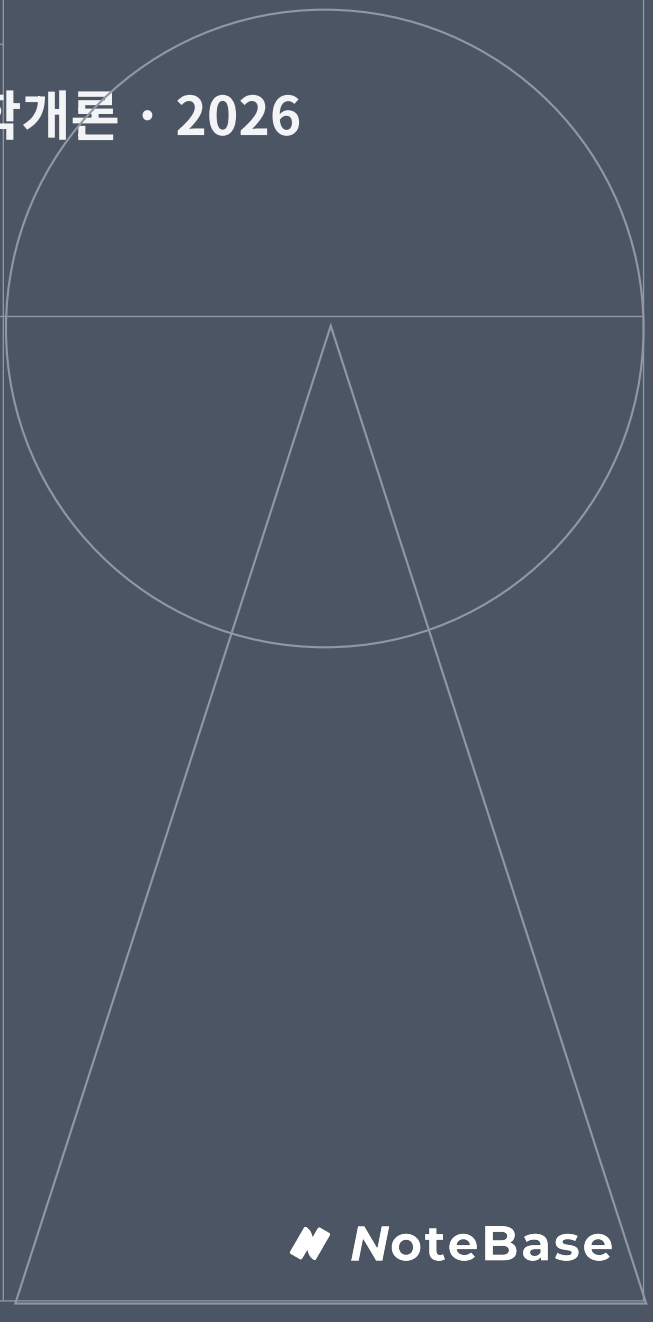
기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2026

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2026

문 1. 탄소(C)의 질량 백분율이 80%이고, 분자량이 실험식량의 2배인 탄화수소 화합물의 분자량은? (단, H와 C의 원자량은 각각 1, 12이다.)

① 28

② 30

③ 56

④ 60

정답 2번

간단한 해설

탄소와 수소의 질량비 80:20을 몰수비로 바꾸면 **C:H = 1:3**이므로 실험식은 CH_3이다. 실험식량 15의 2배인 분자량은 30이다.

계산 과정

탄화수소는 C와 H만 포함하므로 탄소가 질량의 80%이면 수소는 20%이다. 시료를 100 g으로 잡으면 탄소 80 g, 수소 20 g이다.

각 원소의 몰수는 $n(\mathrm{C}) = 80/12 = 20/3$, $n(\mathrm{H}) = 20/1 = 20$이다. 두 값을 20/3으로 나누면 원자수 비가 $\mathrm{C} : \mathrm{H} = 1 : 3$이므로 실험식은 CH_3이다.

실험식량은 $12 + 3(1) = 15$이다. 분자량이 실험식량의 2배이므로 분자식은 C_2H_6, 분자량은 $15 \times 2 = 30$이며 ②이다.

NoteBase

문 2. 다음은 고체 A가 분해되는 반응의 화학 반응식과, T K에서 압력으로 정의되는 평형 상수(K_p)이다.
$A(s) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g) \qquad K_p$

진공 용기에 A(s)를 넣은 후, T K에서 반응이 평형에 도달했을 때, 용기 속 기체의 전체 압력은 9 atm이다. K_p는?

① 9

② 18

③ 54

④ 108

정답 4번

간단한 해설

진공에서 생성된 B와 C의 **분압 비는 반응 계수와 같은 2:1**이므로 분압은 각각 6 atm과 3 atm이다. 순수한 고체는 상수식에서 제외하여 $K_p = 6^2 \times 3 = 108$이다.

계산 과정

불균일 평형에서 순수한 고체 A의 활동도는 일정하므로 평형 상수식에서 제외한다. 기체의 분압에는 반응 계수를 지수로 붙여 $K_p = (P_B)^2 P_C$로 나타낸다. 여기서는 문제의 관례대로 atm 단위의 분압 수치를 사용한다.

처음 용기가 진공이므로 기체는 A의 분해로 생긴 B와 C뿐이다. 반응 계수에 따라 몰수 비가 B:C = 2:1이고 같은 용기·온도에서 **분압 비도 2:1**이다.

전체 압력이 9 atm이므로 P_B=9×23=6 atm, P_C=9×13=3 atm이다. 분압의 합은 6 + 3 = 9 atm으로 주어진 전체 압력과 같다.

따라서 $K_p = 6^2 \times 3 = 108$이다. B의 계수가 2이므로 분압에 단순히 2를 곱하는 것이 아니라 제곱해야 한다.

따라서 압력 평형 상수의 값은 108이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 3. 다음 2가지 반응에서 Lewis 산을 모두 옳게 고른 것은?

◯ $SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$
◯ $Ni^{2+}(aq) + 6NH_3(aq) \rightarrow Ni(NH_3)_6^{2+}(aq)$

① $SO_3,\ Ni^{2+}$
② $SO_3,\ NH_3$
③ $H_2O,\ Ni^{2+}$
④ $H_2O,\ NH_3$

정답 1번

간단한 해설

Lewis 산은 전자쌍 받개, Lewis 염기는 전자쌍 주개이다. 두 반응에서 전자쌍을 받는 물질은 각각 SO_3와 Ni^{2+}이다.

대응 관계 해설

첫 번째 반응: SO_3의 S가 물 분자의 O가 제공하는 비공유전자쌍을 받아 결합을 형성하므로, Lewis 산은 SO_3이다. 전자쌍을 제공하는 H_2O는 Lewis 염기이다.

두 번째 반응: Ni^{2+}는 암모니아의 N이 제공하는 비공유전자쌍을 받아 배위 결합을 형성하므로 Lewis 산이다. 여섯 NH_3 분자는 각각 전자쌍을 제공하는 Lewis 염기로 작용한다.

조합: 두 반응의 Lewis 산은 각각 SO_3, Ni^{2+}이므로 정답은 ①이다.

NoteBase

문 4. 수용액의 액성이 중성에서 산성으로 변할 때, 용해도 변화가 가장 작은 것은?

① $PbBr_2(s)$

② $CuS(s)$

③ $Mg(OH)_2(s)$

④ $CaCO_3(s)$

정답 1번

간단한 해설

Br^-는 강산의 짝염기로 **수소 이온과 반응하는 정도가 매우 작다**. 다른 보기의 황화 이온·수산화 이온·탄산 이온은 산과 반응하므로 산성화가 용해 평형에 더 큰 영향을 준다.

선지별 해설

산성화로 수소 이온이 증가할 때, 염에서 나온 음이온이 수소 이온과 반응하여 제거되는지를 비교한다. 음이온이 제거되면 용해 평형이 더 녹는 방향으로 이동한다. 산성화 자체의 효과를 비교하며 별도의 공통 이온이나 착이온 형성 효과는 구별한다.

① $PbBr_2$: 브로민화 이온 Br^-는 강산 HBr의 짝염기로 염기성이 매우 약하다. 수소 이온을 받아 제거되는 정도가 작으므로 **산성화에 따른 용해도 변화가 작다**.

② CuS: 황화 이온 S^{2-}는 수소 이온을 받아 HS^-, 이어 H_2S를 형성할 수 있다. 자유로운 황화 이온 농도가 낮아지면 용해 평형은 오른쪽으로 이동한다. CuS 자체의 용해도가 매우 작다는 사실과 산성화에 따른 용해도 증가 방향은 구별한다.

③ $Mg(OH)_2$: 수산화 이온이 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$로 중화된다. 용해 생성물인 수산화 이온이 소모되므로 고체가 더 녹아 용해도가 증가한다.

④ $CaCO_3$: 탄산 이온은 수소 이온을 받아 탄산수소 이온을 거쳐 탄산을 형성하며, 이산화탄소와 물이 생성될 수 있다. 탄산 이온이 소모되므로 산성화는 탄산칼슘의 용해를 촉진한다.

따라서 산성화에 따른 용해도 변화가 가장 작은 것은 음이온의 염기성이 매우 약한 ① $PbBr_2$이다.

NoteBase

문 5. 일정 온도에서 $A(g) \rightarrow B(g)$ 반응이 단일 단계로 일어날 때, 반응 시간에 따라 변하는 것은?

① 반응 속도

② 반응 차수

③ 반응 속도 상수

④ 활성화 에너지

정답 1번

간단한 해설

단일 단계의 $A \rightarrow B$ 반응은 $v = k[A]$로 나타낸다. 온도가 일정해도 반응이 진행되면 **A의 농도가 줄어 반응 속도가 감소**하지만, 같은 반응 경로의 속도 상수·차수·활성화 에너지는 유지된다.

선지별 해설

① (O) 단일 분자 기본 반응 $A \rightarrow B$의 속도식은 $v = k[A]$이다. 시간이 지나 반응물 A가 소모되면 농도 $[A]$가 감소하므로 반응 속도도 감소한다.

② (X) 이 단일 단계 반응은 속도식에서 $[A]$의 지수가 1인 1차 반응이다. 같은 반응 경로가 유지되는 동안 반응 차수는 시간이 지났다고 달라지지 않는다.

③ (X) 반응 속도 상수 k는 주어진 반응 경로와 온도 등의 조건에 의해 정해진다. 문제처럼 온도와 반응 경로가 일정하면 반응물이 줄어들어도 k 자체가 달라지는 것은 아니다.

④ (X) 활성화 에너지는 반응 경로의 에너지 장벽과 관련된 값이다. 촉매나 반응 경로 변화가 없는 조건에서는 시간이 지나 농도가 감소했다는 이유만으로 바뀌지 않는다.

NoteBase

문 6. 다음은 25 ℃에서 메탄올(CH_3OH)의 연소 반응에 대한 열화학 반응식이다.

$2CH_3OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 4H_2O(l)$

$\Delta H^\circ = -1{,}450\ \text{kJ}$

25 °C, 1 atm에서 이 반응식을 따라 메탄올 96 g이 완전 연소될 때의 ΔH[kJ]는? (단, 메탄올의 몰질량은 32 g/mol이다.)

① −725

② −1,450

③ −2,175

④ −2,900

정답 3번

간단한 해설

96 g의 메탄올은 3 mol이다. 주어진 반응열은 **메탄올 2 mol 기준**이므로 −1,450 kJ에 3/2를 곱하면 −2,175 kJ이다.

