

01. ④ 02. ③ 03. ⑤ 04. ① 05. ③ 06. ③ 07. ⑤ 08. ① 09. ① 10. ⑤
11. ④ 12. ③ 13. ⑤ 14. ② 15. ④ 16. ② 17. ① 18. ④ 19. ② 20. ⑤

1. 에너지 보존 법칙

[정답맞히기] 드라이아이스가 승화하는 반응은 흡열 반응이고, 반응 전과 후의 계와 주위의 에너지 총합은 항상 일정하다. **정답④**

2. 분자 간 힘

전기 음성도가 큰 F, O, N에 결합된 H 원자와 이웃하는 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 인력을 수소 결합이라고 한다.

[정답맞히기] ㄱ. (다)는 수소 결합이 작용하는 분자이고, (가)는 극성 분자이므로 분자 사이의 인력은 (다)가 (가)보다 크다. 따라서 $t < 16.6$ 이다.

ㄴ. 끓는점이 높으면 액체 분자 사이의 인력이 큰 것이므로 (다) > (나)이다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. 분산력은 분자량이 클수록 크므로 분산력은 (라) > (가)이다.

3. 헤스 법칙

화학 반응이 일어나는 동안에 방출하거나 흡수하는 열량은 반응의 처음 물질과 나중 물질의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 항상 일정하다는 법칙이 헤스 법칙이다.

[정답맞히기] 단계 I에서 $\text{NaOH}(s)$ 이 용해되고 중화 반응하는 반응 엔탈피가 한꺼번에 제시된 것이다. 단계 II에서 용해 엔탈피를 구했으면, 단계 3에서는 중화 반응의 반응 엔탈피를 구해야 한다. **정답⑤**

4. 수소 결합

수소 결합에 의한 물의 특성으로는 밀도와 부피 변화, 녹는점과 끓는점, 융해열과 기화열, 비열 등이 있다.

[정답맞히기] (가)의 물이 얼면 수소 결합에 의해 부피가 증가하게 되고 밀도가 작아지게 된다. **정답①**

[오답피하기] (나)에서 물에 소금을 녹이면 어는점이 낮아지는 것은 물만의 특성이 아닌 액체 분자 모두에 해당되는 특성이다.

(다)에서 외부 압력이 낮아지면 낮은 증기 압력에서도 물이 끓을 수 있게 되는 것이므로 물 분자 자체의 특성과는 무관한 성질이다.

5. 물질의 가열 곡선

$y^{\circ}\text{C}$ 에서 X는 액체 상태이므로 (가)에서 $x^{\circ}\text{C}$ 보다 낮은 온도에서 X는 고체이다.

[정답맞히기] ㄱ. x 는 녹는점이므로 (나)에서 t_2 에 해당한다.

ㄴ. (가)에서 고체 상태보다 액체 상태의 1g의 부피가 크므로 액체 상태의 밀도가 작고 고체 상태의 밀도가 크다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. $t_1^\circ\text{C}$, 20 g의 X는 (나)에서보다 질량이 2배가 되었으므로 용해열이 2배가 된다. 따라서 가한 열량 $a\text{kJ}$ 에서는 끓는점에 도달하지 못하고 액체 상태일 것이고, 온도는 t_3 보다 작게 된다.

6. 반응 엔탈피

25°C , 표준 상태에서 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 이 분해되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피와 반응물의 생성 엔탈피 차로 구할 수 있다. 따라서 $2x + (4 \times 218) - 52 = a$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이 승화되면 $\text{C}(g)$ 가 되므로 승화 엔탈피는 $x\text{ kJ/몰}$ 이다.

ㄷ. $a = 2x + 820$ 이고, x 는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 승화 엔탈피이므로 0보다 크다. 따라서 $a > 820$ 이다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. $\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지는 $\text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{H}(g)$ 반응의 반응 엔탈피와 같으므로 $\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지는 $2 \times 218 = 436\text{ kJ/몰}$ 이다.

7. 고체 결정 구조

[정답맞히기] ㄱ. 단위세포에 포함되는 입자의 수는 I에서 4개, II에서 2개이다. 구 1개의 질량이 2:3이므로 단위세포의 질량은 $\text{I} : \text{II} = 8:6 = 4:3$ 이다. 따라서 I이 II보다 크다.

