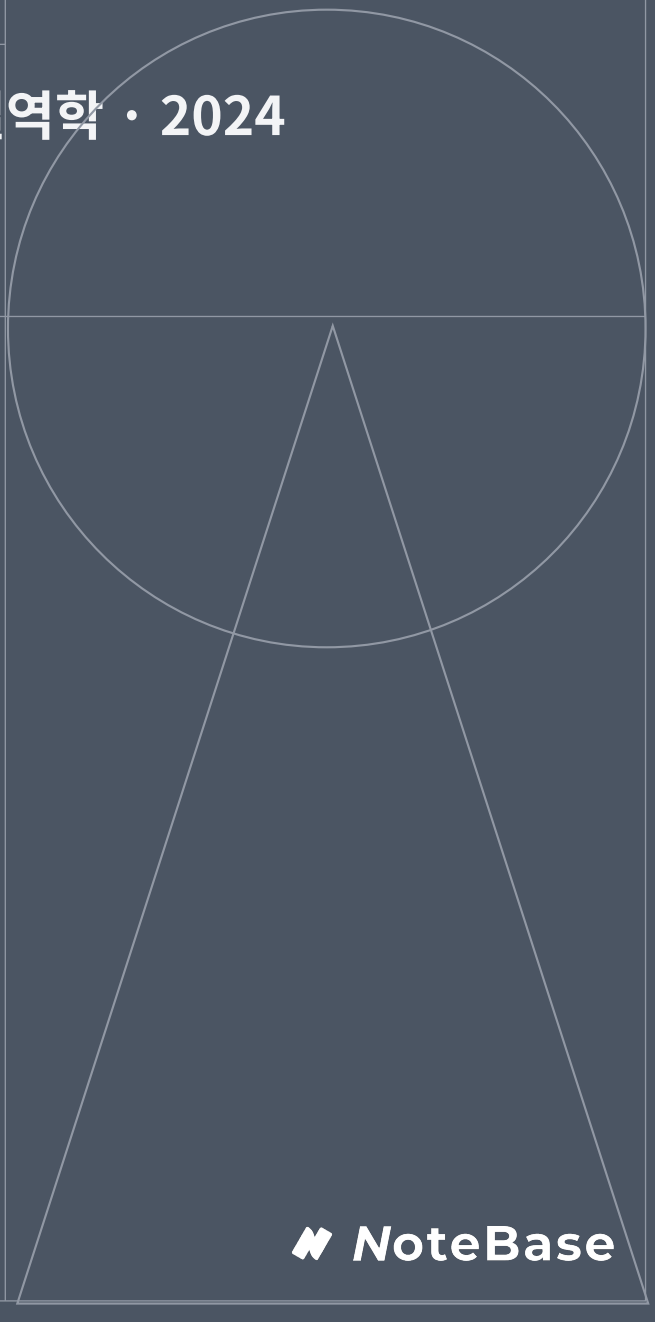
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2024

공무원/서울시/7급 · 화공열역학 · 2024

문 1. 이상기체에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 압력이 0에 근접하고 온도는 무한대에 접근하는 경우, 이상기체로 가정될 수 있다.

② 기체의 총 부피에 비하여 분자들의 부피는 무시할 수 있다.

③ 이상기체의 압축인자는 0의 값을 갖는다.

④ 이상기체의 내부에너지는 오직 온도에만 의존한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 성립 조건과 대표 성질을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

이상기체는 분자 자체의 부피와 분자 간 상호작용을 무시할 수 있다고 보는 가상 기체이다.
이상기체 거동은 보통 저압, 고온에서 실제 기체에 잘 근사된다.
이상기체의 압축인자는 $Z = \frac{PV}{RT}$이며 항상 1이다.
이상기체의 내부에너지는 분자 간 위치에너지 변화가 없다고 보므로 온도에만 의존한다.

선지별 해설

1번: O. 압력이 0에 가까워지면 분자 사이 거리가 멀어져 상호작용이 작아지고, 온도가 매우 높아지면 응축 경향도 줄어든다. 따라서 실제 기체를 이상기체로 가정하기 쉬운 조건이다.
2번: O. 이상기체 모형은 기체가 차지하는 전체 부피에 비해 개별 분자의 고유 부피를 무시할 수 있다고 본다. 이 진술은 이상기체의 기본 가정에 해당한다.
3번: X. 틀린 부분은 "압축인자는 0의 값을 갖는다"는 표현이다. 이상기체의 압축인자는 0이 아니라 1이다. 올바르게는 "이상기체의 압축인자는 1의 값을 갖는다"이다.
4번: O. 이상기체는 내부에너지가 분자 운동에너지로만 결정된다고 보므로 내부에너지는 오직 온도의 함수가 된다.

NoteBase

오답 포인트

3번에서 압축인자 Z를 0으로 착각하면 틀리기 쉽다. 이상기체는 분자 부피와 상호작용을 무시한다는 뜻이지, 상태량 비 Z가 사라진다는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 문항은 먼저 저압·고온 조건, 분자 부피 무시, 분자 간 상호작용 무시, 내부에너지의 온도 의존성, 압축인자 $Z = 1$을 기준으로 각 선지를 대조하면 판단할 수 있다.

암기 포인트

이상기체는 저압·고온에서 잘 맞고, $Z = 1$, 내부에너지는 온도만 본다.

NoteBase

문 2. 저온 열원의 온도가 $30\,^\circ$C이고, 고온 열원의 온도가 $230\,^\circ$C인 Carnot 열기관의 열효율에 가장 가까운 값은?

① 0.2

② 0.4

③ 0.6

④ 0.9

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 카르노 열기관의 열효율 식 $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$에 절대온도를 대입해 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저온 열원 30°C, 고온 열원 230°C이다. 구해야 할 값: 카르노 열기관의 열효율이다. 주의할 조건: 카르노 효율식의 온도는 반드시 절대온도 K로 넣어야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$이다. 카르노 열기관은 두 열원 사이에서 작동하는 이상 열기관이므로 고온 열원과 저온 열원의 절대온도만 알면 최대 열효율을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

30°C는 303 K, 230°C는 503 K이다. 따라서 $\eta = 1 - \frac{303}{503}$이다. 계산하면 $\eta = 1 - 0.602 \approx 0.398$이므로 약 0.4이다.

선지 판단

1번: X. 계산 결과는 약 0.4이므로 0.2는 너무 작다. 틀린 표현은 효율을 0.2로 본 부분이며, 올바르게는 카르노 효율은 약 0.4이다.
2번: O. $\eta = 1 - \frac{303}{503} \approx 0.398$이므로 가장 가까운 값은 0.4이다.
3번: X. 0.6은 $\frac{303}{503} \approx 0.602$를 효율로 잘못 읽은 값에 가깝다. 틀린 표현은 열원 온도비 자체를 효율로 본 부분이며, 올바르게는 효율은 $1 - \frac{T_C}{T_H}$로 계산한 약 0.4이다.
4번: X. 0.9는 두 열원 온도 차가 크다는 이유만으로 효율을 과대평가한 값이다. 틀린 표현은 효율을 0.9로 본 부분이며, 올바르게는 절대온도 비를 반영하면 약 0.4이다.

NoteBase

오답 포인트

섭씨온도를 그대로 대입하거나 $\frac{T_C}{T_H}$ 자체를 효율로 착각하면 3번 같은 오답이 나온다. 카르노 효율은 온도차가 아니라 절대온도의 비로 결정된다는 점을 놓치면 4번처럼 과대평가하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

카르노 기관 문제가 나오면 먼저 섭씨를 K로 바꾼 뒤 $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$를 적용한다. 계산값이 0과 1 사이에 있고 온도비 $\frac{T_C}{T_H}$보다 작아졌는지까지 함께 확인하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

카르노 효율은 절대온도로 $1 - \frac{T_C}{T_H}$이다. 섭씨 그대로 대입하지 않는다.

NoteBase

문 3. 디젤(Diesel)엔진의 공기표준디젤사이클(air standard Diesel cycle)의 단계 구성으로 옳은 것은?

① 단열압축 - 정압가열 - 단열팽창 - 정적냉각

② 단열압축 - 정적가열 - 단열팽창 - 정적냉각

③ 단열압축 - 정압가열 - 단열팽창 - 정압냉각

④ 단열압축 - 등온가열 - 단열팽창 - 등온냉각

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 공기표준 디젤사이클의 네 과정과 오토사이클·브레이턴사이클의 과정을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

공기표준 디젤사이클은 단열압축, 정압가열, 단열팽창, 정적냉각으로 이루어진 이상사이클이다. 디젤사이클과 오토사이클의 핵심 차이는 가열과정이며, 디젤은 정압가열이고 오토는 정적가열이다.

선지별 해설

1번 O: 디젤사이클의 표준 구성 그대로이다. 압축과 팽창은 단열과정이고, 열공급은 정압가열, 열배출은 정적냉각으로 이상화한다.
2번 X: 틀린 부분은 "정적가열"이다. 실제로는 디젤사이클의 가열과정이 아니라 오토사이클의 가열과정이며, 디젤사이클은 정압가열로 고쳐야 한다.
3번 X: 틀린 부분은 "정압냉각"이다. 디젤사이클의 열배출은 정적냉각으로 본다. 따라서 마지막 과정은 정압냉각이 아니라 정적냉각으로 고쳐야 한다.
4번 X: 틀린 부분은 "등온가열"과 "등온냉각"이다. 공기표준 디젤사이클에는 등온과정이 없고, 가열은 정압가열이며 냉각은 정적냉각이다.

