

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

### 1. 발열 반응과 흡열 반응

연소 반응은 발열 반응이고, 얼음이 녹아서 물이 되는 상태 변화의 반응도 흡열 반응이다.

[정답맞히기] ㄱ. 뷰테인의 연소 과정에서 열과 빛이 나오므로 ㉠은 발열 반응이다.

ㄴ. 얼음이 물이 되는 상태 변화에서는 열에너지가 흡수되므로 흡열 반응이다. 따라서 반응 ㉡의  $\Delta H > 0$ 이다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. ㉡는 얼음이 물로 바뀌는 상태 변화이므로 새로운 물질이 생성되는 반응이 아니므로 물리 변화이다.

### 2. 반응열과 에너지 보존

(가)의 반응은 계로부터 주위로 열이 방출되므로 발열 반응이고, 방출된 열은 여러 가지 형태의 에너지로 전환되지만 에너지 보존 법칙에 따르면 전체(우주)의 에너지의 합은 일정하게 유지된다.

[정답맞히기] ① 열이 방출되는 반응이므로 (가)는 발열이고, (나)는 전환과 보존의 의미를 함께 표현할 수 있는 에너지이다. 정답①

### 3. 고체의 분류

[정답맞히기] ② (가)는 양이온과 음이온이 존재하는 이온 결합 물질인 염화 나트륨이다. (나)는 구성 입자가 물 분자로 이루어진 물이다. (다)는 이온 결합 물질도 아니고, 구성 입자가 분자가 아닌 탄소 원자인 흑연이다. 정답②

### 4. 기체의 분출 속도

[정답맞히기] ⑤ 초기에 같은 물수가 분출되는 데 걸린 시간은 X가 Y의 4배이므로 기체 분자의 운동 속력은 Y가 X의 4배이다. 기체 분자의 평균 운동 속력은 분자량의 제곱근에 반비례한다. ( $v \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$ ) 따라서 X의 분자량은 Y의 16배이다.  $H_2$ , He,  $CH_4$ ,  $O_2$ 의 분자량은 각각 2, 4, 16, 32이므로 분자량의 관계가 16배가 성립하는 것은  $H_2$ 와  $O_2$ 이다. 따라서 X는  $O_2$ , Y는  $H_2$ 이다. 정답⑤

### 5. 분자 간 힘

$CH_4$ 는 무극성 분자이고,  $CH_3OH$ ,  $CH_3F$ 는 극성 분자이므로  $CH_4$ 의 분자간 힘이 가장 약하여 끓는점이 가장 낮다.  $CH_3OH$ 는 -OH가 있어서 수소 결합을 형성할 수 있지

만,  $\text{CH}_3\text{F}$ 는 수소 결합을 형성할 수 없으므로 분자 간 힘은  $\text{CH}_3\text{OH}$ 이  $\text{CH}_3\text{F}$ 보다 크다.

[정답맞히기] ㄱ, ㄷ는 끓는점이 가장 높으므로 분자 간 힘으로 수소 결합력이 작용하는  $\text{CH}_3\text{OH}$ 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. X는  $\text{CH}_4$ 이므로 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하지 않고, 극성 분자인 Y는 쌍극자-쌍극자 힘이 작용한다. ㄷ. 수소 결합은 F, O, N에 결합된 H원자와 이웃하는 분자의 F, O, N 사이에 작용하는 힘이므로  $\text{CH}_3\text{F}$ 에서는 F에 결합되어 있는 H원자가 없으므로 수소 결합력이 작용하지 못한다. 따라서 수소 결합을 하는 물질은 1가지이다.

## 6. 용해도

(가)에서는 물 100g에 X(s) 25g이 녹아서 평형에 도달한 상태이고, (나)에서는 (가)에 남은 5g과 추가로 넣은 X(s) 5g 중 4g이 녹아서 X(s) 34g이 녹아 있는 평형 상태를 나타낸 것이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 용해 평형 상태이므로 X의 용해 속도와 석출 속도는 같다. ㄴ. (나)는 80°C에서 물 100g에 X(s) 34g이 녹아 있는 것이므로 용해도는 34이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. (나)의 온도를 20°C로 낮추면 (가)의 상태(용해도 25)가 되므로 물 100g은 그대로 있고, X(s) 9g이 석출되어 수용액의 질량은 9g 감소할 것이다.

## 7. 계와 반응의 자발성

고립계는 계와 주위 사이의 물질과 열에너지 교환이 이루어지지 않는 상태이고, 닫힌 계는 주위와 열에너지의 교환은 가능하지만 물질을 교환할 수는 없는 상태이며, 열린 계는 주위와 열에너지와 물질을 모두 교환할 수 있는 상태를 나타낸다.