ㄴ. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 단위세포 한 변의 길이의 세제곱이 부피와 같음을 이용하면 단위 세포의 길이가 작으면서 질량이 큰 I이 II보다 밀도가 큼을 알 수 있다. 밀도비는 $\text{I} : \text{II} = \frac{8}{9^3} : \frac{6}{10^3}$ 이다.

ㄷ. 면심 입방 구조에서 구 하나에 인접한 구의 개수는 12개이다. **정답⑤**

8. 엔탈피와 엔트로피

질산 암모늄의 용해 반응은 냉각팩에 이용되므로 흡열 반응($\Delta H > 0$)이고, 손난로에서 사용되는 철의 산화 반응은 발열 반응($\Delta H < 0$)이다.

[정답맞히기] ㄱ. 두 반응은 자발적으로 일어나는 반응이므로 전체 엔트로피($\Delta S_{\text{전체}} > 0$)는 증가하는 반응이다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 질산 암모늄의 용해 반응은 이온이 형성되므로 계의 엔트로피가 증가($\Delta S_{\text{계}} > 0$)하는 반응이지만, 철의 산화 반응은 생성물이 고체 상태이므로 계의 엔트로피가 감소($\Delta S_{\text{계}} < 0$)하는 반응이다.

ㄷ. 질산 암모늄의 용해 반응은 흡열 반응이므로 엔탈피가 증가하는 반응이지만, 철의 산화 반응은 발열 반응이므로 엔탈피가 감소하는 반응이다.

9. 반응의 자발성과 자유 에너지

[정답맞히기] A. 반응이 일어나는 실린더는 물질의 출입은 없고, 온도와 압력이 일정하게 유지되면서 열에너지의 출입이 있으므로 닫힌계이다. **정답①**

[오답피하기] B. 반응은 기체의 분자 수가 감소하는 반응이므로 $\Delta S_{\text{계}} < 0$ 이다. 또한 자발적으로 일어나는 반응이므로 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 $\Delta H < 0$ 이다. 따라서 발열 반응이므로 반응이 일어나면 주위의 엔트로피는 증가하게 되는 반응이다.

C. 반응이 자발적으로 일어난다고 하였으므로 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다.

10. 동적 평형

진공 상태인 강철 용기에 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣으면 H_2O 은 기화하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 평형 상태가 될 때까지 기화가 일어나게 된다.

[정답맞히기] ㄴ. t_3 에서 강철 용기의 온도를 $a^\circ\text{C}$ 로 올리면 증기 압력이 증가하게 되므로 기화가 일어나야 한다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 분자 수가 증가하게 되어 $\frac{\text{H}_2\text{O}(l)\text{의 몰수}}{\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 몰수}}$ 는 감소한다.

ㄷ. 에탄올을 25°C 에서 증기 압력이 x 기압보다 크다. 따라서 25°C 에서 진공 상태인 강철 용기에 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 을 넣어 상평형에 도달하면 용기 내 기체의 압력은 x 기압보다 크다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄱ. t_2 일 때는 더 이상 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 부피 변화가 일어나지 않는 것으로 보아 동적 평형에 도달한 것이다. 동적 평형 상태에서는 기화와 액화가 동시에 일어나서 더 이상 반응이 일어나지 않는 것처럼 보이게 된다.

11. 헨리 법칙

헨리 법칙에 따르는 기체는 기체의 부분 압력이 증가하면 일정량의 용매에 용해되는 기체의 질량이 증가한다.

[정답맞히기] 온도 T 에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 압력이 각각 1기압일 때 물에 대한 용해도 (g/L)가 a 와 b 이므로 평형 I에서 물분율이 부분 압력과 같아서 $A:B=0.2:0.8$ 이고, 평형 II에서 물분율이 부분 압력과 같아서 $A:B=0.4:0.6$ 이다. 물의 증발은 무시한다고 하였으므로 평형 I과 II에서 1L에 용해된 기체의 총 질량이 물분율과 관계한다고 생각하면

$$\text{I에서 } 0.2a + 0.8b = 0.6$$

$$\text{II에서 } 0.4a + 0.6b = 1.0\text{임을 알 수 있다.}$$

두 식을 연립하면 $a=2.2$, $b=0.2$ 이므로 $\frac{a}{b}=11$ 이다.