오답 포인트

디젤과 오토를 가르는 핵심은 가열과정인데, 2번처럼 정적가열을 넣으면 오토사이클로 바뀐다. 3번은 가열은 맞지만 냉각을 정압으로 바꾸어 브레이턴사이클의 일부 특징과 혼동하게 만든 선택지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

사이클 문제는 먼저 열이 들어가는 과정과 열이 빠지는 과정을 본다. 디젤이면 정압가열인지 확인하고, 마지막 열배출이 정적냉각인지 확인하면 빠르게 판별할 수 있다.

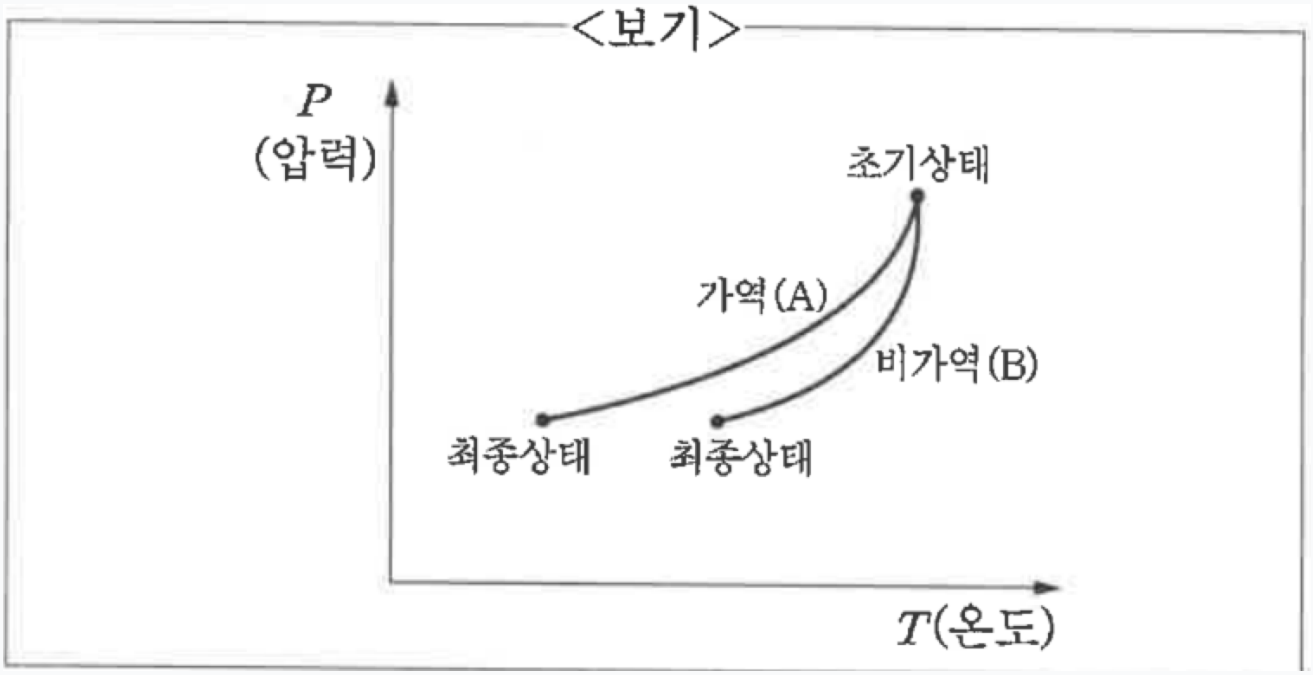
암기 포인트

디젤은 정압가열, 오토는 정적가열, 디젤의 열배출은 정적냉각이다.

NoteBase

문 4. 이상기체의 가역 단열팽창(A)과 비가역 단열팽창(B)의 *PT* 선도가 <보기>와 같을 때의 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① A 과정에서 주위의 엔트로피 변화량은 0이다.

② B 과정에서 주위의 엔트로피 변화량은 0이다.

③ A 과정에서 전체 엔트로피 변화량은 0이다.

④ B 과정에서 계의 엔트로피 변화량은 0이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PT선도에서 가역 단열팽창과 비가역 단열팽창의 최종상태를 비교하여 계, 주위, 전체의 엔트로피 변화를 구별할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. A는 가역 단열팽창이므로 열교환이 없어서 주위와의 엔트로피 전달이 없다. 따라서 주위의 엔트로피 변화량은 0이다.
2번: O. B도 단열팽창이므로 주위와 열을 주고받지 않는다. 따라서 비가역 여부와 무관하게 주위의 엔트로피 변화량은 0이다.
3번: O. A는 가역 단열팽창이므로 계의 엔트로피 변화량이 0이고, 주위도 0이어서 전체 엔트로피 변화량도 0이다.
4번: X. B는 비가역 단열팽창이므로 계 내부의 엔트로피 생성이 존재한다. 틀린 표현은 '계의 엔트로피 변화량은 0이다'이고, 올바르게는 '계의 엔트로피 변화량은 0보다 크다'이다.

오답 포인트

단열과 등엔트로피를 같은 뜻으로 처리하면 4번을 옳다고 보기 쉽다. 단열은 $Q = 0$만 뜻하고, 엔트로피가 일정한 것은 가역 단열일 때만 성립한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열과정이 나오면 먼저 가역인지 비가역인지부터 구분한다. 가역 단열이면 계의 엔트로피 변화량이 0이고, 비가역 단열이면 주위는 0이지만 계와 전체의 엔트로피 변화량은 증가한다고 판단한다.

암기 포인트

가역 단열은 등엔트로피, 비가역 단열은 $Q = 0$이어도 $\Delta S_{sys} > 0$이다.

NoteBase

문 5. 냉동공정에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 증기-압축 냉동 사이클에서는 조름밸브를 통한 팽창 과정의 온도 상승에 따라 엔트로피가 증가한다.

② 실제 냉동 시스템은 증발기와 응축기의 운전압력 한계로 인해 작동 온도가 제한적이다.

③ 역 Carnot 사이클로 작동되는 냉동기는 주어진 고온과 저온 열원 사이에서 작동하는 냉동기 중 가장 작은 성능계수를 가진다.

④ 냉동기에 사용되는 냉매는 증발기 온도에서 증기압이 대기압보다 높아야 하며, 가연성이 좋아야 한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 증기압축 냉동사이클의 조름팽창, 실제 냉동기의 운전온도 한계, 역 Carnot 냉동기의 성능계수, 냉매의 바람직한 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

조름밸브 팽창은 일과 열교환이 거의 없는 비가역 등엔탈피 과정이므로 엔트로피는 증가하고 냉매 온도는 보통 내려간다.
역 Carnot 냉동기는 같은 고온원과 저온원 사이에서 작동하는 냉동기 중 성능계수(COP)가 최대이다.
냉매는 증발압력이 지나치게 낮지 않아야 하고, 비가연성·저독성·화학적 안정성이 바람직하다.

선지별 해설

① X: 조름밸브를 통한 팽창에서 엔트로피가 증가하는 점은 맞지만, 그 이유를 '온도 상승'으로 설명한 부분이 틀리다. 실제로는 비가역 등엔탈피 팽창 때문에 엔트로피가 증가하며 냉매 온도는 보통 하강한다. 틀린 표현은 '온도 상승'이며, 올바르게는 '비가역 조름팽창으로 엔트로피가 증가하고 온도는 대체로 낮아진다'이다.
② O: 실제 냉동 시스템은 증발기 측 저압이 너무 낮아지거나 응축기 측 고압이 너무 높아지면 장치 운전이 어려워진다. 따라서 증발온도와 응축온도, 곧 작동 온도 범위가 압력 한계에 의해 제한된다.
③ X: 역 Carnot 냉동기는 주어진 고온원과 저온원 사이에서 가능한 냉동기 중 가장 큰 성능계수를 가진다. 틀린 표현은 '가장 작은 성능계수'이며, 올바르게는 '가장 큰 성능계수'이다.
④ X: 증발기 온도에서 냉매의 증기압이 대기압보다 너무 낮지 않은 것이 바람직하다는 취지는 맞지만, '가연성이 좋아야 한다'는 부분이 틀리다. 냉매는 안전을 위해 가연성이 낮거나 비가연성인 것이 바람직하다. 틀린 표현은 '가연성이 좋아야 한다'이며, 올바르게는 '비가연성 또는 저가연성이어야 한다'이다.

오답 포인트

①은 엔트로피 증가를 맞게 떠올려도 원인을 잘못 붙이면 틀리도록 만든 선지이다. ③은 Carnot 기관의 효율과 역 Carnot 냉동기의 성능계수를 반대로 외우면 쉽게 넘어간다. ④는 냉매의 열역학적 성질과 안전성 조건을 한 문장에 섞어 두어 앞부분이 맞는다는 이유로 전체를 맞다고 보기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

냉동공정 선지는 각 문장을 '사이클 과정의 성질', '성능계수의 방향', '냉매의 안전성'으로 분해해서 본다. 조름팽창은 등엔탈피 비가역 과정인지, Carnot 냉동기는 COP가 최대인지, 냉매는 비가연성이 바람직한지를 차례로 대조하면 정답을 고를 수 있다.

암기 포인트

조름팽창은 등엔탈피·엔트로피 증가, 역 Carnot 냉동기는 COP 최대, 냉매는 저가연성이 원칙이다.

NoteBase

문 6. 등온 과정에서 몰 내부에너지 U의 몰 부피 V에 대한 변화율을 나타내는 식으로 가장 옳은 것은? (단, T는 온도, P는 압력, S는 몰 엔트로피이다.)

① $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$
② $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V - P$
③ $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$
④ $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 내부에너지의 기본 미분식과 맥스웰 관계를 이용하여 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$를 올바른 변수 조합으로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

등온 과정이므로 미분 조건은 T 일정이다.
구해야 할 값은 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$이다.
주어진 기호는 T 온도, P 압력, S 엔트로피이다.

