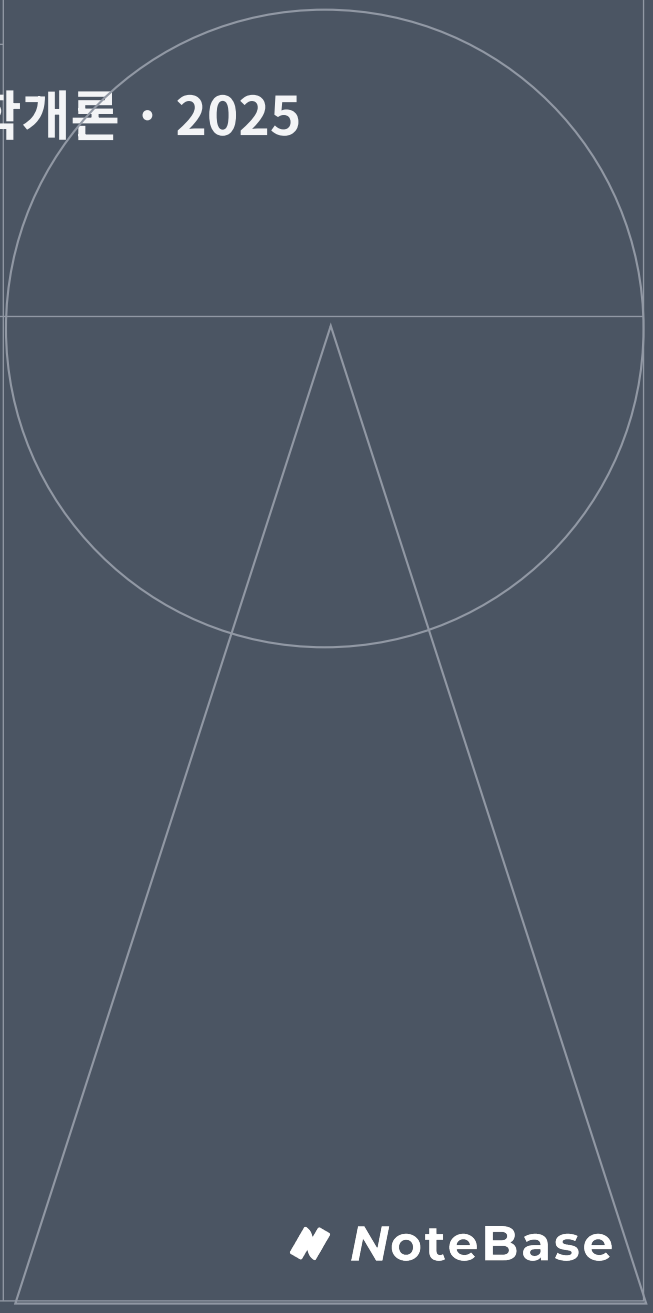
기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2025

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2025

문 1. 액체 질소는 액화 공기에서 얻어지며, 냉동 물품 보관이나 저온 실험에 이용된다. 77K 액체 질소의 밀도 0.8 g/cm^{3}를 [μg/m^3] 단위로 바르게 나타낸 것은?

① 8×10^{-11}

② 8×10^{-8}

③ 8×10^{8}

④ 8×10^{11}

정답 4번

간단한 해설

질량 단위와 부피 단위를 모두 환산해야 한다. 1 g=10^6 μ g, 1 $cm^3 = 10^{-6}$ m^3이므로 밀도의 수치는 10^{12} 배가 되어 8×10^11 μ g/m^3이다.

계산 과정

① 질량 단위 환산: 마이크로는 10^{-6}을 뜻하므로 1 g=10^6 μ g이다.

② 부피 단위 환산: 1 cm=10^-2 m이므로 세제곱하면 1 $cm^3 = 10^{-6}$ m^3이다. 길이의 환산 비율을 그대로 쓰지 않고 세제곱해야 한다.

③ 밀도 단위 환산: 0.8 gcm^3=0.8×10^6 μ g10^-6 m^3=0.8×10^12=8×10^11 μ g/m^3이다. 따라서 정답은 ④이다.

NoteBase

문 2. 다음 표는 3가지 원자 또는 이온에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 양성자 수, 중성자 수 중 하나이다. $a+b+c$는? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이다.)

원자 또는 이온	전자 수	㉠	㉡
X^+	a	$2a$	c
Y	b	5	4
Z^-	10	10	$3c$

① 9

② 10

③ 11

④ 12

정답 1번

간단한 해설

Z^-는 전자 10개에 양성자 9개이므로 **㉡이 양성자 수**이고 3c = 9이다. 이어 X^+와 중성 Y의 전자 수를 구하면 a = 2, b = 4, c = 3으로 합은 9이다.

계산 과정

전하 = 양성자 수 − 전자 수이다. 중성 원자는 두 수가 같고, 1가 양이온은 전자가 양성자보다 1개 적으며, 1가 음이온은 전자가 1개 많다.

Z^-의 전자 수는 10이므로 양성자 수는 9이다. ㉠의 값은 10으로 양성자 수가 될 수 없으므로 **㉠은 중성자 수, ㉡은 양성자 수**이다. 따라서 $3c = 9$, 즉 $c = 3$이다.

X^+의 양성자 수는 ㉡의 값인 c = 3이고, 전자 수는 a이다. 1가 양이온이므로 $3 - a = 1$에서 **a = 2**이다.

Y는 전하 표시가 없는 중성 원자이다. 양성자 수가 ㉡의 값인 4이므로 전자 수 b도 **4**이다.

따라서 $a+b+c = 2+4+3 = 9$이므로 정답은 **① 9**이다. ㉠의 중성자 수는 전하 계산에 더하지 않는다.

NoteBase

문 3. <보기>에서 분자 간 힘을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 수소 결합
ㄴ. 런던 분산력
ㄷ. 배위 결합
ㄹ. 원자가 결합
ㅁ. 쌍극자-쌍극자 인력

① ㄱ, ㄴ, ㄹ
② ㄱ, ㄴ, ㅁ
③ ㄱ, ㄷ, ㅁ
④ ㄴ, ㄹ, ㅁ

정답 2번

간단한 해설

수소 결합, 런던 분산력, 쌍극자-쌍극자 인력은 **분자 사이에 작용하는 인력**이다. 배위 결합과 원자가 결합은 원자들을 연결하는 화학 결합으로 구별한다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. 수소 결합: 분자 간 힘에 해당한다. 일반적으로 N, O, F에 결합한 수소가 다른 분자의 N, O, F에 있는 비공유 전자쌍과 강하게 상호 작용하는 인력이다. 같은 분자 내부에서도 생길 수 있지만, 보기에서는 분자 사이에 작용하는 대표적 인력으로 분류한다.

ㄴ. 런던 분산력: 분자 간 힘에 해당한다. 전자 분포의 순간적인 불균형으로 생긴 순간 쌍극자가 이웃 입자에 쌍극자를 유도하여 인력을 만든다. **무극성 분자를 포함한 모든 원자·분자**에 존재한다.

ㄷ. 배위 결합: 일반적인 분자 간 힘이 아니라 원자 사이의 공유 결합을 이루는 방식이다. **한쪽이 공유 전자쌍을 모두 제공**하여 결합을 형성한다.

ㄹ. 원자가 결합: 원자의 원자가 전자가 관여하여 원자들을 결합시키는 화학 결합으로, 여기서는 분자 자체를 구성하는 원자 간 결합을 뜻한다. 이미 형성된 분자 사이에 작용하는 인력과 구별한다.

ㅁ. 쌍극자-쌍극자 인력: 분자 간 힘에 해당한다. 극성 분자의 영구 쌍극자 사이에서 한 분자의 부분 양전하와 다른 분자의 부분 음전하가 끌어당기는 힘이다.

따라서 분자 간 힘은 ㄱ, ㄴ, ㅁ이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 4. 동물 사료나 비료, 고분자 제조에 사용되는 요소 $(NH_2)_2CO$ 20 g에 포함된 질소 원자의 수는? (단, 요소의 몰 질량은 60이고, 아보가드로의 수는 6.0×10^{23}으로 간주한다.)

① 2.0×10^{23}

② 4.0×10^{23}

③ 6.0×10^{23}

④ 8.0×10^{23}

정답 2번

간단한 해설

요소 20 g은 1/3 mol이며, **한 분자에 질소 원자가 2개** 들어 있다. 질소 원자는 2/3 mol이므로 4.0×10^{23} 개이다.

계산 과정

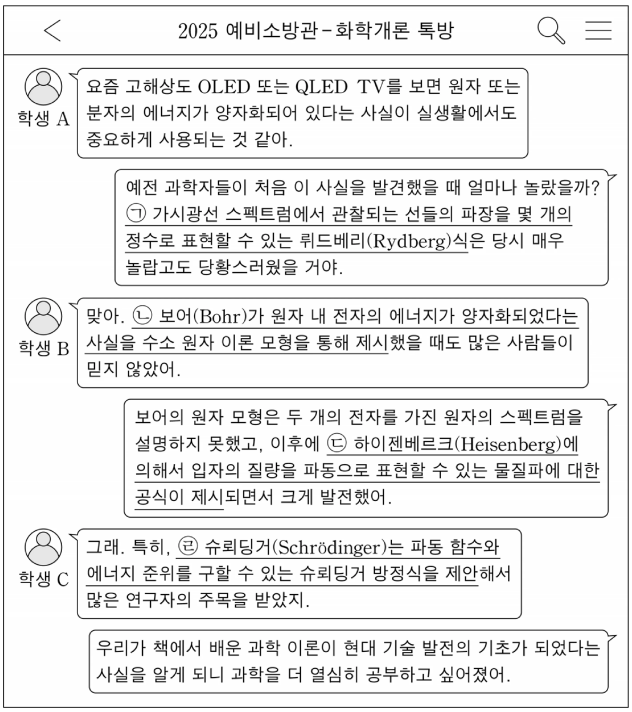
요소의 몰질량은 60g/mol이므로 20 g의 물질량은 $20 \div 60 = \frac{1}{3}$mol이다.

화학식 $(NH_2)_2CO$에서 괄호 밖의 아래첨자 2는 NH_2가 두 개 있음을 나타낸다. 따라서 **요소 한 분자에는 질소 원자가 2개**이고, 질소 원자의 물질량은 $\frac{1}{3} \times 2 = \frac{2}{3}$mol이다.

질소 원자 수는 $\frac{2}{3} \times 6.0 \times 10^{23} = 4.0 \times 10^{23}$개이므로 ②이다. 요소 분자 수만 계산한 2.0×10^{23}개에서 멈추지 않고 질소 원자 수 2를 곱해야 한다.

NoteBase

문 5. 다음 학생들의 메신저 대화에서 과학적 사실로 옳지 않은 부분은?



① ㉠

② ㉡

③ ㉢

④ ㉣

정답 3번

간단한 해설

물질파를 제안한 사람은 **드브로이**이다. 입자의 파동성을 나타내는 파장은 운동량과 연결되며, 하이젠베르크의 불확정성 원리와 구별해야 한다.

NoteBase

보기별 해설

㉠ O: 뤼드베리 식은 수소의 선 스펙트럼 파장을 두 정수로 나타낸다. $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$이며 $n_2 > n_1$이다. 수소의 가시광선 영역에 나타나는 발머 계열은 낮은 준위가 n = 2인 전이에 해당한다.

㉡ O: 보어의 수소 원자 모형에서는 전자가 가질 수 있는 에너지가 연속적이지 않고 **특정한 에너지 준위로 제한**된다. 준위 사이의 전이에서 에너지 차이에 해당하는 빛을 흡수하거나 방출하여 수소의 선 스펙트럼을 설명한다.

