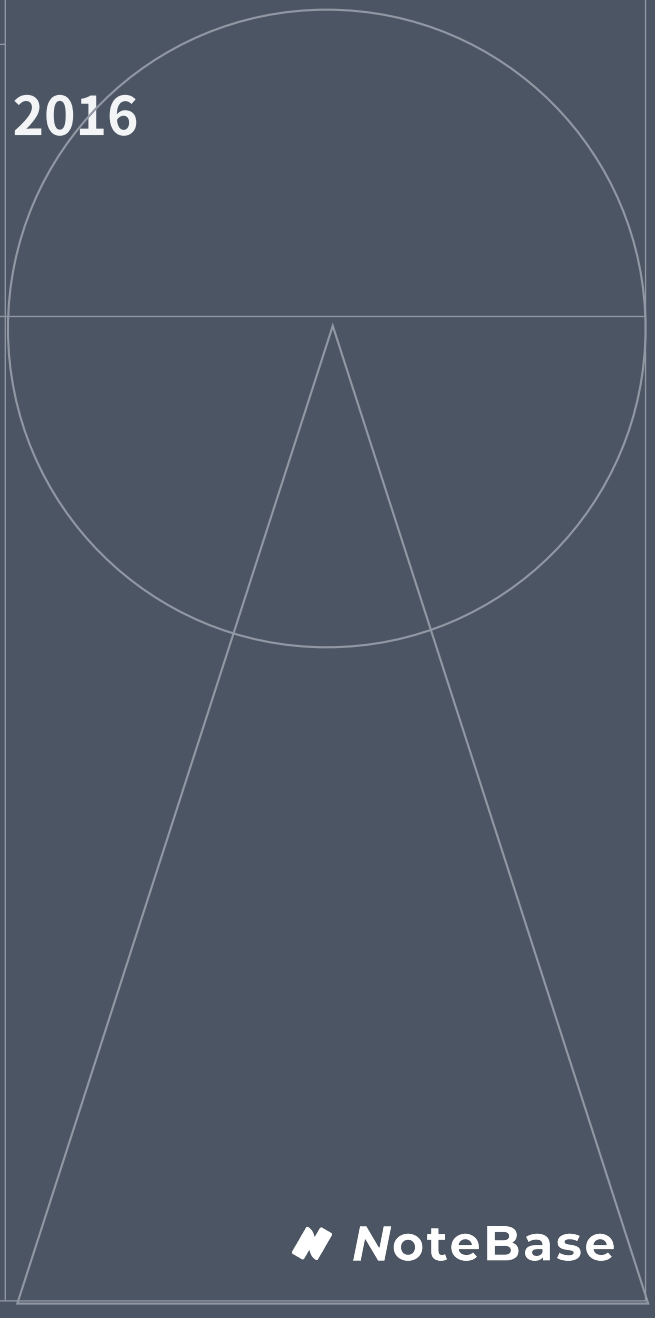
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2016

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2016

문 1. 다음 중 개수가 가장 많은 것은?

① 순수한 다이아몬드 12 g 중의 탄소 원자

② 산소 기체 32 g 중의 산소 분자

③ 염화암모늄 1몰을 상온에서 물에 완전히 녹였을 때 생성되는 암모늄이온

④ 순수한 물 18 g 안에 포함된 모든 원자

정답 4번

간단한 해설

물 18 g은 물 분자 1 mol이며, 물 분자 하나에는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 있다. 따라서 **모든 원자의 양은 3 mol**로, 물 분자의 양의 3배이다.

NoteBase

선지별 해설

입자 1 mol의 개수는 아보가드로수 N_A와 같다. 질량이 주어진 물질은 $n = \frac{m}{M}$으로 물질량을 구한다. 여기서 n은 물질량, m은 질량, M은 몰질량이다. 그다음 각 선지에서 세라고 한 원자·분자·이온의 양으로 환산하여 비교한다.

① 다이아몬드의 탄소 원자: 다이아몬드는 탄소 원자로 이루어져 있다. 탄소의 몰질량을 12 g/mol로 사용하면, 탄소 12 g의 물질량은 $\frac{12}{12} = 1\text{mol}$이다. 따라서 탄소 원자는 N_A개이다.

② 산소 기체의 산소 분자: 산소 분자는 산소 원자 2개로 이루어지므로 몰질량은 32 g/mol이다. 산소 기체 32 g은 $\frac{32}{32} = 1\text{mol}$이므로 산소 분자는 N_A개이다. 여기서는 **원자가 아니라 분자**를 세므로 2를 곱하지 않는다.

③ 염화암모늄에서 생성되는 암모늄 이온: 염화암모늄은 물에 녹아 암모늄 이온과 염화 이온으로 해리된다. 염화암모늄과 암모늄 이온의 몰비는 **1 : 1**이므로, 염화암모늄 1 mol에서 생성되는 암모늄 이온은 1 mol, 즉 N_A개이다. 염화 이온은 이 선지에서 세는 대상에 포함되지 않는다.

④ 물에 포함된 모든 원자: 물의 몰질량은 18 g/mol이므로 물 18 g은 $\frac{18}{18} = 1\text{mol}$이다. 물 분자 하나에 수소 원자 2개와 산소 원자 1개가 있으므로, **분자 1개당 원자는 총 3개**이다. 따라서 물 분자 1 mol에 포함된 모든 원자는 3 mol, 즉 $3N_A$개이다.

①·②·③에서 세는 입자는 각각 N_A개이고, ④에서 세는 모든 원자는 $3N_A$개이므로 ④의 개수가 가장 많다.

NoteBase

문 2. 원소들의 전기음성도 크기의 비교가 올바른 것은?

① C < H

② S < P

③ S < O

④ Cl < Br

정답 3번

간단한 해설

산소(O)와 황(S)은 같은 16족이며, **위에 있는 산소의 전기음성도가 더 크다**. 산소가 결합 전자쌍을 더 강하게 끌어당기므로 S < O이다.

선지별 해설

전기음성도는 원자가 화학 결합에서 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력이다. 일반적으로 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록, 같은 족에서는 위로 갈수록 커진다.

