left(H_2+\frac{u_2^2}{2}+z_2g\right)$
이 된다.

선지별 해설

① X: 부호가 반대이다. 제시식에서 바로 정리하면 W=출구 유출 에너지-입구 유입 에너지이므로, 이를 $-\dot{W}$ 형태로 쓰면 입구-출구가 되어야 한다. 틀린 표현은 "-\dot W=(출구)-(입구)"이고, 올바르게는 "-\dot W=(입구)-(출구)"이다.
② X: 입구항과 출구항을 더하면 안 된다. 유동일 포함 에너지수지는 항상 출구항과 입구항의 차로 나타난다. 틀린 표현은 "두 항의 합"이고, 올바르게는 "출구항에서 입구항을 뺀 값" 또는 $-\dot{W}$ 기준으로는 "입구항에서 출구항을 뺀 값"이다.
③ X: 좌변은 $-\dot{W}/\dot{m}$인데 우변에는 여전히 $\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$가 남아 있어 차원이 맞지 않는다. 또한 정상류라면 $\dot{m}_1=\dot{m}_2=\dot{m}$로 약분되어야 한다. 틀린 표현은 "-\dot W/\dot m와 유량이 남아 있는 우변의 대응"이고, 올바르게는 유량을 약분한 뒤 $\left(H_1+\frac{u_1^2}{2}+z_1g\right)-\left(H_2+\frac{u_2^2}{2}+z_2g\right)$ 형태로 써야 한다.
④ O: 정상상태로 축적항이 0, 단열로 $\dot{Q}=0$, 1입구-1출구 정상류로 $\dot{m}_1=\dot{m}_2=\dot{m}$를 적용하면 바로 이 식이 된다. 정답 조건을 모두 반영한 유일한 식이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 출구-입구의 기준을 $-\dot{W}$로 옮길 때 부호를 뒤집지 않는 것이다. 또 1입구-1출구 정상류 조건이 있는데도 $\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$를 약분하지 않거나, 두 항을 합으로 적는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

열린계 에너지수지 문제는 먼저 정상상태인지, 단열인지, 입출구 개수가 몇 개인지를 확인한 뒤 축적항과 $\dot{Q}$를 지운다. 그다음 출구-입구 순서로 식을 쓴 뒤, $-\dot{W}$로 바꾸면 입구-출구로 부호가 바뀌는지와 $\dot{m}_1=\dot{m}_2$ 약분이 되는지를 확인하면 된다.

암기 포인트

정상상태 단열 1입구-1출구 열린계는 - W/ m=입구 총비에너지-출구 총비에너지이다.

NoteBase

문 9. 열역학 제2법칙에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 닫힌계에서 기계적인 일이 없다고 가정할 때, 단위 시간당 엔트로피 변화량은 열전달 속도, 온도, 계 내부 엔트로피 생성속도의 함수로 표현된다.

② 가역공정에서 전체 엔트로피 생성속도는 0이다.

③ 고립계의 엔트로피 생성속도는 항상 0보다 크거나 같다.

④ 열린계의 엔트로피 수지식에서 엔트로피 흐름속도 $\dot{Q}/T$는 물질이동에 의해 발생한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 열역학 제2법칙의 엔트로피 수지식에서 열전달에 의한 엔트로피 전달과 물질이동에 의한 엔트로피 전달, 그리고 엔트로피 생성 항을 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

엔트로피 생성은 비가역성 때문에 계 내부에서 새로 생기는 항이며 가역과정에서는 0이고 항상 음수가 될 수 없다.
열전달에 의한 엔트로피 전달은 $\dot{Q}/T$ 항으로 나타나고, 물질이동에 의한 엔트로피 전달은 각 유입·유출 질량의 $\dot{m}s$ 항으로 나타난다.
고립계는 열과 물질의 출입이 모두 없으므로 엔트로피 변화는 오직 내부 엔트로피 생성으로만 결정된다.

NoteBase

선지별 해설

① O

닫힌계에서 기계적인 일이 없고 물질출입도 없으면 엔트로피 수지식은 $\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{gen}$ 꼴로 쓸 수 있다. 따라서 단위 시간당 엔트로피 변화량이 열전달 속도, 온도, 내부 엔트로피 생성속도의 함수로 표현된다는 설명은 옳다.

② O

가역공정은 비가역성이 전혀 없는 이상적인 과정이므로 전체 엔트로피 생성속도는 0이다. 가역이면 엔트로피 전달은 있을 수 있어도 엔트로피 생성은 없다.

③ O

고립계는 열과 물질의 출입이 모두 없으므로 $\frac{dS}{dt} = \dot{S}_{gen}$ 이다. 열역학 제2법칙에 따라 엔트로피 생성속도는 항상 0 이상이므로 이 설명은 옳다.

④ X

틀린 부분은 $\dot{Q}/T$는 물질이동에 의해 발생한다는 표현이다. $\dot{Q}/T$는 경계를 통한 열전달에 따른 엔트로피 흐름속도이고, 물질이동에 의한 엔트로피 전달은 $\sum \dot{m}s$로 나타낸다. 따라서 이 선지는 열전달 항과 물질이동 항을 서로 바꾸어 말했으므로 틀리다.

오답 포인트

④처럼 엔트로피 흐름 항의 출처를 바꾸어 놓으면 자주 흔들린다. $\dot{Q}/T$는 열전달, $\dot{m}s$는 물질이동이라는 대응을 정확히 구분하지 못하면 ①과 ④를 함께 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

엔트로피 수지식 문제는 먼저 계의 종류를 닫힌계, 열린계, 고립계로 나누고, 다음으로 각 항이 열전달인지 물질이동인지 내부생성인지를 대응시켜 판단하면 된다. 열은 $\dot{Q}/T$, 질량은 $\dot{m}s$, 비가역성은 $\dot{S}_{gen}$으로 연결된다.

