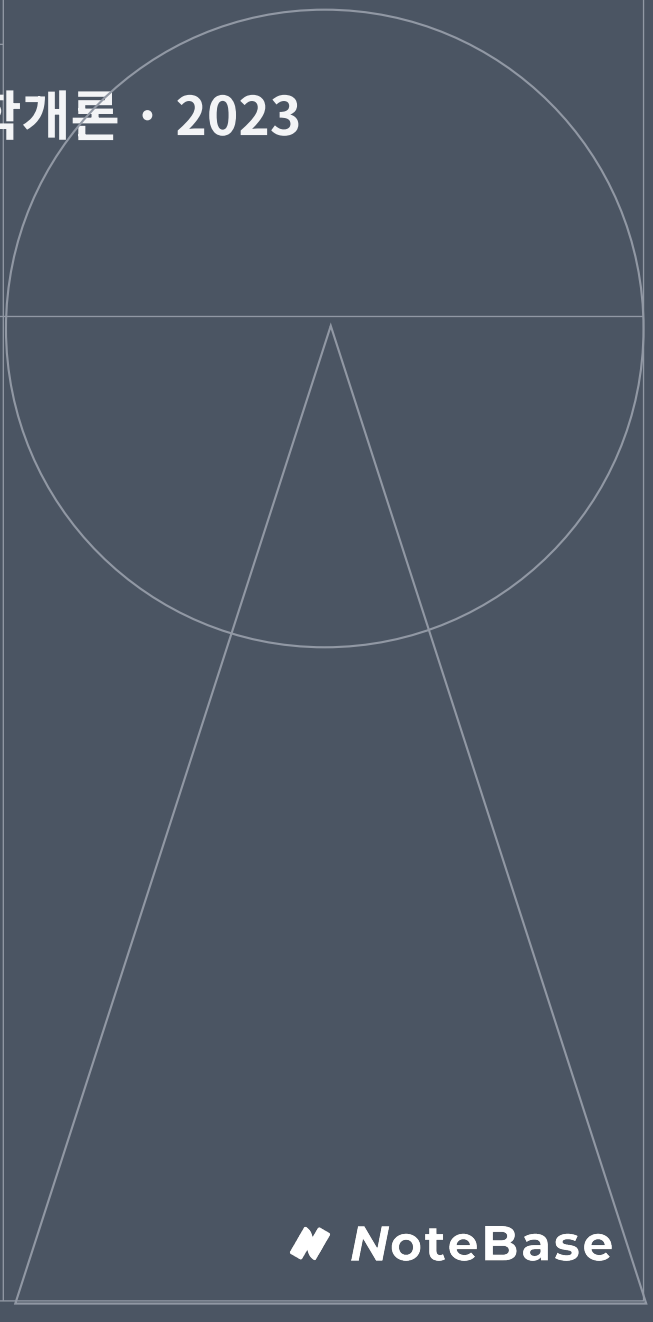
기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2023

공무원/소방/경력채용 · 화학개론 · 2023

문 1. 1 nm와 같은 길이는?

① 1×10^{-12} mm

② 1×10^{2} pm

③ 1×10 Å

④ 1×10^{-2} μm

정답 3번

간단한 해설

1 nm는 10^{-9} m이고, 1 Å은 10^{-10} m이다. 따라서 1 nm는 1 Å의 10배인 **10 Å**이다.

계산 과정

주어진 길이 1 nm를 선지의 단위로 바꾸는 문제이다. 같은 길이인지 확인하려면 **기준 단위를 m로 통일**한다. 단위 관계는 $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$, $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$이다.

1 nm에 들어 있는 Å의 수는 두 단위의 크기를 나누어 구한다. $1\text{nm} = \frac{10^{-9}}{10^{-10}}\text{Å} = 10\text{Å}$이므로 1 nm는 10 Å과 같다.

다른 단위도 m를 기준으로 환산한다. $1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$, $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$, $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$이므로 1 nm는 각각 10^{-6} mm, 10^{3} pm, 10^{-3} μm이다. 이 값들은 ①·②·④에 제시된 값과 다르다.

계산한 10 Å은 ③의 1×10 Å과 일치한다.

NoteBase

문 2. 원소 ^{13}C의 중성자수는?

① 1

② 3

③ 6

④ 7

정답 4번

간단한 해설

중성자수는 질량수에서 원자번호를 뺀 값이다. 탄소의 원자번호는 6이므로 ^{13}C의 중성자수는 13 - 6 = 7이다.

계산 과정

① 질량수 확인: ^{13}C에서 왼쪽 위의 13은 질량수이다. 질량수는 원자핵 속 양성자수와 중성자수의 합이다.

② 양성자수 확인: 탄소 C의 원자번호는 6이므로 양성자수는 6이다. 탄소 동위원소끼리는 중성자수가 달라도 양성자수는 6으로 같다.

③ 중성자수 계산: 중성자수 = 질량수 - 양성자수 = 13 - 6 = 7이다. 따라서 정답은 ④이다.

NoteBase

문 3. 수산화 나트륨(NaOH) 용액 300mL에 NaOH 120g이 녹아 있을 때, 이 용액의 몰농도[M]는? (단, NaOH의 화학식량은 40이다.)

① 10

② 40

③ 160

④ 300

정답 1번

간단한 해설

NaOH 120 g은 **3 mol**이고, 용액 300 mL는 **0.300 L**이다. 용질 몰수를 용액의 L 단위 부피로 나누면 몰농도는 10 M이다.

계산 과정

몰농도는 **용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수**이며, M=n_용질V_용액로 구한다. 분모에는 용매가 아니라 최종 용액의 부피를 사용한다.

NaOH의 몰질량은 40g/mol이므로 용질의 몰수는 120g ÷ 40g/mol = 3mol이다.

용액 부피 300mL를 L로 바꾸면 0.300L이다. 따라서 몰농도는 3mol ÷ 0.300L = 10mol/L = 10M으로 ①이다.

NoteBase

문 4. 원자가 껍질 전자쌍 반발(valence shell electron pair repulsion) 이론에 기초하여 예측한 포름알데히드(HCHO)의 분자 모양은?

① 선형

② 정사면체형

③ 삼각쌍뿔형

④ 평면삼각형

정답 4번

간단한 해설

HCHO의 중심 탄소에는 C–H 단일 결합 2개와 C=O 이중 결합 1개가 있다. 이중 결합도 **전자 영역 하나**로 세므로 총 3개이고 탄소에 비공유 전자쌍은 없다. 따라서 분자 모양은 **평면삼각형**이며 정답은 ④이다.

