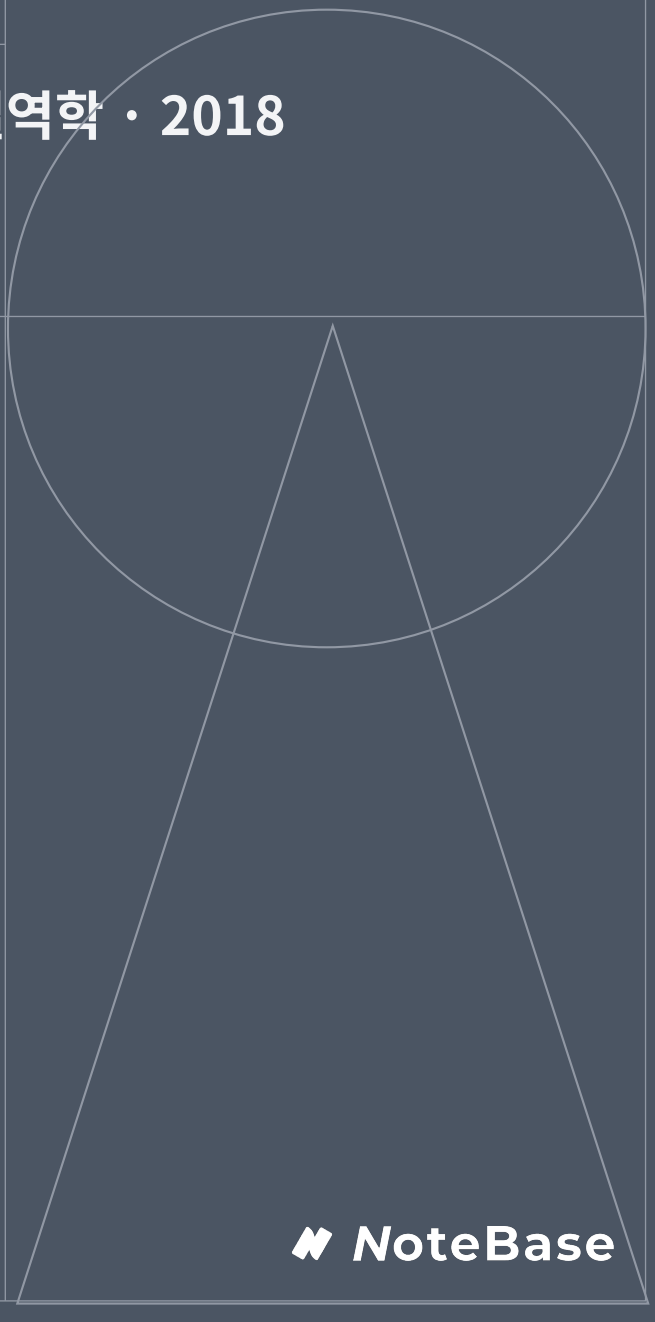
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화공열역학 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화공열역학 · 2018

공무원/국가직/7급 · 화공열역학 · 2018

문 1. 이상기체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 엔트로피는 온도만의 함수이다.

② 엔탈피는 온도만의 함수이다.

③ 내부에너지는 온도만의 함수이다.

④ 정압비열(C_P)은 온도만의 함수이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체에서 상태량이 온도만의 함수인지, 아니면 다른 상태변수에도 함께 의존하는지를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

이상기체의 내부에너지와 엔탈피는 분자 간 상호작용을 무시하는 모델이므로 온도만으로 결정된다.
이상기체의 엔트로피는 온도 변화뿐 아니라 부피 또는 압력 변화에도 영향을 받아 $s = s(T, V)$ 또는 $s = s(T, P)$로 본다.
정압비열 C_p는 이상기체에서 보통 온도의 함수로 취급하며, 엔탈피의 온도의존성을 나타내는 성질이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
엔트로피는 온도만의 함수가 아니다.
이상기체의 엔트로피 변화는 $ds = C_v\frac{dT}{T} + R\frac{dV}{V}$ 또는 $ds = C_p\frac{dT}{T} - R\frac{dP}{P}$로 나타나므로 온도와 함께 부피나 압력의 영향도 받는다.
틀린 표현은 "온도만의 함수"이다. 올바르게는 "엔트로피는 온도와 압력 또는 부피의 함수이다."이다.

② O
이상기체의 엔탈피는 분자 간 퍼텐셜에너지 효과를 무시하므로 온도에 의해서만 결정된다.
따라서 압력이나 부피가 달라도 온도가 같으면 엔탈피는 같다.

③ O
이상기체의 내부에너지는 분자의 평균 운동에너지에 대응하므로 온도만의 함수이다.
즉 상태가 달라도 온도가 같으면 내부에너지는 같다.

④ O
이상기체의 정압비열 C_p는 일반적으로 온도에 따라 변하는 물성치로 본다.
압력의 직접 함수로 취급하지 않으므로 "온도만의 함수"라는 진술이 맞다.

오답 포인트

엔탈피, 내부에너지, 비열이 온도만의 함수라는 사실에 익숙하면 엔트로피도 같은 방식으로 외우기 쉽다. 이 문항은 ①의 "온도만"이라는 한 단어를 넣어 엔트로피의 압력·부피 의존성을 놓치게 만드는 함정을 둔 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

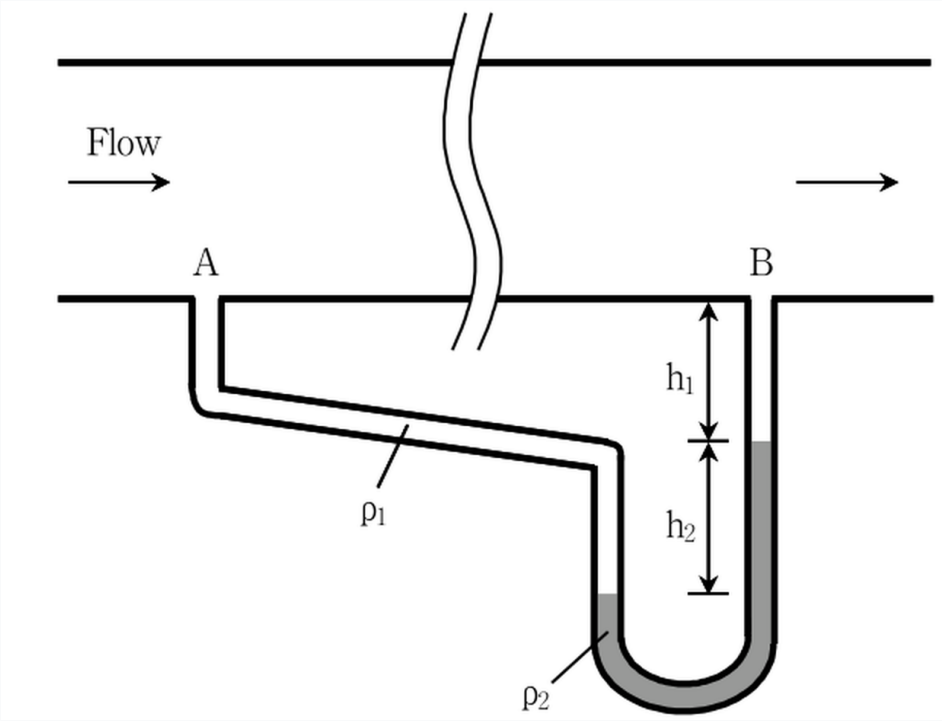
이상기체 성질을 묻는 문항에서는 먼저 u, h는 온도만의 함수인지 확인하고, 엔트로피가 나오면 부피나 압력 항이 함께 들어가는지를 본다. 비열 C_p, C_v는 이상기체에서 온도의 함수로 정리하면 선지 판단이 빨라진다.

암기 포인트

이상기체는 u, h, C_p, C_v는 온도 중심, s는 온도와 압력·부피를 함께 본다.

NoteBase

문 2. 공기가 흐르고 있는 공정 흐름 선상의 두 지점에서의 압력 차이를 측정하기 위해 차압 마노미터를 사용한다. B위치에서 압력 (P_B)[Pa]은? (단, 공기(1)와 물(2)의 밀도는 각각 $\rho_1 = 1\text{kgm}^{-3}$, $\rho_2 = 1{,}001\text{kgm}^{-3}$으로 가정하며, A위치에서 압력 $P_A = 1\text{kPa}$, $h_1 = h_2 = 0.01\text{m}$, 중력가속도는 10ms^{-2}이다)



① 80

② 90

③ 800

④ 900

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 차압 마노미터에서 같은 유체 기둥은 상쇄되고, 서로 다른 유체의 밀도차가 만드는 압력차만 남는다는 원리로 P_B를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: $P_A = 1kPa = 1000Pa$, $\rho_1 = 1kg/m^3$, $\rho_2 = 1001kg/m^3$, $h_1 = h_2 = 0.01m$, $g = 10m/s^2$ 이다.
구해야 할 값: B 위치 압력 P_B이다.
주의할 조건: 왼쪽 계면은 오른쪽 계면보다 h_2만큼 더 낮고, h_1은 양쪽 공기 기둥에 공통으로 들어가므로 최종 차압식에서 상쇄된다.

사용할 공식

계면 압력을 따라가면
$P_A + \rho_1 g(h_1 + h_2) = P_B + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$
이므로
$P_B = P_A - (\rho_2 - \rho_1) g h_2$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: A쪽 계면과 B쪽 계면을 같은 연속 유체 압력관계로 연결하면, 공기 기둥의 공통 높이 성분은 소거되고 물과 공기의 밀도차가 만드는 차압만 남기 때문이다.

계산 과정

1. A쪽 계면 압력은 $P_A + \rho_1 g(h_1 + h_2)$이다.
2. 같은 높이차 h_2만큼 물기둥을 따라 올라가면 압력이 $\rho_2 g h_2$만큼 줄어들어 B쪽 계면 압력은
$P_A + \rho_1 g(h_1 + h_2) - \rho_2 g h_2$이다.
3. 이 값은 동시에 $P_B + \rho_1 g h_1$와 같으므로
$P_B = 1000 - (1001 - 1) \times 10 \times 0.01 = 1000 - 100 = 900Pa$
이다.

