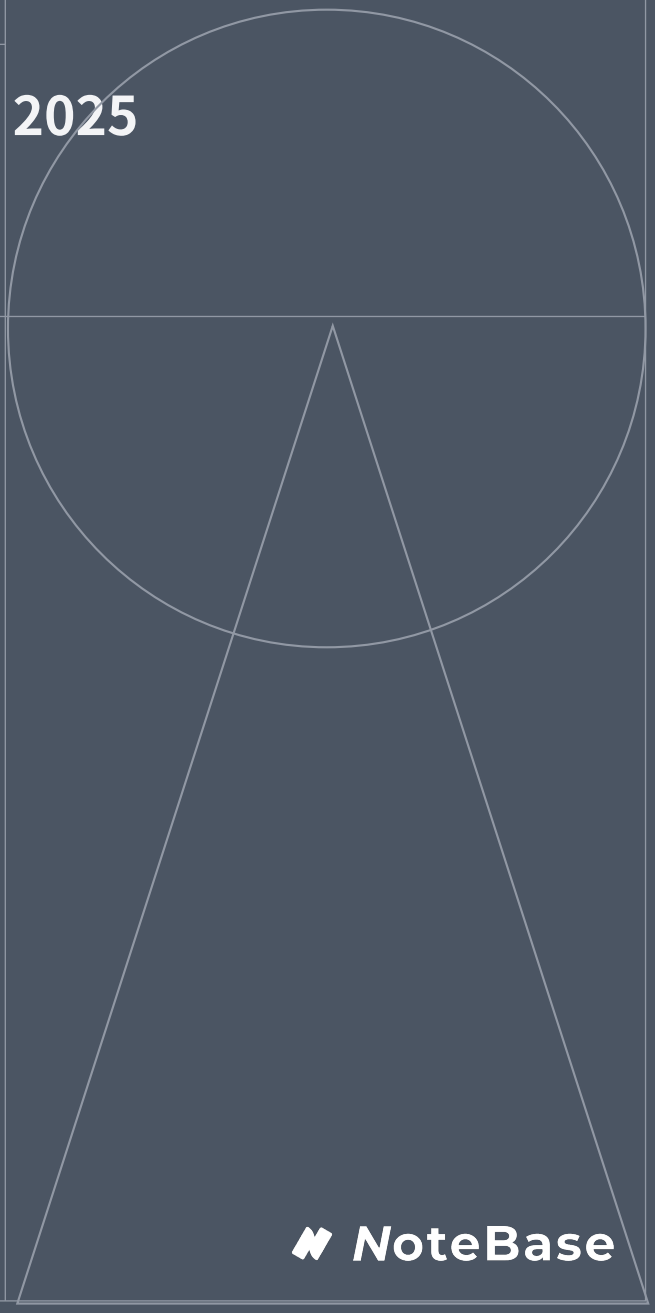
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2025

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2025

문 1. 다원자 음이온에 대한 명명으로 옳지 않은 것은?

① 음이온: SO_4^{2-}, 명명: 황산 이온

② 음이온: NO_3^-, 명명: 질산 이온

③ 음이온: ClO_4^-, 명명: 아염소산 이온

④ 음이온: PO_4^{3-}, 명명: 인산 이온

정답 3번

간단한 해설

ClO_4^-의 이름은 **과염소산 이온**이다. 아염소산 이온은 산소 원자가 두 개인 ClO_2^-이므로 두 이온을 구별해야 한다.

선지별 해설

① O: SO_4^{2-}는 **황산 이온**이다. 황산 H_2SO_4에서 수소 이온 두 개가 떨어져 나왔을 때의 음이온으로, 전체 전하는 2−이다.

② O: NO_3^-는 **질산 이온**이다. 질산 HNO_3에서 수소 이온 한 개가 떨어져 나왔을 때의 음이온이다. 산소 원자가 두 개인 NO_2^-는 아질산 이온이다.

③ X: ClO_4^-는 아염소산 이온이 아니라 **과염소산 이온**이다. 염소의 산소산 음이온 중 ClO_3^-는 염소산 이온이고, 이보다 산소 원자가 하나 많은 ClO_4^-에는 접두어 '과'를 붙인다. 아염소산 이온은 ClO_2^-이다.

④ O: PO_4^{3-}는 **인산 이온**이다. 인산 H_3PO_4에서 수소 이온 세 개가 모두 떨어져 나왔을 때의 음이온으로, 전체 전하는 3−이다.

NoteBase

문 2. 이산화 탄소(CO_2) 2.2 g에 포함된 산소 원자(O)의 질량[g]은? (단, C와 O의 원자량은 각각 12와 16이다)

① 0.8

② 1.6

③ 2.4

④ 3.2

정답 2번

간단한 해설

이산화 탄소에서 산소가 차지하는 질량 비율은 $\frac{2\times16}{12+2\times16}=\frac{32}{44}$이다. 이 비율을 전체 질량 2.2 g에 곱하면 **산소 원자의 총질량은 1.6 g**이다.

계산 과정

이산화 탄소 분자 CO_2 하나는 탄소 원자 1개와 **산소 원자 2개**로 이루어진다. 주어진 원자량을 적용하면 탄소의 질량 기여분은 12, 산소 두 원자의 질량 기여분은 $2\times16=32$이므로 분자량은 $12+32=44$이다.

산소의 질량 비율은 **산소 두 원자의 질량 기여분을 분자 전체의 질량으로 나눈 값**이다. 따라서 이산화 탄소에 포함된 산소의 질량 비율은 $\frac{32}{44}$이다.

