

[정답]

1	③	2	⑤	3	⑤	4	③	5	②
6	⑤	7	③	8	②	9	①	10	③
11	③	12	⑤	13	①	14	③	15	③
16	④	17	①	18	③	19	②	20	②

1. [출제의도] 녹색 화학에 대하여 아는가?

정답: ③

[해설]

녹색 화학은 사람이나 환경에 해로운 물질인 유해물의 사용을 줄이거나 없애기 위한 화학이다.

2. [출제의도] 엔트로피와 계에 관한 이해

정답: ⑤

영희: 연소 반응은 발열 반응이므로 외부의 엔트로피는 증가한다. (거짓)

민수: 고립계에서는 계의 엔트로피가 전체 엔트로피와 같으므로 화학 반응이 일어날 때 계의 엔트로피는 항상 증가한다. (참)

은지: 열린계는 물질과 에너지를 모두 교환할 수 있는 계를 의미한다. (참)

3. [출제의도] 조건에 따른 엔트로피 변화 이해

정답: ⑤

[해설]

ㄱ. 쿡을 열면 기체의 부피가 증가(=기체 분자의 운동 영역이 넓어짐)하므로 엔트로피가 증가한다. (참)

ㄴ. 온도를 증기시키면 기체 분자의 운동 속도가 증가하므로 엔트로피가 증가한다. (참)

ㄷ. ㄱ에서와 마찬가지로 일부 기체 분자들의 운동 영역이 넓어지므로 엔트로피가 증가한다. (참)

4. [출제의도] 천연 에너지원에 대해 아는가?

정답: ③

[해설]

ㄱ. X는 수소 이므로 XCl은 HCl이다. HCl수용액은 산성을 띤다. (거짓)

ㄴ. HCl분자에는 극성 결합이 존재한다. (참)

ㄷ. 분산력이 XBr보다 작으므로 끓는점은 XBr보다 낮다. (거짓)

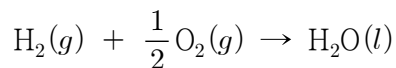
5. [출제의도] 상황에 맞게 반응식을 세우고 반응 엔탈피를 구하기

정답: ②

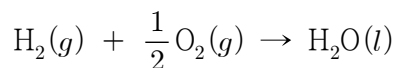
[해설]

설명에 나온 물질은 수소 기체이다.

25℃, 1기압에서 물 1몰이 생성되는 반응식:



25℃, 1기압에서 수소 기체 1몰이 연소되는 반응식:



두 과정의 반응식과 반응 계수가 모두 동일하므로 수소 기체의 연소 엔탈피도 물의 생성 엔탈피와 동일하게 $a(\text{KJ/mol})$ 이다.

6. [출제의도] 화학전지에서 일어나는 반응을 이해하고 있는가?

정답: ⑤

[해설]

ㄱ. 전지의 표준 전지 전위($E_{\text{전지}}^0$)는 $1.16 - (-0.76) = 1.92V$ 이다. (참)

ㄴ. B는 표준 환원 전위가 음수이므로 $B(s) + 2H^+(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + H_2(g)$ 반응은 자발적이다. 따라서 표준 자유 에너지 변화는 0보다 작다. (거짓)

ㄷ. 전자 1몰이 이동할 때 $A^+(aq)$ 1몰이 감소하고 $2B^{2+}$ 0.5몰이 증가하므로 전지 전체에서는 반응이 진행됨에 따라 금속 이온의 총 몰수는 감소한다. (참)

7. [출제의도] 화학 반응이 일어날 때 계의 변화를 추론한다.

정답: ③

[해설]

반응 전후 기체 분자수가 감소하므로 엔트로피(S)는 감소한다. 질량 보존의 법칙에 의해 반응 전후 기체의 질량이 일정하고, 계의 부피가 일정하므로 혼합 기체의 단위 부피당 밀도는 반응 전과 후가 동일함을 알 수 있다.