선지별 해설

① X
$80Pa$는 액주차가 만드는 $100Pa$ 차압과 기준압력 $1000Pa$를 제대로 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현은 압력값 $80Pa$이고, 올바르게는 $P_B = 900Pa$이다.
② X
$90Pa$는 $1kPa = 1000Pa$ 변환 또는 액주차 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현은 압력값 $90Pa$이고, 올바르게는 $P_B = 900Pa$이다.
③ X
$800Pa$는 h_1까지 차압에 포함해 공통 높이항의 상쇄를 놓치면 나올 수 있는 오답이다. 틀린 표현은 압력값 $800Pa$이고, 올바르게는 h_1은 소거되어 $P_B = 900Pa$이다.
④ O
계산 결과 $P_B = 900Pa$이므로 옳다. 오른쪽 선택지가 유일하게 차압 마노미터의 압력평형식을 만족한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 h_1과 h_2를 모두 차압에 넣는 실수와 $1kPa$를 $1000Pa$로 바꾸지 않는 단위 실수이다. 공기 기둥의 공통 높이 h_1은 양변에 같이 들어가므로 없어지고, 실제로 압력차를 만드는 높이는 두 계면의 높이차 h_2 뿐이다.

다시 나오면 이렇게 판단

차압 마노미터 문제는 한쪽 지점에서 계면까지 내려간 뒤 다른 쪽 계면과 연결해 압력평형식을 세우면 된다. 이때 양쪽에 공통으로 들어가는 같은 유체의 같은 높이항은 먼저 소거하고, 서로 다른 유체가 만드는 순수 높이차만 남겨 계산하면 된다.

암기 포인트

차압 마노미터는 공통 높이는 소거되고, 밀도차 $(\rho_2 - \rho_1)$와 계면 높이차만 차압을 만든다.

NoteBase

문 3. 25°C, 10kPa의 물이 펌프를 통해 8,010kPa로 압축되어 방출된다. 펌프의 효율이 80%일 때, 압축과정에 필요한 펌프의 일$[kJkg^{-1}]$은? (단, 압축공정 시에 열 교환이 없고 운동에너지와 위치에너지의 변화는 무시한다. 25°C에서 물의 비부피는 $1{,}000cm^3kg^{-1}$이고 압축과정 동안 비부피는 일정하다)

① 6

② 8

③ 9

④ 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 비압축성 액체의 펌프 일량을 $w = v\Delta P/\eta$로 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

입구 압력: $10kPa$
출구 압력: $8010kPa$
압력차: $\Delta P = 8000kPa$
비부피: $1000cm^3/kg = 1.0 \times 10^{-3}m^3/kg$
펌프 효율: 0.8
열교환, 운동에너지 변화, 위치에너지 변화는 무시한다.

사용할 공식

이상적인 펌프 일은 $w_s = v\Delta P$이고, 실제 필요한 펌프 일은 $w = w_s/\eta$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 물의 비부피가 압축 과정 동안 일정한 비압축성 액체로 주어졌으므로 축일은 압력 상승분에 비부피를 곱해 구할 수 있고, 효율 80%를 반영하면 실제 입력 일은 이상 일보다 커진다.

계산 과정

1. 압력차는 $\Delta P = 8010 - 10 = 8000kPa = 8.0 \times 10^6Pa$이다.
2. 이상적인 펌프 일은 $w_s = v\Delta P = (1.0 \times 10^{-3})(8.0 \times 10^6) = 8.0 \times 10^3J/kg = 8kJ/kg$이다.
3. 펌프 효율은 $\eta = w_s/w$이므로 실제 필요한 펌프 일은 $w = w_s/\eta = 8/0.8 = 10kJ/kg$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 필요한 펌프의 일이 $6kJ/kg$라는 판단이 틀렸다. 주어진 조건으로 계산한 실제 필요한 일은 $10kJ/kg$이므로 올바르게는 $10kJ/kg$이다.
2번 X: $8kJ/kg$는 $v\Delta P$로 구한 이상적인 펌프 일일 뿐 실제 필요한 일이 아니다. 효율 80%를 반영하면 올바르게는 $10kJ/kg$이다.
3번 X: 필요한 펌프의 일이 $9kJ/kg$라는 판단이 틀렸다. 효율을 정확히 적용하면 $8/0.8 = 10$이므로 올바르게는 $10kJ/kg$이다.
4번 O: 실제 필요한 펌프 일은 $w = v\Delta P/\eta = 10kJ/kg$이므로 맞는 선택지이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $v\Delta P = 8kJ/kg$를 계산해 놓고 그대로 정답으로 고르는 것이다. 이 값은 이상 일이고, 문제는 효율 80%인 실제 펌프에 필요한 입력 일을 묻고 있으므로 효율로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

액체 펌프 계산 문제는 비부피를 먼저 m^3/kg로 맞추고 $v\Delta P$로 이상 일을 구한 뒤, 효율이 주어지면 실제 입력 일인지 이상 일인지 구분하여 곱할지 나눌지를 결정한다.

암기 포인트

비압축성 액체 펌프는 이상 일 $= v\Delta P$, 실제 입력 일 $= v\Delta P/\eta$이다.

NoteBase

문 4. 외부 온도는 27°C이고 내부 온도는 -73°C인 조건에서 동작되는 냉장고가 Carnot 냉동 사이클로 운전되고 있다. 이 냉장고의 소비전력이 500 W이고 전력은 모두 기계적 일로 전환될 때, 냉장고 외부로 배출되는 열량[W]은?

① 1,000

② 1,500

③ 2,000

④ 2,500

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 카르노 냉동기의 성능계수와 열수지식으로 외부로 배출되는 열량 Q_H를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 외부 온도 $T_H = 27^\circ C = 300K$, 내부 온도 $T_L = -73^\circ C = 200K$, 소비 전력 $W = 500W$이다.
구해야 할 값: 외부로 배출되는 열량 Q_H이다.
주의할 조건: 카르노 냉동기의 온도는 반드시 절대온도 K로 계산한다.

사용할 공식

카르노 냉동기의 성능계수는 $COP_R = \frac{Q_L}{W} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$ 이다.
또한 열수지는 $Q_H = Q_L + W$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 냉장고가 카르노 냉동 사이클로 운전된다고 했으므로 성능계수 공식을 바로 적용할 수 있고, 외부 방출열은 흡수열과 일의 합으로 정해진다.

계산 과정

1. 성능계수를 구하면 $COP_R = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{200}{300 - 200} = 2$ 이다.
2. 냉장고 내부에서 흡수하는 열량은 $Q_L = COP_R \times W = 2 \times 500 = 1000W$ 이다.
3. 외부로 배출되는 열량은 $Q_H = Q_L + W = 1000 + 500 = 1500W$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $1000W$는 냉장고 내부에서 흡수하는 열량 Q_L이다. 외부 방출열을 묻고 있으므로 틀린 값 "1,000"은 "1,500"으로 고쳐야 한다.
2번 O: 계산 결과 외부로 배출되는 열량은 $1500W$이므로 옳다.
3번 X: $2000W$는 열수지를 과대 계산한 값이다. 외부 방출열은 $Q_H = 1500W$이므로 틀린 값 "2,000"은 "1,500"으로 고쳐야 한다.
4번 X: $2500W$는 카르노 냉동기의 성능계수나 열수지를 잘못 적용한 값이다. 이 조건에서 외부 방출열은 $1500W$이므로 틀린 값 "2,500"은 "1,500"으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

냉동기 문제에서 Q_L와 Q_H를 뒤바꾸면 1번처럼 틀린다. 또 섭씨온도를 그대로 넣거나 $Q_H = Q_L + W$를 놓치면 방출열을 과대 또는 과소 계산하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

카르노 냉동기 계산형은 먼저 온도를 K로 바꾸고, $COP_R = \frac{T_L}{T_H - T_L}$로 Q_L를 구한 뒤, 마지막에 $Q_H = Q_L + W$로 방출열을 정리하면 된다.

암기 포인트

카르노 냉동기는 $COP_R = \frac{T_L}{T_H - T_L}$, 방출열은 항상 $Q_H = Q_L + W$이다.

NoteBase

문 5. 2kg의 수증기가 200°C, 1.0 MPa에서 400°C, 1.0 MPa까지 가역적으로 가열될 때, 필요한 열의 양[kJ]을 다음의 수증기표를 이용하여 구하면?

P = 1.0 MPa(포화온도 = 179.9 °C)				
온도(T) [°C]	비부피(V) [$m^3\,kg^{-1}$]	내부에너지(U) [$kJ\,kg^{-1}$]	엔탈피(H) [$kJ\,kg^{-1}$]	엔트로피(S) [$kJ\,kg^{-1}\,K^{-1}$]
179.9	0.1944	2,582.8	2,777.1	6.5850
200.0	0.2060	2,622.3	2,828.3	6.6955
300.0	0.2580	2,793.6	3,051.6	7.1246
400.0	0.3066	2,957.9	3,264.5	7.4669
500.0	0.3541	3,125.0	3,479.1	7.7641

① 335.7

② 436.2

③ 671.4

④ 872.4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 일정 압력에서 수증기를 가역적으로 가열할 때 필요한 열량을 엔탈피 변화로 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량은 2 kg, 압력은 1.0 MPa로 일정, 온도는 200.0°C에서 400.0°C까지 상승한다.
구해야 할 값: 가열에 필요한 열량이다.
주의할 조건: 닫힌계가 일정 압력에서 가열되므로 표의 엔탈피 값을 사용해야 하며, 비엔탈피에 질량을 곱해 총열량을 구한다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $Q = m\Delta h = m(h_2 - h_1)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 일정 압력 과정에서 닫힌계의 가열량은 엔탈피 변화와 같으므로 내부에너지 변화가 아니라 엔탈피 변화를 써야 한다.

계산 과정

표에서 200.0°C의 엔탈피는 2828.3, 400.0°C의 엔탈피는 3264.5이다.
따라서 비엔탈피 변화는 $\Delta h = 3264.5 - 2828.3 = 436.2$이다.
총열량은 $Q = 2 \times 436.2 = 872.4$이다. 따라서 필요한 열량은 872.4 *kJ*이다.