이산화 탄소 2.2 g에 이 비율을 곱하면 산소 원자의 총질량은 $2.2\times\frac{32}{44}=1.6$ g이다. 이는 ②의 1.6 g에 해당한다.

NoteBase

문 3. 일정한 온도와 부피에서 5.0 mol의 이상기체 A와 10.0 mol의 이상기체 B를 혼합하여 전체압력이 6.0 atm이 되었을 때, A의 부분압력[atm]은? (단, 혼합 기체는 반응하지 않는다)

① 1.0

② 2.0

③ 3.0

④ 4.0

정답 2번

간단한 해설

반응하지 않는 이상기체 혼합물에서 A의 부분압력은 전체압력에 **A의 몰분율**을 곱한 값이다. A는 전체 몰수의 $\frac{1}{3}$을 차지하므로 부분압력은 2.0 atm이다.

계산 과정

부분압력은 혼합물의 한 성분이 같은 온도에서 용기 전체 부피를 혼자 차지할 때 나타내는 압력이다. 이상기체는 **온도와 부피가 같으면 압력이 몰수에 비례**하므로, A의 부분압력은 P_A=x_A P_전체로 구한다. 여기서 P_A는 A의 부분압력, x_A는 전체 몰수 중 A의 몰수 비율인 몰분율, P_전체는 혼합 기체의 전체압력이다.

혼합 기체가 반응하지 않으므로 A와 B의 몰수는 각각 5.0 mol과 10.0 mol로 유지된다. 전체 몰수는 5.0 + 10.0 = 15.0 mol이므로, A의 몰분율은 $x_A = \frac{5.0}{15.0} = \frac{1}{3}$이다. 이는 전체 기체 입자 수의 1/3이 A라는 뜻이다.

전체압력 6.0 atm에 A의 몰분율을 곱하면 $P_A = \frac{1}{3} \times 6.0\text{atm} = 2.0\text{atm}$이다. 따라서 A의 부분압력은 2.0 atm으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 양자수 조합으로 가능한 것만을 모두 고르면? (단, n은 주양자수, l은 각운동량 양자수, m_l은 자기 양자수, m_s는 스핀 양자수이다)

	n	l	m_l	m_s
ㄱ.	1	0	1	0
ㄴ.	2	1	-1	$+\frac{1}{2}$
ㄷ.	3	3	2	$-\frac{1}{2}$
ㄹ.	4	2	-1	$+\frac{1}{2}$

① ㄱ, ㄷ

② ㄱ, ㄹ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

각운동량 양자수 l은 **0 이상이면서 주양자수보다 작은 정수**여야 하므로, $n = 3$일 때 $l = 3$은 허용되지 않는다. 자기 양자수는 $-l$부터 $+l$까지의 정수이고, 스핀 양자수는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$이므로 **0이 될 수 없다**.

NoteBase

보기별 해설

가능한 양자수 조합은 네 양자수의 조건을 모두 만족해야 한다. 주양자수 n은 양의 정수이고, 각운동량 양자수 l은 $0, 1, \ldots, n-1$ 중 하나이다. 자기 양자수 m_l은 $-l$부터 $+l$까지의 정수이며, 스핀 양자수 m_s는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$이다.

ㄱ. X: $n=1$이면 $l=0$만 가능하고, 이때 자기 양자수도 **0만 가능하다**. 따라서 제시된 $m_l=1$은 허용되지 않는다. 또한 $m_s=0$도 허용되지 않으므로, 가능한 조합이 되려면 $m_l=0$이고 $m_s=\pm\frac{1}{2}$이어야 한다.

ㄴ. O: $n=2$이면 $l=0, 1$이 가능하므로 $l=1$은 허용된다. 이때 m_l은 **−1, 0, 1 중 하나**이므로 제시된 $m_l=-1$이 가능하고, $m_s=+\frac{1}{2}$도 허용된다.

ㄷ. X: $n=3$일 때 l은 0, 1, 2 중 하나이므로 **최댓값은 2**이다. 따라서 제시된 $l=3$은 허용되지 않는다. 나머지 값을 유지하려면 $m_l=2$를 허용하는 $l=2$로 고쳐야 하며, $m_s=-\frac{1}{2}$은 허용된다.

ㄹ. O: $n=4$이면 $l=0, 1, 2, 3$이 가능하므로 $l=2$는 허용된다. 이때 m_l은 **−2부터 +2까지의 정수**이므로 제시된 $m_l=-1$이 가능하고, $m_s=+\frac{1}{2}$도 허용된다.

가능한 조합은 ㄴ과 ㄹ이며, 이는 ④의 구성과 일치한다.

NoteBase

문 5. 단열된 용기 안에 있는 20 °C의 $A(l)$ 200 g에 70 °C의 $B(s)$ 100 g을 넣어 열평형에 도달하였을 때, 온도[°C]는? (단, A와 B의 비열은 각각 $2\,\mathrm{J\cdot g^{-1}\cdot °C^{-1}}$과 $1\,\mathrm{J\cdot g^{-1}\cdot °C^{-1}}$이다)

① 30

② 40

③ 50

④ 60

정답 1번

간단한 해설

단열된 용기에서는 **B가 잃은 열량과 A가 얻은 열량이 같다**. 질량과 비열을 곱한 열용량은 A가 B의 4배이므로, A는 10 °C 올라가고 B는 40 °C 내려가 열평형 온도는 30 °C가 된다.