사용할 공식

기본 관계식은 $dU = TdS - PdV$이다.
헬름홀츠 자유에너지 $A = U - TS$에 대해 $dA = -SdT - PdV$이므로 맥스웰 관계 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$가 성립한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 목표가 U의 부피 미분을 온도 일정 조건에서 구하는 것이므로, 먼저 dU를 dV에 대해 정리한 뒤 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$를 맥스웰 관계로 바꾸면 바로 선지 형태와 비교할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $dU = TdS - PdV$에서 T를 일정하게 두고 V에 대해 미분하면 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T - P$가 된다.
2. 맥스웰 관계 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$를 대입한다.
3. 따라서 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$가 된다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $T\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$는 맥스웰 관계의 결과가 아니다. $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$는 $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$로 바뀌어야 하며, 또한 식 끝의 $-P$ 항도 빠져 있다. 틀린 표현은 $\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$와 $-P$ 누락이며, 올바르게는 $T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$이다.
2번 X: $-P$ 항은 들어 있지만 여전히 $\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$가 잘못되었다. 틀린 표현은 압력의 엔트로피 미분이며, 올바르게는 압력의 온도 미분인 $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$를 써서 $T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$가 되어야 한다.
3번 X: 맥스웰 관계의 변수 조합 $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$는 맞지만, 기본식 $dU = TdS - PdV$에서 오는 $-P$ 항을 빠뜨렸다. 틀린 표현은 마지막의 누락이며, 올바르게는 $T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$이다.
4번 O: $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T - P$에 맥스웰 관계 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$를 대입한 정확한 식이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$를 $\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$처럼 엉뚱한 변수쌍으로 바꾸는 실수이다. 둘째, 기본 관계식의 $-PdV$ 항을 놓쳐 3번처럼 $-P$를 누락하는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

열역학 미분식 변환 문제는 먼저 기본 관계식에서 목표 미분형을 직접 뽑고, 그다음 맥스웰 관계로 변수쌍을 바꾸며, 마지막에 남아 있는 독립항인 $-P$ 같은 항이 빠지지 않았는지 확인하면 된다.

암기 포인트

$dU = TdS - PdV$에서 등온 부피미분은 $T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$로 이어진다는 점을 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 7. 30 ° C, 1atm**의 이상기체 A 1몰이** 30 ° C, 3atm**으로 변화할 때, 외부로부터 공급되는 일의 크기가 가장 작은 것은? (단, 최초 기체의 부피는** V**라 한다.)**

① 부피가 $V/3$이 되도록 단열압축 후, 정적냉각

② 30 ° C 온도로 가역 등온압축

③ 부피를 V로 유지하며 3atm까지 정적가열 후, 정압냉각

④ 압력 3atm까지 단열압축 후, 정압냉각

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 같은 초기·최종 상태를 잇는 여러 경로에서 압축일의 크기를 $P-V$ 선도 면적으로 비교할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

초기 상태는 $P_1 = 1\text{atm}$, $T_1 = 30\,^\circ\text{C}$, $V_1 = V$이다.
최종 상태는 $P_2 = 3\text{atm}$, $T_2 = 30\,^\circ\text{C}$이다.
이상기체이므로 같은 온도에서 $P_1V_1 = P_2V_2$가 성립하므로 최종 부피는 $V_2 = V/3$이다.
외부로부터 공급되는 일의 크기는 압축 과정에서의 $P-V$ 면적이며, 정적과정에서는 $dV = 0$이므로 일이 0이다.

사용할 공식

이상기체 상태식은 $PV = nRT$이다.
기체가 한 일은 $W_{\text{by}} = \int PdV$이고, 외부가 기체에 한 일의 크기는 압축에서 $W_{\text{on}} = -\int PdV$이다.
가역 등온압축에서는 $W_{\text{on}} = nRT\ln(V_1/V_2) = P_1V\ln 3$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 초기와 최종 온도가 같아서 최종 부피를 바로 구할 수 있고, 각 경로의 압축일을 면적 또는 표준식으로 비교할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 최종 상태의 부피는 $V/3$이다.
2. 2번의 가역 등온압축 일은 $W_{\text{on},2} = nRT\ln(V/(V/3)) = P_1V\ln 3$이다.
3. 3번은 정적가열에서 일이 0이고, 이어지는 3 atm 정압냉각에서 $W_{\text{on},3} = 3\text{atm} \times (V - V/3) = 2\text{atm}\cdot V$이다. 따라서 $2 > \ln 3 \approx 1.10$이므로 3번은 2번보다 일이 크다.
4. 1번은 $V \to V/3$까지 단열압축을 한 뒤 정적냉각을 한다. 같은 출발점에서 단열압축 곡선은 등온압축 곡선보다 위에 있으므로 압축일은 2번보다 크고, 뒤의 정적냉각 일은 0이다.
5. 4번은 3 atm까지 단열압축한 뒤 3 atm에서 정압냉각한다. 두 구간 모두 등온압축 경로보다 높은 압력에서 진행되므로 전체 면적이 2번보다 크다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 부피가 $V/3$이 되도록 단열압축하는 구간에서만 외부 일이 들어간다. 단열압축 곡선은 같은 시작점과 같은 최종 부피를 갖는 등온압축 곡선보다 항상 위에 있으므로 2번보다 일이 더 크다. 틀린 표현은 '가장 작은 것'이며, 올바르게는 '등온압축보다 큰 일'이다.
2번: O. 30 ◦C에서의 가역 등온압축은 $V \to V/3$까지 가장 낮은 압력 경로로 압축되는 경우이므로 $P-V$ 면적이 가장 작다. 따라서 외부로부터 공급되는 일의 크기가 가장 작다.
3번: X. 정적가열에서는 부피가 일정하므로 일이 0이지만, 이후 3 atm에서 정압냉각하면서 $V \to V/3$로 압축되므로 $2\text{atm} \cdot V$만큼의 일이 필요하다. 이는 $P_1 V \ln 3$보다 크다. 틀린 표현은 '가장 작은 것'이며, 올바르게는 '등온압축보다 큰 일'이다.
4번: X. 3 atm에 도달할 때까지 단열압축을 하면 이미 등온경로보다 큰 압축일이 들어가고, 이어지는 3 atm 정압냉각에서도 추가 압축일이 필요하다. 따라서 총 일은 2번보다 크다. 틀린 표현은 '가장 작은 것'이며, 올바르게는 '등온압축보다 큰 일'이다.

오답 포인트

정적과정의 일이 0이라는 사실만 보고 3번을 가장 작다고 착각하기 쉽다. 그러나 3번은 뒤에서 3 atm의 높은 압력으로 정압압축이 이어져 전체 일이 커진다. 또한 단열과정은 열교환이 없으므로 일이 작다고 오해하기 쉬우나, 압축에서는 단열곡선이 등온곡선보다 위에 있어서 오히려 더 큰 일이 든다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 초기와 최종 온도·압력으로 최종 부피를 구한다. 그다음 각 경로를 $P-V$ 선도에서 그려 보고, 정적과정은 일이 0이고 같은 부피변화라면 더 높은 압력에서 진행되는 경로일수록 압축일이 커진다고 판단한다. 같은 시작점의 단열압축 곡선은 등온압축 곡선보다 위에 있다는 사실을 함께 적용하면 된다.

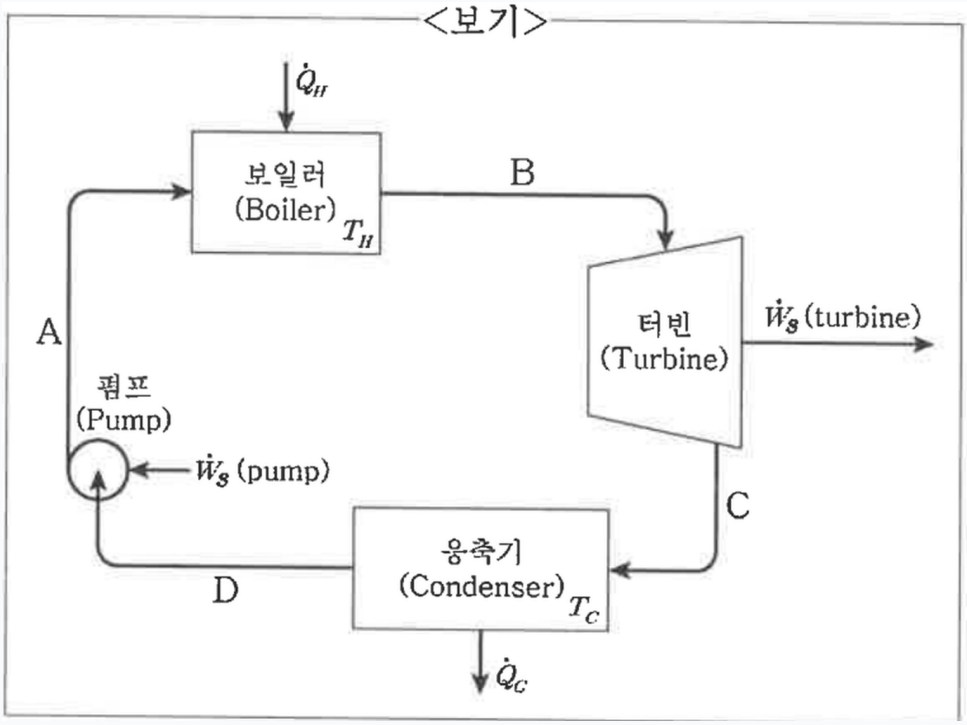
암기 포인트

압축일의 크기는 $P-V$ 면적이며, 정적과정의 일은 0이고, 같은 시작점에서는 단열압축 곡선이 등온압축 곡선보다 위에 있다.

