

## 화공열역학

1. 닫힌계의 피스톤-실린더 장치 내 유체(계)에 작용하는 압축-팽창 일(work)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 일은 계로 유입될 때 양수로 간주하고,  $P$ 는 압력,  $V^t$ 는 총부피(total volume)이다)

- ① 계를 압축하는 경우 가역일은 비가역일보다 크다.
- ② 압축-팽창 일은 초기 및 최종상태들뿐만 아니라 경로에 따라 달라진다.
- ③ 압축-팽창 일은 계의 총부피 변화와 연관되어 있다.
- ④ 압축-팽창 일은 가역과정일 때  $-\int P dV^t$ 이다.

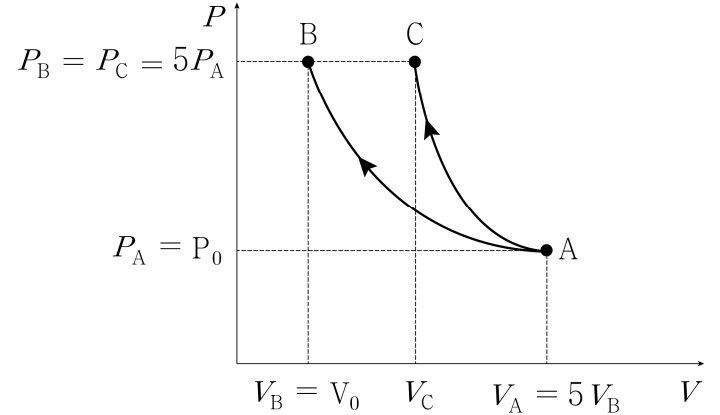
2. 이상기체의 닫힌계 가역 공정에 대하여 초기상태에서 최종상태로의 계의 엔탈피 변화와 항상 같은 것은? (단, 초기상태와 최종상태의 온도는 다르다)

- ① 정적 공정에서 내부에너지 변화
- ② 정적 공정에서 계 내부로 전달되는 열
- ③ 정압 공정에서 내부에너지 변화
- ④ 정압 공정에서 계 내부로 전달되는 열

3.  $3,070 \text{ kJ kg}^{-1}$ 의 비엔탈피 값을 가진  $300^\circ\text{C}$ ,  $300 \text{ kPa}$ 의 과열증기가 단열 압축기를 통해  $600 \text{ kPa}$ 로 압축된다. 가역단열 압축 시  $600 \text{ kPa}$ 의 과열증기의 비엔탈피 값은  $3,270 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다. 압축기의 효율이  $80\%$ 라면, 압축기 출구에서 과열증기의 비엔탈피 [ $\text{kJ kg}^{-1}$ ] 값은? (단, 정상상태 흐름 공정이고, 증기의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시한다)

- ① 3,110
- ② 3,170
- ③ 3,230
- ④ 3,320

4. 이상기체 1몰이 닫힌계에서  $A \rightarrow B$ (등온 압축)와  $A \rightarrow C$ (단열 압축) 두 개의 역학적으로 가역적인 공정을 각각 수행할 때, 공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $T_i$ 는  $i$ 지점에서의 절대온도,  $V_i$ 는  $i$ 지점에서의 부피,  $R$ 는 기체상수,  $\Delta U$ 는 내부에너지 변화,  $\Delta H$ 는 엔탈피 변화이고,  $C_P$ 와  $C_V$ 는 각각 정압 열용량과 정적 열용량이며 온도에 무관하다)

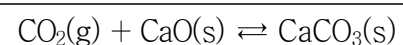


- ①  $A \rightarrow B$  공정에서 방출한 열량의 절댓값은  $5P_0V_0 \ln 5$ 이다.
- ②  $A \rightarrow B$  공정에서  $\Delta U$ 는 0이다.
- ③  $A \rightarrow C$  공정에서  $\frac{\Delta U}{\Delta H} = \frac{C_V}{C_P}$ 이다.
- ④  $A \rightarrow C$  공정에서  $\frac{T_C}{T_A} = \left(\frac{V_A}{V_C}\right)^{C_V/R}$ 이다.