계산 과정

열화학 반응식의 −1,450 kJ는 계수에 따라 **메탄올 2 mol이 완전 연소할 때**의 엔탈피 변화이다.

주어진 메탄올 96 g의 몰수는
$n = \frac{96\text{g}}{32\text{g/mol}} = 3\text{mol}$
이다.

같은 반응에서 엔탈피 변화는 반응한 물질의 양에 비례한다. 2 mol 기준의 3/2배이므로
$\Delta H = -1450 \times \frac{3}{2} = -2175\text{kJ}$
이다.

따라서 정답은 ③ **−2,175 kJ**이다. 음의 부호는 연소로 계에서 열이 방출된다는 뜻이다.

NoteBase

문 7. 계산 결과의 값과 유효 숫자 개수가 모두 옳은 것은?

① $2.4 + 0.16 = 2.5$

② $2.2 + \log 0.1 = 1.2$

③ $0.12 \times 5.0 = 0.6$

④ $\frac{10.1}{95 + 6.0} = 0.10$

정답 2번

간단한 해설

덧셈·뺄셈은 **마지막 유효 자리**를, 곱셈·나눗셈은 **유효 숫자의 개수**를 맞춘다. ②는 $\log 0.1 = -1.0$으로 나타내어 $2.2 - 1.0 = 1.2$가 되므로 계산값과 유효 숫자 처리가 모두 옳다.

선지별 해설

① $2.4 + 0.16 = 2.5$ (X)
실제 합은 2.56이다. 2.4가 소수 첫째 자리까지 주어졌으므로 합도 소수 첫째 자리까지 나타내야 한다. 2.56을 반올림한 **2.6**이 옳다.

② $2.2 + \log 0.1 = 1.2$ (O)
상용로그에서 진수의 유효 숫자 개수는 로그값의 소수 부분 자리수에 대응한다. 0.1은 유효 숫자 1개이므로 $\log 0.1 = -1.0$으로 나타낸다. $2.2 + (-1.0) = 1.2$이며, 두 항 모두 소수 첫째 자리까지이므로 **1.2**가 옳다.

③ $0.12 \times 5.0 = 0.6$ (X)
0.12와 5.0은 각각 유효 숫자가 2개이다. 곱도 유효 숫자 2개로 나타내야 하므로 **0.60**이 옳다. 0.6과 수치 자체는 같지만, 0.6은 유효 숫자가 1개뿐이다.

④ $\frac{10.1}{95 + 6.0} = 0.10$ (X)
먼저 분모를 더하면 101.0이며, 95가 일의 자리까지 주어졌으므로 분모의 유효한 마지막 자리는 일의 자리이다. 즉 분모는 **101, 유효 숫자 3개**에 해당한다. 분자 10.1도 유효 숫자 3개이므로 $10.1/101 = 0.100$처럼 **유효 숫자 3개**로 나타내야 한다. 0.10은 유효 숫자가 2개라서 틀리다.

NoteBase

문 8. 다음은 탄화 칼슘(CaC_2)과 물의 반응에 대한 화학 반응식이다.
$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 +$㉮

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① ㉮는 C_2H_2이다.

② CaC_2에서 C의 산화수는 −1이다.

③ CaC_2 1몰에는 총 2몰의 이온이 들어 있다.

④ 이 반응은 산화-환원 반응이다.

정답 4번

간단한 해설

탄화칼슘과 생성된 아세틸렌에서 탄소의 산화수는 모두 −1이다. 다른 원소의 산화수도 변하지 않으므로 **산화-환원 반응이 아니다**.

선지별 해설

① O: 반응물에 있는 탄소 2개는 생성 기체로 이동하고, 물의 수소 4개 중 2개는 수산화칼슘에 들어간다. 나머지 수소 2개가 탄소 2개와 결합하므로 ㉮는 아세틸렌 C_2H_2이다.

② O: 탄화칼슘에서 칼슘의 산화수는 +2이다. 중성 화합물의 산화수 합이 0이므로 탄소의 산화수를 x라 하면 $2 + 2x = 0$, 따라서 x = −1이다.

③ O: 탄화칼슘은 Ca^{2+}와 아세틸라이드 이온 C_2^{2-}로 이루어진다. 화학식 단위 1개당 양이온 1개와 **두 탄소가 묶인 다원자 음이온 1개**가 있으므로, 1 mol에는 각각 1 mol씩 총 2 mol의 이온이 있다. 탄소 원자 2개를 별개 이온 2개로 세지 않는다.

④ X: 생성물 C_2H_2에서도 수소가 +1이므로 탄소의 산화수는 −1이다. 반응 전후 칼슘은 +2, 수소는 +1, 산소는 −2로 모두 변하지 않는다. **산화수가 변하는 원소가 없으므로 산화-환원 반응이 아니다**. 아세틸라이드 이온이 물에서 양성자를 받아 아세틸렌을 만드는 반응으로 설명할 수 있다.

따라서 옳지 않은 설명은 이 반응을 산화-환원 반응이라고 한 ④이다.

NoteBase

문 9. C_3H_8 **22 g과** O_2 **64 g을 반응시켜** CO**,** CO_2**,** H_2O**를 생성시켰을 때, 생성된** CO**의 질량[g]은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, 반응에서** C_3H_8**과** O_2**는 모두 소모되었다.)**

① 14

② 21

③ 28

④ 42

정답 3번

간단한 해설

수소 원자 보존으로 물은 2 mol 생성되고, 나머지 산소 원자 2 mol이 CO와 CO_2에 들어간다. **탄소와 산소의 원자 수 보존식을 연립**하면 CO가 1 mol이므로 질량은 28 g이다.

계산 과정

프로페인의 몰질량은 3(12) + 8(1) = 44g/mol이므로 22 g은 0.5 mol이다. 산소는 64/32 = 2mol이며, 문제에서 두 반응물이 모두 소모되었다고 했다.

프로페인 0.5 mol에는 H 원자 4 mol이 있으므로 물은 2 mol 생성된다. 물 2 mol에 O 원자 2 mol이 사용된다. 처음 산소 2 mol에 들어 있던 O 원자는 4 mol이므로, CO와 CO_2에 들어갈 O 원자는 2 mol이다.

생성된 CO와 CO_2의 몰수를 각각 x, y라 두면 탄소 원자 보존으로 $x + y = 3 \times 0.5 = 1.5$, 산소 원자 보존으로 $x + 2y = 2$이다.

두 식을 빼면 $y = 0.5$, 따라서 $x = 1.0$이다. CO의 몰질량은 12 + 16 = 28g/mol이므로 생성 질량은 $1.0 \times 28 = 28$g이며 ③이다.

NoteBase

문 10. 화학식에 대한 화합물 이름을 명명법에 따라 옳게 적은 것은?

① FeO : 산화 철

② $CaCl_2$: 이염화 칼슘

③ $HClO_3$: 염소산

④ NaH_2PO_4 : 인산수소 소듐

정답 3번

간단한 해설

$HClO_3$의 이름은 **염소산**이다. 다른 선지는 철의 산화수 표시, 이온 화합물의 명명 방식, 인산 이온에 남아 있는 수소 개수를 정확히 반영하지 않았다.

선지별 해설

① X: FeO에서 O의 산화수는 -2이므로 Fe의 산화수는 +2이다. 여러 산화수를 갖는 철의 이온 화합물은 산화수를 표시하여 **산화 철(Ⅱ)**로 이름 붙인다. 단순히 산화 철이라고 하면 철의 산화수가 구별되지 않는다.

② X: $CaCl_2$는 Ca^{2+}와 Cl^-로 이루어진 이온 화합물로, 이 문항의 이온식 명명에서는 염화 칼슘이라 한다. 칼슘의 +2 전하와 염화 이온의 -1 전하로 개수비가 정해지므로 '이염화'라는 접두어를 붙이지 않는다.

③ O: $HClO_3$는 염소산이다. 염소의 산소산은 산소수에 따라 $HClO$ 차아염소산, $HClO_2$ 아염소산, $HClO_3$ 염소산, $HClO_4$ 과염소산으로 구별한다.

④ X: NaH_2PO_4에는 수소가 두 개 남은 $H_2PO_4^-$가 있으므로 인산이수소 소듐이라 한다. 인산수소 소듐은 HPO_4^{2-}를 포함하는 Na_2HPO_4와 구별해야 한다.

NoteBase

문 11. 기체 분자 운동론에 근거한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, M과 T는 각각 기체의 몰질량과 절대 온도이다.)

① 기체 입자의 평균 속력은 $\sqrt{M}$에 반비례한다.

② 기체 입자의 평균 속력은 $\sqrt{T}$에 비례한다.

③ 기체 입자의 평균 운동 에너지는 M에 비례한다.

④ 기체 입자의 평균 운동 에너지는 T에 비례한다.

정답 3번

간단한 해설

기체 입자의 **평균 병진 운동 에너지는 절대온도만으로 정해진다**. 같은 온도에서는 무거운 기체도 가벼운 기체도 평균 운동 에너지가 같고, 평균 속력은 서로 다르다.

선지별 해설

① (O) 평균 속력은 $\bar{v} = \sqrt{8RT/(\pi M)}$이다. 같은 온도에서는 **몰질량의 제곱근에 반비례**하므로 가벼운 기체 입자일수록 평균 속력이 크다.

② (O) 같은 기체에서는 M이 일정하므로 평균 속력은 **절대온도의 제곱근**에 비례한다. 예를 들어 절대온도가 4배가 되면 평균 속력은 2배가 된다.

③ (X) 기체 입자 한 개의 평균 병진 운동 에너지는 E_k=32k_BT이다. **같은 온도에서는 몰질량과 관계없이 같다**. 무거운 입자는 평균적으로 더 느리게 움직이므로 질량만으로 평균 운동 에너지가 커진다고 할 수 없다.

④ (O) 평균 병진 운동 에너지는 입자 한 개당 32k_BT, 1 mol당 32RT이므로 절대온도에 비례한다. 속력이 온도의 제곱근에 비례한다는 관계와 구분한다.

NoteBase

문 12. 양이온 A^{m+}과 음이온 X^{n-}으로 만들어진 이온성 고체의 단위세포에서, A^{m+}은 모든 꼭짓점에만 놓이고, X^{n-}은 모든 모서리 중심에만 놓인다. 이 고체의 화학식은?

① AX

② AX_2

③ AX_3

④ A_2X_3

정답 3번

간단한 해설

꼭짓점 이온은 **1/8씩**, 모서리 중심 이온은 **1/4씩** 단위세포에 기여한다. 유효 개수는 A가 1개, X가 3개이므로 화학식은 AX_3이다.

계산 과정

단위세포의 경계에 놓인 이온은 이웃한 단위세포와 공유하므로, 보이는 개수를 그대로 세지 않고 한 단위세포에 속하는 몫을 더한다. 통상적인 평행육면체 단위세포에는 꼭짓점 8개와 모서리 12개가 있다.

