

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

1. 용액의 총괄성

[정답맞히기] ㉠은 용액의 총괄성에 해당하는 성질이다. 따라서 ㉠으로 가장 적절한 것은 삼투압이다. 정답①

2. 수소 결합

[정답맞히기] ㉠은 H_2O 분자 사이의 결합이므로 ‘수소’는 ㉠으로 적절하다. 1 atm, $0^\circ C$ 에서 H_2O 의 상태는 고체 또는 액체인데, α 는 둘 중 밀도가 더 큰 상태(부피가 더 작은 상태)이므로 액체 상태이다. 정답③

3. 분자 사이의 힘

[정답맞히기] ㄱ. 분자량이 $Y_2 > X_2$ 이므로, X는 N, Y는 O이다.

ㄴ. N_2H_4 에서 H는 N에 직접 결합 되어 있으므로, $N_2H_4(l)$ 에서 분자 사이에 수소 결합이 존재한다.

ㄷ. $OH_2(l)$ 는 극성 분자이므로 분자 사이에는 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다. 정답⑤

4. 금속 결합과 이온 결합

[정답맞히기] B. 모든 분자 결정은 구성 분자 사이에 분산력이 존재한다. 정답①

[오답피하기] A. 이온 결정의 구성 입자는 양이온과 음이온이다.

C. 체심 입방 구조에서 단위 세포에 포함된 입자는 꼭지점에 있는 입자 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 개와 체심에 있는 입자 1개로 총 2개이다.

5. 동적 평형

[정답맞히기] 주어진 실험 조건에서 액체를 넣고 충분한 시간이 지났을 때 수은 기둥의 높이 차는 액체의 증기 압력과 같다. 온도가 일정할 때 증기 압력은 액체의 양과 무관하므로 $h_1 = h_2$ 이고, 온도가 높아지면 증기 압력도 증가하므로 $h_1 = h_2 < h_3$ 이다.

정답①

6. 열화학 반응식

$\Delta H < 0$ 이므로 이 반응은 에너지를 방출하는 발열 반응이다.

[정답맞히기] 학생 C : 열화학 반응식의 계수는 반응물과 생성물의 양(mol)을 나타낸다. 열화학 반응식에 따르면 $C(s, \text{흑연})$ 2 mol과 $O_2(g)$ 1 mol이 반응하여 $CO(g)$ 2

mol이 생성될 때의 엔탈피 변화(ΔH)는 -221 kJ이다.

정답②

[오답피하기]

학생 A : ΔH 의 부호가 음수(-)이므로 열을 방출하는 발열 반응이다.

학생 B : 생성 엔탈피는 가장 안정한 상태의 원소로부터 화합물 1 mol이 생성될 때의 엔탈피 변화이다. 반응식에서는 $\text{CO}(g)$ 2 mol이 생성될 때 221 kJ의 열이 방출되므로, $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-\frac{221}{2} \text{ kJ/mol} = -110.5 \text{ kJ/mol}$ 이다.

7. 부분 압력

피스톤이 1 atm 상태에서 멈춰 있으므로 실린더 내부 기체의 전체 압력($P_{\text{전체}}$)은 1 atm이다. 돌턴의 부분 압력 법칙에 따라 혼합 기체의 압력은 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다. 분자량은 A가 B의 4배이고, 질량이 같으므로 두 기체의 몰비는 $n_A:n_B=1:4$ 이다. B의 몰 분율(χ_B)은 전체 기체의 양(mol) 중에서 B가 차지하는 비율이므로 $\frac{4}{1+5}=\frac{4}{5}$ 이고, B의 부분 압력은 $1 \times \frac{4}{5}=\frac{4}{5} \text{ atm}$ 이다. 따라서 $x=4$ 이다. 정답④

8. 약산의 이온화 반응

(가)에서 0.1 M $\text{HA}(aq)$ 에 $\text{NaOH}(s)$ x g을 첨가하였더니 (나)에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}=1$ 이 되었으므로 $\text{NaOH}(s)$ x g의 양(mol)은 (가)에 들어 있는 HA 의 양(mol)의 절반이다. (가)에 들어 있는 HA 의 양은 $0.1 \times 0.5 = 0.05 \text{ mol}$ 이므로 NaOH x g의 양은 0.025 mol이다. NaOH 의 화학식량이 40이므로, $0.025 \times 40 = 1 \text{ g}$ 이고, $x=1$ 이다. (나)에 1 M $\text{HCl}(aq)$ 2 mL를 첨가하면 $\text{HA}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{A}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 에서 H_3O^+ 의 농도가 증가하여 평형이 역반응 쪽으로 이동하게 되므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 는 1보다 감소한다. 따라서 $y < 1$ 이다.

