화공열역학

문 1. 70 ℃에서 물의 포화증기압은 31.16 kPa이고 증발잠열은 2,334 kJ/kg 이며, 수증기와 물의 비부피는 각각 5,046.3 cm^3/g 및 1.023 cm^3/g 이다. 70 ℃에서 수증기와 평형상태에 놓여있는 1 g의 물이 증발하였을 때 물의 내부에너지 변화 [J]는?

① 1,953 ② 2,087
③ 2,103 ④ 2,177

문 2. 어떤 기체가 1 atm에서 가역과정을 통해 10 ft^3에서 18 ft^3으로 등압팽창하였을 때 이 기체가 한 일의 양 [Btu]은?
(단, 1 Btu = 778 ft · lb_f 이다)

① 18.1 ② 21.8
③ 32.7 ④ 117.6

문 3. 어떤 수증기 동력 플랜트에서 수증기가 온도 1,200 K인 보일러에서 2,000 kJ/kg의 열을 흡수하고, 터빈에서 일을 생산한 후 300 K의 응축기로 유입된다. 이 동력 플랜트를 Carnot 엔진으로 가정하면, 수증기 1 kg으로 얻을 수 있는 최대의 일 [kJ]은?
(단, 펌프에 소요되는 일은 무시한다)

① 750 ② 900
③ 1,500 ④ 2,500

문 4. 1 몰의 포화 에탄올 증기가 표준끓는점에서 응축하였을 때 에탄올의 엔트로피 변화 [kJ/(mol · K)]는?
(단, 표준끓는점에서 기화에 따른 엔탈피 변화는 $\Delta H_{vap,\ C_2H_6O}$ = 39 kJ/mol이고, 표준끓는점은 78 ℃이다)

① − 0.5 ② − 0.11
③ 0.11 ④ 0.5

문 5. 열역학적 성질들 사이의 관계식인 Maxwell 식 중에서 옳지 않은 것은?

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

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

문 6. 1 atm, 25 ℃에서 다음과 같은 반응이 일어난다면 표준반응열 [kcal]은?
(단, 25 ℃에서 CH_4, C_2H_2 및 H_2의 표준연소열은 각각 − 192, − 300 및 − 58 kcal/mol이다)

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$$

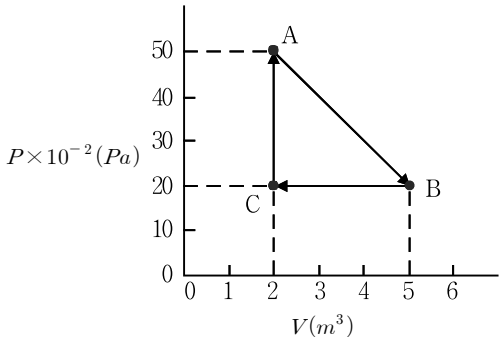
① − 90 ② − 45
③ 45 ④ 90

문 7. 정압열용량이 C_P = 30 J/(mol · K)인 이상기체 1 몰이 20 ℃, 1 bar의 초기 상태에서 다음과 같이 각각 다른 경로에 따라 20 ℃, 4 bar로 변화하였다. 다음의 가역공정 중 소요되는 일의 크기가 가장 작은 것은?

ㄱ. 20 ℃의 온도에서 등온압축
ㄴ. 일정 부피에서 4 bar까지 가열 후, 4 bar의 일정압력에서 20 ℃까지 냉각
ㄷ. 최종부피가 되도록 단열압축 후, 일정부피에서 냉각

① ㄱ ② ㄴ
③ ㄷ ④ 모두 같다.

문 8. 다음 그림은 어떤 닫힌계에 대한 압력-부피의 관계를 보여준다. A의 상태에서 시작하여 B와 C의 상태를 거쳐 다시 A의 상태로 돌아오는 가역 순환과정에서 순 일(net work)의 양 [J]은?