선지 판단

1번 X: 335.7은 표의 내부에너지 차 $2957.9 - 2622.3 = 335.6$을 1 kg 기준으로 본 값에 가깝다. 필요한 열량은 내부에너지 변화가 아니라 엔탈피 변화를 질량 2 kg에 대해 적용한 872.4 *kJ*이다.
2번 X: 436.2는 엔탈피 변화 Δh 자체로서 1 kg 기준 값이다. 문제는 2 kg의 수증기이므로 올바르게는 872.4 *kJ*이다.
3번 X: 671.4는 내부에너지 차를 질량 2 kg에 곱한 값 $2 \times 335.6 \approx 671.2$에서 나온 오답이다. 열량 계산에서 내부에너지 표 값을 쓴 것이 틀렸고, 올바르게는 엔탈피 차를 써서 872.4 *kJ*가 된다.
4번 O: 엔탈피 차는 436.2이고 질량이 2 kg이므로 필요한 열량은 $2 \times 436.2 = 872.4$이다. 따라서 정답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 표에 내부에너지와 엔탈피가 함께 있어 어떤 값을 써야 하는지 헷갈리게 만든 점이다. 일정 압력 가열인데 내부에너지 차만 읽거나, 엔탈피 차를 구해 놓고 질량 2 kg을 곱하지 않으면 1번, 2번, 3번 같은 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

닫힌계 가열 문제는 먼저 과정 조건이 일정 압력인지 확인하고, 일정 압력이면 $Q = m\Delta h$, 일정 부피면 $Q = m\Delta u$로 구분한다. 그다음 표에서 해당 상태값 두 개를 읽고 차를 구한 뒤 마지막에 질량을 곱하면 된다.

암기 포인트

일정 압력 열량은 엔탈피 변화, 일정 부피 열량은 내부에너지 변화이다.

NoteBase

문 6. 60°C, 100 Pa에서 등몰의 조성으로 구성되어 있는 A와 B의 이성분 증기혼합물이 있다. 일정 온도에서 압력을 올릴 때, 혼합물의 첫 번째 액체 방울이 생성되는 압력[Pa]은? (단, 60°C에서 액체 혼합물 중 각 성분의 활동도계수는 $\gamma_A = 2.00$, $\gamma_B = 1.25$이고, A와 B의 증기압은 각각 500 Pa와 200 Pa이다. 혼합물은 수정된 Raoult의 법칙을 따른다)

① 225

② 350

③ 400

④ 625

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수정된 Raoult 법칙으로 등몰 증기혼합물의 이슬점 압력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $y_A = y_B = 0.5$, $\gamma_A = 2.00$, $\gamma_B = 1.25$, $P_A^{sat} = 500Pa$, $P_B^{sat} = 200Pa$이다.
구해야 할 값은 압력을 올릴 때 첫 액적이 생기는 이슬점 압력 P이다.
이슬점에서는 주어진 조성이 증기 조성이고, 액상은 막 생기기 시작한 조성이므로 $\sum x_i = 1$ 조건을 이용해 압력을 구한다.

사용할 공식

수정된 Raoult 법칙은 $y_i P = x_i \gamma_i P_i^{sat}$이다.
따라서 $x_i = \frac{y_i P}{\gamma_i P_i^{sat}}$이고, $\sum x_i = 1$을 대입하면
$P\sum_i \frac{y_i}{\gamma_i P_i^{sat}} = 1$
이므로
$P = \frac{1}{\sum_i \frac{y_i}{\gamma_i P_i^{sat}}}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 증기 혼합물의 조성과 첫 액적 생성 조건을 주었기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 각 성분 항을 계산하면 $\frac{y_A}{\gamma_A P_A^{sat}} = \frac{0.5}{2.00 \times 500} = 0.0005$이고, $\frac{y_B}{\gamma_B P_B^{sat}} = \frac{0.5}{1.25 \times 200} = 0.0020$이다.
따라서
$\sum_i \frac{y_i}{\gamma_i P_i^{sat}} = 0.0005 + 0.0020 = 0.0025$
이므로
$P = \frac{1}{0.0025} = 400Pa$
가 된다.

선지별 해설

① X: 225 Pa는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 첫 액적이 생기는 압력이 400 Pa이다. 225 Pa는 이슬점 식이 아니라 다른 평형식을 섞거나 활동도계수를 잘못 처리했을 때 나오는 오답이다.
② X: 350 Pa는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 400 Pa이다. 이 값은 $\gamma_B P_B^{sat} = 250Pa$ 항을 부정확하게 반올림하거나 두 성분 항의 합을 잘못 더했을 때 생기기 쉽다.
③ O: $P = 400Pa$이므로 옳다. 등몰 증기조성과 수정된 Raoult 법칙을 이슬점 조건에 적용하면 정확히 400 Pa가 된다.
④ X: 625 Pa는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 400 Pa이다. 이 값은 $\sum \frac{y_i}{\gamma_i P_i^{sat}}$를 써야 하는데 이를 뒤집지 않거나, 첫 액적 조건이 아닌 기포점 형태로 잘못 해석했을 때 생길 수 있다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 증기 조성 y_i가 주어졌는데도 액상 기준의 기포점 식으로 접근하는 데 있다. 또 활동도계수 γ_i를 분모가 아니라 분자 위치에서 혼동하면 전체 압력이 크게 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

증기 혼합물에서 압력을 올려 첫 액적이 생기면 이슬점 문제로 판단한다. 이때는 y_i를 기준으로 $y_i P = x_i \gamma_i P_i^{sat}$를 세우고, $\sum x_i = 1$로 바로 압력을 정리하면 된다.

암기 포인트

이슬점은 증기 조성 y로 시작하고, 기포점은 액상 조성 x로 시작한다.

NoteBase

문 7. 0°C, 20 atm에서 1몰의 A기체 부피의 실측치가 1.12L일 때, 압축인자(Z)는?

① 0.8

② 1.0

③ 1.2

④ 1.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 압축인자 $Z = \frac{PV}{nRT}$ 공식을 이용해 실제기체의 비이상성 정도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P = 20atm$, $V = 1.12L$, $n = 1mol$, $T = 273K$이다.
구해야 할 값: 압축인자 Z이다.
주의할 조건: 기체상수는 $R = 0.082L \cdot atm/(mol \cdot K)$를 사용하면 된다.

사용할 공식

사용할 공식은 $Z = \frac{PV}{nRT}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 압축인자가 실제기체의 PV를 이상기체식의 nRT와 비교한 비율이기 때문이다.

계산 과정

1. 분자는 $PV = 20 \times 1.12 = 22.4$이다.
2. 분모는 $nRT = 1 \times 0.082 \times 273 \approx 22.4$이다.
3. 따라서 $Z = \frac{22.4}{22.4} = 1.0$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $Z = 1.0$이므로 0.8은 맞지 않는다. 틀린 값 0.8 → 올바르게는 압축인자는 1.0이다.
② O: $Z = \frac{PV}{nRT} = 1.0$으로 계산되므로 맞는 선지이다.
③ X: 계산 결과보다 큰 값이므로 틀리다. 틀린 값 1.2 → 올바르게는 압축인자는 1.0이다.
④ X: 계산 결과보다 큰 값이므로 틀리다. 틀린 값 1.4 → 올바르게는 압축인자는 1.0이다.

오답 포인트

압축인자 공식을 알고 있어도 PV와 nRT를 각각 계산하지 않고 감으로 고르면 오답이 된다. 이 문항은 $0^\circ C$에서 1몰 이상기체의 몰부피가 $1atm$에서 $22.4L$라는 점을 이용하면 $20atm$에서는 $1.12L$가 되어 $Z = 1$임을 바로 연결할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

압축인자 문항은 먼저 $Z = \frac{PV}{nRT}$를 세우고, 다음으로 PV와 nRT를 따로 계산해 비교하면 된다. 두 값이 같으면 $Z = 1$, 실제 PV가 더 작으면 $Z < 1$, 더 크면 $Z > 1$이다.

암기 포인트

압축인자는 $Z = \frac{PV}{nRT}$이며, 이상기체와 같으면 $Z = 1$이다.

NoteBase

문 8. 어떤 이상기체 1몰이 700 K, 1 L에서 2 L로 가역단열팽창했다면 이 공정에서의 내부에너지[J] 변화량의 크기는? (단, 기체의 정적비열 $C_V = 16.6\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$이고 $R = 8.3\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\sqrt{2} = 1.4$로 계산한다)

① 3,320

② 8,300

③ 8,715

④ 11,620

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 가역단열 관계식으로 최종 온도를 구한 뒤 이상기체의 내부에너지 변화량 $\Delta U = nC_V\Delta T$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $n = 1mol$, $T_1 = 700K$, $V_1 = 1L$, $V_2 = 2L$, $C_V = 16.6Jmol^{-1}K^{-1}$, $R = 8.3Jmol^{-1}K^{-1}$, $\sqrt{2} = 1.4$이다.
- 구해야 할 값: 내부에너지 변화량의 크기 $|\Delta U|$이다.
- 주의할 조건: 가역단열팽창이므로 $Q = 0$이고, 이상기체의 내부에너지는 온도에만 의존한다.

사용할 공식

$C_P = C_V + R$

$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

$\Delta U = nC_V(T_2 - T_1)$

이 공식을 쓰는 이유는 가역단열 과정에서는 $TV^{\gamma-1}$가 일정하고, 이상기체의 내부에너지 변화는 온도 변화로만 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $C_P = C_V + R = 16.6 + 8.3 = 24.9Jmol^{-1}K^{-1}$이므로 $\gamma = 24.9/16.6 = 1.5$이다.
2. 가역단열식에서 $\gamma - 1 = 0.5$이므로 $T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 700\left(\frac{1}{2}\right)^{0.5} = \frac{700}{\sqrt{2}} = \frac{700}{1.4} = 500K$이다.
3. 따라서 $\Delta U = 1 \times 16.6 \times (500 - 700) = -3320J$이다.
4. 묻는 값은 변화량의 크기이므로 $|\Delta U| = 3320J$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 내부에너지 변화량의 크기는 3320J이므로 맞다.

② X
- ②의 "8,300"은 계산 결과와 다르므로 틀리다. 올바르게는 "3,320"이다.
- 이 값은 가역단열식으로 T_2를 구하지 않거나 C_V 대신 다른 상수를 잘못 대입했을 때 나오는 오답이다.

③ X
- ③의 "8,715"는 계산 결과와 다르므로 틀리다. 올바르게는 "3,320"이다.
- 최종 온도 500K를 구하지 않은 채 잘못된 온도변화를 넣으면 이런 과대값이 나온다.

④ X
- ④의 "11,620"은 계산 결과와 다르므로 틀리다. 올바르게는 "3,320"이다.
- 초기 온도 자체나 잘못된 ΔT를 곱해 내부에너지 절댓값을 과대평가한 경우의 오답이다.