핵심 풀이

1. 루이스 구조에서 탄소는 두 수소와 각각 단일 결합하고 산소와 이중 결합한다. 산소에는 비공유 전자쌍 2개가 있지만 **중심 탄소의 비공유 전자쌍은 0개**이다.

2. VSEPR 이론에서는 중심 원자에서 뻗어 나가는 전자 영역의 수를 센다. C–H 결합 두 방향과 C=O 결합 한 방향으로 총 3개이다. 이중 결합의 공유 전자쌍 2개를 서로 다른 두 방향으로 세지 않는다.

3. 전자 영역 3개는 반발을 줄이도록 한 평면에서 삼각형 모양으로 배열된다. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 원자들의 배치도 평면삼각형이다. 이상적인 결합각은 약 120°이며 실제 결합각은 서로 조금 다를 수 있다.

정사면체형은 전자 영역이 4개이고 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없을 때의 모양이므로 HCHO에는 해당하지 않는다.

NoteBase

문 5. 밑줄 친 원소 중 가장 큰 산화수를 갖는 것은?

① NO_2

② IO_3^-

③ ClO^-

④ SF_6

정답 4번

간단한 해설

산화수의 합을 분자·이온의 전체 전하에 맞추면 N은 +4, I는 +5, Cl은 +1, S는 +6이다. **SF_6에서 F 여섯 개의 합이 −6이므로 S는 +6**으로 가장 크다.

계산 과정

각 원자의 산화수 합은 화학종의 전체 전하와 같다. 제시된 산소의 산화수는 −2, 플루오린의 산화수는 −1로 두고 밑줄 친 원소의 산화수를 x로 계산한다.

① NO_2의 N: 중성 분자이므로
$x + 2(-2) = 0 \Rightarrow x = +4$

② IO_3^-의 I: 이온의 전체 전하가 −1이므로
$x + 3(-2) = -1 \Rightarrow x = +5$

③ ClO^-의 Cl: 이온의 전체 전하가 −1이므로
$x + (-2) = -1 \Rightarrow x = +1$

④ SF_6의 S: 중성 분자이므로
$x + 6(-1) = 0 \Rightarrow x = +6$

산화수는 **+6 > +5 > +4 > +1**이므로 가장 큰 것은 SF_6의 S이다. 따라서 정답은 ④이다.

NoteBase

문 6. 음이온의 화학식과 이름이 옳지 않은 것은?

① 화학식: CO_3^{2-}, 이름: 탄산 이온

② 화학식: Cl^-, 이름: 염화 이온

③ 화학식: OH^-, 이름: 수산화 이온

④ 화학식: SO_4^{2-}, 이름: 아황산 이온

정답 4번

간단한 해설

SO_4^{2-}는 **황산 이온**이고, 아황산 이온은 산소가 하나 적은 SO_3^{2-}이다. 두 이온의 전하는 같지만 산소 원자 수와 이름이 다르다.

선지별 해설

① (O) CO_3^{2-}는 탄소 1개와 산소 3개로 이루어진 다원자 음이온인 **탄산 이온**이다. 전체 전하는 2−이므로 화학식과 이름이 올바르게 연결되어 있다.

② (O) Cl^-는 염소 원자가 전자 1개를 얻어 생긴 1가 음이온인 **염화 이온**이다. 염소 분자 Cl_2와 구별한다.

③ (O) OH^-는 산소와 수소가 하나씩 결합한 전체 전하 1−의 **수산화 이온**이다. 화학식과 이름의 연결이 맞다.

④ (X) SO_4^{2-}의 이름은 **황산 이온**이다. 아황산 이온의 화학식은 SO_3^{2-}이므로, 황산 이온의 화학식에 아황산 이온의 이름을 붙인 이 선지가 틀리다.

NoteBase

문 7. 분자 오비탈에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 결합 차수가 커지면 결합 길이도 길어진다.

② 분자 오비탈 이론으로 산소 분자의 상자기성을 설명할 수 있다.

③ 2개의 원자 오비탈이 겹쳐지면 2개의 분자 오비탈이 생긴다.

④ 반결합성 분자 오비탈의 에너지는 분자를 형성하는 원자 오비탈의 에너지보다 높다.

정답 1번

간단한 해설

동일한 원자쌍의 결합을 비교하면 **결합 차수가 클수록 일반적으로 결합 길이는 짧아진다.** 결합 차수 증가를 결합 길이 증가와 연결한 설명은 반대이다.

선지별 해설

① X: 같은 원자 사이의 결합을 비교하면, 일반적으로 **결합 차수가 클수록 결합이 강해지고 결합 길이는 짧아진다.** 결합 차수는 결합성 오비탈의 전자수에서 반결합성 오비탈의 전자수를 뺀 값의 절반으로 구한다.

② O: 산소 분자 O_2의 바닥상태에서는 에너지가 같은 두 π^* 반결합성 오비탈에 홀전자 하나씩이 존재한다. 이 두 홀전자 때문에 자기장에 끌리는 상자기성을 나타내므로, 분자 오비탈 이론으로 이를 설명할 수 있다.

③ O: 원자 오비탈 두 개를 조합하면 분자 오비탈도 두 개가 생긴다. 적절히 겹치는 두 원자 오비탈은 같은 위상으로 결합한 결합성 오비탈과 반대 위상으로 결합한 반결합성 오비탈을 만든다.

④ O: 반결합성 오비탈에서는 핵 사이에 마디가 생겨 두 핵 사이의 전자 밀도가 감소한다. 따라서 결합을 안정화하는 효과가 작아져, 이를 형성하는 원자 오비탈보다 에너지가 높다.

NoteBase

문 8. 용액의 농도를 나타내는 방법 중 온도에 따라 변할 수 있는 것은? (단, 용액은 증발하지 않는다고 가정한다.)

① 몰농도

② 몰분율

③ 몰랄 농도

④ 질량 백분율

정답 1번

간단한 해설

몰농도는 용질의 몰수를 **용액의 부피**로 나눈 값이다. 증발하지 않더라도 온도에 따라 부피가 달라질 수 있으므로 몰농도도 변할 수 있다.

선지별 해설

① O: 몰농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이다. 증발이 없어 용질의 몰수가 일정해도 온도에 따라 **용액의 부피가 변할 수 있으므로** 몰농도는 변할 수 있다.

② X: 몰분율은 혼합물 전체 몰수에 대한 특정 성분의 몰수의 비이다. 성분이 증발하지 않고 조성이 유지되는 조건에서는 각 성분의 몰수가 일정하므로 온도에 따른 부피 변화의 영향을 받지 않는다.

③ X: 몰랄 농도는 **용매 1 kg당 용질의 몰수**이다. 분모가 용액의 부피가 아니라 용매의 질량이므로, 증발 없이 용질의 몰수와 용매 질량이 유지되면 온도가 달라져도 변하지 않는다.