5. 어떤 화합물에 대한 증기압의 온도 의존성은 특정 온도 구간에서 식  $\ln P^{\text{sat}} = 4 - \frac{A}{T}$ 와 같다. Clausius-Clapeyron 식을 사용하여 해당 온도 구간에서 증발잠열을 계산한 결과  $40 \text{ kJ mol}^{-1}$ 의 일정한 값을 얻었을 때, 온도 의존성 식에 보인 상수  $A[\text{K}]$ 의 값은? (단, 이 화합물의 기체상은 이상기체로 간주하며, 기체상수는  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

- ① 1,000
- ② 3,200
- ③ 5,000
- ④ 9,000

6. 다음 반응계의 자유도( $F$ ) 값은?

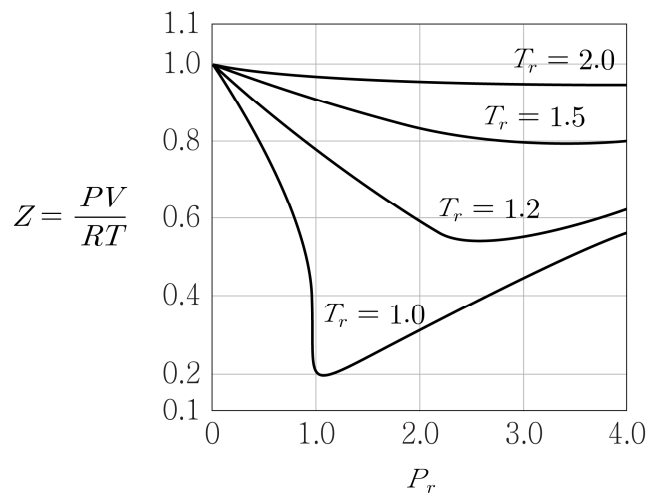


- ① 0
- ② 1
- ③ 2
- ④ 3

7. 어떤 화학반응에 대하여 온도  $T$  [K]의 함수로서 반응 평형상수  $K$ 는  $\ln K = -\frac{6,000}{T} + 15$ 로 주어졌다. 반응 평형상수의 온도 의존성을 나타내는 van't Hoff 식을 적용하여 구한 표준 반응엔탈피( $\Delta H^0$ )와 300 K에서의 표준 깃스에너지 변화( $\Delta G^0$ )의 값을 바르게 연결한 것은? (단, 기체상수  $R$ 는  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

|   | $\Delta H^0 [\text{kJ mol}^{-1}]$ | $\Delta G^0 [\text{kJ mol}^{-1}]$ |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① | 24                                | 6                                 |
| ② | -24                               | 6                                 |
| ③ | 48                                | 12                                |
| ④ | -48                               | 12                                |

8. 다양한 기체들의 압축성 인자(compressibility factor)  $Z$ 를 환산압력(reduced pressure)  $P_r$ 와 환산온도(reduced temperature)  $T_r$ 의 함수로 나타낸 그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



- ① 이상기체로부터 벗어난 정도는 임계점 부근에서 가장 작다.  
 ② 매우 낮은 압력( $P_r \ll 1$ )에서 기체는 온도에 관계없이 이상기체로 가정될 수 있다.  
 ③ 높은 온도( $T_r > 2$ )에서 기체는 매우 높은 압력( $P_r \gg 1$ )을 제외하고는 압력에 관계없이 이상기체로 가정될 수 있다.  
 ④ 대응상태의 원리란 동일한  $T_r$ 와  $P_r$ 에서 모든 기체의  $Z$ 는 근사적으로 같다는 것이다.

9. 1 bar에서  $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$  반응이 진행된다. 이 반응의 표준 반응열이 반응온도와 관계없이 항상 일정한 경우는? (단, 화합물 A와 화합물 B의 정압 몰열용량은 각각 온도에 관계없이 일정한 값을 가진다)

- ① A의 정압 몰열용량이 B의 정압 몰열용량과 같을 때  
 ② A의 정압 몰열용량이 B의 정압 몰열용량의 0.5배일 때  
 ③ A의 정압 몰열용량이 B의 정압 몰열용량의 2배일 때  
 ④ A의 정압 몰열용량이 B의 정압 몰열용량의 4배일 때

