

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

### 1. 에너지의 전환과 보존

염화 칼슘의 용해 반응이 발열 반응이므로 이를 이용하는 휴대용 가열 레인지에서는 에너지의 변환이 일어난다. 전체 에너지(계+주위)는 반응이 일어나도 보존된다.

[정답맞히기] 염화 칼슘의 용해 반응에서는 화학 에너지가 열에너지로 변환되어 방출되는 것이고, 이 반응이 일어나도 전체(계 + 주위) 에너지는 보존된다. 따라서 (가)는 열에너지이고, (나)는 보존이다. 정답②

### 2. 분자 간 힘

[정답맞히기] 학생 A. 액체와 고체 상태의 물질은 분자 사이의 거리가 가까우므로 분자 사이에 인력이 작용한다.

학생 B. NO의 끓는점이 O<sub>2</sub>보다 높은 것은 NO는 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하는 극성 분자이고, O<sub>2</sub>는 분산력만 작용하는 무극성 분자이기 때문이다.

학생 C. CH<sub>3</sub>OH(l)는 분자 구조에서 O에 결합된 H원자가 존재하므로 수소 결합을 한다. 따라서 기준 끓는점이 분자량이 비슷한 O<sub>2</sub>나 NO에 비해 높다. 정답⑤

### 3. 반응 계와 엔트로피 변화

[정답맞히기] 반응 전과 반응 후의 분자 수를 토대로 화학 반응식을 나타내면 2A(g)→B(g)이다. 이 반응은 분자 수가 감소하는 반응이므로 엔트로피 변화  $\Delta S < 0$ 이다. 또한 이 반응이 자발적으로 일어난다고 하였으므로  $\Delta G < 0$ 이다. 자유 에너지 변화  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로  $T\Delta S < 0$ 이므로  $\Delta H < 0$ 이어야 한다. 반응계가 고립계라면 열에너지의 출입이 없으므로  $\Delta H = 0$ 이 되어  $\Delta G > 0$ 이 되므로 이 반응의 반응계는 열에너지의 출입이 가능한 닫힌계이어야 한다. 정답②

### 4. 물의 특성

물 분자는 수소 결합을 형성하므로 분자량이 비슷한 다른 물질들에 비해 분자 간 힘이 강하며, 끓는점이 높고, 융해열과 기화열, 비열, 표면 장력이 크다.

[정답맞히기] 가. ㉠ 결합은 수소 결합이다. 분자당 ㉠ 결합의 평균 개수는 얼음에서 4개이고 물에서 1개이다.

다. 표면 장력이 크면 물방울의 모양이 더 둥근 모양이 되므로 표면 장력은 온도가 낮은 (나)에서가 (다)에서보다 크다. 정답③

[오답피하기] 나. 얼음은 수소 결합으로 육각형 모양의 빈 공간이 있는 결정을 하고 있으므로 물보다 부피가 크다. 따라서 1g의 부피는 0°C의 얼음이 4°C의 물보다 크다.

## 5. 끓는점과 압력

[정답맞히기] 물은 외부 압력이 1기압일 때 100°C에서 끓는다는 내용을 학습한 후, 실험 과정에서 75°C의 물에 감압 용기를 이용하여 압력을 감소시켜 물을 끓이고 있으므로 가설의 ㉠으로 가장 적절한 것은 ‘압력이 낮아지면 물의 끓는점이 낮아진다.’이다. 정답③

## 6. 혼합 기체의 압력

[정답맞히기]  $t_1$ 일 때 콕 a를 열어 충분한 시간 동안 놓아두었을 때 압력이 5기압이므로 온도가 일정한 상태에서 혼합하더라도 기체의 분자 수는 변하지 않는 성질과 기체의 분자 수는 압력과 부피의 곱에 비례함을 이용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

전체 기체의 압력은 각 기체의 부분 압력의 합과 같으므로

$$(6\text{기압} \times 3L) + (2\text{기압} \times xL) = (5\text{기압} \times (3+x)L)$$

따라서  $x = 1$ 이다.

$t_2$ 일 때 콕 b를 열어 충분한 시간을 두었을 때 압력이 3기압이므로 이는 콕 b를 열기 전에 기체의 분자 수와 혼합된 후 기체의 분자 수가 같다는 것을 이용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$(5\text{기압} \times 4L) + (1\text{기압} \times xL) = (3\text{기압} \times (4+y)L)$$

따라서  $y = 4$ 이다.