④ X: 질량 백분율은 용액 전체 질량 중 용질 질량이 차지하는 백분율이다. 증발 없이 각 성분의 질량이 일정하면 용액의 부피가 달라져도 질량의 비는 변하지 않는다.

따라서 온도에 따라 변할 수 있는 농도 표현은 ① 몰농도이다.

NoteBase

문 9. 990 g의 미지 시료를 분석했을 때 558 g의 인(P)과 432 g의 산소(O)가 들어 있고, 다른 원소는 검출되지 않았다. 이 시료의 실험식은? (단, P와 O의 원자량은 각각 31과 16이다.)

① PO_3

② P_2O_3

③ P_2O_5

④ P_3O_5

정답 2번

간단한 해설

원소의 질량을 원자량으로 나누면 P는 18 mol, O는 27 mol이다. **몰수비 18:27을 2:3으로 약분**하므로 실험식은 P_2O_3이다.

계산 과정

실험식은 구성 원자의 **가장 간단한 정수 개수비**를 나타낸다. 질량비를 그대로 아래첨자로 쓰지 않고 각 원소의 몰수로 바꾼다.

인과 산소의 몰수는 각각
$n(\mathrm{P}) = \frac{558}{31} = 18\,\mathrm{mol}$
$n(\mathrm{O}) = \frac{432}{16} = 27\,\mathrm{mol}$
이다. 두 원소의 질량 합은 990 g으로 시료의 전체 질량과 일치한다.

원자 개수비는 몰수비와 같으므로
$\mathrm{P} : \mathrm{O} = 18 : 27 = 2 : 3$
이다. 최대공약수 9로 나누면 가장 간단한 정수비를 얻는다.

따라서 실험식은 P_2O_3이며 정답은 ②이다. 실험식은 가장 간단한 비율만 나타내므로, 이 정보만으로 실제 분자식을 같은 것으로 단정하지 않는다.

NoteBase

문 10. 염색공장에서 발생한 6M의 황산(H_2SO_4) 용액 $2m^3$를 4M의 수산화 나트륨($NaOH$) 용액으로 중화하는 데 필요한 $NaOH$ 용액의 양[m^3]은?

① 2

② 3

③ 6

④ 12

정답 3번

간단한 해설

황산 1몰을 완전히 중화하려면 **NaOH 2몰**이 필요하다. 황산 12,000몰에 필요한 NaOH는 24,000몰이므로 4M 용액의 부피는 6,000L, 즉 **$6m^3$**이다. 정답은 ③이다.

계산 과정

1. 중화 반응식의 몰비를 확인한다.

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

따라서 황산과 NaOH의 반응 몰비는 **1:2**이다.

2. 몰농도의 단위는 mol/L이므로 황산 용액의 부피를 변환한다.

$$2m^3 = 2000L$$
$$n(H_2SO_4) = 6mol/L \times 2000L = 12000mol$$

3. 필요한 NaOH의 몰수를 구한다.

$$n(NaOH) = 2 \times 12000 = 24000mol$$

4. NaOH 용액의 농도로 나누어 부피를 구한다.

$$V = \frac{24000mol}{4mol/L} = 6000L = 6m^3$$

황산을 일양성자산처럼 계산하면 필요한 양을 절반으로 잘못 구하게 되므로, 황산 1몰에 NaOH 2몰이 반응한다는 점에 유의한다.

NoteBase

문 11. 다음은 0 °C, 1 atm에서 프로페인(C_3H_8)의 연소 반응식이다. 프로페인 2 L가 완전 연소할 때 생성되는 이산화 탄소(CO_2)의 부피[L]는? (단, 기체는 이상 기체이다.)

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

① 2

② 3

③ 5

④ 6

정답 4번

간단한 해설

같은 온도와 압력에서 이상 기체의 **부피 비는 반응 계수에 따른 몰수 비**와 같다. 프로페인 1에 이산화 탄소 3이 생성되므로 2 L의 프로페인에서 이산화 탄소 6 L가 생성된다.

계산 과정

균형 반응식 $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$에서 프로페인과 이산화 탄소의 계수는 각각 1과 3이다. 따라서 완전 연소할 때 몰수 비는 $n(C_3H_8) : n(CO_2) = 1 : 3$이다.

이상 기체 상태 방정식 $PV = nRT$에 따라 같은 온도와 압력에서는 기체 부피가 몰수에 비례한다. 그러므로 프로페인과 생성된 이산화 탄소의 부피 비도 **1:3**이다.

프로페인 2 L에 대응하는 이산화 탄소의 부피는 $2\text{L} \times 3 = 6\text{L}$이다. 따라서 ④가 맞다. 반응식의 산소 계수 5나 물의 계수 4를 이산화 탄소의 생성 부피에 적용하지 않는다.

NoteBase

문 12. 4 V의 배터리로 30분 동안 2 A의 일정한 전류를 보낼 때, 배터리가 행한 전기적 일[kJ]은?

① 3.6

② 14.4

③ 3,600

④ 14,400

정답 2번

간단한 해설

일정한 전압과 전류에서 전기적 일은 **전압 × 전류 × 시간**이다. 시간을 1,800초로 바꾸면 14,400 J이며, 이를 kJ로 환산하면 14.4 kJ이다.

계산 과정

전압은 단위 전하당 전달하는 에너지이고, 일정한 전류 I가 시간 t 동안 흐르면 이동한 전하량은 Q = It이다. 따라서 배터리가 전달한 전기적 일은 $W = VQ = VIt$로 구한다. 전류의 단위 A는 C/s이므로 시간은 초로 환산한다.

시간 환산: 30분 = 30 × 60 = 1,800초이다. 전하량은 Q = 2 × 1,800 = 3,600 C이다.

전기적 일 계산: W = 4 × 3,600 = 14,400 J이다. 이는 전력 P = VI = 4 × 2 = 8 W가 1,800초 동안 전달한 에너지와 같다.

단위 환산: 문제는 J가 아니라 **kJ 단위**를 요구한다. 1 kJ = 1,000 J이므로 $W = \frac{14,400}{1,000} = 14.4$ kJ이다.

따라서 배터리가 행한 전기적 일은 14.4 kJ이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 13. 300 K에서 다음 반응의 ΔG°[kJ/mol]는?

$A(s) \rightarrow B(s) + C(g)$

$\Delta H^\circ = 180$ kJ/mol, $\Delta S^\circ = 160$ J/(mol · K)

(단, G°는 표준 깁스 자유 에너지(standard Gibbs free energy), H°는 표준 엔탈피(standard enthalpy), S°는 표준 엔트로피(standard entropy)이다.)