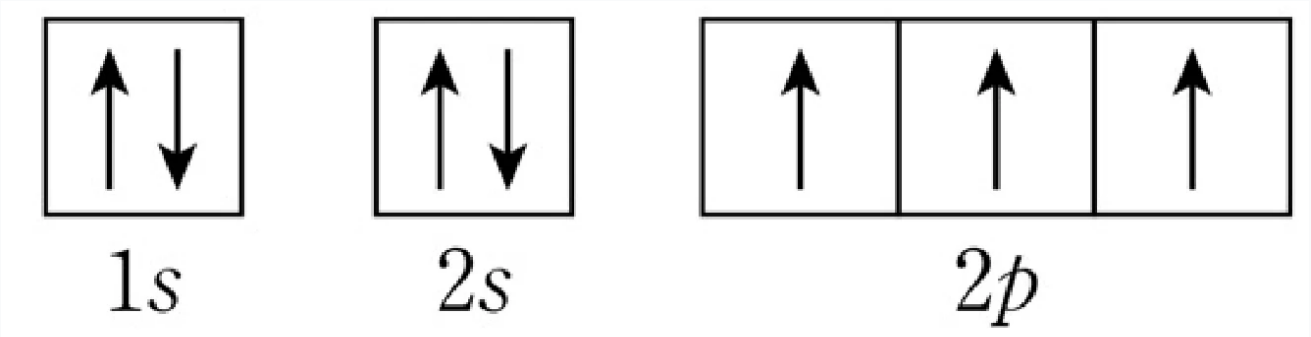
A 이온: 꼭짓점의 이온 하나는 단위세포 8개가 공유하므로 한 단위세포에 1/8개씩 기여한다. 모든 꼭짓점에 있으므로 A의 유효 개수는 8×18=1개이다.

X 이온: 모서리 중심의 이온 하나는 단위세포 4개가 공유하므로 한 단위세포에 1/4개씩 기여한다. 모서리 12개의 중심에 있으므로 X의 유효 개수는 12×14=3개이다.

따라서 단위세포 안의 이온 수 비는 A:X = 1:3이며, 가장 간단한 정수비로 나타낸 화학식은 AX_3이다. 이는 ③과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림은 산소(O) 원자의 바닥상태 전자 배치를 7번째 전자까지만 나타낸 것이다. 마지막 8번째 전자의 양자수 조합(n, l, m_l, m_s)으로 가능한 것은? (단, n, l, m_l, m_s는 각각 주양자수, 각운동량 양자수, 자기 양자수, 스핀 양자수이다.)



① $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$
② $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$
③ $(2, 1, 0, \frac{1}{2})$
④ $(3, 0, 0, -\frac{1}{2})$

정답 2번

간단한 해설

산소의 8번째 전자는 **2p 오비탈**에 들어가며, 이미 들어 있는 위쪽 스핀 전자와 반대 스핀으로 짝을 이룬다.
따라서 $n = 2, l = 1$, m_s=-12이고 $m_l = 0$도 가능하므로 정답은 ②이다.

NoteBase

도식 해설

그림의 전자 배치 읽기
1s와 2s에는 각각 전자 2개가 들어 있고, 2p의 세 오비탈에는 위쪽 화살표가 하나씩 있다. 따라서 그림은 $1s^2 2s^2 2p^3$이며, 산소의 바닥상태 $1s^2 2s^2 2p^4$가 되려면 전자 하나가 2p에 더 들어가야 한다.

네 양자수 결정하기
2p 전자이므로 주양자수는 $n = 2$, p 오비탈의 각운동량 양자수는 $l = 1$이다. 이때 자기 양자수는 $m_l = -1, 0, +1$이 가능하므로 $m_l = 0$인 오비탈에 들어갈 수 있다.
위쪽 화살표를 m_s=+12로 나타내면, 같은 오비탈에 추가되는 전자는 파울리 배타 원리에 따라 반대 스핀인 **m_s=-12**이어야 한다.

선택지와 연결하기
따라서 가능한 조합은 **≤ft(2,1,0,-12)**인 ②이다. ③은 이미 존재하는 전자와 네 양자수가 같아질 수 있어 허용되지 않는다. ①의 1s는 이미 채워졌고, ④의 3s는 2p보다 에너지가 높아 산소의 바닥상태에서 8번째 전자가 들어갈 곳이 아니다. 그림은 어느 2p 상자에 짝을 만들지 하나로 지정하지 않았으므로, $m_l = 0$만 유일하게 가능하다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 14. 표는 원자 번호가 연속해서 증가하는 원소 A~D에 대한 자료이다. ㉮와 ㉯는 전자친화도와 제1차 이온화 에너지를 순서 없이 제시한 것이고, D의 전자친화도는 주기율표의 원소 중 가장 크다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?

원소	A	B	C	D
㉮ (kJ/mol)	134	72	200	349
㉯ (kJ/mol)	786	1,012	x	1,251

<보기>

ㄱ. A~D는 3주기 원소이다.

ㄴ. ㉮는 전자친화도이다.

ㄷ. $x < 1{,}012$

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

전자친화도가 가장 큰 D는 Cl이고, 연속한 원자 번호로부터 **A~C는 Si, P, S**이다. 표의 ㉮는 전자친화도이며, 반쯤 채워진 P의 $3p^3$ 배치 때문에 S의 제1차 이온화 에너지는 P보다 작다.

NoteBase

보기별 해설

전자친화도가 가장 큰 원소는 염소(Cl)이므로 D는 Cl이다. 원자 번호가 연속해서 증가한다는 조건에 따라 A, B, C는 각각 Si, P, S이다.

ㄱ. (O) Si, P, S, Cl의 원자 번호는 각각 14, 15, 16, 17이다. 모두 **3주기 원소**이므로 옳다.

ㄴ. (O) D의 전자친화도에 해당하는 값은 349 kJ/mol이므로 ㉮**가 전자친화도**이고 ㉯가 제1차 이온화 에너지이다. 여기서 전자친화도는 전자를 받을 때 방출되는 에너지의 크기로 나타낸 값이다.

ㄷ. (O) B(P)는 $3p^3$로 p 오비탈이 반쯤 채워져 있고, C(S)는 $3p^4$로 한 오비탈에 전자쌍이 있다. S에서는 그 전자쌍의 반발을 줄이며 전자를 떼기 쉬우므로 제1차 이온화 에너지가 P보다 작다. 따라서 $x < 1{,}012$이다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 ④가 맞다. 같은 주기에서 이온화 에너지가 대체로 증가하더라도 P와 S 사이에는 전자 배치에 따른 예외가 있다.

NoteBase

문 15. 화학종의 분자 모양을 원자가 껍질 전자쌍 반발(Valence Shell Electron Pair Repulsion) 이론에 기초하여 예측할 때 분자 모양이 나머지와 다른 것은?

① O_3

② N_2O

③ XeF_2

④ I_3^-

정답 1번

간단한 해설

O_3는 중심 원자의 비공유 전자쌍 때문에 굽은형이다. N_2O, XeF_2, I_3^-는 원자들이 일직선으로 놓인 선형이므로 O_3의 모양만 다르다.

선지별 해설

① O_3: 중심 O에는 결합 방향 2개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 전자 영역은 삼각 평면형으로 배치되지만 원자의 위치만 보면 **굽은형**이다.

② N_2O: N–N–O 골격에서 중심 N 주위의 결합 방향은 2개이다. 다중 결합도 하나의 전자 영역으로 세므로 두 영역이 반대 방향으로 놓여 **선형**이다.

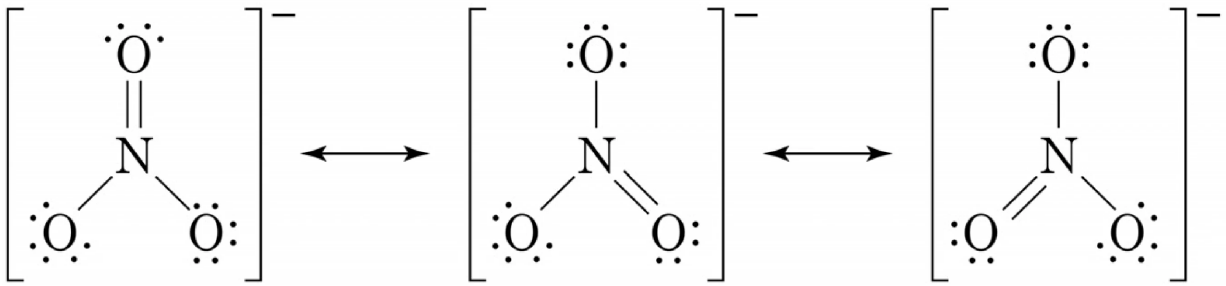
③ XeF_2: 중심 Xe에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있다. 전자 영역은 삼각쌍뿔형으로 배치되며, 비공유 전자쌍들이 적도 자리를 차지하고 두 F는 축 방향에 놓인다. 분자 모양은 **선형**이다.

④ I_3^-: 중심 I 주위에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있다. XeF_2와 같은 전자 영역 구성이므로 양쪽 I가 반대 방향에 놓인 **선형**이다.

O_3만 굽은형이고 나머지는 선형이므로 정답은 ① **O_3**이다. 전자 영역의 배치와 원자로 나타내는 분자 모양을 구분해야 한다.

NoteBase

문 16. 그림은 NO_3^-의 공명 혼성 구조를 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



I II III

<보기>

ㄱ. 공명 구조 I~III에서 N의 형식 전하는 +1로 모두 같다.

ㄴ. NO_3^-에서 N와 O 사이의 결합 길이는 모두 같다.

ㄷ. 공명 혼성 구조에 대한 기여도는 I = II > III이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

질산 이온의 세 공명식은 **대칭적으로 동등하여 같은 비중으로 기여**한다. 각 공명식에서 N의 형식전하는 +1이고, 실제 이온의 세 N-O 결합 길이는 같다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 세 공명식 모두 N은 비공유 전자가 없고 단일결합 2개와 이중결합 1개를 이룬다. N의 원자가 전자수는 5, 결합 전자수는 8이므로 형식전하는 $5 - 0 - \frac{8}{2} = +1$로 같다.

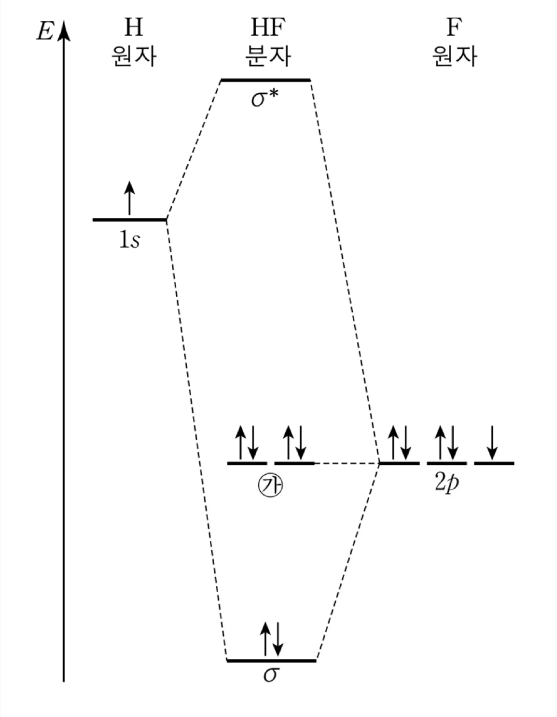
ㄴ. O: 실제 질산 이온은 어느 한 공명식으로 고정되어 있지 않고, 전자가 세 N-O 결합에 비편재화된 공명 혼성체이다. 세 결합은 동등하며 평균 결합 차수가 $\frac{2+1+1}{3} = \frac{4}{3}$이므로 결합 길이도 모두 같다.

ㄷ. X: I, II, III은 이중결합의 위치만 다르고 원자 배열과 형식전하의 배치가 대칭적으로 동등하다. 따라서 **세 공명식의 기여도는 I = II = III**이며 III만 작게 볼 근거가 없다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이므로 정답은 ②이다.

NoteBase

문 17. 그림은 HF 분자의 분자 오비탈 에너지 준위 도표의 일부이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. HF 분자의 결합 차수는 1이다.

