[정답] ⑤

01

다음은 물질 (가)와 (나)의 전기 분해 실험에 대한 자료이다. (가)와 (나)는 $AgNO_3(aq)$과 $NaCl(aq)$을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 $Ag(s)$과 $H_2(g)$ 중 하나이다.

- 환원되기 쉬운 경향: $Ag^+(aq) > H_2O(l) > Na^+(aq)$
- $H_2O(l)$의 환원 반응: $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
- $AgNO_3(aq)$과 $NaCl(aq)$에 각각 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 넣고 전기 분해 반응이 진행되는 동안 관찰된 (−)극 주변 수용액의 색 변화와 (−)극에서 생성된 물질

물질	색 변화	생성된 물질
(가)	붉은색으로 변화	㉠
(나)	변화 없음	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

ㄱ. 전기 분해가 진행될 때 환원 반응은 (+)극에서 일어난다.
ㄴ. (가)는 $NaCl(aq)$이다.
ㄷ. ㉠과 ㉡이 각각 1 mol씩 생성되었을 때 얻은 전자의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

풀이

Step 1. 환원된 물질 파악하기

(−)극 주변 수용액의 색 변화 여부를 관찰하면 어떤 물질이 생성되었는지, 즉 어떤 물질이 환원되었는지를 파악할 수 있다.

Step 2. (가)와 (나) 파악하기

환원되기 쉬운 경향성을 고려하면 어떤 물질이 환원되었는지를 통해 (가)와 (나)가 각각 어떤 수용액인지 파악할 수 있다.

정답 선지 해설

ㄴ. (가)에서 (−)극 주변 수용액이 붉은색으로 변화하였으므로 $H_2O(l)$이 환원되어 (−)극 주변이 염기성이 되었다. 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O(l) > Na^+(aq)$이므로 (가)는 $NaCl(aq)$이다.

ㄷ. ㉠은 $H_2(g)$이고, ㉡은 $Ag(s)$이다. $H_2(g)$ 1 mol이 생성되었을 때 얻은 전자의 양(mol)은 2이고, $Ag(s)$ 1 mol이 생성되었을 때 얻은 전자의 양(mol)은 1이다. 따라서 ㉠과 ㉡이 각각 1 mol씩 생성되었을 때 얻은 전자의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

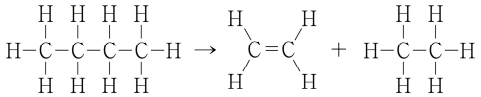
오답 선지 해설

ㄱ. 전기 분해가 진행될 때 환원 반응은 (−)극에서 일어난다.

COMMENT

$H_2O(l)$보다 환원되기 어려운 물질의 전기 분해의 결과 (−)극 주변은 염기성이 된다.

02 다음은 25℃, 1 atm에서 $C_4H_{10}(g)$이 분해되어 $C_2H_4(g)$과 $C_2H_6(g)$이 생성되는 반응을 구조식으로 나타낸 열화학 반응식과 3가지 결합의 결합 에너지이다.



$\Delta H = a\,\text{kJ}$

결합	C−C	C=C	C−H
결합 에너지(kJ/mol)	348	x	412

이 자료로부터 구한 x는?

① $a-760$ ② $a-696$ ③ $-a+412$
④ $-a+696$ ⑤ $-a+760$

[정답] ④

풀이

Step 1. 반응 전후 변하지 않는 결합을 확인하기

반응 전후 변하지 않는 결합과 변하는 결합을 확인하고, 변하는 결합에 대해서만 결합 에너지의 변화를 따지면 반응 엔탈피를 더 쉽게 구할 수 있다.

정답 선지 해설

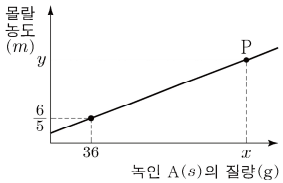
반응 전후 C−H 결합 10개와 C−C 결합 1개는 변하지 않는다. 반응이 일어날 때 실제로 변화하는 결합에 대해서만 식을 작성하면 $348\times2-x=a$ 이므로 $x=-a+696$이다.

COMMENT

헤스 법칙 문항에서 반응 전후 실제로 변화하는 결합만을 따져 계산하면 계산량을 줄여줄 수 있다.