① −180

② −48

③ 132

④ 180

정답 3번

간단한 해설

엔탈피와 엔트로피의 에너지 단위를 통일한 뒤 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$에 대입한다. $T\Delta S^\circ$는 48 kJ/mol이므로 표준 깁스 자유 에너지 변화는 180 - 48 = 132 kJ/mol이다.

계산 과정

① 관계식 설정: 표준 깁스 자유 에너지 변화는 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$로 구한다. 온도에는 절대온도 300 K를 사용한다.

② 단위 통일: 엔탈피가 kJ/mol 단위이므로 엔트로피도 kJ 기준으로 바꾼다.
$\Delta S^\circ = 160$ J/(mol · K) = 0.160 kJ/(mol · K)이다.

③ 엔트로피 항 계산: $T\Delta S^\circ = 300 \times 0.160 = 48$ kJ/mol이다. 엔트로피 변화가 양수이므로 이 항은 엔탈피에서 빼는 값이다.

④ 최종 계산: $\Delta G^\circ = 180 - 48 = 132$ kJ/mol이다. 따라서 정답은 ③이다.

NoteBase

문 14. 주양자수n가 4일 때, 오비탈과 양자수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 각운동량 양자수l는 0, 1, 2, 3이다.

② 껍질 내의 전체 오비탈 수는 16개이다.

③ 부껍질에는 $4s$, $4p$, $4d$, $4f$가 포함된다.

④ 자기 양자수m_l는 0을 포함한 -4에서 4까지의 정수값을 갖는다.

정답 4번

간단한 해설

자기 양자수의 범위는 주양자수 n이 아니라 **각운동량 양자수 l에 의해 −l부터 +l까지**로 정해진다. n이 4이면 l의 최댓값이 3이므로 자기 양자수 ±4는 불가능하다.

선지별 해설

① (O) 각운동량 양자수는 $l = 0, 1, \ldots, n-1$이다. 따라서 $n = 4$이면 $l = 0, 1, 2, 3$을 가질 수 있다.

② (O) 각 부껍질의 오비탈 수는 $2l + 1$이다. 따라서 전체 오비탈 수는 $1 + 3 + 5 + 7 = 16$개로, 껍질의 오비탈 수 공식 $n^2 = 4^2 = 16$과 일치한다.

③ (O) $l = 0, 1, 2, 3$은 각각 s, p, d, f 부껍질에 대응한다. 주양자수가 4이므로 가능한 부껍질은 **4s, 4p, 4d, 4f**이다.

④ (X) 자기 양자수는 정해진 l에 대해 $m_l = -l, -l+1, \ldots, 0, \ldots, l$의 정수값을 갖는다. $n = 4$일 때 l의 최댓값은 3이므로 가능한 자기 양자수의 전체 범위는 −3부터 +3까지이다. −4와 +4는 허용되지 않는다.

NoteBase

문 15. 다음은 T°C에서 $A(g)$와 $B(g)$가 반응하여 $C(g)$가 생성되는 반응이다.

$A(g) + 2B(g) \rightarrow C(g)$

표가 A와 B의 초기 몰농도에 따른 반응 속도를 나타낼 때, 반응 속도 법칙은? (단, k는 속도 상수이고, [A]와 [B]는 각각 A와 B의 몰농도이다.)

A의 초기 몰농도	B의 초기 몰농도	반응 속도
0.15	0.15	0.3
0.3	0.15	2.4
0.15	0.45	0.3

① 속도 = $k[A]^2$

② 속도 = $k[A][B]^2$

③ 속도 = $k[A]^3$

④ 속도 = $k[A]^3[B]$

정답 3번

간단한 해설

B의 농도가 같을 때 A의 농도를 2배로 하면 속도가 8배이므로 **A에 대해 3차**이다. A의 농도가 같을 때 B의 농도를 3배로 해도 속도가 일정하므로 **B에 대해 0차**이다.

NoteBase

계산 과정

같은 온도에서 속도 상수 k는 같으므로 반응 속도를 $v = k[A]^m[B]^n$으로 두고, 한 성분의 농도를 고정한 실험끼리 비교한다. 반응 차수 m과 n은 **반응식의 계수가 아니라 실험 자료**에서 구한다.

A의 차수: 표의 첫째 행과 둘째 행은 [B]가 0.15로 같다. [A]가 0.15에서 0.3으로 2배가 될 때 속도는 0.3에서 2.4로 8배가 된다. 따라서 $\frac{2.4}{0.3} = (\frac{0.3}{0.15})^m$, 즉 $8 = 2^m$이므로 m = 3이다.

B의 차수: 첫째 행과 셋째 행은 [A]가 0.15로 같다. [B]가 0.15에서 0.45로 3배가 되어도 속도는 0.3으로 일정하다. 따라서 $\frac{0.3}{0.3} = (\frac{0.45}{0.15})^n$, 즉 $1 = 3^n$이므로 n = 0이다.

속도 법칙: 두 차수를 대입하면 $v = k[A]^3[B]^0 = k[A]^3$이다. 주어진 실험 조건에서 B의 농도 변화는 속도에 영향을 주지 않으며, 전체 반응 차수는 3이다.

따라서 반응 속도 법칙은 $v = k[A]^3$이며, ③과 일치한다.

NoteBase

문 16. (가)와 (나)는 두 완충 용액의 해리 평형식이다. 완충 용액의 pH가 각각 6.4일 때, 각 완충 용액의 산과 염기의 상대적인 농도를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, K_a는 산 해리 상수이다.)

(가) $H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \quad pK_a = 6.4$
(나) $H_2PO_4^-(aq) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + H^+(aq) \quad pK_a = 7.2$

① (가): $[H_2CO_3] > [HCO_3^-]$, (나): $[H_2PO_4^-] > [HPO_4^{2-}]$
② (가): $[H_2CO_3] = [HCO_3^-]$, (나): $[H_2PO_4^-] > [HPO_4^{2-}]$
③ (가): $[H_2CO_3] = [HCO_3^-]$, (나): $[H_2PO_4^-] < [HPO_4^{2-}]$
④ (가): $[H_2CO_3] < [HCO_3^-]$, (나): $[H_2PO_4^-] < [HPO_4^{2-}]$

정답 2번

간단한 해설

완충 용액에서 **pH가 pKa와 같으면 산과 짝염기의 농도가 같고, pH가 더 작으면 산이 더 많다**. 따라서 (가)는 두 농도가 같으며, (나)는 $H_2PO_4^-$의 농도가 더 크다.

계산 과정

완충 용액의 산과 짝염기의 농도 관계는 pH=pK_a+_10[짝염기][산]으로 비교한다. pH가 pK_a와 같으면 두 농도가 같고, pH가 더 작으면 산의 농도가 더 크다.