8. [출제의도] 전기 분해에서 발생하는 화학 반응 추론 및 전하량 계산

정답: ②

[해설]

A~C의 환원전위를 각각 a , b , c 라고 할 때, 표에 주어진 표준 환원 전위를 통해 $b-a = 0.57$, $a-c = -1.03$ 이므로 $x = c-b = 0.46$ 이다.

9. [출제의도] 물의 자동 이온곱 상수에 대해 알고 있는가?

정답: ①

[해설]

$[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 $[H_3O^+] = \sqrt{K_w}$ 이다.

ㄱ. 문제 조건에 의해 물의 자동 이온곱 반응은 흡열 반응이다. 따라서 K_w 가 더 큰 $t_2^\circ C$ 가 $t_1^\circ C$ 보다 높다. (참)

ㄴ. $[H_3O^+] = \sqrt{K_w}$ 이므로 K_w 는 $t_2^\circ C$ 가 $t_1^\circ C$ 일 때의 100배이다. 따라서 $t_2^\circ C$ 에서 $K_w = 5.0 \times 10^{-13}$ 이다. (거짓)

ㄷ. $[H_3O^+] = \sqrt{5.0 \times 10^{-13}}$ 이므로 $a < 7$ 이다.

(거짓)

❖(참고) t_1 은 약 97, t_2 는 약 16이다.

10. [출제의도] 고립계에서의 온도와 반응속도 변화 이해

정답: ③

[해설]

ㄱ. 단열 용기에서 반응이 시작될 때(즉, $t=0$ 일 때) 용기 내부의 온도는 TK 이고 자발적이므로($\because \Delta G < 0$) 전체 엔트로피는 증가해야 한다. 하지만 고립계이므로 외부의 엔트로피는 변화시키지 못하므로 계의 엔트로피가 증가해야 한다. (참)

ㄴ. 활성화 에너지는 촉매에 의존하므로 촉매가 없으면 활성화 에너지는 일정하다. (참)

ㄷ. t 분일 때 표에서 $A(g)$ 의 몰수는 $0.5a$ 몰이므로 양적 관계에 의해 $C(g)$ 의 몰수는 $0.25a$ 몰이다. 단열 용기에서는 온도가 증가하여 반응이 더 빠르게 진행되므로 $x > 0.25a$ 이고 $a < 4x$ 이다. (거짓)

11. [출제의도] 자유에너지 공식과 그래프의 활용

정답: ③

[해설]

ㄱ. 반응식 계수합을 통해 반응이 진행되면 기체의 몰수가 감소함을 알 수 있고 반응 엔트로피의 부호가 음수이므로(즉, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 에서 그래프의 기울기가 양수) (가)는 ΔG , (나)는 $T\Delta S$ 임을 알 수 있다. (참)

ㄴ. (가)의 y절편이 음수이므로 반응 엔탈피는 0보다 작다. (거짓)

ㄷ. T_1 일 때 ΔG 와 $T\Delta S$ 가 같으므로

$$\Delta G = \Delta H - T_1\Delta S = T_1\Delta S \text{에서 } T_1 = \frac{\Delta H}{2\Delta S}$$

$$T_2 \text{일 때 } \Delta G = \Delta H - T_2\Delta S = 0 \text{이므로 } T_2 = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

따라서 $T_2 = 2T_1$ 이다. (참)

12. [출제의도] 화학 전지에서 일어나는 반응과 표준 환원전위의 정의 이해

정답: ⑤

[해설]

ㄱ. $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 반응의 E° 가 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$ 반응보다 크므로 +극에서 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 반응이 일어나게 된다. (참)

ㄴ. +극인 오른쪽 비커에서 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 반응이 일어나므로 $\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$ 의 값은 증가한다. (참)