03

그림은 t℃에서 $H_2O(l)$ w g에 $A(s)$를 녹인 수용액의 몰랄 농도(m)를 $A(s)$의 질량에 따라 나타낸 것이다. P에서 퍼센트 농도는 $5y$%이다.



x는? (단, A의 화학식량은 60이다.) [3점]

① 60 ② 80 ③ 90 ④ 100 ⑤ 120

용액

2024학년도 대학수학능력시험 12번

[정답] ④

풀이

Step 1. 용매의 질량 파악하기

$A(s)$ 36 g을 녹였을 때 몰랄 농도(m)를 이용하면 용매의 질량을 파악할 수 있다.

Step 2. P에서 용질의 질량 파악하기

용액의 몰랄 농도와 퍼센트 농도의 관계를 고려하여 P에서 수용액에 녹인 $A(s)$의 질량(g)을 파악할 수 있다.

정답 선지 해설

$A(s)$ 36 g을 녹였을 때 몰랄 농도(m)는 $\frac{6}{5}=\frac{36}{w}\times\frac{1000}{60}$이므로 $w=500$이다.

P에서 몰랄 농도(m)는 $\frac{x}{500}\times\frac{1000}{60}=y$이고, 퍼센트 농도(%)는 $\frac{x}{500+x}\times100=5y$이므로 $5\times\frac{x}{500}\times\frac{1000}{60}=\frac{x}{500+x}\times100$이고, $x=100$이다.

COMMENT

몰랄 농도, 퍼센트 농도의 경우 용액, 용매, 용질의 질량에 초점을 맞춰 상황을 분석해 보자.

[정답] ①

04

표는 25℃에서 혼합 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. HA와 HB는 모두 약산이다.

혼합 수용액	혼합 조건	$\frac{[A^-]}{[HA]}$ 또는 $\frac{[B^-]}{[HB]}$	pH
(가)	0.1 M HA(aq) 100 mL + x M NaOH(aq) 50 mL	$\frac{1}{2}$	5
(나)	0.1 M NaA(aq) 100 mL + 0.1 M HCl(aq) 100 mL	$\frac{1}{100}$	y
(다)	0.1 M HB(aq) 100 mL + x M NaOH(aq) 100 mL		4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액의 온도는 25℃로 일정하고, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $x = \frac{1}{15}$이다.

ㄴ. $y > 4$이다.

ㄷ. 25℃에서 $\frac{\text{HB의 이온화 상수}(K_a)}{\text{HA의 이온화 상수}(K_a)} = 20$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

풀이

Step 1. (가)를 통해 x와 HA의 이온화 상수(K_a) 파악하기

$\frac{[A^-]}{[HA]}$를 통해 혼합 전 수용액에 들어 있는 HA와 OH^-의 양(mol)의 비를 구하면 x를 파악할 수 있다. pH를 고려하면 HA의 이온화 상수(K_a)를 파악할 수 있다.

Step 2. (다)를 통해 HB의 이온화 상수(K_a) 파악하기

Step 1에서 파악한 x를 통해 $\frac{[B^-]}{[HB]}$를 구한 후 pH 값을 활용하면 HB의 이온화 상수(K_a)를 파악할 수 있다.

정답 선지 해설

ㄱ. (가)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{2}$이므로 혼합 전 수용액에 들어 있는 HA의 양(mol)은 OH^-의 양(mol)의 3배이다. 따라서 $x = \frac{1}{15}$이다.

오답 선지 해설

ㄴ. (가)에서 pH = 5이므로 $[H_3O^+] = 10^{-5}$ M이고, HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{1}{2} \times 10^{-5}$이다. (나)에서 $\frac{1}{100} \times 10^{-y} = \frac{1}{2} \times 10^{-5}$이므로 $10^{-y} = 5 \times 10^{-4}$이고, $y < 4$이다.

ㄷ. (다)에서 혼합 전 수용액에 들어 있는 HB의 양(mol)은 NaOH의 양(mol)의 $\frac{3}{2}$배이므로 $\frac{[B^-]}{[HB]} = 2$이고, $[H_3O^+] = 10^{-4}$이며, HB의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-4}이다.
따라서 25℃에서 $\frac{\text{HB의 이온화 상수}(K_a)}{\text{HA의 이온화 상수}(K_a)} = \frac{2 \times 10^{-4}}{0.5 \times 10^{-5}} = 40$ 이다.