(가)는 $pH = 6.4$, $pK_a = 6.4$이므로 $\log_{10}\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 0$이다. 따라서 농도비는 1이며 $[H_2CO_3] = [HCO_3^-]$이다.

(나)는 $pH - pK_a = 6.4 - 7.2 = -0.8$이다. 따라서 $\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 10^{-0.8} \approx 0.16$으로 1보다 작으므로 $[H_2PO_4^-] > [HPO_4^{2-}]$이다. 두 관계를 함께 나타낸 선지는 ②이다.

NoteBase

문 17. 국제 단위계(SI unit) 기본 단위의 물리량과 단위 기호로 옳은 것은?

① 물리량: 전류, 단위 기호: A

② 물리량: 시간, 단위 기호: h

③ 물리량: 질량, 단위 기호: g

④ 물리량: 부피, 단위 기호: cm^3

정답 1번

간단한 해설

전류의 SI 기본 단위는 **암페어(A)**이므로 ①이 옳다. 시간과 질량의 기본 단위는 각각 초(s), 킬로그램(kg)이며, 부피는 기본량이 아니라 유도량이다.

선지별 해설

① O: 전류는 SI의 기본량이고 기본 단위는 암페어이다. 단위 기호는 **대문자 A**이다.

② X: 시간의 SI 기본 단위는 **초(s)**이다. h는 시간(hour)의 기호로, SI와 함께 사용할 수 있는 비SI 단위이지만 기본 단위는 아니다. 1h는 3,600s이다.

③ X: 질량의 SI 기본 단위는 **킬로그램(kg)**이다. g는 그램으로 질량 단위이기는 하지만 SI 기본 단위가 아니며, 1g은 0.001kg이다.

④ X: 부피는 길이를 세 번 곱하여 얻는 유도량이다. 부피의 일관된 SI 유도 단위는 m^3이며, cm^3 역시 부피를 나타낼 수 있지만 기본 단위가 아니다. $1cm^3$는 $10^{-6}m^3$이다.

NoteBase

문 18. 다음 화학 반응식의 계수를 바르게 나열한 것은?

$aCH_3OH(l) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(s) + dH_2O(g)$

① a: 2, b: 3, c: 2, d: 4

② a: 2, b: 3, c: 3, d: 3

③ a: 3, b: 2, c: 2, d: 4

④ a: 3, b: 2, c: 3, d: 4

정답 1번

간단한 해설

C와 H를 먼저 맞추면 c = a, d = 2a이다. **메탄올 자체의 산소도 포함**하여 산소 원자 수를 맞추면 2b = 3a이므로 최소 정수 계수는 2, 3, 2, 4이다.

계산 과정

반응식의 계수는 **반응 전후 각 원소의 원자 수가 같도록** 맞춘다. 메탄올 CH_3OH 한 분자에는 C 1개, H 4개, O 1개가 들어 있다.

탄소 원자 수를 맞추면 $c = a$이고, 수소 원자 수를 맞추면 $2d = 4a$, 즉 $d = 2a$이다.

산소는 메탄올과 산소 기체 양쪽에 들어 있으므로 모두 센다.
$a + 2b = 2c + d$
여기에 $c = a$, $d = 2a$를 대입하면 $a + 2b = 4a$, 따라서 $2b = 3a$이다.

가장 간단한 정수 계수를 얻기 위해 $a = 2$로 두면 $b = 3$, $c = 2$, $d = 4$이다. 완성된 원자 수 관계는
$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$
이며, C는 2개, H는 8개, O는 8개로 양변이 같다. 정답은 ①이다.

NoteBase

문 19. $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$**의 환원 반응을 통해 금속 물체에 아연을 도금한다. 이때 충분한 양의 아연 이온이 수용액 속에 녹아 있다면, 0.0005mol의 아연을 금속 물체에 도금하기 위해서 0.1A의 전류를 몇 초간 흘려줘야 하는가? (단, 패러데이 상수는 96,000 C/mol이고, 모든 전류는 아연 이온의 환원 반응에만 사용된다.)**

① 960초

② 1,920초

③ 9,600초

④ 19,200초

정답 1번

간단한 해설

아연 1 mol을 도금하는 데 **전자 2 mol이 필요하다.** 전자 0.001 mol에 해당하는 전하량은 96 C이며, 이를 0.1 A로 흘리는 시간은 960초이다.

계산 과정

① 전자 몰수 계산: $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$이므로 아연 1 mol을 석출하려면 전자 2 mol이 필요하다. 따라서 필요한 전자량은 $0.0005 \times 2 = 0.001$ mol이다.

② 필요한 전하량 계산: 패러데이 상수는 전자 1 mol의 전하량이다. 주어진 값을 사용하면 $Q = n(e^-)F = 0.001 \times 96{,}000 = 96$ C이다.

③ 시간 계산: 전류 0.1 A는 1초마다 0.1 C의 전하가 흐른다는 뜻이다. $t = \frac{Q}{I} = \frac{96}{0.1} = 960$ s이므로 정답은 ①이다. 전류가 모두 아연 환원에 쓰인다는 조건에 따라 별도의 전류 효율 보정은 하지 않는다.

NoteBase

문 20. $HClO_3$**에서 염소(Cl)의 산화수는?**

① 3

② 4

③ 5

④ 7

정답 3번

간단한 해설

중성 화합물의 **산화수 합은 0**이다. 수소를 +1, 산소를 −2로 두면 $(+1) + x + 3(-2) = 0$이므로 염소의 산화수는 +5이다.

계산 과정

$HClO_3$는 전하가 없는 중성 화합물이므로 **구성 원자들의 산화수 합은 0**이다. 이 화합물에서 수소의 산화수는 +1, 산소의 산화수는 −2이다.

