

2021학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가
과학탐구영역 화학 I 정답 및 해설

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

1. 화학의 유용성

[정답맞히기] 가. ㉠인 나일론은 합성 섬유이다.

다. ㉡은 비료의 대량 생산이 가능하게 하여 인류의 식량 부족 문제를 개선하는데 기여하였다. 정답③

[오답피하기] 나. ㉢은 수소 기체이다.

2. 전자 배치 원리

[정답맞히기] 나. (다)는 쌍음 원리, 훈트 규칙, 파울리 배타 원리를 만족하는 바닥상태 전자 배치이다.

다. (가)~(다)는 모두 한 오비탈에 들어 있는 2개의 전자의 스핀 방향이 반대이므로 파울리 배타 원리를 만족한다. 정답④

[오답피하기] 가. (가)는 2s 오비탈에 전자를 모두 채우지 않았으므로 쌍음 원리를 만족하지 않는다.

3. 화학 반응의 열 출입

[정답맞히기] 학생 A : 열량계 내부의 온도가 높아졌으므로 이 반응은 발열 반응임을 알 수 있다. 따라서 열량계 내부의 온도 변화로 반응에서의 열의 출입을 알 수 있다.

학생 B : $\text{CaCl}_2(s)$ 이 물에 용해되는 반응이 일어날 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 발열 반응이다.

학생 C : 스타이로폼 컵은 단열을 위해서 필요한 것으로 열량계 내부와 외부 사이의 열 출입을 막기 위해 사용하는 것이다. 정답⑤

4. 분자의 구조

분자	(가)	(나)	(다)
분자의 모양	굽은형	직선형	직선형
중심 원자에 비공유 전자쌍 유무	있음	없음	없음
분자의 극성 유무	극성	무극성	극성

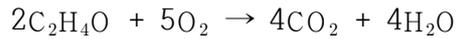
[정답맞히기] 나. 분자 모양이 직선형인 것은 (나)와 (다)의 2가지이다. 정답②

[오답피하기] 가. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하는 것은 (가) 1가지이다.

다. 극성 분자는 (가)와 (다)의 2가지이다.

5. 화학 반응식

아세트알데하이드의 연소 반응을 완성하면 다음과 같다.



이 반응에서 1mol의 CO_2 가 생성되었으면 반응한 O_2 의 양은 $\frac{5}{4}$ 배이므로 $\frac{5}{4}$ mol이다.

정답①

6. 이온 결합

[정답맞히기] ㄱ. NaCl을 구성하는 양이온은 Na^+ , 음이온은 Cl^- 으로 구성 이온 수비는 1:1이다. 따라서 NaCl에서 양이온 수와 음이온 수는 같다.

ㄴ. 탐구 결과 NaX는 이온 사이의 거리가 작을수록 녹는점이 높으므로 '이온 사이의 거리가 가까울수록 녹는점이 높다.'는 ㉠으로 적절하다.

ㄷ. NaX 중 이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 녹는점이 높으므로 이온 사이의 정전기적 인력이 가장 큰 물질은 NaF이다.

정답⑤

7. 루이스 전자점식

(가)는 OH^- , (나)는 HF이다. 따라서 A~C는 각각 O, H, F이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 A와 (나)에서 C는 모두 옥텟 규칙을 만족하고 있어 Ne과 전자 배치가 같으므로 1mol에 들어 있는 전자 수는 (가)와 (나)가 10mol로 같다.

ㄷ. AC_2 는 OF_2 이므로 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} = \frac{8}{2} = 4$ 이다.

정답⑤

[오답피하기] ㄴ. A는 16족, C는 17족 원소이다.

8. 화학 결합 모형

화합물 AB와 CD_3 는 각각 MgO, NH_3 이다.

[정답맞히기] ㄱ. AB는 A^{2+} 와 O^{2-} 이 결합한 이온 결합 물질이다.

