

## 화공열역학

1. 가역공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 마찰이 없다.  
② 연속적으로 일련의 평형상태를 거쳐 진행된다.  
③ 외부 조건의 미소 변화에 의해 공정의 방향이 반전될 수 있다.  
④ 팽창에서 가장 작은 크기의 일을 생산하고, 압축에서 가장 큰 크기의 일을 소비한다.

2. 수행하는 공정의 경로와 계의 크기에 모두 무관한 열역학적 성질로만 묶은 것은?

- ① 부피, 압력, 일  
② 밀도, 열, 온도  
③ 밀도, 압력, 온도  
④ 내부에너지, 열, 온도

3. 이상기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단,  $P$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $U$ ,  $H$ ,  $R$ 은 각각 압력, 몰부피, 온도, 몰내부에너지, 몰엔탈피, 기체상수이다)

- ㄱ. 실제기체는 압력이 0에 근접하고 온도는 무한대에 접근할 때 이상기체 상태방정식을 따른다.  
ㄴ. 분자 간에 작용하는 힘이 없어 몰내부에너지는 온도에만 의존한다.  
ㄷ. 정적 열용량과 정압 열용량의 정의는 각각  $C_V \equiv \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$ ,  
 $C_P \equiv \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P$ 이며, 동일 기체의 정적 열용량은 정압 열용량보다  $R$ 만큼 크다.  
ㄹ. 정적 열용량은 온도와 압력의 함수이다.

- ① ㄱ, ㄴ  
② ㄱ, ㄷ  
③ ㄴ, ㄹ  
④ ㄷ, ㄹ

4. 열역학 제1법칙에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

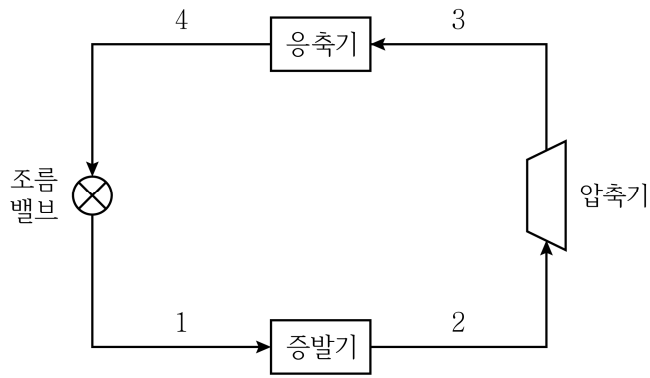
- ㄱ. 에너지는 창조될 수도 없고 파괴될 수도 없다.  
ㄴ. 닫힌계의 총에너지 변화는 열과 일의 형태로 계에 전달된 순 에너지와 같다.  
ㄷ. 에너지는 항상 열의 형태로만 이동된다.  
ㄹ. 임의의 계와 그 주위의 총에너지는 보존된다.

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

5. 열역학 제2법칙에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 외부의 도움 없이 열은 저온체에서 고온체로 흐르지 않는다. (단, 반응은 일어나지 않는다고 가정한다)  
② 고립계(isolated system)의 엔트로피는 일정할 수 있다.  
③ 고온 열저장고와 저온 열저장고 사이에서 작동하는 실제 열기관의 열효율은 같은 조건에서 작동하는 카르노(Carnot) 열기관의 열효율을 초과할 수 있다.  
④ 비가역 공정에서는 우주의 엔트로피가 증가한다.

6. 그림과 같이 작동하는 실제 증기-압축 냉동 사이클에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 정상상태로 작동되며, 운동에너지 및 위치에너지의 변화는 없다. 장치 사이의 배관에서 압력 강하와 열전달은 무시한다)

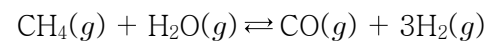


- ① 압축기(2 → 3)에서 등엔트로피 공정을 거쳐 증기상의 냉매가 압축된다.
- ② 증발기(1 → 2)에서 액체상의 냉매가 열을 흡수하며 기화되어 온도가 감소한다.
- ③ 응축기(3 → 4)에서 비가역적인 공정에 의해 냉매의 엔트로피가 증가한다.
- ④ 조름밸브(throttling valve)(4 → 1)에서 냉매의 줄-톰슨(Joule-Thomson) 계수는 양수이다.
7. 랭킨(Rankine) 순환공정으로 운전되는 수증기 동력 발전소의 보일러에 공급되는 열이  $3,000 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다. 터빈이 생산하는 일이  $1,200 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이고 펌프가 소비하는 일이  $60 \text{ kJ kg}^{-1}$ 일 때, 이 발전소의 열효율[%]은?
- ① 36
- ② 38
- ③ 40
- ④ 42
8. 카르노(Carnot) 냉동기의 저온부(증발기)에서 흡수한 열은  $19.5 \text{ kJ}$ 이며, 계에 가해진 알짜 일(net work)은  $3 \text{ kJ}$ 이다. 저온부의 온도가  $260 \text{ K}$ 일 때, 고온부(응축기)의 온도[K]는?
- ① 280
- ② 300
- ③ 320
- ④ 340