ㄴ. ㉮는 반결합성 오비탈이다.

ㄷ. σ 오비탈을 채운 전자를 발견할 확률은 F에서가 H에서보다 크다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

결합성 σ에 전자 2개, 반결합성 σ*에 전자 0개가 있어 결합 차수는 1이다. σ 전자밀도는 전기음성도가 큰 F 쪽에 치우치며, ㉮는 **반결합성이 아니라 비결합성**이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 그림에서 결합성 σ 오비탈에는 전자 2개가 있고, 위쪽 반결합성 σ^* 오비탈은 비어 있다. 비결합성 전자는 결합 차수에 기여하지 않으므로 결합 차수=(2-0)/(2)=1이다.

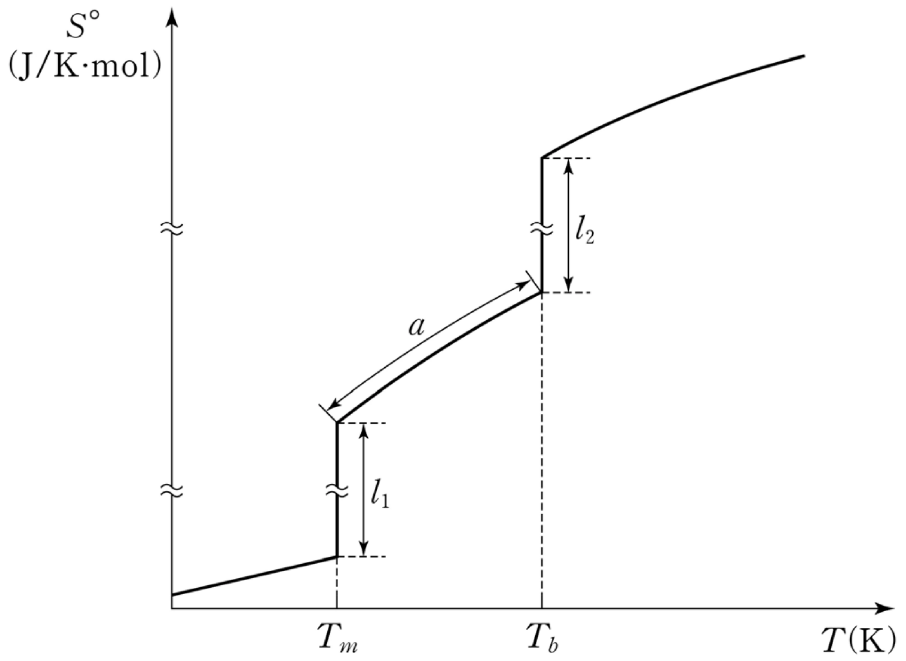
ㄴ. X: ㉮는 F의 2p 원자 오비탈과 같은 높이에 있고, 전자쌍이 들어 있는 두 오비탈이다. 이는 H의 1s와 효과적으로 겹치지 않아 결합에 기여하지 않는 **비결합성 오비탈**이다. 반결합성 오비탈은 그림 맨 위의 σ^*이다.

ㄷ. O: F는 H보다 전기음성도가 크고, 그림에서도 F의 2p 에너지 준위가 H의 1s보다 낮다. 결합성 σ 오비탈은 에너지가 낮은 F 원자 오비탈의 성격을 더 크게 가지므로, 결합 전자밀도가 **F 쪽에 더 치우친다**. 따라서 σ 전자를 발견할 확률은 F 쪽에서 더 크다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이며, ③과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림은 1 atm에서 물질 X의 몰 엔트로피(S°)를 온도에 따라 나타낸 것이다. T_m K과 T_b K은 각각 X의 정상 녹는점과 정상 끓는점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. a 구간에서 X는 액체이다.

ㄴ. $l_2 > l_1$

ㄷ. 0 K에서 X가 완벽한 결정을 이룬다면 0 K에서 X의 S°는 0이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

녹는점과 끓는점 사이인 a는 **액체 구간**이고, 기화에 따른 엔트로피 증가는 융해에 따른 증가보다 크다. 또 열역학 제3법칙에 따라 **0 K의 완전한 결정은 엔트로피가 0**이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. (O) a는 정상 녹는점 T_m보다 높고 정상 끓는점 T_b보다 낮은 온도 구간이다. 1 atm에서 고체가 녹은 뒤 아직 끓지 않은 상태이므로 X는 **액체**이다.

ㄴ. (O) l_1은 녹을 때의 몰 엔트로피 증가량, l_2는 기화할 때의 몰 엔트로피 증가량이다. 액체에서 기체로 변하면 입자들이 차지할 수 있는 공간과 가능한 배치가 크게 늘어나므로, 이 문제에서 비교하는 기화 엔트로피 변화가 융해 엔트로피 변화보다 커 $l_2 > l_1$이다.

ㄷ. (O) 열역학 제3법칙에 따르면 절대 영도에서 완전한 결정의 엔트로피는 **0**이다. 따라서 보기의 완벽한 결정이라는 조건 아래 0 K에서 X의 S°는 0이다.

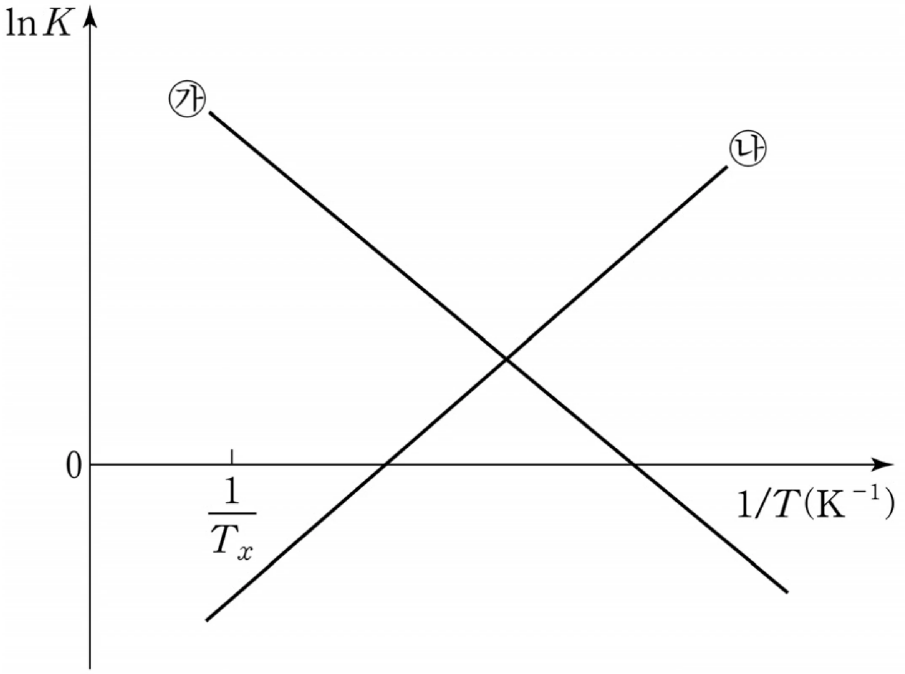
ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 ④가 맞다. l_1과 l_2는 온도 상승량이 아니라 상전이 순간의 엔트로피 변화량이며, 가역 상전이에서는 $\Delta S = \Delta H/T$로 표현한다.

NoteBase

문 19. 다음은 암모니아(NH_3) 합성 반응에 대한 화학 반응식이다.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

그림은 반응 ㉮와 ㉯의 평형 상수(K)를 온도(T)에 따라 나타낸 것이고, ㉮와 ㉯ 중 하나는 암모니아 합성 반응이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, 온도에 따른 ΔH와 ΔS의 변화는 무시한다.)



<보기>

ㄱ. 암모니아 합성 반응은 ㉮이다.

ㄴ. 암모니아 합성 반응은 발열 반응이다.

ㄷ. T_x K의 표준 상태에서 암모니아 합성 반응은 정반응이 우세하다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

그래프의 가로축은 온도 T가 아니라 **1/T**이다. 암모니아 합성에 해당하는 ㉯는 기울기가 양수이므로 **발열 반응**이다. T_x에서는 ㉯의 $\ln K < 0$이어서 표준 상태에서 역반응 방향이 유리하므로, ㄴ만 옳아 정답은 ②이다.

NoteBase

보기별 해설

그래프 해석 기준

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -RT\ln K$이므로

K=-(Δ H^)/(R)1T+(Δ S^)/(R)이다.

따라서 $\ln K$ 대 $1/T$ 그래프의 **기울기는** $-\Delta H^\circ/R$, 세로축 절편은 $\Delta S^\circ/R$이다.

ㄱ. 암모니아 합성 반응은 ㉮이다. (X)

암모니아 합성에서는 기체의 몰수가 $1 + 3 = 4$에서 2로 줄어들며, 이 반응의 엔트로피 변화는 음수이다. 따라서 세로축 절편이 음수인 ㉯에 해당한다. ㉮는 양의 절편과 음의 기울기를 가지므로 해당하지 않는다.

ㄴ. 암모니아 합성 반응은 발열 반응이다. (O)

㉯의 기울기가 양수이므로 $-\Delta H^\circ/R > 0$, 즉 $\Delta H^\circ < 0$이다. 따라서 열을 방출하는 발열 반응이다. 오른쪽으로 갈수록 1/T가 커져 온도는 낮아지므로, 온도가 낮아질수록 K가 커지는 그래프이다.

ㄷ. T_x K의 표준 상태에서 정반응이 우세하다. (X)

가로축의 $1/T_x$ 위치에서 ㉯는 0 아래에 있으므로 $\ln K < 0$, $K < 1$이다. 이에 따라 $\Delta G^\circ = -RT\ln K > 0$이다. 표준 상태에서는 반응 지수 $Q = 1$이므로 $Q > K$이며, 정반응이 아니라 **역반응 방향**으로 진행하는 것이 유리하다.

따라서 옳은 것은 **ㄴ만**이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 20. 온도 T에서 $A(g)$의 분해 반응은 1차 반응이고, $A(g)$의 반감기는 1.4 s이다. 온도 T에서 이 반응의 초기 속도가 2 M/s일 때, $A(g)$의 초기 농도[M]는? (단, $\ln 2$는 0.7이다.)

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 4번

간단한 해설

1차 반응의 **반감기로 속도 상수**를 구하면 $k = 0.7/1.4 = 0.5\ s^{-1}$이다. 초기 속도 2 M/s를 이 값으로 나누면 초기 농도는 4 M이다.

계산 과정

1차 반응에서는 속도식이 $v = k[A]$이고, 농도가 처음의 절반이 되는 시간은 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$이다. 반감기와 초기 속도가 같은 온도 T에서 주어졌으므로 같은 속도 상수 k를 사용한다.

주어진 반감기 1.4 s와 $\ln 2 = 0.7$을 대입하면 $k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.7}{1.4} = 0.5\ s^{-1}$이다. 1차 반응의 속도 상수 단위는 시간의 역수이다.

초기 속도는 $v_0 = k[A]_0$이므로 $[A]_0 = \frac{v_0}{k} = \frac{2}{0.5} = 4$ M이다. M/s를 s^{-1}로 나누어 농도 단위 M을 얻는다.

따라서 A의 초기 농도는 4 M이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 21. 다음은 $A(g)$와 $B(g)$가 반응하여 $C(g)$와 $D(g)$가 생성되는 반응의 화학 반응식과 T K에서 농도로 정의되는 평형 상수(K_c)이다.