계산 과정

열량 관계: 주어진 비열로 두 물질의 온도 변화에 따른 열교환을 계산한다. 열량은 $Q = mc\Delta T$이며, m은 질량, c는 비열, ΔT는 온도 변화이다. 단열되어 외부와 열을 주고받지 않으므로 **A가 얻은 열량과 B가 잃은 열량이 같다**. 열평형 온도를 T °C로 두면 A의 온도 상승량은 $T - 20$, B의 온도 하강량은 $70 - T$이다.

열용량 계산: A의 열용량은 $200 \times 2 = 400$ J/°C, B의 열용량은 $100 \times 1 = 100$ J/°C이다. 이는 A의 온도를 1 °C 높이는 데 400 J가 필요하고, B의 온도가 1 °C 낮아지면 100 J를 내놓는다는 뜻이다. 따라서 같은 열량을 주고받을 때 **A의 온도 상승량은 B의 온도 하강량의 1/4**이다.

열평형 온도 계산: 두 열량을 같게 놓으면 $400(T - 20) = 100(70 - T)$이다. 이를 정리하면 $400T - 8000 = 7000 - 100T$, $500T = 15000$이므로 $T = 30$이다.

열평형 온도는 30 °C로, ①의 30에 해당한다. 이때 A는 $400 \times 10 = 4000$ J를 얻고 B는 $100 \times 40 = 4000$ J를 잃어 열량 관계도 성립한다.

NoteBase

문 6. 다음은 포도당($C_6H_{12}O_6$)과 산소(O_2)로부터 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성되는 반응의 균형 화학반응식이다. $a+b+c+d$는? (단, 화학량론 계수 a, b, c, d는 최소 정수비를 가진다)

$$aC_6H_{12}O_6(s) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(g) + dH_2O(l)$$

① 9

② 10

③ 18

④ 19

정답 4번

간단한 해설

화학반응 전후에 **각 원소의 원자 수가 보존**되도록 맞추면 최소 정수 계수비는 1:6:6:6이다. 따라서 네 계수의 합은 19이다.

계산 과정

계수의 기준: 화학반응식의 계수는 각 물질의 상대적인 입자 수를 나타내며, 반응 전후에 각 원소의 원자 수가 같아야 한다. 포도당의 계수 $a=1$을 기준으로 나머지 계수를 구한 뒤 **최소 정수비**인지 확인한다.

탄소 원자 수: 포도당 한 분자에는 탄소 원자가 6개, 이산화 탄소 한 분자에는 1개 있다. 따라서 $6a=c$이고, $a=1$이면 $c=6$이다.

수소 원자 수: 포도당 한 분자에는 수소 원자가 12개, 물 한 분자에는 2개 있다. 따라서 $12a=2d$이고, $a=1$이면 $d=6$이다.

산소 원자 수: 생성물에 포함된 산소 원자는 이산화 탄소에서 $2\times6=12$개, 물에서 $1\times6=6$개로 총 18개이다. 반응물인 **포도당 자체에도 산소 원자가 6개** 있으므로, 산소 기체가 공급해야 할 산소 원자는 $18-6=12$개이다. 산소 기체 한 분자는 산소 원자 2개로 이루어져 있으므로 $6+2b=18$에서 $b=6$이다.

계수의 합: $a:b:c:d=1:6:6:6$은 공약수가 1인 최소 정수비이다. 따라서 $a+b+c+d=1+6+6+6=19$이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 0.98 g의 황산(H_2SO_4)이 녹아 있는 200 mL 황산 수용액의 노르말 농도[N]는? (단, H_2SO_4의 분자량은 98이고, H_2SO_4는 물에서 완전히 해리된다)

① 2.5×10^{-2}

② 5.0×10^{-2}

③ 1.0×10^{-1}

④ 1.5×10^{-1}

정답 3번

간단한 해설

황산은 완전히 해리될 때 1 mol당 수소 이온 2 mol을 내놓으므로, **노르말 농도는 몰 농도의 2배**이다. 이 용액의 몰 농도는 0.050 mol/L이므로 노르말 농도는 0.10 N이다.

계산 과정

노르말 농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 당량수(eq)이다. 산·염기 반응에서 산 1 eq는 수소 이온 1 mol을 내놓는 양이다. 문제에서 H_2SO_4는 완전히 해리되므로, **황산 1 mol은 2 eq**에 해당한다.

황산의 물질량: 주어진 분자량에 따른 몰 질량은 98 g/mol이다. 질량을 몰 질량으로 나누면 $n = \frac{0.98}{98} = 0.010$ mol이다. 따라서 용액 전체에 들어 있는 황산의 당량수는 $2 \times 0.010 = 0.020$ eq이다.

노르말 농도: **용액 부피를 L로 바꾸어** 당량수를 나눈다. 200 mL = 0.200 L이므로 $N = \frac{0.020}{0.200} = 0.10$ N이다. 이는 용액 1 L당 0.10 eq가 들어 있다는 뜻이며, ③의 1.0×10^{-1} N에 해당한다.

NoteBase

문 8. 원자가 껍질 전자쌍 반발 모형(VSEPR)에 근거할 때 선형 기하 구조인 화합물만을 모두 고르면?

ㄱ. HCN ㄴ. O_3 ㄷ. XeF_2 ㄹ. NO_2

① ㄱ, ㄷ

② ㄱ, ㄹ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

HCN은 중심 C 주위의 두 결합 영역이 **180°로 벌어져** 선형이다. XeF_2는 비공유 전자쌍 3개가 적도 위치를 차지하여 **두 F가 서로 반대쪽**에 놓이므로 선형이다.