ㄷ. $a = 0.77 - 1.21 = -0.44$ 이고, 표준 환원전위의 정의에 의해 $\text{Fe}(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ 의 표준 전지 전위($E_{\text{전지}}^0$)는 $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$ 의 역반응의 표준 전지 전위인 $+0.44\text{V}$ 이다. (참)

13. [출제의도] 화학 반응이 일어날 때 계와 주위의 엔트로피 변화 이해

정답: ①

[해설]

$$\text{ㄱ. } \Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T} \text{이므로 } \frac{\Delta S_{\text{주위}}}{\Delta S_{\text{계}}} = -\frac{\Delta H}{T\Delta S_{\text{계}}} \text{이}$$

고 반응 엔탈피와 반응 엔트로피의 부호가 같은(반응 엔트로피의 부호는 기체의 반응식 계수로 추론) (가)는 ㉠, (나)는 ㉡임을 알 수 있다. (참)

ㄴ. (가)에서 (나)를 빼면 반응식과 반응 엔탈피는 다음과 같다.



$a < 0$ 이므로 발열 반응이고 반응이 일어날 때 주위의 엔트로피는 증가한다. (거짓)

ㄷ. (가)는 $\Delta H < 0$, $\Delta S_{\text{계}} > 0$ 이므로 항상

$$\Delta G < 0 \text{이다. (나)는 } \frac{\Delta S_{\text{주위}}}{\Delta S_{\text{계}}} = -\frac{\Delta H}{T\Delta S_{\text{계}}} = -1 \text{에}$$

서 TK 일 때 $\Delta G = 0$ 이고 $\Delta H < 0$, $\Delta S_{\text{계}} < 0$ 이므로 $2TK$ 에서는 $\Delta G > 0$ 이다. 즉, $2TK$ 에서 ΔG 의 부호는 다르다. (거짓)

14. [출제의도] 환원 전위를 이용하여 화학 전지에서 일어나는 반응을 추론할 수 있는가?

정답: ③

[해설]

전극의 환원 전위는 Cu 가 Ag 보다 작으므로 왼쪽이 -극, 오른쪽이 +극이다.

-극에서 Cu 는 환원 전위가 더 낮은(=산화 전위가 더 높은) Cu^{2+} 로 산화되고 +극에서는 환원 전위가 더 높은 Au^{3+} 가 환원된다.

즉, -극과 +극에서 반응하는 물질의 몰수비는 3:2이고 -극에서 6몰의 금속이 산화되면 +극에서는 4몰의 이온이 환원된다.

초기 +극에서 이온의 총 몰수는 20몰이므로 4몰의 이온이 환원되면 16몰이 남는다.

15. [출제의도] 그래프를 이용한 0차반응 해석
정답: ③

[해설]

*반응 차수 구하기

(다)에서 반응 시간과 무관하게 용기 내 전체 몰수의 변화율이 항상 일정하므로(즉, 반응 속도가 항상 일정) 반응 차수는 0이다.

*반응 속도 상수(k) 구하기

I의 부피는 2L이므로 (나)에서 가로축을 몰 농도로 바꾸면(엄밀히 말하면 넣은 A(g)의 초기 몰농도) 2M일 때 2분이 된다.

즉, 1M(=2M의 절반)의 A(g)가 반응하는데 걸리는 시간이 2분이므로 I에서의 k 는 0.5M/분이다.

II에서의 부피는 1L이므로 (나)에서 가로축을 몰농도로 바꾸면 4M이 되고 2M의 A(g)가 반응하는데 걸리는 시간이 1분이므로 II에서의 k 는 2M/분이다.

* b 구하기

(다)에서 반응 시간이 t 분일 때
 $[A] = [A]_0 - kt$, $[B] = bkt$, $[C] = kt$ 이므로
 $[A] + [B] + [C] = [A]_0 + bkt$ 이다.