ㄷ. A(s)는 Mg으로 고체 상태의 금속이므로 전기 전도성이 있다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. C_2 는 N_2 이므로 3중 결합이 있다.

9. 아세트산의 중화 적정

[정답맞히기] 적정에 사용된 0.2M $NaOH(aq)$ 의 부피가 10mL이므로 아세트산 수용액에 들어 있는 CH_3COOH 의 양은 $0.2 \times 0.01 = 0.002$ mol이다. (가)의 $CH_3COOH(aq)$ 10mL에는 $1.0 \times 0.01 = 0.01$ mol의 CH_3COOH 이 들어 있으므로 이 수용액에서 0.002mol의 CH_3COOH 을 얻으려면 $100mL \times \frac{1}{5} = 20mL$ 의 $CH_3COOH(aq)$ 이 필요하다. 따라서 ㉠은 20이다. 중화 적정에서 농도를 아는 표준 용액이 담겨 있는 기구 ㉡은 뷰렛이다.

정답③

10. 오비탈과 양자수

(가)는 s 오비탈, (나)는 p_z 오비탈이다. A의 주 양자수 $n=1$ 이므로 p 오비탈은 될 수 없으므로 A는 (가), B는 (나)이다. 따라서 $a=0, b=1$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 주 양자수 $n=1$ 로 p 오비탈은 될 수 없으므로 (가)는 A이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. (가)는 $1s$ 오비탈이므로 $n=1, l=0$ 이다. (나)는 $2p_z$ 오비탈이므로 $n=2, l=1$ 이다. 따라서 $a+b=0+1=1$ 이다.

ㄷ. (나)의 자기 양자수(m_l)은 $-1, 0, +1$ 중 하나이다.

11. 용해 평형

$4t$ 일 때 설탕 수용액은 용해 평형에 도달하였으므로 $4t$ 일 때와 $8t$ 일 때 설탕 수용액의 몰농도는 같다.

[정답맞히기] ㄷ. $4t$ 일 때부터 설탕은 더 이상 녹지 않으므로 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 $4t$ 일 때부터 일정하다. 따라서 녹지 않고 남아 있는 설탕의 질량은 $4t$ 일 때와 $8t$ 일 때가 같다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. t 일 때 용해 평형에 도달하기 전이므로 용해 속도가 석출 속도보다 크며 석출 속도는 0이 아니다.

ㄴ. $4t$ 일 때 용해 평형에 도달하였으므로 용해 속도와 석출 속도는 같다.

12. 용액의 농도

$$\text{용액의 몰농도}(M) = \frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용액의 부피}(L)},$$

용질의 양(mol) = 용액의 몰농도(M) × 용액의 부피(L)이고,

용질의 질량(g) = 용질의 양(mol) × 1mol의 질량(g/mol)이다.

[정답맞히기] (나)에서 만든 A(aq) 250mL에는 A x g이 들어 있고, (다)에서 (나)의 수용액 50mL를 취하였으므로 이 용액 속에 들어 있는 A의 질량은 $\frac{x}{5}$ g이다. (라)에서 만든 A 수용액의 몰농도와 부피는 0.3M, 500mL이므로 이 용액에 들어 있는 A의 양은 $0.3 \times 0.5 = 0.15$ mol이다. 따라서 (라)에서 만든 A(aq)에 들어 있는 A의 질량은 $0.15 \text{mol} \times 60 \text{g/mol} = \frac{x}{5} \text{g}$ 이므로 $x = 45$ 이다.

정답④

13. 전기 음성도와 결합의 극성

O, F, S, Cl의 전기 음성도는 $F > O, Cl > S$ 이므로 H와 S의 전기 음성도 차가 가장 작고 H와 F의 전기 음성도 차가 가장 크다. W는 S, Z는 F이고 W와 Y는 같은 주기 원소이므로 Y는 Cl이다. 따라서 X는 O이다.