① X: 폴링 척도에서 탄소(C)의 전기음성도는 약 2.55, 수소(H)는 약 2.20이다. 탄소가 수소보다 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당기므로 **C > H**로 고쳐야 한다.

② X: 인(P)과 황(S)은 같은 3주기이며, 황이 인보다 오른쪽에 있다. 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하가 커져 공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이 강해지는 경향이 있으므로 **S > P**이다.

③ O: 황(S)과 산소(O)는 같은 16족이며, 산소는 2주기, 황은 3주기에 있다. 산소는 황보다 전자껍질 수가 적고 원자 반지름이 작아 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다. 따라서 **S < O**이다.

④ X: 염소(Cl)와 브로민(Br)은 같은 17족이며, 염소가 브로민보다 위에 있다. 브로민은 염소보다 전자껍질 수가 많고 원자 반지름이 커 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력이 더 작다. 따라서 **Cl > Br**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 3. 1 M$Fe(NO_3)_2$ 수용액에서 음이온의 농도는? (단, $Fe(NO_3)_2$는 수용액에서 100% 해리된다)

① 1 M

② 2 M

③ 3 M

④ 4 M

정답 2번

간단한 해설

$Fe(NO_3)_2$가 완전히 해리되면 화학식 단위 하나당 **질산 이온(NO_3^-) 두 개**가 생성된다. 따라서 1 M 수용액의 음이온 농도는 1 × 2 = 2 M이다.

계산 과정

몰 농도 M은 수용액 1 L에 들어 있는 용질의 양을 mol 단위로 나타낸 농도이다. 따라서 1 M $Fe(NO_3)_2$ 수용액 1 L에는 $Fe(NO_3)_2$ 1 mol에 해당하는 양이 들어 있다.

$Fe(NO_3)_2$는 주어진 조건에서 100% 해리되며, 해리식은 $Fe(NO_3)_2(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$이다. 즉, $Fe(NO_3)_2$ 1 mol에서 **음이온인 NO_3^-가 2 mol** 생성된다. Fe^{2+}는 양이온이므로 음이온의 농도에 포함하지 않는다.

같은 수용액 1 L에 NO_3^-가 2 mol 존재하므로 음이온 농도는 1 × 2 = 2 M이다. 이는 ②의 2 M에 해당한다.

NoteBase

문 4. 밑줄 친 원자(C, Cr, N, S)의 산화수가 옳지 않은 것은?

① HCO_3^-, +4

② Cr_2O_7^2-, +6

③ NH_4^+, +5

④ SO_4^2-, +6

정답 3번

간단한 해설

암모늄 이온 NH_4^+에서 H 4개의 산화수 합은 +4이고, 전체 산화수 합은 이온의 전하인 +1이다. 따라서 N의 산화수는 **+5가 아니라 −3**이다.

선지별 해설

다원자 이온에서 각 원자의 산화수를 모두 더하면 **이온 전체의 전하**와 같다. 이 문항의 이온에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 −2이다. 밑줄 친 원자 하나의 산화수를 각각 x로 두고 원자 수를 곱해 합한다.

① O: HCO_3^-의 전체 전하는 −1이다. $1 + x + 3(-2) = -1$이므로 $x = +4$이다. 따라서 C의 산화수는 +4이다.

② O: $Cr_2O_7^{2-}$의 전체 전하는 −2이다. **Cr 원자가 2개**이므로 $2x + 7(-2) = -2$로 계산한다. 두 Cr의 산화수 합은 +12이고, Cr 하나의 산화수는 +6이다.

③ X: NH_4^+의 전체 전하는 +1이다. $x + 4(+1) = +1$이므로 $x = -3$이다. H 4개의 산화수 합 +4와 N의 산화수를 더해 +1이 되어야 하므로, N의 산화수는 **+5가 아니라 −3**으로 고쳐야 한다.

④ O: SO_4^{2-}의 전체 전하는 −2이다. $x + 4(-2) = -2$이므로 $x = +6$이다. 따라서 S의 산화수는 +6이다.

NoteBase

문 5. 90 g의 글루코오스($C_6H_{12}O_6$)와 과량의 산소(O_2)를 반응시켜 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성되는 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, H, C, O의 몰 질량[g/mol]은 각각 1, 12, 16이다)

$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow xCO_2(g) + yH_2O(\ell)$

① x와 y에 해당하는 계수는 모두 6이다.

② 90 g 글루코오스가 완전히 반응하는데 필요한 O_2의 질량은 96 g이다.

③ 90 g 글루코오스가 완전히 반응해서 생성되는 CO_2의 질량은 88 g이다.

④ 90 g 글루코오스가 완전히 반응해서 생성되는 H_2O의 질량은 54 g이다.

정답 3번

간단한 해설

글루코오스 90 g은 0.5 mol이며, 글루코오스와 CO_2의 반응 몰비는 **1 : 6**이다. 따라서 CO_2는 3 mol 생성되므로 그 질량은 88 g이 아니라 **132 g**이다.

선지별 해설

화학 반응식의 계수비는 물질 사이의 **몰수비**를 나타낸다. 글루코오스의 몰 질량은 $6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180$ g/mol이므로, 90 g의 몰수는 $\frac{90\text{g}}{180\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$이다. 산소가 과량이므로 글루코오스 0.5 mol이 모두 반응하는 것을 기준으로 계산한다.

① O: 반응 전후 각 원자의 수가 같아야 한다. 글루코오스 한 분자에 탄소 원자가 6개 있으므로 CO_2의 계수 x는 6이고, 수소 원자가 12개 있으므로 H_2O의 계수 y도 6이다. 이때 산소 원자 수도 반응물과 생성물 양쪽에서 각각 18개로 일치한다.

② O: 글루코오스와 O_2의 몰수비는 1 : 6이므로, 글루코오스 0.5 mol이 완전히 반응하는 데 O_2는 $0.5 \times 6 = 3$ mol이 필요하다. O_2의 몰 질량은 $2 \times 16 = 32$ g/mol이므로 필요한 질량은 $3\text{ mol} \times 32\text{ g/mol} = 96$ g이다. 이는 **실제로 반응하는 산소의 질량**이며, 과량으로 넣은 산소의 전체 질량을 뜻하지 않는다.

