

화공열역학

문 1. 다음 중 에너지의 차원(dimension)인 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. 압력과 부피의 곱
 ㄴ. 엔트로피(entropy)와 온도의 곱
 ㄷ. 화학포텐셜(chemical potential)
 ㄹ. 엔탈피(enthalpy)

- ① ㄱ, ㄴ
 ② ㄷ, ㄹ
 ③ ㄱ, ㄴ, ㄹ
 ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

문 2. 오토(Otto) 사이클에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 불꽃 점화 왕복기관의 이상적인 사이클이다.
 ② 2개의 등엔트로피 과정과 2개의 가역 등압과정으로 구성되어 있다.
 ③ 작동 유체의 열용량의 비(C_p/C_v)가 증가하면 열효율은 증가한다.
 ④ 열효율은 기관의 압축비에 의존한다.

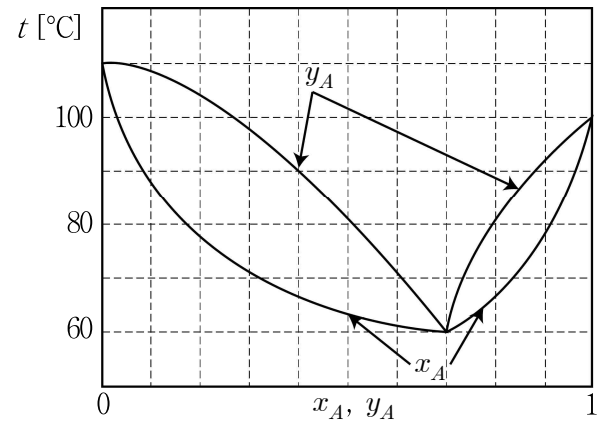
문 3. 난방장치에서 4 kg min^{-1} 의 질량유속으로 흐르는 7°C 의 차가운 외부공기가 3 kg min^{-1} 의 질량유속으로 흐르는 70°C 의 가열된 공기와 단열적으로 혼합된다. 이때 혼합기의 출구온도 $[\text{C}]$ 는? (단, 공기의 열용량은 모든 온도에서 일정하다)

- ① 34
 ② 38
 ③ 43
 ④ 45

문 4. 기체의 냉각 및 액화 공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 상압에서 수증기를 냉각하면 액화시킬 수 있다.
 ② 단열 팽창과정을 거쳐 냉각시킬 수 있다.
 ③ Claude 액화공정이 Linde 액화공정보다 효율적이다.
 ④ Joule-Thomson 계수가 음의 값을 갖는 조건에서 조름공정(throttling)을 통해 냉각시킬 수 있다.

문 5. 그림은 A와 B 혼합물의 정압 기-액 평형곡선이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, x_A 는 A의 액상 몰분율, y_A 는 A의 기상 몰분율이다)



- ① x_A 가 0.7 인 액상 혼합물은 기화되더라도 그 조성은 변하지 않는다.
 ② x_A 가 0.8 인 액상 혼합물의 기포점은 80°C 이다.
 ③ x_A 가 0.2 인 액상 혼합물로부터 y_A 가 0.5 이상인 기상 혼합물을 얻기 위해서는 90°C 이상으로 가열하여야 한다.
 ④ x_A 가 0.3 인 액상 혼합물을 50°C 에서 90°C 로 가열하여 계속 유지하였을 때 y_A 는 0.6 이다.

문 6. 1 bar, 60°C 에 있는 분자량이 100 g mol^{-1} 이고 끓는점이 100°C 인 액체 100g을 1 bar하에서 가열하여 모두 120°C 의 기체로 만들었다. 이때 총 40kJ의 열이 필요하였다면 이 액체의 증발잠열 $[\text{J mol}^{-1}]$ 은? (단, 액체열용량 $C_p^l [\text{J mol}^{-1} \text{C}^{-1}] = 40 + 2t[^\circ\text{C}]$ 이고, 기체열용량 $C_p^v [\text{J mol}^{-1} \text{C}^{-1}] = 60 + 4t[^\circ\text{C}]$ 이다)