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g) \qquad K_c = 4$

T K에서 5 L의 강철 용기에 $A(g)$ x mol과 $B(g)$ x mol을 넣고 반응시켜 도달한 평형에서, $C(g)$의 양은 1 mol이다. x는?

① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 3번

간단한 해설

C가 1 mol 생기면 A와 B는 각각 1 mol 줄어든다. 평형 상수 식은 $\frac{1}{(x-1)^2} = 4$이며 남은 몰수의 양의 조건을 적용하면 x = 1.5이다.

계산 과정

처음에는 A와 B만 각각 x mol 있다. 평형에서 C가 1 mol 생성되었으므로 계수비 1:1:1:1에 따라 D도 1 mol 생성되고, A와 B는 각각 1 mol씩 소모된다. 따라서 평형 몰수는 **A와 B가 각각 x−1, C와 D가 각각 1 mol**이다.

부피가 5 L이므로 평형 상수 식에 대입하면

$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{(1/5)(1/5)}{((x-1)/5)((x-1)/5)} = \frac{1}{(x-1)^2} = 4$

이다. 이 반응은 분자와 분모의 농도 차수가 같아 부피 항이 상쇄된다.

평형에서 남은 반응물의 양은 양수이므로 $x - 1 > 0$이다. 따라서

x-1=12⇒ x=1.5

를 얻는다.

초기 A와 B의 양은 각각 **1.5 mol**이며 정답은 ③이다. 음의 근을 선택하면 남은 A와 B의 몰수가 음수가 되므로 물리적으로 불가능하다.

NoteBase

문 22. 다음은 온도 T에서 $SO_3(g)$이 생성되는 반응의 열화학 반응식이다.

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) \quad \Delta H^\circ = -198\text{kJ}$

이 반응의 평형에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, K_c와 K_p는 각각 농도와 압력으로 정의되는 평형 상수이다.)

① K_c와 K_p는 같다.

② 온도가 높아지면 K_c는 작아진다.

③ 평형 상태에서 정촉매를 넣으면 생성물의 농도가 증가한다.

④ 평형 상태에서 용기 부피를 감소시켜 압력을 증가시키면 역반응이 우세하게 진행된다.

정답 2번

간단한 해설

ΔH°가 음수이므로 정반응은 **발열 반응**이다. 온도가 높아지면 흡열 방향인 역반응이 유리해져 정반응의 평형 상수가 감소한다.

선지별 해설

① X: 기체 몰수 변화는 $\Delta n = 2 - (2 + 1) = -1$이다. 이상 기체의 농도·압력 평형 상수 관계식 $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$에 따라 $K_p = K_c/(RT)$이므로 두 상수가 일반적으로 같다고 할 수 없다.

② O: 정반응의 엔탈피 변화가 음수이므로 발열 반응이다. 온도를 높이면 열을 흡수하는 역반응 쪽이 유리해져 생성물의 상대적 비중이 줄어들므로, **정반응의 평형 상수는 작아진다.**

③ X: 정촉매는 정반응과 역반응을 모두 빠르게 하여 평형에 도달하는 시간을 줄일 뿐, 같은 온도에서 평형 상수나 평형 조성을 바꾸지 않는다. 이미 평형인 상태에 촉매를 넣어도 생성물의 평형 농도는 증가하지 않는다.

④ X: 일정 온도에서 부피를 줄여 압력을 높이면 기체 몰수가 더 적은 쪽으로 평형이 이동한다. 반응물은 계수 합이 3이고 생성물은 2이므로, 역반응이 아니라 SO_3를 생성하는 정반응이 우세하게 진행된다.

NoteBase

문 23. NaOH 0.2 g을 녹여 만든 75 mL NaOH(*aq*)을 0.2 M HCl(*aq*)으로 적정할 때, 당량점에서 혼합 용액 속 Cl^-의 농도[M]는? (단, NaOH의 몰질량은 40 g/mol이다.)

① 0.025

② 0.05

③ 0.075

④ 0.1

정답 2번

간단한 해설

당량점까지 들어간 HCl은 NaOH와 같은 0.005 mol이며, Cl^-는 중화에서 소모되지 않는다. **혼합 후 전체 부피 0.100 L**를 기준으로 계산하면 Cl^- 농도는 0.05 M이다.

계산 과정

NaOH의 몰수는 $n = \frac{0.2}{40} = 0.005$ mol이다. NaOH와 HCl은 1:1로 중화되므로 당량점까지 들어간 HCl도 0.005 mol이다.

HCl의 농도가 0.2 M이므로 필요한 부피는 $V = \frac{0.005}{0.2} = 0.025$ L, 즉 25 mL이다. 혼합 후 부피를 합으로 보면 전체 부피는 75 + 25 = 100 mL = 0.100 L이다.

염화 이온은 HCl에서 나온 구경꾼 이온으로 **중화 반응에서 소모되지 않는다**. 따라서 당량점에서도 0.005 mol이 용액에 남는다. 이 양을 HCl만의 부피가 아니라 혼합 용액 전체 부피로 나누어 $[Cl^-] = \frac{0.005}{0.100} = 0.05$ M을 얻는다.

따라서 당량점에서 염화 이온의 농도는 0.05 M이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 24. 다음은 2가지 환원 반쪽 반응과 25 °C에서 표준 환원 전위(E^0)를 나타낸 것이다. 반응식의 화학종 중 가장 강한 산화제와 가장 강한 환원제를 옳게 짝지은 것은?

◯ $F_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-(aq)\ E^0 = 2.87\text{V}$
◯ $Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)\ E^0 = -2.71\text{V}$

① 산화제: $F_2(g)$, 환원제: $Na(s)$
② 산화제: $F^-(aq)$, 환원제: $Na^+(aq)$
③ 산화제: $Na(s)$, 환원제: $F_2(g)$
④ 산화제: $Na^+(aq)$, 환원제: $F^-(aq)$

정답 1번

간단한 해설

환원 전위가 더 큰 F_2는 **전자를 받기 쉬워 강한 산화제**이고, 환원 전위가 낮은 쌍의 환원형인 Na는 **전자를 내놓기 쉬워 강한 환원제**이다.

구성 요소별 해설

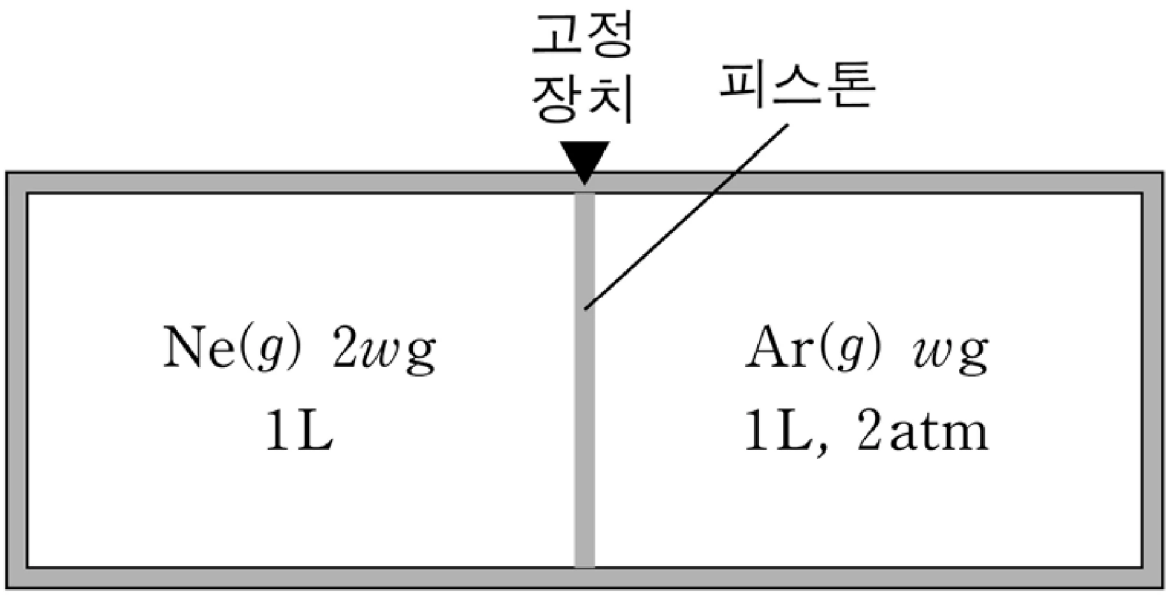
산화제: 산화제는 상대에게서 전자를 받아 자신은 환원되는 물질이다. 표준 환원 전위가 더 큰 반쪽 반응의 반응물일수록 환원되기 쉬우므로, +2.87 V인 F_2가 −2.71 V인 Na^+보다 강한 산화제이다. 따라서 **가장 강한 산화제는** $F_2(g)$이다.

환원제: 환원제는 상대에게 전자를 주고 자신은 산화되는 물질이다. 주어진 환원 반응을 뒤집으면 Na의 산화 전위는 +2.71 V, F^-의 산화 전위는 −2.87 V이므로 Na가 더 쉽게 산화된다. 따라서 **가장 강한 환원제는** $Na(s)$이다.

산화제 $F_2(g)$, 환원제 $Na(s)$의 조합인 ①이 맞다. 환원 전위가 크다는 것을 생성된 이온의 환원력이 크다는 뜻으로 해석하지 않고, 전자를 받는 반응물과 주는 반응물을 구별해야 한다.

NoteBase

문 25. 그림은 고정 장치와 피스톤으로 분리된 강철 용기에 Ne과 Ar이 들어 있는 상태를 나타낸 것이다. 고정 장치를 제거하고 충분한 시간이 흐른 후, Ne의 압력과 부피가 모두 옳은 것은? (단, 온도는 일정하고, Ne과 Ar의 원자량은 각각 20, 40이다. 피스톤의 마찰은 무시한다.)



① 압력[atm]: 2.5, 부피[L]: 1

② 압력[atm]: 2.5, 부피[L]: 1.6

③ 압력[atm]: 5, 부피[L]: 1

④ 압력[atm]: 5, 부피[L]: 1.6

정답 4번

간단한 해설

질량과 몰질량을 함께 고려하면 **Ne:Ar의 몰수비는 4:1**이다. 최종 압력이 같아질 때 부피비도 4:1이므로 Ne은 1.6 L를 차지하고 압력은 5 atm이 된다.

NoteBase

계산 과정

두 기체의 몰수비는 질량을 몰질량으로 나누어 구한다.
$n_{\mathrm{Ne}} : n_{\mathrm{Ar}} = \frac{2w}{20} : \frac{w}{40} = 4 : 1$
질량비 2:1을 그대로 몰수비로 쓰면 안 된다.

온도가 같고 초기 부피가 모두 1 L이므로 압력비도 4:1이다. Ar의 초기 압력이 2 atm이므로 **Ne의 초기 압력은 8 atm**이다.

고정 장치를 제거한 뒤 평형에서는 피스톤 양쪽 압력이 같아진다. 같은 온도와 압력에서 부피는 몰수에 비례하므로 최종 부피비도 4:1이다. 전체 부피가 2 L이므로
V_Ne=2×45=1.6 L
이다.

Ne의 몰수와 온도는 변하지 않으므로 보일 법칙을 적용한다.
$8 \times 1 = P_{\mathrm{Ne}} \times 1.6 \Rightarrow P_{\mathrm{Ne}} = 5\mathrm{atm}$

따라서 최종 Ne의 압력과 부피는 **5 atm, 1.6 L**이며 정답은 ④이다.