[정답맞히기] ㄱ. 같은 족에서 원자번호가 작을수록 전기 음성도가 크다. 따라서 전기 음성도는 $X(O) > W(S)$ 이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. 원자 W~Z와 수소(H)로 이루어진 분자의 분자식은 각각 H_2S , H_2O , HCl , HF 이므로 $a=2$, $b=2$, $c=1$, $d=1$ 이다. 따라서 $a > c$ 이다.

ㄷ. YZ에서 전기 음성도는 $Z > Y$ 이므로 Y는 부분적인 양전하(δ^+)를, Z는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

14. 물의 자동 이온화

25°C에서 수용액의 성질과 관계없이 모든 수용액의 $[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)는 $[H_3O^+] = [OH^-]$ 이므로 중성이다. 정답

①

[오답피하기] ㄴ. (다)는 $[H_3O^+]:[OH^-] = 10^2:1$ 이므로 $[H_3O^+] = 10^2 \times [OH^-]$ 이다. $[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $10^2 \times [OH^-]^2 = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-8}M$ 이다. 따라서 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-6}M$ 이므로 (다)의 pH는 6.0이다.

ㄷ. (가)는 $[H_3O^+]:[OH^-] = 1:10^2$ 이므로 $[OH^-] = 10^2 \times [H_3O^+]$ 이다. $[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ 이므로 $10^2 \times [H_3O^+]^2 = 1.0 \times 10^{-14}$ 이고 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-8}M$, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-6}M$ 이다. (다)에서 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-8}M$ 이므로 $[OH^-]$ 는 (가):(다) = $10^2:1$ 이다.

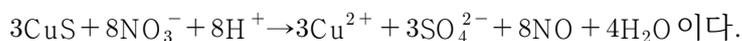
15. 산화 환원 반응식 완성하기

대부분의 화합물에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2이다. NO_3^- 에서 (N의 산화수) + $3 \times$ (O의 산화수) = -1이므로 N의 산화수는 +5이다. SO_4^{2-} 에서 (S의 산화수) + $4 \times$ (O의 산화수) = -2이므로 S의 산화수는 +6이다. 또한 NO에서 N의 산화수는 +2이다. 따라서 S의 산화수는 -2에서 +6으로 증가하고 N의 산화수는 +5에서 +2로 감소한다.

[정답맞히기] ㄱ. 제시된 화학 반응식에서 S의 산화수는 -2에서 +6으로 증가하므로 산화된다. 따라서 CuS는 환원제이다.

ㄴ. 산화 환원 반응식에서 Cu의 원자 수는 같아야 하므로 $a=3$ 이다. 산화 환원 반응에서 증가한 산화수의 합은 감소한 산화수의 합과 같다. 증가한 S의 산화수는 8이고 감소한 N의 산화수는 3이므로 $8a=3b$ 이다. 따라서 $b=8$ 이다. O 원자 수는 $3b=4a+b+d$, H 원자 수는 $c=2d$ 이므로 $c=8$, $d=4$ 이다.

완성된 화학 반응식은 다음과 같다.



$a+b=11$ 이고 $c+d=12$ 이므로 $c+d > a+b$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. 반응 몰비는 화학 반응식의 계수비와 같으므로 $NO_3^-:SO_4^{2-} = 8:3$ 이다. 따라서 NO_3^- 2mol이 반응하면 SO_4^{2-} $\frac{3}{4}$ mol이 생성된다.

16. 동위 원소와 평균 원자량

X_2 는 분자량이 서로 다른 3가지 분자로 존재하므로 X의 동위원소는 2가지이고 이를 각각 ㉠, ㉡이라 하고 존재 비율(%)을 각각 a , b 라고 할 때 원자량은 ㉠ > ㉡이라면 3가지 분자 (가)~(다)의 존재 비율(%)은 a^2 , $2ab$, b^2 이다. $\frac{b^2}{2ab} = 1.5$ 이고 $a + b = 100$ 이므로 $a = 25$, $b = 75$ 이다.