③ X: 글루코오스와 CO_2의 몰수비는 1 : 6이므로, 글루코오스 0.5 mol에서 CO_2는 $0.5 \times 6 = 3$ mol 생성된다. CO_2의 몰 질량은 $12 + 2 \times 16 = 44$ g/mol이므로 생성 질량은 $3\text{ mol} \times 44\text{ g/mol} = 132$ g이다. 따라서 선지의 88 g은 **132 g으로 고쳐야 한다**.

④ O: 글루코오스와 H_2O의 몰수비는 1 : 6이므로, 생성되는 H_2O는 $0.5 \times 6 = 3$ mol이다. H_2O의 몰 질량은 $2 \times 1 + 16 = 18$ g/mol이므로 생성 질량은 $3\text{ mol} \times 18\text{ g/mol} = 54$ g이다.

NoteBase

문 6. 묽은 설탕 수용액에 설탕을 더 녹일 때 일어나는 변화를 설명한 것으로 옳은 것은?

① 용액의 증기압이 높아진다.

② 용액의 끓는점이 낮아진다.

③ 용액의 어는점이 높아진다.

④ 용액의 삼투압이 높아진다.

정답 4번

간단한 해설

설탕을 더 녹이면 용액 속 **용질 입자의 농도가 증가**한다. 같은 온도에서 묽은 설탕 수용액의 삼투압은 용질의 몰 농도에 비례하므로 **삼투압이 높아진다**.

선지별 해설

설탕은 물에 녹아도 이온으로 해리되지 않는 비전해질이며, 쉽게 기화하지 않는 비휘발성 용질이다. 묽은 설탕 수용액에 설탕을 더 녹이면 용질 입자의 농도가 증가한다.

① X: 같은 온도에서 비휘발성 용질이 녹은 용액의 증기압은 물의 몰 분율에 비례한다. 설탕을 더 녹이면 전체 입자 중 물 분자가 차지하는 비율이 작아지므로 용액의 **증기압은 낮아진다**.

② X: 끓는점은 액체의 증기압이 외부 압력과 같아지는 온도이다. 설탕을 더 녹이면 같은 온도에서의 증기압이 낮아지므로, 외부 압력이 같을 때 더 높은 온도까지 가열해야 끓는다. 따라서 **끓는점은 높아진다**.

③ X: 비휘발성 용질이 녹으면 용액이 얼기 시작하는 온도가 순수한 용매보다 낮아지는 어는점 내림이 나타난다. 묽은 용액에서는 용매의 질량당 용질 입자 수가 많을수록 어는점 내림이 커진다. 설탕을 더 녹이면 **어는점은 더 낮아진다**.

④ O: 삼투압은 반투막을 사이에 둔 순수한 물이 용액 쪽으로 이동하는 것을 막기 위해 용액 쪽에 가해야 하는 추가 압력이다. 묽은 비전해질 용액에서는 $\pi = cRT$이며, c는 용질의 몰 농도, R은 기체 상수, T는 절대 온도이다. 설탕을 더 녹이면 **같은 온도에서 몰 농도가 증가**하므로 삼투압이 높아진다.

NoteBase

문 7. 다음의 화합물 중에서 원소 X가 산소(O)일 가능성이 가장 낮은 것은? (단, O의 몰 질량[g/mol]은 16이다)

화합물	ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ
분자량	160	80	70	64
원소 X의 질량 백분율(%)	30	20	30	50

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 3번

간단한 해설

분자에 포함된 산소 원자 수는 **정수**여야 한다. ㄷ의 자료로 계산하면 분자당 산소 원자가 $\frac{21}{16}$개가 되어 이 조건에 맞지 않는다.

NoteBase

계산 과정

표의 분자량과 수치가 같은 몰 질량을 M g/mol, X의 질량 백분율을 w%라 하자. X를 산소로 가정하면 화합물 1 mol에 들어 있는 산소의 질량은 $M \cdot \frac{w}{100}$ g이다. 이를 산소의 몰 질량 16 g/mol로 나누면 산소 원자의 몰수를 얻으며, 이 값은 분자 1개에 포함된 산소 원자 수 n과 수치가 같다. 따라서 $n = \frac{M \cdot w}{100 \cdot 16}$이고, n은 **양의 정수**여야 한다.

ㄱ: 화합물 1 mol에 들어 있는 X의 질량은 $160 \cdot \frac{30}{100} = 48$ g이다. 산소로 가정하면 $n = \frac{48}{16} = 3$이므로, 분자당 산소 원자 3개를 포함할 수 있다.

ㄴ: 화합물 1 mol에 들어 있는 X의 질량은 $80 \cdot \frac{20}{100} = 16$ g이다. 산소로 가정하면 $n = \frac{16}{16} = 1$이므로, 분자당 산소 원자 1개를 포함할 수 있다.

ㄷ: 화합물 1 mol에 들어 있는 X의 질량은 $70 \cdot \frac{30}{100} = 21$ g이다. 산소로 가정하면 $n = \frac{21}{16} = 1.3125$가 되어 **원자 수가 정수가 되지 않는다**. 따라서 주어진 분자량과 질량 백분율은 X가 산소라는 가정과 맞지 않는다.

ㄹ: 화합물 1 mol에 들어 있는 X의 질량은 $64 \cdot \frac{50}{100} = 32$ g이다. 산소로 가정하면 $n = \frac{32}{16} = 2$이므로, 분자당 산소 원자 2개를 포함할 수 있다.

ㄱ · ㄴ · ㄹ은 산소 원자 수가 정수로 계산되지만 ㄷ은 그렇지 않으므로, X가 산소일 가능성이 가장 낮은 화합물은 ㄷ이며 ③에 해당한다.

NoteBase

문 8. 대기 오염 물질인 기체 A, B, C가 <보기 1>과 같을 때 <보기 2>의 설명 중 옳은 것만을 모두 고른 것은?