혼합 기체에서 He과 Ar의 분자 수 비는 콕을 열기 전의 값들로부터 구할 수 있으므로 He : Ar =  $(5\text{기압} \times 3L) + (1\text{기압} \times 1L) : (1\text{기압} \times 3L) + (1\text{기압} \times 1L) + (1\text{기압} \times 4L)$   
= 2 : 1이다. 따라서  $P_{\text{He}} = 3\text{기압} \times \frac{2}{3} = 2\text{기압}$ 이다. 정답④

## 7. 용액의 농도

[정답맞히기] ㄱ.  $\text{KHCO}_3$ 의 화학식량은 100이므로 1g은 0.01몰이고, 이를 100mL의 부피 플라스크에 넣는다고 하였으므로 몰농도(M)는  $\frac{0.01}{0.1} = 0.1\text{M}$ 이다.

ㄷ. (나) 수용액의 몰농도는  $1 \times 10^{-3}\text{M}$ 이므로 이는 0.001몰의 용질이 1L의 용액에 녹아 있는 것이다. 수용액이 밀도가  $d \text{ g/mL}$ 이므로 용액 1L는 1000d g이고, 용질의 질량은 0.1g이므로 수용액의 퍼센트 농도(%)는  $\frac{0.1\text{g}}{1000d} \times 100 = \frac{1}{100d}\%$ 이다. 정답⑤

[오답피하기] ㄴ. 500mL 부피 플라스크에  $1 \times 10^{-3}\text{M}$  수용액을 만들기 위해서는 몰농도 공식에 따라  $5 \times 10^{-4}$ 몰의 용질이 필요하다. 따라서  $0.1\text{M} \times VL = 5 \times 10^{-4}$ 몰이므로  $V = 0.005L$ 이고  $x = 5\text{mL}$ 이다.

## 8. 반응 지수와 평형 상수

[정답맞히기] 초기 상태에서 반응 지수(Q)를 판단해 보면 부피가 1L이므로

$Q = \frac{(0.5)^2}{(0.1)^2(0.1)} = 500$ 이다. 또한 평형 상태에서  $K = \frac{(0.3)^2}{(0.3)^2(0.2)} = 5$ 이다. 따라서 초기 상태에서  $Q > K$ 이므로 이 반응은 역반응으로 진행되는 반응이다. 따라서 정반응의  $\Delta G > 0$ (비자발적)이다. 정답④

### 9. 발열 반응과 흡열 반응

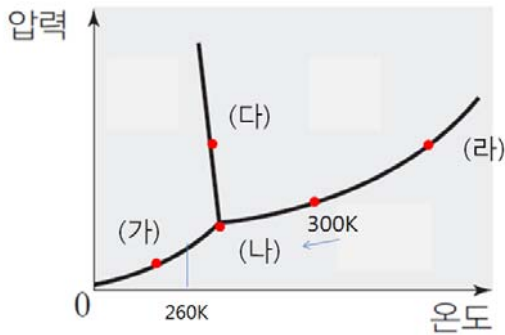
[정답맞히기] ㄱ. 수용액 (가)에서는 20°C의 물이 22°C가 되었으므로 A(s)가 용해되면서 열이 방출된 것이다. 따라서 A(s)의 용해 반응은 발열 반응이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 수용액 (나)에서는 20°C의 물이 19°C가 되었으므로 B(s)의 용해 반응은 흡열 반응임을 알 수 있다. 따라서 B(s)의 용해 엔탈피  $\Delta H_{\text{용해}} > 0$ 이다.

ㄷ. B(s)가 물에 용해되는 반응은 자발적으로 일어난 것이므로 전체(계+주위) 엔트로피 변화  $\Delta S_{\text{전체}} > 0$ 이다.