정답④

9. 액체의 증기 압력

(나)에서 80°C , $P_2 \text{ atm}$ 일 때, $\text{A}(g)$ 와 $\text{A}(l)$ 이 평형 상태에 있으므로 80°C 에서 $\text{A}(l)$ 의 증기 압력은 $P_2 \text{ atm}$ 이다. (가)에서 70°C , $P_1 \text{ atm}$ 일 때 기체 상태의 A와 B가 존재하므로 70°C 에서 $\text{A}(l)$ 의 증기 압력은 $P_1 \text{ atm}$ 보다 크다.

[정답맞히기] ㄴ. 온도가 높아지면 액체의 증기 압력은 증가한다. 따라서 $P_2 \text{ atm}$ 은 80°C 에서 $\text{A}(l)$ 의 증기 압력이고, 70°C 에서 $\text{A}(l)$ 의 증기 압력은 $P_1 \text{ atm}$ 보다 크므로 $P_2 > P_1$ 이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)에서의 온도는 70°C 이고, A는 기체 상태로 존재하므로, 70°C 에서 $\text{A}(l)$ 의 증기 압력은 $P_1 \text{ atm}$ 보다 크다.

ㄷ. (나)에서의 압력은 P_2 atm이다. 이때, A는 액체와 기체 상태가 공존하고, B는 기체 상태가 존재하므로 A(l)의 증기 압력은 P_2 atm이고, B(l)의 증기 압력은 P_2 atm보다 작다. 따라서 끓는점은 $A > B$ 이다.

10. 농도에 의한 평형 이동

(가)에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같고, (가)에 X(g)와 Y(g)를 추가하여 도달한 (다)에서 A(g)와 B(g)의 몰분율이 같으므로 X와 Y는 모두 C임을 알 수 있다. (가)에서 $[A]=[B]=\frac{1}{V}$ M이고, $[C]=\frac{1}{2V}$ M이므로 $K=\frac{1}{4}$ 이다. 화학 반응식에서 반응물과 생성물의 계수 합이 같고, (가)에서 X(C)를 추가해도 평형 이동으로 인한 기체의 양(mol)의 변화는 없다. (가)에서 전체 기체의 양은 5 mol이고, 기체의 부피는 2 V L이므로 (나)에서 2.4 V L일 때 전체 기체의 양은 6 mol, (다)에서 3.2 V L일 때 전체 기체의 양은 8 mol이다. (가)에서 추가한 X(g)의 양은 1 mol이고 감소한 C(g)의 양을 $2x$ mol이라고 하면 $K=\frac{(2-2x)^2}{(2+x)^2}=\frac{1}{4}$ 에서 $x=0.4$ 이고, A(g)~C(g)의 양은 각각 2.4 mol, 2.4 mol, 1.2 mol이다. (나)에서 (다)가 될 때 추가한 Y의 양은 2 mol이고 감소한 C(g)의 양을 $2y$ mol이라고 하면 $K=\frac{(3.2-2y)^2}{(2.4+y)^2}=\frac{1}{4}$ 에서 $y=0.8$ 이다. 따라서 A(g)~C(g)의 양은 각각 3.2 mol, 3.2 mol, 1.6 mol이다.

[정답맞히기] ㄷ. (나)와 (다)에서 C(g)의 몰분율은 각각 $\frac{1.2}{6}(=\frac{1}{5})$, $\frac{1.6}{8}(=\frac{1}{5})$ 로 같다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. 추가한 X(g)와 Y(g)의 양은 각각 1 mol, 2 mol이므로 Y(g)의 양(mol)이 X(g)의 양(mol)보다 크다.

ㄴ. (가)에서 (나)가 될 때 C(g)가 추가되므로 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 B(g)의 양(mol)은 증가한다. 따라서 B(g)의 양(mol)은 (나)>(가)이다.