[정답맞히기] ① 영희. 고립계에서는 주위와 열에너지 교환이 없으므로  $\Delta H$ 가 0이다. 따라서  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 엔트로피가 증가하면  $\Delta G < 0$ 이므로 항상 자발적이다. 정답①

[오답피하기] 철수. 닫힌계에서는 주위와 열에너지 교환이 있으므로 발열 반응이 자발적이라면  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서  $\Delta H < 0$ 이고  $\Delta G < 0$ 이다. 이때  $\Delta S$ 는 양의 값과 음의 값을 모두 가질 수 있으므로 계와 주위의 엔트로피 변화의 부호는 항상 반대인 것은 아니다.

민희. 열린계에서는 물질과 열에너지의 교환이 있으므로  $\Delta H < 0$ 인 반응에서  $\Delta S$ 의 크기에 따라 자발적, 비자발적 반응으로 나눌 수 있다.

## 8. 액체의 응집력

가설이 액체의 응집력이 작아질수록 유리판 위의 액체 방울이 더 넓게 퍼진다는 것이므로 (가)에와 응집력이 작아지는 탐구 과정을 나타낸 것을 선택해야 한다.

[정답맞히기] ㄱ. 25°C에서 보다 50°C에서 액체의 분자 운동이 활발하여 액체 사이의 응집력이 작아지므로 가설에 부합하는 탐구 과정이 된다.

ㄴ. 물 대신 비눗물을 사용하면 물 사이에 비누 분자가 섞이면서 물 분자 사이의 응집력이 줄어들게 되므로 가설에 부합하는 탐구 과정이 된다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. 유리판 대신에 양초를 균일하게 바른 유리판을 이용하면 액체의 유리판에의 부착력이 작아지게 되는 것이므로 응집력이 작아지게 하는 탐구 과정에는 적절하지 않게 된다.

## 9. 수용액의 농도

(가)에는 0.5M A(aq) 100mL가 들어 있으므로 0.05몰의 A가 들어 있다. A의 화학식량이 40이므로 (가)에 들어 있는 A의 질량은 2g이다. 또한 밀도가 1.02g/mL이므로 수용액의 질량은 102g이므로 A는 2g, 물은 100g이 들어 있다. (나)에는 2% A(aq)이 100g 들어 있으므로 2g의 A와 98g의 물이 들어 있다.

[정답맞히기] ㄷ. (가)는 물 100g에 A가 2g이므로 물 98g을 추가하면 수용액 200g에 A 2g이 들어 있는 것이므로 퍼센트 농도는 1%이다. **정답③**

[오답피하기] ㄱ. (가)와 (나)에서 A의 질량은 2g으로 같지만 물의 양은 (가)가 100g, (나)가 98g이므로 A의 물분율은 (나)가 (가)보다 크다.

ㄴ. (가)와 (나)를 혼합하면 물 198g에 4g의 A가 들어 있으므로 물 200g에 4g의 A가 들어 있으면 되는 0.5m보다 몰랄 농도가 크다.

## 10. 삼투압

반투막에 들어 있는 물과의 높이 차이가 클수록 삼투압이 큰 수용액이다. 삼투압은 용액의 농도가 클수록 크므로 수용액의 농도는 설탕물 B가 A보다 크다.

[정답맞히기] ㄴ. 농도가 작을수록 증기 압력이 커지므로 25°C에서 증기 압력은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 삼투압( $\Pi = CRT$ )은 온도가 높아질수록 커지므로 50°C에서 물과 A의 수면 높이차는  $h_1$ 보다 커진다. **정답④**

[오답피하기] ㄱ. 끓는점은 농도가 높을수록 커지므로 농도가 큰 B가 A보다 높다.

## 11. 반응의 자발성

자유 에너지 변화  $\Delta G < 0$ 일 때 자발적인 변화이다.

[정답맞히기] ㄴ. 물의 어는점은 273K이므로 300K에서  $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$  반응은 자발적으로 일어나게 된다. 자발적인 반응은 전체 엔트로피( $\Delta S_{\text{계}} + \Delta S_{\text{주위}}$ )의 합이 증가하는 방향으로 일어나게 되므로  $|\Delta S_{\text{계}}| > |\Delta S_{\text{주위}}|$ 이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. 아세트산의 어는점이 290K이므로 250K에서  $CH_3COOH(s) \rightarrow CH_3COOH(l)$  반응은 비자발적( $\Delta G > 0$ )이다. 따라서 1몰의 자유 에너지( $G$ )는  $CH_3COOH(l)$ 이  $CH_3COOH(s)$ 보다 크다.