보기별 해설

VSEPR 모형에서는 중심 원자 주위의 전자 영역들이 반발을 줄이는 방향으로 배치된다. 단일·이중·삼중 결합은 각각 하나의 전자 영역으로 세며, 분자의 기하 구조는 비공유 전자쌍을 제외한 원자들의 배치로 판단한다.

ㄱ. HCN — 선형: 루이스 구조는 $H-C\equiv N$이다. 중심 C에는 비공유 전자쌍이 없고, C–H 결합과 C≡N 결합이 각각 하나의 전자 영역을 이룬다. 따라서 **두 전자 영역이 180°로 배치**되어 H–C–N이 일직선에 놓인다.

ㄴ. O_3 — 굽은형: 중심 O에는 두 결합 영역과 비공유 전자쌍 1개가 있다. 세 전자 영역의 기본 배치는 평면 삼각형이지만, 원자들의 배치만 보면 **비공유 전자쌍 때문에 굽은형**이 된다.

ㄷ. XeF_2 — 선형: 중심 Xe에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있어 전자 영역의 기본 배치는 삼각쌍뿔이다. 반발이 큰 비공유 전자쌍 3개가 **적도 위치**를 차지하고, 두 F는 축 방향의 서로 반대쪽에 놓인다. 따라서 F–Xe–F 결합각은 180°이고 분자는 선형이다.

ㄹ. NO_2 — 굽은형: 전체 원자가 전자 수가 17개인 홀전자 분자이다. 중심 N 주위에는 두 결합 영역 외에 **홀전자가 있는 영역**이 있어 전자 사이의 반발에 영향을 준다. 따라서 두 N–O 결합은 180°로 벌어지지 않고 굽은형을 이룬다.

선형인 화합물은 ㄱ과 ㄷ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 9. 2 mol의 이상기체 X가 초기 상태 800 K, 1 atm에서 차지하는 부피가 V이다. 닫힌 계(closed system)에서 X가 초기 상태로부터 400 K, 2 atm으로 변화했을 때 부피는?

① $\frac{1}{8}V$
② $\frac{1}{4}V$
③ $\frac{1}{2}V$
④ V

정답 2번

간단한 해설

몰수가 일정한 이상기체의 부피는 **절대온도에 비례하고 압력에 반비례**한다. 온도가 절반이 되고 압력이 2배가 되므로, 최종 부피는 초기 부피의 1/4인 $\frac{1}{4}V$이다.

계산 과정

닫힌 계에서 기체 X의 몰수 n은 2 mol로 일정하다. 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에서 P는 압력, T는 절대온도, R은 기체 상수이다. 따라서 **몰수가 일정하면** 부피는 $\frac{T}{P}$에 비례한다.

최종 부피를 V_2라 하면, 온도 변화에 따른 부피의 비는 $\frac{400}{800} = \frac{1}{2}$이고 압력 변화에 따른 부피의 비는 $\frac{1}{2}$이다. 온도는 이미 K로 주어졌고 압력도 모두 atm이므로 단위 변환 없이 두 비율을 곱한다. $\frac{V_2}{V} = \frac{400}{800} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$이다. 이 비는 온도 감소와 압력 증가를 함께 반영한 최종 부피와 초기 부피의 비이다.

따라서 최종 부피는 $V_2 = \frac{1}{4}V$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 다음은 일산화 질소(NO)와 수소(H_2)로부터 질소(N_2)와 수증기(H_2O)가 생성될 때의 전체반응, 실험으로 측정한 전체반응의 속도법칙, 반응메커니즘이다. k는? (단, k, k_1, k_{-1}, k_2, k_3은 속도상수이다)

◯ 전체반응 $2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$

◯ 실험으로 측정한 전체반응의 속도법칙

속도 = $k[NO]^2[H_2]$

◯ 반응메커니즘

1단계: $2NO(g) \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} N_2O_2(g)$ ..... 빠름

2단계: $N_2O_2(g) + H_2(g) \rightarrow N_2O(g) + H_2O(g)$ ..... 느림

3단계: $N_2O(g) + H_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(g)$ ..... 빠름

① $\frac{k_1 \times k_2}{k_{-1}}$

② $\frac{k_1 \times k_3}{k_2}$

③ $\frac{k_{-1}}{k_1 \times k_2}$

④ $\frac{k_2}{k_1 \times k_3}$

정답 1번

간단한 해설

느린 **2단계가 전체 반응 속도를 결정**하고, 빠른 1단계의 평형 관계로 중간체 농도를 나타낸다. 이를 속도식에 대입하면 전체 속도상수는 $k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_{-1}}$이다.

계산 과정

1. 속도 결정 단계의 속도식: 전체 반응 속도를 v, 각 물질의 몰 농도를 대괄호로 나타낸다. 느린 2단계가 **속도 결정 단계**이므로, 이 단일 단계의 반응물 농도로 속도식을 쓰면 $v = k_2[N_2O_2][H_2]$이다. 뒤의 3단계는 빠르게 진행되므로 이 근사 속도식에 k_3은 직접 들어가지 않는다.

2. 중간체 농도 구하기: N_2O_2는 1단계에서 생성되어 2단계에서 소모되는 중간체이다. 빠른 가역 반응인 1단계에 **빠른 평형 근사**를 적용하면 정반응과 역반응의 속도가 같으므로 $k_1[NO]^2 = k_{-1}[N_2O_2]$이다. 따라서 $[N_2O_2] = \frac{k_1}{k_{-1}}[NO]^2$이며, 중간체 농도를 반응물 NO의 농도로 바꿔 쓸 수 있다.