오답 포인트

②, ③, ④처럼 큰 값을 고르기 쉬운 이유는 가역단열에서 바로 ΔU를 계산하려 하거나 T_2를 구하지 않고 700K를 그대로 사용하기 때문이다. 이 문항의 핵심 함정은 $Q = 0$이라는 말보다 먼저 가역단열 관계식으로 온도부터 바꾸는 절차를 놓치는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체의 가역단열팽창 문제는 $Q = 0$ 확인 → $C_P = C_V + R$로 γ 계산 → TV^γ-1=상수로 최종 온도 계산 → $\Delta U = nC_V\Delta T$ 대입 순서로 판단한다.

암기 포인트

가역단열에서는 $TV^{\gamma-1}$가 일정하고, 이상기체의 내부에너지는 $nC_V\Delta T$로 끝난다.

NoteBase

문 9. 어떤 액체의 증기압이 300 K에서 380 mmHg이고 정상 끓는점(normal boiling point)은 400 K이다. 300 K에서 이 액체의 증발잠열[$Jmol^{-1}$]은? (단, 기체상수 $R = 8[Jmol^{-1}K^{-1}]$이며, 주어진 온도 범위에서 증발잠열은 일정하다. $\ln 2 = 0.7$로 계산한다)

① 3,840

② 5,120

③ 6,720

④ 9,600

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Clausius-Clapeyron 식으로 두 온도에서의 증기압 관계를 이용해 증발잠열 ΔH_{vap}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $T_1 = 300K$, $P_1 = 380mmHg$, 정상 끓는점 $T_2 = 400K$이다.
정상 끓는점에서는 증기압이 $1atm = 760mmHg$이므로 $P_2 = 760mmHg$이다.
구해야 할 값은 증발잠열 ΔH_{vap}이다.
주어진 온도 범위에서 증발잠열은 일정하고, $\ln 2 = 0.7$을 사용한다.

사용할 공식

사용할 식은
$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
이다.
이 식은 증발잠열이 일정할 때 온도에 따른 증기압 변화를 연결하는 Clausius-Clapeyron 식이다.
이 문제는 한 온도에서의 증기압과 정상 끓는점에서의 증기압을 함께 주었으므로 이 식을 바로 적용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 정상 끓는점에서 $P_2 = 760 mmHg$이므로
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{760}{380} = 2$
이다.

2. 따라서
$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \ln 2 = 0.7$
이다.

3. 온도항은
$\frac{1}{300} - \frac{1}{400} = \frac{4-3}{1200} = \frac{1}{1200}$
이다.

4. 식에 대입하면
$0.7 = \frac{\Delta H_{vap}}{8} \cdot \frac{1}{1200}$
이므로
$\Delta H_{vap} = 8 \times 0.7 \times 1200 = 6720 J/mol$
이다.

선지별 해설

① X
계산 결과는 $6720 J/mol$이므로 $3840 J/mol$은 맞지 않는다. 틀린 표현은 증발잠열이 3840이라는 점이고, 올바르게는 증발잠열이 $6720 J/mol$이다. 이 값은 $\frac{1}{300} - \frac{1}{400}$ 계산이나 최종 곱셈을 잘못 처리할 때 나올 수 있는 오답이다.

② X
계산 결과는 $6720 J/mol$이므로 $5120 J/mol$은 맞지 않는다. 틀린 표현은 증발잠열이 5120이라는 점이고, 올바르게는 $6720 J/mol$이다. 정상 끓는점에서의 증기압을 $760 mmHg$로 두지 않거나 $\ln 2$를 잘못 대입하면 이런 오답이 생긴다.

③ O
정상 끓는점 조건에서 $P_2 = 760 mmHg$를 잡고 Clausius-Clapeyron 식에 대입하면 $\Delta H_{vap} = 6720 J/mol$이 된다. 따라서 ③이 옳다.

④ X
계산 결과는 $6720 J/mol$이므로 $9600 J/mol$은 맞지 않는다. 틀린 표현은 증발잠열이 9600이라는 점이고, 올바르게는 $6720 J/mol$이다. 압력비를 2로 두지 않거나 온도 역수 차이를 과대평가하면 실제보다 큰 값이 나온다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 정상 끓는점의 의미를 놓쳐 $P_2 = 760 mmHg$를 잡지 못하는 점과, $\frac{1}{300} - \frac{1}{400} = \frac{1}{1200}$ 계산을 틀리는 점이다. 압력 자체를 빼는 것이 아니라 압력비의 로그를 쓰는 문제라는 점도 자주 헷갈린다.

다시 나오면 이렇게 판단

증기압과 정상 끓는점이 함께 주어지면 먼저 정상 끓는점에서 증기압이 $760 mmHg$인지 확인하고, 그다음 Clausius-Clapeyron 식에 $\ln(P_2/P_1)$와 $1/T$ 차이를 넣어 계산하면 된다.

암기 포인트

정상 끓는점은 증기압 $760 mmHg$, 증기압-온도 문제는 Clausius-Clapeyron 식이라는 연결로 기억한다.

NoteBase

문 10. $80K$, $100kPa$**에서 어떤 순수한 이상기체의 엔탈피는** $2{,}400Jmol^{-1}$**이고 엔트로피는** $30Jmol^{-1}K^{-1}$**이다.** $80K$, $30kPa$**에서 이 기체의 화학포텐셜은** $[Jmol^{-1}]$**? (단, 기체상수** $R=8Jmol^{-1}K^{-1}$**이고,** $\ln 0.3=-1.2$**로 계산한다)**

① -688

② -768

③ -848

④ -928

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 순수한 이상기체에 대해 $\mu=h-Ts$와 등온 압력변화식 $\mu_2=\mu_1+RT\ln(P_2/P_1)$를 이용하여 화학포텐셜을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $T=80K, P_1=100kPa, h_1=2400J/mol, s_1=30J/(mol\cdot K), P_2=30kPa$
구해야 할 값: $80K$, $30kPa$에서의 화학포텐셜 μ_2
주의할 조건: 이상기체의 엔탈피는 온도만의 함수이므로 같은 $80K$에서는 h가 변하지 않는다.

사용할 공식

$\mu=h-Ts$
$\mu_2=\mu_1+RT\ln(P_2/P_1)$
이 공식을 쓰는 이유: 순수한 기체의 화학포텐셜은 몰 깁스에너지와 같고, 이상기체는 같은 온도에서 압력만 바뀌면 $RT\ln(P_2/P_1)$만큼 화학포텐셜이 변한다.

계산 과정

1. 기준 상태 $(80K, 100kPa)$에서
$\mu_1=h_1-Ts_1=2400-80\times30=0J/mol$이다.
2. 같은 온도에서 압력을 $100kPa\rightarrow30kPa$로 바꾸면
$\mu_2=\mu_1+RT\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)=0+8\times80\times\ln(0.3)$
3. $\ln(0.3)=-1.2$를 대입하면
$\mu_2=8\times80\times(-1.2)=-768J/mol$
따라서 화학포텐셜은 $-768J/mol$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 계산 결과는 $-768 J/mol$이므로 $-688 J/mol$은 일치하지 않는다. 틀린 표현은 숫자값 -688이고, 올바르게는 $-768 J/mol$이다.

② O

- $\mu_1 = 0 J/mol$, $RT\ln(P_2/P_1) = 8 \times 80 \times (-1.2) = -768 J/mol$이므로 ②의 -768이 정확하다.

③ X

- 정답값보다 $80 J/mol$ 더 작아 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 숫자값 -848이고, 올바르게는 $-768 J/mol$이다.

④ X

- 압력 변화에 따른 화학포텐셜 감소량을 과대평가한 값으로 실제 계산값과 다르다. 틀린 표현은 숫자값 -928이고, 올바르게는 $-768 J/mol$이다.

오답 포인트

기준 상태에서 먼저 $\mu_1 = h - Ts$를 계산하지 않거나, $\ln(0.3)$의 부호를 반대로 두면 오답이 나온다. 이 문항은 압력이 낮아지면 이상기체의 화학포텐셜도 작아진다는 점을 놓치면 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 계산형은 먼저 같은 온도인지 확인하고, 기준 상태에서 $\mu = h - Ts$를 구한 뒤, 압력만 변하면 $RT\ln(P_2/P_1)$를 더해 최종값을 판단한다.

암기 포인트

순수 이상기체는 같은 T에서 μ가 압력에 따라 $RT\ln P$만큼 변하고, 압력이 내려가면 μ도 내려간다.

NoteBase

문 11. $1 \times 10^5 \mathrm{kJs}^{-1}$**의 발전용량을 갖는 발전소에서 600 K의 수증기를 생산하고 300 K에서 대기 중으로 열을 방출한다. 이 발전소의 열효율이 이론적으로 가능한 최대값의 50%라면 차가운 열저장고인 대기 중으로 방출하는 열량**$[\mathrm{kJs}^{-1}]$**은?**

① 1×10^5

② 2×10^5

③ 3×10^5

④ 4×10^5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 카르노 열효율과 실제 열효율의 관계를 이용해 차가운 열저장고로 방출되는 열량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 발전용량 $W = 1 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.
- 고온 열원 온도 $T_H = 600K$이다.
- 저온 열원 온도 $T_C = 300K$이다.
- 실제 열효율은 이론적 최대 열효율의 50%이다.

구해야 할 값:
- 차가운 열저장고로 방출하는 열량 Q_C이다.

주의할 조건:
- 문제의 50%는 열효율 자체가 아니라 이론적 최대 열효율의 50%이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$, $\eta = \frac{W}{Q_H}$, $Q_C = Q_H - W$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 고온원과 저온원의 온도가 주어져 이론적 최대 열효율을 카르노 효율로 구할 수 있고, 발전용량이 주어져 실제 효율로부터 유입열과 방출열을 역산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 이론적 최대 열효율은 $\eta_{max} = 1 - \frac{300}{600} = 0.5$이다.
2. 실제 열효율은 그 50%이므로 $\eta = 0.5 \times 0.5 = 0.25$이다.
3. 따라서 유입열은 $Q_H = \frac{W}{\eta} = \frac{1 \times 10^5}{0.25} = 4 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.
4. 방출열은 $Q_C = Q_H - W = 4 \times 10^5 - 1 \times 10^5 = 3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 1×10^5는 계산된 방출열과 일치하지 않는다. 실제 방출열은 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.
- 틀린 표현은 값 1×10^5이다. 올바르게는 방출 열량이 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.

② X
- 2×10^5도 계산 결과와 일치하지 않는다. 실제 효율을 25%로 두면 유입열이 $4 \times 10^5 kJs^{-1}$이므로 방출열은 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.
- 틀린 표현은 값 2×10^5이다. 올바르게는 방출 열량이 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.