[정답맞히기] 나. 원자량은 ㉠ > ㉡일 때 존재 비율이 ㉠ : ㉡ = 1:3이므로 X의 평균 원자량은 $\frac{(\text{나})\text{의 분자량}}{2}$ 보다 작다. 정답②

[오답피하기] 가. X의 동위 원소는 2가지이다.

다. (가)와 (나)의 존재 비율(%)은 a^2 , $2ab$ 이므로 $\frac{(\text{나})\text{의 존재 비율}(\%)}{(\text{가})\text{의 존재 비율}(\%)} = \frac{2ab}{a^2} = 6$ 이다.

17. 기체의 양(mol)

온도와 압력이 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 부피에 비례한다. (가)에 들어 있는 A_2B_4 의 양을 n mol이라고 하면 (가)에 첨가한 $AB(g)$ 의 부피는 $\frac{4}{3}V_L$ 에 해당되므로 (나)에 들어 있는 AB 의 양은 $\frac{4}{3}n$ mol이다. 또한 (나)에 첨가한 $A_2B(g)$ 의 부피는 $2V_L$ 에 해당하므로 (다)에 들어 있는 A_2B 의 양은 $2n$ mol이다. A_2B_4 n mol의 질량은 $23g$, AB $\frac{4}{3}n$ mol의 질량은 $10g$ 이므로 분자량 비는 $A_2B_4 : AB = 46 : 15$ 이다. A_2B_4 1mol의 질량을 $46xg$ 이라고 하면 AB 1mol의 질량은 $15xg$ 이므로 A_2B_4 1mol의 질량에서 AB 2mol의 질량을 빼면 B 원자 2mol의 질량은 $16xg$ 임을 알 수 있다. 따라서 B 원자 1mol의 질량은 $8xg$ 이므로 A 원자 1mol의 질량은 $7xg$ 이다.

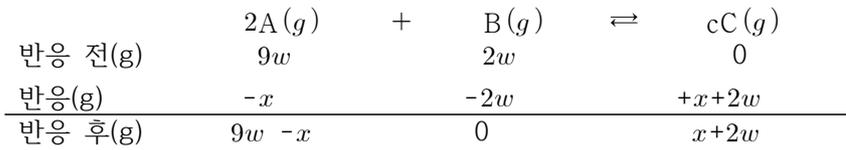
[정답맞히기] 나. (가)에서 A_2B_4 n mol의 질량은 $23g$ 이고 A_2B_4 1mol의 질량을 $46xg$ 이다. (다)에 첨가한 A_2B $2n$ mol의 질량은 wg 이고 A_2B 1mol의 질량은 $22xg$ 이므로 $w = 22$ 이다.

다. (다)에는 A_2B_4 n mol, AB $\frac{4}{3}n$ mol, A_2B $2n$ mol이 들어 있으므로 A 원자의 양은 $2n + \frac{4}{3}n + 4n = \frac{22}{3}n$ 이고 B 원자의 양은 $4n + \frac{4}{3}n + 2n = \frac{22}{3}n$ 이다. 따라서 $\frac{A \text{ 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{1}{2}$ 이다. 정답④

[오답피하기] 가. A 원자 1mol의 질량은 $7wg$, B 원자 1mol의 질량은 $8wg$ 이므로 원자량은 $B > A$ 이다.

18. 기체 반응의 양적 관계

[정답맞히기] 실험Ⅱ에서 반응한 A의 질량을 xg 이라고 할 때 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

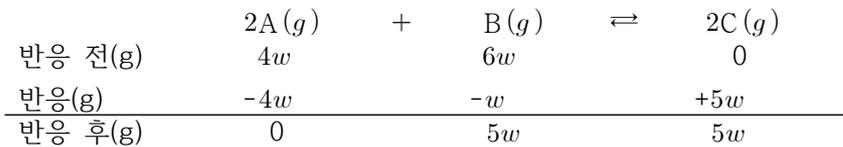


$\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{4}{5}$ 이므로 A의 분자량이 $4M$ 이라면 C의 분자량은 $5M$ 이고 B의 분자량은 yM 이라고 가정 할 수 있다.