COMMENT

약산 HA 수용액에 강염기를 혼합할 때 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{OH^-\text{의 양(mol)}}{HA\text{의 양(mol)} - OH^-\text{의 양(mol)}}$이다.

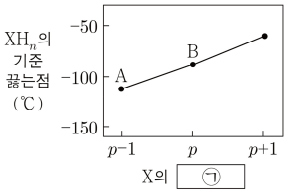
[정답] ①

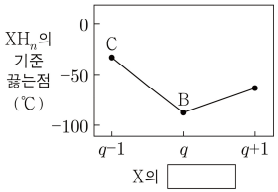
05

다음은 어떤 학생이 5가지 수소 화합물 XH_n에 대하여 조사한 탐구 활동이다. X는 2~4주기 14~17족 원소이고, ㉠은 원자 번호와 주기 중 하나이다.

〔탐구 과정〕
(가) 5가지 수소 화합물 XH_n의 기준 끓는점을 조사한다.
(나) 같은 주기에서 X의 원자 번호에 따른 XH_n의 기준 끓는점을 그래프로 나타낸다.
(다) 같은 족에서 X의 주기에 따른 XH_n의 기준 끓는점을 그래프로 나타낸다.

〔탐구 결과〕





○ A~C는 XH_n에 해당한다.

학생의 탐구 과정 및 결과가 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>
ㄱ. ㉠은 원자 번호이다.
ㄴ. B에서 $n=2$이다.
ㄷ. 분자량은 C가 A보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

풀이

Step 1. B를 중심으로 가능한 경우를 따져보기

오른쪽 그래프와 왼쪽 그래프에 반복적으로 등장한 원자가 B이기에 B를 중심으로 상황을 관찰해야 함은 자명하다. 그래프의 개형, B의 X보다 주기, 원자 번호가 큰 원소가 존재함을 이용해 가능한 경우를 파악할 수 있다.

Step 2. Y축의 값을 기준으로 가능한 경우를 따져보기

Y축을 보면 자료에 제시된 5개의 수소 화합물의 기준 끓는점은 모두 0℃보다 낮다는 것을 알 수 있다. 따라서 탐구에서 사용한 5개의 수소 화합물을 확정할 수 있다.

정답 선지 해설

ㄱ. B의 X보다 주기, 원자 번호가 큰 원소와 작은 원소가 각각 존재하므로 B는 PH_3와 SH_2 중 하나이다. ㉠이 주기일 때, A의 X는 N과 O중 하나이다. 분자 사이의 수소 결합은 A에서 존재하고 B에서는 존재하지 않으므로 기준 끓는점(℃)은 A > B다. 따라서 모순이고, ㉠은 원자 번호이다.

오답 선지 해설

ㄴ. B의 X가 16족 원소일 때, C의 X는 2주기 16족 원소인 O이므로 C는 H_2O이고 기준 끓는점은 100℃이며, 모순이다. 따라서 B의 X는 15족 원소인 P이고, B에서 $n=3$이다.

ㄷ. C는 NH_3이고, A는 SiH_4이다. 분자량은 Si > N이고, 분자 1mol에 들어 있는 H의 수는 A > C이므로 분자량은 C가 A보다 작다.

COMMENT

물의 기준 끓는점은 100℃, 기준 어는점은 0℃이다.
물질의 존재성, Y축의 값 등 사소해 보이는 모든 것들이 문제를 푸는 단서가 될 수 있다.

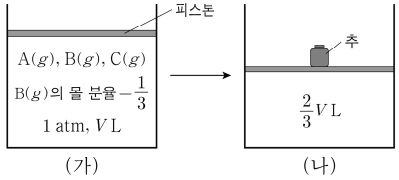
[정답] ②

06

나음은 A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.

$$2A(g) \rightleftarrows bB(g) + C(g) \ (b\text{는 반응 계수})$$

그림 (가)는 실린더 속 A(g)~C(g)가 평형을 이루고 있는 상태를, (나)는 (가)의 피스톤 위에 추를 올려 외부 압력을 증가시킨 후의 평형 상태를 나타낸 것이다. (나)에서 A(g)와 B(g)의 부분 압력은 각각 $\frac{1}{2}$ atm이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. $b=2$이다.

