

화공열역학

문 1. 단열된 비커에 있는 10°C 물 300g 을 전기 열선으로 가열한다. 전압 12V 에서 2A 전류가 500s 동안 열선에 흐를 때, 물의 최종온도 $^{\circ}\text{C}$ 는? (단, 물의 비열은 $1\text{cal g}^{-1}\text{C}^{-1}$, $1\text{J} = 0.24\text{cal}$ 이며, 열선에 공급된 전기 에너지는 모두 물의 온도를 높이는 데 사용된다)

- ① 19.6
② 29.2
③ 40.0
④ 52.0

문 2. 압축기를 사용하여 질량유량이 0.02kg s^{-1} 인 공기 흐름을 정상 상태에서 압축한다. 압축기 출구와 입구 사이의 공기 단위질량당 엔탈피 변화량은 120kJ kg^{-1} 이고 공기 단위질량당 10kJ kg^{-1} 의 열이 외부로 방출될 때, 공기 흐름에 가해지는 단위시간당 일의 크기 $[\text{kW}]$ 는? (단, 운동에너지와 위치에너지의 변화는 무시한다)

- ① 2.2
② 2.4
③ 2.6
④ 2.8

문 3. 열용량에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, C 는 열용량, C_p 는 정압 열용량, C_v 는 정적 열용량, H 는 몰 엔탈피, Q 는 열, R 은 기체상수, T 는 온도이다)

- ① $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$ 로 정의된다.
② 이상기체의 경우 모든 온도에서 $C_p - C_v = R$ 이다.
③ 이상기체의 C_v 는 온도만의 함수이다.
④ $C = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)$ 로 정의되며 상태함수이다.

문 4. 압축인자(compressibility factor) Z 를 다음과 같이 표현하는 비리얼(virial) 상태방정식에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, B , C , D 는 비리얼 계수이고 V 는 몰 부피이다)

$$Z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \dots$$

- ㄱ. 이상기체의 압축인자는 1이다.
ㄴ. 압력이 0에 가까워질수록 압축인자는 1에 가까워진다.
ㄷ. 비리얼 계수 값은 분자의 크기와 원자간 결합에너지에 의존한다.
ㄹ. 우변에서 분모의 차수가 높은 항일수록 분자들 사이에 더 높은 빈도의 상호작용을 반영한다.

- ① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

문 5. 작동 기체가 이상기체인 Carnot 기관에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 완전히 가역적인 방식으로 작동한다.
② 두 개의 단열과정과 두 개의 일정부피 과정으로 이루어진다.
③ 하나의 사이클에 걸친 기관의 엔트로피 변화는 0이다.
④ 고온의 열 저장고, 저온의 열 저장고 및 기관의 엔트로피 변화의 총합 ΔS_{tot} 는 0이다.

문 6. 힘(force)의 크기를 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

- ① $1\text{lb}_f > 1\text{kg}_f > 1\text{N} > 1\text{dyne}$
② $1\text{lb}_f > 1\text{kg}_f > 1\text{dyne} > 1\text{N}$
③ $1\text{kg}_f > 1\text{lb}_f > 1\text{N} > 1\text{dyne}$
④ $1\text{kg}_f > 1\text{lb}_f > 1\text{dyne} > 1\text{N}$

문 7. 내부에너지에 대한 관계식으로 옳지 않은 것은? (단, U 는 몰 내부 에너지, C_V 는 정적 열용량, P 는 압력, S 는 몰 엔트로피, T 는 온도, V 는 몰 부피이다)

- ① 이상기체일 때 $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P$
 ② $\left[\frac{\partial}{\partial S}\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S\right]_V = \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S$
 ③ $\left[\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V\right]_S = \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$
 ④ $dU = C_V dT + \left[T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right]dV$

문 8. 환산압력(reduced pressure)이 1.25일 때, 플개시티(fugacity) 계수가 0.5인 순수한 기체의 플개시티[bar]는? (단, 이 기체의 임계압력 P_c 는 40 bar이다)

- ① 20
 ② 25
 ③ 30
 ④ 35

문 9. 대응상태 이론에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. Ar, Kr, Xe은 같은 환산온도와 환산압력에서 거의 같은 압축인자를 가진다.
 ㄴ. 이심인자(acentric factor)를 제3의 대응상태 파라미터로 사용할 수 있다.
 ㄷ. 이심인자는 임의의 유체에 대하여 임계온도와 임계압력 그리고 특정한 환산온도에서 측정된 단 하나의 증기압에 의해 결정될 수 있다.
 ㄹ. Ar, Kr, Xe의 이심인자 값은 0.7이다.