ㄷ. 아세트산의 끓는점은 391K이므로 400K에서 기화는 자발적으로 일어난다.  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서  $\Delta G < 0$ 이므로  $\Delta H - 400\Delta S < 0$ 이다. 따라서  $\frac{\Delta H}{\Delta S} < 400\text{K}$ 이다.

## 12. 반응의 자발성

반응 (나)는 평형 상태에 있으므로  $\Delta G = 0$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 300K에서 반응 (다)는 (나)보다  $\Delta H$ 는 크고  $\Delta S$ 는 작으므로  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서  $\Delta G > 0$ 이다.

ㄴ. 400K에서 반응 (가)는 (나)보다  $\Delta H$ 는 작고  $\Delta S$ 는 크다. 또한 온도도 400K으로  
반응 (나)보다 크므로  $\Delta G < 0$ (자발적)이다.

ㄷ. 반응 (라)는  $\Delta H > 0$ 이고,  $\Delta S < 0$ 이므로  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서  $T$ 에 관계없이  
 $\Delta G > 0$ (비자발적)이다. 정답⑤

## 13. 증기 압력

두 액체의 증기 압력을 비교하면 Y가 X보다 크다는 것을 알 수 있으므로 증기 압력  
곡선에서 위쪽이 Y이고 아래쪽이 X이다.

[정답맞히기] ㄱ. 분자 간 인력은 X와 Y의 증기 압력의 크기로 비교할 수 있다. X와  
Y의 증기 압력 차이는 X쪽으로  $h_2$ 이므로 증기 압력은 Y가 X보다 크다. 증기 압력이  
큰 분자가 분자 간 인력이 작으므로 분자 간 인력은 X(l)이 Y(l)보다 크다.

ㄴ. a는 50°C에서 Y의 증기 압력과 같다. 이 값은 30°C X의 증기 압력과 수은 기둥  
의 높이 차  $h_2$ 와 같은데, X의 증기 압력은 대기압(760mmHg)에서  $h_1$ 의 수은 기둥의  
압력을 뺀 값과 같다. 이를 정리하면  $a = P_X + h_2 = (760 - h_1) + h_2$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. X(l)의 온도를 80°C로 높이면 X(l)의 증기 압력은 a가 되는데, 50°C  
Y(l)의 증기 압력도 이와 같으므로 수은 기둥의 높이 차는 없다.

## 14. 상평형

X의 상평형 그림에서 25°C에서는 액체와 기체 상태의 물질이 존재할 수 있음을 알  
수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 25°C로 평형 상태에 도달하였으므로 X는 기체와 액체 상태  
로 존재한다. 따라서 ㉠은 액체이다.

ㄷ. 기체와 액체 상태가 존재하는 평형 상태인 (나)에서 온도를 -56.6°C로 낮추면 상  
평형 그림을 따라 상태가 변하면서 삼중점에 도달하게 된다. 따라서 용기 내부의 압  
력은 5.1기압이 된다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 X는 2가지 상태로 존재하므로 25°C에서 존재할 수 있는 액  
체와 기체 상태의 평형을 이루게 될 것이다. 따라서 용기 내부에서는 기화가 일어나  
서 기체의 분자 수가 (가)보다 증가하게 되어 용기 내부의 압력은 (가)와 (나)에서 같  
다.

## 15. 화학 평형

$A(aq) \rightleftharpoons bB(aq) + cC(aq)$ 의 반응에서 평형 상수  $K = \frac{[B]^b[C]^c}{[A]}$ 이다. 실험 I 과 II 에서 평형 농도를 대입하여 반응 계수  $b$ 와  $c$ 를 구할 수 있다. 실험 I 과 II 에서  $\frac{[0.20]^b[0.20]^c}{[0.80]} = \frac{[0.15]^b[0.15]^c}{[0.45]}$ 이므로  $(\frac{0.20}{0.15})^{b+c} = \frac{0.80}{0.45}$ 이 되어  $(\frac{4}{3})^{b+c} = \frac{16}{9}$ 이다. 따라서  $b+c$ 는 2이고  $b$ 와  $c$ 는 반응 계수이므로  $b=c=1$ 이다. 실험 I 의 평형 상태의 농도를 통해서 평형 상수를 구하면  $K = \frac{(0.20)^2}{(0.80)} = 0.05$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. 화학 반응식이  $A(aq) \rightleftharpoons B(aq) + C(aq)$ 이므로 실험 I 에서는 A가 0.20M 반응하여 B와 C가 각각 0.20M생성된 것이다. 따라서  $x=1.00$ 이다. 실험 II 에서는 A가 0.15M 반응하여 B와 C가 각각 0.15M 생성된 것이므로  $y=0.60$ 이다. 따라서  $x:y=5:3$ 이다.