### 10. 상평형

[정답맞히기] (나)에서 안정한 상의 수가 3개이므로 삼중점임을 알 수 있다. 이보다 온도와 압력이 낮은 (가)에서는 고체, 기체가 평형을 이루고, (다)는 고체, 액체가, (라)는 액체, 기체가 상평형을 이룸을 알 수 있다. 300K에서 액체와 기체가 평형을 이루고 있는 강철 용기의 온도를 260K으로 낮추면 삼중점 보다 낮은 온도에 도달하면서 기체의 압력이 줄어들 것이므로 고체와 기체가 평형을 이루는 상태에 도달하게 될 것이다. 정답④



### 11. 그레이엄 법칙

[정답맞히기] 측정한 A, B의 분출 시간은  $t$ 초,  $4t$ 초이므로 기체의 분출 속도는 A가 B의 4배임을 알 수 있다. 기체의 분출 속도는 분자량의 제곱근에 반비례하므로

$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$  에서  $\frac{4}{1} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$  이므로  $\frac{M_B}{M_A} = 16$ 이다. 정답⑤

## 12. 보일 샤를 법칙

[정답맞히기] 360K에서 J자 관에 18 cm<sup>3</sup>의 (76+4)cmHg의 압력을 받는 Ne(g)에 온도를 낮추어 양쪽 수은 기둥의 높이가 같아지면 현재의 높이 차이가 4cm이므로 수은 기둥의 높이는 2cm가 줄어들게 되어 Ne(g)의 부피는 16 cm<sup>3</sup>가 된다. 또한 수은 기둥의 높이가 같아졌으므로 압력은 이전보다 감소하여 대기압과 같아진다. 이를 보일 샤를 법칙( $\frac{PV}{T} = k(\text{일정})$ )에 대입하면

$$\frac{(76+4) \times 18}{360} = \frac{76 \times 16}{T} \text{에서 } T = 304 \text{ K이다.} \quad \text{정답①}$$

## 13. 고체 결정 구조

[정답맞히기] (가)는 단위 세포의 꼭지점만 입자들이 존재하므로 단순 입방 구조이고, (나)는 꼭지점에 4개의 입자와 가운데 1개의 입자가 존재하므로 체심 입방 구조이다. 단순 입방 구조의 결정에서 한 원자에 가장 인접한 원자 수  $a=6$ 이고, (나) 결정에서 단위 세포에 포함된 원자 수는 2이다. 따라서  $\frac{a}{b}=3$ 이다. 정답③

## 14. 끓는점 오름

기준 끓는점은 Y가 X보다 높다고 하였으므로 A의 질량이 0일 때 용매 Y의 끓는점은  $T_1$ 보다 높다. 용액의 끓는점 오름  $\Delta T_b = K_b \times m$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 끓는점이 높은 용매가 증기 압력이 작으므로  $T_1$ K에서 증기 압력은 X는 끓는점이므로 1기압이고, Y는 끓는점이 이보다 높으므로 1기압보다 낮은 상태이다.

ㄴ. Y의 몰랄 오름 상수는 Y에 A가 녹았을 때의 끓는점 오름을 통해 구할 수 있다. Y의 기준 끓는점을  $T_Y$ 라고 하면  $a$  g을 넣었을 때 끓는점 오름

$$T_2 - T_Y = K_b \times \frac{a}{0.1M} = K_b \times \frac{10a}{M} \text{이고, } 2a \text{ g을 넣었을 때 끓는점 오름은}$$

$$T_4 - T_Y = K_b \times \frac{20a}{M} \text{이다. 두 식을 연립하면 Y의 몰랄 오름 상수}$$

$$K_b = \frac{M(T_4 - T_2)}{10a} \text{ K/m 이다.} \quad \text{정답③}$$

[오답피하기] ㄷ. A의 질량이  $a$  g이었을 때 용액의 끓는점이  $T_2$ 로 같으므로 끓는점 오름은 X에 A를 혼합한 용액이 Y에 A를 혼합한 용액보다 크다. 따라서  $2a$  g을 혼합하였을 때 온도는  $T_3 > T_4$ 이다.

## 15. 반응 엔탈피

[정답맞히기] ㄱ. 표준 생성 엔탈피는 어떤 물질이 1몰의 성분 원소의 가장 안정한 홑원소 물질로부터 생성될 때의 반응 엔탈피 이므로 첫 번째 반응식의 반응 엔탈피가

A(g)의 표준 생성 엔탈피( $\Delta H = -126 \text{ kJ/mol}$ )이다.