(다)의 세로축을 $[A] + [B] + [C]$ 로 변환하면 0분일 때와 1분일 때 1M과 2M이 되고 위에서 I에서의 k 는 0.5M/분을 구했으므로
 $2 = 1 + b \times 0.5 \times 1$ 에서 $b = 2$ 이다.

따라서 $[B] = 4M$ 이 되는 시간은 반응 계수비와 용기의 부피에 의해 A가 2M만큼 소모되는 시간을 의미하고 II에서의 k 는 2M/분이므로 답은 1분이다.

♣ '8몰 넣고 반응시킬 때'라고 써놓은 이유
 $-[B] = 4M$ 이 되기에 충분한 A가 있음을 알려주기 위함.

16. [출제의도] 그레이엄 법칙을 질량과 연관이 있어 응용할 수 있는가?

정답: ④

[해설]

*기체의 몰수

$RT = 20 \text{ 기압} \cdot \text{L/몰}$ 이므로 X(g)와 Y(g)가 각각 1몰씩 있음을 알 수 있다.

*(나)에서 I의 부피가 0이 되는 순간 IV의 부피가 0인 경우는 (다의 II에서 압력이 1기압이 되어야 하므로 실험 결과에 맞지 않는다. 따라서 IV의 부피는 0이 아니다.

*(다)의 II에서 기체의 총 압력이 $\frac{2}{3}$ 기압 이

므로 몰수는 $\frac{\frac{2}{3} \times 20}{20} = \frac{2}{3}$ 이고 이는 원형 용기

로 분출된 기체의 총 몰수가 $\frac{4}{3}$ 임을 의미한다. X(g)는 1몰이 전부 분출되었으므로 Y(g)는 $\frac{1}{3}$ 몰이 분출된 것이고 이를 통해 분출 속도는 X(g)가 Y(g)의 3배이다.

따라서 그레이엄 법칙에 의해 분자량 비는 Y(g)가 X(g)의 9배이고 표에 주어진 질량을 통해 다음과 같이 식을 세울 수 있다. (앞서 구한 몰수 이용. 1몰과 $\frac{1}{3}$ 몰은 II와 III에서의 총 몰수이고 표에 주어진 II에서의 몰수이므로 2로 나누어야 함.)

$$\frac{1}{2} \times M + \frac{1}{6} \times 9M = 8 \quad \therefore M = 4$$

따라서 Y의 분자량($9M$)은 36이다.

♣(참고) 분자량 36인 기체는 염화수소이다. (정확히는 36.47) 끓는점은 188.15K로 문제의 주어진 온도(약 243.73K)보다 낮다.

17. [출제의도] 자유에너지와 엔트로피 공식 응용

정답: ①

[해설]

ㄱ. 기체의 반응 계수합이 반응 후가 반응 전보다 크므로 (나)의 $\Delta S_{\text{계}} > 0$ 이다. (거짓)

ㄴ. $2TK$ 에서 (나)는 비자발적이고 $\Delta S_{\text{계}} > 0$ 이므로 $\Delta H > 0$ 이고 TK 에서 (나)는 비자발적이다. 즉, TK 에서 ΔG 의 부호가 다른 (가)는 자발적이다.

(가)에서 $\Delta G_1 < 0$ 인데 반응 엔트로피는 음수이므로(반응계수로 알 수 있고) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S_{\text{계}}$ 에서 반응 엔탈피는 음수가 되어야 한다. 따라서 (가)는 발열 반응이다. (참)

ㄷ. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S_{\text{계}}$ 에서 $\Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T}$ 이므로 $\Delta G = -T(\Delta S_{\text{주위}} + \Delta S_{\text{계}}) = -T\Delta S_{\text{전체}}$ 이다. 따라서 온도가 일정할 때 ΔG 는 $\Delta S_{\text{전체}}$ 에 비례하고 $-\Delta S_2 = 2\Delta S_1$ 이다.