NoteBase

문 8. <보기>의 랭킨(Rankine) 사이클에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① A → B 과정: 높은 온도의 과열 증기를 생성할수록 플랜트의 열효율은 감소한다.

② B → C 과정: 포화 수증기를 사용하는 터빈은 액체 함량이 높은 방출흐름을 생성할 경우 심각한 부식 문제를 일으킨다.

③ C → D 과정: 수증기를 완전히 응축시키는 등온공정이다.

④ D → A 과정: 상당한 증기를 포함하는 경우, 공동현상이 발생하여 펌프 설계의 어려움을 일으킨다.

정답 1번

출제 포인트

랭킨 사이클의 각 구간이 담당하는 역할과 과열, 터빈 습분, 응축, 공동현상이 효율과 장치 운전에 미치는 영향을 구분하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: A→B는 펌프를 지난 물이 보일러에서 가열되어 포화 또는 과열증기가 되는 과정이다. 과열 정도를 높이면 평균 열공급 온도가 올라가고 터빈 출구 습분도 줄어들어 일반적으로 랭킨 사이클의 열효율이 증가한다. 틀린 표현은 "열효율은 감소한다"이고, 올바르게는 "열효율은 증가하는 경향이 있다"이다.
② O: B→C는 터빈 팽창 과정이다. 포화수증기를 터빈에 투입하면 팽창 후 습증기 영역으로 들어가기 쉬워 방출흐름의 액체 함량이 커질 수 있고, 이 습분은 터빈 블레이드 손상 문제를 키운다. 선지의 핵심은 높은 액체 함량이 터빈에 불리하다는 점이다.
③ O: C→D는 응축기에서 수증기를 액체로 바꾸며 열을 방출하는 과정이다. 응축은 보통 거의 일정한 압력과 온도에서 진행되므로 이상화된 랭킨 사이클에서는 등온 응축 과정으로 본다.
④ O: D→A는 응축수를 펌프로 가압하는 과정이다. 이때 유체에 상당한 증기가 섞이면 펌프 흡입부에서 공동현상이 발생할 수 있어 펌프 설계와 운전에 어려움을 일으킨다.

오답 포인트

발문이 "옳지 않은 것"이라는 점을 먼저 놓치기 쉽고, ①의 "과열 증기"와 "열효율 감소"를 함께 읽지 않으면 반대로 판단하기 쉽다. 랭킨 사이클에서는 보일러 평균 열공급 온도를 높이는 방향이 대체로 효율 개선과 연결된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 발문이 옳은지 옳지 않은지를 확인한 뒤, A→B 보일러 가열, B→C 터빈 팽창, C→D 응축, D→A 펌프 가압으로 구간을 대응시켜 판단한다. 그다음 효율은 과열과 평균 열공급 온도, 장치 손상은 터빈 습분과 펌프 공동현상으로 연결하면 빠르게 정리된다.

암기 포인트

과열은 효율 상승 방향, 터빈 습분은 손상 위험, 응축기는 거의 등온, 펌프 입구 증기는 공동현상이다.

NoteBase

문 9. 기체 1mol의 상태 방정식이 <보기>와 같을 때, 임계 온도(T_c)는? (단, P는 압력, V는 부피, T는 온도, R은 기체상수, a와 b는 상수이다.)

<보기>

$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$

① $\frac{a}{Rb}$

② $\frac{a}{2Rb}$

③ $\frac{8a}{27Rb}$

④ $\frac{a}{4Rb}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반데르발스 상태방정식에 임계점 조건을 적용해 임계온도 T_c를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$이다.
구해야 할 값은 임계온도 T_c이다.
임계점에서는 등온선이 변곡점을 가지므로 $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = 0$, $\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_T = 0$를 동시에 만족한다.

사용할 공식

임계조건은 $\frac{\partial P}{\partial V} = -\frac{RT}{(V-b)^2} + \frac{2a}{V^3} = 0$ $\frac{\partial^2 P}{\partial V^2} = \frac{2RT}{(V-b)^3} - \frac{6a}{V^4} = 0$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 임계점이 압력-부피 곡선의 수평 변곡점이기 때문이다.

계산 과정

1. 1차 미분식에서 $RT = \frac{2a(V-b)^2}{V^3}$를 얻는다.
2. 2차 미분식에서 $RT = \frac{3a(V-b)^3}{V^4}$를 얻는다.
3. 두 식을 같게 두면 $\frac{2a(V-b)^2}{V^3} = \frac{3a(V-b)^3}{V^4}$이므로 $2V = 3(V-b)$, 따라서 $V_c = 3b$이다.
4. 이를 1차 미분식에 대입하면 $RT_c = \frac{2a(2b)^2}{(3b)^3} = \frac{8a}{27b}$이므로 $T_c = \frac{8a}{27Rb}$이다.

선지 판단

1번 X: $\frac{a}{Rb}$는 임계조건을 적용해 얻는 값이 아니다. 틀린 값 $\frac{a}{Rb}$ → 올바르게는 $\frac{8a}{27Rb}$이다.
2번 X: $\frac{a}{2Rb}$는 $V_c = 3b$를 대입한 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $\frac{a}{2Rb}$ → 올바르게는 $\frac{8a}{27Rb}$이다.
3번 O: 임계점에서 1차, 2차 미분이 모두 0이라는 조건으로 $V_c = 3b$, $T_c = \frac{8a}{27Rb}$가 도출되므로 맞다.
4번 X: $\frac{a}{4Rb}$도 임계조건을 만족시키지 못하는 오답값이다. 틀린 값 $\frac{a}{4Rb}$ → 올바르게는 $\frac{8a}{27Rb}$이다.

NoteBase

오답 포인트

임계점에서 미분조건 하나만 쓰거나 V_c를 먼저 잘못 잡으면 보기의 단순 분수형 오답에 끌리기 쉽다. 이 문제의 함정은 반데르발스 식을 외운 상태에서 $V_c = 3b$ 도출을 생략하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

반데르발스 임계상수 문제는 상태방정식을 V로 1차, 2차 미분한 뒤 두 식을 연립해 V_c를 먼저 구하고, 그다음 T_c, P_c 순서로 정리하면 된다.

암기 포인트

반데르발스 1몰 기체의 임계상수는 $V_c = 3b$, $T_c = \frac{8a}{27Rb}$, $P_c = \frac{a}{27b^2}$로 연결된다.

NoteBase

문 10. <보기>의 연소반응으로부터 계산한 프로페인(C_3H_8)의 표준 생성열(ΔH_{298}°)의 값[kJ]은?

<보기>

- $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_{298}^{\circ} = -393\text{kJ}$
- $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H_{298}^{\circ} = -286\text{kJ}$
- $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l) \quad \Delta H_{298}^{\circ} = -2{,}219\text{kJ}$

① -104

② 104

③ -1,540

④ 1,540

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 헤스의 법칙과 연소반응 엔탈피식을 이용해 프로페인 C_3H_8의 표준 생성열 ΔH_f°를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $\Delta H_f^{\circ}(CO_2) = -393kJ$, $\Delta H_f^{\circ}(H_2O(l)) = -286kJ$, 프로페인의 연소열 $\Delta H_{298}^{\circ} = -2219kJ$이다.
구해야 할 값: $\Delta H_f^{\circ}(C_3H_8)$이다.
주의할 조건: O_2의 표준 생성열은 0이고, 연소반응식은 $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$이다.

사용할 공식

공식은 Δ H_rxn^=Σ ν Δ H_f^(생성물)-Σ ν Δ H_f^(반응물)이다.
이 공식을 쓰는 이유는 연소반응의 반응열이 각 물질의 표준 생성열 차이로 표현되기 때문이다.

계산 과정

연소반응에 공식을 대입하면 $-2219 = [3(-393) + 4(-286)] - [\Delta H_f^{\circ}(C_3H_8) + 5 \cdot 0]$이다.
생성물 쪽 합은 $3(-393) + 4(-286) = -1179 - 1144 = -2323kJ$이다.
따라서 $-2219 = -2323 - \Delta H_f^{\circ}(C_3H_8)$이고, $104 = -\Delta H_f^{\circ}(C_3H_8)$이므로 $\Delta H_f^{\circ}(C_3H_8) = -104kJ$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $-104kJ$이므로 정답이다.
2번 X: 104는 최종 부호를 반대로 쓴 값이다. 틀린 표현은 양의 생성열로 본 점이고, 올바르게는 프로페인의 표준 생성열은 $-104kJ$이다.
3번 X: $-1540kJ$는 생성물 생성열 합 $-2323kJ$와 연소열 $-2219kJ$의 관계를 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현은 반응열과 생성열을 직접 더하거나 빼서 큰 음수로 본 점이고, 올바르게는 헤스의 법칙을 적용하면 $-104kJ$이다.
4번 X: 1540은 3번의 큰 오답값에서 부호만 다시 뒤집은 값이다. 틀린 표현은 생성열의 크기와 부호를 모두 잘못 잡은 점이고, 올바르게는 프로페인의 표준 생성열은 $-104kJ$이다.

오답 포인트

생성물 합과 반응물 합의 순서를 뒤집거나, 마지막에 미지수를 넘기면서 부호를 한 번 더 바꾸는 실수가 잦다.
특히 연소열이 큰 음수라고 해서 연료의 생성열도 큰 음수일 것이라고 바로 단정하면 3번이나 4번 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응열 문제는 반응식을 먼저 맞춘 뒤 Σ 생성물-Σ 반응물 순서로 식을 세우고, O_2의 생성열 0을 넣은 다음 마지막 한 줄에서 부호를 다시 검산하면 된다.