정답④

12. 용액의 농도

[정답맞히기] ㄱ. 63%의 $\text{HNO}_3(aq)$ 20g에는 $(0.63 \times 20)\text{g}$ 의 HNO_3 가 들어 있다. 따라서 (가)에서 $\text{HNO}_3(aq)$ 의 % 농도는 $\frac{0.63 \times 20}{126} \times 100 = 10\%$ 이다. 따라서 $a=10$ 이다.

ㄴ. (나)의 수용액에는 물만 넣게 되므로 HNO_3 의 몰수에는 변화가 없다. HNO_3 의 몰수는 $\frac{0.63 \times 20}{63} = 0.2$ 몰이다. 농도가 1M이므로 수용액의 총 부피는 $0.2\text{L} = 200\text{mL}$ 이어야 한다. 1M $\text{HNO}_3(aq)$ 의 밀도가 $d\text{g/mL}$ 이므로 수용액의 총 질량은 $200d\text{ g}$ 이다. (가)에서 수용액의 질량은 126g이므로 더 넣어줄 $x = 200d - 126\text{ g}$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. (다)에서도 HNO_3 의 몰수는 0.2몰이므로 0.1m 수용액에는 2kg의 물이 들어 있어야 한다. 따라서 물의 총 질량은 (가)에서 $(0.37 \times 20) + 106\text{ g}$ 이고, (나)에서 x , (다)에서 y 이므로 $x + y + 106 + (0.37 \times 20) = 2000$ 이다. 따라서 $x + y < 1900$ 이다.

13. 반응 지수와 평형 상수

(가)에서는 $Q < K$, (나)에서는 $Q = K$ (평형 상태), (다)에서는 $Q > K$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서는 B의 몰분율이 (나)에서보다 작으므로 정반응이 더 진행될 수 있는 상태이다. 따라서 반응 지수(Q)는 0.08보다 작다.

ㄴ. 2몰의 A가 반응하였으므로 평형 상수 $K = \frac{(\frac{2x}{50})^2}{\frac{2-x}{50}} = 0.08$ 이다. $\frac{4x^2}{2-x} = 4$ 이므로

$x=1$ 이다. 따라서 A는 1몰, B는 2몰이므로 A의 몰분율은 $\frac{1}{3}$ 로 0.5보다 작다.

ㄷ. (다)에서는 평형 상태보다 B의 몰분율이 크므로 역반응이 자발적으로 진행되기 때문에 정반응은 비자발적인 반응이다. 따라서 정반응의 자유 에너지 변화(ΔG)는 0보다 크다. 정답⑤

14. 기체의 성질

[정답맞히기] $PV = nRT$ 에서 $\frac{P}{T} = \frac{n}{V}R$ 이다. $\frac{P}{T}$ 는 $A:B = \frac{1}{1} : \frac{4}{2} = 1:2$ 이므로 부피가 5L

이면서 몰수가 큰 ㉠이 B에 해당하고, A가 ㉡임을 알 수 있다. $PV = \frac{w}{M}RT$ 로부터

$1 \times 2 = \frac{w}{M_A}R \times 1$, $4 \times 5 = \frac{w}{M_B}R \times 2$ 이므로 $M_A = \frac{wR}{2}$, $M_B = \frac{wR}{10}$ 이 되어 $\frac{M_B}{M_A} = \frac{1}{5}$ 이

다.

정답②

15. 기체의 확산 속도

기체의 확산 속도는 분자량의 제곱근에 반비례한다.

[정답맞히기] A와 B의 두 기체는 1기압으로 압력이 일정하고, 온도도 일정하므로 기체의 몰수가 부피에 비례한다. 초기 부피 비가 $A:B=1:2$ 이므로 몰수를 A는 1몰, B는 2몰이 있는 것으로 생각할 수 있다. 두 기체를 분출시킨 후 평형 상태에서 부피 비가 $A:B=9:16$ 이므로 몰수는 A가 0.9몰, B가 1.6몰이라고 생각하면 분출된 몰수는 A가 0.1몰, B가 0.4몰이 되어 두 기체의 확산 속도는 $A:B=1:4$ 임을 알 수 있다. 따라서 분자량 비는 $A:B=16:1$ 이 된다. 초기 상태 B의 질량이 1.0 g이므로 분자량 비 $A:B=16:1$ 인 것과 부피 비가 $A:B=1:2$ 임에 따라 A의 질량은 8 g이 된다. 분출된 몰수가 B가 A의 4배이므로 분출된 A의 질량은 0.8 g으로 $x=7.2$ 이다.