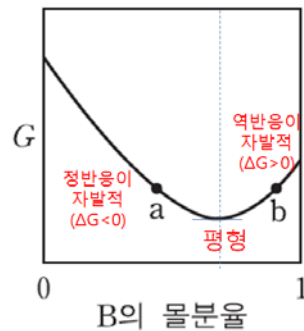
정답①

[오답피하기] ㄴ. A(g)→B(g) 반응의 반응 엔탈피는  $\Delta H = -8 \text{ kJ}$  이므로 엔탈피는 A가 B보다 크다. 따라서 결합 에너지의 총합은 B가 A보다 크다.

ㄷ. 헤스 법칙에 따르면 반응 전과 후에 물질의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응열은 일정하므로 반응 A(g)→B(g)과 B의 연소 반응의 화학 반응식의 반응 엔탈피를 더하면 A의 연소 엔탈피가 된다. 따라서 A(g)의 연소 엔탈피는  $-8 + (-2880) = -2888 \text{ kJ/mol}$ 이다.

### 16. 몰분율과 자유 에너지 변화

B의 몰분율에 따른 자유 에너지 변화에서 반응의 자발성과 평형을 나타내면 다음과 같다.



[정답맞히기] ㄴ. 평형 상수  $K = 2$ 이므로 1L의 용기로 부피를 가정하면 A는  $n$ 몰, B는  $2n$ 몰의 몰수를 나타낸다. 따라서 평형에서 B의 몰분율은  $\frac{2}{3}$ 이다.

ㄷ. 평형에서 A와 B를 각각 1몰씩 첨가하면 B의 몰분율은 감소하게 되어 자유 에너지 변화 그래프에서 평형의 왼쪽에 자유 에너지가 형성되므로 정반응이 자발적인 반응이 되어  $\Delta G < 0$ 이다.

정답⑤

[오답피하기] ㄱ. 반응 지수(Q)는 a에서가  $K$ 보다 작고, b에서가  $K$ 보다 크다. 따라서 반응 지수는 b에서가 a에서보다 크다.

### 17. 상태 변화와 엔트로피 변화

그림 (가)에서는 용해 엔탈피보다 기화 엔탈피가 더 큰 것을 알 수 있다. 또한 (나)에서는  $T_2$ 에서 용해가 일어나고,  $T_3$ 에서 기화가 일어남을 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄴ. 가열 곡선에서 열량을 계속 가하므로  $\text{H}_2\text{O}$  1몰의 엔트로피는 Q에서가 P에서보다 크다.

ㄷ.  $T_3$ 에서  $\Delta G = 0$ 이므로  $\Delta H_{\text{기화}} - T_3 \Delta S_{\text{기화}} = 0$ 이고,  $T_2$ 에서도  $\Delta H_{\text{용해}} - T_2 \Delta S_{\text{용해}} = 0$ 이다. 따라서  $T_3 \Delta S_{\text{기화}} = \Delta H_{\text{기화}}$ ,  $T_2 \Delta S_{\text{용해}} = \Delta H_{\text{용해}}$ 이고, 기화와 용해는 모두 흡열 반응이며, (가)에서 알 수 있듯이 기화 엔탈피가 용해 엔탈피보다 크다. 따라서  $T_3 \Delta S_{\text{기화}} > T_2 \Delta S_{\text{용해}}$ 이다.

정답④

[오답피하기] ㄱ.  $T_1$  K에서  $H_2O$ 은 액체 상태이므로  $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ 의 반응은 비자발적( $\Delta G > 0$ )이다. 따라서 1몰의 자유 에너지는  $H_2O(g)$ 가  $H_2O(l)$ 보다 크다.

### 18. 화학 평형

[정답맞히기] ㄱ. 온도  $T$ 에서  $K$ 는 평형 I로부터 구할 수 있으므로  $K = \frac{(\frac{2}{V})^2}{\frac{2}{V} \times \frac{1}{V}} = 2$

이다.

ㄴ. 화학 반응식에서 반응 물질의 계수 합과 생성 물질의 계수가 같으므로 반응 전과 후에 평형이 이동하더라도 기체 분자수는 변화가 없는 반응이다. 따라서 새로운 평형 III에 도달하여  $P_2$ 기압이 되더라도 기체의 분자 수에는 변화가 없고 기체가 들어 있던 부피가  $3V$  L에서  $5V$  L로 증가하는 변화가 있다. 따라서  $P_1 \times 3V = P_2 \times 5V$ 이므로  $P_2 = \frac{3}{5}P_1$ 이다.