9. 닫힌계에서 순수 물질의 증기상과 액체상이 일정한 온도와 압력에서 상평형을 이루고 있다. 포화증기의 비엔트로피가  $7.5 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이며, 포화액체의 비엔트로피는  $1.5 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다. 계 전체의 비엔트로피가  $6.0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 일 때, 증기의 질량은 액체의 질량의 몇 배인가?

- ① 2
- ② 3
- ③ 4
- ④ 5

10. 다음 메테인(methane)의 수증기 개질반응에서  $600 \text{ K}$ 에서의 평형상수는  $300 \text{ K}$ 에서의 평형상수의 두 배일 때, 반응의 평형 전환율을 높이기 위한 온도와 압력의 변화를 바르게 연결한 것은? (단, 반응의 표준 엔탈피 변화는 온도와 무관하며, 부반응은 일어나지 않는다. 온도가 변할 때는 압력은 고정되고, 압력이 변할 때는 온도는 고정된다)



- | 온도   | 압력 |
|------|----|
| ① 증가 | 증가 |
| ② 증가 | 감소 |
| ③ 감소 | 증가 |
| ④ 감소 | 감소 |

11. 어떤 순수 물질의 압력( $P$ )–몰부피( $V$ )–온도( $T$ ) 거동이 다음 반데르발스(van der Waals) 상태방정식을 따를 때, 임계점에서  $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$ 와  $\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_T$ 의 값을 바르게 연결한 것은? (단,  $a$ 와  $b$ 는 상수이며,  $R$ 은 기체상수이다)

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

	$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$	$\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_T$
①	0	0
②	0	$2a$
③	$RT$	0
④	$RT$	$2a$

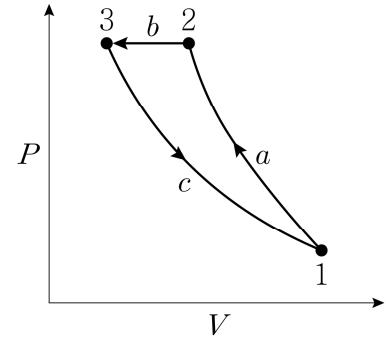
12. 닫힌계에서 이상기체 2몰이 아래 두 단계 가역공정을 연속해 모두 거칠 때, 전체 공정에서 계로 전달되는 열[J]은? (단, 기체의 정적 열용량  $C_V = \frac{3}{2}R$ 이며, 기체상수  $R = 8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

공정 1: 온도가 300 K으로 일정하게 유지되며 부피가 20 L에서 40 L로 팽창한다.

공정 2: 부피가 일정하게 유지되며 온도가 300 K에서 500 K으로 증가한다.

- ①  $2,400\ln 2 + 2,400$   
 ②  $2,400\ln 2 + 4,800$   
 ③  $4,800\ln 2 + 2,400$   
 ④  $4,800\ln 2 + 4,800$

13. 다음은 닫힌계에서 이상기체가 거치는 가역 순환공정을 나타낸 압력( $P$ )–부피( $V$ ) 선도이다. 이때, 공정  $a(1 \rightarrow 2)$ 는 단열압축, 공정  $b(2 \rightarrow 3)$ 는 정압냉각, 공정  $c(3 \rightarrow 1)$ 는 등온팽창 공정이며, 각 공정에서 계에 가해진 일은 각각  $W_a = 800 \text{ J}$ ,  $W_b = 400 \text{ J}$ ,  $W_c = -1,000 \text{ J}$ 이다. 만약 각 공정이 가역공정 대비 80 % 효율의 비가역공정으로 진행된다면, 이 순환공정의 전체 일[J]은 가역 순환공정과 비교해 얼마나 더 큰가? (단, 일은 계로 유입될 때 양수로 간주한다)