10. 온도( $T$ ), 압력( $P$ ), 몰부피( $V$ )에 관한 van der Waals 상태방정식

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

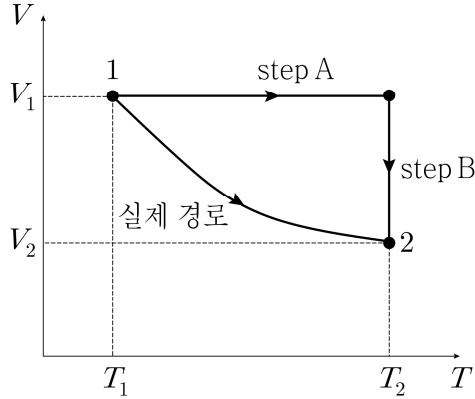
에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 이 상태방정식은 주어진 온도에서 부피에 대하여 항상 3개의 실근을 가진다.  
 ②  $a$ 와  $b$ 는 특정 성분에 따라 고유한 값을 가지며 양의 상수들이다.  
 ③  $\frac{a}{V^2}$  항이 존재하는 이유는 분자들 간의 인력을 고려하기 위함이다.  
 ④ 물리적으로 의미가 있는  $V$ 의 값은 언제나 상수  $b$ 보다 큰 양의 실수여야 한다.

11. 임계점 아래 순수유체의 기액 상거동에서 과냉각된 액체를 포화 액체로 만드는 방법으로 옳지 않은 것은?

- ① 일정한 압력에서 온도를 높인다.  
 ② 일정한 온도에서 압력을 낮춘다.  
 ③ 일정한 압력에서 부피를 증가시킨다.  
 ④ 일정한 부피에서 압력을 높인다.

12. 그림은 닫힌계의 피스톤-실린더 장치에서 이상기체가 상태 1( $T_1$ ,  $V_1$ )에서 상태 2( $T_2$ ,  $V_2$ )로 가역적으로 변하는 과정을 보여 준다. 실제 경로를 그림과 같이 두 단계(step A와 step B)로 나누었을 때, 각 단계에 대한 계의 엔트로피 변화( $\Delta S_{\text{sys, step A}}$ ,  $\Delta S_{\text{sys, step B}}$ )를 바르게 연결한 것은? (단,  $C_P$ 와  $C_V$ 는 각각 정압 열용량과 정적 열용량이고,  $T$ 와  $V$ 는 각각 온도와 부피이며,  $R$ 는 기체상수이다)



- | $\Delta S_{\text{sys, step A}}$       | $\Delta S_{\text{sys, step B}}$     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\int_{T_1}^{T_2} C_V \frac{dT}{T}$ | $R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ |
| ② $\int_{T_1}^{T_2} C_V \frac{dT}{T}$ | $R \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ |
| ③ $\int_{T_1}^{T_2} C_P \frac{dT}{T}$ | $R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ |
| ④ $\int_{T_1}^{T_2} C_P \frac{dT}{T}$ | $R \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ |

13. 450 °C, 20 kgf cm<sup>-2</sup>의 어떤 기체가 정상상태 흐름에서 조름 공정을 통해 출구 압력이 5 kgf cm<sup>-2</sup>로 감소할 때, 기체의 출구 온도[°C]는? (단, 이 기체의 Joule-Thomson 계수는 6 °C cm<sup>2</sup> kgf<sup>-1</sup>로 일정하다)

- ① 330  
② 360  
③ 390  
④ 420

14. 고온부의 온도  $T_H$ 와 저온부의 온도  $T_C$  사이에서 작동하는 이상적인 Carnot 열기관의 효율이 0.25이다. 같은  $T_H$ 와  $T_C$  사이를 이상적인 Carnot 냉동기로 냉각시킨다고 할 때, Carnot 냉동기의 성능계수는?

- ① 0.25  
② 1  
③ 3  
④ 4

15. 프로페인(propene)을 제조하는 프로펜(propene)의 기상 수소첨가 반응  $[C_3H_6(g) + H_2(g) \rightleftharpoons C_3H_8(g)]$ 의 298 K에서 표준 반응 엔탈피가 -124 kJ일 때, 이 반응의 평형 전환율을 높이기 위한 압력과 온도의 변화를 바르게 연결한 것은?