11. 용액의 농도

[정답맞히기] 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다. 25% A(aq)의 몰랄 농도가 $3a$ m이고,

물 w g을 추가하였을 때 몰랄 농도는 $\frac{1}{3}$ M이므로 용매의 질량이 3배가 된 것임을 알 수 있다. 25% A(aq) 100 g에서 물의 질량은 75 g이므로 용매의 질량이 3배가 되게 하기 위해 추가한 물의 질량은 $75 \times 2 = 150$ g이다. 따라서 $w = 150$ 이다. 정답③

12. 1차 반응

주어진 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이므로 일정한 시간 간격 동안 감소하는 A(g)의

질량은 일정한 비율로 감소한다. 반응 시간이 t 일 때 $B(g)$ 의 질량 백분율이 반응 시간이 0일 때보다 20%p 증가하고, 반응 시간이 $2t$ 일 때 $B(g)$ 의 질량 백분율이 t 일 때보다 10%p 증가하므로 t 가 반감기임을 알 수 있다. 반응 초기 $A(g)$ 의 양을 $8n$ mol이라고 하면, t 일 때 $A(g)$ 의 양은 $4n$ mol, $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 양은 $2n$ mol이 되고, 반응 계수비에 따라 감소한 $A(g)$ 의 양(mol)은 증가한 $C(g)$ 의 양(mol)과 같으므로 $0 \sim 2t$ 동안 $C(g)$ 의 평균 반응 속도는 $\frac{6n}{2t}$ 이다. 또한 $t \sim 2t$ 동안 증가한 $B(g)$ 의 양은 n mol이므로 $t \sim 2t$ 동안 $B(g)$ 의 평균 반응 속도는 $\frac{n}{t}$ 이다.

따라서 $\frac{0 \sim 2t \text{ 동안 } C(g) \text{의 평균 반응 속도}}{t \sim 2t \text{ 동안 } B(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{6n}{2t}}{\frac{n}{t}} = 3$ 이다. 정답①

13. 평형 이동

$\Delta H < 0$ 이므로 정반응은 발열 반응이다. $B(g)$ 1 mol을 넣었을 때 평형 I에서는 $B(g)$ $\frac{1}{3}$ mol이 반응하여 $A(g)$ $\frac{2}{3}$ mol이 생성된 것이므로 평형 상태에서 $B(g)$ 의 양은 $\frac{2}{3}$ mol이다. 평형 II에서는 $B(g)$ 0.5 mol이 반응하여 $A(g)$ 1 mol이 생성된 것이므로 평형 상태에서 $B(g)$ 의 양은 0.5 mol이다. 화학 반응식으로부터 분자량 비는 $A:B=1:2$ 임을 알 수 있으므로 평형 I에서 질량비는 $A:B=1:2$ 이고, 평형 II에서 질량비는 $A:B=1:1$ 이다.

평형	온도(K)	$A(g)$ 의 양(mol)	$B(g)$ 의 양(mol)	$B(g)$ 의 질량 백분율(%)
I	T_1	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$x(\frac{2}{3} \times 100)$
II	T_2	1	0.5	$y(\frac{1}{2} \times 100)$

[정답맞히기] 평형 I은 $B(g)$ $\frac{1}{3}$ mol이 반응한 것이고, 평형 II는 $B(g)$ $\frac{1}{2}$ mol 반응한 것이므로 T_2 일 때가 T_1 일 때보다 역반응 쪽으로 평형이 더 이동한 것이다. 정반응은

발열 반응이므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다. $\frac{x}{y} = \frac{\frac{200}{3}}{\frac{100}{2}} = \frac{4}{3}$ 이다. 정답③

14. 평형 상수

[정답맞히기] ㄱ. 평형 상수 $K = [B][C]$ 이다. 강철 용기에 $A(s)$ 0.3 mol을 넣고 반응이 진행되어 도달한 평형 상태 I에서 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 같고, 전체 기체

의 양이 0.2 mol이므로 $[B]=[C]=\frac{0.1\text{mol}}{10\text{L}}=0.01\text{ M}$ 이다. 따라서 온도 T 에서 $K=(0.01)^2=1\times 10^{-4}$ 이다.

ㄴ. 꼭지를 열고 고정 장치를 제거한 후 도달한 새로운 평형 상태 II에서의 부피는 20 L이므로 부피가 증가하면서 기체의 양(mol)이 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한 것이다. 이때 온도는 일정하므로 K 는 같고, $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 0.2 mol이다. 따라서 평형 상태 II에서 남아 있는 $A(s)$ 의 양은 0.1 mol이고, $A(s)$ 의 양(mol)은 I에서가 II에서의 2배이다.