3. 전체 속도상수 구하기: 중간체 농도를 2단계의 속도식에 대입하면 $v = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_{-1}}[NO]^2[H_2]$이다. 실험 속도법칙 $v = k[NO]^2[H_2]$와 농도항의 계수를 비교하면 $k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_{-1}}$를 얻으며, 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 밑줄 친 원자의 산화수가 -2인 것만을 모두 고르면?

ㄱ. H_2O ㄴ. Fe_2O_3 ㄷ. SO_2

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

제시된 화합물에는 **산소의 산화수가 보통 -2**라는 규칙이 적용된다. 화학식의 아래첨자는 원자 수를 뜻하므로 산소 원자 하나의 산화수와 구별한다.

보기별 해설

산소의 산화수는 보통 -2이며, 과산화물 등에서는 예외가 있다. 중성 화합물에서는 각 원자의 산화수에 원자 수를 곱해 더한 값이 0이다.

ㄱ. O: H_2O에서 수소의 산화수는 +1이다. 수소 원자 2개의 산화수 합이 +2이므로, 전체 합이 0이 되려면 **산소의 산화수는 -2**이어야 한다.

ㄴ. O: Fe_2O_3는 일반적인 금속 산화물로, 산소 원자 하나의 산화수는 -2이다. 산소 원자가 3개이므로 산소의 산화수 합은 -6이지만, **산소 원자 하나의 산화수는 -6이 아니라 -2**이다. 철 원자 2개의 산화수 합은 +6이므로 철의 산화수는 +3이다.

ㄷ. O: SO_2에서도 산소의 산화수는 -2이다. 산소 원자 2개의 산화수 합이 -4이므로 황의 산화수는 +4이다. 여기서 밑줄은 황이 아닌 **산소 원자**를 가리킨다.

따라서 산소의 산화수가 -2인 것은 ㄱ, ㄴ, ㄷ 모두이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 12. 전기분해를 통한 니켈 이온(Ni^{2+})의 환원으로 강철 조각에 0.01 mol의 니켈을 전기도금 할 때, 0.1 A의 전류를 몇 초간 흘려 주어야 하는가? (단, 패러데이(Faraday) 상수는 96,500 $C \cdot mol^{-1}$이고, 전류는 모두 니켈의 전기도금에 이용되었다고 가정한다)

① 965

② 4,825

③ 9,650

④ 19,300

정답 4번

간단한 해설

니켈 이온 1 mol이 환원될 때 **전자 2 mol**이 필요하므로, 니켈 0.01 mol을 도금하는 데 필요한 전하량은 1,930 C이다. 0.1 A는 1초에 0.1 C가 흐르는 전류이므로 필요한 시간은 19,300초이다.

계산 과정

1. 필요한 전자의 양: 니켈 이온의 환원 반응은 $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$이다. 니켈 이온 하나가 전자 2개를 받아 금속 니켈이 되므로, 니켈 0.01 mol을 도금하려면 **전자 0.02 mol**이 필요하다. 전자의 몰수를 n_e라 하면 $n_e = 2 \times 0.01 = 0.02\text{mol}$이다.

2. 필요한 전하량: 패러데이 상수 F는 전자 1 mol이 운반하는 전하량으로, 주어진 값은 96,500 C이다. 전류가 모두 니켈 도금에 이용되므로 필요한 전하량 Q는 $Q = n_e F$로 구한다. 따라서 $Q = 0.02 \times 96{,}500 = 1{,}930\text{C}$이다.

3. 전류를 흘릴 시간: 전류 I는 단위 시간당 흐르는 전하량이므로, 일정한 전류에 대해 $Q = It$가 성립한다. 0.1 A는 **1초에 0.1 C가 흐른다**는 뜻이다. 따라서 필요한 시간은 $t = \frac{Q}{I} = \frac{1{,}930}{0.1} = 19{,}300\text{s}$이다.

필요한 시간은 19,300초로, ④의 값에 해당한다.

NoteBase

문 13. 다음은 어떤 반응의 반응메커니즘이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, k는 속도상수이고, 두 단계 중 하나는 다른 단계보다 매우 느리다)

1단계: $2NO_2(g) \longrightarrow NO(g) + NO_3(g)$
2단계: $NO_3(g) + CO(g) \longrightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$

① 중간체는 NO_2이다.

② 1단계는 일분자 반응이고, 2단계는 이분자 반응이다.

③ 실험으로 측정한 전체반응의 속도법칙이 속도 = $k[NO_2]^2$라면 속도결정단계는 1단계이다.

④ 전체반응은 $NO_2(g) + NO_3(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$이다.

정답 3번

간단한 해설

1단계는 NO_2 두 분자가 반응하는 단일 단계이므로 속도법칙은 $v_1 = k_1[NO_2]^2$이다. 이 단계가 **매우 느린 속도결정단계**이면 전체 반응속도가 이 단계에 의해 제한되어 실험 속도법칙과 일치한다.

선지별 해설

① X: 중간체는 앞 단계에서 생성되고 뒤 단계에서 소모되어 전체 반응식에는 나타나지 않는 물질이다. 1단계에서 생성되고 2단계에서 소모되는 **중간체는** NO_3이다. NO_2는 1단계에서 2분자가 소모되고 2단계에서 1분자가 생성되어 전체적으로 1분자가 소모되는 반응물이다.