하지만 $\Delta S_{\text{전체}} = \Delta S_{\text{주위}} + \Delta S_{\text{계}} = -\frac{\Delta H}{T} + \Delta S_{\text{계}}$ 에서 $2TK$ 에서는 위와 온도가 다르므로 (가)와 (나)의 $\Delta S_{\text{전체}}$ 값이 달라진다.

*온도와 압력이 일정하면 $\Delta S_{\text{계}}$ 는 일정하고 화학2에선 $\Delta S_{\text{계}}$ 의 변화 자체를 다루지 않음.

* $\Delta G = -T\Delta S_{\text{전체}}$ 만을 생각하면 $\Delta S_{\text{전체}}$ 가 온도에 반비례 한다고 생각할 수 있으나 ΔG 도 온도에 따라서 달라지므로($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$) 정확히 반비례 하지 않음.

따라서 $-\Delta S_4 \neq 2\Delta S_3$ 이고 $\frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} \neq \frac{\Delta S_3}{\Delta S_4}$ 이다.

(거짓)

⚡ $2TK$ 에서 ΔS_3 의 부호를 알 수 없기 때문에

$\frac{\Delta S_1}{\Delta S_2}$ 과 $\frac{\Delta S_3}{\Delta S_4}$ 의 정확한 대소비교는 불가능하다.

18. [출제의도] 산염기 평형에서 합반응의 평형상수 구하기, 이온화도의 정의 이해

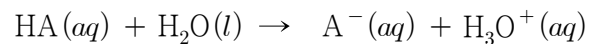
정답: ③

[해설]

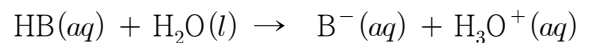
ㄱ. (가)의 그래프에서 $HB(aq)$ 의 몰농도는 $1M$ 임을 알 수 있고, 문제 조건에서 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-5}$ 이므로 $1.0 \times 10^{-5} = \sqrt{K_a}$ 이고 K_a 는 1.0×10^{-10} 임을 알 수 있다. 따라서 $B^-(aq)$ 의 이온화 상수(K_b)는 1.0×10^{-4} 이다. (참)

ㄴ. $Na^+(aq)$ 와 $Cl^-(aq)$ 는 모두 구경꾼 이온이므로 $HB(aq)$ 의 몰수에 영향을 주지 않는다. (거짓)

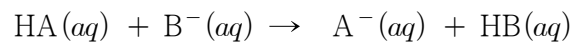
ㄷ. $HA(aq)$ 의 이온화 반응에서 $HB(aq)$ 의 이온화 반응을 빼보면 다음과 같다.(ㄱ에서와 동일한 방식으로 $HA(aq)$ 의 K_a 를 구한다.)



$$K_a = 2.0 \times 10^{-10}$$



$$- \quad K_a = 1.0 \times 10^{-10}$$



$$K = 2$$

(나)에서 넣은 $HA(aq)$ 와 $B^-(aq)$ 가 위의 반응을 일으키고 넣은 $HA(aq)$ 와 $B^-(aq)$ 의 몰수가 동일하므로 평형상수에 관한 식을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$K = 2 = \frac{[A^-][HB]}{[HA][B^-]} = \frac{HA(aq)의 이온화도}{HB(aq)의 이온화도}$$

따라서 (나)에서 $\frac{HB(aq)의 이온화도}{HA(aq)의 이온화도} = \frac{1}{2}$ 이다.

(참)

19. [출제의도] 주위의 엔트로피 변화에 관한 식을 응용할 수 있는가?

정답: ②

[해설]

a 와 b 는 절댓값이므로 항상 양수이고 x 는 부호를 판단해야 한다.

ㄱ. $\Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T}$ 임을 이용하면 (다)에서의 $\Delta S_{\text{주위}}$ 는 (가)에서의 3배임을 알 수 있고, 이를 통해 (가), (나), (다)는 각각 III, I, II에 해당한다는 것을 알 수 있다. (거짓)

ㄴ. $\Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T}$ 에서 $|\Delta S_{\text{주위}}| = \frac{|\Delta H|}{T}$ 이므로 (나)에서의 $|\Delta H|$ 를 y 라 하면 (가)에서 $b = \frac{a}{T_1}$, (나)에서 $4b = \frac{y}{T_2}$ 이므로 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{y}{4a}$ 이다.