③ O
- 실제 효율이 25%이므로 유입열은 $4 \times 10^5 kJs^{-1}$이고, 여기서 일로 전환된 $1 \times 10^5 kJs^{-1}$를 빼면 방출열은 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.

④ X
- 4×10^5는 유입열 Q_H 값에 해당하고 방출열 값이 아니다. 방출열은 유입열에서 일량을 뺀 값이어야 한다.
- 틀린 표현은 값 4×10^5이다. 올바르게는 유입열이 $4 \times 10^5 kJs^{-1}$이고 방출 열량은 $3 \times 10^5 kJs^{-1}$이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 문제의 50%를 실제 열효율 50%로 바로 두는 착각이다. 이 문항의 50%는 카르노 효율 0.5의 절반이므로 실제 효율은 0.25이다. 또 4×10^5는 유입열이고, 방출열은 여기서 발전용량을 뺀 값이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

열기관 계산 문제는 먼저 $\eta_{max} = 1 - T_C/T_H$로 이론 효율을 구하고, 주어진 비율을 반영해 실제 효율을 만든 뒤, $\eta = W/Q_H$로 유입열을 구하고 마지막에 $Q_C = Q_H - W$로 방출열을 정리하면 된다.

암기 포인트

카르노 효율의 절반이면 실제 효율은 $\frac{1}{2}(1 - T_C/T_H)$이고, 방출열은 항상 $Q_C = Q_H - W$이다.

NoteBase

문 12. 다음은 메탄올(methanol)의 합성반응식이다. 반응에 포함된 각 물질의 298 K에서 몰당 표준연소열이 <보기>와 같이 주어졌을 때, 주어진 반응의 표준반응열[kJ]은?

$CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$

<보기>

◯ $\Delta H^\circ(CO(g)) = -285 \mathrm{kJmol}^{-1}$

◯ $\Delta H^\circ(H_2(g)) = -286 \mathrm{kJmol}^{-1}$

◯ $\Delta H^\circ(CH_3OH(l)) = -766 \mathrm{kJmol}^{-1}$

① 195

② -195

③ 91

④ -91

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 표준연소열을 이용한 헤스의 법칙으로 메탄올 합성반응의 표준반응열을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$이다.
주어진 값은 $\Delta H_c^\circ(CO) = -285kJ/mol$, $\Delta H_c^\circ(H_2) = -286kJ/mol$, $\Delta H_c^\circ(CH_3OH) = -766kJ/mol$이다.
연소열은 각 물질이 완전연소하여 같은 최종상태로 갈 때의 엔탈피 변화이므로, 반응물과 생성물을 각각 연소시킨 뒤 비교할 수 있다.

사용할 공식

Δ H_rxn^=Σ Δ H_c^(반응물)-Σ Δ H_c^(생성물)
반응물과 생성물을 각각 완전연소시키면 모두 CO_2와 H_2O의 같은 최종상태에 도달하므로, 헤스의 법칙으로 연소열 차이를 반응열로 바꿀 수 있다.

NoteBase

계산 과정

반응물 쪽 총 연소열은
$-285 + 2(-286) = -857kJ$
생성물 쪽 총 연소열은
$-766kJ$
따라서 표준반응열은
$\Delta H_{rxn}^{\circ} = -857 - (-766) = -91kJ$
계산 결과 주어진 반응의 표준반응열은 $-91kJ$이다.

선지별 해설

① X
$+195kJ$는 주어진 세 연소열을 모두 반영한 값이 아니다. 표준반응열은 양수가 아니라 $-91kJ$이다. 틀린 표현은 "195 kJ"이고, 올바르게는 "$-91kJ$"이다.

② X
$-195kJ$는 CO의 연소열 $-285kJ/mol$을 누락하고 $2(-286) - (-766)$처럼 계산할 때 나오는 값이다. 반응물의 모든 연소열을 합해야 하므로 올바른 값은 $-91kJ$이다. 틀린 표현은 "-195"이고, 올바르게는 "-91"이다.

③ X
$+91kJ$는 크기만 맞고 부호가 반대이다. 이는 Σ Δ H_c^(생성물)- Σ Δ H_c^(반응물)처럼 순서를 거꾸로 써서 생기는 오류이다. 틀린 표현은 "+91"이고, 올바르게는 "-91"이다.

④ O
$\Delta H_{rxn}^{\circ} = -857 - (-766) = -91kJ$이므로 옳은 선택지는 ④이다. 반응물의 총 연소열에서 생성물의 연소열을 빼는 방향이 맞다.

오답 포인트

연소열 문제에서는 연소열 자체를 반응식에 바로 대입하지 않고, 반응물과 생성물을 각각 같은 연소 최종상태로 보낸 뒤 차이를 구해야 한다. 이 문항에서는 CO 항을 빠뜨리거나, 생성물-반응물 순서로 빼서 부호를 뒤집는 실수가 가장 흔하다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소열로 반응열을 구하는 문항은 먼저 반응물 전체의 연소열 합과 생성물 전체의 연소열 합을 각각 만든 뒤, Σ Δ H_c^(반응물)- Σ Δ H_c^(생성물) 순서로 계산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

같은 연소 최종상태로 모을 수 있으면 반응열은 "반응물 연소열 합 - 생성물 연소열 합"으로 정리된다.

NoteBase

문 13. 이상기체 1몰이 일정한 압력하에서 75°C에서 25°C까지 가역적으로 냉각될 때, 내부에너지 변화량(ΔU)[J]과 엔탈피 변화량(ΔH)[J]은? (단, $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$이고, 기체상수 $R = 8 J mol^{-1} K^{-1}$로 계산한다)

① ΔU[J]: -600, ΔH[J]: -1,000

② ΔU[J]: -1,000, ΔH[J]: -600

③ ΔU[J]: -400, ΔH[J]: -1,000

④ ΔU[J]: -400, ΔH[J]: -600

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 정압 냉각에서 $\Delta U = nC_V\Delta T$, $\Delta H = nC_P\Delta T$를 적용해 내부에너지 변화량과 엔탈피 변화량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $n = 1 mol$, $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$, $R = 8 J mol^{-1} K^{-1}$이다.
온도 변화는 $\Delta T = 25 - 75 = -50 K$이다.
정압 과정이지만 이상기체의 ΔU와 ΔH는 각각 온도 변화에만 비례한다.

사용할 공식

$\Delta U = nC_V\Delta T, \quad \Delta H = nC_P\Delta T$
이 공식을 쓰는 이유는 이상기체의 내부에너지와 엔탈피가 각각 C_V, C_P를 통한 온도 함수이기 때문이다.

계산 과정

1. $C_V = \frac{3}{2}R = \frac{3}{2} \times 8 = 12 J mol^{-1} K^{-1}$이다.
2. $C_P = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2} \times 8 = 20 J mol^{-1} K^{-1}$이다.
3. $\Delta U = 1 \times 12 \times (-50) = -600 J$이다.
4. $\Delta H = 1 \times 20 \times (-50) = -1000 J$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $\Delta U = -600 J$, $\Delta H = -1000 J$이므로 맞는 선지이다.
② X: ΔU와 ΔH 값을 뒤바꾼 것이 틀린 부분이다. 올바르게는 $\Delta U = -600 J$, $\Delta H = -1000 J$이다.
③ X: $\Delta H = -1000 J$는 맞지만 $\Delta U = -400 J$가 틀리다. ΔU를 $nR\Delta T$처럼 계산한 값에 가깝고, 올바르게는 $\Delta U = nC_V\Delta T = -600 J$이다.
④ X: $\Delta U = -400 J$, $\Delta H = -600 J$ 모두 틀리다. R이나 C_V만으로 두 값을 단순 처리한 오답이며, 올바르게는 $\Delta U = -600 J$, $\Delta H = -1000 J$이다.

NoteBase

오답 포인트

냉각 과정이므로 ΔT의 부호가 음수라는 점과, ΔU에는 C_V, ΔH에는 C_P를 써야 한다는 점을 섞어 틀리기 쉽다. 특히 C_P와 C_V를 뒤바꾸거나 $nR\Delta T$를 그대로 ΔU로 오해하면 ②, ③ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 열역학 계산 문제는 먼저 ΔT의 부호를 정한 뒤, ΔU는 C_V, ΔH는 C_P에 대응시켜 각각 따로 계산하면 된다.

암기 포인트

이상기체는 $\Delta U \rightarrow C_V$, $\Delta H \rightarrow C_P$, 냉각이면 $\Delta T < 0$이다.

NoteBase

문 14. 이상기체 1몰이 200 K, 10 kPa의 상태에서 40 kPa의 압력으로 가역단열압축 되었을 때, 기체의 최종온도 (T)[K]와 기체가 얻은 일 (W)[J]은? (단, 정압비열 (C_P)과 정적비열 (C_V)은 일정하다고 가정하여 $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 2$로 계산하고, 기체상수 $R = 8\text{J}\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$로 계산한다)

① T[K]: 600, W[J]: 3,200

② T[K]: 600, W[J]: 1,600

③ T[K]: 400, W[J]: 3,200

④ T[K]: 400, W[J]: 1,600

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 가역단열 압축에서 이상기체의 압력-온도 관계와 내부에너지 변화로 최종온도와 기체가 얻은 일을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $n = 1mol$, $T_1 = 200K$, $P_1 = 10kPa$, $P_2 = 40kPa$, $\gamma = 2$, $R = 8Jmol^{-1}K^{-1}$이다.
구해야 할 값: 최종온도 T_2와 기체가 얻은 일 W이다.
주의할 조건: 가역단열이므로 $PV^{\gamma} = \text{const}$, $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, $Q = 0$을 쓴다. 압축이므로 기체가 얻은 일은 양수로 본다.