- ① ㄱ, ㄴ
 ② ㄴ, ㄷ
 ③ ㄷ, ㄹ
 ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 10. 부피 3 L인 용기에 373 K의 기체 30 mol이 있을 때, van der Waals 상태방정식으로 계산한 기체의 압력[atm]은? (단, 이 기체의 van der Waals 상태방정식 상수 a , b 는 각각 $1.370 \text{ atm L}^2 \text{ mol}^{-2}$ 과 0.018 L mol^{-1} 이고, 기체상수 R 은 $0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

- ① 206
 ② 236
 ③ 266
 ④ 296

문 11. 온도 500 K의 열 저장고가 600 K의 또 다른 열 저장고로부터 $6 \times 10^6 \text{ kJ}$ 의 열을 받았다. 열 전달과정에서 각 열 저장고의 온도 변화가 없을 때, 이 과정에서 전체 엔트로피의 변화 $\Delta S_{tot} [\text{kJ K}^{-1}]$ 는?

- ① 2,000
 ② 4,000
 ③ 6,000
 ④ 8,000

문 12. Clapeyron 식을 적용하여 순수한 물질의 상변화에 수반되는 잠열을 계산할 때 필요한 자료로 옳지 않은 것은?

- ① 상변화에 수반되는 부피 변화
 ② 상변화가 일어나는 온도
 ③ 상변화 온도에서 온도에 대한 포화증기압의 기울기
 ④ 상변화에 수반되는 Gibbs 에너지 변화

문 13. 이상기체 혼합물의 단위 몰당 열역학 성질에 대한 표현으로 옳지 않은 것은? (단, G 는 몰 Gibbs 에너지, H 는 몰 엔탈피, S 는 몰 엔트로피, P 는 압력, R 은 기체상수, y_i 와 $\Gamma_i(T)$ 는 각각 성분 i 의 몰분율과 일정 온도 T 에서의 적분 상수, 상첨자 ig 는 이상기체를 의미하며, M_i^{ig} ($M = G, H$ 또는 S)는 순수한 이상기체 성분 i 의 열역학 성질이다)

- ① $H^{ig} = \sum_i y_i H_i^{ig}$
 ② $S^{ig} = \sum_i y_i S_i^{ig} + R \sum_i y_i \ln y_i$
 ③ $G^{ig} = \sum_i y_i G_i^{ig} + RT \sum_i y_i \ln y_i$
 ④ $G^{ig} = \sum_i y_i \Gamma_i(T) + RT \sum_i y_i \ln(y_i P)$

문 14. 조름공정에 의해 425°C , 200 kPa 의 기체 압력이 50 kPa 로 감소할 때 온도 $^{\circ}\text{C}$ 는? (단, Joule-Thomson 계수는 $0.6^{\circ}\text{C kPa}^{-1}$ 로 일정하다)

- ① 335
② 340
③ 345
④ 350

문 15. 성능계수가 3.5인 Carnot 냉동기가 분당 $2,520\text{ kJ}$ 의 열을 흡수할 때, 이 냉동기를 작동시키기 위한 전력량 $[\text{kW}]$ 은? (단, 냉동기에 공급된 전력은 모두 냉동기의 알짜 일로 전환된다)

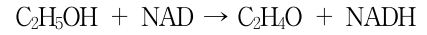
- ① 8
② 10
③ 12
④ 14

문 16. 표는 화학반응 $2\text{A} + \text{B} + 3\text{C} \rightarrow \text{D}$ 의 반응물과 생성물의 정압 열용량을 나타내며 298 K 에서 D의 표준생성열은 $-65,000\text{ J mol}^{-1}$ 이다. 298 K 에서 3 mol 의 A, 2 mol 의 B와 4 mol 의 C가 반응하여 1 mol 의 D가 생성되었을 때, 일정 압력 단열 반응에서 도달할 수 있는 최고 온도 $[\text{K}]$ 는? (단, 정압 열용량 C_P 는 일정하며 A, B, C는 원소이다)

물질	A	B	C	D
$C_P [\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}]$	35	15	10	40

- ① 363
② 573
③ 758
④ 948

문 17. 다음은 섭취된 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이 NAD와 반응하여 아세트알데하이드($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$)와 NADH로 분해되는 반응식과 298 K 에서 물질들의 표준생성 엔탈피($\Delta H_{f,298}^{\circ}$)를 나타낸 표이다. 섭취한 모든 에탄올을 298 K 일정 온도에서 분해하기 위해 $1,105\text{ J}$ 의 열량이 소비되었다면 섭취한 에탄올의 양 $[\text{g}]$ 은? (단, 에탄올의 분자량은 46 g mol^{-1} 이며 생성된 아세트알데하이드와 NADH는 더 이상 반응하지 않는다)



물질	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	NAD	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	NADH
$\Delta H_{f,298}^{\circ} [\text{J mol}^{-1}]$	-288.3	0	-212.2	-31.9