정답④

16. 엔탈피와 엔트로피

(가)는 반응 후 기체 분자 수가 증가하므로 $\Delta S_1 > 0$ 이고, (나)는 반응 후 기체 분자 수가 감소하므로 $\Delta S_2 < 0$ 이다. $\Delta S_{\text{전체}} > 0$ 인 반응은 자발적인 반응이므로 $\Delta G < 0$ 인 반응이다. 따라서 온도가 높아지면서 자발적($\Delta G < 0$)으로 변하는 반응은 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에 따라 $\Delta S > 0$ 인 반응이고 ㉠이 이에 해당한다. 따라서 ㉠은 (가)이고, ㉡은 (나)이다.

[정답맞히기] ㄴ. T_2 에서 $\Delta S_{\text{전체}}$ 가 같으므로 ΔG 도 같다. 따라서 $\Delta H_1 - T_2\Delta S_1 = \Delta H_2 - T_2\Delta S_2$ 이고, $T_2(\Delta S_1 - \Delta S_2) = \Delta H_1 - \Delta H_2$ 이다. $\Delta S_1 > 0$, $\Delta S_2 < 0$ 이므로 $T_2 = \frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{2\Delta S_2}$ 이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. (나)는 ㉡이므로 T_1 에서 (나)는 $\Delta S_{\text{전체}} > 0$ 이므로 자발적인 반응이다. 따라서 자유 에너지 변화(ΔG)는 0보다 작다.

ㄷ. $|\Delta S_1| = |\Delta S_2|$ 이므로 더 낮은 온도에서 $\Delta S_{\text{전체}} = 0$ 이 되는 ΔH_2 의 크기가 ΔH_1 보다 작음을 알 수 있다. 따라서 $|\Delta H_1| > |\Delta H_2|$ 이다.

17. 평형의 원리

실험 I에서 반응 지수 $Q = \frac{0.6 \times 0.3}{0.6^2} = \frac{1}{2} < K$ 이고, 실험 II에서 반응 지수 $Q = \frac{0.5 \times 0.5}{0.5^2} = 1 > K$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. ㉠은 반응 초기에 정반응 속도가 더 빠르다가 시간이 지날수록 정반응과 역반응 속도가 같아지는 반응이므로 반응 지수 $Q < K$ 인 실험 I에서 일어나는 반응에 대한 α 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 실험 II에서는 반응 지수 $Q > K$ 이므로 역반응 쪽으로 반응이 진행된다. 따라서 $\alpha < 1$ 이다.

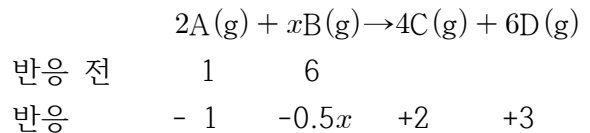
ㄷ. 실험 I에서 온도를 $2T$ 로 높이면 흡열 반응 쪽으로 반응이 진행하므로 정반응 쪽으로 반응이 진행하게 되고, 평형 상수 K 도 증가하게 된다. 따라서 A의 몰분율은 x 보다 감소하게 된다.

18. 기체의 성질

[정답맞히기] (나)에서 콕 a를 열었다가 충분히 시간이 지난 후 닫으면 용기 II에서 $A(g)$ 의 압력은 $P_A \times 8 = 1 \times 2$ 이므로 $P_A = 0.25$ 기압이다.

(다)에서 콕 b를 열어 충분한 시간이 지나면 $B(g)$ 의 압력은 $P_B \times 9 = 3 \times 3$ 이므로 $P_B = 1$ 기압이다. $A(g)$ 도 혼합되므로 $P_A' \times 9 = 0.25 \times 6$ 에서 $P_A' = \frac{1}{6}$ 기압이다.

(라) 용기 II에 존재하는 A의 몰수는 $PV = nRT$ 에서 $n_A = \frac{1}{300R}$, B의 몰수는 $n_B = \frac{6}{300R}$ 이다. 반응 과정에서 몰수 변화를 나타내면 다음과 같다. ($\frac{1}{300R}$ 은 나중에 곱하여 나타낸다.)