ㄷ. 실험 III의 반응 지수( $Q$ )는 1이므로  $T$ 에서  $K=0.05$ 보다 크다. 따라서 실험 III 에서는 역반응이 자발적일 것이다. 따라서 정반응의 자유 에너지 변화( $\Delta G$ )는 0보다 크다. 정답⑤

[오답피하기] ㄱ. 평형 상태에서 농도를 대입하여 구한 평형 상수( $K$ )는 0.05이다.

## 16. 어는점 내림과 몰랄 농도

[정답맞히기] ② 묶은 용액의 어는점 내림( $\Delta T_f$ )은 몰랄 농도( $m$ )에 비례한다. ㉠은 X와 Y의 혼합물  $ag$  이므로

X의 질량 + Y의 질량 =  $a$ .....(1)식

어는점 내림  $\Delta T_f$ 가  $0.2k$ 이므로 몰랄 농도가  $0.2m$ 임을 알 수 있다. 몰랄 농도의 정의에 따르면

$$\frac{X \text{의 질량}}{M_X} + \frac{Y \text{의 질량}}{M_Y} = 0.2 \dots\dots\dots (2) \text{식}$$

각각 추가한 질량을 통하여 X와 Y의 분자량인  $M_X$ 와  $M_Y$ 를 구하여 식을 연립하여야 한다. X를  $bg$  추가하였을 때 어는점 내림이  $0.1k$ 이므로  $\frac{b}{M_X} = 0.1$ 이다. 또한 Y를  $bg$

추가하였을 때 어는점 내림이  $0.3k$ 이므로  $\frac{b}{M_Y} = 0.3$ 이다. 따라서  $M_X = 10b$ ,  $M_Y = \frac{10}{3}b$

이므로 이를 (2)식에 대입하면

$$\frac{X \text{의 질량}}{10b} + \frac{Y \text{의 질량}}{\frac{10}{3}b} = 0.2 \dots\dots\dots (3) \text{식}$$

(1)식과 (3)식을 연립하면 X의 질량 =  $\frac{3a-2b}{2}$ 이고, Y의 질량 =  $\frac{2b-a}{2}$ 이므로 ㉠에 들어

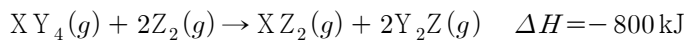
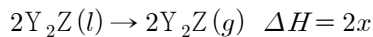
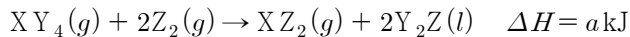
있는  $\frac{X \text{의 질량}}{Y \text{의 질량}} = \frac{3a-2b}{2b-a}$ 이다. 정답②

### 17. 결합 에너지와 반응열

[정답맞히기] ② 결합 에너지는 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 간의 공유 결합 1몰을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이다. 결합 에너지를 이용하여 반응 엔탈피를 구할 수 있다.

$$\Delta H = (\text{반응물의 결합에너지 합}) - (\text{생성물의 결합에너지 합})$$

주어진 자료를 통하여 구한 반응 엔탈피( $\Delta H_1$ )는 생성물이  $Y_2Z(g)$ 일 때의 값 ( $4b + 2c - 2(c + 300) - 4(b + 50) = -800 \text{ kJ}$ )이므로 기화 엔탈피( $x$ )를 이용하여  $\Delta H$ 를 구하는 반응식을 다시 세우면 다음과 같다.



따라서  $a + 2x = -800$ 이므로 기화 엔탈피  $x = -\frac{a+800}{2}$ 이다.

정답②

### 18. 이상 기체 방정식과 몰수

(가)~(라)의 과정에서 감소한 기체의 압력은 액화된 물질 때문이므로 (가)에서 B의 몰분율을 구하기 위해서는 (나)~(라) 과정에서 감소한 B의 몰수를 구해야 한다.