암기 포인트

헤스의 법칙은 반응열 = 생성물 생성열 합 - 반응물 생성열 합이고, 원소의 표준상태 생성열은 0이다.

NoteBase

문 11. 기체 1mol의 상태 방정식이 <보기>와 같을 때, Joule-Thomson 계수(μ)는? (단, P는 압력, V는 부피, T는 온도, R은 기체상수, a는 양의 상수이고, 정압 열용량 $C_P = 2.5R$이다.)

<보기>

$PV = RT - a\frac{P}{T}$

① $\frac{2a}{5RT}$

② $\frac{a}{2RT}$

③ $\frac{3a}{5RT}$

④ $\frac{4a}{5RT}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 상태방정식으로부터 $V(T, P)$를 만든 뒤 Joule-Thomson 계수 공식 $\mu = \frac{1}{C_P}\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V\right]$에 대입하는 문제이다.

조건 정리

주어진 상태방정식은 $PV = RT - \frac{aP}{T}$이다. 1 mol 기체이므로 $V = \frac{RT}{P} - \frac{a}{T}$로 정리할 수 있다. 구해야 할 값은 $\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$이며, $C_P = 2.5R = \frac{5R}{2}$이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\mu = \frac{1}{C_P}\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V\right]$이다. Joule-Thomson 계수는 등엔탈피 조건에서의 온도-압력 변화율이므로, 상태방정식을 $V(T, P)$ 형태로 바꿔 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$를 구해 대입하면 된다.

계산 과정

1. $V = \frac{RT}{P} - \frac{a}{T}$이므로 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P} + \frac{a}{T^2}$이다.
2. 따라서 $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V = T\left(\frac{R}{P} + \frac{a}{T^2}\right) - \left(\frac{RT}{P} - \frac{a}{T}\right) = \frac{RT}{P} + \frac{a}{T} - \frac{RT}{P} + \frac{a}{T} = \frac{2a}{T}$이다.
3. 그러므로 $\mu = \frac{1}{C_P} \cdot \frac{2a}{T} = \frac{1}{5R/2} \cdot \frac{2a}{T} = \frac{4a}{5RT}$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 계산 결과는 $\frac{4a}{5RT}$이므로 $\frac{2a}{5RT}$는 틀리다. $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V$에서 $\frac{a}{T}$ 항이 두 번 생긴다는 점을 하나 빠뜨리면 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현 $\frac{2a}{5RT}$ → 올바르게는 $\frac{4a}{5RT}$이다.
2번 X: 계산 결과와 다르므로 $\frac{a}{2RT}$는 틀리다. $C_P = 2.5R$ 처리나 최종 계수 정리에서 오산이 있으면 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현 $\frac{a}{2RT}$ → 올바르게는 $\frac{4a}{5RT}$이다.
3번 X: 계산 결과와 다르므로 $\frac{3a}{5RT}$는 틀리다. $\frac{2a}{T}$를 $C_P = \frac{5R}{2}$로 나눌 때 계수 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현 $\frac{3a}{5RT}$ → 올바르게는 $\frac{4a}{5RT}$이다.
4번 O: $\mu = \frac{4a}{5RT}$로 정확히 일치한다. 상태방정식을 $V(T, P)$로 바꾼 뒤 미분하여 공식에 대입하면 이 값이 나온다.

오답 포인트

$V = \frac{RT}{P} - \frac{a}{T}$에서 $\frac{\partial}{\partial T}\left(-\frac{a}{T}\right) = +\frac{a}{T^2}$라는 부호를 놓치기 쉽다. 또 $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V$를 정리할 때 $\frac{a}{T}$가 두 번 남는 구조와 $C_P = 2.5R = \frac{5R}{2}$를 끝까지 유지해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Joule-Thomson 계수 문제는 먼저 상태방정식을 $V(T, P)$로 정리한 다음 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$를 구하고, 마지막에 $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V$를 만든 뒤 C_P로 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

Joule-Thomson 계수는 $\mu = \frac{1}{C_P}\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V\right]$이고, 이 문항에서는 $T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V = \frac{2a}{T}$가 핵심이다.

NoteBase

문 12. 피스톤이 달린 실린더 두 개가 콕으로 연결되어 있다. 한쪽 실린더에는 1.0mol의 A 이상기체가, 다른 실린더에는 3.0mol의 B 이상기체가 각각 들어 있다. 콕을 열어 두 기체를 혼합할 때, 혼합에 따른 엔트로피 변화 ΔS_{mix}의 값[J]은? (단, 온도와 대기압은 일정하고, 피스톤의 마찰과 질량은 무시하며, A와 B는 서로 반응하지 않는다고 가정한다. 기체 상수 $R = 8\text{J}\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\ln 2 = 0.7$, $\ln 3 = 1.1$이다.)

① 18.4

② 20.0

③ 22.4

④ 24.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 혼합에서 $\Delta S_{mix} = -R\sum n_i \ln y_i$를 이용해 혼합 엔트로피 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A 1.0 mol, B 3.0 mol, $R = 8 J mol^{-1} K^{-1}$, $\ln 2 = 0.7$, $\ln 3 = 1.1$이다.
구해야 할 값: 혼합 엔트로피 변화 ΔS_{mix}이다.
주의할 조건: 온도와 압력이 일정하고 두 기체는 이상기체이므로 혼합 엔트로피 공식을 바로 적용할 수 있다.

사용할 공식

$\Delta S_{mix} = -R\sum n_i \ln y_i$
여기서 $y_A = 1/4$, $y_B = 3/4$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 반응이 없는 이상기체 혼합에서는 각 성분의 몰분율만 알면 혼합에 따른 엔트로피 증가를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

$n_{\text{tot}} = 1 + 3 = 4$
$y_A = \frac{1}{4}, \quad y_B = \frac{3}{4}$
$\Delta S_{mix} = -8\left[1 \cdot \ln\left(\frac{1}{4}\right) + 3 \cdot \ln\left(\frac{3}{4}\right)\right]$
$\ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\ln 4 = -2\ln 2 = -1.4$
$\ln\left(\frac{3}{4}\right) = \ln 3 - \ln 4 = 1.1 - 1.4 = -0.3$
$\Delta S_{mix} = -8[(-1.4) + 3(-0.3)] = -8(-2.3) = 18.4 J$

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 18.4 J이므로 맞다.
2번 X: 20.0 J는 계산값과 다르다. 틀린 값 → 올바르게는 18.4 J이다. 이 값은 3ln(3/4) 항의 크기를 부정확하게 잡으면 나오는 과대값이다.
3번 X: 22.4 J는 계산값과 다르다. 틀린 값 → 올바르게는 18.4 J이다. 이 값은 B 기체의 혼합 기여를 실제보다 크게 계산하면 나오는 과대값이다.
4번 X: 24.0 J는 계산값과 다르다. 틀린 값 → 올바르게는 18.4 J이다. 전체 4 mol을 한 번에 단순 처리하면 이런 과대계산이 생긴다.
계산 결과 $\Delta S_{mix} = 18.4 J$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

혼합 엔트로피는 각 성분의 몰수와 몰분율을 함께 반영해야 한다. ln(4/3) 항에 3 mol 가중을 빼먹거나 전체 몰수만 보고 한 번에 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전체 몰수로 몰분율을 구하고, 각 성분에 대해 $n_i \ln y_i$를 계산한 뒤 마지막에 $-R$를 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상기체 혼합 엔트로피는 $\Delta S_{mix} = -R \sum n_i \ln y_i$이며, 서로 다른 기체가 섞이면 값은 항상 0보다 크다.

NoteBase

문 13. 성분 A와 성분 B의 이성분 혼합물이 기액 상평형을 이루고 있다. $75\,^\circ\mathrm{C}$**에서 A의 액상 몰분율(**x_A**)이 0.5일 때, A의 기상 몰분율(**y_A**)에 가장 가까운 값은? (단,** $75\,^\circ\mathrm{C}$**에서 A와 B의 증기압은 각각** $P_A^{\mathrm{sat}} = 83.21\mathrm{kPa}$**,** $P_B^{\mathrm{sat}} = 41.98\mathrm{kPa}$**이며, 기액 상평형 계산은 Raoult의 법칙을 따른다.)**

① 0.33

② 0.5

③ 0.66

④ 0.8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상용액의 기액 상평형에서 Raoult의 법칙을 이용해 액상 조성 x_A로부터 기상 조성 y_A를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $x_A = 0.5$, $x_B = 0.5$, $P_A^{sat} = 83.21kPa$, $P_B^{sat} = 41.98kPa$이다.
구해야 할 값은 A의 기상 몰분율 y_A이다.
주의할 조건은 이상용액이므로 각 성분의 부분압을 $p_i = x_i P_i^{sat}$로 계산한 뒤, 전체압으로 나누어 y_i를 구해야 한다는 점이다.

사용할 공식

Raoult의 법칙과 기상 몰분율 정의를 사용한다.
$p_A = x_A P_A^{sat}, \quad p_B = x_B P_B^{sat}, \quad P = p_A + p_B, \quad y_A = \frac{p_A}{P}$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 이상용액의 기액 상평형 계산이 Raoult의 법칙을 따른다고 명시했기 때문이다.