반응 후	(6-0.5x)	2	3	
------	----------	---	---	--

반응 후 기체의 몰수는 $\frac{11-0.5x}{300R}$ 인데, 온도가 400K으로 달라졌으므로 $PV = nRT$ 식

에 대입하면 $\frac{5}{3} \times 6 = \frac{11-0.5x}{300R} \times R \times 400$ 이다. 이 식을 풀어내면 $x = 7$ 이다. 정답④

19. 헨리 법칙과 증기 압력 내림

A가 첨가되어 수용액이 되면 $H_2O(l)$ 의 증기 압력은 줄어들지만, $He(g)$ 의 용해는 이루어지지 않으므로 A를 녹인 이후에도 $He(g)$ 의 몰수가 일정함을 이용하면 증기 압력 내림을 통해 A의 몰분율을 구할 수 있다.

[정답맞히기] (가)에서 $H_2O(l)$ 의 증기 압력이 0.2기압이므로 $He(g)$ 의 부분 압력은 0.8기압이고 두 기체의 부피는 81V라고 나타낼 수 있다. $PV = nRT$ 식에 대입하여 $He(g)$ 의 몰수를 구하면 $n_{He} = \frac{0.8 \times 81V}{RT}$ 이다. A가 녹았을 때에도 이 몰수는 그대로 유지되

므로 (나)에서 $He(g)$ 의 압력은 $P_{He} \times 80V = \frac{0.8 \times 81V}{RT} RT$ 에서 $P_{He} = 0.81$ 기압이다. 따

라서 $P_{\text{H}_2\text{O}(g)} = 0.19$ 기압이 된다. 증기 압력 내림은 A의 몰분율에 비례하므로
 $0.01 = 0.2 \times \chi_A$ 에서 $\chi_A = \frac{1}{20}$ 이다. 정답②

20. 평형의 원리

$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 의 반응은 $\Delta S > 0$ 인 반응이다. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이고, $\Delta G = 0$ 인 평형에 도달하므로 $\Delta H > 0$ 인 반응이다. B의 질량 백분율을 통해 평형 I에서 질량비를 $A:B=8:2$ 라고 하면 질량 보존 법칙에 따라 평형 II에서 질량비는 $A:B=5:5$ 가 된다. 따라서 평형 I에서 II로 이동하면서 변화된 질량비는 $A:B=3:3$ 인데 화학 반응식의 계수 비가 $A:B=1:2$ 이므로 분자량 비는 $A:B=2:1$ 이다.

(질량비)	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$		
평형 I	8	2	몰수 A $4n$ B $2n$
반응	-3	+3	
평형 II	5	5	몰수 A $2.5n$ B $5n$

[정답맞히기] ㄴ. 평형 I에서 몰수 비는 $A:B=2:1$ 이므로 A의 몰분율은 $\frac{2}{3}$ 이다.

ㄷ. 평형 상수 K 는 농도로 정의되고, 압력이 일정하므로 전체 기체의 몰수가 전체 기체의 부피가 된다. 평형 I에서 A의 몰 농도는 $\frac{4n}{6n}$, B의 몰 농도는 $\frac{2n}{6n}$ 이므로

$$K_1 = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)^2}{\left(\frac{2}{3}\right)} \frac{P}{RT_1} = \frac{1}{6} \frac{P}{RT_1} \text{ 이고, 평형 II에서 A의 몰 농도는 } \frac{2.5n}{7.5n}, \text{ B의 몰 농도는}$$

$$\frac{5n}{7.5n} \text{ 이므로 } K_2 = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{\left(\frac{1}{3}\right)} \frac{P}{RT_2} = \frac{4}{3} \frac{P}{RT_2} \text{ 이다. 따라서 } \frac{K_2}{K_1} = \frac{8T_1}{T_2} \text{ 이다.} \quad \text{정답⑤}$$

[오답피하기] ㄱ. 평형 II에서가 I에서보다 B의 질량 백분율이 크므로 반응이 정반응 쪽으로 진행된 것이다. 따라서 온도는 평형 II에서가 I에서보다 높아서 $T_2 > T_1$ 이다.