- ① 200  
 ② 500  
 ③ 700  
 ④ 800

14. 298 K의 일정한 온도에서  $\text{H}_2\text{S}(g)$ 와  $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 양론비로 반응하여  $\text{H}_2(g)$ 와  $\text{SO}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 표준 반응열 [ $\text{kJ mol}^{-1}$ ]은? (단, 같은 온도에서  $\text{H}_2\text{S}(g)$ ,  $\text{H}_2\text{O}(g)$ ,  $\text{SO}_2(g)$ 의 표준 생성열은 각각  $-20 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $-242 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $-300 \text{ kJ mol}^{-1}$ 이다)

- ①  $-562$   
 ②  $-38$   
 ③  $38$   
 ④  $204$

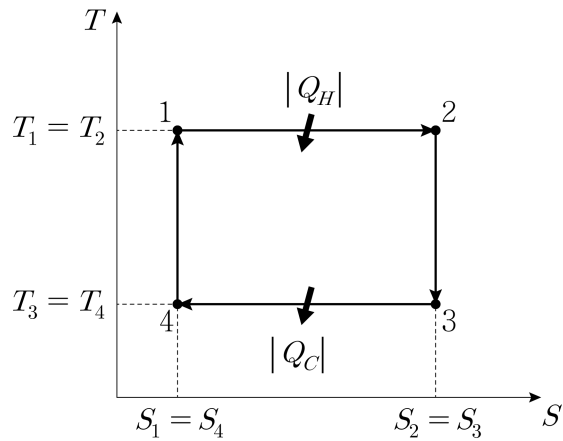
15. 동일한 초기 상태의 이상기체를 피스톤–실린더 장치 내에서 각각 다음의 두 가지 가역공정(A, B)으로 변화시킬 때, 두 공정 간의 엔트로피 변화의 비( $\Delta S_A : \Delta S_B$ )는? (단, 기체의 정압 열용량( $C_P$ )은  $\frac{5}{2}R$ 이며,  $R$ 은 기체상수이다. 기체의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시한다)

공정 A: 100 kPa, 300 K  $\rightarrow$  100 kPa, 100 K

공정 B: 100 kPa, 300 K  $\rightarrow$  300 kPa, 300 K

- ① 1 : 1  
 ② 2 : 5  
 ③ 3 : 1  
 ④ 5 : 2

16. 그림은 임의의 가역 순환공정의 온도( $T$ )–엔트로피( $S$ ) 선도이다. 해당 공정으로 진행되는 열기관에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단,  $|Q_H|$ 는 고온 열저장고와 열기관 간에 전달되는 열의 크기이며,  $|Q_C|$ 는 저온 열저장고와 열기관 간에 전달되는 열의 크기이다)



- ㄱ. 같은 온도 조건에서 순환공정 전체의 압력이 증가하면 열기관의 열효율은 증가한다.  
 ㄴ. 1 → 2 공정은 등온압축 공정이다.  
 ㄷ. 직사각형 1234의 면적은  $|Q_H| - |Q_C|$ 와 동일하다.  
 ㄹ. 열기관이 930 K인 고온 열저장고에서 300 kJ의 열을 받고, 저온 열저장고로 100 kJ의 열을 방출할 때, 저온 열저장고의 온도는 310 K이다.

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

17. 300 K, 1 bar의 액체에 대해 일정한 온도에서 압력만 101 bar로 증가시켰다. 액체의 밀도는  $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 이며 부피 팽창률( $\beta$ )은  $2 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ 일 때, 액체의 비엔탈피 변화 [ $\text{kJ kg}^{-1}$ ]는? (단,  $\beta \equiv \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ 이며,  $P$ ,  $V$ ,  $T$ 는 각각 압력, 비부피, 온도이다)

- ① 4.7  
 ② 6.0  
 ③ 8.0  
 ④ 9.4

18. 내부에너지, 엔탈피, 헬름홀츠(Helmholtz) 에너지, 깁스(Gibbs) 에너지는 특별한 쌍의 열역학적 독립변수들로 구성된 식들로 나타낼 수 있다. 이 식들을 통하여 얻을 수 있는 맥스웰(Maxwell) 관계식 중 옳지 않은 것은? (단,  $P$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $S$ 는 각각 압력, 몰부피, 온도, 몰엔트로피이다)

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

19. 닫힌계에서 이상기체 1몰이 일정한 온도에서 가역적으로 팽창할 때, 기체의 헬름홀츠(Helmholtz) 에너지의 변화( $\Delta A$ )와 깁스(Gibbs) 에너지의 변화( $\Delta G$ ) 간의 관계로 옳은 것은?