$$\frac{C \text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{8}{9} \text{이므로 } \frac{\frac{x+2w}{5M}}{\frac{9w-x}{4M} + \frac{x+2w}{5M}} = \frac{8}{9}, x = 8w \text{이다.}$$

A~C의 반응 질량 비는 $A : B : C = 8 : 2 : 10$ 이고 반응 몰비는 $A : B : C = 2 : 1 : c$ 이므로 분자량 비는 $A : B : C = 4 : y : 5$ 이므로 $\frac{8}{4} : \frac{2}{y} : \frac{10}{5} = 2 : 1 : c$ 에서 $y = 2, c = 2$ 이다.

실험 I 에서 기체의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{w}{4M} + \frac{10w}{5M}}{\frac{5w}{2M} + \frac{5w}{5M}} = \frac{9}{14} \text{이다.}$$

따라서 $c = 2, \frac{V_2}{V_1} = \frac{9}{14}$ 이므로 $c \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{9}{7}$ 이다.

정답㉔

19. 원소의 주기성

원자 반지름은 $Na > Mg > N > O$ 이고, 이온 반지름은 $N > O > Na > Mg$ 이다. 또한 제1 이온화 에너지는 $N > O > Mg > Na$ 이다. 제시된 자료에서 Z는 W, Y보다 이온 반지름이 크고, X, Y보다 제1 이온화 에너지가 큰데 Z가 O라면 W, X, Y는 각각 Na, Mg 중 하나이므로 제시된 자료에 모순이다. 따라서 Z는 N이고 원자 반지름은 $W > Y > X$ 이므로 W는 Na, Y는 Mg, X는 O이다.

[정답맞히기] ㄱ. W(Na)는 Y(Mg)보다 이온 반지름이 크므로 ㉔은 이온 반지름이다.

정답㉑

[오답피하기] ㄴ. 제시된 4가지 원소 중 제2 이온화 에너지는 W(Na)가 가장 크므로 제2 이온화 에너지는 $W(Na) > Y(Mg)$ 이다.

ㄷ. 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 증가하므로 X(O)가 Z(N)보다 크다.

20. 중화 반응의 양적 관계

NaOH(aq) 10mL에 HA(aq)을 조금씩 첨가하면 소모되는 OH⁻의 양(mol)과 증가하는 A⁻의 양(mol)이 같으므로 중화점까지 혼합 용액 속 총 이온의 양(mol)은 일정하다. 그런데 혼합 용액의 부피는 증가하므로 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰농도(M)의 합은 감소한다.

[정답맞히기] NaOH(aq) 10mL의 모든 이온의 몰농도(M)의 합이 1이므로 Na⁺의 몰농도(M)는 $\frac{1}{2}$, OH⁻의 몰농도(M)는 $\frac{1}{2}$ 이다.

1) (나)에서 ⊕이 xM HA(aq)인 경우

HA(aq) VmL와 3VmL를 넣었을 때 모든 이온의 몰농도(M)의 합이 모두 $\frac{1}{2}$ 이므로 HA(aq) VmL를 첨가했을 때 혼합 용액은 염기성, HA(aq) 3VmL를 넣었을 때 혼합 용액은 산성이다. HA(aq) VmL를 넣기 전과 후 전체 이온 수는 같으므로 (모든 이온의 몰농도(M)의 합)×부피=1×10= $\frac{1}{2}$ (10+V), V=10이다. HA(aq) 3VmL를 넣었을 때 혼합 용액은 산성이므로 모든 이온의 양(mol)은 HA(aq) 3VmL에 들어 있는 모든 이온의 양(mol)과 같다. 따라서 $\frac{1}{2} \times (10+3V) = 2 \times x \times 3V$ 이므로 $x = \frac{1}{3}$ 이다.