NoteBase

문 26. t°C에서 A(l)와 B(l)의 증기 압력은 각각 120 Torr, 80 Torr이다. t°C의 밀폐 용기에서 A(l)와 B(l)가 섞여 있는 용액이 증기와 평형을 이루었을 때, 액체상에서 A의 몰분율(χ_A)이 $\frac{2}{5}$이면 증기상에서 χ_A는? (단, 용액은 라울 법칙을 따른다.)

① $\frac{2}{5}$
② $\frac{1}{2}$
③ $\frac{3}{5}$
④ $\frac{2}{3}$

정답 2번

간단한 해설

라울 법칙으로 구한 A와 B의 분압은 각각 48 Torr로 같다. 따라서 **증기상에서 두 성분의 몰분율도 같아** A의 몰분율은 1/2이다.

계산 과정

액체상의 몰분율과 증기상의 몰분율을 구별한다. 액체상의 A 몰분율이 x_A=25이므로 B의 몰분율은 x_B=1-25=35이다.

라울 법칙에 따라 각 성분의 분압은 액체상의 몰분율에 순수한 성분의 증기 압력을 곱한다. 따라서 P_A=25×120=48 Torr이고, P_B=35×80=48 Torr이다.

전체 증기 압력은 48 + 48 = 96 Torr이다. 증기상에서 A의 몰분율은 **A의 분압을 전체 압력으로 나눈 값**이므로 y_A=(P_A)/(P_A+P_B)=(48)/(96)=12이다. 증기 압력이 더 큰 A는 액체상보다 증기상에서 더 큰 비율을 차지한다.

따라서 증기상에서 A의 몰분율은 1/2이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 27. 다음은 염기성 수용액에서 일어나는 산화-환원 반응의 균형 반응식이다. $a + b + c$는?

$$Br^- + aMnO_4^- + bH_2O \rightarrow BrO_3^- + aMnO_2 + cOH^-$$

① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 1번

간단한 해설

Br은 전자 6개를 잃고 Mn은 하나당 전자 3개를 얻으므로 **과망가니즈산 이온의 계수 a는 2**이다. 전하와 수소 원자수를 맞추면 b = 1, c = 2가 되어 계수의 합은 5이다.

계산 과정

① 전자수로 a 결정: Br의 산화수는 Br^-에서 -1, BrO_3^-에서 +5이므로 Br 1개가 전자 6개를 잃는다. Mn은 MnO_4^-에서 +7, MnO_2에서 +4로 변하여 1개당 전자 3개를 얻으므로 a = 2이다.

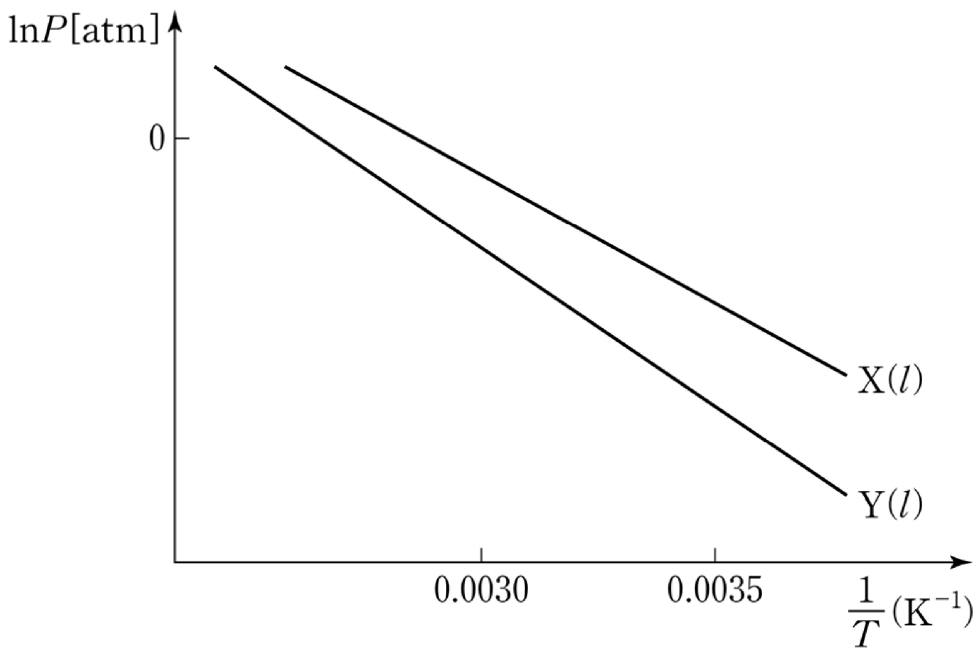
② 전하와 수소수 맞추기: 반응물의 전체 전하는 $-1 - 2 = -3$, 생성물은 $-1 - c$이므로 c = 2이다. 수소 원자수는 $2b = c$이므로 b = 1이다.

③ 산소수 검산: 왼쪽 산소수는 $4a + b = 8 + 1 = 9$, 오른쪽은 $3 + 2a + c = 3 + 4 + 2 = 9$로 일치한다. 균형 반응식은 $Br^- + 2MnO_4^- + H_2O \rightarrow BrO_3^- + 2MnO_2 + 2OH^-$이다.

④ 계수 합: a + b + c = 2 + 1 + 2 = 5이므로 정답은 ①이다.

NoteBase

문 28. 그림은 $X(l)$와 $Y(l)$의 증기 압력(P)을 온도(T)에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. 정상 끓는점은 X가 Y보다 높다.

ㄴ. 300 K에서 분자 간 인력은 $Y(l)$가 $X(l)$보다 크다.

ㄷ. 증발 엔탈피(Δ H_증발)는 X가 Y보다 크다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

그래프의 가로축은 **1/T**, 세로축은 **ln P**이다. X는 1 atm에 더 낮은 온도에서 도달하고, Y는 같은 온도에서 증기 압력이 더 낮으며 기울기 절댓값이 더 크다. 따라서 정상 끓는점과 증발 엔탈피는 Y가 더 크고, ㄴ만 옳으므로 정답은 ②이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. X: 정상 끓는점은 X가 Y보다 높다.
정상 끓는점은 증기 압력이 **1 atm**인 온도이다. 그림에서는 $\ln P = \ln 1 = 0$인 높이에서 비교한다. X의 교점이 Y보다 오른쪽이므로 $1/T_{b,X} > 1/T_{b,Y}$이다. 역수를 취하면 $T_{b,X} < T_{b,Y}$이므로 X의 정상 끓는점이 더 낮다.

ㄴ. O: 300 K에서 분자 간 인력은 Y(l)가 X(l)보다 크다.
300 K는 가로축에서 $1/300 \approx 0.00333\,\mathrm{K^{-1}}$인 위치이다. 이 위치에서 X의 직선이 Y보다 위에 있으므로 $P_X > P_Y$이다. 같은 온도에서 Y가 기체로 빠져나가기 더 어려운 액체이며, 더 큰 증발 엔탈피와도 일치하므로 분자 간 인력은 **Y가 더 크다**고 판단한다.

ㄷ. X: 증발 엔탈피는 X가 Y보다 크다.
클라우지우스·클라페이롱 관계를 사용하면
P=-Δ H_vapR1T+C이다.
따라서 직선의 기울기 절댓값은 $\Delta H_{\mathrm{vap}}/R$이다. 그림에서 Y의 직선이 더 가파르므로 $\Delta H_{\mathrm{vap},Y} > \Delta H_{\mathrm{vap},X}$이다.

옳은 것은 **ㄴ만**이므로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 29. 착이온 $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$과 $[PtCl_6]^{2-}$에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, Pt은 6주기 10족 원소이다.)

<보기>

ㄱ. Pt의 산화수는 $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$이 $[PtCl_6]^{2-}$보다 크다.

ㄴ. 홀전자 개수는 $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$과 $[PtCl_6]^{2-}$이 같다.

ㄷ. Pt $5d_{x^2-y^2}$ 오비탈을 채운 전자의 개수는 $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$과 $[PtCl_6]^{2-}$이 같다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

두 착이온은 모두 전자가 짝지어진 저스핀 배치로 홀전자가 0개이다. 정사각평면형과 저스핀 팔면체형에서 높은 에너지의 **x^2-y^2 방향 d 오비탈은 모두 비어 있다**.

보기별 해설

ㄱ. X: 암모니아는 중성 리간드이므로 $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$에서 Pt의 산화수는 +2이다. $[PtCl_6]^{2-}$에서는 각 Cl의 전하가 −1이므로 $x-6=-2$에서 Pt는 +4이다. 따라서 암모니아 착이온의 Pt 산화수가 염화물 착이온보다 **크지 않고 작다**.

ㄴ. O: Pt(II)는 $5d^8$ 전자배치를 가지며, 네 암모니아가 배위한 착이온은 정사각평면형이다. 낮은 네 d 오비탈에 전자가 모두 짝지어 들어가 홀전자는 0개이다. Pt(IV)는 $5d^6$이고 여섯 Cl이 배위한 착이온은 저스핀 팔면체형으로 $t_{2g}^6e_g^0$ 배치를 가져 홀전자도 0개이다. 5d 금속의 큰 오비탈 분열을 고려해야 하므로 Cl^-라는 이유만으로 고스핀이라 판단하지 않는다.

ㄷ. O: 정사각평면형에서는 리간드 방향을 향하는 $d_{x^2-y^2}$가 가장 높은 에너지의 d 오비탈이어서 d^8 전자들이 낮은 네 오비탈을 채운 뒤에도 비어 있다. 저스핀 팔면체 d^6에서도 $d_{x^2-y^2}$가 속한 높은 e_g 준위는 비어 있다. 따라서 해당 오비탈의 전자 수는 **두 착이온 모두 0개**이다.

따라서 옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 30. 표는 4가지 착이온 ㉮~㉲에 대한 자료이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, en은 에틸렌다이아민이다.)

착이온	화학식	입체이성질체 개수
㉮	$[CoCl_6]^{3-}$	1
㉯	$[Co(en)Cl_4]^{-}$	a
㉰	$[Co(en)_2Cl_2]^{+}$	b
㉲	$[Co(en)_3]^{3+}$	2

① a는 2이다.

② b는 3이다.

③ ㉯~㉲ 중 광학 이성질체를 갖는 것은 2개이다.

④ 결정장 갈라짐 에너지는 ㉲가 ㉮보다 크다.

정답 1번

간단한 해설

㉯의 en은 인접한 두 배위 자리에 결합하고 나머지를 같은 Cl^-가 채우므로 입체이성질체는 **1개**뿐이다. 따라서 a가 2라는 설명은 옳지 않다.

선지별 해설

① (X) en은 두 배위 자리를 차지하는 두 자리 리간드이다. ㉯에서는 en이 인접한 두 자리에 결합하고 나머지 네 자리는 모두 Cl^-가 차지하므로, 다른 배치를 구별할 수 없다. 광학 이성질체도 없어 **a는 1**이다.

② (O) ㉰는 두 Cl^-의 상대 위치에 따라 cis형과 trans형으로 나뉜다. cis형에는 서로 겹쳐지지 않는 거울상 한 쌍이 있고 trans형에는 광학 이성질체가 없으므로, 입체이성질체는 총 3개로 **b=3**이다.

③ (O) 광학 이성질체를 갖는 착이온은 ㉰와 ㉲이다. ㉰의 cis형과 ㉲의 세 en이 감긴 배치에서 각각 거울상 한 쌍이 생기며, ㉯에는 생기지 않는다. 따라서 해당 착이온은 2개이다.