<보기 1>
A : 연료가 불완전 연소할 때 생성되며, 무색이고 냄새가 없는 기체이다.
B : 무색의 강한 자극성 기체로, 화석 연료에 포함된 황 성분이 연소 과정에서 산소와 결합하여 생성된다.
C : 자극성 냄새를 가진 기체로 물의 살균 처리에도 사용된다.
<보기 2>
ㄱ. A는 헤모글로빈과 결합하면 쉽게 해리되지 않는다.
ㄴ. B의 수용액은 산성을 띤다.
ㄷ. C의 성분 원소는 세 가지이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

오존은 산소 원자 3개로 이루어진 분자이지만, 성분 원소는 **산소 한 종류**이다. 분자 속 원자 수와 성분 원소의 종류 수를 구별해야 한다.

보기별 해설

ㄱ. O: A는 연료의 불완전 연소로 생기는 무색·무취의 일산화 탄소(CO)이다. 일산화 탄소는 산소보다 헤모글로빈에 훨씬 강하게 결합하며, 결합한 뒤에도 **쉽게 해리되지 않는다**. 따라서 헤모글로빈의 산소 운반을 방해한다.

ㄴ. O: B는 황이 산소와 결합하여 생성되는 이산화 황(SO_2)이다. 이산화 황은 물에 녹아 물과 반응하면서 수소 이온을 생성하므로, 그 수용액은 **산성**을 띤다.

ㄷ. X: C는 자극성 냄새가 나고 물의 살균에 이용되는 오존(O_3)이다. 오존 한 분자는 산소 원자 3개로 이루어지지만, 이 원자들은 모두 같은 원소에 속한다. 따라서 성분 원소는 세 가지가 아니라 **산소 한 종류**이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이를 묶은 선택지는 ①이다.

NoteBase

문 9. 다음 중 분자 구조가 나머지와 다른 것은?

① $BeCl_2$

② CO_2

③ XeF_2

④ SO_2

정답 4번

간단한 해설

SO_2는 중심 S 원자에 **비공유 전자쌍이 1개** 있어 두 S–O 결합이 일직선을 이루지 않는 **굽은형**이다. 나머지 분자들은 원자들이 일직선으로 배열된다.

선지별 해설

원자가 껍질 전자쌍 반발 이론(VSEPR)에 따르면 중심 원자 주위의 전자 영역은 서로의 반발을 줄이도록 배치된다. 단일 결합과 다중 결합은 각각 하나의 전자 영역으로 세며, 비공유 전자쌍도 하나의 영역이다. 전자 영역의 배열에는 비공유 전자쌍을 포함하지만, 분자 구조의 이름은 원자들의 배치로 정한다.

① $BeCl_2$: 독립된 분자에서 중심 Be 원자는 두 Cl 원자와 결합하고 비공유 전자쌍은 없다. 두 전자 영역이 반발을 최소화하도록 서로 반대쪽에 놓이므로 **직선형**이며, Cl–Be–Cl 결합각은 180°이다.

② CO_2: 중심 C 원자는 두 O 원자와 각각 이중 결합하고 비공유 전자쌍은 없다. **각 이중 결합을 하나의 전자 영역**으로 세므로 전자 영역은 2개이다. 두 영역이 서로 반대쪽에 놓여 분자는 직선형이고 O–C–O 결합각은 180°이다.

③ XeF_2: 중심 Xe 원자 주위에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있어 전자 영역은 삼각쌍뿔형으로 배열된다. 반발이 큰 **비공유 전자쌍 3개가 적도 위치**를 차지하고, 두 F 원자는 서로 반대인 축 위치에 놓인다. 따라서 전자 영역의 배열과 달리 분자 구조는 직선형이며 F–Xe–F 결합각은 180°이다.

④ SO_2: 중심 S 원자 주위에는 두 S–O 결합에 해당하는 전자 영역 2개와 비공유 전자쌍에 해당하는 영역 1개가 있다. 세 전자 영역은 평면 삼각형을 바탕으로 배열되지만, 그중 한 자리를 **비공유 전자쌍이 차지**하므로 세 원자의 배치는 굽은형이다.

①~③은 직선형이고 ④의 SO_2만 굽은형이므로, 분자 구조가 나머지와 다른 것은 ④이다.

NoteBase

문 10. van der Waals 상태방정식 $P = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2}$에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은? (단, P, V, n, R, T는 각각 압력, 부피, 몰수, 기체상수, 온도이다)

ㄱ. a는 분자 간 인력의 크기를 나타낸다.
ㄴ. b는 분자 간 반발력의 크기를 나타낸다.
ㄷ. a는 $H_2O(g)$가 $H_2S(g)$보다 크다.
ㄹ. b는 $Cl_2(g)$가 $H_2(g)$보다 크다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

b는 분자들이 서로 겹쳐 들어갈 수 없는 **배제부피**를 나타내며, 이를 통해 **짧은 거리에서의 반발 효과**를 반영한다.

보기별 해설

ㄱ. O: a는 **분자 간 인력의 세기**를 반영하는 상수이다. 분자 간 인력은 분자가 용기 벽에 충돌하여 나타내는 압력을 낮추므로, 상태방정식에서 $\frac{an^2}{V^2}$을 뺀다. n과 V가 같을 때 a가 클수록 인력에 의한 압력 감소가 크다.

ㄴ. O: b는 분자의 유한한 크기 때문에 다른 분자가 접근할 수 없는 **몰당 배제부피**를 나타낸다. 분자들이 매우 가까이에서 서로 겹치지 못하게 하는 반발 효과를 이 부피로 반영한다. 따라서 분자가 운동할 수 있는 부피를 $V - nb$로 보정하며, n, V, T가 같을 때 b가 클수록 $\frac{nRT}{V-nb}$은 커진다. b는 반발 효과를 나타내는 상수이지 힘 자체의 단위를 갖는 양은 아니다.

ㄷ. O: H_2O 분자 사이에는 **수소 결합**이 작용한다. H_2S 분자 사이에는 H_2O와 같은 강한 수소 결합이 형성되지 않으므로, H_2O가 H_2S보다 분자 간 인력이 강하다. 이에 따라 인력 보정 상수 a도 $H_2O(g)$가 $H_2S(g)$보다 크다.

ㄹ. O: Cl_2는 H_2보다 **분자의 유효 크기가 크다**. 따라서 다른 분자의 접근을 막는 배제부피가 더 크므로, 부피 보정 상수 b는 $Cl_2(g)$가 $H_2(g)$보다 크다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ이 모두 성립하며, 이 조합에 해당하는 선택지는 ④이다.