[정답맞히기] ③ 각 과정에서 혼합 기체의 몰수는 이상 기체 방정식으로부터 구할 수 있다.  $PV = nRT$ 에서  $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로

$$\text{(가)에서의 몰수 } n_{\text{(가)}} = \frac{4.8 \times 1}{400R}$$

$$\text{(나)에서는 온도를 } 200\text{K} \text{으로 낮추었으므로 } n_{\text{(나)}} = \frac{0.8 \times 1}{200R}$$

$$\text{(라)에서는 온도를 } 100\text{K} \text{으로 낮추고, 부피를 } 2\text{L} \text{로 하였으므로 } n_{\text{(라)}} = \frac{0.1 \times 2}{100R} \text{이다.}$$

$$\text{(라)와 (나)의 몰수 차이가 B의 몰수이므로 B의 몰수} = \frac{0.2}{100R} \text{이다. (가)에서 혼합 기체}$$

$$\text{의 몰수는 } \frac{4.8}{400R} = \frac{1.2}{100R} \text{이므로 B의 몰분율은 } \frac{0.2}{1.2} = \frac{1}{6} \text{이다.}$$

정답③

### 19. 농도와 평형 이동

[정답맞히기] ④ (나)의 실험 결과로부터 용기 I에서 C의 몰농도가 0.04M임을 알 수 있으므로 용기 I에는 C가 0.04몰, 용기 II에는 C가 0.12몰 들어 있음을 알 수 있다. 화학 반응에서 반응 전에 A가 0.2몰, B가 0.2몰 있었으므로 이를 나타내면,

반응식	A	+	B	→	2C
반응 전(몰)	0.2		0.2		
반응(몰)	-0.08		-0.08		0.16
반응 후(몰)	0.12		0.12		0.16
반응 후(M)	0.03		0.03		0.04

(총 4L로 생각하면 된다.)

(다)에서는 콕 a를 닫고 콕 b를 열어 C를 추가하였으므로 용기 II에는 A와 B가 각각 0.09몰 씩 들어 있다. (다)에서의 반응을 나타내면

반응식	A	+	B	→	C
반응 전(몰)	0.09		0.09		0.32
반응(몰)	+x		+x		-2x
반응 후(몰)	0.09+x		0.09+x		0.32-2x
반응 후(M)	$\frac{0.09+x}{5}$		$\frac{0.09+x}{5}$		$\frac{0.32-2x}{5}$

(총 5L로 생각하면 된다.)

(나)와 (다)는 온도가 같으므로 평형 상수가 같다. 따라서 (나)에서 평형 상수  $K = \frac{(0.04)^2}{(0.03)^2} = \left(\frac{4}{3}\right)^2$ 는 (다)에서의 평형 상수  $K = \frac{(0.32-2x)^2}{(0.09+x)^2}$ 와 같으므로  $\frac{4}{3} = \frac{0.32-2x}{0.09+x}$ 가 되어  $x = 0.06$ 이다. 따라서 반응 후 C의 몰농도는  $\frac{0.32-0.12}{5} = 0.04\text{M}$ 이다. 정답④

## 20. 평형 이동

온도가 일정하면 압력과 부피의 변화를 통하여 평형 이동을 하더라도 평형 상수는 일정하게 유지된다. (가)에서 몰수 변화는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 (나)에서 B가 (가)보다 2몰 감소하였으므로 A는 1몰 증가하여  $x$ 는 3이다. (다)에서 A의 몰수가 4몰이므로 A는 1몰 증가하고, B는 2몰 감소하여  $y$ 는 4몰이다.

[정답맞히기] ㄴ. 이상 기체 방정식에 따라 기체의 압력(P)은  $\frac{nRT}{V}$ 로 나타낼 수 있으

므로 (다)의 압력은  $\frac{8}{V_{(다)}}$ , (가)의 압력은  $\frac{6}{V_{(가)}}$ 이다. (가)와 (다)에서는 평형 상수  $K$

가 같으므로 (가)에서의 평형 상수  $K = \frac{\left(\frac{4}{V_{(가)}}\right)^2}{\frac{2}{V_{(가)}}} = \frac{8}{V_{(가)}}$ 이고, (다)에서의 평형 상수

$K = \frac{\left(\frac{4}{V_{(다)}}\right)^2}{\frac{4}{V_{(다)}}} = \frac{4}{V_{(다)}}$ 에서  $V_{(가)} = \frac{8}{K}$ ,  $V_{(다)} = \frac{4}{K}$  이므로 (다)의 압력은  $2K$ 이고, (가)

---

의 압력은  $\frac{3}{4}K$ 이므로 기체의 압력은 (다)가 (가)의  $\frac{8}{3}$ 배이다.

ㄷ. 온도가 일정하므로 (가)~(다)의 평형 상수  $K$ 가 모두 같다는 것을 이용하면

$V_{(가)} = \frac{8}{K}$ ,  $V_{(나)} = \frac{4}{3K}$ ,  $V_{(다)} = \frac{4}{K}$ 이므로 부피가 가장 큰 것은 (가)이다.      정답⑤

[오답피하기] ㄱ. 화학 반응식의 계수비에 따라 몰수도 변화하므로  $x = 3$ ,  $y = 4$ 이다.