사용할 공식

가역단열 과정의 온도-압력 관계는 $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ 이다.
또한 $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$, $R = C_P - C_V = (\gamma - 1)C_V$이므로 $C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$ 이다.
가역단열에서 $Q = 0$이므로 기체가 얻은 일은 내부에너지 증가량과 같아 $W = \Delta U = nC_V(T_2 - T_1)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 가역단열 압축과 γ가 직접 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 압력비는 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{40}{10} = 4$이다.
2. 따라서 $\frac{T_2}{200} = 4^{\frac{2-1}{2}} = 4^{1/2} = 2$ 이므로 $T_2 = 400K$이다.
3. $C_V = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{8}{1} = 8Jmol^{-1}K^{-1}$이다.
4. 기체가 얻은 일은 $W = nC_V(T_2 - T_1) = 1 \times 8 \times (400 - 200) = 1600J$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 "$T = 600K$, $W = 3200J$"이다. 올바르게는 $T_2 = 400K$, $W = 1600J$이다. $600K$는 가역단열의 지수 $\frac{\gamma - 1}{\gamma}$를 잘못 적용한 값이고, $3200J$는 내부에너지 증가를 두 배로 잡은 오답이다.
② X: 일의 값 $1600J$는 맞지만 온도 값이 틀리므로 전체 선지는 틀리다. 틀린 표현은 "$T = 600K$"이고, 올바르게는 $T_2 = 400K$이다.
③ X: 온도 값 $400K$는 맞지만 일의 값이 틀리다. 틀린 표현은 "$W = 3200J$"이고, 올바르게는 $W = 1600J$이다. $3200J$는 $C_V = 8$을 쓰지 않고 차온을 과대계산한 경우에 나오는 값이다.
④ O: $T_2 = 400K$, $W = 1600J$로 계산 결과와 정확히 일치한다.

오답 포인트

압력비 4를 보고 온도가 네 배가 된다고 착각하거나, 가역단열의 지수 $\frac{\gamma - 1}{\gamma}$를 빠뜨리면 $600K$ 같은 오답이 나온다. 또 "기체가 얻은 일"을 압축일로 해석하지 못하면 부호나 크기를 잘못 잡기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

가역단열 계산형은 먼저 $\frac{P_2}{P_1}$ 또는 $\frac{V_2}{V_1}$로 상태변화 관계를 정리하고, 그다음 γ와 R로 C_V를 구한 뒤, 마지막에 $Q = 0 \Rightarrow W = \Delta U$를 적용하면 된다.

암기 포인트

가역단열 압축은 $T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$, 일은 $W = nC_V(T_2 - T_1)$로 정리된다.

NoteBase

문 15. 이상기체를 20 kPa, 300 K에서 가역등온공정으로 5 kPa까지 감압한 후, 가역등압공정으로 600 K까지 가열하였다. 두 공정의 엔트로피 변화량 차이의 크기 $[Jmol^{-1}K^{-1}]$는? (단, 정압비열 (C_P)은 $2R$이고 R은 기체상수이다)

① 0

② $R\ln 2$

③ $2R\ln 2$

④ $4R\ln 2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 가역등온 과정과 가역등압 과정에서 엔트로피 변화식을 각각 적용한 뒤 두 값의 차이를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 상태는 $20kPa$, $300K$이다.
1차 과정: 가역등온 감압이므로 T는 $300K$로 일정하고 압력은 $20 \rightarrow 5kPa$로 변한다.
2차 과정: 가역등압 가열이므로 압력은 $5kPa$로 일정하고 온도는 $300 \rightarrow 600K$로 변한다.
구해야 할 값: 두 과정의 엔트로피 변화량 차이의 크기이다.

사용할 공식

가역등온 이상기체의 엔트로피 변화는 $\Delta S = R\ln\frac{V_2}{V_1} = R\ln\frac{P_1}{P_2}$ 이다.
가역등압 과정의 엔트로피 변화는 $\Delta S = C_P\ln\frac{T_2}{T_1}$ 이다.
첫 과정은 이상기체의 가역등온 팽창이므로 압력비를 이용한 식을 쓰고, 둘째 과정은 압력이 일정하므로 정압비열 C_P를 쓰는 식이 바로 적용된다.

계산 과정

1. 첫 과정의 엔트로피 변화는 $\Delta S_1 = R\ln\frac{20}{5} = R\ln 4 = 2R\ln 2$ 이다.
2. 둘째 과정의 엔트로피 변화는 $C_P = 2R$이므로 $\Delta S_2 = 2R\ln\frac{600}{300} = 2R\ln 2$ 이다.
3. 따라서 두 과정의 엔트로피 변화량 차이의 크기는 $|\Delta S_1 - \Delta S_2| = |2R\ln 2 - 2R\ln 2| = 0$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
차이의 크기는 $0 J mol^{-1} K^{-1}$이다. 두 과정의 엔트로피 변화가 모두 $2R\ln 2$로 같으므로 정답이다.

② X
틀린 표현은 차이량이 $R\ln 2$라는 판단이다. 올바르게는 첫 과정과 둘째 과정이 각각 $2R\ln 2$이므로 차이는 0이다. 이 값은 $\ln 4 = 2\ln 2$를 놓치거나 한 과정의 값을 잘못 반으로 줄였을 때 나오는 오답이다.

③ X
틀린 표현은 차이량이 $2R\ln 2$라는 판단이다. 올바르게는 $2R\ln 2$는 각 과정의 엔트로피 변화량 자체이고, 두 값의 차이는 0이다.

④ X
틀린 표현은 차이량이 $4R\ln 2$라는 판단이다. 올바르게는 $4R\ln 2$는 두 엔트로피 변화를 더했을 때의 값이고, 문제는 합이 아니라 차이를 묻고 있으므로 0이 맞다.

오답 포인트

등온 과정이라고 해서 엔트로피 변화까지 0이라고 착각하기 쉽다. 이 문제의 핵심 함정은 과정별 엔트로피 변화를 각각 구하지 않고, 한 과정의 값만 보거나 두 값을 합해 버리는 데 있다. 또 $\ln 4 = 2\ln 2$를 바로 정리하지 못하면 ②로 흔들릴 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 엔트로피 문제는 먼저 각 과정이 등온인지 등압인지를 구분하고, 과정별 식으로 ΔS를 각각 계산한 뒤 마지막에 발문이 합인지 차이인지 다시 대입해 판단한다.

암기 포인트

가역등온 이상기체는 $\Delta S = R\ln(P_1/P_2)$, 가역등압 과정은 $\Delta S = C_P\ln(T_2/T_1)$로 정리된다.

NoteBase

문 16. 25℃, 1기압의 초기상태에서 고무풍선에 들어 있는 이상기체 1몰이 다음의 과정을 거칠 때, 기체의 물성에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 변화는 모두 가역적으로 일어나며, 풍선에 의한 열역학적 기여는 무시한다)

(가) 초기상태에서 온도를 100℃로 올렸다가 원래의 상태로 변화시킨다.
(나) 초기상태에서 온도를 0℃로 내렸다가 원래의 상태로 변화시킨다.

① (가)의 경우에 일어나는 내부에너지의 변화가 (나)의 경우에 일어나는 내부에너지의 변화보다 크다.
② (가)의 경우에 일어나는 깁스 자유에너지의 변화가 (나)의 경우에 일어나는 깁스 자유에너지 변화보다 크다.
③ (가)의 경우에 일어나는 엔탈피의 변화가 (나)의 경우에 일어나는 엔탈피의 변화보다 크다.
④ (가)와 (나)에서 엔트로피의 변화는 0이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원래 상태로 되돌아오는 순환과정에서 상태함수의 전체 변화량이 0이 되는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

내부에너지, 엔탈피, 깁스 자유에너지, 엔트로피는 모두 상태함수이다. 따라서 초기상태와 최종상태가 같으면 과정이 가역이든 비가역이든 전체 변화량은 상태만으로 결정되어 0이다. 이 문항의 두 과정은 모두 원래 상태로 복귀하므로 전체적으로 $\Delta U = \Delta H = \Delta G = \Delta S = 0$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
(가)도 (나)도 원래 상태로 되돌아오는 순환과정이므로 전체 내부에너지 변화는 둘 다 0이다.
틀린 표현은 "보다 크다"이다.
올바르게는 "(가)와 (나)에서 내부에너지의 변화는 모두 0이다."이다.

② X
깁스 자유에너지도 상태함수이므로 두 과정 전체의 ΔG는 모두 0이다.
틀린 표현은 "보다 크다"이다.
올바르게는 "(가)와 (나)에서 깁스 자유에너지의 변화는 모두 0이다."이다.

③ X
엔탈피 역시 상태함수이므로 두 과정 전체의 ΔH는 모두 0이다.
틀린 표현은 "보다 크다"이다.
올바르게는 "(가)와 (나)에서 엔탈피의 변화는 모두 0이다."이다.

④ O
엔트로피도 상태함수이므로 초기상태와 최종상태가 같으면 전체 엔트로피 변화는 0이다. 두 과정 모두 원래 상태로 복귀하므로 $\Delta S = 0$이다.

오답 포인트

수험생이 100°C까지 올린 경우가 0°C까지 내린 경우보다 변화폭이 크다고 보고 상태함수의 전체 변화량도 더 크다고 오해하기 쉽다. 그러나 문항은 중간 상태가 아니라 처음 상태에서 다시 처음 상태로 돌아온 전체 과정을 묻고 있으므로, 상태함수는 왕복 경로의 크기와 무관하게 총변화량이 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

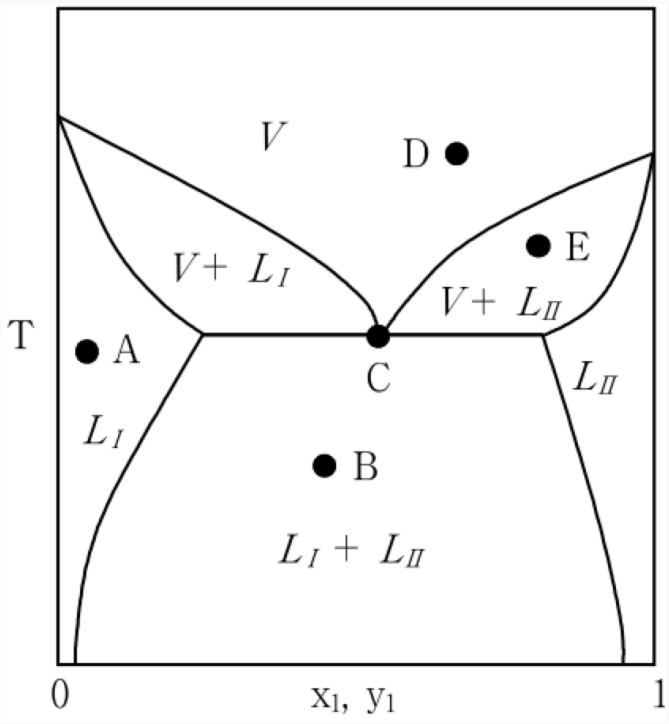
발문에 "원래의 상태로 변화시킨다"가 보이면 먼저 순환과정인지 확인한다. 그다음 묻는 물성이 상태함수인지 구분하면 내부에너지, 엔탈피, 깁스 자유에너지, 엔트로피의 전체 변화량은 모두 0으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

원래 상태로 복귀하면 상태함수 변화는 0이다.