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

16. 성분 A와 B로 구성된 2성분계 혼합물을 기상과 액상으로 플래시(flash) 시켰을 때, 100 °C의 온도와 100 kPa의 압력에서 기상과 액상이 평형을 이루고 있다. 성분 A의 포화증기압은 200 kPa이고, 액상에서 성분 A의 몰분율은 0.2이다. 기상과 액상 전체에서 성분 A의 총괄 몰분율이 0.3일 때, 기상과 액상 전체에서 기상이 차지하는 몰분율은? (단, 기액 상평형 계산은 Raoult의 법칙을 따른다)

- ① 0.2  
② 0.4  
③ 0.5  
④ 0.6

17. 견고한 고압가스 용기에 300 K의 질소가 충전되어 있다. 질소가 0.1 kg h<sup>-1</sup>의 일정한 속도로 밸브를 통해 배출되고 있다. 배출 중 용기 내 온도를 일정하게 유지하기 위해 시간당 공급해야 할 열 [kJ h<sup>-1</sup>]은? (단, 질소는 이상기체이고, 정압 열용량은 1.0 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, 정적 열용량은 0.7 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>이다. 배출 과정에서 질소의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시하며, 열손실과 축일은 없다)

- ① 6  
② 9  
③ 21  
④ 30

18. 부피가 일정한 닫힌계 반응기에서 1 mol의 일산화탄소(CO) 가스와 2 mol의 수소(H<sub>2</sub>) 가스를 반응시켜 1 mol의 메탄올(CH<sub>3</sub>OH) 가스를 합성한다. 1,000 K, 1 bar에서 이 반응에 대한 반응 엔탈피는 -103 kJ이다. 반응이 1,000 K의 일정한 온도에서 일어난다면, 이 과정 동안에 전달되는 열( $|Q|$ )[kJ]은? (단, 반응물과 생성물은 모두 이상기체로 간주하고, 관련된 일은 없으며, 기체상수  $R$ 는  $8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

① 87  
② 95  
③ 103  
④ 119

19. 엔트로피에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

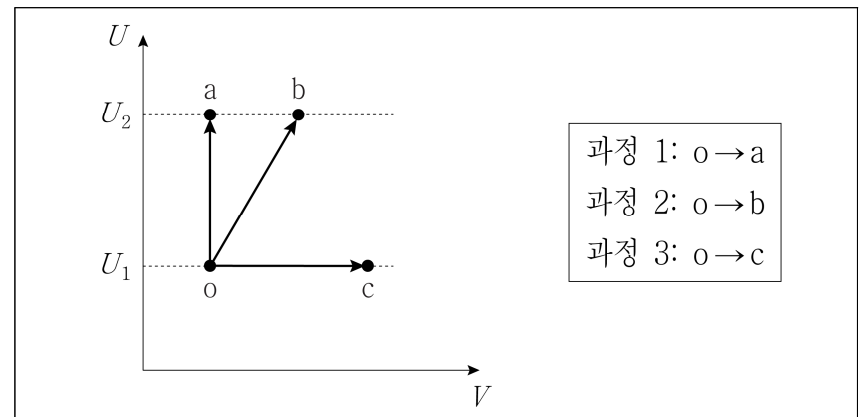
- ㄱ. 가역 공정으로 구성된 Carnot 열기관이 순환되어 초기상태로 돌아왔을 때 계의 엔트로피 변화는 0이다.  
ㄴ. 온도가 다른 열원 사이의 열전달 과정에서 우주(전체)의 엔트로피는 감소한다.  
ㄷ. 임의의 비가역 공정에 대해 계의 엔트로피 변화는 언제나 0보다 크다.  
ㄹ. 초기상태와 최종상태가 같은 가역 공정과 비가역 공정을 비교했을 때, 계의 엔트로피 변화는 항상 같다.