② X: 단일 단계 반응의 분자성은 그 단계에 참여하는 **반응물 분자 수**로 정한다. 1단계에는 NO_2 2분자가 참여하므로 이분자 반응이다. 2단계에도 NO_3 1분자와 CO 1분자, 총 2분자가 참여하므로 이분자 반응이다. 따라서 두 단계 모두 이분자 반응이다.

③ O: 두 단계 중 하나가 다른 단계보다 매우 느리면 그 느린 단계가 전체 반응속도를 제한하는 속도결정단계이다. 단일 단계 반응은 반응물의 계수를 농도의 지수로 써서 속도법칙을 나타낼 수 있다. 1단계의 속도법칙은 $v_1 = k_1[NO_2]^2$이고, 2단계는 $v_2 = k_2[NO_3][CO]$이다. 여기서 k_1, k_2는 각 단계의 속도상수이다. 실험 속도법칙이 $v = k[NO_2]^2$로 1단계의 농도 의존성과 일치하므로 **1단계가 느린 속도결정단계**이다.

④ X: 전체 반응식은 각 단계의 반응식을 더한 뒤 **양변에 공통으로 나타나는 물질을 소거**하여 구한다. NO_3는 생성량과 소모량이 같아 모두 소거되고, NO_2는 반응물 쪽에 1분자만 남는다. 따라서 전체 반응은 $NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$이다.

NoteBase

문 14. 다음은 300 °C에서 질소(N_2)와 수소(H_2)로부터 암모니아(NH_3)를 합성하는 반응이다. 정반응의 $\Delta H < 0$일 때, 이 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, H는 엔탈피이고, K_c는 평형상수이다)

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad K_c = 9.6$

ㄱ. 정반응은 발열 반응이다.
ㄴ. 정반응이 진행됨에 따라 전체 분자의 수는 증가한다.
ㄷ. 300 °C에서 반응 $2N_2(g) + 6H_2(g) \rightleftharpoons 4NH_3(g)$의 평형상수는 9.6이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

$\Delta H < 0$은 생성물의 엔탈피가 반응물보다 낮다는 뜻이다. 정반응이 진행될 때 그 차이만큼 열을 방출하므로 **발열 반응**이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 반응 엔탈피는 생성물의 엔탈피에서 반응물의 엔탈피를 뺀 값이다. 주어진 $\Delta H < 0$은 생성물의 엔탈피가 더 낮음을 뜻하므로, 정반응은 주위로 **열을 방출하는 발열 반응**이다.

ㄴ. X: 반응식의 계수에 따라 질소 1분자와 수소 3분자가 반응하여 암모니아 2분자를 만든다. 따라서 반응물 분자 4개가 생성물 분자 2개로 바뀌므로, 정반응이 진행되면 전체 분자의 수는 **증가하는 것이 아니라 감소한다**. 원자의 수는 보존되지만 원자들이 결합하여 이루는 분자의 수는 달라질 수 있다.

ㄷ. X: 평형상수 식에서 각 물질의 농도에 붙는 지수는 반응식의 계수이다. 원래 반응의 평형상수는 $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = 9.6$이다. 같은 300 °C에서 반응식의 모든 계수를 2배로 하면 농도의 지수도 모두 2배가 되므로, 새 평형상수는 **기존 평형상수의 제곱**이다. 따라서 $K_c' = (9.6)^2 = 92.16$이며, 9.6이 아니다.

옳은 보기는 ㄱ뿐이므로, ㄱ만 제시한 ①에 해당한다.

NoteBase

문 15. 25 °C, 0.10 M의 NaOH 수용액 1 L에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, HCl과 NaOH는 물에서 완전히 해리된다)

ㄱ. pH < 7
ㄴ. 0.10 M의 HCl 수용액 2 L를 첨가하면 중성이 된다.
ㄷ. 0.05 M의 HCl 수용액 2 L를 첨가하면 중성이 된다.
ㄹ. 증류수를 첨가해서 전체 수용액의 양을 2 L로 만들면 NaOH 수용액의 농도는 0.05 M이 된다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

처음 들어 있는 NaOH는 0.10 mol이므로, 중성이 되려면 **HCl도 0.10 mol**이 필요하다. 증류수로 희석하면 NaOH의 몰수는 그대로이고, **전체 부피가 2배이면 몰농도는 절반**이 된다.

NoteBase

보기별 해설

몰농도 M은 수용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이다. 처음 NaOH의 몰수는 0.10 mol/L × 1 L = 0.10 mol이다. NaOH와 HCl은 완전히 해리되며, 수소 이온과 수산화 이온은 1 : 1의 몰수비로 반응하여 물이 된다.

ㄱ. X: NaOH는 물에서 수산화 이온을 내놓는 강염기이므로 이 수용액은 염기성이다. 25 °C에서 중성의 pH는 7이므로, 이 수용액은 pH < 7이 아니라 **pH > 7**이다.

ㄴ. X: 첨가한 HCl의 몰수는 0.10 mol/L × 2 L = 0.20 mol이다. 처음 NaOH 0.10 mol을 모두 중화하고도 HCl이 0.10 mol 남으므로 **중성이 아니라 산성**이 된다. 0.10 M HCl 수용액으로 중화하려면 1 L를 첨가해야 한다.

ㄷ. O: 첨가한 HCl의 몰수는 0.05 mol/L × 2 L = 0.10 mol이다. 처음 NaOH의 몰수와 같으므로 수소 이온과 수산화 이온이 **남는 양 없이 중화**된다. 생성되는 NaCl은 수용액을 산성이나 염기성으로 만들지 않으므로, 25 °C에서 중성이 된다.