NoteBase

문 17. 다음 그림은 2성분계 기체(V)-액체 I (L_I)-액체 II(L_{II}) 상평형을 나타낸다. 그림에 표기된 A ~ E 위치에서 자유도를 각각 F_A ~ F_E라 할 때, 계산 값이 가장 큰 것은? (단, T는 온도, y_1은 성분 1의 기상 조성, x_1은 성분 1의 액상 조성을 나타낸다)



① $F_A + F_B + F_C$

② $F_B + F_C + F_D$

③ $F_B + F_D + F_E$

④ $F_A + F_D + F_E$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정압 2성분계 $V - L_I - L_{II}$ 상평형도에서 각 위치의 상 개수를 읽고 Gibbs 상규칙으로 자유도를 계산하는 문제이다.

핵심 개념

온도-조성 상평형도는 압력이 고정된 그림이므로 정압 상규칙 $F = C - P + 1$을 쓴다. 2성분계에서는 $C = 2$이므로 $F = 3 - P$가 되어 1상은 자유도 2, 2상은 자유도 1, 3상은 자유도 0이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: A는 L_I 단일상이라 $F_A = 2$, B는 $L_I + L_{II}$ 2상이라 $F_B = 1$, C는 $V + L_I + L_{II}$ 3상 공존점이라 $F_C = 0$이다. 따라서 $F_A + F_B + F_C = 3$이다. 틀린 표현은 이 조합이 가장 크다고 본 점이며, 올바르게는 가장 큰 값은 ④의 $F_A + F_D + F_E$이다.
② X: B는 2상이라 1, C는 3상이라 0, D는 V 단일상이라 2이므로 $F_B + F_C + F_D = 3$이다. 틀린 표현은 이 조합이 최댓값이라는 점이며, 올바르게는 ④가 더 크다.
③ X: B는 1, D는 2, E는 $V + L_{II}$ 2상이라 1이므로 $F_B + F_D + F_E = 4$이다. 큰 값이지만 최댓값은 아니다. 틀린 표현은 가장 큰 값으로 제시한 점이며, 올바르게는 $F_A + F_D + F_E = 5$가 최댓값이다.
④ O: A는 L_I 단일상이라 2, D는 V 단일상이라 2, E는 $V + L_{II}$ 2상이라 1이다. 따라서 $F_A + F_D + F_E = 2 + 2 + 1 = 5$로 네 조합 중 가장 크다.

오답 포인트

C점이 세 상 $V + L_I + L_{II}$이 만나는 점이라는 사실을 놓치면 자유도 0을 빼먹기 쉽다. 또한 이 도식은 T-조성도이므로 압력이 고정된 상태인데, 이를 무시하고 일반 상규칙 $F = C - P + 2$를 그대로 쓰면 모든 자유도를 1씩 크게 계산하는 함정에 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

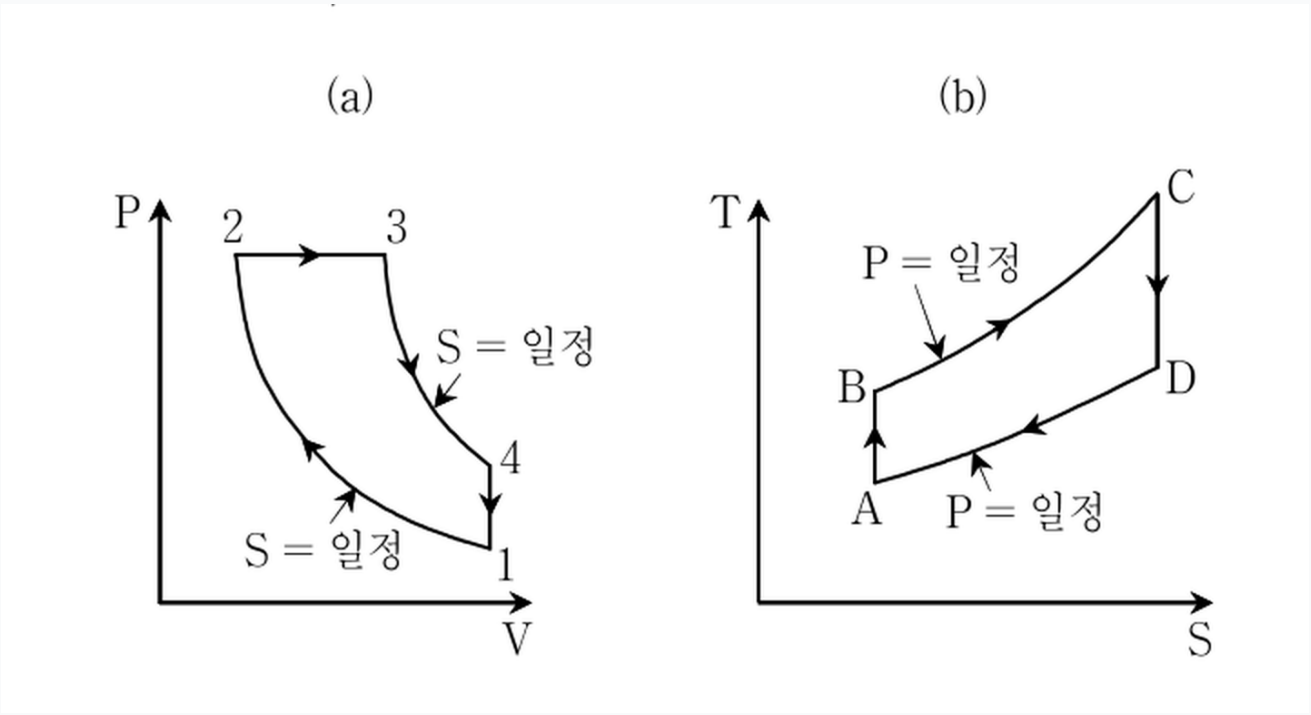
먼저 각 점이 1상, 2상, 3상 중 어디에 있는지 구역으로 판정한 뒤 정압 2성분계에서는 $F = 3 - P$만 대입하면 된다. 단일상은 2, 두 상 공존영역은 1, 세 상 공존점은 0으로 바로 정리된다.

암기 포인트

정압 2성분계 자유도는 $3 - P$이다. 따라서 1상 2, 2상 1, 3상 0이다.

NoteBase

문 18. 그림 (a)와 (b)는 이상기체인 공기를 작동유체로 하는 두 개의 가역적인 열기관 사이클에 대한 압력(P)-부피(V), 온도(T)-엔트로피(S) 선도를 각각 나타낸다. (a)사이클에서 부피비는 $\frac{V_1}{V_2}=15$, $\frac{V_4}{V_3}=5$이고, (b)사이클의 압력비는 $\frac{P_B}{P_A}=6$이다. 다음 중 (a)와 (b)의 열기관 사이클의 효율(η)을 옳게 나타낸 것은? (단, 공기의 비열비 $\gamma=\frac{C_P}{C_V}=1.4$이다)



① (a): $1-1.4\left[\frac{(1/5)^{0.4}-(1/15)^{0.4}}{(1/5)-(1/15)}\right]$, (b): $1-\left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{0.4}{1.4}}$
② (a): $1-\frac{1}{1.4}\left[\frac{(1/5)^{1.4}-(1/15)^{1.4}}{(1/5)-(1/15)}\right]$, (b): $1-\left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{0.4}{1.4}}$
③ (a): $1-1.4\left[\frac{(1/15)^{0.4}-(1/5)^{0.4}}{(1/15)-(1/5)}\right]$, (b): $1-\left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{1.4}{0.4}}$
④ (a): $1-\frac{1}{1.4}\left[\frac{(1/15)^{1.4}-(1/5)^{1.4}}{(1/15)-(1/5)}\right]$, (b): $1-\left(\frac{1}{6}\right)^{\frac{1.4}{0.4}}$

정답 2번

출제 포인트

디젤 사이클과 브레이턴 사이클의 열효율식을 상태변화와 압력비·체적비로 연결하는 문제이다.

조건 정리

(a)는 $1\to2$와 $3\to4$가 등엔트로피, $2\to3$가 정압, $4\to1$이 정적 과정인 디젤 사이클이다.
$V_4=V_1$이므로 $V_3/V_1=1/5$, $V_2/V_1=1/15$이다.
(b)는 $A\to B$와 $C\to D$가 등엔트로피, $B\to C$와 $D\to A$가 정압 과정인 브레이턴 사이클이다.
압력비는 $r_p=P_B/P_A=6$이다.

NoteBase

사용할 공식

(a) 디젤 사이클 효율은 $\eta_a = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)}$이다.
정압 과정에서는 $Q_{in} = \frac{C_p}{R}P_2(V_3 - V_2)$, 정적 과정에서는 $Q_{out} = \frac{C_v}{R}V_1(P_4 - P_1)$이다.
등엔트로피 관계 $PV^\gamma = \text{const}$와 $P_2 = P_3$, $V_4 = V_1$을 쓰면
$\eta_a = 1 - \frac{1}{\gamma}\frac{(V_3/V_1)^\gamma - (V_2/V_1)^\gamma}{(V_3/V_1) - (V_2/V_1)}$
이 된다.
따라서
$\eta_a = 1 - \frac{1}{1.4}\frac{(1/5)^{1.4} - (1/15)^{1.4}}{(1/5) - (1/15)}$
이다.
(b) 브레이턴 사이클 효율은
$\eta_b = 1 - \frac{1}{r_p^{(\gamma-1)/\gamma}} = 1 - \left(\frac{1}{r_p}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}$
이다.
여기서는 $r_p = 6$, $\gamma = 1.4$이므로
$\eta_b = 1 - \left(\frac{1}{6}\right)^{0.4/1.4}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 선도가 각각 디젤 사이클과 브레이턴 사이클의 표준 가역 과정 조합을 그대로 보여 주기 때문이다.