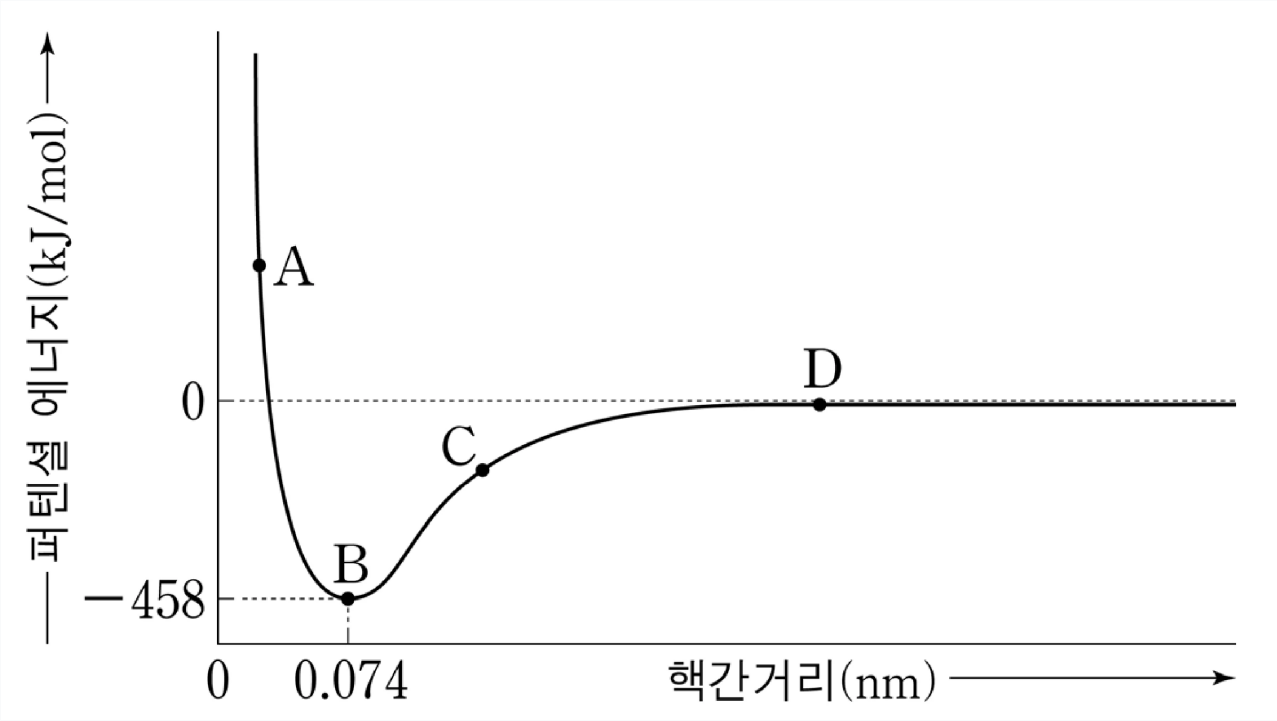
㉢ X: 물질파를 제안한 사람은 하이젠베르크가 아니라 **드브로이**이다. 물질파는 질량 자체를 파동으로 바꾼다는 뜻이 아니라 입자에도 파동성이 있다는 뜻이며, 파장과 운동량의 관계는 $\lambda = \frac{h}{p}$이다. 하이젠베르크는 위치와 운동량을 동시에 임의의 정확도로 정할 수 없다는 불확정성 원리와 관련된다.

㉣ O: 슈뢰딩거 방정식은 주어진 계의 파동 함수와 허용되는 에너지 준위를 구하는 데 사용된다. 파동 함수로부터 전자의 위치 확률분포를 얻으며, 이를 통해 보어의 고정 궤도와 다른 양자역학적 원자 모형을 설명한다.

따라서 과학적 사실과 맞지 않는 부분은 물질파의 제안자를 잘못 연결한 ㉢이며, ③과 일치한다.

NoteBase

문 6. 다음은 수소 원자 두 개의 핵간거리를 퍼텐셜 에너지 함수로 나타낸 그림이다. 수소 분자의 화학결합이 형성되는 최적의 지점으로 옳은 것은?



① A

② B

③ C

④ D

정답 2번

간단한 해설

안정한 결합 거리는 핵간거리가 가장 짧은 곳이 아니라 **퍼텐셜 에너지가 최소인 곳**이다. 그림의 B에서 인력과 반발력이 균형을 이루므로 가장 안정하다.

NoteBase

선지별 해설

① A: 핵간거리가 평형 거리보다 매우 짧아 반발 효과가 커진 영역이다. 퍼텐셜 에너지가 높으므로 안정한 결합 거리로 볼 수 없다.

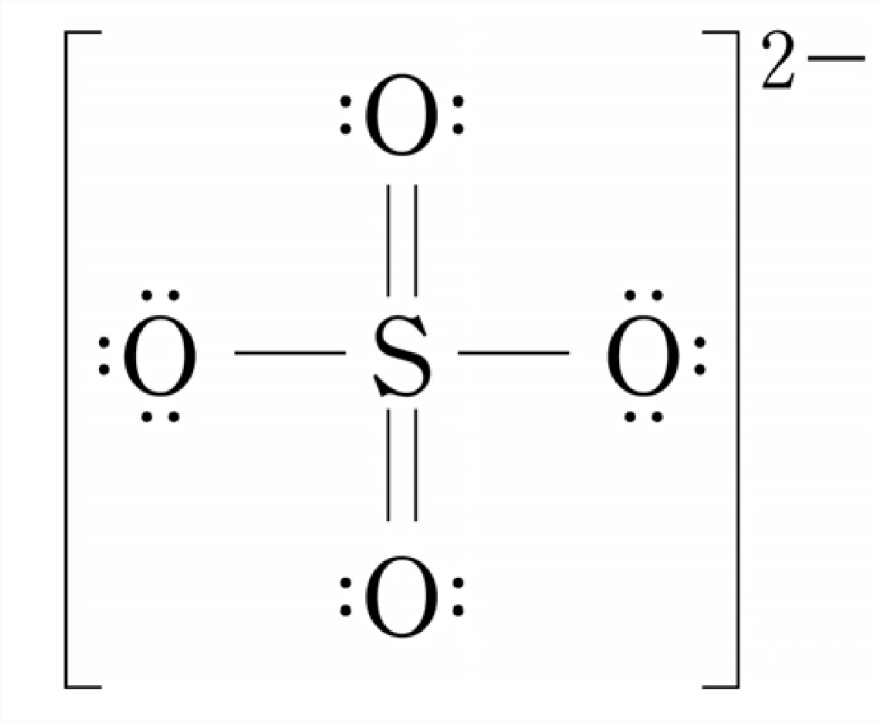
② B: 곡선의 **퍼텐셜 에너지가 가장 낮은 지점**이다. 인력과 반발력이 균형을 이루는 안정한 평형 거리이며, 그림에서 핵간거리는 0.074 nm이다. 따라서 결합 형성에 가장 안정한 지점은 B이다.

③ C: B보다 핵간거리가 크고 퍼텐셜 에너지도 높다. 두 원자가 더 가까워져 B 쪽으로 이동하면 에너지가 낮아지므로 C는 최적의 평형 거리가 아니다.

④ D: 두 원자가 멀리 떨어져 상호작용이 매우 약하고 퍼텐셜 에너지가 0에 가까운 영역이다. B처럼 결합으로 안정화된 에너지 최솟값이 아니므로 정답은 ② **B**이다.

NoteBase

문 7. 다음은 SO_4^{2-} 이온의 루이스(Lewis) 구조를 나타낸 그림이다. SO_4^{2-} 이온 내 황과 산소 원자의 형식전하가 모두 옳은 것은?



① 황 원자 형식전하: 0, 단일결합 산소 원자 형식전하: −1, 이중결합 산소 원자 형식전하: 0

② 황 원자 형식전하: 0, 단일결합 산소 원자 형식전하: −1, 이중결합 산소 원자 형식전하: 1

③ 황 원자 형식전하: 2, 단일결합 산소 원자 형식전하: 1, 이중결합 산소 원자 형식전하: −1

④ 황 원자 형식전하: 2, 단일결합 산소 원자 형식전하: 1, 이중결합 산소 원자 형식전하: 0

정답 1번

간단한 해설

형식전하는 **결합 전자를 두 원자에 절반씩 배분**하여 계산한다. 제시된 루이스 구조에서 S는 0, 단일결합 O는 -1, 이중결합 O는 0이다.

NoteBase

계산 과정

① 계산 기준: 형식전하 = 원자가 전자수 - 비공유 전자수 - 결합 전자수의 절반이다. S와 O의 원자가 전자수는 각각 6이다.

② 황 원자: 그림에서 S는 단일결합 2개와 이중결합 2개를 이루므로 결합 전자는 총 12개이고 비공유 전자는 없다. 형식전하는 $6 - 0 - \frac{12}{2} = 0$이다.

③ 단일결합 산소: 비공유전자쌍 3개에 해당하는 전자 6개와 단일결합 전자 2개를 가진다. 형식전하는 $6 - 6 - \frac{2}{2} = -1$이다.

④ 이중결합 산소: 비공유전자쌍 2개에 해당하는 전자 4개와 이중결합 전자 4개를 가진다. 형식전하는 $6 - 4 - \frac{4}{2} = 0$이다.

⑤ 합계 확인: S 1개, 단일결합 O 2개, 이중결합 O 2개의 형식전하를 더하면 $0 + 2(-1) + 2(0) = -2$로 이온의 전체 전하와 일치한다. 요구한 순서대로 0, -1, 0이므로 정답은 ①이다.

NoteBase

문 8. 다음은 각 이온화합물의 핵간거리를 나타낸 것이다. 이를 바탕으로 LiI의 핵간거리를 계산한 것으로 옳은 것은?

LiCl 240 pm
KCl 315 pm
KI 350 pm

① 275 pm
② 300 pm
③ 325 pm
④ 350 pm

정답 1번

간단한 해설

핵간거리를 **양이온 반지름과 음이온 반지름의 합**으로 보면, KI와 KCl의 거리 차이 35 pm는 I^-와 Cl^-의 반지름 차이이다. 따라서 LiI의 핵간거리는 $240 + 35 = 275\text{pm}$이므로 정답은 ①이다.

계산 과정

① 핵간거리의 관계식 세우기
문항에서는 각 이온의 반지름을 일정하게 보고, 이웃한 양이온과 음이온의 핵간거리를 두 반지름의 합으로 계산한다.
$d(\text{LiCl}) = r(\text{Li}^+) + r(\text{Cl}^-) = 240\text{pm}$
$d(\text{KCl}) = r(\text{K}^+) + r(\text{Cl}^-) = 315\text{pm}$
$d(\text{KI}) = r(\text{K}^+) + r(\text{I}^-) = 350\text{pm}$

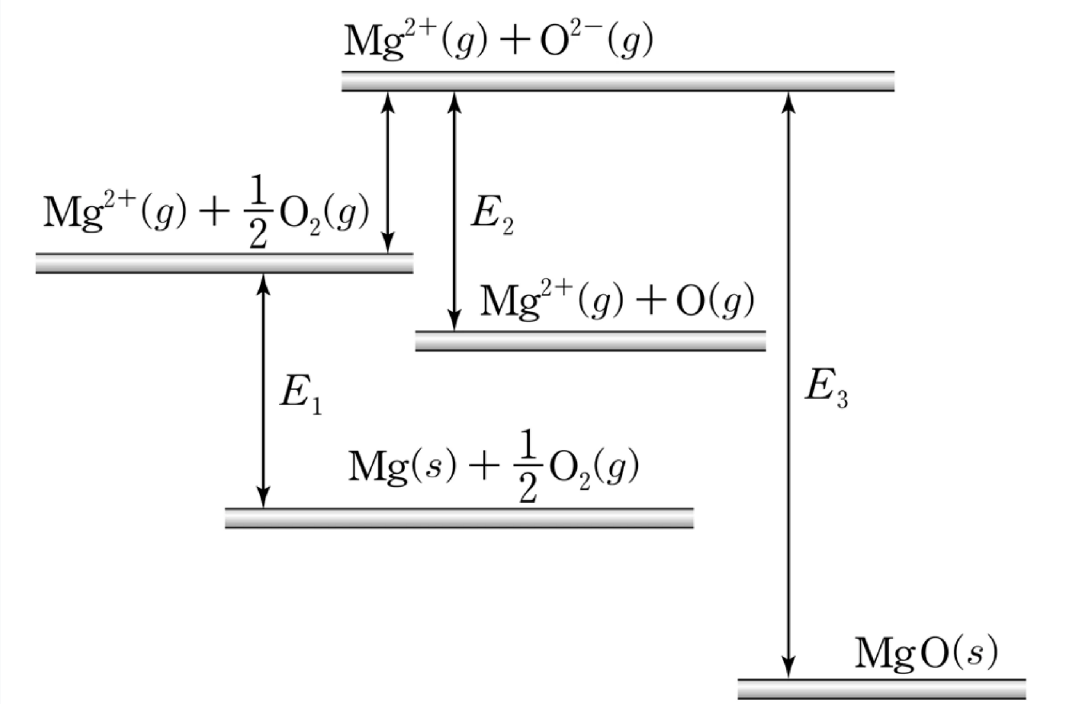
② 음이온 반지름 차이 구하기
KI와 KCl은 양이온이 K^+로 같으므로, 두 핵간거리를 빼면 양이온 반지름이 소거된다.
$r(\text{I}^-) - r(\text{Cl}^-) = 350 - 315 = 35\text{pm}$

③ LiI의 핵간거리 구하기
LiCl에서 Cl^-를 반지름이 35 pm 더 큰 I^-로 바꾸면 핵간거리도 35 pm 증가한다.
$d(\text{LiI}) = 240 + (350 - 315) = 275\text{pm}$

따라서 각 이온의 반지름을 개별적으로 구하지 않아도 **275 pm**를 얻을 수 있다.