ㄹ. O: 증류수를 첨가해도 **NaOH의 몰수는 0.10 mol로 보존**된다. 몰농도는 용질의 몰수를 전체 수용액의 부피로 나눈 값이므로, 전체 부피가 2 L가 되면 $C = \frac{0.10\text{mol}}{2\text{L}} = 0.05\text{M}$이 된다.

옳은 보기는 ㄷ, ㄹ이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 16. 1 atm에서 끓는점이 높은 분자부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

(가) n-노네인(n-nonane)
(나) n-헵테인(n-heptane)
(다) n-데케인(n-decane)
(라) n-옥테인(n-octane)

① (나) – (가) – (라) – (다)
② (나) – (라) – (가) – (다)
③ (다) – (가) – (라) – (나)
④ (다) – (라) – (가) – (나)

정답 3번

간단한 해설

네 물질은 모두 곧은 사슬 알케인이므로, **탄소 수가 많을수록 런던 분산력이 커져** 같은 압력에서 끓는점이 높아진다. 분자 사이 인력이 강할수록 액체가 끓는 데 더 높은 온도가 필요하기 때문이다.

올바른 순서

(다) → (가) → (라) → (나)

(다) n-데케인: 네 물질은 모두 비극성인 곧은 사슬 알케인이며, 분자 사이에는 주로 런던 분산력이 작용한다. 같은 계열에서는 탄소 수와 전자 수가 많아질수록 전자 구름이 쉽게 변형되어 분산력이 커진다. 액체는 증기압이 외부 압력과 같아질 때 끓으므로, **분자 사이 인력이 강할수록** 1 atm에서 끓기 위해 더 높은 온도가 필요하다. 탄소가 10개인 n-데케인은 네 물질 중 분산력이 가장 커서 끓는점이 가장 높다.

(가) n-노네인: 탄소가 9개이므로 n-데케인보다 분산력이 작아 끓는점이 낮다. 탄소가 8개인 n-옥테인보다는 분산력이 커서 끓는점이 높다.

(라) n-옥테인: 탄소가 8개이므로 n-노네인보다 분산력이 작아 끓는점이 낮다. 탄소가 7개인 n-헵테인보다는 분산력이 커서 끓는점이 높다.

(나) n-헵테인: 탄소가 7개로 네 물질 중 가장 적다. 분산력이 가장 작아 1 atm에서 가장 낮은 온도에 끓으므로 마지막에 놓인다.

NoteBase

문 17. 다음 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$HNO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_3O^+(aq) + NO_2^-(aq)$

① HNO_2(aq)는 산이다.
② H_2O(l)는 양성자를 얻는다.
③ HNO_2(aq)의 짝염기는 H_3O^+(aq)이다.
④ NO_2^-(aq)는 양성자를 얻는다.

정답 3번

간단한 해설

짝염기는 산이 **양성자 하나를 잃고 남은 물질**이다. 따라서 HNO_2의 짝염기는 NO_2^-이며, H_3O^+는 H_2O의 짝산이다.

선지별 해설

브뢴스테드·로리 정의에서 산은 양성자 H^+를 주는 물질이고, 염기는 양성자를 받는 물질이다. 산이 양성자 하나를 잃으면 짝염기가 되고, 염기가 양성자 하나를 얻으면 짝산이 된다.

① O: 정반응에서 HNO_2는 물에 **양성자를 주어** NO_2^-가 되므로 산으로 작용한다.

② O: 정반응에서 H_2O는 HNO_2로부터 **양성자를 받아** H_3O^+가 된다. 따라서 물은 이 반응에서 염기로 작용한다.

③ X: HNO_2가 양성자 하나를 잃고 생성되는 **짝염기는** NO_2^-이다. H_3O^+는 물이 양성자를 받아 생성된 물질이므로 H_2O의 짝산이다.

④ O: **역반응에서** NO_2^-는 H_3O^+로부터 양성자를 받아 HNO_2가 된다. 따라서 NO_2^-는 양성자를 받는 염기로 작용한다.

NoteBase

문 18. 다음은 t℃에서 반응 $A(g) + 2B(g) \rightarrow C(g)$의 초기 반응속도를 측정한 결과이다. 속도법칙은? (단, k는 속도상수이고 농도의 단위는 M이며, 반응속도의 단위는 M·s^{-1}이다)

실험	A의 초기 농도	B의 초기 농도	초기 반응속도
1	0.1	0.1	0.01
2	0.2	0.1	0.04
3	0.1	0.2	0.02

① 속도 = $k[A][B]$

② 속도 = $k[A]^2[B]$

③ 속도 = $k[A][B]^2$

④ 속도 = $k[A]^2[B]^2$

정답 2번

간단한 해설

A의 농도만 2배로 하면 속도가 4배가 되므로 A에 대해 **2차**이고, B의 농도만 2배로 하면 속도가 2배가 되므로 B에 대해 **1차**이다. 따라서 속도법칙은 $v = k[A]^2[B]$이다.

NoteBase

계산 과정

속도법칙을 $v = k[A]^m[B]^n$으로 두면, m과 n은 각각 A와 B에 대한 반응차수이다. 반응차수는 반응식의 계수를 그대로 쓰는 것이 아니라 **농도 변화에 따른 속도 변화**로 구한다. 세 실험은 같은 온도에서 이루어지므로 속도상수 k가 같고, 한 물질의 농도를 고정한 실험끼리 비교하면 다른 물질의 반응차수를 구할 수 있다. 표의 농도 단위는 M, 초기 반응속도 단위는 $\mathrm{M \cdot s^{-1}}$이다.