암기 포인트

열은 $\dot{Q}/T$, 질량은 $\dot{m}s$, 가역이면 $\dot{S}_{gen} = 0$, 고립계이면 $\frac{dS}{dt} = \dot{S}_{gen}$이다.

NoteBase

문 10. 물질 X는 280 K에서 0.5 atm의 증기압과 420 K에서 1 atm의 증기압을 가진다. 증발열이 온도 변화에 무관하다고 가정할 때, 물질 X의 증발열의 값[$kJmol^{-1}$]은? (단, $\ln 2 = 0.7$, 기체상수=$8Jmol^{-1}K^{-1}$로 계산한다.)

① 0.4704

② 4.704

③ 47.04

④ 470.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 적분형 Clausius-Clapeyron 식을 이용해 두 온도에서의 증기압으로부터 증발열을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $T_1 = 280K, P_1 = 0.5atm$
- $T_2 = 420K, P_2 = 1atm$
- $\ln 2 = 0.7, R = 8Jmol^{-1}K^{-1}$

구해야 할 값:
- 물질 X의 증발열 ΔH_{vap}

주의할 조건:
- 증발열이 온도와 무관하다고 했으므로 적분형 Clausius-Clapeyron 식을 적용한다.
- 최종 단위는 $kJmol^{-1}$로 맞춘다.

사용할 공식

$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$

이 공식을 쓰는 이유:

증기압이 두 온도에서 주어졌고 증발열이 일정하다고 가정했으므로, 적분형 Clausius-Clapeyron 식으로 ΔH_{vap}를 직접 구할 수 있다.

계산 과정

1. 압력비를 계산하면 $P_2/P_1 = 1/0.5 = 2$이므로 $\ln(P_2/P_1) = \ln 2 = 0.7$이다.
2. 온도항을 계산하면 $1/280 - 1/420 = (420 - 280)/(280 \times 420) = 140/117600 = 1/840$이다.
3. 식에 대입하면 $\Delta H_{vap} = \frac{R\ln(P_2/P_1)}{(1/T_1 - 1/T_2)} = \frac{8 \times 0.7}{1/840} = 4704Jmol^{-1} = 4.704kJmol^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $0.4704\,kJmol^{-1}$는 계산 결과보다 10배 작다. 소수점을 한 자리 더 옮긴 값에 해당한다. 올바르게는 증발열이 $4.704\,kJmol^{-1}$이다.
② O: 계산 결과가 $4.704\,kJmol^{-1}$이므로 정답이다.
③ X: $47.04\,kJmol^{-1}$는 계산 결과보다 10배 크다. $4704\,Jmol^{-1}$를 $kJmol^{-1}$로 바꾸는 과정에서 소수점을 잘못 옮기면 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 $4.704\,kJmol^{-1}$이다.
④ X: $470.4\,kJmol^{-1}$는 계산 결과보다 100배 크다. 단위 환산 또는 온도항 계산에서 자릿수를 잘못 처리한 값이다. 올바르게는 $4.704\,kJmol^{-1}$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 식 자체보다 $(1/280 - 1/420) = 1/840$ 계산과 $J \rightarrow kJ$ 단위 환산이다. 계산으로 $4704\,Jmol^{-1}$를 얻은 뒤 $4.704\,kJmol^{-1}$로 바꾸지 못하면 ①, ③, ④ 같은 자릿수 오답에 걸리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

증기압이 서로 다른 두 온도에서 주어지고 증발열이 일정하다고 하면 먼저 적분형 Clausius-Clapeyron 식을 떠올린다. 그다음 $\ln(P_2/P_1)$와 $(1/T_1 - 1/T_2)$를 계산한 뒤 마지막에 $Jmol^{-1}$를 $kJmol^{-1}$로 검산하면 된다.

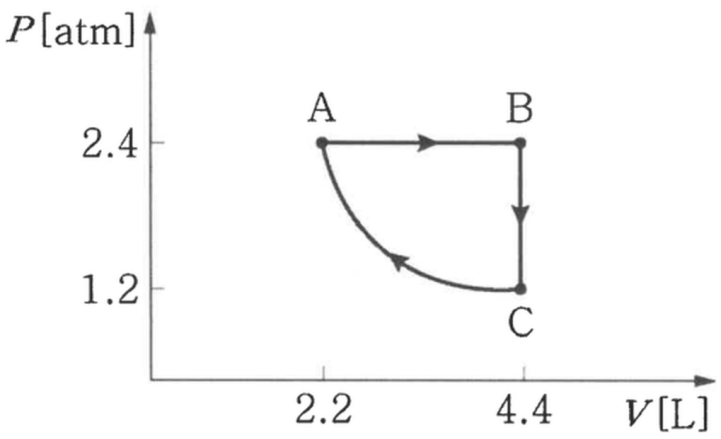
암기 포인트

증기압 두 점과 일정한 증발열이 보이면 $\ln(P_2/P_1) = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$를 적용하고, 끝에서 단위를 $kJmol^{-1}$로 다시 확인한다.

NoteBase

문 11. 닫힌 용기 안에 이상기체가 점 A의 상태에 있다. 이 계가 <보기>와 같은 순환 과정을 밟을 때, $\frac{T_B^2}{T_A \times T_C}$의 값은?