NoteBase

문 9. 다음 그림은 마그네슘과 산소로부터 산화마그네슘이 생성되는 과정에서 발생하는 에너지 변화의 일부를 나타낸 것이다. 그림에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은?



<보기>

ㄱ. Mg(s)의 1차 이온화 에너지와 2차 이온화 에너지의 합은 E_1이다.

ㄴ. $O^{2-}(g)$의 전자친화도는 E_2이다.

ㄷ. MgO(s)의 격자에너지는 E_3이다.

① ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

보른–하버 에너지 도표에서 각 구간의 출발 물질과 도착 물질을 비교하여 승화, 이온화, 전자 첨가, 격자 형성을 구분하는 문제이다. 이온화 에너지는 기체 상태의 원자나 이온에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지이며, 격자에너지는 기체 이온과 이온 결정 사이의 에너지 차이이다.

NoteBase

보기 판단

ㄱ X: 그림의 E_1은 고체 마그네슘에서 기체 마그네슘 이온이 되는 데 필요한 전체 에너지이다. 먼저 $Mg(s)$가 $Mg(g)$로 승화한 뒤 전자 두 개를 잃는다. 따라서 "1차 이온화 에너지와 2차 이온화 에너지의 합"은 불완전하며, 승화 에너지까지 더한 값으로 고쳐야 한다. 산소 분자는 이 구간의 양 끝에서 그대로이므로 산소의 결합 해리 에너지는 포함되지 않는다.
ㄴ O: E_2의 양 끝에서는 마그네슘 이온이 같고, 산소만 $O(g)$와 $O^{2-}(g)$로 달라진다. 따라서 $O(g) + 2e^- \rightarrow O^{2-}(g)$에 해당하는 에너지 차이이다. 이 문항에서 ㄴ의 전자친화도는 산화물 이온을 만드는 두 차례 전자 첨가의 전체 에너지 차이를 가리킨다. 첫 번째 또는 두 번째 전자 첨가 하나만의 에너지가 아니다. 그림에서 생성된 산화물 이온의 에너지 준위가 더 높으므로 두 단계를 합한 과정은 에너지를 흡수한다.
ㄷ O: E_3는 기체 마그네슘 이온과 기체 산화물 이온이 고체 산화마그네슘으로 결합할 때의 에너지 차이이므로 격자에너지에 해당한다. 그림의 간격을 양의 크기 E_3로 읽으면 격자 형성의 에너지 변화는 $-E_3$, 결정을 기체 이온으로 분리하는 에너지 변화는 $+E_3$이다.

선지별 해설

① X: "ㄴ"만 고르면 기체 이온과 결정 사이의 에너지 차이를 격자에너지로 설명한 ㄷ을 빠뜨린다. ㄴ, ㄷ을 함께 골라야 한다.
② X: "ㄱ, ㄷ"은 승화 에너지를 누락한 ㄱ을 포함하고 옳은 ㄴ을 제외한다. ㄱ을 빼고 ㄴ을 넣어 ㄴ, ㄷ으로 고쳐야 한다.
③ O: "ㄴ, ㄷ"은 산소의 전체 전자 첨가에 해당하는 에너지 차이와 산화마그네슘의 격자에너지를 모두 포함하고, 승화 에너지를 누락한 ㄱ을 제외한다.
④ X: "ㄱ, ㄴ, ㄷ"은 틀린 ㄱ까지 포함한다. ㄱ을 제외하여 ㄴ, ㄷ으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

ㄱ의 $Mg(s)$를 $Mg(g)$처럼 읽으면 승화 에너지를 놓친다. ㄴ에서는 전자 두 개를 첨가하는 전체 구간을 한 번의 전자 첨가와 혼동하기 쉽다. ㄷ에서는 에너지 간격의 크기와 반응 방향에 따른 에너지 변화의 부호를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

에너지 구간의 양 끝에서 바뀐 물질만 비교한다. 고체 원소에서 기체 원자가 되면 승화, 기체 원자나 양이온이 전자를 잃으면 이온화, 기체 원자나 음이온이 전자를 얻으면 전자 첨가, 기체 이온과 이온 결정 사이의 변화이면 격자에너지로 판단한다. 여러 변화가 한 구간에 묶여 있으면 각 단계의 에너지 변화를 모두 포함한다.

암기 포인트

E_1: 승화와 두 번의 이온화. E_2: 산소의 두 번의 전자 첨가 전체. E_3: 기체 이온과 결정 사이의 격자에너지.

NoteBase

문 10. 분자식, 전자쌍 배열, 혼성 궤도함수가 모두 바르게 나열된 것은?

① 분자식: CO_2, 전자쌍 배열: 선형, 혼성 궤도함수: sp

② 분자식: BF_3, 전자쌍 배열: 삼각평면, 혼성 궤도함수: sp^3

③ 분자식: CH_4, 전자쌍 배열: 사면체, 혼성 궤도함수: sp^2

④ 분자식: SF_6, 전자쌍 배열: 팔면체, 혼성 궤도함수: dsp^3

정답 1번

간단한 해설

CO_2에서 중심 탄소 주위의 두 이중결합은 **전자 영역 2개**로 센다. 따라서 선형 배열이며 sp 혼성으로 설명하므로 세 항목이 일치한다.

선지별 해설

중심 원자 주위의 전자 영역 수로 배열을 판단한다. 단일·이중·삼중 결합은 각각 한 전자 영역으로 세며, 이 문항의 기초 혼성 모형에서는 그 영역 수에 맞는 혼성 궤도함수를 연결한다.

① O: CO_2의 중심 탄소에는 이중결합이 두 개 있고 비공유 전자쌍은 없다. 전자 영역이 **2개**이므로 선형이며, s 궤도 하나와 p 궤도 하나가 조합된 sp 혼성으로 설명한다.

② X: BF_3의 중심 붕소 주위에는 결합 전자 영역이 3개이므로 삼각평면 배열은 맞다. 그러나 대응하는 혼성은 sp^3가 아니라 **전자 영역 3개에 대응하는** sp^2이다.

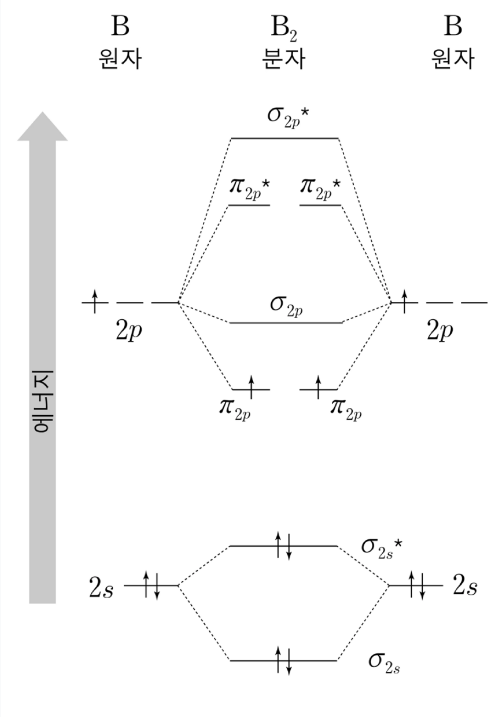
③ X: CH_4의 중심 탄소 주위에는 결합 전자 영역이 4개이므로 사면체 배열은 맞다. 혼성 궤도함수는 sp^2가 아니라 sp^3이다.

④ X: SF_6는 중심 황 주위의 결합 전자 영역이 6개여서 팔면체 배열이다. 이 문항의 전통적 혼성 표기에서는 sp^3d^2로 연결한다. 제시된 dsp^3는 궤도함수 5개를 조합한 표기로, 6개 방향의 팔면체 배열과 맞지 않는다.

따라서 분자식, 전자쌍 배열, 혼성 궤도함수가 모두 일치하는 것은 ①이다.

NoteBase

문 11. 다음은 B_2 분자에 대한 궤도함수 에너지 준위 도표이다. B_2 분자의 결합 차수와 자기성이 옳게 연결된 것은?



① 결합 차수: 0, 자기성: 상자기성

② 결합 차수: 0, 자기성: 반자기성

③ 결합 차수: 1, 자기성: 상자기성

④ 결합 차수: 1, 자기성: 반자기성

정답 3번

간단한 해설

결합성 전자 4개와 반결합성 전자 2개로부터 **결합 차수는 1**이다. 두 π 오비탈에 홀전자가 하나씩 있으므로 상자기성을 나타낸다.

NoteBase

계산 과정

그림의 결합성 오비탈에는 σ_{2s}에 전자 2개, 두 π_{2p} 오비탈에 각각 1개가 들어 있다. 따라서 **결합성 전자는 총 4개**이다.

반결합성 오비탈에서는 σ^*_{2s}에 전자 2개가 있고, 더 높은 반결합성 오비탈은 비어 있다. 따라서 반결합성 전자는 2개이다.

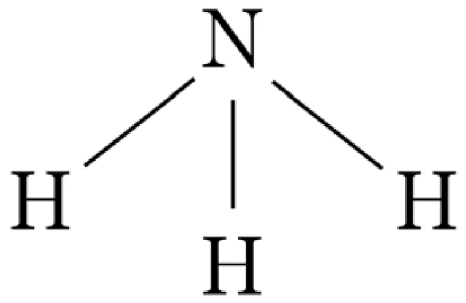
결합 차수는 결합성 전자 수에서 반결합성 전자 수를 뺀 값의 절반이다.
결합 차수=(4-2)/(2)=1
그림에 생략된 1s 전자들은 결합성과 반결합성에 같은 수로 들어가므로 이 차이를 바꾸지 않는다.

서로 같은 에너지의 두 π_{2p} 오비탈에 전자가 하나씩 들어 있어 **홀전자 2개**가 존재한다. 홀전자가 있는 분자는 상자기성을 나타낸다.

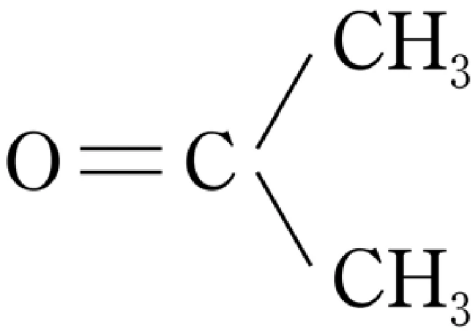
따라서 B_2의 결합 차수와 자기성은 **1, 상자기성**으로, 정답은 ③이다.

NoteBase

문 12. 다음은 암모니아와 아세톤의 구조식이다.
두 유기 화합물에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은?



암모니아



아세톤

<보기>

ㄱ. 암모니아는 분자 사이에 수소 결합을 한다.

ㄴ. 아세톤에서 수소를 제외한 원자들은 동일 평면에 있다.

ㄷ. 비공유 전자쌍은 암모니아에 2쌍, 아세톤에 4쌍이 있다.

① ㄴ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

암모니아는 분자 사이에 수소 결합을 형성하고, 아세톤의 수소를 제외한 원자들은 카보닐 탄소를 중심으로 같은 평면에 놓인다. **비공유전자쌍은 암모니아 1쌍, 아세톤 2쌍**이므로 ㄷ은 옳지 않다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 암모니아는 전기음성도가 큰 N에 H가 직접 결합하고, N에 비공유전자쌍이 있다. 따라서 한 분자의 N-H 결합의 H와 다른 분자의 N 사이에 수소 결합이 형성될 수 있다.

ㄴ. O: 아세톤의 카보닐 탄소는 sp^2 혼성화되어 주변 결합이 평면 삼각형 배열을 이룬다. 이 탄소와 직접 결합한 산소 및 두 메틸기의 탄소가 같은 평면에 있으므로, 수소를 제외한 네 원자는 동일 평면에 놓인다.

ㄷ. X: 암모니아의 N은 원자가 전자 5개 중 3개를 N-H 결합에 사용하고 2개를 남기므로 **비공유전자쌍은 1쌍**이다. 아세톤의 O에는 **비공유전자쌍이 2쌍** 있고 C와 H에는 없으므로, 분자 전체에서도 2쌍이다. 비공유 전자 개수 2개·4개를 전자쌍 수와 혼동하면 안 된다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이므로 정답은 ②이다.

원문 표현 주의: 아세톤은 유기 화합물이지만 암모니아는 무기 화합물이다. 원문의 '두 유기 화합물'이라는 호칭은 정확하지 않으며, 위 보기 판정은 제시된 두 분자의 실제 구조를 기준으로 한다.

NoteBase

문 13. 다음의 핵붕괴 반응으로 생성된 ㉮에 해당하는 것으로 옳은 것은?