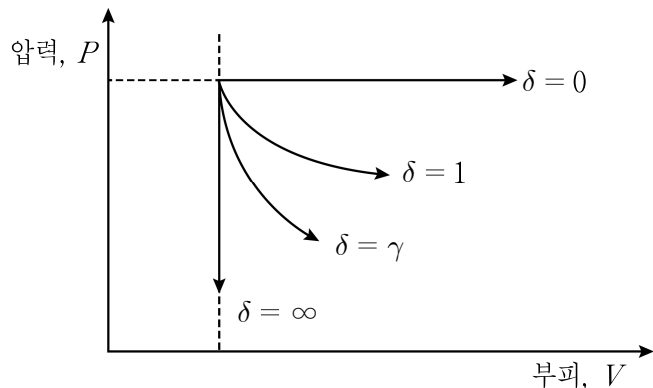
- ① 20,000
 ② 21,000
 ③ 22,000
 ④ 23,000

문 7. 다음 중 부피(V)를 나타내는 관계식만을 모두 고르면? (단, U 는 내부에너지, H 는 엔탈피, G 는 깁스에너지, S 는 엔트로피, P 는 압력, V 는 부피, T 는 온도이다)

$$\text{ㄱ. } \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V \quad \text{ㄴ. } \left(\frac{\partial H}{\partial S} \right)_P \quad \text{ㄷ. } \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_S \quad \text{ㄹ. } \left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_T$$

- ① ㄱ, ㄴ
 ② ㄱ, ㄷ
 ③ ㄴ, ㄷ
 ④ ㄷ, ㄹ

문 8. 그림은 닫힌 계에서 ' $PV^\delta = \text{일정}$ '을 따르는 이상기체의 가역공정을 나타낸다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ 이고, C_p 와 C_v 는 각각 정압열용량과 정적열용량이며 온도에 따라 변하지 않는 상수이다)



- ① $\delta = \infty$ 일 때, 계에 의해 행해진 일은 0이다.
- ② $\delta = 1$ 일 때, 계의 내부에너지 변화량은 계의 엔탈피 변화량과 같다.
- ③ $\delta = \gamma$ 일 때, 계에 출입하는 열의 양은 일의 양과 같다.
- ④ $\delta = 0$ 일 때, 계에 전달되는 열의 양은 계의 엔탈피 변화량과 같다.

문 9. 닫힌 계의 이상기체가 T_1, P_1 의 온도[K], 압력 조건을 갖는 표준 상태에서 $2T_1, 2P_1$ 의 상태로 가역적으로 변화했을 때, 엔트로피의 변화는? (단, T 는 온도[K], R 은 기체상수이며, 이상기체의 정압 열용량 $C_p^{ig} = aT + bT^2$ 이고 a 와 b 는 양의 상수이다)

- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} & -R\ln 2 \\ \textcircled{2} & 0 \\ \textcircled{3} & aT_1 + 3bT_1^2 - R\ln 2 \\ \textcircled{4} & aT_1 + 3bT_1^2 \end{array}$$

문 10. 밀도가 매우 작은 경우에 압축인자(compressibility factor)가 이상기체의 값인 1에 수렴하는 상태방정식은? (단, R 은 기체상수이며, a 와 b 는 양의 상수이다)

- $$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad P &= \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V} \\ \textcircled{2} \quad P &= \frac{RT}{(V-b)^2} - \frac{a}{V} \\ \textcircled{3} \quad P &= \frac{RT}{V(V-b)} - \frac{a}{V^2} \\ \textcircled{4} \quad P &= \frac{RT}{V} - \frac{a}{V^2} \end{aligned}$$

문 11. 단열계에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, T 는 온도, V 는 부피이며,

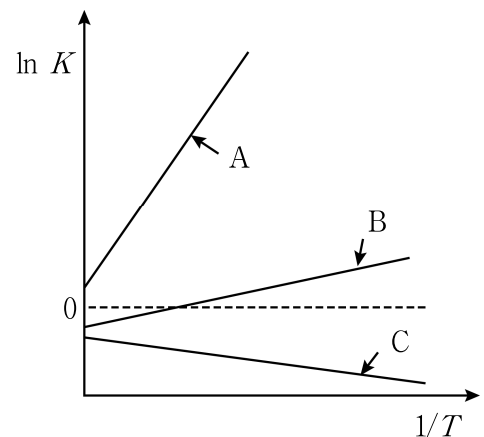
C_p 와 C_v 는 각각 정압열용량과 정적열용량이고 $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ 이다)

- ① 모두 등엔트로피(isentropic) 상태이다.
- ② 열과 일이 출입하지 못한다.
- ③ 닫힌 계에만 적용된다.
- ④ 이상기체는 ' $TV^{\gamma-1} = \text{일정}$ '의 관계를 따른다.