〈보기〉



- 일정한 압력으로 점 B까지 가열
- 일정한 부피를 유지하며 점 C까지 냉각
- 등온압축 과정으로 점 A로 돌아옴

① $\frac{1}{4}$
② $\frac{1}{2}$
③ 2
④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 같은 이상기체에 대해 $PV = nRT$를 적용하여 각 상태의 온도 비를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
A점은 $P_A = 2.4atm$, $V_A = 2.2L$이다.
B점은 $P_B = 2.4atm$, $V_B = 4.4L$이다.
C점은 $P_C = 1.2atm$, $V_C = 4.4L$이다.
구해야 할 값:
$\frac{T_B^2}{T_A T_C}$이다.
주의할 조건:
닫힌 계의 같은 이상기체이므로 nR는 일정하고, 따라서 온도는 PV에 비례한다.

사용할 공식

$PV = nRT$
같은 기체량에 대해 nR가 일정하므로 $T \propto PV$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
세 점 A, B, C의 압력과 부피가 모두 그래프에 주어져 있어 각 상태의 PV를 비교하면 온도비를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. A점과 B점의 온도비를 구하면 $\frac{T_B}{T_A} = \frac{P_B V_B}{P_A V_A} = \frac{2.4 \times 4.4}{2.4 \times 2.2} = 2$이다.
2. A점과 C점의 온도비를 구하면 $\frac{T_C}{T_A} = \frac{P_C V_C}{P_A V_A} = \frac{1.2 \times 4.4}{2.4 \times 2.2} = 1$이다. 따라서 $T_C = T_A$이다.
3. 이를 대입하면 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = \frac{(2T_A)^2}{T_A \cdot T_A} = 4$이다.

선지별 해설

① X
값이 $\frac{1}{4}$가 되려면 실제 값 4의 역수를 취해야 한다. 틀린 표현은 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = \frac{1}{4}$라는 판단이며, 올바르게는 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = 4$이다.

② X
값이 $\frac{1}{2}$가 되려면 $T_B/T_A = 2$는 보면서 $T_C = T_A$ 조건을 잘못 반영한 셈이다. 틀린 표현은 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = \frac{1}{2}$라는 판단이며, 올바르게는 $T_C = T_A$이므로 결과는 4이다.

③ X
값이 2가 되려면 $T_B/T_A = 2$만 보고 제곱을 빠뜨린 셈이다. 틀린 표현은 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = 2$라는 판단이며, 올바르게는 분자에 T_B^2가 있으므로 $(2)^2 = 4$를 반영해야 한다.

④ O
$T_B = 2T_A$, $T_C = T_A$이므로 $\frac{T_B^2}{T_A T_C} = \frac{(2T_A)^2}{T_A \cdot T_A} = 4$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

A점과 C점이 등온압축이라는 설명을 놓치거나, 같은 이상기체에서 온도가 PV에 비례한다는 점을 놓치면 오답이 나온다. 특히 ③은 $T_B/T_A = 2$까지만 구하고 분자의 제곱을 반영하지 않을 때 쉽게 고르는 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상태량 그래프에서 이상기체의 온도비를 묻는 문제는 먼저 각 점의 PV를 계산해 비교한다. 그다음 비율식을 그대로 대입하고, 제곱이나 분모 항이 있는지 마지막에 한 번 더 확인하면 된다.

암기 포인트

같은 이상기체는 $T \propto PV$이고, 등온 과정은 PV가 일정하다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 12. Pitzer 관계 상수 $Z^0 = 0.86,\ Z^1 = 0.03$를 적용하여 계산했을 때, 200K, 10bar에서 실제 기체의 몰 부피(molar volume)에 가장 가까운 값[$\mathrm{cm^3\ mol^{-1}}$]은? (단, 기체상수 $R = 80\mathrm{cm^3 bar mol^{-1} K^{-1}}$, 이심인자 $\omega = 0.2$이다.)

① 1,085

② 1,185

③ 1,285

④ 1,385

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Pitzer 관계식 $Z = Z^0 + \omega Z^1$로 압축계수 Z를 구한 뒤 실제 기체의 몰부피를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Z^0 = 0.86, Z^1 = 0.03, \omega = 0.2, T = 200\mathrm{K}, P = 10\mathrm{bar}, R = 80\mathrm{cm^3 bar mol^{-1} K^{-1}}$
구해야 할 값: 실제 기체의 몰부피 $\bar{V}$
주의할 조건: 이상기체 몰부피 RT/P에 압축계수 Z를 반영해야 실제 기체 몰부피가 된다.

사용할 공식

$Z = Z^0 + \omega Z^1$
$\bar{V} = \frac{ZRT}{P}$
이 공식을 쓰는 이유: Pitzer 관계 상수와 이심인자가 함께 주어졌으므로 먼저 Z를 구하고, 이어서 상태방정식 $PV = ZRT$를 몰부피형으로 바꾸어 계산하는 상황이다.

계산 과정

1. 압축계수를 계산하면 $Z = 0.86 + 0.2 \times 0.03 = 0.866$이다.
2. 이상기체 기준 몰부피는 $RT/P = (80 \times 200)/10 = 1600\mathrm{cm^3 mol^{-1}}$이다.
3. 실제 기체 몰부피는 $\bar{V} = 0.866 \times 1600 = 1385.6\mathrm{cm^3 mol^{-1}}$이다.

따라서 가장 가까운 값은 $1385.6\mathrm{cm^3 mol^{-1}}$에 해당하는 4번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
몰부피를 $1085\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$로 둔 부분이 틀렸다. 올바른 값은 약 $1386\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$이며, 이 값은 계산 결과보다 약 300 작아서 압축계수를 과소평가하거나 마지막 곱셈을 잘못한 경우에 해당한다.

② X
몰부피를 $1185\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$로 둔 부분이 틀렸다. 올바르게는 $0.866 \times 1600 = 1385.6\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$이므로 약 $1386\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$가 되어야 한다.

③ X
몰부피를 $1285\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$로 둔 부분이 틀렸다. 계산값 $1385.6\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$보다 약 100 작으므로 중간 반올림이나 산술 오차가 들어간 값이다. 올바른 수치는 약 $1386\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$이다.