$^{38}_{19}\mathrm{K} \rightarrow {}^{38}_{18}\mathrm{Ar} + ㉮$

① α 입자
② β 입자
③ 양전자
④ 감마선

정답 3번

간단한 해설

붕괴 전후 질량수는 38로 같고 원자번호는 19에서 18로 1 감소한다. 보존 관계에 따라 방출 입자는 질량수 0, 전하수 +1인 **양전자**이므로 정답은 ③이다.

계산 과정

① 질량수 보존
㉮의 질량수를 A라 하면 다음과 같다.
$38 = 38 + A \Rightarrow A = 0$

② 전하수 보존
㉮의 아래첨자에 해당하는 전하수를 Z라 하면 다음과 같다.
$19 = 18 + Z \Rightarrow Z = +1$

③ 입자 확인
따라서 ㉮는 $^{0}_{+1}e$, 즉 **양전자**이다. 양전자 방출에서는 핵 안의 양성자가 중성자로 바뀌므로 질량수는 그대로이고 원자번호는 1 감소한다.

α 입자는 $^{4}_{2}\mathrm{He}$이므로 질량수 조건에 맞지 않는다. 선택지의 β 입자를 β^- 입자인 $^{0}_{-1}e$로 구별하면 전하수 조건에 맞지 않으며, 감마선은 질량수와 전하수를 바꾸지 않는다. 양전자도 넓게는 **β^+ 입자**라고 부르지만, 이 문제에서는 별도 선택지인 '양전자'를 고른다.

NoteBase

문 14. 착이온 $[Cr(CN)_6]^{4-}$에 존재하는 홀전자 수로 옳은 것은? (단, Cr의 원자 번호는 24번이고, CN은 저스핀(low spin) 전자 배치를 유도한다.)

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

간단한 해설

착이온에서 Cr의 산화수는 +2이므로 d^4이다. 팔면체 저스핀 배치 t_{2g}^4에서는 한 쌍과 두 홀전자가 생겨 홀전자 수는 2개이다.

계산 과정

시안화 리간드 CN^- 6개의 전하 합은 −6이다. Cr의 산화수를 x라 하면 $x - 6 = -4$이므로 $x = +2$, 즉 중심 금속은 Cr^{2+}이다.

중성 Cr의 전자 배치는 $[Ar]3d^5 4s^1$이다. 양이온이 될 때 4s 전자가 먼저 제거되므로 Cr^{2+}는 $[Ar]3d^4$, 즉 **d 전자 4개**를 가진다.

배위수 6의 팔면체 결정장에서는 d 오비탈이 낮은 에너지의 t_{2g} 세 개와 높은 에너지의 e_g 두 개로 나뉜다. 문제의 저스핀 조건에서는 전자 4개가 낮은 t_{2g}에 들어가 $t_{2g}^4 e_g^0$이 된다.

t_{2g} 세 오비탈에 먼저 하나씩 배치한 뒤 네 번째 전자가 한 오비탈에서 짝을 이루므로 점유는 2개 · 1개 · 1개이다. 따라서 **홀전자는 2개**이며 ①이 맞다.

NoteBase

문 15. 벤젠(Benzene), 다이에틸 에터(Diethyl ether), 아세톤(Acetone) 내에 존재하는 탄소-탄소 시그마(σ) 결합의 총 개수는?

① 10

② 11

③ 12

④ 13

정답 1번

간단한 해설

탄소-탄소 σ 결합은 벤젠 고리의 6개, 다이에틸 에터의 2개, 아세톤의 2개이다. **탄소-산소 결합과 π 결합은 제외**하면 총 10개이다.

계산 과정

서로 결합한 탄소 원자 한 쌍 사이에는 σ 결합이 하나 있다. 이중결합이나 방향족의 π 전자까지 σ 결합으로 더하지 않으며, 이 문제에서는 탄소-수소 및 탄소-산소 결합도 제외한다. 각 물질 한 분자를 기준으로 탄소-탄소 σ 결합을 센다.

벤젠: 탄소 6개가 육각 고리를 이루고, 이웃한 탄소 사이의 여섯 변마다 σ 결합이 하나씩 있다. 따라서 **고리의 C–C σ 결합은 6개**이다. 고리의 비편재화된 π 결합은 별도로 세지 않는다.

다이에틸 에터: 구조는 $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$이다. 양쪽 에틸기 내부에 C–C 결합이 하나씩 있어 σ 결합은 2개이다. 가운데의 두 결합은 C–O이므로 제외한다.

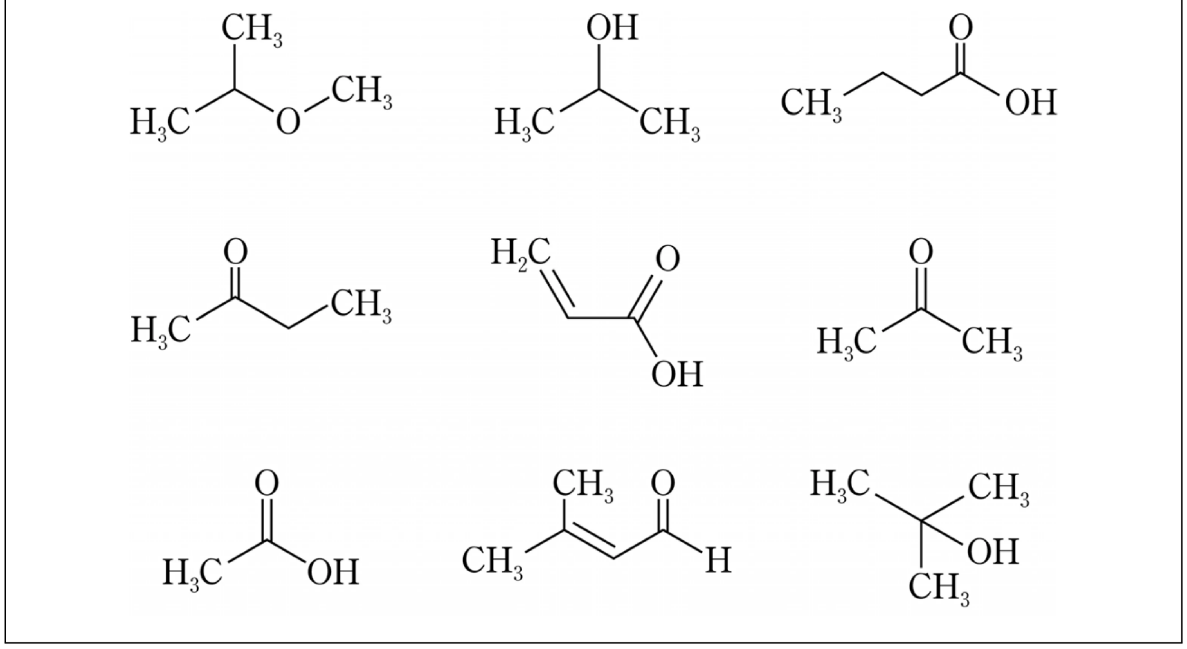
아세톤: 구조는 $CH_3-C(=O)-CH_3$이다. 가운데 카보닐 탄소가 양쪽 메틸기의 탄소와 하나씩 결합하므로 C–C σ 결합은 2개이다. C=O의 σ 결합은 탄소-산소 결합이므로 포함하지 않는다.

따라서 탄소-탄소 σ 결합의 총 개수는 6 + 2 + 2 = 10개이며, ①과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>에서 케톤, 카복실산, 알데하이드 작용기를 가진 분자 각각의 총 수를 옳게 나열한 것은?

<보 기>



① 케톤: 1, 카복실산: 2, 알데하이드: 2

② 케톤: 1, 카복실산: 3, 알데하이드: 2

③ 케톤: 2, 카복실산: 2, 알데하이드: 1

④ 케톤: 2, 카복실산: 3, 알데하이드: 1

정답 4번

간단한 해설

C=O만 보고 모두 케톤으로 세면 안 된다. **카보닐 탄소에 연결된 탄소·OH·H**를 구분하면 케톤 2분자, 카복실산 3분자, 알데하이드 1분자이다.

NoteBase

계산 과정

세 작용기는 모두 또는 일부가 C=O를 포함하므로 **카보닐 탄소에 무엇이 직접 결합했는지**를 구분한다. 두 탄소에 연결되면 케톤, OH에 연결되면 카복실산, H에 연결되면 알데하이드이다.

케톤은 **가운데 줄 왼쪽과 오른쪽의 2분자**이다. 두 분자 모두 카보닐 탄소의 양쪽이 탄소에 연결되어 있다.

카복실산은 **윗줄 오른쪽, 가운데 줄 가운데, 아랫줄 왼쪽의 3분자**이다. 모두 −C(=O)OH를 가진다. 가운데 줄 가운데 분자는 C=C도 있지만, 카복실산 작용기를 가지는 분자 수에 포함한다.

알데하이드는 **아랫줄 가운데의 1분자**이다. 카보닐 탄소가 H와 직접 결합한 −CHO가 보인다.

나머지 윗줄 왼쪽은 에터이고, 윗줄 가운데와 아랫줄 오른쪽은 알코올이다.

따라서 케톤·카복실산·알데하이드 작용기를 가진 분자 수는 **2, 3, 1**이며 정답은 ④이다.

NoteBase

문 17. <보기>는 실생활에서 반응 속도에 영향을 주는 사례이다. 이 중 반응 속도에 영향을 미치는 요인이 나머지와 다른 것은?

<보기>
ㄱ. 장작을 잘 타게 하기 위해 도끼로 장작을 가늘게 쪼갠다.
ㄴ. 강철솜은 공기 중에서는 잘 타지 않지만 순수한 산소 속에서는 불꽃을 내면서 연소한다.
ㄷ. 연탄가스에 중독된 환자는 고압의 산소를 이용하여 치료한다.
ㄹ. 농도가 높은 산성비가 내리면 대리석($CaCO_3$)으로 된 건축물이나 조각품의 부식이 빨라진다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄹ

정답 1번

간단한 해설

장작을 쪼개는 것은 **산소와 접촉하는 표면적**을 늘리는 조작이다. 나머지는 산소의 농도·분압 또는 산의 농도를 높이는 경우이므로 요인이 다르다.

선지별 해설

① ㄱ: 장작을 가늘게 쪼개면 같은 양이라도 공기와 접촉하는 **표면적이 증가**한다. 산소와 접촉하여 반응할 수 있는 부분이 많아져 연소가 쉬워지는 사례이다.

② ㄴ: 순수한 산소에서는 공기보다 산소의 분압과 농도가 높다. 강철솜 표면에 공급되는 산소가 많아져 연소가 활발해지므로 산소 농도의 영향에 해당한다.

③ ㄷ: 고압 산소는 산소의 분압을 높여 혈액에 용해되는 산소량을 늘리는 조건이다. 이 문제에서는 산소의 이용 가능한 농도를 높이는 사례로 분류한다. 일산화탄소 중독에서 고압 산소 치료는 상태에 따라 의료진이 적용하는 치료이며, 모든 중독 환자에게 일률적으로 시행한다는 뜻은 아니다.

④ ㄹ: 산성비의 산 농도가 높아지면 탄산칼슘 표면에서 반응할 수 있는 수소 이온이 많아진다. 따라서 대리석의 반응과 부식이 빨라지는 것은 반응물 농도의 영향이다.

ㄴ, ㄷ, ㄹ은 농도 또는 분압 증가와 관련되고, ㄱ은 표면적 증가와 관련된다. 따라서 요인이 다른 것은 ㄱ이며, ①과 일치한다.

NoteBase

문 18. 25°C에서 염을 녹인 수용액의 pH가 7보다 큰 것은?

① 0.1M $NaHCO_3(aq)$

② 0.1M $KHSO_4(aq)$

③ 0.1M $NH_4Cl(aq)$

④ 0.1M $NaNO_3(aq)$

정답 1번

간단한 해설

HCO_3^-는 산과 염기 양쪽으로 작용할 수 있지만, 물에서는 **염기로서의 작용이 더 커** 수용액을 약염기성으로 만든다. 따라서 탄산수소 나트륨 수용액의 pH가 7보다 크다.

선지별 해설

① (O) Na^+는 산·염기성에 거의 영향을 주지 않고, HCO_3^-가 양쪽성 이온으로 작용한다. 이 이온의 염기 해리 상수 K_w/K_{a1}가 산으로서의 해리 상수 K_{a2}보다 크므로 $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$의 영향이 우세하다. 따라서 **약염기성**이다.