NoteBase

문 11. 다음 반응에 대한 평형상수는?

$2CO(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + C(s)$

① $K = [CO_2]/[CO]^2$

② $K = [CO]^2/[CO_2]$

③ $K = [CO_2][C]/[CO]^2$

④ $K = [CO]^2/[CO_2][C]$

정답 1번

간단한 해설

평형상수는 **생성물의 평형 농도를 분자에, 반응물의 평형 농도를 분모에** 놓고 각 농도를 반응 계수만큼 거듭제곱하여 나타낸다. 순수한 고체 C는 식에서 제외하므로 $K = \frac{[CO_2]}{[CO]^2}$이다.

공통 해설

농도로 나타낸 평형상수는 생성물의 평형 농도 곱을 반응물의 평형 농도 곱으로 나눈 값이며, 각 농도의 지수는 반응식의 계수이다. 대괄호는 해당 물질의 평형 몰 농도를 뜻한다.

주어진 반응에서 기체 생성물은 CO_2이고 기체 반응물은 CO이다. CO_2의 계수는 1, CO의 계수는 2이므로 분자에는 $[CO_2]$, 분모에는 $[CO]^2$을 쓴다. **순수한 고체의 활동도는 1**로 두므로 고체 C는 평형상수 식에 농도 항으로 넣지 않는다. 따라서 $K = \frac{[CO_2]}{[CO]^2}$이다.

분자와 분모를 뒤집은 식은 주어진 반응의 역반응에 대한 평형상수 식이다. 또한 고체 C의 농도를 곱하거나 나누는 식은 순수한 고체를 제외하는 원칙에 맞지 않는다.

NoteBase

문 12. 질량 백분율이 N 64%, O 36%인 화합물의 실험식은? (단, N, O의 몰 질량[g/mol]은 각각 14, 16이다)

① N_2O

② NO

③ NO_2

④ N_2O_5

정답 1번

간단한 해설

각 원소의 질량을 몰 질량으로 나누면 **N과 O의 몰수비가 약 2:1**이 된다. 실험식은 원자 수의 가장 간단한 정수비를 나타내므로 N_2O이다.

계산 과정

1. 질량 기준 설정: 화합물 100 g을 기준으로 잡으면 N은 64 g, O는 36 g이다. 전체 질량을 달리 잡아도 두 원소의 질량비는 같으므로 실험식에는 영향을 주지 않는다.

2. 몰수 계산: 실험식은 **질량비가 아니라 원자 수의 가장 간단한 정수비**를 나타낸다. 원자 수의 비는 몰수비와 같으므로, 각 원소의 질량을 주어진 몰 질량으로 나눈다. N의 몰수는 $n(N) = \frac{64\text{g}}{14\text{g/mol}} \approx 4.57\text{mol}$이고, O의 몰수는 $n(O) = \frac{36\text{g}}{16\text{g/mol}} = 2.25\text{mol}$이다.

3. 정수비와 실험식: 두 몰수를 더 작은 값인 2.25 mol로 나누면 $n(N) : n(O) \approx 2.03 : 1$로, 간단한 정수비는 약 2:1이다. 따라서 실험식은 N_2O이며 ①에 해당한다. 실제로 이 식에서 N의 질량 백분율은 $\frac{28}{44} \times 100\% \approx 63.6\%$, O는 $\frac{16}{44} \times 100\% \approx 36.4\%$이다. 이를 **정수 백분율로 반올림**하면 제시된 64%, 36%와 일치한다.

NoteBase

문 13. 25 °C에서 $[OH^-] = 2.0 \times 10^{-5}$M**일 때, 이 용액의 pH값은? (단,** $\log 2 = 0.30$**이다)**

① 2.70

② 4.70

③ 9.30

④ 11.30

정답 3번

간단한 해설

25 °C에서는 **pH와 pOH의 합이 14.00**이다. 주어진 수산화 이온 농도로 구한 pOH가 4.70이므로 pH는 9.30이다.

계산 과정

25 °C의 관계식: pH와 pOH는 각각 수소 이온과 수산화 이온의 몰 농도에 음의 상용로그를 취한 값이다. 25 °C에서 물의 이온곱은 $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$이므로, 양변에 음의 상용로그를 취하면 $pH + pOH = 14.00$을 얻는다. 이 합을 적용하는 **온도 조건은 25 °C**이다.

pOH 계산: 주어진 수산화 이온 농도는 2.0×10^{-5}M이다. 따라서 $pOH = -\log(2.0 \times 10^{-5})$이며, 로그의 곱셈 법칙에 따라 $pOH = 5 - \log 2$로 정리된다. 주어진 $\log 2 = 0.30$을 대입하면 $pOH = 5 - 0.30 = 4.70$이다. 이 중간값은 **pH가 아니라 pOH**이다.

pH 계산: 25 °C의 관계식에 pOH를 대입하면 $pH = 14.00 - 4.70 = 9.30$이다. pH에는 단위가 없으며, 계산한 값은 ③의 9.30에 해당한다.

NoteBase

문 14. 온도가 400 K이고 질량이 6.00 kg인 기름을 담은 단열 용기에 온도가 300 K이고 질량이 1.00 kg인 금속공을 넣은 후 열평형에 도달했을 때, 금속공의 최종 온도[K]는? (단, 용기나 주위로 열 손실은 없으며, 금속공과 기름의 비열[J/(kg·K)]은 각각 1.00과 0.50로 가정한다)

① 350

② 375

③ 400

④ 450

정답 2번

간단한 해설

단열 조건에서는 **기름이 잃은 열량과 금속공이 얻은 열량이 같다**. 기름의 열용량이 금속공의 3배이므로 기름은 25 K 내려가고 금속공은 75 K 올라가, 두 물체의 최종 온도는 375 K가 된다.

계산 과정

열평형에 도달하면 기름과 금속공의 온도가 같아지므로 공통 최종 온도를 T(K)로 둔다. 용기나 주위로 열 손실이 없으므로 **기름이 잃은 열량 = 금속공이 얻은 열량**을 적용한다.