④ O
계산 결과가 $1385.6\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$이므로 가장 가까운 값은 $1385\,\mathrm{cm^3mol^{-1}}$이다. Pitzer 관계식으로 구한 Z를 반영한 실제 기체 몰부피와 일치한다.

오답 포인트

Z를 $Z^0 + Z^1$로 두거나 RT/P만 계산하고 끝내면 실제 기체 효과가 빠진다. 이 문제의 함정은 Pitzer 관계식으로 Z를 먼저 만든 뒤 그 값을 몰부피식에 다시 곱해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Pitzer형 계산 문제는 먼저 $Z = Z^0 + \omega Z^1$로 압축계수를 구하고, 다음에 $\bar{V} = ZRT/P$에 대입하는 순서로 판단하면 된다. 마지막에는 RT/P가 이상기체 몰부피이고 여기에 Z가 곱해졌는지를 검산하면 된다.

암기 포인트

실제 기체 몰부피는 $\bar{V} = Z \times (RT/P)$이며, Pitzer 문제의 첫 단계는 항상 $Z = Z^0 + \omega Z^1$ 계산이다.

NoteBase

문 13. 100°C로 달궈진 철덩어리 100kg을 10°C의 물 50kg에 식힌다고 한다. 물과 철덩어리가 포함된 반응기는 단열되어 있다고 할 때, 반응기의 최종 온도[°C]와, 이 과정 동안 철덩어리의 엔트로피 변화에 가장 가까운 값[kJK^{-1}]은? (단, 철덩어리의 비열은 $0.5kJkg^{-1}K^{-1}$, 물의 비열은 $4kJkg^{-1}K^{-1}$이고, 철덩어리와 물은 비압축성 물질에 해당한다. 계산과정에서 $\ln 1.239 = 0.214$, $\ln 0.807 = -0.214$로 계산한다.)

① 28, -10.7

② 28, +10.7

③ 20, -10.7

④ 20, +10.7

정답 1번

출제 포인트

단열계 에너지수지로 평형온도를 구하고, 비압축성 고체의 엔트로피 변화식 $\Delta S = mc\ln(T_2/T_1)$을 절대온도로 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 철덩어리 $m_{Fe} = 100kg$, $c_{Fe} = 0.5kJkg^{-1}K^{-1}$, 초기온도 $100\,^{\circ}C$이다.
물 $m_w = 50kg$, $c_w = 4kJkg^{-1}K^{-1}$, 초기온도 $10\,^{\circ}C$이다.
구해야 할 값: 반응기의 최종 온도와 철덩어리의 엔트로피 변화이다.
주의할 조건: 단열계이므로 철이 잃은 열량과 물이 얻은 열량이 같고, 엔트로피 식의 온도는 절대온도 K로 넣는다.

사용할 공식

열수지식은 $m_{Fe}c_{Fe}(100 - T_f) = m_w c_w (T_f - 10)$ 이다.
철의 엔트로피 변화식은 $\Delta S_{Fe} = m_{Fe}c_{Fe}\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 반응기가 단열되어 외부와 열교환이 없고, 철과 물을 비압축성 물질로 보아 c를 일정하게 둘 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 열수지를 세우면 $100 \times 0.5 \times (100 - T_f) = 50 \times 4 \times (T_f - 10)$ 이다.
2. 정리하면 $50(100 - T_f) = 200(T_f - 10) \Rightarrow 100 - T_f = 4T_f - 40 \Rightarrow 140 = 5T_f$ 이므로 $T_f = 28\,^{\circ}C$ 이다.
3. 엔트로피 변화는 절대온도로 계산하므로 철의 초기와 최종 온도는 각각 $373K$, $301K$이다.
4. 따라서 $\Delta S_{Fe} = 100 \times 0.5 \times \ln\left(\frac{301}{373}\right) = 50\ln(0.807) = 50 \times (-0.214) = -10.7kJK^{-1}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 열수지로 구한 최종 온도는 28 °C이고, 철은 100 °C에서 28 °C로 냉각되므로 엔트로피 변화는 $-10.7 kJK^{-1}$가 된다.
② X: 최종 온도 28 °C까지는 맞지만, 철은 냉각되므로 $\ln(T_2/T_1) < 0$ 이어야 한다. 틀린 표현은 "+10.7"이고, 올바르게는 "-10.7"이다.
③ X: 틀린 표현은 "20 °C"이다. 단열 열수지를 풀면 $T_f = 28\,^\circ C$가 되어야 하므로, 올바른 조합은 "28 °C, -10.7"이다.
④ X: 틀린 표현은 "20 °C"와 "+10.7"이다. 최종 온도는 20 °C가 아니라 28 °C이고, 철의 엔트로피 변화도 냉각 과정이므로 음수이어야 한다.

오답 포인트

엔트로피 변화식에서 냉각인데도 부호를 양수로 잡으면 ②, ④처럼 틀린다. 또 단열 열수지에서 각 물질의 mc 값을 정확히 반영하지 않으면 ③, ④처럼 최종 온도를 잘못 잡게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 혼합 문제는 먼저 $mc\Delta T$ 열수지로 평형온도를 구하고, 그다음 엔트로피 변화는 해당 물체만 떼어 $\Delta S = mc\ln(T_2/T_1)$에 절대온도를 넣어 부호까지 확인한다.

암기 포인트

단열 혼합은 $\sum Q = 0$, 비압축성 물질의 엔트로피 변화는 $\Delta S = mc\ln(T_2/T_1)$이며, 냉각이면 엔트로피 변화는 음수이다.