(다)에서 ⊖은 $x(=\frac{1}{3})$ M H₂B(aq)이므로 H⁺의 몰농도(M)는 $\frac{2}{3}$, B²⁻의 몰농도(M)는 $\frac{1}{3}$ 이다. NaOH(aq) 10mL에 존재하는 Na⁺과 OH⁻의 양은 모두 $\frac{1}{2} \times 0.01$ mol이고 H₂B(aq) 10mL에 존재하는 H⁺의 양은 $\frac{2}{3} \times 0.01$ mol, B²⁻의 양은 $\frac{1}{3} \times 0.01$ mol이다. 두 용액을 혼합했을 때 혼합 용액에 존재하는 이온은 Na⁺ $\frac{1}{2} \times 0.01$ mol, H⁺ $\frac{1}{6} \times 0.01$ mol, B²⁻의 양은 $\frac{1}{3} \times 0.01$ mol이므로 모든 이온의 몰농도(M)의 합은

$\frac{\frac{1}{2} \times 0.01 + \frac{1}{6} \times 0.01 + \frac{1}{3} \times 0.01}{0.02} = \frac{1}{2}$ 이므로 제시된 자료에 부합하지 않는다. 따라서 ⊖

은 H₂B(aq), ⊖은 HA(aq)이다.

2) (다)에서 ⊖이 HA(aq)인 경우

(다)에서 $\frac{3}{5} < a$ 이므로 HA(aq) VmL를 넣었을 때 중화점 이전이므로 HA(aq) VmL를 넣기 전과 후 전체 이온 수는 같다. 따라서 (모든 이온의 몰농도(M)의 합)×부피=1×10= $\frac{3}{5}$ (10+V), V= $\frac{20}{3}$ 이다.

(나)에서 H₂B(aq) 3V=20mL를 넣었을 때 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)은 H₂B(aq) 3VmL에 존재하는 모든 이온의 양(mol)과 같으므로 $\frac{1}{2} \times (10+3V) = 3 \times x \times 3V$, $x = \frac{1}{4}$ 이다.

$\text{H}_2\text{B}(aq)$ $V\text{mL}$ 를 넣었을 때 $\text{NaOH}(aq)$ 10mL에 존재하는 Na^+ 과 OH^- 의 양은 모두 $\frac{1}{2} \times 0.01 = \frac{1}{200} \text{mol}$ 이고 $\text{H}_2\text{B}(aq)$ 10mL에 존재하는 H^+ 의 양은 $2 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{150} = \frac{1}{300} \text{mol}$, B^{2-} 의 양은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{150} = \frac{1}{600} \text{mol}$ 이다. 두 용액을 혼합했을 때 혼합 용액에 존재하는 이온은 Na^+ $\frac{1}{200} \text{mol}$, OH^- $\frac{1}{600} \text{mol}$, B^{2-} 의 양은 $\frac{1}{600} \text{mol}$ 이므로 모든 이온의 몰농도(M)의 합은 $\frac{\frac{1}{200} + \frac{1}{600} + \frac{1}{600}}{\frac{1}{60}} = \frac{1}{2}$ 이므로 제시된 자료에 부합한다.

3) y 구하기

(다)에서 $\text{NaOH}(aq)$ 의 몰농도는 0.5M, 부피가 10mL이므로 $\text{HA}(aq)$ $\frac{1}{4} \text{M}$, $3V(=20\text{mL})$ 를 가하면 중화점에 도달한다. 이때 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 수는 $\text{NaOH}(aq)$ 에 처음 들어 있는 이온 수와 같으므로 모든 이온의 양은 $0.5\text{M} \times 0.01\text{L} \times 2 = 0.01\text{mol}$ 이다. 혼합 용액의 30mL이므로 혼합 용액 속 모든 이온의 몰 농도는 $\frac{0.01}{0.03} = \frac{1}{3} \text{M}$ 이다. 따라서 $y = \frac{1}{3}$ 이다.

정답④