비열이 일정할 때 온도 변화에 따른 열량은 $Q = mc\Delta T$이다. 여기서 m은 질량, c는 비열이며, mc는 물체의 온도를 1 K 변화시키는 데 필요한 열량인 열용량이다. 기름의 열용량은 6.00 × 0.50 = 3.00 J/K, 금속공의 열용량은 1.00 × 1.00 = 1.00 J/K이다. 따라서 **질량만이 아니라 질량과 비열의 곱**을 기준으로 열량을 계산한다.

기름의 온도 감소량은 $(400 - T)$ K이고 금속공의 온도 증가량은 $(T - 300)$ K이다. 각각에 열용량을 곱해 열량을 같게 놓으면 $3.00(400 - T) = 1.00(T - 300)$이다. 이를 정리하면 $1200 - 3T = T - 300$, $4T = 1500$이므로 $T = \frac{1500}{4} = 375$이다.

금속공의 최종 온도는 375 K로, ②의 값과 일치한다. 이때 기름은 25 K 내려가며 3.00 × 25 = 75.0 J을 잃고, 금속공은 75 K 올라가며 1.00 × 75 = 75.0 J을 얻어 열량 보존을 만족한다.

NoteBase

문 15. 아래 반응에서 산화되는 원소는?

$$14HNO_3 + 3Cu_2O \rightarrow 6Cu(NO_3)_2 + 2NO + 7H_2O$$

① H

② N

③ O

④ Cu

정답 4번

간단한 해설

Cu는 반응 전 산화수가 +1이고 반응 후 +2이므로 **산화수가 증가하여 산화**된다. 산소를 포함한 화합물이라도 산화 여부는 산소 원자의 유무가 아니라 산화수의 변화로 판단한다.

계산 과정

산화수 판단 기준: **산화수가 증가하면 산화, 감소하면 환원**이다. 중성 화합물에서는 각 원자의 산화수를 모두 더한 값이 0이다. 이 반응에서 H의 산화수는 +1, O의 산화수는 −2이며 반응 전후에 변하지 않는다.

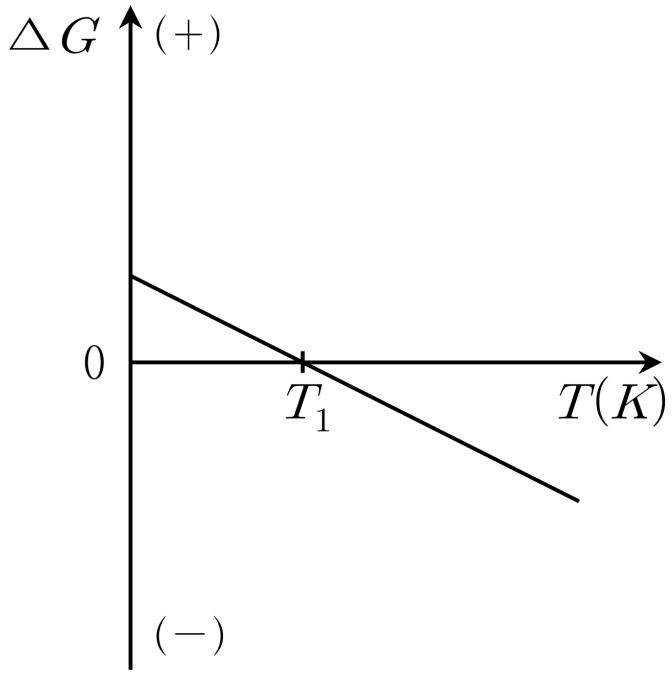
N의 산화수 변화: HNO_3에서 N의 산화수를 n이라 하면 $+1 + n + 3(-2) = 0$이므로 $n = +5$이다. 질산 이온 NO_3^-에서도 N은 +5이고, 이 이온의 전하는 −1이다. 생성물의 질산 이온에 있는 N은 +5를 유지하지만, NO가 된 N은 $n + (-2) = 0$에서 +2이다. 따라서 NO가 되는 N은 **+5에서 +2로 감소하여 환원**된다.

Cu의 산화수 변화: Cu_2O에서 Cu의 산화수를 x라 하면 $2x + (-2) = 0$이므로 $x = +1$이다. $Cu(NO_3)_2$에는 전하가 −1인 질산 이온이 2개 있으므로, Cu의 산화수 y는 $y + 2(-1) = 0$에서 +2이다. 즉 Cu는 **+1에서 +2로 증가**하므로 산화된다.

산화되는 원소의 선택: H와 O의 산화수는 변하지 않고, NO가 되는 N의 산화수는 감소한다. 산화수가 증가하는 원소는 Cu이므로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음 그림은 어떤 반응의 자유에너지 변화(ΔG)를 온도(T)에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은? (단, ΔH는 일정하다)



ㄱ. 이 반응은 흡열반응이다.
ㄴ. T_1보다 낮은 온도에서 반응은 비자발적이다.
ㄷ. T_1보다 높은 온도에서 반응의 엔트로피 변화(ΔS)는 0보다 크다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$에서 그래프의 **음의 기울기**는 엔트로피 변화가 양수임을 뜻한다. T_1보다 낮은 온도에서는 그래프가 가로축 위에 있어 $\Delta G > 0$이므로 **비자발적**이다.

NoteBase

보기별 해설

자유에너지 변화는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$로 나타내며, T는 절대온도이다. 그림처럼 ΔG가 온도에 따라 직선으로 변하면 세로축 절편은 ΔH, 기울기는 $-\Delta S$에 해당한다. 일정한 온도와 압력에서 $\Delta G < 0$이면 정반응이 자발적이고, $\Delta G > 0$이면 비자발적이다.

ㄱ. O: 그래프의 **세로축 절편이 양수**이므로 $\Delta H > 0$이다. 엔탈피가 증가하는 반응은 열을 흡수하는 흡열반응이다. 문제에서 ΔH가 일정하다고 했으므로 이 반응은 그래프의 온도 범위에서 흡열반응이다.

ㄴ. O: $T < T_1$인 구간에서는 그래프가 가로축 위에 있으므로 $\Delta G > 0$이다. 따라서 그 온도에서 정반응은 **비자발적**이다. $T = T_1$에서는 $\Delta G = 0$으로 평형 조건에 해당한다.