NoteBase

문 14. 발전소에서 $500[K]$의 고온 열저장고(hot reservoir)로부터 열을 흡수해 $250[K]$의 저온 열저장고(cold reservoir)에 열을 방출하며 $300{,}000[kWh]$의 일을 생산한다. 발전소의 실제 열효율은 이론상 최댓값의 60%일 때, 저온 열저장고로 방출되어야 할 열의 값$[kWh]$은?

① 500,000

② 600,000

③ 700,000

④ 800,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 카르노 열기관의 이론 최대 열효율과 실제 효율의 관계를 이용해 저온 열저장고로 방출되는 열량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 고온 열저장고 온도: 500 K
- 저온 열저장고 온도: 250 K
- 생산한 일: 300,000 kWh
- 실제 열효율: 이론상 최댓값의 60%

구해야 할 값:
- 저온 열저장고로 방출되는 열 Q_C

주의할 조건:
- 실제 효율은 카르노 효율 자체가 아니라 그 60%이다.

사용할 공식

카르노 열기관의 이론 최대 효율은 $\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_H}$이다.
실제 열효율은 $\eta = \frac{W}{Q_H}$이다.
에너지수지는 $Q_H = W + Q_C$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 두 열저장고의 온도를 주었으므로 이론 최대 효율은 카르노 효율로 구한다. 실제 효율이 그 최댓값의 60%라고 했으므로 실제 효율을 먼저 정한 뒤, 일 W로부터 흡수열 Q_H를 구하고 마지막으로 방출열 Q_C를 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 이론 최대 효율을 구하면 $\eta_C = 1 - \frac{250}{500} = 0.5$이다.
2. 실제 효율은 그 60%이므로 $\eta = 0.6 \times 0.5 = 0.3$이다.
3. $\eta = \frac{W}{Q_H}$이므로 $Q_H = \frac{W}{\eta} = \frac{300{,}000}{0.3} = 1{,}000{,}000\text{kWh}$이다.
4. 따라서 $Q_C = Q_H - W = 1{,}000{,}000 - 300{,}000 = 700{,}000\text{kWh}$이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과 방출열은 700,000 kWh이므로 500,000 kWh는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 방출열 값을 500,000 kWh로 본 부분이다. 올바르게는 700,000 kWh이다.
- 500,000 kWh는 이론 최대 효율 50%를 실제 효율로 잘못 사용해 $Q_H = 600{,}000\text{kWh}$, $Q_C = 300{,}000\text{kWh}$ 처럼 계산한 경우와도 맞지 않는 값이어서 조건을 일관되게 반영하지 못한 결과이다.

② X
- 계산 결과 방출열은 700,000 kWh이므로 600,000 kWh는 틀리다.
- 틀린 표현은 방출열 값을 600,000 kWh로 본 부분이다. 올바르게는 700,000 kWh이다.
- 600,000 kWh는 실제 효율을 잘못 적용하거나 일과 방출열의 관계를 혼동한 계산에서 나올 수 있다.

③ O
- 실제 효율은 30%이고, 이에 따라 흡수열은 1,000,000 kWh, 방출열은 700,000 kWh가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
- 계산 결과 방출열은 700,000 kWh이므로 800,000 kWh는 틀리다.
- 틀린 표현은 방출열 값을 800,000 kWh로 본 부분이다. 올바르게는 700,000 kWh이다.
- 800,000 kWh는 흡수열과 방출열을 구분하지 못하거나 효율 계산 없이 큰 값으로 추정한 경우에 나올 수 있다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 실제 효율을 카르노 효율 50%로 바로 두는 점이다. 이 문항에서는 실제 효율이 이론상 최댓값의 60%이므로 $0.6 \times 0.5 = 0.3$을 먼저 구해야 한다. 또 Q_H와 Q_C를 혼동하면 700,000 kWh 대신 다른 선택지를 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

열기관 계산형 문항은 먼저 카르노 효율인지 실제 효율인지 구분하고, 다음에 $\eta = \frac{W}{Q_H}$로 흡수열을 구한 뒤, 마지막에 에너지수지 $Q_H = W + Q_C$로 방출열을 계산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

열기관은 카르노 효율 계산 후 실제 효율을 반영하고, 마지막은 $Q_C = Q_H - W$로 정리된다.

NoteBase

문 15. 음의 Joule-Thomson 계수를 갖는 어떤 물질이 낮은 압력으로 조름 공정을 진행하고 있다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 물질의 엔트로피는 일정한 값을 가질 것이다.

② 물질의 엔트로피는 감소할 것이다.

③ 물질의 엔탈피는 감소할 것이다.

④ 물질의 온도는 증가할 것이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 조름 공정의 등엔탈피 조건과 음의 Joule-Thomson 계수에서의 온도 변화를 연결할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

Joule-Thomson 계수는 $\mu_{JT} = (\partial T/\partial P)_H$로 정의되며, 음수이면 엔탈피가 일정한 상태에서 압력이 낮아질 때 온도가 상승한다.
조름 공정은 이상적으로 축일이 없고 열교환이 거의 없는 비가역 유동 과정이므로 엔탈피는 일정하고 엔트로피는 증가한다.

선지별 해설

① X. 조름 공정은 등엔트로피 과정이 아니라 비가역 과정이므로 엔트로피가 일정하지 않다. 틀린 표현은 "엔트로피는 일정한 값을 가질 것이다"이고, 올바르게는 "엔트로피는 증가할 것이다"이다.
② X. 조름 공정에서 엔트로피는 감소하지 않는다. 틀린 표현은 "엔트로피는 감소할 것이다"이고, 올바르게는 "엔트로피는 증가할 것이다"이다.
③ X. 조름 공정의 기본 성질은 엔탈피 일정이다. 틀린 표현은 "엔탈피는 감소할 것이다"이고, 올바르게는 "엔탈피는 일정할 것이다"이다.
④ O. 음의 Joule-Thomson 계수는 압력이 내려갈수록 온도가 올라감을 뜻한다. 따라서 낮은 압력으로 조름하면 온도는 증가한다.