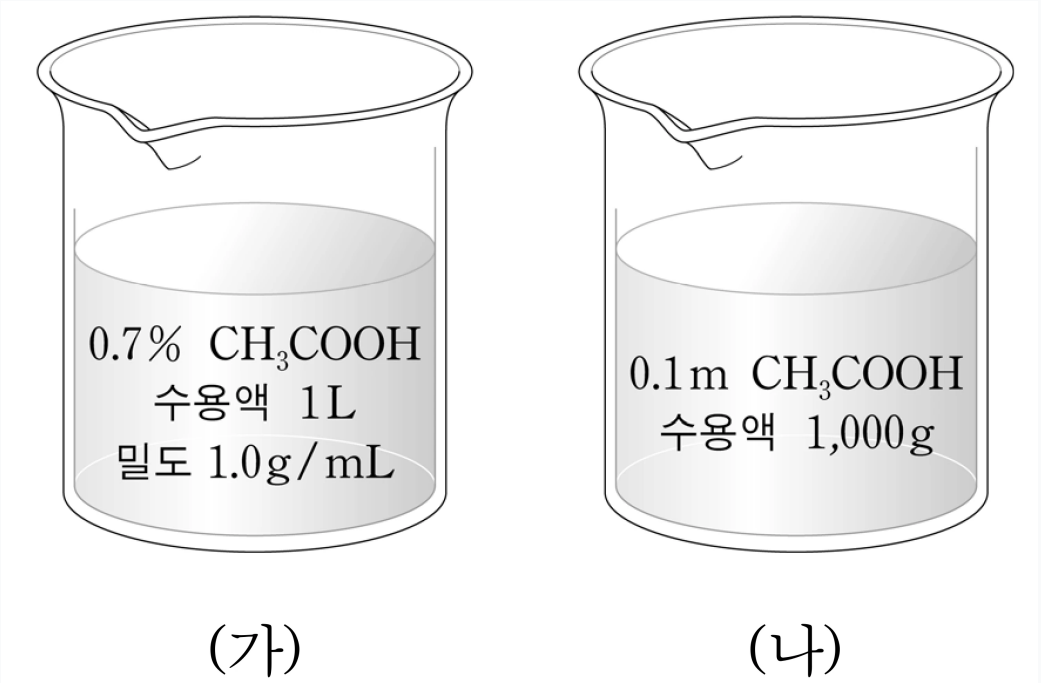
② (X) HSO_4^-는 물에 양성자를 주어 SO_4^{2-}와 H_3O^+를 형성할 수 있다. 이 산성 작용 때문에 $KHSO_4$ 수용액은 pH가 7보다 작다.

③ (X) NH_4^+는 약염기 NH_3의 짝산이며, 물과 반응하여 NH_3와 H_3O^+를 만든다. Cl^-의 염기성은 무시할 정도이므로 수용액은 산성이다.

④ (X) $NaNO_3$는 강염기 NaOH와 강산 HNO_3에 대응하는 염이다. Na^+와 NO_3^-의 가수분해는 거의 없어 일반적인 수용액에서 중성이며, 25°C에서 pH는 약 7이다.

NoteBase

문 19. 다음 그림은 25 ℃에서 서로 다른 농도의 CH_3COOH 수용액 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, CH_3COOH의 몰 질량은 60이고, 온도 변화에 따른 수용액의 밀도 변화와 물의 증발은 무시한다.)



<보기>

ㄱ. 수용액에 녹아 있는 CH_3COOH의 질량은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄴ. 퍼센트 농도는 (가)가 (나)보다 높다.

ㄷ. 온도를 높여도 (가)의 퍼센트 농도는 변하지 않는다.

ㄹ. 온도를 높이면 (나)의 몰랄 농도는 낮아진다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

(가)의 아세트산은 7 g이고, (나)는 약 5.96 g이다. 두 수용액의 질량이 모두 1,000 g이므로 **퍼센트 농도는 (가)가 더 높다**. 질량을 기준으로 하는 퍼센트 농도와 몰랄 농도는 주어진 조건에서 온도 변화로 달라지지 않는다. 따라서 ㄴ, ㄷ이 옳아 정답은 ③이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. 아세트산의 질량은 (가)가 (나)보다 작다. (X)
(가)의 수용액 질량은 $1{,}000\text{mL} \times 1.0\text{g/mL} = 1{,}000\text{g}$이다. 0.7% 수용액이므로 아세트산의 질량은 $1{,}000 \times 0.007 = 7\text{g}$이다.
(나)의 아세트산 질량을 xg이라 하면 용매인 물의 질량은 $(1{,}000 - x)$g이다. 몰랄 농도는 **용매 1 kg당 용질의 몰수**이므로 다음과 같다.
$\frac{x/60}{(1{,}000-x)/1{,}000} = 0.1$
$1{,}000x = 6(1{,}000 - x) \Rightarrow x = \frac{6{,}000}{1{,}006} \approx 5.96\text{g}$
따라서 아세트산의 질량은 **(가)가 더 크다**. (나)의 1,000 g을 용매 질량으로 사용하면 안 된다.

ㄴ. 퍼센트 농도는 (가)가 (나)보다 높다. (O)
(가)는 0.7%이고, (나)는 $\frac{5.96}{1{,}000} \times 100 \approx 0.596\%$이다. 따라서 **0.7%＞0.596%**로 (가)가 더 높다.

ㄷ. 온도를 높여도 (가)의 퍼센트 농도는 변하지 않는다. (O)
질량 퍼센트 농도는 **용질 질량÷용액 질량×100**이다. 주어진 조건에서는 온도를 높여도 이 질량비가 변하지 않으므로 퍼센트 농도는 일정하다.

ㄹ. 온도를 높이면 (나)의 몰랄 농도는 낮아진다. (X)
몰랄 농도는 **용질의 몰수÷용매의 질량(kg)**이다. 주어진 조건에서 용질의 몰수와 용매의 질량은 변하지 않으므로 몰랄 농도 역시 **0.1 mol/kg으로 일정**하다. 부피를 분모로 쓰는 몰 농도와 구별한다.

NoteBase

문 20. 다음 표는 25 °C에서 $A(aq)$와 $B(aq)$에 대한 자료이다. 몰 질량은 A가 B의 4배이다. V는?

수용액	$\mathrm{A}(aq)$	$\mathrm{B}(aq)$
용질의 질량(g)	w	w
몰 농도(M)	0.5	x
부피(mL)	V	y

① $\frac{1}{4}xy$

② $\frac{1}{2}xy$

③ $\frac{3}{4}xy$

④ xy

정답 2번

간단한 해설

두 용질의 질량이 같고 A의 몰질량이 4배이므로 **A의 몰수는 B의 1/4**이다. 몰수를 몰농도와 부피의 곱으로 나타내면 0.5V=14xy이므로 V=12xy이다.

계산 과정

표에서 두 용액의 용질 질량은 모두 w g이다. 몰질량을 각각 M_A, M_B라 하면 $M_A = 4M_B$이므로, **같은 질량일 때 A의 몰수는 B의 1/4**이다. 즉 (n_A)/(n_B)=(w/M_A)/(w/M_B)=14이다.

몰농도는 용질의 몰수를 용액의 L 단위 부피로 나눈 값이다. A의 농도는 0.5 M, 부피는 V mL이므로 $n_A = 0.5 \times \frac{V}{1000}$ mol이다. B의 농도는 x M, 부피는 y mL이므로 $n_B = x \times \frac{y}{1000}$ mol이다.

두 몰수의 비를 대입하면 (0.5V/1000)/(xy/1000)=14이다. 공통 부피 환산 인자가 약분되어 (0.5V)/(xy)=14, 따라서 $2V = xy$이다.

따라서 표의 mL 단위 부피를 나타내는 수치 V는 V=12xy이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 21. 2.0mL의 기포가 7℃, 6.0atm인 호수 바닥에서 28℃, 1.0atm인 물의 표면으로 떠올랐다. 기포의 최종 부피[mL]는? (단, 기포는 이상 기체 법칙을 따른다.)

① 5.60

② 11.2

③ 12.9

④ 48.0

정답 3번

간단한 해설

기포의 양이 일정하므로 **압력·부피의 곱을 절대온도로 나눈 값**이 보존된다. 최종 부피는 $2.0 \times 6.0 \times 301/280 = 12.9$ mL이다.

계산 과정

① 절대온도 환산: 초기 온도는 T_1=7+273=280 K, 최종 온도는 T_2=28+273=301 K로 둔다. 기체 법칙에서는 섭씨온도를 그대로 비율에 넣지 않는다.

② 기체 법칙 적용: 기포 속 기체의 양이 일정하므로 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$이다. 이를 최종 부피에 대해 정리하면 $V_2 = V_1\frac{P_1}{P_2}\frac{T_2}{T_1}$이다.

③ 값 대입: $V_2 = 2.0 \times \frac{6.0}{1.0} \times \frac{301}{280} = 12.9$ mL이다. 압력이 낮아지고 온도도 높아져 부피가 증가하며, 정답은 ③이다.

NoteBase

문 22. 자동차 에어백에 사용되는 아자이드화 소듐(NaN_3)은 충돌이 발생할 때 다음과 같이 분해된다. 분해로 생성된 질소 기체는 순간적으로 에어백을 팽창시킨다. NaN_3 65.0 g의 분해로 인해 87 ℃, 1,520 mmHg에서 생성된 N_2의 부피[L]는? (단, 아자이드화 소듐의 몰 질량은 65.0, 760 mmHg는 1 atm, 기체 상수는 0.08 L·atm/(K·mol)로 간주한다.)

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$$

① 14.4

② 21.6

③ 36.0

④ 43.2

정답 2번

간단한 해설

NaN_3 1 mol에서 반응 계수비에 따라 **질소 1.5 mol**이 생성된다. 87°C를 약 360 K, 1,520 mmHg를 2 atm으로 바꾸어 $V = nRT/P$에 대입하면 21.6 L이다.

계산 과정

NaN_3의 물질량은 $65.0\text{g} \div 65.0\text{g/mol} = 1.00\text{mol}$이다.

반응식 $2NaN_3 \rightarrow 2Na + 3N_2$에서 NaN_3 2 mol당 N_2 3 mol이 생성된다. 따라서 생성 질소는 $1.00 \times \frac{3}{2} = 1.50\text{mol}$이다.

상태 방정식에 맞게 단위를 환산한다. 온도는 $T \approx 87 + 273 = 360\text{K}$, 압력은 $P = 1{,}520/760 = 2.00\text{atm}$이다.

이상 기체 상태 방정식으로 $V = \frac{nRT}{P} = \frac{1.50 \times 0.08 \times 360}{2.00} = 21.6\text{L}$이다. 따라서 ②가 맞다. 섭씨 87을 그대로 대입하거나 반응 계수비 3:2를 생략하지 않아야 한다.

NoteBase

문 23. 다음 열화학 반응식을 이용하여 SO_2 96.0 g이 SO_3로 변환될 때 열[kJ]의 변화량은? (단, SO_2의 몰질량은 64.0으로 간주한다.)

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

① −297.0

② −148.5

③ +148.5

④ +297.0

정답 2번

간단한 해설

반응식의 −198 kJ는 **SO_2 2 mol 기준**이다. 96.0 g은 1.50 mol이므로 $\frac{1.50}{2}$를 곱하면 열의 변화량은 −148.5 kJ이다.

계산 과정

주어진 열화학 반응식의 $\Delta H = -198\text{kJ}$는 **SO_2 2 mol이 반응할 때**의 엔탈피 변화이다. SO_2 1 mol당 −198 kJ로 읽으면 안 된다.

SO_2 96.0 g의 몰수는
$n = \frac{96.0\text{g}}{64.0\text{g/mol}} = 1.50\text{mol}$
이다.

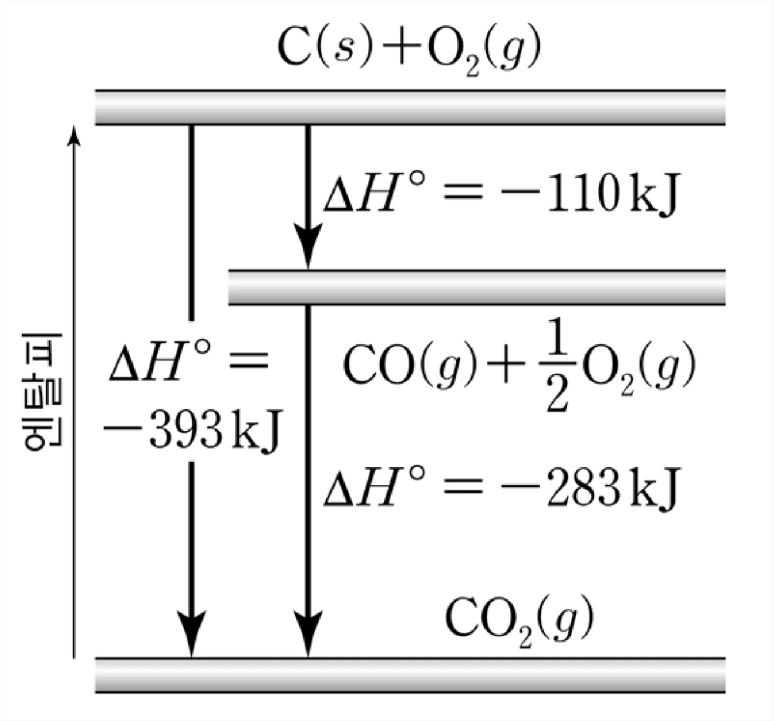
열의 변화량은 반응한 몰수에 비례하므로
$\Delta H = -198 \times \frac{1.50}{2} = -148.5\text{kJ}$
이다.