ㄷ. II에서 고정 장치를 제거한 후의 평형 상태이므로 기체의 압력은 외부 압력인 1 atm과 같고, $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)은 같으므로 $C(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{1}{2}$ atm이다.

정답⑤

15. 기체 반응

[정답맞히기] 반응 후 $B(g)$ 가 남아 있으므로 $A(g)$ 가 모두 반응하는 반응이다. 반응 초기 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)을 각각 a mol, $n-a$ mol이라고 할 때, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 3B(g) \rightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	a	$n-a$	
반응 (mol)	$-a$	$-3a$	$+2a$
반응 후(mol)	0	$n-4a$	$2a$

$C(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{2a}{n-2a}=\frac{1}{4}$ 이므로 $n=10a$ 이다. 따라서 남은 $B(g)$ 의 양은 $n-4a=6a$ mol이고, 이때 질량은 $3w$ g이다. $C(g)$ 의 몰 분율이 x 일 때 남은 $B(g)$ 의 질량은 w g이므로 $B(g)$ 의 양은 $2a$ mol이고, 이때 반응 전 $A(g)$ 의 양을 a' mol이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 3B(g) \rightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	a'	$n-a'$	
반응 (mol)	$-a'$	$-3a'$	$+2a'$
반응 후(mol)	0	$n-4a'$	$2a'$

반응 후 남은 $B(g)$ 의 양은 $n-4a'=2a$ mol이고, $n=10a$ 이므로 $10a-4a'=2a$ 에서 $2a=a'$ 이다. 따라서 반응 후 남은 $B(g)$ 의 질량이 w g일 때, 남은 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 $2a$ mol, $4a$ mol이므로 $x=\frac{2}{3}$ 이다.

정답④

16. 수용액의 pH

[정답맞히기] (가)에서 혼합한 1 M KOH(aq)의 부피를 V mL라고 두면, (가)에서 $[K^+] = \frac{1}{6}$ M이므로 $\frac{1}{6} = \frac{1 \times V}{200 + V}$ 이고, $V = 40$ 이다. $\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{\text{넣어준 KOH의 양(mol)}}{\text{초기 HA의 양(mol)}}$ 이므로 $\frac{40}{200} = \frac{4}{5}a$ 이고 $a = \frac{1}{4}$ 이다. (나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{4}$ 이므로 $\frac{x}{200} = \frac{1}{4}$ 이고, $x = 50$ 이다. 따라서 $y = \frac{50}{250} = \frac{1}{5}$ 이므로, $x \times y = 10$ 이다. 정답③

17. 증기 압력 내림

[정답맞히기] (가)의 퍼센트 농도가 4 % 이므로, (가)의 용질(A)과 용매(H_2O)의 질량을 각각 4 g, 96 g이라고 두면 $n_A(\text{가}) = \frac{4}{60} = \frac{1}{15}$ mol, $n_{H_2O}(\text{가}) = \frac{96}{18} = \frac{16}{3}$ mol이고, 이와 같은 방법으로 (나)의 용질과 용매의 양(mol)을 구하면, $n_A(\text{나}) = \frac{1}{12}$ mol, $n_{H_2O}(\text{나}) = \frac{95}{18}$ mol이다. (가)와 (나)의 증기 압력 내림(ΔP)을 각각 $4k$, xk 라고 하면 $4k = 81 \times \frac{\frac{1}{15}}{\frac{1}{15} + \frac{16}{3}}$ 이므로, $k = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 (나)의 증기 압력 내림은 $\frac{x}{4}$ mmHg이므로, $\frac{x}{4} = 193 \times \frac{\frac{1}{12}}{\frac{1}{12} + \frac{95}{18}}$ 이고 $x = 12$ 이다. 정답⑤