④ (O) ㉮와 ㉲의 중심 금속은 모두 Co(III)이며 배위수는 6이다. **en은 Cl^-보다 강한 장 리간드**이므로, en으로 둘러싸인 ㉲의 결정장 갈라짐 에너지가 ㉮보다 크다.

NoteBase

문 31. 수소 원자(H)의 $2p_z$ 오비탈과 헬륨 이온(He^+)의 $2p_z$ 오비탈에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. $2p_z$ 오비탈의 에너지는 H와 He^+이 같다.

ㄴ. $2p_z$ 오비탈을 채운 전자와 핵 사이의 평균 거리는 H에서 He^+에서보다 길다.

ㄷ. $2p_z$ 오비탈을 채운 전자를 xy 평면에서 발견할 확률은 H에서와 He^+에서가 0으로 같다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

H와 He^+는 전자수가 같아도 **핵전하가 달라 에너지와 오비탈 크기가 다르다.** 다만 $2p_z$ 오비탈의 마디면은 둘 다 xy 평면으로 같다.

보기별 해설

ㄱ. X: H와 He^+는 모두 전자가 하나인 수소 유사 종이지만 핵전하가 다르다. 오비탈 에너지는 $E_n \propto -\frac{Z^2}{n^2}$이므로 같은 n = 2에서 Z = 2인 He^+의 에너지가 Z = 1인 H보다 더 낮다. 에너지의 절댓값은 4배이다.

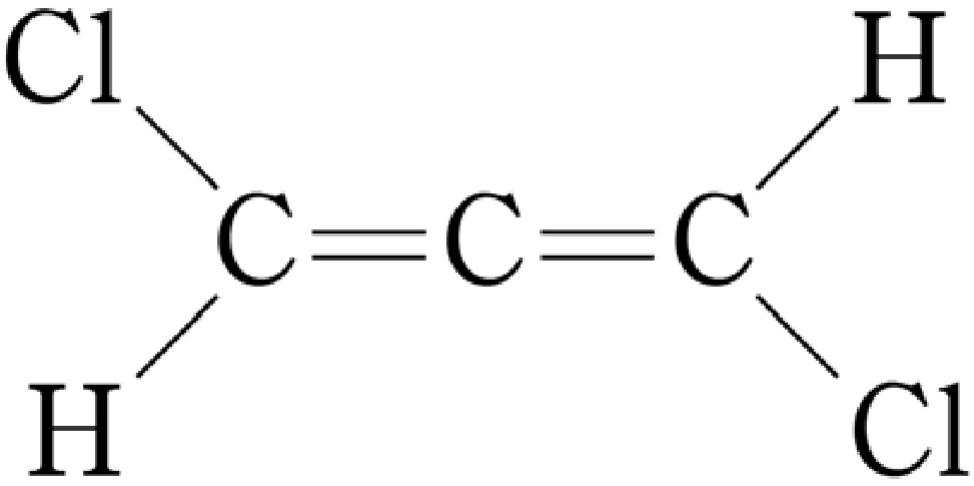
ㄴ. O: 같은 종류의 수소 유사 오비탈에서 전자와 핵 사이의 평균 거리는 핵전하 Z에 반비례한다. 핵의 인력이 더 강한 He^+에서는 오비탈이 더 수축하므로, 평균 거리는 H에서 더 길다.

ㄷ. O: $2p_z$ 오비탈은 z축 방향으로 두 로브가 뻗어 있고, **xy 평면이 각도 마디면**이다. 핵전하가 달라도 이 각도 형태는 같으므로 두 종 모두 xy 평면에서 파동함수와 전자 발견 확률밀도가 0이다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이므로 정답은 ④이다.

NoteBase

문 32. 다음은 $C_3H_2Cl_2$ 분자의 구조식이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. σ결합 개수는 π결합 개수의 3배이다.

ㄴ. 탄소(C)의 혼성 오비탈 종류는 모두 같다.

ㄷ. 영구적인 쌍극자 모멘트를 갖는다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

분자는 **C=C=C의 알렌 골격**을 가진다. σ결합은 6개, π결합은 2개이고, 가운데 탄소는 sp, 양 끝 탄소는 sp^2 혼성이다. 실제 입체 구조에서 양 끝 치환기 평면이 서로 수직이라 결합 쌍극자가 완전히 상쇄되지 않는다. 따라서 ㄱ, ㄷ이 옳아 정답은 ③이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. σ결합 개수는 π결합 개수의 3배이다. (O)
각 C=C 이중결합은 σ결합 1개와 π결합 1개로 이루어진다. C=C가 2개이므로 σ결합 2개와 π결합 2개가 있다. 여기에 C–H 단일결합 2개, C–Cl 단일결합 2개가 모두 σ결합으로 더해진다.
따라서 **σ결합은 6개, π결합은 2개**로, σ결합 수가 3배이다.

ㄴ. 탄소의 혼성 오비탈 종류는 모두 같다. (X)
가운데 탄소는 양쪽 탄소와 σ결합을 하나씩 만드는 **sp 혼성**이며, C–C–C 골격은 직선형이다. 혼성되지 않은 두 p 오비탈은 서로 수직으로 놓여 각각 π결합을 만든다.
양 끝 탄소는 각각 이웃 탄소, H, Cl와 σ결합을 만드는 **sp^2 혼성**이다. 따라서 가운데 탄소와 양 끝 탄소의 혼성 종류가 다르다.

ㄷ. 영구적인 쌍극자 모멘트를 갖는다. (O)
두 π결합을 만드는 가운데 탄소의 p 오비탈이 서로 수직이므로, **양 끝 탄소에 붙은 H와 Cl의 평면도 서로 수직**이다. 종이에 그려진 구조식을 분자 전체가 같은 평면에 놓인 것으로 해석하면 안 된다.
각 끝의 H와 Cl는 서로 다른 치환기이고 C–Cl 결합은 극성을 갖는다. 양 끝의 결합 쌍극자들이 입체 공간에서 서로 반대 방향으로 완전히 상쇄되지 않으므로 **분자 전체의 쌍극자 모멘트는 0이 아니다**.

옳은 것은 **ㄱ, ㄷ**이므로 ③이다.

NoteBase

문 33. 다음은 25 °C, 1 atm에서 3가지 열화학 반응식과, 이와 관련된 2가지 결합 엔탈피에 대한 자료이다.

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \quad \Delta H = a\text{kJ}$

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad \Delta H = b\text{kJ}$

$H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(g) \quad \Delta H = c\text{kJ}$

이 자료로부터 구한 x는?

결합	$O-O$	$O=O$
결합 엔탈피(kJ/mol)	d	x

① $-2a - b + 2c + 2d$

② $-2a - b + c + 2d$

③ $-a - b + 2c + 2d$

④ $-a - b + c + 2d$

정답 1번

간단한 해설

먼저 액체 물 2 mol의 기화에 필요한 **2a를 더해 기체 물 기준**으로 맞춘다. 과산화수소 분해 반응의 엔탈피 $b + 2a - 2c$를 결합 변화 $2d - x$와 같게 놓으면 $x = -2a - b + 2c + 2d$이다.

NoteBase

계산 과정

결합 엔탈피는 기체 상태의 결합에 적용하므로 물의 생성 반응을 **수증기 생성 반응**으로 바꾼다. 액체 물 2 mol을 기화시키는 데 2a가 필요하므로

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O(g), \quad \Delta H = b + 2a$

이다.

과산화수소 생성 반응을 2배한 뒤 거꾸로 더하면

$2H_2O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + O_2(g)$

을 얻는다. 헤스의 법칙에 따라 이 반응의 엔탈피 변화는 $b + 2a - 2c$이다.

H_2O_2의 구조는 H–O–O–H이다. 반응 전후 O–H 결합은 각각 4개로 같아 주어진 결합 엔탈피 계산에서 상쇄된다. O–O 단일결합 2개를 끊고 O=O 이중결합 1개를 만들므로

$\Delta H = 2d - x$

이다.

두 식을 같게 놓으면

$b + 2a - 2c = 2d - x$

$x = -2a - b + 2c + 2d$

이다. 따라서 정답은 ①이다.

NoteBase

문 34. 부피가 일정한 통열량계에서 포도당($C_6H_{12}O_6(s)$) 1 mol을 과량의 산소($O_2(g)$)로 완전히 연소시켜 발생한 열이 500 K에서 2,500 kJ로 측정되었다. 500 K에서 이 반응의 ΔH [kJ]는? (단, 포도당의 연소 생성물은 $CO_2(g)$와 $H_2O(g)$이고, 기체 상수는 8.3 J/mol·K이다.)

① −2,524.9

② −2,475.1

③ 22,400.0

④ 27,400.0

정답 2번

간단한 해설

일정 부피에서 방출한 열은 ΔU = −2,500 kJ이다. 생성물의 물이 기체이므로 **기체 몰수는 6 mol 증가**하며, 24.9 kJ를 보정하면 ΔH는 −2,475.1 kJ이다.

계산 과정

부피가 일정하고 압력·부피 일 외의 일이 없으면 측정한 반응열은 내부 에너지 변화이다. 반응이 2,500 kJ의 열을 방출하므로 반응계에서는 **ΔU = −2,500 kJ**이다. 발생한 열의 양이 양수로 제시되었다고 반응계의 ΔU를 양수로 두지 않는다.

포도당 1 mol의 완전 연소식은 $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g)$이다. 기체 몰수 변화는 12 − 6 = +6 mol이다. 물은 문제 조건대로 기체로 세며, 고체 포도당은 기체 몰수에 포함하지 않는다.

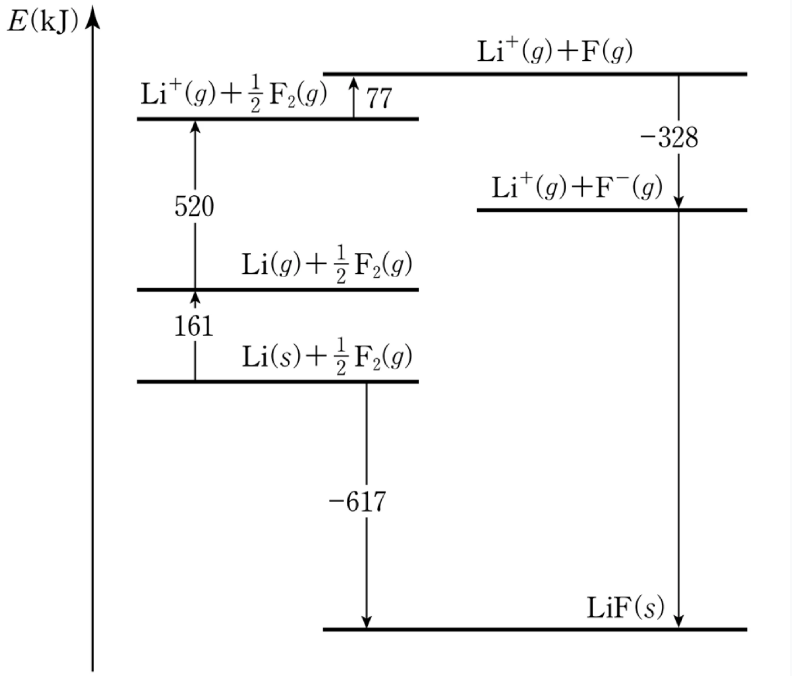
이상 기체 근사에서 $\Delta H = \Delta U + \Delta n_g RT$를 적용한다. 기체 몰수 보정항은 $6 \times 8.3 \times 500 = 24{,}900$ J = 24.9 kJ이다. 과량으로 남는 산소는 반응 전후 공통으로 존재하므로 몰수 변화에서 상쇄된다.