① ㄱ, ㄴ  
② ㄱ, ㄷ  
③ ㄱ, ㄹ  
④ ㄷ, ㄹ

20. 대기압에서 수행되는 정상상태 흐름 공정에서  $T_1$ 의 온도와  $\dot{n}_1$  [mol s<sup>-1</sup>]의 유속으로 공급되는 공기가  $T_2$ 의 온도와  $\dot{n}_2$  [mol s<sup>-1</sup>]의 유속으로 공급되는 공기와 연속적으로 혼합되어 대기압에서 온도가  $T_3$ 인 생성물 흐름으로 배출된다. 이 공정의 엔트로피 생성률( $\dot{S}_{\text{gen}}$ )을 구하는 식은? (단, 공기는 이상기체이고, 공기의 정압 열용량  $C_P$ 는 온도에 무관하게 일정하며, 외부의 온도는  $T_0$ 이고,  $\dot{Q}$ 는 계로 전달되는 열전달률로서 계로 전달될 때 양의 값을 갖는다.  $T_1 > T_2 > T_3 > T_0$ 이며, 흐름들의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시한다)

- ①  $C_P \left( \dot{n}_1 \ln \frac{T_2}{T_1} + \dot{n}_2 \ln \frac{T_3}{T_2} \right) - \frac{\dot{Q}}{T_0}$   
②  $C_P (\dot{n}_1 + \dot{n}_2) \left( \ln \frac{T_2}{T_1} + \ln \frac{T_3}{T_2} \right) - \frac{\dot{Q}}{T_0}$   
③  $C_P \left( \dot{n}_1 \ln \frac{T_3}{T_1} + \dot{n}_2 \ln \frac{T_3}{T_2} \right) - \frac{\dot{Q}}{T_0}$   
④  $C_P (\dot{n}_1 + \dot{n}_2) \left( \ln \frac{T_3}{T_1} + \ln \frac{T_3}{T_2} \right) - \frac{\dot{Q}}{T_0}$

21. 그림은 닫힌계에서 이상기체의 내부에너지( $U$ ) 변화를 나타낸 것이다. 정압 열용량  $C_P$ 와 정적 열용량  $C_V$ 는 온도에 무관하다고 가정할 때, 역학적으로 가역인 각 과정(과정 1 ~ 3)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단,  $V$ 는 부피이고,  $Q_i$ 는 과정  $i$ 에서 계로 전달되는 열이다.  $U_1$ 에 대한 온도는  $T_1$ 이고,  $U_2$ 에 대한 온도는  $T_2$ 이다)