오답 포인트

조름 공정에서 먼저 떠올려야 하는 성질은 엔트로피 일정이 아니라 엔탈피 일정이다. 여기에 "음의" Joule-Thomson 계수라는 조건을 놓치면 냉각과 가열 방향을 거꾸로 판단하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

조름 문제는 먼저 "조름 = 등엔탈피"를 확인한 뒤, Joule-Thomson 계수의 부호로 온도 변화를 판단하면 된다. $\mu_{JT} < 0$이면 감압 시 가열이고, $\mu_{JT} > 0$이면 감압 시 냉각이다.

암기 포인트

조름은 엔탈피 일정, 엔트로피 증가이다. 음의 Joule-Thomson 계수는 감압 가열이다.

NoteBase

문 16. 이상적인 Rankine 사이클로 운전되는 기관이 있다. 터빈의 입구 상태가 일정하게 유지되고, 응축 압력이 낮아질 때 나타나는 현상으로 가장 옳은 것은?

① 터빈 출력일은 감소할 것이다.

② 방출 열의 양은 감소할 것이다.

③ 사이클의 효율은 감소할 것이다.

④ 펌프 입력일은 감소할 것이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 Rankine 사이클에서 응축 압력을 낮출 때 터빈 일, 방출열, 효율, 펌프 일의 변화 방향을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

응축 압력은 Rankine 사이클의 저압측 압력이다 / 결정 차이축: 낮아지면 터빈의 팽창비가 커지고 응축 온도가 낮아진다 / 키워드: 저온 열원 하강

방출열은 응축기에서 버리는 열량으로 $q_{out} = h_4 - h_1$이다 / 결정 차이축: 응축 압력이 낮아지면 일반적으로 감소한다 / 키워드: 터빈 출구 엔탈피 하락

펌프 입력일은 포화액을 보일러 압력까지 올리는 일로 $w_p \approx v(P_{boiler} - P_{cond})$이다 / 결정 차이축: 응축 압력이 낮아지면 압력차가 커져 약간 증가한다 / 키워드: 압력차 증가

선지별 해설

① X. 응축 압력이 낮아지면 터빈 출구 압력이 더 낮아져 등엔트로피 팽창 구간이 길어지고 엔탈피 강하 $h_3 - h_4$가 커진다. 따라서 터빈 출력일은 감소가 아니라 증가한다.

② O. 방출열은 $q_{out} = h_4 - h_1$로 본다. 응축 압력이 낮아지면 터빈 출구 상태의 엔탈피 h_4가 더 크게 낮아지고 응축 온도도 낮아져, 결과적으로 응축기에서 버리는 열의 양이 감소한다.

③ X. 응축 압력이 낮아지면 터빈 일은 커지고 저온 열원으로 방출하는 열은 줄어들어 사이클의 열효율은 보통 증가한다. 따라서 효율은 감소가 아니라 증가한다.

④ X. 펌프 입력일은 대체로 $w_p \approx v(P_{boiler} - P_{cond})$로 본다. 보일러 압력이 같다면 응축 압력이 낮아질수록 펌프가 극복해야 할 압력차가 커지므로 펌프 입력일은 감소가 아니라 약간 증가한다.

오답 포인트

응축 압력이 낮아지면 '저압이니 모든 일이 줄어든다'고 단순화하면 ①과 ④를 잘못 고르게 된다. 이 문항의 함정은 터빈 일과 펌프 일이 같은 방향으로 변하지 않고, 효율도 방출열 감소와 함께 오히려 좋아진다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

Rankine 사이클에서 터빈 입구 상태와 보일러 압력이 고정된 채 응축 압력만 내려가면 먼저 팽창비 증가를 떠올린다. 그다음 터빈 일은 증가, 방출열은 감소, 효율은 증가, 펌프 일은 약간 증가의 방향으로 정리하면 선지를 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

응축 압력 하강: 터빈 일 증가, 방출열 감소, 효율 증가, 펌프 일 소폭 증가이다.

NoteBase

문 17. 기체와 액체의 평형상태 계에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 라울(Raoult)의 법칙이 적용되기 위한 두 가지 주요 가정은 기상이 이상기체, 액상이 이상용액이라는 조건이다.

② 이상용액의 거동은 분자들의 크기가 종류별로 크게 다르지 않으며, 동일한 화학적 성질을 지니는 액상에 대해 근사적으로 나타낼 수 있다.

③ 상온에서 물 속에 용해된 공기의 분율을 계산하고자 할 때, 라울(Raoult)의 법칙을 적용할 수 있다.

④ 3성분계 기체-액체에 라울(Raoult)의 법칙을 적용하면, 상률에 따라 3개의 변수를 고정해야 하며 그중 한 개는 온도 또는 압력으로 정해야 한다.

정답 3번

출제 포인트

라울 법칙과 헨리 법칙의 적용 대상, 그리고 기체-액체 평형계에서의 상률 해석을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

라울 법칙: 이상용액의 휘발성 성분에 대해 부분증기압을 $p_i = x_i P_i^{sat}$로 두는 법칙이다. 기상은 이상기체, 액상은 이상용액으로 보는 가정이 필요하다.
헨리 법칙: 액체에 소량 용해된 기체 용질에 대해 기상 분압과 액상 조성을 연결하는 법칙이다. 희석 용질의 용해도 계산에 적합하다.
상률: 비반응 3성분 2상 평형계의 자유도는 $F = C - P + 2 = 3$이다. 따라서 온도 또는 압력 한 개와 조성 변수들을 포함해 세 개의 집약변수를 정하면 평형상태가 정해진다.