문 12. 기체와 액체의 열역학적 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

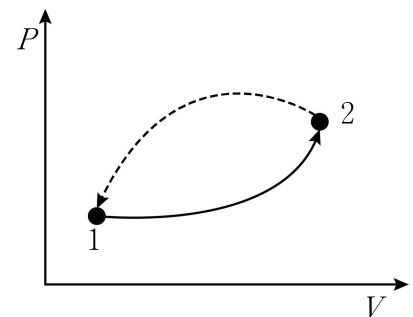
- ① Clapeyron 식을 사용하여 증발잠열을 구하기 위해서는 포화액체 및 포화증기의 몰부피 데이터가 필요하다.
- ② 기체의 경우에 일정압력에서의 열용량은 일정부피에서의 열용량보다 항상 크거나 같다.
- ③ 닫힌 계에서 완전 비압축성 물질의 내부에너지는 온도에만 의존한다.
- ④ Joule-Thomson 계수는 엔탈피가 일정한 과정에서 온도변화에 따른 압력의 변화이다.

문 13. 그림은 화학반응 A, B, C의 평형상수 K 와 온도 T 의 관계를 나타낸다. 표준상태에서 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 각 반응의 표준반응 엔탈피 ΔH° 와 표준반응 엔트로피 ΔS° 는 온도와 무관하다)



- ① A는 발열반응이고, B와 C는 흡열반응이다.
- ② A와 B는 발열반응이고, C는 흡열반응이다.
- ③ A는 흡열반응이고, B와 C는 발열반응이다.
- ④ A와 B는 흡열반응이고, C는 발열반응이다.

문 14. 그림은 상태 1에서 상태 2를 거쳐 다시 상태 1로 돌아오는 사이클 공정을 나타낸다. 과정 $1 \rightarrow 2$ (실선)는 가역공정이고 과정 $2 \rightarrow 1$ (점선)은 비가역공정이며, 각 과정에서 출입하는 열이 각각 Q_1 과 Q_2 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, P 는 압력, V 는 부피, T 는 온도이다)



- ㄱ. 전체 사이클에 대한 내부에너지 변화량은 0이다.
 ㄴ. 전체 사이클에 대한 계의 엔트로피 변화량은 0이다.
 ㄷ. 과정 2→1(점선)에서 엔트로피 변화량은 $\int_2^1 \frac{\delta Q_2}{T}$ 이다.

- ① $\neg, \bot$
- ② $\neg, \top$
- ③ $\bot, \top$
- ④ $\neg, \bot, \top$

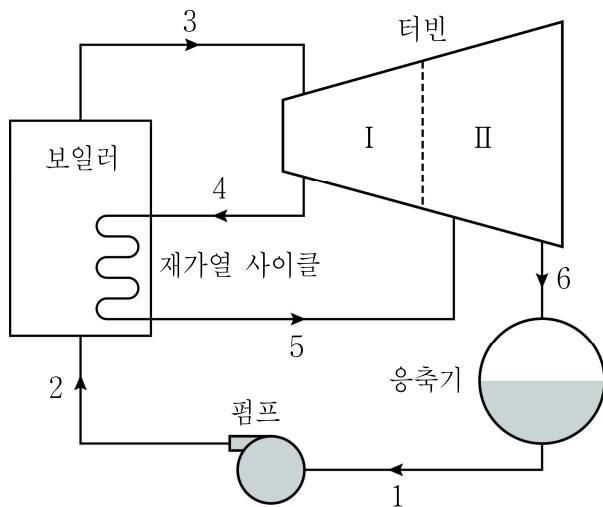
문 15. 595 K에서 몰부피가 2 L mol^{-1} 인 벤젠 기체의 압력(P)은 Redlich-Kwong 상태방정식으로부터 $P = 21.4 \text{ bar}$ 로 계산되었다. 이상기체 상태방정식을 적용하여 계산된 벤젠 기체의 압력을 P_{ideal} 이라고 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 기체상수 $R = 0.08 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

- ① $P < P_{ideal}$ 이며, 분자 간 밀치는 힘이 이상기체보다 우세하다.
- ② $P > P_{ideal}$ 이며, 분자 간 밀치는 힘이 이상기체보다 우세하다.
- ③ $P < P_{ideal}$ 이며, 분자 간 당기는 힘이 이상기체보다 우세하다.
- ④ $P > P_{ideal}$ 이며, 분자 간 당기는 힘이 이상기체보다 우세하다.