계산 과정

1. A의 부분압은 $p_A = 0.5 \times 83.21 = 41.605kPa$이다.
2. B의 부분압은 $p_B = 0.5 \times 41.98 = 20.99kPa$이다.
3. 전체압은 $P = 41.605 + 20.99 = 62.595kPa$이다.
4. 따라서 A의 기상 몰분율은 $y_A = \frac{41.605}{62.595} \approx 0.6647$ 이므로 약 0.66이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.33은 y_A가 아니라 $y_B = \frac{20.99}{62.595} \approx 0.335$에 해당하는 값이다. 올바르게는 A의 기상 몰분율이 약 0.66이다.
② X: 0.5는 액상 몰분율 x_A를 그대로 기상 몰분율 y_A로 착각한 값이다. A의 포화증기압이 B보다 크므로 기상에서는 A가 더 많이 존재하여 $y_A > x_A$가 된다. 올바르게는 약 0.66이다.
③ O: $y_A = \frac{x_A P_A^{sat}}{x_A P_A^{sat} + x_B P_B^{sat}} = \frac{41.605}{62.595} \approx 0.66$이므로 가장 가깝다.
④ X: 0.8은 분자에서 x_A를 빠뜨려 $\frac{83.21}{83.21 + 20.99} \approx 0.80$처럼 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 부분압 $x_A P_A^{sat}$를 써서 약 0.66을 구해야 한다.

오답 포인트

액상 몰분율 x_A와 기상 몰분율 y_A를 같은 값으로 놓거나, 포화증기압에 액상 몰분율을 곱한 부분압 개념을 빠뜨리면 오답이 된다. 특히 ①은 y_B를, ②는 x_A를, ④는 x_A를 누락한 계산값을 고른 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상용액 기액평형 문제는 먼저 각 성분의 부분압 $x_i P_i^{sat}$를 구하고, 그 합으로 전체압을 만든 뒤, 원하는 성분의 부분압을 전체압으로 나누어 y_i를 판단한다.

암기 포인트

Raoult의 법칙에서는 액상 조성으로 부분압을 만들고, 기상 조성은 부분압을 전체압으로 나누어 구한다.

NoteBase

문 14. 닫힌계에서 2mol의 이상기체가 가역 등압팽창하여 온도가 300K에서 400K가 되었다. 이 과정에서의 일의 크기[J]는? (단, 정적 열용량 $C_V = 1.5R$이고, 기체상수 $R = 8\text{J}\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$이다.)

① 1,000

② 1,200

③ 1,500

④ 1,600

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 가역 등압팽창에서 일 W를 $W = nR\Delta T$로 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 몰수 2 mol, 온도 변화 300 K → 400 K, 기체상수 8 J mol^-1 K^-1이다. 구해야 할 값은 이 과정에서 한 일의 크기이다. 가역 등압팽창이므로 압력이 일정하다는 조건이 핵심이다.

사용할 공식

사용 공식은 $W = P\Delta V = nR\Delta T$이다. 등압 과정에서는 이상기체식 $PV = nRT$에서 $P\Delta V = nR\Delta T$가 바로 나오므로 일을 온도 변화만으로 계산할 수 있다. 문제에 제시된 $C_V = 1.5R$는 내부에너지 변화나 열량을 구할 때 쓰이며, 일 자체를 직접 구하는 데는 필요하지 않다.

계산 과정

1. 온도 변화는 $\Delta T = 400 - 300 = 100K$이다.
2. 가역 등압팽창의 일은 $W = nR\Delta T$이다.
3. 대입하면 $W = 2 \times 8 \times 100 = 1600J$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 1000 J가 아니라 1600 J이다. 이 선지는 등압 과정의 일 공식을 잘못 적용했거나 산술 계산을 잘못한 값이다. 올바르게는 '일의 크기는 1600 J이다'가 된다.
② X: 계산 결과는 1200 J가 아니라 1600 J이다. C_V가 주어졌다고 해서 일을 C_V와 직접 연결하면 안 된다. 올바르게는 '등압팽창의 일은 $nR\Delta T$로 계산하여 1600 J이다'가 된다.
③ X: 계산 결과는 1500 J가 아니라 1600 J이다. $R = 8$과 $\Delta T = 100K$를 정확히 곱하면 1600 J가 나온다. 올바르게는 '일의 크기는 1500 J가 아니라 1600 J이다'가 된다.
④ O: $W = nR\Delta T = 2 \times 8 \times 100 = 1600J$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

문제에 C_V가 함께 제시되면 내부에너지 변화 $\Delta U = nC_V\Delta T$와 일을 혼동하기 쉽다. 이 문항은 등압이라는 조건을 보고 먼저 일 공식 $W = nR\Delta T$를 떠올리는지가 함정 포인트이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 과정 문제는 먼저 과정 조건이 등압, 등적, 등온 중 무엇인지를 확인한 뒤 그 과정에 맞는 일 공식을 고른다. 등압이면 $W = P\Delta V = nR\Delta T$를 바로 적용하고, C_V나 C_P는 열량이나 내부에너지 변화 계산에만 연결한다.

암기 포인트

이상기체 가역 등압팽창의 일은 $W = nR\Delta T$, 내부에너지 변화는 $\Delta U = nC_V\Delta T$로 구분한다.

NoteBase

문 15. 1mol**의 이상기체가 닫힌계에서 <보기>의 가역 공정을 (가) ~ (다) 순서대로 따를 때, 이 열기관의 효율[%]은? (단, 정적 열용량** $C_V = 2R$**이고,** $\ln 2 = 0.7$**이다.)**

<보기>
(가) 500K 온도에서 초기 부피의 2배가 되는 부피로 등온팽창
(나) 일정한 부피에서 온도가 360K로 냉각
(다) 초기 상태로 단열압축

① 14
② 20
③ 25
④ 28

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 가역 순환에서 각 과정의 열출입을 구해 열기관 효율 $\eta = W_{net}/Q_{in}$을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 1 mol 이상기체, $C_V = 2R$, 과정 (가)는 500 K 등온팽창으로 $V_2 = 2V_1$, 과정 (나)는 일정부피 냉각으로 $T_3 = 360K$, 과정 (다)는 초기 상태로 돌아오는 가역 단열압축이다. 구해야 할 값은 한 순환의 열기관 효율이다.

사용할 공식

등온 과정에서는 $Q = W = nRT\ln(V_2/V_1)$이고, 일정부피 과정에서는 $Q = nC_V\Delta T$이다. 한 순환에서는 $\Delta U = 0$이므로 $W_{net} = Q_{net}$이다. 열기관 효율은 흡열량 기준이므로 $\eta = W_{net}/Q_{in}$을 쓴다.

계산 과정

과정 (가): $Q_{12} = W_{12} = 1 \cdot R \cdot 500 \cdot \ln 2 = 500R \times 0.7 = 350R$이다. 과정 (나): $W_{23} = 0$, $Q_{23} = \Delta U_{23} = 1 \cdot 2R \cdot (360 - 500) = -280R$이다. 과정 (다): 단열이므로 $Q_{31} = 0$이다. 따라서 한 순환의 순일은 $W_{net} = Q_{net} = 350R - 280R = 70R$이다. 흡열은 과정 (가)에서만 일어나므로 $Q_{in} = 350R$이다. 그러므로 $\eta = \frac{70R}{350R} = 0.20 = 20\%$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 14%는 등온팽창의 흡열량에서 $\ln 2$를 빠뜨려 Q_{in}을 $500R$처럼 잘못 두면 나오는 값이다. 이 문제의 실제 흡열량은 $350R$이므로 14%가 아니라 20%이다.
2번 O: 과정 (가)에서 $350R$를 흡수하고 과정 (나)에서 $280R$를 방출하므로 순일은 $70R$이다. 따라서 효율은 $70R/350R = 20\%$가 되어 맞다.
3번 X: 25%는 순일 $70R$를 흡열량이 아니라 방열량 $280R$으로 나눈 값이다. 열기관 효율은 W_{net}/Q_{in}이므로 25%가 아니라 20%이다.
4번 X: 28%는 $1 - 360/500$으로 계산한 카르노 효율 값인데, 이 순환은 카르노 사이클이 아니다. 실제 과정의 열출입을 써야 하므로 28%가 아니라 20%이다.

오답 포인트

등온팽창의 $Q = nRT\ln(V_2/V_1)$에서 $\ln 2$를 빠뜨리거나, 효율의 분모를 흡열량 대신 방열량으로 두면 오답이 된다. 또한 최고온도와 최저온도만 보고 카르노 효율 공식을 바로 적용하면 28%로 잘못 간다.

다시 나오면 이렇게 판단

순환 계산형은 먼저 각 과정의 Q, W, ΔU를 분리해서 정리한 뒤, 흡열 과정만 골라 Q_{in}을 구하고 마지막에 $\eta = W_{net}/Q_{in}$으로 계산하면 된다.

암기 포인트

열기관 효율은 항상 $\eta = W_{net}/Q_{in}$이며, 등온 이상기체의 열과 일은 $nRT\ln(V_2/V_1)$로 계산한다.

NoteBase

문 16. 수소연료전지의 산화, 환원반응은 <보기>와 같다. 이때, 환원전극에서 생성되는 물(H_2O)은 기체상태이며, 표준 생성 깁스(Gibbs)에너지(G_f°)는 -228kJmol^{-1}이다. 산화, 환원반응에 의해 발생되는 전압에 가장 가까운 값[V]은? (단, 패러데이 상수 $F = 96{,}485\text{Cmol}^{-1}$이며, $1\text{C} = 1\text{JV}^{-1}$이다.)

<보기>

- $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$
- 산화전극: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- 환원전극: $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

① 0.6

② 1.2

③ 1.8

④ 2.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 연료전지 반응의 표준 깁스에너지 변화와 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ$ 관계를 이용해 전지 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전체 반응은 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$이다. 생성물인 물은 기체 상태이며 $\Delta G_f^\circ\,(H_2O) = -228kJmol^{-1}$이다. 반응식에서 수소 1몰이 산화되며 전자는 2몰 이동하므로 $n = 2$이다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ$이다. 연료전지의 최대 전기적 일은 깁스에너지 감소량과 같으므로, 표준 반응 깁스에너지로부터 표준 전지전압을 계산할 수 있다.