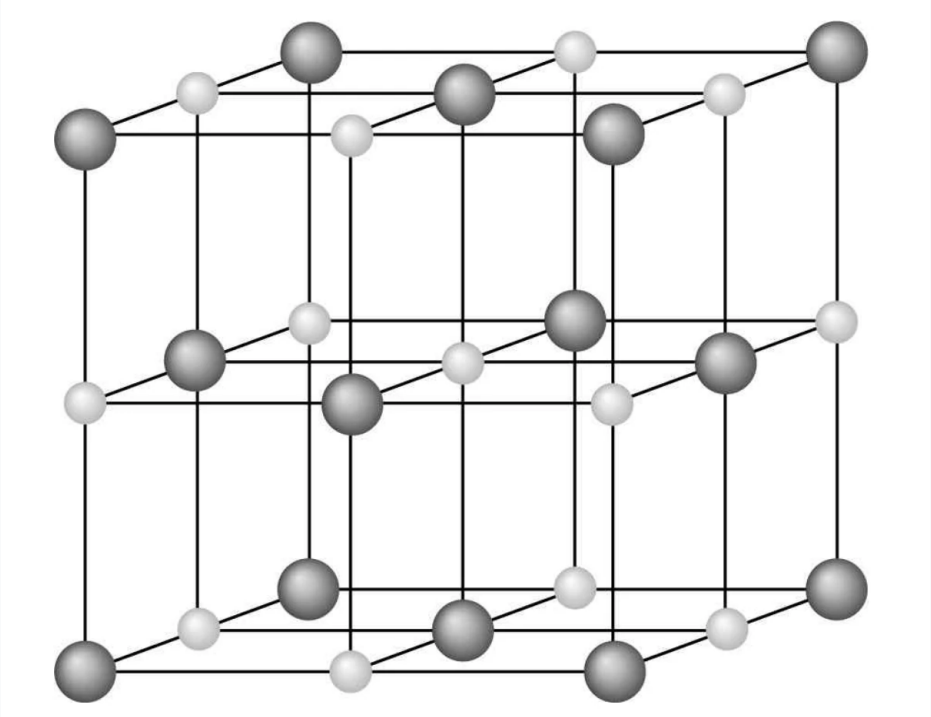
염소의 산화수를 x라 두면 수소 1개, 염소 1개, 산소 3개의 산화수를 합하여 $(+1) + x + 3(-2) = 0$으로 나타낸다. 산소의 산화수 −2에 원자 수 3을 곱해야 한다.

식을 정리하면 $1 + x - 6 = 0$, 따라서 $x = +5$이다. 산화수의 양의 부호를 생략한 선지의 5는 +5를 뜻한다.

따라서 염소의 산화수는 +5로, ③과 일치한다.

NoteBase

문 21. 염화 소듐(NaCl)의 단위 세포를 그림과 같이 나타낼 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, r_+와 r_-는 각각 양이온과 음이온의 이온 반지름이다.)



① r_+/r_-는 CsCl보다 크다.

② MgO보다 녹는점이 낮다.

③ Cl^- 이온은 면심 입방 구조를 이룬다.

④ 양이온과 음이온의 배위수는 각각 6이다.

정답 1번

간단한 해설

같은 음이온 Cl^-에 대해 Na^+는 Cs^+보다 작으므로 **NaCl의 양이온/음이온 반지름 비가 CsCl보다 작다**. NaCl은 서로 다른 이온이 각각 6개씩 이웃하는 암염형 구조이다.

NoteBase

선지별 해설

① (X) NaCl과 CsCl은 같은 종류의 음이온을 가지며, Na^+는 Cs^+보다 작다. 따라서 일반적인 이온 반지름 비교에서 **NaCl의 r_+/r_-가 CsCl보다 작다**. NaCl의 6배위와 CsCl의 8배위 구조도 이 차이와 관련된다.

② (O) MgO는 Mg^{2+}와 O^{2-}로 이루어져, 1가 이온으로 이루어진 NaCl보다 이온 사이의 정전기적 인력이 강하다. MgO의 격자를 무너뜨리는 데 더 큰 에너지가 필요하므로 NaCl의 녹는점이 MgO보다 낮다.

③ (O) 그림에서 Cl^-에 해당하는 큰 이온들은 정육면체의 꼭짓점과 각 면의 중심에 놓인다. 이 배치는 **면심 입방 구조**이며, Na^+는 그 구조의 팔면체 빈자리를 채운다.

④ (O) NaCl 구조에서 한 Na^+의 가장 가까운 이웃은 Cl^- 6개이고, 한 Cl^-의 가장 가까운 이웃도 Na^+ 6개이다. 따라서 양이온과 음이온의 배위수는 모두 6이다.

NoteBase

문 22. 바닥 상태의 전자 배치로 옳은 것은?

① Al: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

② P: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

③ S^{2-}: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

④ Ca^{2+}: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

정답 2번

간단한 해설

먼저 원자번호와 이온 전하로 **전체 전자 수**를 정해야 한다. Al은 13개, P는 15개, S^{2-}와 Ca^{2+}는 각각 18개이므로 제시된 배치 중 P의 배치만 맞는다.

선지별 해설

① (X) Al의 원자번호는 13이므로 중성 원자의 전자는 13개이다. 제시된 배치는 전자가 14개이므로 틀리다. 올바른 바닥상태 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$이다.

② (O) P의 원자번호는 15이므로 전자는 15개이다. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$은 전자 수가 15개이고 낮은 에너지 준위부터 채운 바닥상태 배치이므로 옳다.

③ (X) S의 원자번호는 16이며, S^{2-}는 전자 2개를 더 받아 **18개**의 전자를 가진다. 따라서 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$이어야 한다. 제시된 $3p^5$ 배치는 전자가 17개이다.

④ (X) Ca의 원자번호는 20이며, Ca^{2+}는 전자 2개를 잃어 **18개**의 전자를 가진다. 중성 Ca의 $4s^2$ 전자가 빠지므로 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$이 옳다. 제시된 $4s^1$ 배치는 전자가 19개이다.

NoteBase

문 23. 질량이 200g이고, 온도가 80°C인 고체 X를 20°C의 물 500g이 담긴 스티로폼 컵에 넣었다. 이 계가 열평형 온도 30°C에 도달했을 때, 물체 X의 비열[J/g·K]은? (단, 물의 비열은 4 J/g·K이고, 컵의 비열은 무시한다.)

① 1

② 2

③ 4

④ 10

정답 2번

간단한 해설

물이 얻은 열량은 20,000 J이며, 이는 **고체가 잃은 열량의 크기**와 같다. 고체 200 g의 온도가 50 K 낮아지므로 비열은 2 J/(g·K)이다.

계산 과정

열 평형에서는 고체와 물이 모두 30°C가 된다. 컵의 열용량을 무시하고 스티로폼 컵 밖으로의 열손실이 없다고 보는 열량계 모형에서, **고체가 잃은 열량과 물이 얻은 열량의 크기**가 같다. 온도 변화에 따른 열량은 $q = mc\Delta T$로 구한다.

물은 20°C에서 30°C로 가열되므로 온도 상승은 10 K이다. 온도 차이는 섭씨와 켈빈에서 수치가 같으며, 물이 얻은 열량은 $500 \times 4 \times 10 = 20{,}000$ J이다.

고체 X는 80°C에서 30°C로 냉각되므로 온도 하강의 크기는 50 K이다. 고체의 질량이 200 g이므로 잃은 열량의 크기는 $200 \times c \times 50$이다.