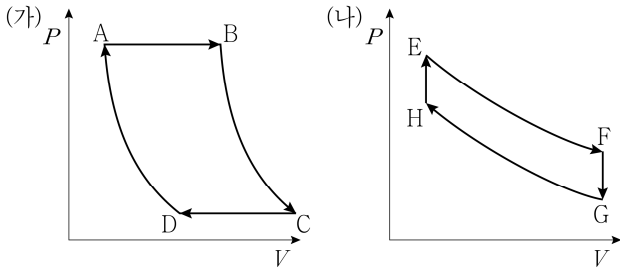
- ① 450
② 750
③ 1,150
④ 1,550

문 18. 일정한 온도에서 내부에너지의 부피 의존성을 나타내는 열역학적 성질을 내부적 압력(π_T)이라 한다. 내부에너지가 부피와 엔트로피에 대한 함수로 표현될 때, 다음 비리얼(virial) 상태방정식으로 구한 π_T 는? (단, $\pi_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ 이며, 2차 비리얼 계수 B 는 온도의 함수이고, R 은 기체상수, P 는 압력, T 는 온도, U 는 몰 내부에너지, V 는 몰 부피이다)

$$P = \frac{RT}{V} \left(1 + \frac{B}{V} \right)$$

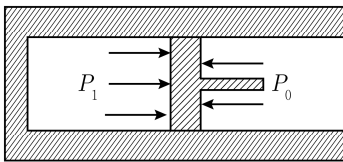
- ① $\frac{RT^2}{V^2} \left(\frac{\partial B}{\partial T} \right)_V$
② $-\frac{RT^2}{V^2} \left(\frac{\partial B}{\partial T} \right)_V$
③ $\frac{RT}{V} + \frac{RT^2}{V^2} \left(\frac{\partial B}{\partial T} \right)_V$
④ $\frac{RT}{V} - \frac{RT^2}{V^2} \left(\frac{\partial B}{\partial T} \right)_V$

- 문 19. 그림은 이상적인 내연기관 사이클의 압력(P)—부피(V) 선도로, (가)와 (나)는 각각 Brayton 사이클과 공기표준 Otto 사이클이다. 일정한 열용량을 갖는 이상기체 상태 공기 1 mol을 기준으로 할 때, 두 내연기관의 열효율을 바르게 연결한 것은? (단, T_i 는 i 지점의 온도이다)



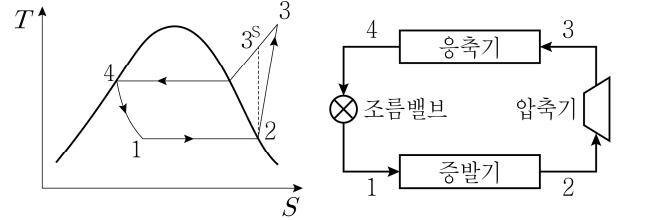
- (가) (나)
- ① $1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A}$ $1 - \frac{T_G - T_H}{T_F - T_E}$
- ② $1 - \frac{T_C - T_D}{T_B - T_A}$ $1 - \frac{T_F - T_G}{T_E - T_H}$
- ③ $1 - \frac{T_B - T_C}{T_A - T_D}$ $1 - \frac{T_G - T_H}{T_F - T_E}$
- ④ $1 - \frac{T_B - T_C}{T_A - T_D}$ $1 - \frac{T_F - T_G}{T_E - T_H}$

- 문 20. 그림은 초기압력이 P_1 인 이상기체 1 mol이 일정한 외부압력 P_0 ($P_0 < P_1$)에 대해 피스톤—실린더 장치에서 최종압력 P_0 까지 등은 팽창하는 과정을 나타낸 것이다. 이 장치의 외부 온도는 T 로 유지되며 장치 및 기체와 열적 평형을 이루고 있다. 팽창 과정 동안에는 피스톤과 실린더 사이 마찰력에 의해 피스톤은 매우 천천히 가속 없이 움직인다. 팽창 과정에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, R 은 기체상수이다)



- ① 기체가 외부로 한 일의 크기는 $\frac{RT}{P_1}(P_1 - P_0)$ 이다.
- ② 기체가 외부로부터 흡수한 열의 크기는 $\frac{RT}{P_0}(P_1 - P_0)$ 이다.
- ③ 장치 외부의 엔트로피 변화량은 $\frac{R}{P_0}(P_1 - P_0)$ 이다.
- ④ 기체의 엔트로피 변화량은 $\frac{R}{P_1}(P_1 - P_0)$ 이다.