NoteBase

선지별 해설

① O
라울 법칙은 각 성분의 부분증기압을 $p_i = x_i P_i^{sat}$로 두는 관계이므로 액상은 이상용액, 기상은 이상기체로 보는 가정이 핵심이다.

② O
이상용액은 성분 분자의 크기와 분자간 상호작용이 서로 크게 다르지 않을 때 잘 성립한다. 같은 화학적 성질을 지닌 액체 혼합물에서 근사적으로 잘 맞는다는 설명은 타당하다.

③ X
틀린 부분은 "라울(Raoult)의 법칙"이다. 상온의 물에 소량 용해된 공기처럼 희석된 기체 용질의 액상 분율은 보통 헨리 법칙으로 다룬다. 올바르게는 "라울 법칙이 아니라 헨리 법칙을 적용한다"이다.

④ O
3성분 기체-액체 평형계의 자유도는 상률 $F = C - P + 2 = 3 - 2 + 2 = 3$으로 3이다. 따라서 세 개의 집약변수를 정해야 하며, 그중 하나를 온도 또는 압력으로 두는 설명은 맞다.

오답 포인트

라울 법칙과 헨리 법칙은 모두 기체-액체 평형을 다루므로 적용 대상을 섞기 쉽다. 이상용액의 휘발성 성분 증기압은 라울 법칙, 물에 소량 녹아 있는 기체 용질의 용해도는 헨리 법칙이라는 구분이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

문장이 이상용액의 증기압을 묻는지, 희석된 기체 용질의 용해도를 묻는지부터 구분한다. 전자이면 라울 법칙, 후자이면 헨리 법칙으로 판단하고, 상률 문제는 먼저 $F = C - P + 2$를 계산해 자유도 수를 확인하면 된다.

암기 포인트

라울은 이상용액의 증기압, 헨리는 희석 기체 용질의 용해도, 3성분 2상 평형의 자유도는 3이다.

NoteBase

문 18. 온도 t°C에서 $CO_2(g)$의 표준생성열이 -393.5kJ이고 $CO(g)$의 표준연소열이 -283.0kJ일 때, $CO(g)$의 표준생성열의 값[kJ]은? (단, t°C 표준상태에서 C의 가장 안정한 상태는 $C(s, gr)$이다.)

① -676.5

② -283.0

③ -110.5

④ 283.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 헤스의 법칙을 이용해 CO(g)의 표준생성열을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: CO_2(g)의 표준생성열은 -393.5 kJ이다.
주어진 값: CO(g)의 표준연소열은 -283.0 kJ이다.
구해야 할 값: CO(g)의 표준생성열이다.
주의할 조건: t °C 표준상태에서 탄소의 기준상태는 C(s, gr)이다.

사용할 공식

헤스의 법칙에 따라
$\Delta H_{comb}(CO) = \Delta H_f^\circ(CO_2) - \Delta H_f^\circ(CO)$
이다.
이 식을 CO의 표준생성열에 대해 정리하면
$\Delta H_f^\circ(CO) = \Delta H_f^\circ(CO_2) - \Delta H_{comb}(CO)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 CO의 연소반응
$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$
의 반응열이 생성열 차이로 표현되기 때문이다.

계산 과정

1. 연소반응식은 $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ 이고, 반응열은 -283.0 kJ이다.
2. 헤스의 법칙을 적용하면 $-283.0 = -393.5 - \Delta H_f^\circ(CO)$ 이다.
3. 따라서 $\Delta H_f^\circ(CO) = -393.5 + 283.0 = -110.5kJ$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- -676.5 kJ는 $-393.5 + (-283.0)$처럼 두 값을 그대로 더한 값이다.
- 연소열은 생성열의 차이로 써야 하므로 단순 합산은 틀리다.
- 올바르게는 CO(g)의 표준생성열이 -110.5 kJ이다.

② X
- -283.0 kJ는 CO(g)의 표준연소열 값이지 표준생성열 값이 아니다.
- 연소열과 생성열은 정의가 다르므로 같은 값으로 둘 수 없다.
- 올바르게는 CO(g)의 표준생성열이 -110.5 kJ이다.

③ O
- 헤스의 법칙으로 계산한 CO(g)의 표준생성열은 -110.5 kJ이다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
- 283.0 kJ는 연소열의 부호를 반대로 보거나 생성열을 흡열로 착각한 값이다.
- CO의 생성반응은 $C(s, gr) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$ 이고, 계산 결과는 음수이다.
- 올바르게는 CO(g)의 표준생성열이 -110.5 kJ이다.

오답 포인트

연소열과 생성열을 같은 개념으로 보거나, 헤스의 법칙 식에서 부호를 반대로 정리하면 오답이 된다. 특히 ①은 값을 단순히 더한 경우이고 ④는 최종 부호를 뒤집은 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소열 문제가 나오면 먼저 연소반응식을 쓰고, Δ H_rxn=Σ Δ H_f^(생성물)-Σ Δ H_f^(반응물) 형태로 놓은 뒤 미지 생성열을 정리하면 된다.

암기 포인트

연소열은 생성열의 차이이고, 미지 생성열은 생성물 생성열에서 연소열을 이항해 구한다.

NoteBase

문 19. 이성분계 혼합물의 상평형에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 활동도 계수(activity coefficient)는 혼합물에서 성분 i의 퓨개시티와 순수물질 i의 부분 퓨개시티의 비를 나타낸다.

② 상평형에서 성분 i의 퓨개시티와 활동도 계수는 서로 다른 상에서 같다.

③ 상평형에서 $\left(\frac{\partial G}{\partial x_i}\right)_{T,P} = 0$이다.