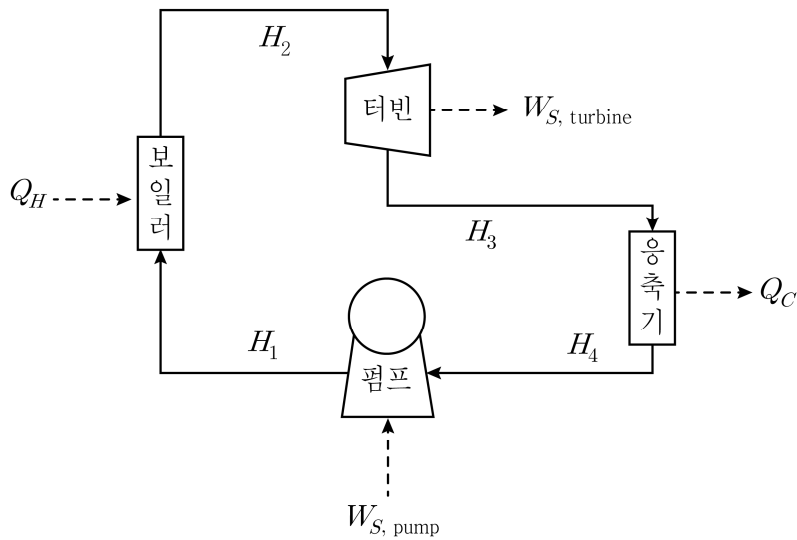


- 과정 1: o → a  
과정 2: o → b  
과정 3: o → c

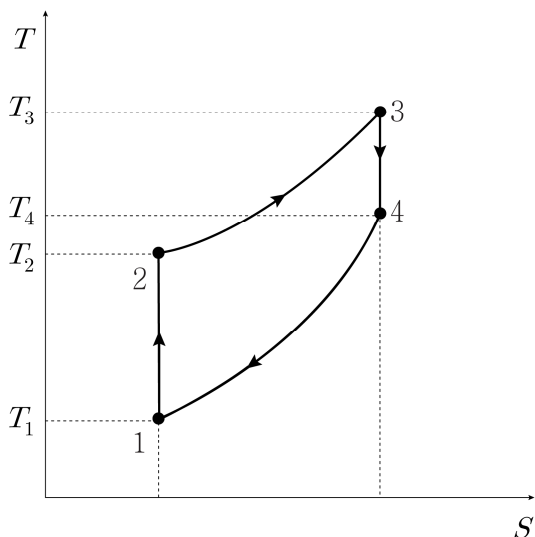
- ㄱ. 과정 1과 과정 2에서 이 기체의 내부에너지 변화는 모두  $C_V(T_2 - T_1)$ 으로 같다.  
ㄴ. 과정 3에서 이 기체의 엔탈피 변화는 내부에너지 변화보다 크다.  
ㄷ.  $Q_1 > Q_2$ 이다.

① ㄱ  
② ㄱ, ㄴ  
③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ

22. 그림은 수증기로 작동하는 단순 이상적 Rankine 순환 공정을 나타낸다. 보일러에서 생성된 8,000 kPa, 500 °C의 과열수증기(엔탈피  $H_2 = 3,400 \text{ kJ kg}^{-1}$ )가 터빈으로 공급된다. 터빈으로부터 나오는 증기는 10 kPa에서 응축기로 들어가 포화 액체로 응축된 후, 펌프를 거쳐 보일러로 이송된다. 터빈과 펌프는 등엔트로피 공정으로 작동되며, 터빈에서 나오는 일과 펌프로 들어간 일은 각각  $1,280 \text{ kJ kg}^{-1}$ 과  $8 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다. 이 조건에서 운전되는 Rankine 순환 공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 10 kPa에서 포화 액체의 엔탈피는  $192 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이고, 정상상태 흐름의 에너지 식을 적용하며, 작동유체의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시한다)



- ① 보일러에서의 엔탈피 변화는  $3,200 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다.  
 ② 터빈 공정 후의 엔탈피  $H_3$  값은  $2,800 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다.  
 ③ 펌프 공정 후의 엔탈피  $H_1$  값은  $200 \text{ kJ kg}^{-1}$ 이다.  
 ④ 이 Rankine 순환 공정의 열효율은 45 % 보다 낮다.
23. 그림은 이상적인 공기표준 디젤 사이클의 온도( $T$ )–엔트로피( $S$ ) 선도이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단,  $C_P$ 와  $C_V$ 는 각각 정압 열용량과 정적 열용량이고 온도에 무관하다)



- ①  $1 \rightarrow 2$  과정과  $3 \rightarrow 4$  과정은 단열 과정이다.  
 ②  $2 \rightarrow 3$  과정에서 압력이 증가한다.  
 ③  $4 \rightarrow 1$  과정은 정적 과정이다.  
 ④ 열효율은  $\eta = 1 - \frac{C_V}{C_P} \left( \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \right)$ 이다.

24. 가스 터빈 기관에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 압축기, 연소실, 터빈의 구성요소를 포함한다.  
 ② 터빈에 유입되는 연소기체의 온도가 높을수록 효율은 높아진다.  
 ③ 실제 가스 터빈에서 기체의 터빈 입구 최고온도는 터빈의 재료에 따라 제한된다.  
 ④ 이상적인 사이클의 알짜(net) 일은 등엔트로피 팽창으로 터빈에서 생산된 일이다.

25. 상온에서 총부피( $V^t$ )가  $2,000 \text{ cm}^3$ 인 2성분계 등몰 혼합용액을 만들고자 할 때, 투입해야 하는 각 성분의 부피  $V_1^t$ ,  $V_2^t$ 를 바르게 연결한 것은? (단, 성분 1의 부분 몰부피와 순수 몰부피는 각각  $\bar{V}_1 = 30 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ,  $V_1 = 32 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 이고, 성분 2의 부분 몰부피와 순수 몰부피는 각각  $\bar{V}_2 = 10 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ,  $V_2 = 12 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 이다. 두 성분은 반응하지 않으며, 혼합열과 증발은 무시한다)

|   | $V_1^t [\text{cm}^3]$ | $V_2^t [\text{cm}^3]$ |
|---|-----------------------|-----------------------|
| ① | 1,500                 | 500                   |
| ② | 1,500                 | 600                   |
| ③ | 1,600                 | 500                   |
| ④ | 1,600                 | 600                   |