ㄷ. O: 온도가 높아질수록 ΔG가 감소하므로 그래프의 기울기 $-\Delta S$는 음수이다. 따라서 **반응의 엔트로피 변화가 양수**이며, T_1보다 높은 온도에서도 $\Delta S > 0$이다. 이때는 $T\Delta S$가 ΔH보다 커져 $\Delta G < 0$이므로 정반응이 자발적이다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 성립하므로 이들을 모두 포함하는 ④와 연결된다.

NoteBase

문 17. 이온성 고체에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 격자에너지는 NaCl이 NaI보다 크다.

② 격자에너지는 NaF가 LiF보다 크다.

③ 격자에너지는 KCl이 $CaCl_2$보다 크다.

④ 이온성 고체는 표준생성엔탈피(ΔH_f^0)가 0보다 크다.

정답 1번

간단한 해설

NaCl과 NaI는 이온의 전하가 같으므로 **이온 사이의 거리**가 격자에너지 차이를 결정한다. 염화 이온이 아이오딘화 이온보다 작아 NaCl의 이온 사이 인력이 더 강하고, 격자에너지도 더 크다.

선지별 해설

격자에너지는 이온성 고체 1 mol을 기체 상태의 이온으로 완전히 분리하는 데 필요한 에너지를 기준으로 비교한다. 이온 사이의 인력이 강할수록 격자에너지가 크며, 일반적으로 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이의 거리가 짧을수록 인력이 강하다.

① O: NaCl과 NaI는 모두 전하가 +1인 나트륨 이온과 전하가 −1인 음이온으로 이루어진다. Cl^-는 I^-보다 작으므로 NaCl에서 양이온과 음이온 사이의 거리가 더 짧다. 따라서 **NaCl의 이온 사이 인력이 더 강하여** 격자에너지가 NaI보다 크다.

② X: 두 고체는 음이온이 F^-로 같고, 양이온의 전하도 +1로 같다. 그러나 Li^+가 Na^+보다 작으므로 LiF에서 이온 사이의 거리가 더 짧고 인력이 더 강하다. 격자에너지는 **NaF보다 LiF가 더 크다**.

③ X: Ca^{2+}는 K^+보다 전하량이 크고 크기도 작아 염화 이온을 더 강하게 끌어당긴다. 따라서 격자에너지는 **KCl보다** $CaCl_2$**가 더 크다**.

④ X: 표준생성엔탈피는 표준상태의 구성 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 엔탈피 변화이다. 이는 기체 이온으로부터 결정이 형성되는 과정의 엔탈피 변화와 다르며, 원소의 원자화와 이온화 등 여러 과정의 에너지 변화가 함께 반영된다. 따라서 이온성 고체라고 해서 **표준생성엔탈피가 항상 양수인 것은 아니다**. 예를 들어 NaCl 고체의 표준생성엔탈피는 음수이다.

NoteBase

문 18. 철(Fe)로 된 수도관의 부식을 방지하기 위하여 마그네슘(Mg)을 수도관에 부착하였다. 산화되기 쉬운 정도만을 고려할 때, 마그네슘 대신에 사용할 수 없는 금속은?

① 아연(Zn)

② 니켈(Ni)

③ 칼슘(Ca)

④ 알루미늄(Al)

정답 2번

간단한 해설

철을 보호하려면 부착한 금속이 **철보다 먼저 산화**되어 전자를 공급해야 한다. 니켈(Ni)은 **철보다 산화되기 어려워** 마그네슘처럼 철 대신 산화되는 역할을 할 수 없다.

선지별 해설

금속의 산화는 전자를 잃는 반응이다. 철보다 산화되기 쉬운 금속을 전기적으로 연결하면 그 금속이 먼저 산화되어 전자를 공급하므로 철이 전자를 잃고 부식되는 것을 억제한다. 이렇게 철 대신 산화되는 금속을 '희생 양극'이라고 한다. 이 문제에서는 산화되기 쉬운 정도만을 기준으로 각 금속을 철과 비교한다.

① 아연(Zn): **철보다 산화되기 쉽다.** 아연이 철 대신 산화되어 전자를 공급할 수 있으므로 마그네슘을 대신할 수 있다.

② 니켈(Ni): **철보다 산화되기 어렵다.** 철과 연결하면 니켈이 희생 양극이 되는 것이 아니라 철이 더 쉽게 산화되는 쪽이므로, 이 방식으로 철의 부식을 막는 데 사용할 수 없다.

③ 칼슘(Ca): **철보다 산화되기 쉽다.** 문제에서 한정한 산화 경향만 고려하면 칼슘이 먼저 산화될 수 있으므로 마그네슘을 대신할 수 있다.

④ 알루미늄(Al): **철보다 산화되기 쉽다.** 산화 경향만 고려하면 알루미늄이 철 대신 산화되어 전자를 공급할 수 있으므로 마그네슘을 대신할 수 있다.

네 금속 가운데 철보다 산화되기 어려운 것은 니켈뿐이므로, 마그네슘 대신 사용할 수 없는 금속은 ② 니켈이다.

NoteBase

문 19. 다음 반응은 300 K의 밀폐된 용기에서 평형상태를 이루고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은? (단, 모든 기체는 이상기체이다)

$A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g) \qquad \Delta H = 150\ \text{kJ/mol}$

ㄱ. 온도가 낮아지면, 평형의 위치는 역반응 방향으로 이동한다.

ㄴ. 용기에 B_2 기체를 넣으면, 평형의 위치는 정반응 방향으로 이동한다.

ㄷ. 용기의 부피를 줄이면, 평형의 위치는 역반응 방향으로 이동한다.

ㄹ. 정반응을 촉진시키는 촉매를 용기 안에 넣으면, 평형의 위치는 정반응 방향으로 이동한다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄹ

④ ㄷ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

정반응은 열을 흡수하므로 온도를 낮추면 **열을 방출하는 역반응** 쪽으로 평형이 이동한다. B_2를 넣으면 **추가된 B_2를 소비하는 정반응** 쪽으로 이동한다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 반응 엔탈피 변화가 +150 kJ/mol이므로 정반응은 흡열 반응이고 역반응은 발열 반응이다. 온도를 낮추면 그 변화를 완화하도록 **열을 방출하는 역반응** 쪽으로 평형이 이동한다.