① 4,500 ② 6,000
③ 9,000 ④ 10,500

문 9. 순수 유체의 PVT 거동을 나타내는 아래와 같은 상태방정식이 있다. 온도가 일정하다고 가정할 때 순수 유체의 퓨개시티 계수 (fugacity coefficient)에 대한 적절한 표현식은?
(단, P는 압력, V는 몰부피, a는 상수, R은 기체상수, T는 절대온도이다)

$$P(V-a) = RT$$

① $\exp(-\frac{aP}{RT})$ ② $\exp(1-\frac{aP}{RT})$

③ $\exp(\frac{aP}{RT})$ ④ $\exp(\frac{aP}{RT}-1)$

문 10. 단열된 반응기에 25 ℃로 공급된 1 몰의 기체 A와 2 몰의 기체 B가 반응하여 모두 D가 되었다면 반응기 내의 최종온도 [℃]는?
(단, A와 B는 원소이다)

A + 2 B → D
자료 : $C_{P,A}$ = 30 J/(mol · K), $C_{P,B}$ = 20 J/(mol · K),
$C_{P,D}$ = 100 J/(mol · K)
25 ℃에서 D의 표준생성열 = − 50,000 J/mol

① 500 ② 525
③ 1,667 ④ 1,692

문 11. 냉동 및 액화에 관한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 조름공정과 등압냉각공정에서는 액화가 일어나지만, 터빈의 팽창과 등엔트로피 압축공정에서는 액화가 불가능하다.

② Carnot 냉동기의 성능계수는 냉매와 무관하며, 압축기는 등엔트로피 과정으로 볼 수 있다.

③ 주위의 온도가 27 ℃이고 −3 ℃ 수준의 온도를 가지는 Carnot 냉동기의 성능계수는 9.0이다.

④ 열펌프는 열기관의 반대공정으로 역열기관이다.

문 12. 기-액 평형에 관한 설명 중 옳지 않은 것은?

① Raoult의 법칙은 일반적으로 중·저압 범위에서 유효하다.

② Raoult의 법칙을 적용하면 임계온도가 적용온도보다 낮은 미량 용질의 부분압을 산출할 수 있다.

③ Duhem의 정리는 계의 세기 상태와 마찬가지로 크기 상태가 고정되어 있는 닫힌 평형계에 대해서 적용된다.

④ Duhem의 정리에 의하면 초기에 미리 정해진 화학성분들의 주어진 질량으로 구성된 어떤 닫힌계에 대해서도 임의의 두 개의 변수를 고정하면 평형상태는 완전히 결정된다.

문 13. 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① 비압축성유체의 경우 정압비열(C_P)과 정용비열(C_V)이 거의 비슷하다.

② 유체의 잔류성질(residual properties)은 이상기체 상태에 대한 실제기체 상태의 비교 특성을 나타내고, 압력이 낮을수록 그 절대값이 작다.

③ 기체의 경우 환산온도(T_r)가 클수록 이상기체 상태에 가깝고, 잔류엔탈피(residual enthalpy : H^R)는 절대값이 작아진다.

④ 순수한 두 상간의 평형에서 압력과 온도의 의존도를 나타내는 Clapeyron식은 두 상의 Gibbs 에너지 변화의 합이 0이 되는 것을 기준으로 해석한 것이다.

문 14. 어떤 Carnot 냉동기에서 고열원의 온도는 300 K이고 저열원의 온도는 250 K이다. 저온에서 흡수된 열량이 150 J일 때, 이 계에 가해주어야 할 일 [J]은?

① 10 ② 30
③ 50 ④ 100

문 15. 초기상태가 2 bar, 300 K인 이상기체 5 몰로 구성된 계(system)가 가역공정을 거쳐 변화한다. 다음 공정 중 외계(surroundings)의 엔트로피가 감소하는 경우는?