18. 결합 에너지와 반응 엔탈피

[정답맞히기] 생성 엔탈피에 대한 자료로부터 $C(s) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)(\cdots\ominus)$ 의 반응 엔탈피가 c kJ/mol, $2C(s) + 2H_2(g) \rightarrow C_2H_4(g)(\cdots\ominus)$ 의 반응 엔탈피가 d kJ/mol임을 알 수 있다. $\ominus - \ominus$ 은 $C(s) + CH_4(g) \rightarrow C_2H_4(g)(\cdots\ominus)$ 이고 이 반응의 반응 엔탈피는 $(d - c)$ kJ/mol이다. $C(g)$ 의 생성 엔탈피가 a kJ/mol이므로 이를 $\ominus$ 과 연립하면 $C(g) + CH_4(g) \rightarrow C_2H_4(g)(\cdots\ominus)$ 이고 이 반응의 반응 엔탈피는 $(d - a - c)$ kJ/mol이다. 반응 엔탈피는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같으므로 $\ominus$ 을 통해 $C=C$ 의 결합 에너지가 $(a + c - d)$ kJ/mol임을 구할 수 있다. $C_4H_{10}(g) \rightarrow C_2H_6(g) + C_2H_4(g)$ 반응의 반응 엔탈피가 b kJ/mol이므로, 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 빼면 $2 \times (C-C \text{의 결합 에너지}) - (C=C \text{의 결합 에너지}) = b$ (kJ)이다. 따라서 $C-C$ 의 결합 에너지 = $\frac{a + b + c - d}{2}$ kJ/mol이다. 정답④

19. 1차 반응의 반감기

[정답맞히기] 이 반응의 반감기를 t 라고 가정하고, 반응 후 전체 기체의 양을 $8n$ mol, 반응 전 $A(g)$, $B(g)$, $He(g)$ 의 양을 각각 a mol, b mol, $(8n-a-b)$ mol이라고 두면 반감기가 1번, 3번 지났을 때 양적 관계는 다음과 같다.

t	$2A(g) \rightarrow 4B(g) + C(g)$			$3t$	$2A(g) \rightarrow 4B(g) + C(g)$		
반응 전	a	b		반응 전	a	b	
반응	$-\frac{a}{2}$	$+a$	$+\frac{a}{4}$	반응	$-\frac{7a}{8}$	$+\frac{7}{4}a$	$+\frac{7a}{16}$
반응 후	$\frac{a}{2}$	$a+b$	$\frac{a}{4}$	반응 후	$\frac{a}{8}$	$\frac{7}{4}a+b$	$\frac{7a}{16}$

기체의 부피와 온도가 일정하므로 기체의 양(mol)은 압력에 비례한다. t 에서 전체 기체의 양은 $(8n + \frac{3}{4}a)$ mol이므로 $8n + \frac{3}{4}a = 12n$, $a = \frac{16}{3}n$ 이다. $3t$ 에서 전체 기체의 양은 $(8n + \frac{21}{16}a)$ mol이므로 $a = \frac{16}{3}n$ 을 대입하면 $15n$ mol이다. 주어진 자료를 만족하므로 이 반응의 반감기는 t 이다. 따라서 $2t$ 에서 $n_{A(g)} = \frac{4}{3}n$ mol이고, $n_{B(g)} = (8n + b)$

mol이다. $He(g)$ 의 양이 $(\frac{8}{3}n - b)$ mol이므로 $\frac{\frac{28}{3}n + b}{\frac{8}{3}n - b} = 8$ 이고, $b = \frac{4}{3}n$ 이다. 따라서

$$x = \frac{\frac{16}{3}n + \frac{4}{3}n}{8n - \frac{16}{3}n - \frac{4}{3}n} = 5 \text{이다.}$$

정답③

20. 기체 반응

[정답맞히기] 온도가 일정하므로 압력과 부피의 곱은 기체의 양(mol)에 비례한다. (가)에서 $A(g)$ 의 양을 $4P_1n$ mol이라고 두면 (나)에서 꼭지를 닫기 전 양적 관계는 다음과 같다.

(나)	$4A(g) + 3B(g) \rightarrow 2C(g) + 6D(g)$			
반응 전	$4P_1n$	$12n$	0	0
반응	$-16n$	$-12n$	$+8n$	$+24n$
반응 후	$(4P_1 - 16)n$	0	$8n$	$24n$

I 과 강철 용기의 부피가 같으므로 꼭지를 닫으면 실린더에는 꼭지를 닫기 전 기체의 양의 $\frac{1}{2}$ 이 되고, 부피는 4 L가 된다. 따라서 $(2P_1 - 8)n = \frac{1}{2} \times 4n$ 이므로, $P_1 = 5$ 이다.

정답⑤