계산 과정

원소 상태인 H_2와 O_2의 표준 생성 깁스에너지는 0이므로 반응의 ΔG°는 그대로 $-228kJmol^{-1}$이다. 이를 줄 단위로 바꾸면 $-228{,}000Jmol^{-1}$이다. 따라서 $E^\circ = -\frac{\Delta G^\circ}{nF} = -\frac{-228{,}000}{2 \times 96{,}485} \approx 1.18V$ 이고, 가장 가까운 값은 1.2 V이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산값은 약 1.18 V이므로 0.6 V는 지나치게 작다. $n=2$를 이미 반영했는데 다시 2로 한 번 더 나눈 경우에 가까운 오답이며, 올바르게는 약 1.2 V이다.
② O: $E^\circ \approx 1.18 V$이므로 가장 가까운 값은 1.2 V이다.
③ X: 1.8 V는 주어진 ΔG°, $n=2$, $F=96{,}485$를 대입한 계산 결과와 맞지 않는다. 올바르게는 약 1.2 V이다.
④ X: 2.4 V는 $n=2$를 빠뜨리고 $E^\circ = -\Delta G^\circ / F$처럼 계산할 때 나오는 값에 가깝다. 이 반응은 전자 2몰이 이동하므로 올바르게는 약 1.2 V이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $\frac{1}{2}O_2$가 보인다고 해서 전자 수를 헷갈리거나, 반대로 $n=2$를 식에 넣지 않는 것이다. 이 문항은 물 1몰 생성 반응에 대해 전자 2몰이 이동한다는 점만 정확히 잡으면 바로 풀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

연료전지 전압 문제는 먼저 전체 반응식에서 이동 전자수 n를 정하고, 다음으로 ΔG°의 부호와 단위를 확인한 뒤, 마지막에 $E^\circ = -\Delta G^\circ / (nF)$를 적용하면 된다.

암기 포인트

전지 전압은 ΔG°를 전자몰수 nF로 나눈 값이며, n을 빼먹으면 전압이 두 배로 잘못 계산된다.

NoteBase

문 17. Lennard-Jones 퍼텐셜에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 분자 간 정전기력에 관한 함수로서 위치에너지를 정량화하였다.

② 분자 간 거리가 매우 가까우면 척력이 매우 작아진다.

③ 분자 간 거리가 매우 멀면 위치 에너지는 무한히 커진다.

④ 인력 부분은 음으로 에너지를 낮추고, 척력 부분은 양으로 에너지를 증가시키는 경향성을 가진다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Lennard-Jones 퍼텐셜에서 인력항과 척력항의 부호, 그리고 분자 간 거리에 따른 위치에너지의 거동을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

Lennard-Jones 퍼텐셜은 분자 간 거리 r에 따른 위치에너지 함수로, 보통 $U(r) = 4\varepsilon[(\sigma/r)^{12} - (\sigma/r)^{6}]$로 쓴다. $(\sigma/r)^{12}$ 항은 짧은 거리에서 급격히 커지는 척력항이어서 에너지를 양으로 올리고, $-(\sigma/r)^{6}$ 항은 비교적 긴 거리에서 작용하는 인력항이어서 에너지를 음으로 낮춘다. 거리가 매우 멀어지면 퍼텐셜은 0에 가까워진다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "정전기력에 관한 함수"이다. Lennard-Jones 퍼텐셜은 이온 간 쿨롱 정전기력을 직접 나타내는 식이 아니라, 분산력에 의한 인력과 전자구름 중첩에 따른 단거리 척력을 함께 나타내는 분자 간 상호작용 퍼텐셜이다. 올바르게는 "분자 간 거리의 함수로서 인력과 척력을 포함한 위치에너지를 나타낸다"이다.
2번: X. 틀린 부분은 "거리가 매우 가까우면 척력이 매우 작아진다"이다. 분자 간 거리가 매우 가까우면 전자구름이 겹쳐 척력이 급격히 커진다. 올바르게는 "거리가 매우 가까우면 척력이 매우 커져 위치에너지가 급상승한다"이다.
3번: X. 틀린 부분은 "거리가 매우 멀면 위치에너지는 무한히 커진다"이다. 분자 간 거리가 멀어질수록 상호작용이 사라져 위치에너지는 0으로 수렴한다. 올바르게는 "거리가 매우 멀면 위치에너지는 0에 가까워진다"이다.
4번: O. 인력 부분은 음의 퍼텐셜 에너지로 작용하여 에너지를 낮추고, 척력 부분은 양의 퍼텐셜 에너지로 작용하여 에너지를 높인다. Lennard-Jones 퍼텐셜의 두 항의 부호와 물리적 의미를 정확히 설명한 선지이다.

오답 포인트

1번은 "위치에너지 함수"라는 표현이 맞아서 전체가 맞는 것처럼 보이지만, 이를 "정전기력"으로 한정한 것이 틀린다. 2번과 3번은 거리 극한에서의 거동을 반대로 기억하면 쉽게 속는다. 짧은 거리에서는 척력이 급증하고, 긴 거리에서는 퍼텐셜이 0으로 간다는 점이 핵심 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

Lennard-Jones 퍼텐셜 문제는 먼저 짧은 거리, 평형 근처, 매우 긴 거리의 세 구간으로 나누어 본다. 짧은 거리에서는 척력항이 지배적이어서 에너지가 크게 증가하고, 중간 거리에서는 인력항 때문에 에너지 우물이 생기며, 긴 거리에서는 상호작용이 사라져 0으로 간다고 판단하면 된다.

암기 포인트

LJ 퍼텐셜은 가까우면 큰 척력으로 위로 치솟고, 적당히 떨어지면 인력으로 음의 우물을 만들며, 멀어지면 0으로 돌아간다.

NoteBase

문 18. 순수한 1mol 기체의 fugacity(휘산도)가 <보기>와 같이 주어질 때, 이 기체의 상태 방정식으로 가장 옳은 것은? (단, P는 압력, V는 부피, T는 온도, R은 기체상수이며, a와 b는 상수이다.)

<보기>

$f = Pe^{\left[\frac{aP + bP^2/2}{RT}\right]}$

① $PV = RT + aP + bP^2$

② $PV = RT + aP - bP^2$

③ $PV = aRT + bP$

④ $PV = aRT + bP^2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 fugacity 식으로부터 $\ln(f/P)$를 압력에 대해 미분하여 상태방정식 PV 형태를 복원할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f = P\exp\left[\frac{aP + bP^2/2}{RT}\right]$이다.
구해야 할 값: 이 식과 일치하는 1 mol 기체의 상태방정식이다.
주의할 조건: 순수 1 mol 기체에서 등온 조건이면 $d\ln(f/P) = \frac{V - RT/P}{RT}dP$가 성립한다.

사용할 공식

$d\ln\left(\frac{f}{P}\right) = \frac{V - RT/P}{RT}dP$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 fugacity를 압력의 함수로 직접 주었으므로, $\ln(f/P)$를 미분하면 곧바로 V와 P의 관계를 얻을 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 주어진 식에서 $\ln(f/P)$를 정리하면 $\ln\left(\frac{f}{P}\right) = \frac{aP + bP^2/2}{RT}$ 이다.
2. 이를 압력에 대해 미분하면 $\frac{d}{dP}\ln\left(\frac{f}{P}\right) = \frac{a + bP}{RT}$ 이다.
3. 등온 관계식과 비교하면 $\frac{V - RT/P}{RT} = \frac{a + bP}{RT}$ 이므로 $V = \frac{RT}{P} + a + bP$ 이다.
4. 양변에 P를 곱하면 $PV = RT + aP + bP^2$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 정확히 $PV = RT + aP + bP^2$이므로 옳다.
2번: X. 틀린 표현은 $-bP^2$이다. 미분 결과가 $a + bP$이므로 최종식의 이차항은 반드시 $+bP^2$가 되어야 한다. 올바르게는 $PV = RT + aP + bP^2$이다.
3번: X. 틀린 표현은 우변을 $aRT + bP$로 둔 부분이다. 이 식은 상수항이 RT가 아니고 aP, bP^2 항 구조도 맞지 않아 주어진 fugacity 식을 만들지 못한다. 올바르게는 $PV = RT + aP + bP^2$이다.
4번: X. 틀린 표현은 $aRT + bP^2$이다. 상수항은 RT여야 하고, 선형항 aP가 빠지면 $d\ln(f/P)/dP = (a + bP)/(RT)$를 만족할 수 없다. 올바르게는 $PV = RT + aP + bP^2$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 f 자체를 바로 미분하거나, $\ln(f/P)$ 관계식에서 RT/P 항을 빼먹는 것이다. 이 문항은 특히 2번처럼 bP^2의 부호를 바꾸는 실수와 3번, 4번처럼 이상기체항 RT를 보존하지 못하는 실수를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

fugacity가 $f = P\phi$ 꼴로 주어지면 먼저 $\ln(f/P) = \ln\phi$를 만든 뒤, 등온식 $d\ln(f/P) = \frac{V - RT/P}{RT}dP$에 대입하여 V를 구하고 마지막에 PV 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

$\ln(f/P)$를 압력에 대해 미분하면 $V - RT/P$가 나온다는 점과, 이상기체 기준항 RT는 최종 PV 식에 그대로 남는다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 19. $45^\circ C$, $100kPa$**의 물이 단열펌프로 유입되어** $7,600kPa$**로 방출된다. 이때 물의 비부피(**V**)는 압력(**P**) 변화에 무관하다고 가정된다. 펌프의 효율이 0.75일 때, 필요한 펌프의 일**$[kJkg^{-1}]$**은? (단, 이 과정에서 운동에너지와 위치에너지의 변화는 무시한다.** $1kJ = 10^6 kPacm^3$**이며,** $45^\circ C$**의 포화액체 물의 비부피** $V = 1,000cm^3kg^{-1}$**이다.)**

① 5

② 7.5

③ 10

④ 12.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 비압축성 액체의 펌프 일 $w_s = v\Delta P$와 펌프 효율의 적용 방향을 이용해 실제 필요한 일을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입구 압력 100 kPa, 출구 압력 7,600 kPa, 비부피 $1,000cm^3/kg$, 펌프 효율 0.75이다.
구해야 할 값: 실제 필요한 펌프의 일 kJ/kg이다.
주의할 조건: 물의 비부피가 압력과 무관하므로 비압축성 액체로 보고 $v\Delta P$를 사용한다. 효율 0.75는 실제 일 = 이상 일 / 효율로 적용된다.