ㄴ. $\frac{(\text{가})\text{에서 } [A]}{(\text{나})\text{에서 } [C]} = \frac{2}{3}$이다.

ㄷ. (가)의 실린더에 Ne(g)을 첨가하면 역반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형 상태에 도달한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

풀이

Step 1. (가)와 (나)에서 B(g)의 양(mol) 파악하기

온도가 일정하므로 기체의 양(mol)은 부분 압력과 부피의 곱에 비례하고, 몰분율과 부분 압력의 관계에 의해 부분 압력은 전체 압력에 몰분율을 곱한 값과 같다. 이 점을 이용하면 (가)와 (나)에서 B(g)의 양(mol)을 파악할 수 있다.

Step 2. (가)와 (나)에서 기체의 조성 및 반응 계수 파악하기

Step 1에서 구한 B(g)의 양(mol)을 통해 (가)→(나)에서의 반응의 진행 양상을 파악하면 반응 계수 및 기체의 조성을 파악할 수 있다.

정답 선지 해설

ㄴ. (가)와 (나)에서 B(g)의 양(mol)은 같으므로 평형 이동은 일어나지 않았다. (나)에서 부분 압력(atm)은 A(g)와 B(g)가 같으므로 (가)에서 A(g)와 B(g)의 몰분율은 $\frac{1}{3}$으로 같고, C(g)의 몰분율도 $\frac{1}{3}$이다. 따라서 기체의 양(mol)은 (가)에서 A(g)와 (나)에서 C(g)가 같고, 부피(L)는 (가)에서 A(g)가 (나)에서 C(g)의 $\frac{3}{2}$배이므로 $\frac{(\text{가})\text{에서 } [A]}{(\text{나})\text{에서 } [C]} = \frac{2}{3}$이다.

오답 선지 해설

ㄱ. (가)→(나)에서 압력 변화에 의한 평형 이동이 일어나지 않았으므로, 반응 전후 기체의 양(mol)은 변하지 않았다. 따라서 $b=1$이다.

ㄷ. (가)의 실린더에 비활성 기체인 Ne(g)을 첨가해도 평형 이동이 발생하지 않으므로 역반응 혹은 정반응 중 하나가 우세하게 진행되지 않는다.

COMMENT

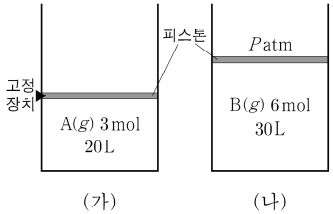
부분 압력을 통해 기체의 조성을 파악하는 사고는 250918, 251119, 260615 등에서 강조되고 있으니 유념하도록 하자.
압력 변화에 의한 평형 이동, 농도 변화에 의한 평형 이동은 반응 전후 전체 기체의 양(mol)이 일정할 때 발생하지 않음을 잊지 말자.

07

다음은 A(g)로부터 B(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 온도 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

$$A(g) \rightleftarrows 2B(g) \qquad K = a$$

그림은 T K에서 실린더 (가)에 A(g)가, (나)에 B(g)가 각각 들어 있는 초기 상태를 나타낸 것이다.



반응이 진행되어 각각 도달한 평형 상태에서 A(g)의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같고, B(g)의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

평형 상태에서 고정 장치를 풀고 (가)의 부피를 10 L로 고정시킨 후 도달한 새로운 평형에서 [B] $= x$ M이고, 평형 상태에서 (나)에 A(g) 3 mol을 추가하여 도달한 새로운 평형에서 [B] $= y$ M이다.

$\dfrac{x}{a \times y}$는? (단, 온도와 외부 압력은 각각 T K와 Patm으로 일정하고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.) [3점]

① 15 ② 16 ③ 18 ④ 20 ⑤ 25

[정답] ①

풀이

Step 1. (가)와 (나)의 평형 상태를 파악하기

(가)와 (나)에서 평형에 도달했을 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같고, (가)에서 기체의 부피(L)가 변하지 않았다는 점을 고려하면 (가)와 (나)의 평형 상태를 파악할 수 있다.