문 16. 24 atm, 300 K으로 압축된 이상기체 10 L를 가역적으로 0.5 atm, 100 K으로 단열팽창시켰을 때, 얻어질 일(W)의 양($|W|$)은? (단, 기체상수 $R = 0.08 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이며, 이 과정에서 이상기체의 정적열용량 $C_v = 20 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 로 간주한다)

- ① 10 kJ
- ② 20 kJ
- ③ 30 kJ
- ④ 40 kJ

문 17. 그림과 같이 재가열(re-heating) 과정을 갖는 Rankine 사이클 기관의 에너지 효율은? (단, 지점 1 ~ 6의 엔탈피[kJ]는 각각 $H_1 = 500$, $H_2 = 1,000$, $H_3 = 9,500$, $H_4 = 8,000$, $H_5 = 9,500$, $H_6 = 7,500$ 이며, 지점 1과 지점 6은 각각 포화액체와 포화기체 상태이다)

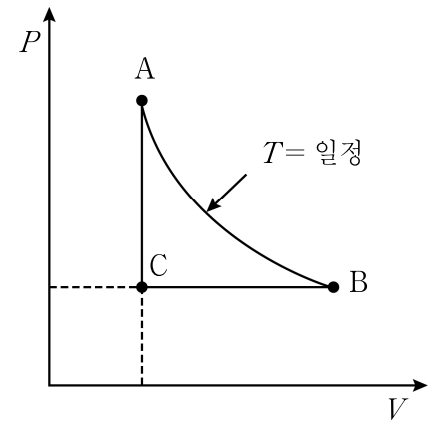


- ① 0.25
- ② 0.30
- ③ 0.35
- ④ 0.40

문 18. 가역 압축기로 비열이 일정한 이상기체를 압축하는 정상상태 흐름공정이 등온압축($PV = \text{일정}$), 폴리트로픽압축($PV^n = \text{일정}$), 단열압축($PV^m = \text{일정}$)인 각각의 경우에 대해 공정에 필요한 일(W)의 양($|W|$)이 적은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은? (단, P 는 압력, V 는 부피이고, $1 < n < m$ 이며, 각 공정의 압력범위는 동일하고, 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시한다)

- ① 등온압축, 폴리트로픽압축, 단열압축
- ② 폴리트로픽압축, 단열압축, 등온압축
- ③ 단열압축, 등온압축, 폴리트로픽압축
- ④ 등온압축, 단열압축, 폴리트로픽압축

문 19. 어떤 닫힌 계의 압력(P) - 부피(V) 선도에서 단분자 이상기체의 가역공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, T 는 온도이고, 단분자 이상기체의 정적열용량과 정압열용량은 서로 다른 상숫값을 갖는다)



- ① $A \rightarrow B$ 경로에 대한 내부에너지 변화량은 0이다.
- ② $B \rightarrow C$ 경로를 거치면 온도가 감소한다.
- ③ $C \rightarrow A$ 경로에 대한 엔탈피 변화량은 정적열용량과 온도차의 곱이다.
- ④ $A \rightarrow C$ 경로에 대한 엔탈피 변화량과 $B \rightarrow C$ 경로에 대한 엔탈피 변화량은 같다.

문 20. 300 K의 물 1 g에 대한 $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T$ 의 계산값 [cm^3]은? (단, 300 K에서

물의 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = 2 \times 10^{-4} \text{ cm}^3 \text{ K}^{-1}$ 이고, 밀도는 1 g cm^{-3} 이며, H 는 엔탈피, P 는 압력, T 는 온도, V 는 부피이다)

- ① 0.94
- ② 0.99
- ③ 1.06
- ④ 1.24