ㄴ. O: B_2는 반응물이다. 다른 조건을 유지하면서 B_2를 넣으면 B_2의 농도가 증가하므로, **B_2를 소비하여 AB를 만드는 정반응** 쪽으로 평형이 이동한다.

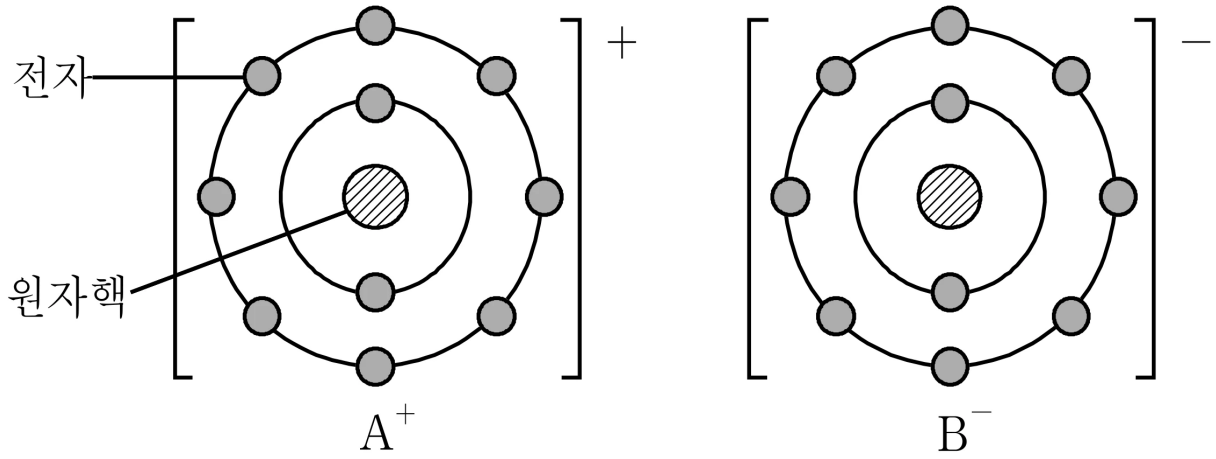
ㄷ. X: 온도를 일정하게 유지하면서 용기의 부피를 줄이면 압력이 증가한다. 이때 기체의 몰수가 더 적은 쪽으로 평형이 이동할 수 있지만, 이 반응은 반응물 쪽의 기체 계수 합이 1 + 1 = 2이고 생성물 쪽도 2로 같다. 따라서 이상기체인 각 성분의 압력이 같은 비율로 증가해도 어느 한쪽이 유리해지지 않아 **평형의 위치는 이동하지 않는다**.

ㄹ. X: 촉매는 활성화 에너지가 낮은 반응 경로를 제공하여 **정반응과 역반응을 모두 촉진**한다. 같은 온도에서 평형상수와 평형 조성을 바꾸지 않으므로 평형의 위치는 이동하지 않는다. 촉매는 평형에 도달하는 시간을 줄일 뿐이며, 이미 평형인 이 반응을 정반응 쪽으로 이동시키지 않는다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이므로 ①의 조합과 일치한다.

NoteBase

문 20. 다음은 화합물 AB의 전자 배치를 모형으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A, B는 각각 임의의 금속, 비금속 원소이다)



① 화합물 AB의 몰 질량은 20 g/mol이다.

② 원자 A의 원자가 전자는 1개이다.

③ B_2는 이중 결합을 갖는다.

④ 원자 반지름은 B가 A보다 더 크다.

정답 2번

간단한 해설

모형에서 A^+는 전자가 10개이므로 중성 원자 A의 전자는 11개이며, 전자 배치는 2, 8, 1이다. 따라서 가장 바깥 전자껍질에 있는 **원자가 전자는 1개**이다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 A^+와 B^-는 모두 첫째 전자껍질에 전자 2개, 둘째 전자껍질에 전자 8개가 있어 총 10개의 전자를 갖는다. A^+는 중성 원자 A가 전자 1개를 잃은 것이므로 A의 전자 수는 11개이고, B^-는 중성 원자 B가 전자 1개를 얻은 것이므로 B의 전자 수는 9개이다. 중성 원자의 전자 수는 원자 번호와 같으므로 A는 나트륨(Na), B는 플루오린(F)이다.

① X: AB는 NaF이다. 화합물의 몰 질량은 구성 원소의 몰 질량을 화학식의 개수비에 따라 더한 값이다. Na와 F의 몰 질량은 각각 약 23 g/mol, 19 g/mol이므로 NaF의 몰 질량은 23 + 19 = **약 42 g/mol**이며, 20 g/mol이 아니다.

② O: 중성 원자 A의 전자 배치는 2, 8, 1이다. 원자가 전자는 결합에 관여하는 전자로, 나트륨에서는 가장 바깥 전자껍질의 전자 1개가 이에 해당한다. A가 이 전자를 잃으면 그림처럼 전자 배치가 2, 8인 A^+가 된다. 그림의 이온이 아니라 **중성 원자의 전자 배치**를 기준으로 판단해야 한다.

③ X: B는 플루오린이므로 B_2는 F_2이다. F 원자는 원자가 전자가 7개여서 각 원자가 전자 1개씩을 내어 전자쌍 하나를 공유하면 옥텟을 이룬다. 따라서 두 F 원자 사이에는 이중 결합이 아니라 **단일 결합**이 형성된다.

④ X: 중성 원자 A(Na)의 전자 배치는 2, 8, 1이고 B(F)의 전자 배치는 2, 7이다. A는 전자가 들어 있는 전자껍질이 3개이고 B는 2개이므로, 가장 바깥 전자가 핵에서 더 멀리 있는 **A의 원자 반지름이 B보다 크다**. 두 이온의 전자껍질 수가 같다는 사실을 중성 원자의 반지름 비교에 그대로 적용해서는 안 된다.

NoteBase