A의 반응차수: 실험 1과 2에서 **B의 농도는 0.1 M로 일정**하다. A의 농도는 0.1 M에서 0.2 M로 2배, 초기 반응속도는 0.01에서 0.04로 4배가 된다. 속도비를 취하면 $\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{0.2}{0.1}\right)^m = 4$이다. 따라서 $2^m = 4$이므로 $m = 2$이다. 이는 B의 농도가 일정할 때 속도가 A의 농도의 제곱에 비례한다는 뜻이다.

B의 반응차수: 실험 1과 3에서 **A의 농도는 0.1 M로 일정**하다. B의 농도는 0.1 M에서 0.2 M로 2배, 초기 반응속도는 0.01에서 0.02로 2배가 된다. 속도비를 취하면 $\frac{v_3}{v_1} = \left(\frac{0.2}{0.1}\right)^n = 2$이다. 따라서 $2^n = 2$이므로 $n = 1$이다. 이는 A의 농도가 일정할 때 속도가 B의 농도에 비례한다는 뜻이다.

구한 반응차수를 대입하면 속도법칙은 $v = k[A]^2[B]$이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 19. 이산화 탄소(CO_2)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 온실가스이다.
ㄴ. 무극성 분자이다.
ㄷ. C의 산화수는 +4이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

CO_2의 C=O 결합에는 극성이 있지만, **직선형의 대칭 구조에서 두 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄**되므로 분자 전체는 무극성이다. 무극성 분자라도 적외선을 흡수할 수 있으므로 온실가스라는 성질과 모순되지 않는다.

보기별 해설

ㄱ. O: CO_2는 지표가 방출하는 **적외선을 흡수**하고 다시 방출하여 지표와 대기를 따뜻하게 하는 온실효과에 기여한다. 따라서 온실가스에 해당한다.

ㄴ. O: CO_2는 O=C=O의 직선형 분자로 결합각이 180°이다. 산소가 탄소보다 전기음성도가 커서 각 C=O 결합에는 극성이 있지만, 두 결합의 쌍극자 모멘트는 크기가 같고 방향이 반대여서 상쇄된다. 따라서 **분자 전체의 쌍극자 모멘트가 0**인 무극성 분자이다.

ㄷ. O: CO_2에서 O의 산화수는 −2이다. **중성 분자에서는 구성 원자의 산화수 합이 0**이므로, C의 산화수를 x라 두면 $x + 2(-2) = 0$이다. 따라서 $x = +4$이다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 이들을 모두 포함한 ④에 해당한다.

NoteBase

문 20. 질량 6.6×10^{-24} g인 입자가 2.0×10^{8} m·s^{-1}의 속력으로 움직일 때, 드브로이(de Broglie) 파장[nm]은? (단, 플랑크(Planck) 상수는 6.6×10^{-34} J·s이다)

① 5.0×10^{-7}

② 5.0×10^{-6}

③ 5.0×10^{-5}

④ 5.0×10^{-4}

정답 1번

간단한 해설

상대론적 효과를 무시하면 드브로이 파장은 $\lambda = \frac{h}{mv}$로 계산한다. 질량을 6.6×10^{-27} kg으로 바꾸어 대입하면 5.0×10^{-16} m, 즉 5.0×10^{-7} nm이다. 공식 답은 이 계산에 따른 값이며, 주어진 속력에서는 상대론적 효과를 무시하는 데 한계가 있다.

계산 과정

적용 관계: 드브로이 파장은 $\lambda = \frac{h}{p}$이다. 여기서 λ는 파장, h는 플랑크 상수, p는 입자의 운동량이다. 공식 답에 대응하는 계산은 상대론적 효과를 무시하고 운동량을 $p = mv$로 구한다. m은 질량, v는 속력이다.

질량의 단위 변환: 플랑크 상수가 J·s로 주어졌으므로 **질량을 kg으로 바꾸어** 단위를 맞춘다. $1\text{g} = 10^{-3}\text{kg}$이므로 주어진 질량은 $m = 6.6 \times 10^{-27}$ kg이다.

운동량 계산: 질량과 속력을 곱하면 $p = (6.6 \times 10^{-27})(2.0 \times 10^{8}) = 1.32 \times 10^{-18}$ kg·m/s이다.

파장 계산: 이 운동량을 드브로이 관계식에 대입하면 다음과 같다.
$\lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{1.32 \times 10^{-18}} = 5.0 \times 10^{-16}\text{m}$
J·s는 kg·m^2/s와 같으므로, 이를 운동량의 단위 kg·m/s로 나누면 길이 단위 m이 남는다.

nm로 환산: $1\text{m} = 10^{9}\text{nm}$이므로 m 단위의 값에 10^{9}을 곱한다.
$\lambda = (5.0 \times 10^{-16}) \times 10^{9} = 5.0 \times 10^{-7}\text{nm}$

적용 한계: 주어진 속력은 광속의 약 2/3이므로, **정지질량에 비상대론적 운동량을 적용하기에는 빠르다**. 질량을 정지질량으로 해석하면 운동량은 $p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$이며, c는 광속이다. 이 운동량으로 계산한 파장은 약 3.7×10^{-7} nm로 어느 보기에도 없다. 문제에는 상대론적 효과를 무시한다는 조건이 명시되어 있지 않다.

공식 채점 답 ①은 상대론적 효과를 무시하여 얻은 5.0×10^{-7} nm에 해당한다.

NoteBase