따라서 정답은 ② **−148.5 kJ**이다. 음의 부호는 계가 열을 방출한다는 뜻이며, 방출되는 열의 크기는 148.5 kJ이다.

NoteBase

문 24. 다음 그림은 C(s)와 $O_2(g)$로부터 1 mol의 $CO_2(g)$가 생성되는 과정의 엔탈피 변화를 나타낸 것이다. 위의 그림을 활용하여 다음 반응의 엔탈피 변화를 계산한 것으로 옳은 것은?

$C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$



① −676 kJ

② −393 kJ

③ −283 kJ

④ −110 kJ

정답 4번

간단한 해설

목표 반응은 그림의 **위쪽 상태에서 중간 상태로 내려가는 변화**이다. 이 구간의 엔탈피 차이는 −110 kJ이며, 전체 변화에서 두 번째 단계를 빼도 같은 값이 나온다.

NoteBase

도식 해설

그림에서 위쪽 상태는 C(*s*) + O_2(*g*), 중간 상태는 CO(g)+12O_2(g)이다. 위쪽에서 중간으로 내려가는 화살표의 엔탈피 변화는 −110 kJ로 표시되어 있다.

이 변화는 C(s)+O_2(g)→CO(g)+12O_2(g)이다. 양변에 공통으로 있는 산소 1/2 mol을 소거하면 문제의 반응 C(s)+12O_2(g)→CO(g)와 같으므로 엔탈피 변화도 −110 kJ이다.

헤스의 법칙으로도 확인할 수 있다. 위쪽에서 맨 아래 이산화탄소 상태까지의 전체 변화는 −393 kJ이고, 중간에서 아래로의 변화는 −283 kJ이다. 따라서 구하는 첫 단계의 변화는 −393 − (−283) = −110 kJ이다. **엔탈피가 낮아지는 방향**이므로 부호는 음수이다.

따라서 제시된 반응의 엔탈피 변화는 −110 kJ이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 25. 다음은 질소와 수소로부터 암모니아를 만드는 열화학 반응식이다. 이 반응이 40.0 atm의 일정 압력에서 진행되고 부피 변화가 −2.00 L일 때 ΔE [kJ]는? (단, 1 L · atm = 101 J이고, 계산 결과는 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.)

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \qquad \Delta H = -92.2\ \text{kJ}$

① −100

② −92.2

③ −84.1

④ −8.1

정답 3번

간단한 해설

일정 압력에서 $\Delta H = \Delta E + P\Delta V$이다. 부피 감소에 따라 $P\Delta V = -8.08\text{kJ}$이므로
$\Delta E = -92.2 - (-8.08) = -84.12\text{kJ}$이다. 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 **−84.1 kJ**이므로 정답은 ③이다.

계산 과정

① 엔탈피와 내부 에너지의 관계
$H = E + PV$에서 압력이 일정하므로 다음과 같다.
$\Delta E = \Delta H - P\Delta V$

② 압력·부피 항 계산과 단위 변환
$P\Delta V = 40.0 \times (-2.00) = -80.0\text{L} \cdot \text{atm}$
주어진 환산값을 사용하면
$P\Delta V = -80.0 \times 101 = -8{,}080\text{J} = -8.08\text{kJ}$

③ 내부 에너지 변화 계산
반응식에 주어진 $\Delta H = -92.2\text{kJ}$를 대입한다.
$\Delta E = -92.2 - (-8.08) = -84.12\text{kJ}$
소수점 둘째 자리에서 반올림한 값은 **−84.1 kJ**이다.

부피가 줄어들면 계가 주위로부터 받는 압축 일 $w = -P\Delta V$는 **+8.08 kJ**이다. 따라서 방출한 열 −92.2 kJ에 받은 일을 더하면 내부 에너지 변화가 되어, 부호를 확인할 수 있다.

NoteBase

문 26. 다음 표는 주기율표 3주기 바닥상태 원자 A~C에 대한 자료이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)

원자	A	B	C
홀전자 수	3	2	2
2차 이온화 에너지(kJ/mol)	1,903	2,251	1,577

<보기>

ㄱ. 양성자 수가 가장 큰 원자는 B이다.

ㄴ. 전자가 느끼는 유효 핵전하는 B > A > C이다.

ㄷ. 1차 이온화 에너지는 B > A > C이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

표의 원자는 **A가 P, B가 S, C가 Si**이다. 양성자 수와 유효 핵전하는 S가 가장 크지만, 반쯤 채워진 $3p^3$의 안정성 때문에 1차 이온화 에너지는 P가 S보다 크다.

NoteBase

보기별 해설

3주기 바닥상태 원자에서 홀전자 3개인 A는 $3p^3$ 배치의 인(P)이다. 홀전자 2개인 후보는 $3p^2$의 규소(Si)와 $3p^4$의 황(S)이다. 황은 1차 이온화 후 $3p^3$의 반쯤 채워진 상태가 되어 2차 이온화가 더 어려우므로, 표에서 2차 이온화 에너지가 큰 B는 S, 작은 C는 Si이다.

ㄱ. (O) 원자 번호는 Si 14, P 15, S 16이다. 따라서 양성자 수는 B(S)가 가장 크다.

ㄴ. (O) 같은 3주기에서 바깥 전자가 느끼는 유효 핵전하는 일반적으로 원자 번호가 커질수록 증가한다. 따라서 **B(S) > A(P) > C(Si)**이다.

ㄷ. (X) P의 $3p^3$는 세 p 오비탈에 전자가 하나씩 들어 있는 반쯤 채워진 배치이다. S의 $3p^4$에는 전자쌍이 하나 있어 그 쌍의 반발을 줄이며 전자를 떼기 더 쉽다. 따라서 1차 이온화 에너지는 **A(P) > B(S) > C(Si)**이며, B > A > C가 아니다.

옳은 보기는 ㄱ과 ㄴ이므로 ②가 맞다. 표가 준 것은 2차 이온화 에너지이므로 이를 1차 이온화 에너지의 순서로 그대로 읽으면 안 된다.

NoteBase

문 27. 다음은 분자들의 분자량과 끓는점을 조사한 표이다.
위의 표를 해석한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은?

분자식	CH_3OH	CH_3OCH_3	HBr	Br_2	I_2
분자량	32	46	81	160	254
끓는점(℃)	65	−24	−66	59	184

<보기>

ㄱ. 분자 사이의 인력은 Br_2가 HBr보다 크다.

ㄴ. I_2는 Br_2보다 분자량이 커서 끓는점이 높다.

ㄷ. CH_3OH의 끓는점이 CH_3OCH_3보다 높은 것은 수소 결합 때문이다.

① ㄴ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

끓는점은 분자량뿐 아니라 **분산력과 수소 결합 등 분자 사이 인력**을 함께 고려해야 한다. 큰 할로젠 분자에서는 분산력이 강하고, 메탄올에서는 수소 결합이 끓는점을 높인다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: Br_2의 끓는점은 59 °C로 HBr의 -66 °C보다 높다. 이 비교에서는 무극성인 Br_2의 큰 전자 구름에서 생기는 분산력이 충분히 강하여, 극성 분자인 HBr보다 전체 분자 사이 인력이 크다. 극성 여부만으로 끓는점을 판단하면 안 된다.

ㄴ. O: I_2와 Br_2는 모두 무극성 이원자 분자이다. 같은 계열에서 분자량이 더 큰 I_2는 전자수가 많고 전자 구름이 더 쉽게 변형되어 분산력이 크므로, 끓는점도 184 °C로 Br_2의 59 °C보다 높다.

ㄷ. O: CH_3OH는 O-H 결합이 있어 **분자끼리 수소 결합**을 형성하지만, CH_3OCH_3에는 O에 직접 결합한 H가 없어 순수한 분자끼리 같은 방식의 수소 결합을 형성하지 못한다. 이 때문에 분자량이 더 작은 메탄올의 끓는점이 65 °C로 더 높다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 정답은 ④이다.

NoteBase

문 28. 벤젠 100.0 g에 미지 화합물 5.0 g을 녹여 만든 용액의 어는점을 측정하였더니 4.48 ℃였다. 미지 화합물의 몰 질량 [g/mol]은? (단, 순수한 벤젠의 녹는점은 5.5 ℃, 벤젠의 어는점 내림 상수는 5.1 ℃/m로 간주한다.)

① 25

② 30

③ 250

④ 300

정답 3번

간단한 해설

어는점은 1.02 ℃ 내려갔으므로 몰랄농도는 0.20 mol/kg이다. **용매 벤젠 0.100 kg**에 든 용질은 0.020 mol이어서 몰 질량은 250 g/mol이다.

계산 과정

어는점 내림은 순수한 용매의 어는점에서 용액의 어는점을 뺀 값이다.
$\Delta T_f = 5.50 - 4.48 = 1.02\,^\circ\mathrm{C}$

용질이 해리하거나 회합하지 않는 경우로 계산하면 $\Delta T_f = K_f m$이다. 따라서 몰랄농도는
$m = \frac{1.02}{5.1} = 0.20\,\mathrm{mol/kg}$
이다.

몰랄농도의 기준은 용액 전체가 아니라 **용매의 질량**이다. 벤젠 100.0 g은 0.1000 kg이므로 용질의 몰수는
$n = 0.20 \times 0.1000 = 0.020\,\mathrm{mol}$
이다.

미지 화합물의 몰 질량은
$M = \frac{5.0\,\mathrm{g}}{0.020\,\mathrm{mol}} = 250\,\mathrm{g/mol}$
이다. 따라서 정답은 ③ **250 g/mol**이다.

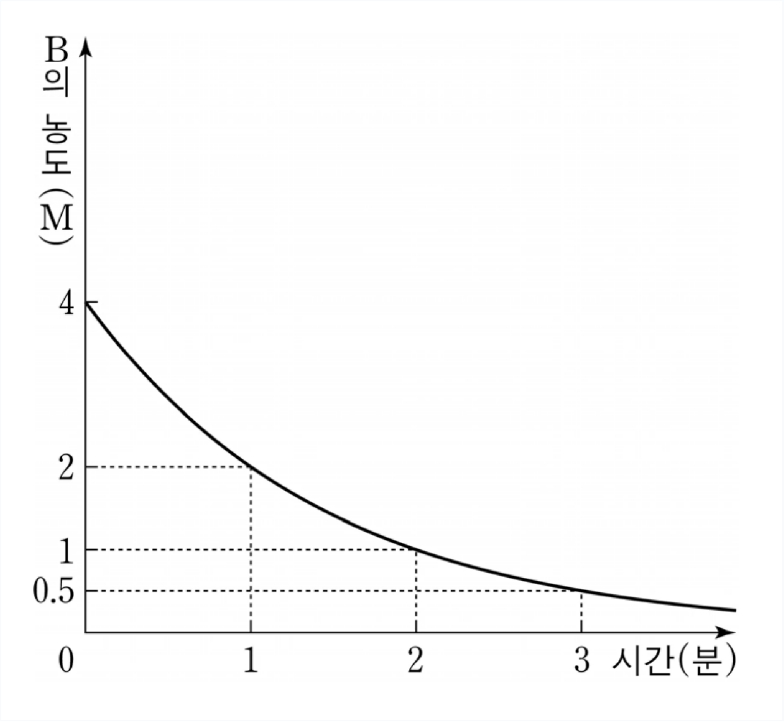
NoteBase

문 29. 다음은 A와 B가 반응하여 C를 생성하는 화학 반응식과 반응 속도식이다.

$2A(g) + B(g) \rightarrow 2C(g) \quad v = k[A]$

다음 그림은 강철 용기에 일정량의 A(g)와 B(g)를 넣고 반응시킬 때 반응 시간에 따른 B(g)의 농도를 나타낸 것이다.

이들에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)



<보기>

ㄱ. 반응 시간이 2분일 때 생성된 C의 농도는 6 M이다.

ㄴ. 반감기는 1분이다.

ㄷ. 순간 반응 속도는 1분일 때가 4분일 때의 16배이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

B가 3 M 소모되면 반응 계수에 따라 C는 6 M 생성된다. 그래프의 농도는 **1분마다 절반**이 되므로, 1분과 4분 사이 세 번의 반감기에 따른 속도비는 8배이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 그래프에서 B의 농도는 처음 4 M이고 2분 후 1 M이므로 3 M만큼 감소한다. 강철 용기의 부피가 일정하고 반응식에서 B 1 mol이 소모될 때 C 2 mol이 생성되므로, 생성된 C의 농도는 2 × 3 = 6 M이다.