계산 과정

1. (a)에서 $V_4 = V_1$, $V_4/V_3 = 5$이므로 $V_3/V_1 = 1/5$이다. 또한 $V_1/V_2 = 15$이므로 $V_2/V_1 = 1/15$이다.
2. 디젤 사이클 효율식에 대입하면 $\eta_a = 1 - \frac{1}{1.4}\frac{(1/5)^{1.4} - (1/15)^{1.4}}{(1/5) - (1/15)}$가 된다.
3. (b)에서 압력비 $r_p = P_B/P_A = 6$이므로 브레이턴 사이클 효율은 $\eta_b = 1 - (1/6)^{0.4/1.4}$가 된다.
4. 두 식을 동시에 만족하는 선택지는 ②뿐이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

(a)식이 틀렸다. 디젤 사이클의 Q_{out}/Q_{in} 앞계수는 $C_v/C_p = 1/\gamma$여야 하고, 지수도 $\gamma - 1 = 0.4$가 아니라 $\gamma = 1.4$로 정리된다. ①의 "1.4"와 "$(1/5)^{0.4}$"가 잘못이며, 올바르게는 $1 - \frac{1}{1.4}\frac{(1/5)^{1.4} - (1/15)^{1.4}}{(1/5) - (1/15)}$이다. (b)식 자체는 맞다.

② O

(a)는 디젤 사이클 효율식을 체적비로 정리한 정확한 식이고, (b)는 브레이턴 사이클 효율식 $1 - (1/r_p)^{(\gamma-1)/\gamma}$에 $r_p = 6$을 넣은 정확한 식이다.

③ X

(a)식이 ①과 같은 잘못을 반복한다. 분자와 분모의 순서를 뒤집어도 지수와 앞계수 오류는 사라지지 않는다. 또한 (b)식의 지수를 "$1.4/0.4$"로 뒤집었는데, 브레이턴 사이클의 지수는 $(\gamma - 1)/\gamma = 0.4/1.4$가 맞다. 올바르게는 $1 - (1/6)^{0.4/1.4}$이다.

④ X

(a)식은 ②와 같은 식으로서 맞다. 그러나 (b)식의 지수를 "$1.4/0.4$"로 쓴 것이 틀렸다. 브레이턴 사이클 효율식은 $1 - (1/6)^{0.4/1.4}$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

디젤 사이클에서는 정압 가열과 정적 방열 때문에 C_p와 C_v가 함께 들어가서 앞계수가 $1/\gamma$가 된다. 이를 오토 사이클처럼 0.4 지수만 남기는 방식으로 착각하면 ①, ③에 끌리기 쉽다. 브레이턴 사이클에서는 체적비가 아니라 압력비를 쓰며 지수가 $(\gamma - 1)/\gamma$라는 점을 놓치면 ③, ④처럼 분수가 뒤집힌다.

다시 나오면 이렇게 판단

P-V 선도에서 정압 가열과 정적 방열이 보이면 디젤 사이클로 보고 $Q_{in} = C_p\Delta T$, $Q_{out} = C_v\Delta T$를 먼저 세운다. T-S 선도에서 양쪽이 등엔트로피이고 위아래가 정압이면 브레이턴 사이클로 보고 $\eta = 1 - (1/r_p)^{(\gamma-1)/\gamma}$를 바로 적용하면 된다.

암기 포인트

디젤은 $1/\gamma$가 붙고 브레이턴은 압력비의 $(\gamma - 1)/\gamma$ 지수를 쓴다.

NoteBase

문 19. 초기상태가 2atm, 410cm^3, 100K인 이상기체가 8atm, 205cm^{3}로 변화하였을 때, 내부에너지 변화량[cal]은? (단, $R = 82\text{cm}^3\text{atmmol}^{-1}\text{K}^{-1} = 2\text{calmol}^{-1}\text{K}^{-1}$이고 $C_V = \frac{3}{2}R$이다)

① 0.3

② 3

③ 30

④ 300

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 상태방정식으로 몰수와 최종온도를 구한 뒤, 내부에너지 변화식 $\Delta U = nC_V\Delta T$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

초기상태는 $P_1 = 2atm, V_1 = 410cm^3, T_1 = 100K$이다.
최종상태는 $P_2 = 8atm, V_2 = 205cm^3$이다.
기체상수는 $R = 82cm^3 \cdot atmmol^{-1}K^{-1} = 2calmol^{-1}K^{-1}$이고, $C_V = \frac{3}{2}R = 3calmol^{-1}K^{-1}$이다.
구해야 할 값은 내부에너지 변화량 ΔU이다.

사용할 공식

사용 공식은 $PV = nRT$, $\Delta U = nC_V\Delta T$이다.
이상기체의 내부에너지는 온도에만 의존하므로 먼저 상태방정식으로 n과 T_2를 구한 뒤 ΔT를 계산하면 된다.

계산 과정

1. 초기상태에서 몰수는 $n = \frac{P_1V_1}{RT_1} = \frac{2 \times 410}{82 \times 100} = 0.1mol$이다.
2. 최종온도는 $T_2 = \frac{P_2V_2}{nR} = \frac{8 \times 205}{0.1 \times 82} = 200K$이다.
3. 따라서 $\Delta T = T_2 - T_1 = 200 - 100 = 100K$이다.
4. 내부에너지 변화량은 $\Delta U = nC_V\Delta T = 0.1 \times 3 \times 100 = 30cal$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $30cal$이므로 $0.3cal$은 틀리다. 이 값은 $0.1 \times 3 = 0.3$까지만 계산하고 $\Delta T = 100K$를 곱하지 않은 실수에 가깝다. 올바른 값은 $30cal$이다.
2번 X: 계산 결과는 $30cal$이므로 $3cal$은 틀리다. 이는 $\Delta T = 100K$를 10으로 잘못 처리한 경우에 해당한다. 올바른 값은 $30cal$이다.
3번 O: $\Delta U = 0.1 \times 3 \times 100 = 30cal$이므로 맞다.
4번 X: 계산 결과는 $30cal$이므로 $300cal$은 틀리다. 이는 몰수 $0.1mol$을 $1mol$로 잘못 두는 실수에서 나오는 값이다. 올바른 값은 $30cal$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 내부에너지 식 자체보다 $n, C_V, \Delta T$ 중 하나를 빠뜨리는 계산 실수에 있다. 특히 $C_V = \frac{3}{2}R$에서 $R = 2 cal mol^{-1} K^{-1}$를 대입해 $C_V = 3 cal mol^{-1} K^{-1}$로 바꾸는 단계와 $\Delta T = 100K$를 끝까지 곱하는 단계가 자주 누락된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 내부에너지 문제는 먼저 $PV = nRT$로 빠진 상태량을 구하고, 다음에 $\Delta U = nC_V\Delta T$에 대입하는 순서로 판단한다. 최종값을 낸 뒤에는 몰수와 온도차가 모두 반영되었는지 검산하면 된다.

암기 포인트

이상기체의 내부에너지는 온도만 바뀌면 변하고, 계산은 $\Delta U = nC_V\Delta T$로 정리된다.

NoteBase

문 20. 10kPa의 이상기체가 가역등온팽창과정을 거쳐 5kPa로 감압된 후, 가역단열팽창과정을 거쳐 1kPa로 감압되었다. 이 기체의 1kPa에서 부피는 10kPa에서 부피의 몇 배인가? (단, $C_P = 2R$이며, R은 기체상수이다)

① $\sqrt{10}$
② $\sqrt{20}$
③ 10
④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 가역등온팽창의 $PV = \text{const.}$와 가역단열팽창의 $PV^\gamma = \text{const.}$를 연속으로 적용하여 최종 부피비를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 처음 상태: $P_1 = 10kPa$, 부피 V_1
- 등온팽창 후 상태: $P_2 = 5kPa$, 부피 V_2
- 가역단열팽창 후 상태: $P_3 = 1kPa$, 부피 V_3
- $C_P = 2R$ 이므로 $C_V = C_P - R = R$, 따라서 $\gamma = C_P/C_V = 2$
- 구해야 할 값: V_3/V_1

사용할 공식

$P_1V_1 = P_2V_2$
$P_2V_2^\gamma = P_3V_3^\gamma$
등온 과정에서는 온도가 일정하므로 PV가 일정하고, 가역단열 과정에서는 PV^γ가 일정하므로 두 과정을 나누어 계산해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 등온팽창에서
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{10}{5} = 2$
2. 비열비는
$C_V = C_P - R = 2R - R = R$
$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{2R}{R} = 2$
3. 두 번째 가역단열팽창에서
$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2$
$\frac{V_3}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_3}\right)^{1/2} = \left(\frac{5}{1}\right)^{1/2} = \sqrt{5}$
4. 전체 부피비는
$\frac{V_3}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{5} \cdot 2 = 2\sqrt{5} = \sqrt{20}$

선지별 해설

① X: $\sqrt{10}$은 처음 상태 $10kPa$에서 최종 상태 $1kPa$까지를 하나의 가역단열과정처럼 본 값이다. 이 문항은 먼저 등온팽창으로 부피가 2배 커진 뒤 다시 단열팽창을 하므로 틀리다. 올바르게는 $V_3/V_1 = \sqrt{20}$이다.
② O: 등온 단계에서 $V_2/V_1 = 2$, 단열 단계에서 $V_3/V_2 = \sqrt{5}$이므로 전체는 $2\sqrt{5} = \sqrt{20}$이다.
③ X: 10은 전체 압력비 10/1만 보고 두 과정을 모두 등온처럼 처리한 값이다. 두 번째 과정은 단열이므로 부피비가 5가 아니라 $\sqrt{5}$가 된다. 올바르게는 $\sqrt{20}$이다.
④ X: 20은 압력 변화 비율을 부피비에 그대로 곱해 단열 과정의 지수 $1/\gamma$를 빠뜨린 값이다. 가역단열에서는 V가 압력에 단순 역비례하지 않으므로 올바른 값은 $\sqrt{20}$이다.

오답 포인트

등온과 단열을 한 공식으로 한꺼번에 처리하면 오답이 된다. 특히 $C_P = 2R$에서 바로 $\gamma = 2$를 만들기 위해 $C_V = C_P - R$를 먼저 구해야 하며, 단열 단계의 부피비가 5가 아니라 $\sqrt{5}$라는 점에서 실수가 많이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합 과정 계산형은 과정을 먼저 분리한 뒤 각 과정에 맞는 상태식만 적용하면 된다. 등온이면 $PV = \text{const.}$, 가역단열이면 $PV^{\gamma} = \text{const.}$를 쓰고, 마지막에 단계별 부피비를 곱하면 된다.

암기 포인트

$C_V = C_P - R$, $\gamma = C_P/C_V$, 등온은 $PV = \text{const.}$, 가역단열은 $PV^{\gamma} = \text{const.}$이다.

NoteBase