열량 보존으로 $200 \times c \times 50 = 20{,}000$이다. 따라서 $c = \frac{20{,}000}{200 \times 50} = 2$ J/(g·K)이다. 고체의 온도 변화 자체를 −50 K로 쓰면 고체의 열량은 −20,000 J가 되어 물의 열량과 합이 0이다.

따라서 고체 X의 비열은 2 J/(g·K)로, ②와 일치한다.

NoteBase

문 24. 원자가 결합 이론(valence bond theory)에 따라 원자 오비탈이 혼성 오비탈을 형성할 때, 에틸렌(C_2H_4)에서 탄소 원자의 혼성 오비탈은?

① sp

② sp^2

③ sp^3

④ dsp

정답 2번

간단한 해설

에틸렌의 각 탄소는 수소 2개와 다른 탄소 1개에 대해 총 **3개의 σ 결합**을 형성한다. 세 방향의 결합에 사용하는 혼성 오비탈은 sp^2이며, 남은 p 오비탈로 π 결합을 형성한다. 따라서 정답은 ②이다.

핵심 풀이

에틸렌의 구조는 $H_2C = CH_2$이다. 각 탄소를 기준으로 C–H 결합 2개와 C–C 결합의 σ 성분 1개가 있으므로 σ 결합 방향은 3개이다.

탄소의 s 오비탈 1개와 p 오비탈 2개가 혼성화하면 **3개의 sp^2 혼성 오비탈**이 생긴다. 이들은 같은 평면에서 약 120° 방향으로 배열되어 평면삼각형 결합 구조를 만든다.

혼성화에 참여하지 않은 p 오비탈 1개는 이 평면에 수직으로 남는다. 두 탄소의 p 오비탈이 옆으로 겹쳐 π 결합을 형성하므로, C=C 이중 결합은 **σ 결합 1개와 π 결합 1개**로 이루어진다.

sp^3 혼성은 네 개의 혼성 오비탈을 만들어 정사면체 방향의 σ 결합을 설명할 때 사용한다. 에틸렌의 이중 결합을 두 개의 σ 결합으로 세어 sp^3로 판단하면 안 된다.

NoteBase

문 25. 화학 반응 (가)~(다)에서 환원제로 작용하는 물질은?

(가) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$
(나) $2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Fe(s) + 3CO_2(g)$
(다) $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + 2H_2O(l) + Cl_2(g)$

① (가): NH_3, (나): C, (다): HCl
② (가): NH_3, (나): Fe_2O_3, (다): HCl
③ (가): O_2, (나): C, (다): MnO_2
④ (가): O_2, (나): Fe_2O_3, (다): MnO_2

정답 1번

간단한 해설

환원제는 다른 물질을 환원시키면서 자신은 산화되는 물질이다. 각 반응에서 산화수가 증가하는 원소가 들어 있는 반응물을 찾으면 (가)는 NH_3, (나)는 C, (다)는 HCl이다.

구성 요소별 해설

(가) NH_3: 암모니아에서 N의 산화수는 -3이고, NO에서는 +2이다. N의 산화수가 증가하여 암모니아가 산화되므로 환원제는 NH_3이다. 산소는 산화수가 0에서 -2로 감소하므로 산화제이다.

(나) C: 홑원소 물질인 C의 산화수는 0이고, CO_2에서는 +4이다. C가 산화되므로 환원제는 C이다. Fe_2O_3의 Fe는 +3에서 0으로 환원된다.

(다) HCl: HCl의 Cl은 산화수가 -1이고, Cl_2에서는 0이다. 염화 이온이 산화되므로 제시된 반응물 중 환원제는 HCl이다. MnO_2의 Mn은 +4에서 +2로 환원되므로 MnO_2는 산화제이다.

조합: (가) NH_3, (나) C, (다) HCl이므로 정답은 ①이다.

NoteBase

문 26. 화학 평형(chemical equilibrium)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 평형식은 반응 메커니즘에 따라 달라진다.

② 화학 평형에서 정반응과 역반응의 속도는 같다.

③ 정반응의 평형식은 역반응의 평형식의 역수이다.

④ 평형에 있는 어떤 계에 변화가 가해지면, 그 변화를 감소시키려는 방향으로 평형의 위치는 이동한다.

정답 1번

간단한 해설

평형 상수식은 전체 균형 반응식에 의해 결정되며 반응이 어떤 메커니즘으로 진행되는지에 따라 달라지지 않는다. 반응 메커니즘과 관련되는 속도식과 평형식을 구별해야 한다.

선지별 해설

① (X) 평형 상수식은 전체 반응식의 생성물과 반응물의 활동도를 화학량론 계수만큼 거듭제곱하여 구성한다. 같은 전체 반응에 대해 반응 경로가 달라져도 평형 상수식은 같다. 메커니즘에 따라 달라질 수 있는 반응 속도식과 혼동한 설명이다.

② (O) 화학 평형은 **정반응 속도와 역반응 속도가 같은 동적 상태**이다. 반응이 멈추는 것은 아니며, 두 방향의 변화가 균형을 이루어 거시적인 조성이 일정하게 유지된다. 반응물과 생성물의 농도가 서로 같아야 한다는 뜻은 아니다.

③ (O) 반응 방향을 뒤집으면 평형 상수식의 분자와 분모가 서로 바뀐다. 따라서 같은 온도에서 역반응의 평형 상수는 $K_{역}=1/K_{정}$이다.

④ (O) 농도·압력·온도 등의 변화로 평형이 교란되면 그 영향을 완화하는 방향으로 반응이 진행하여 새 평형에 도달한다는 것이 르샤틀리에 원리이다. 다만 촉매처럼 평형 조성을 바꾸지 않는 요인도 있으므로 모든 변화가 반드시 평형 이동을 일으키는 것은 아니다.

NoteBase

문 27. (가)~(다)는 25 °C에서의 열화학 반응을 나타낸 것이다. 반응 $ClF(g) + F_2(g) \rightarrow ClF_3(g)$의 ΔH[kJ/mol]는?

(가) $2ClF(g) + O_2(g) \rightarrow Cl_2O(g) + F_2O(g)$
$\Delta H = 167.4$ kJ/mol

(나) $2ClF_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow Cl_2O(g) + 3F_2O(g)$
$\Delta H = 341.4$ kJ/mol

(다) $2F_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2F_2O(g)$
$\Delta H = -43.4$ kJ/mol

① −217.4

② −130.2

③ −108.7

④ 217.4

정답 3번

간단한 해설

(가)에 **(나)의 역반응**과 (다)를 더하면 목표 반응의 2배가 된다. 엔탈피 변화의 합 −217.4 kJ/mol을 절반으로 줄이면 −108.7 kJ/mol이다.