ㄴ. O: 그래프에서 B의 농도는 0분 4 M, 1분 2 M, 2분 1 M, 3분 0.5 M으로 **1분마다 절반**이 된다. 또한 속도식 $v = k[A]$에 따라 A는 1차 반응으로 감소한다. 화학량론상 $[A] - 2[B]$는 일정하므로, B가 같은 시간 간격마다 절반이 되는 이 자료에서는 A도 같은 비율로 감소하여 반감기는 1분이다.

ㄷ. X: 온도가 일정하여 k가 같고 반응 속도는 A의 농도에 비례한다. 1분에서 4분까지는 반감기 3회가 지나므로 [A]_4=[A]_1≤ft(12)^3이다. 따라서 $\frac{v_1}{v_4} = \frac{[A]_1}{[A]_4} = 8$로, 1분일 때 속도는 4분일 때의 **16배가 아니라 8배**이다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 30. 다음은 A가 B로 분해되는 화학 반응식이다.

$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$

2 L 부피의 강철 용기에 $A(g)$ 0.2 mol을 넣고 반응시켜 평형에 도달하였을 때 $A(g)$는 0.1 mol이었다. 이에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. 평형 상태에서 $B(g)$의 양은 0.2 mol이다.

ㄴ. 평형 상수(K)는 0.2이다.

ㄷ. 초기 양이 $A(g)$ 0.2 mol, $B(g)$ 0.2 mol인 경우, 역반응 쪽으로 반응이 진행된다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

A가 0.1 mol 반응하면 계수비에 따라 B는 0.2 mol 생성된다. **2 L로 나눈 농도**를 사용하면 K는 0.2이며, A와 B가 각각 0.2 mol인 초기 상태의 Q는 0.1이어서 정반응이 진행한다.

보기별 해설

ㄱ. (O) A는 0.2 mol에서 0.1 mol로 줄어 **0.1 mol이 반응**했다. 반응식에서 A 1 mol당 B 2 mol이 생성되므로 B의 평형 몰수는 $2 \times 0.1 = 0.2$mol이다.

ㄴ. (O) 부피가 2 L이므로 평형 농도는 $[A] = 0.1/2 = 0.05$M, $[B] = 0.2/2 = 0.10$M이다. 따라서
$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{(0.10)^2}{0.05} = 0.2$
이다. 몰수를 그대로 넣지 않고 농도로 바꾸어야 한다.

ㄷ. (X) 같은 온도와 2 L 용기에서 A와 B가 각각 0.2 mol이면 두 초기 농도는 모두 0.10 M이다. 반응 지수는
$Q_c = \frac{(0.10)^2}{0.10} = 0.10$
으로 $Q_c < K_c$이므로 정반응이 진행한다. B가 더 생성되는 방향이지 역반응 방향이 아니다.

옳은 보기는 **ㄱ, ㄴ**이므로 정답은 ②이다.

NoteBase

문 31. 평형 상태에 있는 다음 열화학 반응에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

$N_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) \qquad \Delta H = 66\text{kJ}$

① 정촉매를 넣어주면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

② 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

③ 일정한 온도에서 압력을 감소시키면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

④ 일정 부피에서 Ar(g)를 반응 혼합물에 첨가해도 평형은 이동하지 않는다.

정답 1번

간단한 해설

촉매는 정반응과 역반응을 모두 빠르게 할 뿐 평형 조성을 바꾸지 않는다. 이 반응의 평형 이동은 흡열 여부, 기체 몰수 차이, 반응 기체의 부분압력 변화를 따로 살펴야 한다.

선지별 해설

① (X) 정촉매는 더 낮은 활성화 에너지의 반응 경로를 제공하여 정반응과 역반응이 평형에 도달하는 속도를 높인다. 같은 온도에서 평형 상수는 변하지 않으므로 **평형을 정반응 쪽으로 이동시키지 않는다**.

② (O) 제시한 정반응의 ΔH가 +66 kJ이므로 정반응은 흡열 반응이다. 온도를 높이면 가해진 열을 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

③ (O) 온도를 일정하게 유지하면서 부피를 늘려 압력을 낮추면 기체 몰수가 많은 쪽이 유리해진다. 반응물은 $1 + 2 = 3$ mol, 생성물은 2 mol의 계수 합을 가지므로 기체 몰수가 더 많은 **역반응 쪽**으로 이동한다.

④ (O) 온도와 부피를 유지한 채 반응하지 않는 Ar을 첨가하면 전체 압력은 커지지만 기존 반응 기체의 부분압력 $p_i = n_i RT/V$는 변하지 않는다. 따라서 반응 지수도 변하지 않아 평형은 이동하지 않는다. 전체 압력 증가만으로 이동 방향을 판단하면 안 된다.

NoteBase

문 32. 25 °C에서 0.05 M $A(OH)_2(aq)$의 pH로 옳은 것은? (단, $A(OH)_2$는 강염기이고, 25 °C에서 물의 이온화곱 상수 K_W는 1×10^{-14}이다.)

① 1

② 2

③ 12

④ 13

정답 4번

간단한 해설

강염기 $A(OH)_2$ 1몰은 OH^- 2몰을 내놓으므로 **$[OH^-]$=0.10 M**이다. pOH는 1이고 25 °C에서 pH+pOH=14이므로 **pH=13**, 정답은 ④이다.

계산 과정

① 강염기의 해리식 확인

$A(OH)_2(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

강염기는 수용액에서 완전히 해리한다고 보며, OH^-의 계수가 **2**임에 주의한다.

② 수산화 이온 농도 계산

$[OH^-] = 2 \times 0.05 = 0.10 = 10^{-1}\text{M}$

③ pOH와 pH 계산

$\text{pOH} = -\log[OH^-] = -\log 10^{-1} = 1$

주어진 $K_W = 10^{-14}$에서 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$이므로

$\text{pH} = 14 - 1 = 13$

따라서 **13**이다. 직접 검산하면 $[H^+] = K_W/[OH^-] = 10^{-14}/10^{-1} = 10^{-13}\text{M}$로 같은 결과를 얻는다. pOH인 1을 pH로 고르지 않는다.

NoteBase

문 33. 다음은 중화 반응 실험 결과이다. 이에 관한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 열손실은 없다.)

실험	1 M $HCl(aq)$의 부피[mL]	$NaOH(aq)$의 부피[mL]	혼합 용액의 액성
(가)	5	5	산성
(나)	10	20	중성
(다)	15	10	

① 혼합 전 NaOHaq의 몰 농도는 0.5 M이다.

② (가)에서 NaOHaq 5 mL를 첨가하면 넣기 직전에 비해 혼합 용액의 온도는 올라간다.

③ (나)에서 구경꾼 이온은 존재하지 않는다.

④ (다)의 용액에 메틸 오렌지 지시약을 넣으면 수용액은 붉은색이 된다.

정답 3번

간단한 해설

중화 반응에서는 수소 이온과 수산화 이온이 물을 만들지만, **나트륨 이온과 염화 이온은 구경꾼 이온으로 남는다.** 따라서 (나)가 중성이라는 사실로 구경꾼 이온이 없다고 할 수 없다.

NoteBase

선지별 해설

① O: (나)는 중성이므로 HCl과 NaOH의 몰수가 같다. HCl의 양은 $1.0 \times 0.010 = 0.010$ mol이고 NaOH의 부피는 0.020 L이므로, NaOH의 농도는 0.010/0.020=0.5 M이다.

② O: (가)에 남은 수소 이온은 $1.0 \times 0.005 - 0.5 \times 0.005 = 0.0025$ mol이다. NaOH 5 mL를 추가하면 수산화 이온 0.0025 mol이 더해져 남은 수소 이온과 중화한다. 중화 반응은 발열 반응이므로, 같은 초기 온도의 용액을 사용하는 통상적인 이 실험 조건에서는 추가 중화로 온도가 올라간다.

③ X: 중화의 알짜 이온 반응은 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$이다. **구경꾼 이온인 Na^+와 Cl^-는 중성 용액에서도 남아 있다.** 중성은 수소 이온과 수산화 이온의 농도가 같다는 뜻이지 이온이 전혀 없다는 뜻이 아니다.

④ O: (다)에서 HCl은 0.015 mol, NaOH는 0.005 mol이므로 중화 후 수소 이온이 0.010 mol 남는다. 혼합 부피 0.025 L에서 수소 이온 농도는 약 0.4 M로 강한 산성을 나타내므로, 메틸 오렌지는 붉은색을 띤다.

NoteBase

문 34. 25 °C에서 AB염의 용해 반응에 대한 설명 중 옳지 않은 것은? (단, AC와 DB는 100% 이온화된다.)

$AB(s) \rightleftharpoons A^+(aq) + B^-(aq) \qquad K_{sp} = 1 \times 10^{-10}$

① 25 °C에서 AB의 용해도는 1×10^{-5} mol/L이다.

② 0.01 M AC 수용액에 AB염을 녹이면 AB의 용해도는 증가한다.

③ $A^+(aq)$과 착이온을 형성하여 안정화될 수 있는 과량의 리간드를 용액에 넣어주면 AB의 용해도는 증가한다.

④ 0.002 M AC 0.5 L와 0.002 M DB 0.5 L를 혼합하여 용액을 만들면 AB의 침전이 형성된다.

정답 2번

간단한 해설

AC는 AB와 공통인 A^+를 공급한다. **공통 이온 효과로 용해 평형이 고체 쪽으로 이동**하므로 AB의 용해도는 증가하는 것이 아니라 감소한다.

선지별 해설

① O: 순수한 물에서 AB의 몰 용해도를 s라 하면 1:1로 해리하므로 $[A^+] = [B^-] = s$이다. 따라서 $K_{sp} = s^2 = 1 \times 10^{-10}$이고, $s = 1 \times 10^{-5}$ mol/L이다.

② X: AC가 완전히 이온화되어 공통 이온 A^+를 공급한다. 용해 평형이 고체 AB 쪽으로 이동하는 **공통 이온 효과 때문에 용해도는 감소**한다. AC 용액에서의 용해도를 s라 하면 $(0.01 + s)s = 1 \times 10^{-10}$이며, $s \ll 0.01$로 근사하면 $s \approx \frac{1 \times 10^{-10}}{0.01} = 1 \times 10^{-8}$ mol/L로 순수한 물보다 작다.

③ O: 리간드가 A^+와 안정한 착이온을 만들면 용해도곱에 들어가는 **자유로운 A^+의 농도**가 낮아진다. 이를 보충하는 방향으로 AB가 더 녹으므로, 착이온까지 포함한 전체 용해량은 증가한다.

④ O: 혼합 부피를 1.0 L로 보면 침전 전 각 이온의 농도는 $[A^+] = [B^-] = \frac{0.002 \times 0.5}{1.0} = 0.001$ M이다. 이온곱은 $Q = (0.001)^2 = 1 \times 10^{-6}$으로 $K_{sp} = 1 \times 10^{-10}$보다 크므로 AB 침전이 형성된다.

따라서 옳지 않은 설명은 공통 이온을 넣으면 용해도가 증가한다고 한 ②이다.

NoteBase

문 35. 1 atm에서, 벤젠이 고체에서 액체로 상 전이를 할 때 엔트로피의 변화(ΔS)를 계산한 것으로 옳은 것은? (단, 벤젠의 몰 용융열은 10.9 kJ/mol이고, 1 atm에서 벤젠은 5.5 °C에서 녹는다.)

① 1.98 J/(K·mol)

② 39.1 J/(K·mol)

③ 1.98 kJ/(K·mol)

④ 39.1 kJ/(K·mol)

정답 2번

간단한 해설

상전이 엔트로피는 **용융열 ÷ 녹는점의 절대온도**이다. 10.9 kJ/mol을 10,900 J/mol로, 5.5 °C를 278.65 K로 바꾸면 +39.1 J/(K·mol)이다.

계산 과정

녹는점에서 고체와 액체가 평형을 이루며 가역적으로 상변화할 때 몰 엔트로피 변화는 **몰 용융열을 절대온도로 나눈 값**이다.

$\Delta S_{\text{fus}} = \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T_m}$

온도는 섭씨가 아니라 켈빈으로 넣어야 한다.

$T_m = 5.5 + 273.15 = 278.65\text{K}$

또한 $10.9\text{kJ/mol} = 10900\text{J/mol}$로 단위를 바꾼다.

대입하면

$\Delta S_{\text{fus}} = \frac{10900}{278.65} \approx 39.1\text{J/(K}\cdot\text{mol)}$

이다. 따라서 정답은 ② **39.1 J/(K·mol)**이다.

고체가 액체로 녹는 과정은 열을 흡수하며 엔트로피가 증가하므로 부호는 양수이다. 5.5를 그대로 분모에 넣거나 kJ와 J를 혼동하면 안 된다.