- ①  $\Delta A = \Delta G$   
 ②  $\Delta A = -\Delta G$   
 ③  $\Delta A > \Delta G$   
 ④  $\Delta A < \Delta G$

20. 혼합물에서 성분  $i$ 의 화학포텐셜을 정의한 식은? (단,  $G$ 는 혼합물의 몰 깁스(Gibbs) 에너지,  $H$ 는 혼합물의 몰엔탈피,  $n$ 은 혼합물의 몰수,  $n_i$ 는 성분  $i$ 의 몰수이며,  $P$ ,  $V$ ,  $T$ 는 각각 압력, 몰부피, 온도이다)

- ①  $\left[ \frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{P, T, n_{j \neq i}}$   
 ②  $\left[ \frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{V, T, n_{j \neq i}}$   
 ③  $\left[ \frac{\partial(nH)}{\partial n_i} \right]_{P, T, n_{j \neq i}}$   
 ④  $\left[ \frac{\partial(nH)}{\partial n_i} \right]_{V, T, n_{j \neq i}}$

21. 디에틸케톤(1)과  $n$ -헥산(2)으로 구성된 2성분계 혼합물이  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 일정한 온도에서 기-액 상평형을 이루고 있다. 순수 디에틸케톤과 순수  $n$ -헥산의 포화증기압은 각각  $30\text{ kPa}$ 과  $90\text{ kPa}$ 이다. 액체상에서 디에틸케톤의 몰분율이  $0.4$ 일 때, 혼합물의 압력( $P$ )과 기체상에서 디에틸케톤의 몰분율( $y_1$ )의 값을 바르게 연결한 것은? (단, 주어진 조건에서 디에틸케톤과  $n$ -헥산의 활동도계수는 각각  $1.35$ 와  $1.20$ 이다. 기-액 상평형 계산은 수정된 라울(Raoult)의 법칙을 따른다)

	$P[\text{kPa}]$	$y_1$
①	67.5	0.20
②	67.5	0.36
③	81.0	0.20
④	81.0	0.36

22. 용액 열역학에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 라울(Raoult)의 법칙은 온도 및 압력 조건과 관계없이 모든 액체 혼합물에 정확하게 적용된다.  
 ② 혼합과정에서 엔트로피의 변화가 없다면 해당 용액은 이상용액이다.  
 ③ 동일한 온도와 압력에서 각 성분의 화학포텐셜이 모든 상에서 같을 때 그 상들이 평형을 이룬다.  
 ④ 루이스-랜달(Lewis-Randall) 규칙에 따라 이상용액 중의 각 성분의 퓨가시티(fugacity)는 그 성분의 몰분율에 반비례한다.

23. 환산온도는  $1.20$ 이고 환산압력은  $1.25$ 의 상태에 있는 어떤 순수 기체에 대해 일반화된 상관관계 방법으로 계산한 퓨가시티(fugacity) 계수는  $0.8$ 이다. 기체의 임계온도와 임계압력이 각각  $300\text{ K}$ ,  $50\text{ bar}$ 일 때, 기체의 퓨가시티[bar]는?

- ① 30  
 ② 40  
 ③ 50  
 ④ 60

24.  $298.15\text{ K}$ ,  $100\text{ kPa}$ 의 일정한 온도와 압력에서 벤젠과 사이클로헥산으로 구성된 2성분계 혼합용액의 몰엔탈피( $H$ )[ $\text{J mol}^{-1}$ ]는 다음 식으로 표현된다. 등몰 혼합용액에서 사이클로헥산의 부분 몰엔탈피 [ $\text{J mol}^{-1}$ ]는? (단,  $x_1$ 은 혼합용액에서 벤젠의 몰분율이다)

$$H = -3,400 + 4,500x_1 - 3,200x_1^2$$

- ①  $-4,200$   
 ②  $-2,600$   
 ③  $-1,950$   
 ④  $-1,300$

25. 3몰의 고체 시료 A와 1몰의 기체 시료 B가 반응하여 2몰의 기체 C를 생성하는 화학반응이 있다.  $300\text{ K}$ 에서 전체 압력이  $6\text{ bar}$ 일 때 해당 반응은 평형에 도달하며 반응의 평형상수는  $1$ 이다. 평형 상태에서 기체 B의 부분압력[bar]은? (단, A는 기체상으로부터 분리되는 고체이며, B와 C는 이상기체 상태에 있다고 가정한다)

- ① 2  
 ② 3  
 ③ 4  
 ④ 5