Step 2. (가)와 (나)의 이동한 평형 상태를 파악하기

(가)와 (나)에서 평형이 이동할 때, 한 기체의 양(mol)의 변화량을 미지수로 두고 이동한 평형에서의 기체의 양(mol)을 표현할 수 있다. 온도가 변하지 않을 때 평형 상수는 일정함을 이용하면 평형 상태를 파악할 수 있다.

정답 선지 해설

(가)와 (나)의 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 같으므로 부피(L)도 20으로 같고, A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 2이며, $a = \dfrac{1}{10}$이다. (가)의 부피(L)를 10으로 고정시킨 후 도달한 새로운 평형에서 A(g)의 양(mol)을 $2+n$이라고 할 때, B(g)의 양(mol)은 $2-2n$이고, $\dfrac{\left(\dfrac{2-2n}{10}\right)^2}{\left(\dfrac{2+n}{10}\right)} = \dfrac{1}{10}$이므로 n은 2 또는 $\dfrac{1}{4}$이다. $n=2$일 때 이동한 평형 상태에서 B(g)의 양(mol)은 음수이므로 모순이고, $n = \dfrac{1}{4}$이며, $x = \dfrac{3}{20}$이다. (나)에서 A(g) 3 mol을 추가하여 도달한 새로운 평형에서 A(g)의 양(mol)을 $5-k$라 할 때, B(g)의 양(mol)은 $2+2k$이며, (나)의 부피(L)는 $35+5k$이다. $\dfrac{\left(\dfrac{2+2k}{35+5k}\right)^2}{\left(\dfrac{5-k}{35+5k}\right)} = \dfrac{1}{10}$이므로 k는 1 또는 -3이다. $k=-3$ 일 때, 이동한 평형 상태에서 B(g)의 양(mol)은 음수이므로 모순이고, $k=1$이며, $y = \dfrac{1}{10}$이다.

COMMENT

평형이 이동할 때 기체의 양(mol)을 절대적인 '양'이 아니라 '변화량'을 중심으로 표현해 보자. 온도가 변하지 않았을 때 평형 상수 또한 변하지 않고, 차분히 계산하면 답을 구할 수 있다.

단, 이때 '가상의 초기 상태'를 떠올리고, 평형 상태와의 관계를 떠올리면 아래처럼 더 쉽게 답을 구할 수 있다.

(가)와 (나)의 평형 상태에서 $A(g)$와 $B(g)$의 양(mol)은 같으므로 부피(L)는 20으로 같고, $a=\frac{1}{10}$이다. (가)의 부피를 10L로 고정시킨 후 도달한 새로운 평형은 $A(g)$ 3mol이 고정 장치로 고정된 10L 실린더에 들어 있는 초기 상태에서 반응이 진행되어 평형에 도달한 상황과 같다.

따라서 (가)의 부피를 10L로 고정시킨 후 도달한 새로운 평형에서 $B(g)$의 양을 $2n$mol이라고 할 때, $\frac{\left(\frac{2n}{10}\right)^2}{\left(\frac{3-n}{10}\right)}=\frac{1}{10}$이므로 n은 -1 혹은 $\frac{3}{4}$이고, $n=-1$이라고 할 때 $B(g)$의 양(mol)은 음수이며, 모순이다. 따라서 $n=\frac{3}{4}$이고, $x=\frac{3}{20}$이다.

평형 상태에서 (나)에 $A(g)$ 3mol을 추가했을 때 실린더 속 기체의 조성은 $A(g)$ 5mol과 $B(g)$ 2mol이다. 이는 $B(g)$ 12mol이 60L의 실린더 속에 들어 있는 가상의 초기 상태에서 평형 상태에 도달하기 위해 역반응이 우세하게 진행되고 있는 한 순간의 모습으로 볼 수 있다. 이 가상의 초기 상태는 (나)의 초기 상태에서 $B(g)$의 부피(L)와 양(mol)을 모두 2배 늘린 상황과 같으므로 (나)에 $A(g)$ 3mol을 추가했을 때 이전 평형 상태와 유사한 평형에 도달한다.

따라서 $y=\frac{1}{10}$이고, $\frac{x}{a\times y}=15$이다.

시대인재 BOOKS
VERADI CONTENTS
1%의 풀이 로직을 당신의 것으로
인스타그램 @veradi_contents
카카오톡 채널 @veradi
포만한 네이버 카페 베라디's Q&A 게시판