NoteBase

문 36. $Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$ **반응을 이용하여 금속 표면에 금을 도금하려고 한다. 충분한 양의 금 이온이 용액 속에 있다고 할 때, 0.392 g의 금을 도금하기 위해서 0.1 A의 전류를 흘려주어야 할 시간[분]으로 옳은 것은? (단, Au의 원자량은 196, 패러데이 상수는 96,000 C/mol이고, 모든 전류는 금 이온의 환원 반응에만 사용된다.)**

① 32

② 48

③ 64

④ 96

정답 4번

간단한 해설

금 0.392 g은 0.002 mol이고, **금 1 mol당 전자 3 mol**이 필요하다. 필요한 전하 576 C를 0.1 A로 공급하는 시간은 5,760초, 즉 96분이다.

계산 과정

도금할 금의 물질량은 $n(\mathrm{Au}) = 0.392\mathrm{g} \div 196\mathrm{g/mol} = 0.00200\mathrm{mol}$이다.

반쪽 반응 $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$에 따라 금 1 mol을 석출하는 데 전자 3 mol이 필요하다. 필요한 전자 몰수는 $0.00200 \times 3 = 0.00600\mathrm{mol}$이다.

필요 전하량은 $Q = n(e^-)F = 0.00600 \times 96{,}000 = 576\mathrm{C}$이다. 모든 전류가 금 석출에 쓰인다는 조건이므로 전류 효율을 추가로 보정할 필요가 없다.

전류 0.1A는 초당 0.1 C의 전하가 흐른다는 뜻이다. 따라서 $t = Q/I = 576/0.1 = 5{,}760\mathrm{s}$, 즉 $5{,}760/60 = 96$분이다. 정답은 ④이다.

NoteBase

문 37. 다음은 25 °C에서 산 HA의 이온화 반응식과 이온화 상수를 나타낸 것이다. 이에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은? (단, 25 °C에서 물의 이온화곱 상수(K_w)는 1×10^{-14}이다.)

$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq) \qquad K_a = 1 \times 10^{-6}$

<보기>

ㄱ. $H_2O(l)$와 $H_3O^+(aq)$은 각각 염기와 짝산이다.

ㄴ. $A^-(aq)$의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-8}이다.

ㄷ. $HA(aq)$의 농도가 1 M일 때, 이온화도(α)는 1×10^{-1}이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

물은 양성자를 받는 염기이고, H_3O^+는 그 짝산이다. HA의 짝염기는 **산·염기 이온화 상수의 곱이 물의 이온화곱**이라는 관계를 적용하면 $K_b = 1 \times 10^{-8}$이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 브뢴스테드-로리 염기는 양성자를 받는 물질이다. 정반응에서 물은 HA로부터 양성자를 받아 H_3O^+가 되므로 염기이고, 생성된 H_3O^+는 그 짝산이다.

ㄴ. O: HA와 A^-는 산과 짝염기이므로 같은 온도에서 $K_aK_b = K_w$가 성립한다. 따라서 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$이다.

ㄷ. X: 이온화도 α는 처음 산 중 이온화된 비율이다. 초기 농도가 c이면 $K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$이다. c = 1 M에서 약산의 작은 이온화도를 가정하면 $\alpha \approx \sqrt{\frac{K_a}{c}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-6}}{1}} = 1 \times 10^{-3}$이다. 이는 0.1%로 충분히 작아 근사가 타당하며, **이온화도는 약 0.001**이지 0.1이 아니다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 38. 탄소, 수소, 산소로만 이루어진 어떤 액체 시료 3.44 g을 완전 연소시켜 CO_2 8.8 g, H_2O 3.6 g을 얻었다. 이 화합물의 실험식은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이다.)

① C_3H_8O

② C_4H_8O

③ $C_4H_{10}O$

④ $C_5H_{10}O$

정답 4번

간단한 해설

연소 생성물로부터 탄소와 수소의 양을 구하고, **시료 질량에서 두 원소의 질량을 뺀 산소량**을 구한다. C, H, O의 몰수비가 5:10:1이므로 실험식은 $C_5H_{10}O$이다.

계산 과정

① 탄소의 양: CO_2의 몰질량은 44 g/mol이므로 생성량은 $8.8/44 = 0.20$ mol이다. 탄소 원자도 0.20 mol이므로 시료에 들어 있던 탄소 질량은 $0.20 \times 12 = 2.40$ g이다.

② 수소의 양: 물의 몰질량은 18 g/mol이므로 생성량은 $3.6/18 = 0.20$ mol이다. 물 한 분자에 H가 2개이므로 수소 원자는 0.40 mol이며, 그 질량은 0.40 g이다.

③ 산소의 양: 시료는 C, H, O만으로 이루어져 있으므로 시료 속 산소 질량은 3.44-2.40-0.40=0.64 g이다. 산소 원자의 몰수는 $0.64/16 = 0.040$ mol이다. 생성물의 산소에는 연소에 공급한 산소도 포함되므로, 시료 속 산소는 질량 차이로 구한다.

④ 가장 간단한 몰수비: $C : H : O = 0.20 : 0.40 : 0.040 = 5 : 10 : 1$이다. 따라서 실험식은 $C_5H_{10}O$이고 정답은 ④이다.

NoteBase

문 39. 다음 혼합 용액 중 0.1M 강산 0.01L를 첨가 시 25 °C, pH 6에서 가장 pH 변화가 작은 것은? (단, 25 °C에서 HA(aq)와 HB(aq)의 이온화 상수(K_a)는 각각 1×10^{-4}, 1×10^{-6}이다.)

① 0.001M HA(aq) 0.5L + 0.1M A^-(aq) 0.5L

② 0.01M HA(aq) 0.5L + 1M A^-(aq) 0.5L

③ 0.01M HB(aq) 0.5L + 0.01M B^-(aq) 0.5L

④ 0.1M HB(aq) 0.5L + 0.1M B^-(aq) 0.5L

정답 4번

간단한 해설

첨가한 강산은 0.001 mol이며, 각 용액의 짝염기를 그만큼 소모하고 약산을 같은 양만큼 증가시킨다. 첨가 후 pH를 비교하면 ① 약 5.514, ② 약 5.920, ③ 약 5.824, ④ 약 5.983이다. 처음 pH 6에서 **변화가 가장 작은 것은 ④**이다.

NoteBase

선지별 해설

공통 계산 기준

$n(H^+) = 0.1 \times 0.01 = 0.001$mol이다. 첨가한 H^+는 짝염기와 반응하여 약산이 되므로, 짝염기의 몰수에서 0.001을 빼고 약산의 몰수에 0.001을 더한다.

pH≈pK_a+n(짝염기)n(약산)

HA의 pK_a는 4, HB의 pK_a는 6이다. 같은 용액 안의 농도비에서는 전체 부피가 소거되므로 몰수비로 계산한다.

① HA 0.0005 mol + A^- 0.05 mol

처음 몰수비는 100이므로 pH는 $4 + \log 100 = 6$이다. 강산 첨가 후에는 HA 0.0015 mol, A^- 0.049 mol이 된다.

$\text{pH} \approx 4 + \log \frac{0.049}{0.0015} \approx 5.514$

pH 감소량은 **약 0.486**이다.

② HA 0.005 mol + A^- 0.5 mol

처음 몰수비는 역시 100이다. 강산 첨가 후 HA 0.006 mol, A^- 0.499 mol이 된다.

$\text{pH} \approx 4 + \log \frac{0.499}{0.006} \approx 5.920$

pH 감소량은 **약 0.080**이다. 총농도가 높더라도 약산과 짝염기의 비가 1:100으로 치우쳐 있다.

③ HB 0.005 mol + B^- 0.005 mol

처음 약산과 짝염기의 몰수가 같으므로 pH는 6이다. 강산 첨가 후 HB 0.006 mol, B^- 0.004 mol이 된다.

$\text{pH} \approx 6 + \log \frac{0.004}{0.006} \approx 5.824$

pH 감소량은 **약 0.176**이다.

④ HB 0.05 mol + B^- 0.05 mol

처음 약산과 짝염기의 몰수가 같고, 각각의 양은 ③의 10배이다. 강산 첨가 후 HB 0.051 mol, B^- 0.049 mol이 된다.

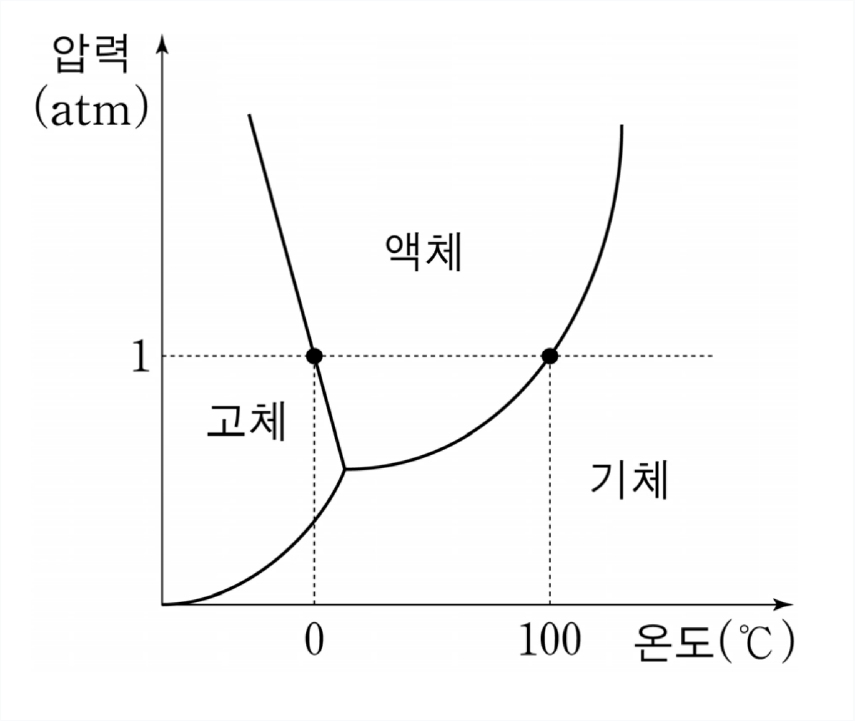
$\text{pH} \approx 6 + \log \frac{0.049}{0.051} \approx 5.983$

pH 감소량은 **약 0.017**로 가장 작다.

감소량은 ④＜②＜③＜①이다. 따라서 목표 pH와 pK_a가 같고 두 완충 성분의 양도 충분한 ④가 정답이다.

NoteBase

문 40. 다음은 어떤 물질의 상평형 및 이 물질의 특정 온도와 압력에서의 안정한 상에 대한 자료이다. (단, $T_2 > T_1$, $P_2 > P_1$이다.) 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 모두 고른 것은?



T_1℃, P_1atm에서 안정한 상은 고체와 기체이다.
T_1℃, P_2atm에서 안정한 상은 고체이다.
T_2℃, P_2atm에서 안정한 상은 액체이다.
T_2℃, 1atm에서 안정한 상은 기체이다.

<보기>
ㄱ. $P_2 > 1$이다.
ㄴ. 1atm, T_1℃에서 안정한 상은 고체이다.
ㄷ. P_1atm, 0℃에서 안정한 상은 기체이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

NoteBase

간단한 해설

T_2에서 1 atm은 기체이고 P_2는 액체이므로 **$P_2 > 1$**이다. 고체·액체 경계의 음의 기울기와 P_2에서 T_1이 고체라는 조건을 연결하면 $T_1 < 0$ ℃이며, 이를 승화 곡선에 적용하면 세 보기가 모두 성립한다.

보기별 해설

ㄱ. (O) 같은 T_2에서 1 atm일 때는 기체, P_2일 때는 액체이다. 그림의 액체 영역은 기체 영역보다 높은 압력 쪽에 있으므로 **$P_2 > 1$**이다. 1 atm에서 T_2의 안정한 상이 기체라는 조건으로 T_2는 100 ℃보다 높다는 것도 알 수 있다.

ㄴ. (O) P_2는 1 atm보다 높고, 그림의 고체·액체 경계선은 압력이 높을수록 녹는점이 낮아지는 방향으로 기울어져 있다. 따라서 P_2에서의 녹는점은 0 ℃보다 낮다. 그 압력에서 T_1의 안정한 상이 고체이므로 **$T_1 < 0$ ℃**이다. 1 atm의 녹는점은 0 ℃이므로 1 atm, T_1에서도 고체가 안정하다.

ㄷ. (O) T_1, P_1에서는 고체와 기체가 공존하므로 이 점은 승화 곡선 위에 있다. T_1은 0 ℃보다 낮고 승화 곡선은 온도가 높아질수록 압력이 커진다. 따라서 P_1을 유지한 채 0 ℃까지 온도를 올리면 **승화 곡선 아래의 기체 영역**에 놓인다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 정답은 ④이다.

NoteBase