① 등온공정으로 압력이 1 bar로 감소

② 등압공정으로 온도가 200 K로 감소

③ 단열공정으로 압력이 1 bar로 감소

④ 단열공정으로 온도가 200 K로 감소

문 16. 2 몰의 이상기체 A와 3 몰의 이상기체 B로 이루어진 이상기체 혼합물이 있다. 이상기체 혼합물의 부피는 2,050 cm^3 이며, 온도는 500 K이다. 이 혼합물에서 B성분의 퓨개시티(fugacity) [atm]는? (단, 기체상수는 R = 0.082 atm · L/(mol · K)이다)

① 20 ② 40
③ 60 ④ 100

문 17. 어떤 기체의 몰부피는 300 K, 2 bar에서 15,000 cm^3/mol이다. 이상기체의 거동을 하지 않는다고 가정할 때, 300 K, 3 bar에서 이 기체의 몰부피 [cm^3/mol]는? (단, 기체상수는 R = 83.14 cm^3 · bar/(mol · K)이며, 제2비리얼 계수 B까지 이용한다)

① 9,843 ② 10,843
③ 11,843 ④ 12,843

문 18. 뚜껑이 닫혀있는 병에 들어있는 사이다는 이산화탄소가 물에 용해되어 있는 기-액 평형 시스템으로 단순화시킬 수 있다. 어떤 뚜껑이 닫혀있는 사이다 병 내부의 게이지 압력이 온도 25 ℃에서 0.5 atm이고, 기상에서 이산화탄소의 몰분율이 0.95일 경우에 물에 용해되어 있는 이산화탄소의 몰퍼센트 [몰%]는? (단, 25 ℃에서 물에 용해된 이산화탄소에 대한 Henry 상수는 약 1,500 atm이며, 대기압은 1 atm이다)

① 0.003 ② 0.032
③ 0.064 ④ 0.095

문 19. 초기에 3 몰의 CO_2, 5 몰의 H_2 및 2 몰의 CO가 들어있는 계에서 다음 반응이 일어난다. 반응이 진행되는 동안 H_2와 CO의 몰분율을 두 반응의 반응좌표 ϵ_1과 ϵ_2의 함수로 바르게 나타낸 것은? (단, 여기에서 하첨자 1과 2는 반응지표이다)

$$CO_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow CH_3OH(g) + H_2O(g) \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$
$$CO_2(g) + H_2(g) \rightarrow CO(g) + H_2O(g) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

① $y_{H_2} = \dfrac{5-3\epsilon_1-\epsilon_2}{10-2\epsilon_1-2\epsilon_1}$ $\quad y_{CO} = \dfrac{2-\epsilon_2}{10-2\epsilon_1-2\epsilon_2}$

② $y_{H_2} = \dfrac{5+3\epsilon_1+\epsilon_2}{10-2\epsilon_1-2\epsilon_1}$ $\quad y_{CO} = \dfrac{2+\epsilon_2}{10-2\epsilon_1-2\epsilon_2}$

③ $y_{H_2} = \dfrac{5-3\epsilon_1-\epsilon_2}{10-2\epsilon_1}$ $\quad y_{CO} = \dfrac{2-\epsilon_2}{10-2\epsilon_1}$

④ $y_{H_2} = \dfrac{5-3\epsilon_1-\epsilon_2}{10-2\epsilon_1}$ $\quad y_{CO} = \dfrac{2+\epsilon_2}{10-2\epsilon_1}$

문 20. 압축성 유체의 노즐흐름에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 수렴노즐에서 음속 이상의 속도를 갖는 유체는 단면적이 감소함에 따라 압력이 증가한다.

② 수렴노즐에서 음속 이하의 속도를 갖는 유체는 단면적이 감소함에 따라 속도가 증가한다.

③ 수렴/발산노즐에서는 입구압력과 출구압력의 비 P_2/P_1가 임계점 이하이면 출구압력 P_2가 아무리 감소하여도 노즐의 유량에 영향을 미치지 못한다.

④ 발산노즐에서 도달할 수 있는 유체의 최고속도는 음속과 같다.