사용할 공식

이상 펌프 일은 $w_s = v\Delta P$이다.
실제 필요한 일은 $w = \frac{w_s}{\eta}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 단열 펌프에서 비압축성 액체의 축일이 압력 상승분과 비부피의 곱으로 주어지고, 효율이 1보다 작으면 실제 입력 일은 이상 일보다 커지기 때문이다.

계산 과정

1. 압력차는 $\Delta P = 7600 - 100 = 7500kPa$이다.
2. 이상 펌프 일은 $w_s = v\Delta P = (1000cm^3/kg)(7500kPa) = 7.5 \times 10^6 kPa \cdot cm^3/kg$이다.
3. $1kJ = 10^6 kPa \cdot cm^3$이므로 $w_s = 7.5kJ/kg$이다.
4. 실제 필요한 일은 $w = \frac{7.5}{0.75} = 10kJ/kg$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 5 kJ/kg는 이상 일 7.5 kJ/kg보다도 작다. 효율이 0.75이면 실제 입력 일은 이상 일보다 커져야 하므로 틀린 값이다. 올바르게는 10 kJ/kg이다.
2번 X: 7.5 kJ/kg는 $v\Delta P$로 구한 이상 펌프 일까지만 반영한 값이다. 효율을 적용하지 않아 틀렸다. 올바르게는 10 kJ/kg이다.
3번 O: 이상 일 7.5 kJ/kg를 효율 0.75로 나누면 실제 필요한 일은 10 kJ/kg이므로 맞다.
4번 X: 12.5 kJ/kg는 효율을 곱셈·나눗셈 방향과 다르게 처리하거나 압력차를 과대 계산했을 때 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 10 kJ/kg이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $v\Delta P$로 구한 7.5 kJ/kg를 바로 정답으로 고르는 경우이다. 펌프 효율은 실제 입력 일이 이상 일보다 더 크다는 뜻이므로 분모에 0.75를 두어 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

액체 펌프 문제는 먼저 비압축성 여부를 확인하고 $v\Delta P$로 이상 일을 구한 뒤, 펌프 효율이면 실제 입력 일 = 이상 일 / 효율의 순서로 판단한다.

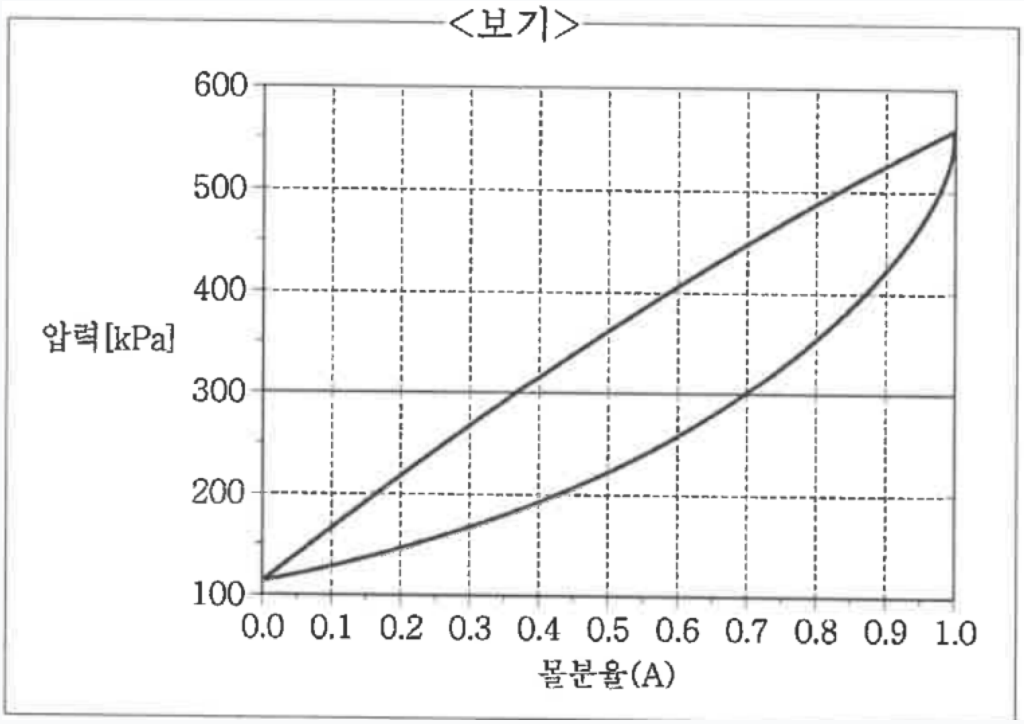
암기 포인트

비압축성 펌프는 $w_s = v\Delta P$, 실제 입력 일은 이상 일보다 항상 크다.

NoteBase

문 20. <보기>는 A, B 두 물질의 액체-기체 2상 성분 $P-x_A-y_A$ 선도이다. 일정한 온도와 300kPa 조건에서 2상으로 존재하면서 기체의 양이 더 많을 것으로 예상되는 조성으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 2mol의 A와 8mol의 B

② 4mol의 A와 6mol의 B

③ 6mol의 A와 4mol의 B

④ 8mol의 A와 2mol의 B

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $P-x_A-y_A$ 선도에서 300 kPa 등압선을 읽고 레버룰로 2상 조성 중 기체 분율이 가장 큰 경우를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 300 kPa, 전체 조성은 0.2, 0.4, 0.6, 0.8이다.
그래프 판독: 300 kPa에서 액상 조성 x_A는 약 0.43, 기상 조성 y_A는 약 0.70이다.
주의할 조건: 2상은 전체 조성 z_A가 x_A와 y_A 사이에 있을 때만 가능하다.

NoteBase

사용할 공식

레버룰은 $V/F = (z_A - x_A)/(y_A - x_A)$, $L/F = (y_A - z_A)/(y_A - x_A)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 일정한 온도와 압력에서 2상 평형이면 전체 조성 z_A가 tie line 양 끝의 액상 조성 x_A와 기상 조성 y_A 사이에 놓이고, 각 상의 양은 선분 비로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 300 kPa 수평선과 위 직선의 교점에서 $x_A \approx 0.43$, 아래 곡선의 교점에서 $y_A \approx 0.70$을 읽는다.
2. 따라서 2상으로 존재하려면 전체 조성 z_A가 약 0.43에서 0.70 사이여야 한다. 보기 중 이 범위에 들어가는 것은 $z_A = 0.6$뿐이다.
3. $z_A = 0.6$일 때 $V/F = (0.60 - 0.43)/(0.70 - 0.43) \approx 0.63$이므로 기체가 액체보다 많다. $z_A = 0.4$는 포화액체점보다 왼쪽이거나 거의 경계여서 기체량이 최대가 될 수 없다.

선지 판단

1번 X: 2 mol의 A와 8 mol의 B는 $z_A = 0.2$이다. 이는 $x_A \approx 0.43$보다 작아 300 kPa에서 액상 단일상 영역이다. 2상에서 기체량이 큰 조성으로 고치면 $z_A \approx 0.6$이어야 한다.
2번 X: 4 mol의 A와 6 mol의 B는 $z_A = 0.4$이다. 300 kPa tie line의 액상 조성보다 작거나 거의 같은 값이어서 포화액체점 근처이며 기체가 많아질 수 없다. 더 큰 기체량을 가지려면 z_A가 y_A 쪽으로 더 가깝게 증가한 0.6이어야 한다.
3번 O: 6 mol의 A와 4 mol의 B는 $z_A = 0.6$이다. 이는 $x_A \approx 0.43$와 $y_A \approx 0.70$ 사이에 있어 2상이며, 레버룰로 계산하면 $V/F \approx 0.63$이어서 기체가 액체보다 많다.
4번 X: 8 mol의 A와 2 mol의 B는 $z_A = 0.8$이다. 이는 $y_A \approx 0.70$보다 커 300 kPa에서 기상 단일상 영역이다. 문제 조건은 2상으로 존재하면서 기체가 더 많은 경우이므로 $z_A \approx 0.6$으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

이 문제는 '기체가 많다'만 보고 A가 가장 많은 0.8을 고르면 틀린다. 먼저 2상 조건인 $x_A < z_A < y_A$를 확인한 뒤, 그 안에서만 레버룰로 기체 분율을 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 $P - x - y$ 문제는 300 kPa 수평선을 그어 x와 y 교점을 먼저 읽고, 전체 조성 z가 그 사이에 있는지 판단한 다음, $V/F = (z - x)/(y - x)$로 어느 상이 더 많은지 결정한다.

암기 포인트

2상 여부는 $x < z < y$, 기체 우세는 z가 y에 더 가까운 경우이다.

NoteBase