④ 이상기체 혼합물에서 성분 i의 부분 퓨개시티는 부분 압력과 같다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 상평형에서의 퓨개시티 평형 조건과 활동도 계수의 의미를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

상평형의 직접 평형 조건은 각 상에서 성분 i의 화학퍼텐셜 또는 퓨개시티가 서로 같아지는 것이다. 활동도 계수 γ_i는 비이상성을 나타내는 보정계수이므로 상이 바뀌면 일반적으로 값도 달라질 수 있다.

선지별 해설

① O: 활동도 계수는 성분 i의 실제 거동이 기준상태에서 얼마나 벗어나는지를 퓨개시티로 나타내는 계수이다. 즉 혼합물 속 성분의 퓨개시티를 기준상태 퓨개시티와 연결해 정의하는 설명으로 볼 수 있다.
② X: 틀린 부분은 "활동도 계수는 서로 다른 상에서 같다"는 표현이다. 상평형에서 같은 것은 성분 i의 퓨개시티이며, 활동도 계수는 기상과 액상 또는 액상과 액상 사이에서 일반적으로 서로 다르다. 올바르게는 "상평형에서 성분 i의 퓨개시티는 서로 다른 상에서 같고, 활동도 계수는 상에 따라 달라질 수 있다"이다.
③ O: T, P가 일정할 때 평형 조성은 Gibbs 자유에너지가 최소가 되는 상태이므로, 독립 조성변수에 대한 G의 변화율이 0이 되는 평형 조건으로 설명한다.
④ O: 이상기체 혼합물에서는 퓨개시티 계수가 1이므로 성분 i의 부분 퓨개시티는 그대로 부분압력 y_iP와 같다.

오답 포인트

상평형에서 같아지는 대상을 혼동하면 ②에 걸리기 쉽다. 평형 조건은 퓨개시티 또는 화학퍼텐셜의 같음이지, 활동도 계수의 같음이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

상평형 선지가 나오면 먼저 상 사이에서 반드시 같아야 하는 물리량이 무엇인지 본다. 화학퍼텐셜과 퓨개시티는 같아지지만, 활동도 계수나 조성 같은 보정량은 상마다 달라질 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

상평형은 퓨개시티 평형이고, 활동도 계수는 비이상성 보정량이다.

NoteBase

문 20. 작동유체(working fluid) 또는 냉매(refrigerant)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 카르노(Carnot) 열기관의 효율은 작동유체와 무관하다.

② 암모니아, 염화메틸, 이산화탄소, 프로판 등은 냉매로 이용될 수 있으며, 동일한 성능계수를 갖는다.

③ 냉동 시스템에서 공기가 새어 들어가지 않게 하기 위해서는 증발기 온도에서의 냉매 증기압이 대기압보다 높아야 한다.

④ 고압 장치에서 높은 초기 투자비용과 운전비용이 발생하기 때문에 응축기 온도에서의 증기압이 너무 높으면 안 된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 카르노 열기관의 효율, 냉매의 성능계수, 증발압력과 응축압력 등 냉매 선정 기준의 핵심 개념을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

카르노 열기관의 효율은 고온열원과 저온열원의 온도로만 결정되므로 작동유체의 종류와 무관하다.
냉동기의 성능계수는 냉매의 증발잠열, 압축일, 압력비 등 물성 및 운전조건의 영향을 받으므로 냉매가 바뀌면 일반적으로 달라진다.
냉매는 증발기 쪽 압력이 너무 낮으면 공기 유입이 쉬워지고, 응축기 쪽 압력이 너무 높으면 장치비와 운전부담이 커지므로 저압측은 대기압 이상, 고압측은 과도한 고압을 피하는 성질이 바람직하다.

NoteBase

선지별 해설

① O
카르노 열기관의 효율은 같은 고온열원과 저온열원 사이에서 $\eta = 1 - T_L/T_H$로 정해지므로 작동유체와 무관하다.

② X
틀린 부분은 "동일한 성능계수를 갖는다"이다.
암모니아, 염화메틸, 이산화탄소, 프로판 등은 모두 냉매로 사용할 수 있지만, 냉동기의 성능계수는 냉매의 열역학적 성질과 운전조건에 따라 달라지므로 동일하지 않다.
올바르게는 "암모니아, 염화메틸, 이산화탄소, 프로판 등은 냉매로 이용될 수 있으나 동일한 성능계수를 갖는 것은 아니다"이다.

③ O
냉동 시스템 저압측의 압력이 대기압보다 낮으면 외부 공기가 틈새로 빨려 들어가기 쉽다.
따라서 공기 유입을 막기 위해서는 증발기 온도에서의 냉매 증기압이 대기압보다 높은 편이 바람직하다.

④ O
응축기 온도에서의 냉매 압력이 지나치게 높으면 압축기와 배관이 고압을 견뎌야 하므로 장치비와 운전비가 커진다.
따라서 응축기 온도에서의 증기압은 너무 높지 않은 냉매가 바람직하다.

오답 포인트

②는 "냉매로 사용할 수 있다"는 앞부분이 맞기 때문에 뒤의 "동일한 성능계수"까지 맞다고 넘기기 쉽다. 이 문제의 함정은 냉매의 사용 가능성과 냉동 성능의 동일성을 같은 말처럼 묶어 놓은 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

작동유체와 무관한 성질인지, 냉매 물성에 따라 달라지는 성질인지를 먼저 나눈다. 카르노 효율처럼 온도만으로 정해지는 값은 유체와 무관하고, 냉동기 성능계수나 적정 압력범위처럼 실제 운전성능을 나타내는 값은 냉매 물성의 영향을 받는다고 판단하면 된다.

암기 포인트

카르노 효율은 온도만으로 정해지고, 냉매 COP와 적정 압력은 냉매 물성에 따라 달라진다.

NoteBase