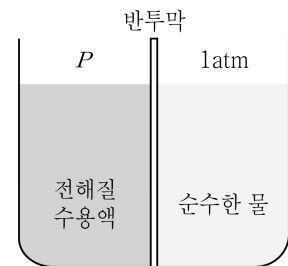
- 문 21. 그림은 증기—압축 냉동 사이클의 온도(T)—엔트로피(S) 선도와 공정 개략도이고, 표는 T - S 선도 일부 지점에서 냉매의 엔탈피를 나타낸다. T - S 선도에서 점선($2 \rightarrow 3^S$)은 등엔트로피 공정이고, 냉동용량은 45 kJ s^{-1} , 압축기의 효율은 0.8일 때, 이 증기—압축 사이클의 성능계수(ω)와 냉매의 순환유량(\dot{m})[kg s^{-1}]을 바르게 연결한 것은? (단, 위치에너지와 운동에너지 변화는 무시한다)



T - S 선도 지점	2	3^S	4
냉매의 엔탈피 [kJ kg^{-1}]	240	270	90

- ω \dot{m}
- ① 4 0.3
- ② 4 0.5
- ③ 6 0.3
- ④ 6 0.5

- 문 22. 그림은 반투막을 통해 전해질 수용액으로부터 순수한 물을 얻는 역삼투압 분리장치이다. 순수한 물은 1 atm에 노출되어 있고 300 K에서 전해질 수용액 내 용질의 몰분율이 0.009일 때, 삼투 평형이 이루어지는 용액의 압력 P [atm]는? (단, 순수한 물의 몰 부피는 $18 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 이고 기체상수 R 은 $82 \text{ cm}^3 \text{ atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이며, 용질 분자는 수용액에서 두 개의 이온으로 완전 해리된다)



- ① 12.3
- ② 13.3
- ③ 24.6
- ④ 25.6

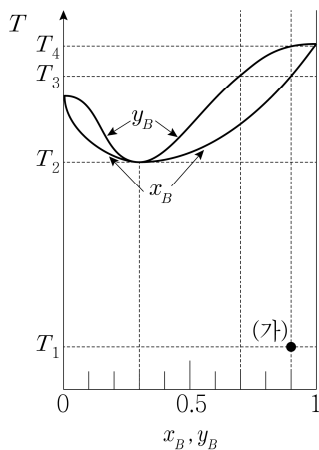
문 23. 혼합물의 기액 상평형에서 성분 i 의 평형비 K_i 는 $\frac{y_i}{x_i}$ 로 정의된다.

K_i 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, x_i 와 y_i 는 각각 성분 i 의 액상 물분율과 기상 물분율이고, P_i^{sat} 은 성분 i 의 포화증기압, f_i 는 순수한 성분 i 의 플레시티(fugacity), γ_i 는 성분 i 의 활동도 계수, H_i 는 성분 i 의 Henry 상수이며, 상첨자 V 와 L 은 각각 기상과 액상을 의미한다)

- ① Raoult의 법칙을 따를 때, $K_i = \frac{P_i^{sat}}{P}$ 이다.
- ② 기상은 이상기체이고 액상은 Henry의 법칙을 따를 때,
 $K_i = \frac{H_i}{P}$ 이다.
- ③ 기상, 액상 모두 Lewis/Randall 규칙을 따를 때, $K_i = \frac{f_i^V}{f_i^L}$ 이다.
- ④ 수정된 Raoult의 법칙을 따를 때, $K_i = \frac{\gamma_i P_i^{sat}}{P}$ 이다.

문 24. 그림은 두 물질 A와 B 혼합물에 대해 B의 물분율과 온도(T)에 대한 정압 기-액 상도이다. 그림에 점 (가)로 표시된 상태 ($x_B = 0.9$, $T = T_1$)의 혼합물을 일정 압력에 가열하여 온도를 상승시키는 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?
 (단, x_B , y_B 는 각각 B의 액상과 기상 물분율이다)

- ㄱ. 처음으로 끓기 시작하는 온도는 T_2 이다.
- ㄴ. 온도 T_3 와 T_4 사이에서는 기상이 액상보다 더 안정하다.
- ㄷ. 끓기 시작할 때 발생한 기체 혼합물 내 A의 물분율은 0.3이다.
- ㄹ. 끓기 시작한 후부터 모두 끓을 때까지 x_B 는 증가한다.



- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄱ, ㄷ
- ③ ㄴ, ㄹ
- ④ ㄷ, ㄹ

문 25. 온도 500 K에서 기상 가역반응인 $A + B \rightleftharpoons C + D$ 의 표준반응열은 $-4,600 R [J \text{ mol}^{-1}]$ 이고 평형상수는 1이다. 온도 1,000 K에서 초기 1 mol의 A와 1 mol의 B가 반응하여 평형에 도달했을 때, D의 물분율은? (단, 혼합물은 이상기체이며, R 은 기체상수 $[J \text{ mol}^{-1} K^{-1}]$ 이고, 표준반응열은 온도에 무관하며, $\ln(0.1) = -2.3$ 이다)

- ① $\frac{1}{7}$
- ② $\frac{1}{9}$
- ③ $\frac{1}{11}$
- ④ $\frac{1}{22}$