따라서 $\Delta H = -2{,}500 + 24.9 = -2{,}475.1$ kJ이다. 기체 몰수가 증가하므로 ΔH는 ΔU보다 24.9 kJ 크지만 여전히 음수이다.

따라서 500 K에서 반응의 ΔH는 −2,475.1 kJ이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 35. 그림은 리튬(Li)과 플루오린(F_2)으로부터 LiF 1 mol이 생성되는 과정의 에너지 변화를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. LiF의 격자 에너지는 −1,047 kJ/mol이다.

ㄴ. F–F 결합의 해리 에너지는 77 kJ/mol이다.

ㄷ. Li의 제1차 이온화 에너지는 681 kJ/mol이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

헤스 법칙으로 구한 LiF의 격자 형성 에너지는 **−1,047 kJ/mol**이다. F–F 결합의 해리 에너지는 154 kJ/mol, Li의 제1차 이온화 에너지는 520 kJ/mol이므로 ㄱ만 옳다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. (O) 이 문제의 격자 에너지는 기체 이온으로 고체 LiF를 만드는 방향의 에너지 변화이다. 이를 U라 하면 헤스 법칙에 따라 $-617 = 161 + 520 + 77 - 328 + U$이므로, **U=−1,047 kJ/mol**이다.

ㄴ. (X) 그림의 77 kJ는 F_2 0.5 mol을 F 원자 1 mol로 만드는 데 필요한 에너지이다. F–F 결합의 해리 에너지는 F_2 1 mol을 원자로 분리하는 값이므로 **154 kJ/mol**이다.

ㄷ. (X) 제1차 이온화 에너지는 기체 Li 원자에서 전자 하나를 떼어 $Li^+(g)$를 만드는 데 필요한 에너지로, 그림에서 **520 kJ/mol**이다. 681 kJ/mol은 승화 에너지 161 kJ/mol까지 더한 값이므로 이온화 에너지와 다르다.

따라서 옳은 것은 ㄱ뿐이다.

NoteBase

문 37. 표는 온도 T의 강철 용기에서 A가 분해될 때, 반응 시간에 따른 A의 농도를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은?

반응 시간	0	t	$3t$	$7t$
A 농도(M)	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{8}$

<보기>

ㄱ. 반응 속도는 $[A]^2$에 비례한다.

ㄴ. 평균 반응 속도는 $0 \sim t$ 동안이 $t \sim 3t$ 동안의 2배이다.

ㄷ. A의 농도가 $\frac{a}{16}$ M일 때의 반응 시간은 $15t$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

농도가 절반으로 줄 때마다 **반감기가 t, 2t, 4t로 증가**하므로 2차 반응이다. 평균 속도는 농도 감소량뿐 아니라 구간 시간도 나누어야 하며, a/16까지 걸리는 총시간은 15t이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 농도가 절반이 되는 데 걸리는 시간이 차례로 t, 2t, 4t로 두 배씩 늘어난다. 이는 **반감기가 시작 농도에 반비례하는 2차 반응**의 특징이다. 2차 반응식 $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{a} = k\tau$에서 시간 τ가 t, 3t, 7t일 때 왼쪽 값도 각각 1/a, 3/a, 7/a가 되어 표와 일치한다.

ㄴ. X: $0 \sim t$ 동안 평균 농도 감소 속도는 $\frac{a - a/2}{t} = \frac{a}{2t}$이다. $t \sim 3t$ 동안에는 $\frac{a/2 - a/4}{2t} = \frac{a}{8t}$이므로 앞 구간이 뒤 구간의 4배이지 2배가 아니다.

ㄷ. O: $[A] = a/16$이면 $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{a} = \frac{15}{a}$이다. 처음 t 동안의 값은 $1/a = kt$이므로 필요한 총시간은 15t이다. 반감기를 더해도 $t + 2t + 4t + 8t = 15t$이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이므로 정답은 ③이다.

NoteBase

문 38. 다음은 25 °C에서 이양성자 산 H_2A의 단계적 이온화 반응식과 이온화 상수(K_{a1}, K_{a2})를 나타낸 것이다.

$H_2A(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HA^-(aq) \quad K_{a1} = 1 \times 10^{-4}$

$HA^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^{2-}(aq) \quad K_{a2} = 1 \times 10^{-8}$

25 °C에서 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, 25 °C에서 물의 이온화곱 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

<보기>

ㄱ. 1M $H_2A(aq)$의 pH는 3.0이다.

ㄴ. 1M $NaHA(aq)$의 pH는 7.0보다 작다.

ㄷ. $[HA^-] = 0.1M$, $[A^{2-}] = 0.01M$인 혼합 용액의 pH는 7.0이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

1 M H_2A의 pH는 1차 이온화로부터 약 2.0이다. HA^-는 산·염기로 모두 작용하지만 산으로 작용하는 정도가 더 커 NaHA 수용액은 산성이고, HA^-/A^{2-} 혼합 용액은 2차 이온화 상수로 계산하면 pH 7.0이다. 따라서 **ㄴ, ㄷ**이 옳아 정답은 ④이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. X:
$K_{a1}=10^{-4}$가 $K_{a2}=10^{-8}$보다 훨씬 크므로 H^+는 주로 1차 이온화에서 생긴다. 약산 근사를 적용하면 $[H^+]\approx\sqrt{K_{a1}C}=\sqrt{10^{-4}\times 1}=10^{-2}$M이다.
이온화율은 약 1%로 작으므로 이 근사를 사용할 수 있다. 따라서 **pH는 약 2.0**이며 3.0이 아니다.

ㄴ. O:
NaHA에서 생기는 HA^-는 H^+를 내놓는 산이면서 H^+를 받아들이는 염기인 **양쪽성 이온**이다.
산으로 작용할 때는 $K_a=K_{a2}=10^{-8}$, 염기로 작용할 때는 $K_b=K_w/K_{a1}=10^{-14}/10^{-4}=10^{-10}$이다.
$K_a>K_b$이므로 산성이며 pH는 7.0보다 작다.
양쪽성 이온 수용액의 근사식으로도 pH≈12(pK_a1+pK_a2)=(4+8)/(2)=6.0임을 확인할 수 있다.

ㄷ. O:
HA^-와 A^{2-}는 **2차 이온화**의 산·짝염기 쌍이므로 K_{a2}를 사용한다.
$K_{a2}=\frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]}$
$[H^+]=10^{-8}\times\frac{0.1}{0.01}=10^{-7}$M
따라서 **pH=7.0**이다. 이 계산에 1차 이온화 상수 K_{a1}를 사용하지 않는다.

옳은 것은 **ㄴ, ㄷ**이므로 ④이다.

NoteBase

문 39. 다음은 2가지 환원 반쪽 반응과 온도 T에서 표준 환원 전위(E^0)를 나타낸 것이다.

◯ $A^+(aq) + e^- \rightleftharpoons A(s)$, $E_A^0 = 0.79V$

◯ $B^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons B(s)$, $E_B^0 = 0.49V$

온도 T에서 $[A^+] = 0.02M$인 수용액에 B(s)를 넣은 후, 반응이 진행하여 도달한 평형 상태에서 $\frac{[B^{2+}]}{[A^+]}$는? (단, R과 F는 각각 기체 상수, 패러데이 상수이고, $\frac{RT}{F}\ln 10 = 0.06V$이다.)

① 10

② 10^2

③ 10^3

④ 10^4

정답 4번

간단한 해설

전지 전위 0.30 V와 전자 수 2로부터 **평형 상수는 10^{10}**이다. A^+가 거의 소모되어 B^{2+}는 약 0.01 M, 남은 A^+는 약 10^{-6} M이므로 요구한 농도비는 약 10^4이다.

NoteBase

계산 과정

A^+의 표준 환원 전위가 더 크므로 A^+가 환원되고 B가 산화된다. 전체 반응은

$2A^+(aq) + B(s) \rightleftharpoons 2A(s) + B^{2+}(aq)$

이며, **이동 전자 수는 2**, 표준 전지 전위는 $0.79 - 0.49 = 0.30\text{V}$이다.

평형에서 전지 전위가 0이므로 네른스트 식으로부터

$0 = 0.30 - \frac{0.06}{2}\log K$

이다. 따라서 $\log K = 10$, 즉 $K = 10^{10}$이다.

고체의 활동도를 제외하면

$K = \frac{[B^{2+}]}{[A^+]^2}$

이다. 평형의 A^+ 농도를 y라고 하면 반응 계수에 의해 $[B^{2+}] = (0.02 - y)/2$이다.

K가 매우 커서 A^+ 대부분이 반응하므로 $[B^{2+}] \approx 0.010\text{M}$로 둘 수 있다. 따라서

$10^{10} \approx \frac{0.010}{y^2} \Rightarrow y \approx 10^{-6}\text{M}$

이다. 이 값은 초기 0.02 M보다 매우 작아 근사와 일치한다.

요구한 비는 평형 상수 자체가 아니라

$\frac{[B^{2+}]}{[A^+]} \approx \frac{10^{-2}}{10^{-6}} = 10^4$

이다. 따라서 정답은 ④이다.

NoteBase

문 40. 다음은 난용성 염 MX_2, MY, M_3Z_2의 용해 평형식과 온도 T에서의 용해도곱 상수(K_{sp})이다. 온도 T에서 염의 몰 용해도가 큰 순서대로 옳게 나열한 것은?

○ $MX_2(s) \rightleftharpoons M^{2+}(aq) + 2X^-(aq) \quad K_{sp} = 1 \times 10^{-30}$
○ $MY(s) \rightleftharpoons M^{2+}(aq) + Y^{2-}(aq) \quad K_{sp} = 1 \times 10^{-30}$
○ $M_3Z_2(s) \rightleftharpoons 3M^{2+}(aq) + 2Z^{3-}(aq) \quad K_{sp} = 1 \times 10^{-30}$

① $MX_2 > MY > M_3Z_2$
② $MY > MX_2 > M_3Z_2$
③ $M_3Z_2 > MX_2 > MY$
④ $M_3Z_2 > MY > MX_2$

정답 3번

간단한 해설

용해도곱이 같아도 **용해 시 생기는 이온의 계수와 농도 지수**가 다르므로 몰 용해도는 같지 않다. 각 염의 용해도곱을 s로 나타내면 각각 $4s^3$, s^2, $108s^5$이며, 계산 결과 $M_3Z_2 > MX_2 > MY$이다.

계산 과정

① MX_2: 몰 용해도를 s라 하면 $[M^{2+}] = s$, $[X^-] = 2s$이다. 따라서 $K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3$이며, $s = \left(\frac{10^{-30}}{4}\right)^{1/3} \approx 6.3 \times 10^{-11}$ mol/L이다.

② MY: 두 이온의 농도가 각각 s이므로 $K_{sp} = s^2$이다. 따라서 $s = \sqrt{10^{-30}} = 1.0 \times 10^{-15}$ mol/L이다.

③ M_3Z_2: 이온 농도는 각각 3s와 2s이므로 $K_{sp} = (3s)^3(2s)^2 = 108s^5$이다. 따라서 $s = \left(\frac{10^{-30}}{108}\right)^{1/5} \approx 3.9 \times 10^{-7}$ mol/L이다.

④ 크기 비교: $3.9 \times 10^{-7} > 6.3 \times 10^{-11} > 1.0 \times 10^{-15}$이므로 몰 용해도는 $M_3Z_2 > MX_2 > MY$ 순이다. 따라서 정답은 ③이다.

NoteBase