또한, 문제 조건에 의해 (나)의 ΔG 는 $2a$ 이므로 $2a = \pm y - T_2 \times \frac{3a}{T_1} = \pm y - \frac{3}{4}y$ 이다.

(나)에서의 ΔH 가 음수인 경우 $2a = -\frac{7}{4}y$ 가 되어 $y > 0$ 이라는 조건에 맞지 않는다(절댓값이므로). 따라서 ΔH 는 양수이고

$\Delta G = 2a = y - \frac{3}{4}y$ 에서 $y = \Delta H = 8a$ 이다. (참)

*이 때 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{y}{4a}$ 이므로 $T_2 = 2T_1$, 즉 $T_2 > T_1$ 이다. (ㄷ에서 이용)

ㄷ. T_1 K에서 반응 (가), (다)의 ΔG 부호가 다르므로 다음과 같이 비례식을 세울 수 있다.

$$3 : (-5) = (-a - 2xT_1) : (-3a + xT_1)$$

$$\therefore xT_1 = -2a, \quad x < 0$$

따라서 T_1 K일 때 (다)의 $\Delta G = -5a < 0$ 이고 $T_2 > T_1$, $\Delta S_{\text{계}} > 0$ 이므로 T_2 K일 때, 반응 (다)는 자발적이다. (거짓)

20. [출제의도] 부분압력 법칙의 응용

정답: ②

[해설]

(온도가 일정하므로 PV 값을 몰수(상댓값)로 놓고 풀이한다.) (나)에서 기체의 전체 몰수는 $P_1 + P_2 + 2V$ 이고 전체 부피는 $2V + 2$ 이므로

압력은 $\frac{P_1 + P_2 + 2V}{2V + 2} = \frac{5}{3}$ 이다.

(라)에서 Y가 존재하지 않으므로 I, II와 III, IV에서 모두 Y이고 다음과 같이 몰수를 구할 수 있다.

I, II	X(g)	Y(g)	Z(g)
반응 전	P_1	V	0
반응 후	$P_1 - V$	0	V

III, IV	X(g)	Y(g)	Z(g)
반응 전	P_2	V	0
반응 후	$P_2 - V$	0	V

따라서 반응 후 몰수 총합은 각각 P_1 , P_2 이고 실험 결과에서 II의 부피가 $\frac{V}{2}L$ 이므로 III의

부피는 $\frac{3}{2}VL$ 이고 이는 반응 후 몰수 총합의

비가 $(I + II) : (III + IV) = (\frac{V}{2} + 1) : (\frac{3}{2}V + 1)$ 임을 의미한다. (I ~ IV에서의 압력 동일)

따라서 $P_1 : P_2 = (\frac{V}{2} + 1) : (\frac{3}{2}V + 1)$ 이고

(라)에서 대기압이 1기압이고 II의 부피가 1L이므로 (= I, II에서 몰수 총합(상댓값)이 2이므로) $P_1 = 2$ 이고 다음 두 식이 나온다.

$$\frac{2 + P_2 + 2V}{2V + 2} = \frac{5}{3}, \quad 2 : P_2 = (\frac{V}{2} + 1) : (\frac{3}{2}V + 1)$$

왼쪽 식에서 $P_2 = \frac{4}{3}(V + 1)$ 이고 이를 오른쪽

식에 대입하면 $\frac{4}{3}(V + 1)(\frac{V}{2} + 1) = 2(\frac{3}{2}V + 1)$

따라서 $V = 2$, P_2 는 4이고 $\frac{P_2}{P_1}$ 은 2이다.