ㄷ. 온도  $T$ 에서 평형 상수  $K=2$ 이므로 평형 II에서  $K = \frac{(\frac{4}{2V})^2}{\frac{2}{2V} \times \frac{x}{2V}} = 2$ 이므로  $x = 4$

이다. 평형 III에 도달하기 전 반응 지수(Q)를 구해보면 부피가  $5V$  L가 될 것이므로

$Q = \frac{(\frac{6}{5V})^2}{\frac{4}{5V} \times \frac{5}{5V}} = \frac{9}{5}$ 이다. 따라서  $Q < K$ 이므로 반응은 정반응으로 진행하게 되고 반응

전 몰분율인  $\frac{2}{5}$ 보다 커지게 된다.

정답㉔

### 19. 헨리 법칙

[정답맞히기]  $T_1$  K에서 Xe의 부분 압력이 1기압일 때, Xe의 물에 대한 용해도가  $100a$  g/L고, Xe은 헨리 법칙을 따르므로 압력이 달라지면 용해도가 달라진다.

강철 용기 I에서 용기 안의 압력  $P = b + P_{Xe}$ 이고, Xe의 용해도가  $99a$ 이므로 이때 Xe의 압력은 0.99기압이다. 강철 용기 II에서 Xe의 용해도가  $199a$ 이므로 Xe의 부분 압력은 1.99기압이다. 따라서 강철 용기 I에서는  $0.99 + b = p$ , II에서는  $1.99 + b = 2P$ 이므로  $P = 1.00$ 기압이 되고,  $b = 0.01$ 기압이다.  $T_2$ 에서는 용기 안의 압력이  $P$ 기압(=1기압)인데 온도가 달라져서 물의 증기 압력이  $4b$ (=0.04기압)이므로  $P_{Xe} = 0.96$ 기압임을 알 수 있다. 이때 Xe의 용해도가  $48a$ 이므로  $T_2$  K에서는  $P_{Xe}$ 이 1기압일 때  $50a$ 의 Xe이 용해될 것임을 알 수 있다.

정답㉕

20. 화학 평형

외부 압력이 증가하는데도 혼합 기체의 밀도가 이에 비례하여 증가하므로 실린더 내의 기체의 질량은 일정한 상태로 부피가 반비례하는 반응임을 알 수 있다. 따라서 반응 전과 후의 분자 수 변화가 없으므로 압력이 변하더라도 평형 이동이 일어나지 않는 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같은( $c=2$ ) 화학 반응식임을 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. 평형 이동이 일어나도 몰수 변화가 없으므로 질량은 일정하게 유지되고 밀도는 부피에 반비례하므로  $\frac{PV}{T_1} = \frac{P \times 2V}{T_2}$ 가 되어  $T_2 = 2T_1$ 이다.

ㄷ. 그래프에서 평형 I에서 II로 평형 이동하는 과정은  $4d$ 였던 밀도가  $d$ 로 감소하는 과정이다. 따라서 부피가 4배 증가하는 과정이다. A의 농도는 평형 I에서 1M에서 부피가 4배가 되어  $\frac{1}{4}$ M로 되었다가 역반응으로  $\frac{1}{4}$ M가 증가하여  $\frac{1}{2}$ M가 된 것이므로 화학 반응식의 계수에 따라 B는  $\frac{3}{4} + \frac{1}{4} = 1$ M, C는  $\frac{x}{4} - \frac{2}{4} = \frac{1}{4}$ M이다.

$$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$$

반응 전	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{x}{4}$
반응	$+\frac{1}{4}$	$+\frac{1}{4}$	$-\frac{2}{4}$
반응 후	$\frac{1}{2}$	$y(=1)$	$\frac{1}{4}$

따라서 평형 II에서  $K = \frac{(\frac{1}{4})^2}{\frac{1}{2} \times 1} = \frac{1}{8}$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. 이 반응은 압력에 의한 평형 이동은 일어나지 않으므로 C(g)의 계수는 2이다. 따라서 평형 I에서 II로 이동할 때 온도를 높였는데 역반응 쪽으로 반응이 진행하므로 정반응의  $\Delta H < 0$ 이다.