NoteBase

계산 과정

헤스의 법칙에 따라 반응식을 더하면 엔탈피 변화도 더한다. 반응을 거꾸로 하면 ΔH의 부호가 바뀌고, 반응식 계수 전체에 같은 수를 곱하면 ΔH에도 그 수를 곱한다. 목표 반응에 맞추어 (가)와 (다)는 정방향, (나)는 역방향으로 합한다.

(가)는 그대로 사용한다. $2ClF + O_2 \rightarrow Cl_2O + F_2O$이고 ΔH는 +167.4 kJ/mol이다.

(나)는 역으로 사용한다. $Cl_2O + 3F_2O \rightarrow 2ClF_3 + 2O_2$이고, **역반응이므로** ΔH는 −341.4 kJ/mol이다.

(다)는 그대로 사용한다. $2F_2 + O_2 \rightarrow 2F_2O$이고 ΔH는 −43.4 kJ/mol이다. 세 식의 양변에서 산소, Cl_2O, F_2O를 소거하면 $2ClF + 2F_2 \rightarrow 2ClF_3$가 남는다. 모든 물질의 상태는 주어진 식과 같이 기체이다.

합한 반응의 ΔH는 167.4 − 341.4 − 43.4 = −217.4 kJ/mol이다. 이 식은 목표 반응의 계수의 2배이므로 **반응식과 ΔH를 함께 절반**으로 줄인다. 따라서 $\Delta H = \frac{-217.4}{2} = -108.7$ kJ/mol이다.

따라서 목표 반응의 ΔH는 −108.7 kJ/mol이며, ③과 일치한다.

NoteBase

문 28. 산과 염기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 황산(H_2SO_4)은 이양성자산이다.
② 루이스 염기는 전자쌍 받개이다.
③ 브뢴스테드-로리 산은 양성자를 주는 물질이다.
④ 아레니우스 산-염기 개념은 수용액에만 적용된다.

정답 2번

간단한 해설

루이스 산·염기는 양성자가 아니라 **전자쌍의 이동**을 기준으로 구분한다. 전자쌍을 주는 것이 염기이고 받는 것이 산이다.

선지별 해설

① (O) 황산은 한 분자에서 **양성자 두 개를 단계적으로 내놓을 수 있는 이양성자산**이다. H_2SO_4가 HSO_4^-로, 이어 SO_4^{2-}로 변하면서 각각 양성자를 내놓는다. 두 단계의 해리 정도가 같다는 뜻은 아니다.

② (X) **루이스 염기는 전자쌍 주개**이고, 전자쌍 받개는 루이스 산이다. 전자쌍을 제공하여 결합을 형성하는 물질을 염기로 분류하므로 선지의 주개와 받개가 뒤바뀌었다.

③ (O) 브뢴스테드-로리 산은 양성자 H^+를 주는 물질이며, 염기는 양성자를 받는 물질이다. 이 정의는 산·염기 반응을 양성자 이동으로 설명한다.

④ (O) 아레니우스의 정의에서 산은 수용액의 H_3O^+ 농도를, 염기는 OH^- 농도를 증가시키는 물질이다. 물을 용매로 하는 수용액을 기준으로 하므로 적용 범위가 제한된다.

NoteBase

문 29. 기체 분자 운동론(kinetic molecular theory of gas)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 입자의 크기는 무시할 수 있을 정도로 작다.

② 입자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 반비례한다.

③ 한 입자와 다른 입자(또는 벽)의 충돌은 완전 탄성 충돌이다.

④ 입자 사이의 인력과 반발력은 무시할 수 있을 정도로 작다.

정답 2번

간단한 해설

기체 분자의 **평균 병진 운동 에너지는 절대온도에 비례**한다. 온도가 높을수록 평균 운동 에너지가 커지므로, 반비례한다는 설명은 옳지 않다.

선지별 해설

① O: 이상 기체를 설명하는 분자 운동론에서는 입자 자체의 부피가 용기 부피에 비해 매우 작아 무시할 수 있다고 가정한다. 입자가 차지하는 부피보다 입자 사이의 빈 공간이 훨씬 크다는 뜻이다.

② X: 입자의 평균 병진 운동 에너지는 **절대온도에 비례**한다. 입자 한 개당 평균값은 E_k=(3)/(2)k_ BT이며, k_ B는 볼츠만 상수이다. 절대온도가 두 배가 되면 평균 병진 운동 에너지도 두 배가 된다.

③ O: 입자끼리 또는 용기 벽과의 충돌은 완전 탄성 충돌로 가정한다. 충돌 과정에서 운동 에너지의 총합은 보존되지만, 개별 입자 사이에는 에너지가 전달되어 각 입자의 속력이 달라질 수 있다.

④ O: 이상 기체 모형에서는 충돌하는 순간을 제외하고 입자 사이의 인력과 반발력을 무시한다. 따라서 입자 사이의 상호작용에 의한 위치 에너지보다 자유로운 운동과 충돌을 중심으로 기체의 성질을 설명한다.

NoteBase

문 30. 아세틸렌C_2H_2 52 g을 완전 연소시킬 때 필요한 산소O_2의 질량[g]과 이때 생성되는 물H_2O의 질량[g]은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이다.)

① O_2: 80, H_2O: 18
② O_2: 160, H_2O: 36
③ O_2: 192, H_2O: 72
④ O_2: 224, H_2O: 108

정답 2번

간단한 해설

아세틸렌의 몰질량은 26g/mol이므로 52g은 2몰이다. 완전 연소 반응에서 아세틸렌 2몰당 **산소 5몰이 필요하고 물 2몰이 생성**되므로, 산소는 **160g**, 물은 **36g**이다. 정답은 ②이다.

계산 과정

1. 완전 연소 반응식을 맞춘다.

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

양변의 탄소·수소·산소 원자 수는 각각 4개·4개·10개로 같다.

2. 아세틸렌의 몰수를 구한다.

$$M(C_2H_2) = 2 \times 12 + 2 \times 1 = 26\text{g/mol}$$

$$n(C_2H_2) = \frac{52}{26} = 2\text{mol}$$

3. 반응식의 계수비를 적용한다. 아세틸렌 2몰에 대해 산소 5몰이 필요하고 물 2몰이 생성된다.

$$m(O_2) = 5\text{mol} \times 32\text{g/mol} = 160\text{g}$$

$$m(H_2O) = 2\text{mol} \times 18\text{g/mol} = 36\text{g}$$

따라서 산소 160g, 물 36g의 조합인 ②가 옳다. 반응식 계수는 질량비가 아니라 **몰수비**이므로, 각 물질의 몰질량을 곱해야 한다.

NoteBase

문 31. 온도 T°C에서 산소(O_2) 기체 분자의 분출(effusion) 속도가 500 m/s일 때, 같은 온도에서 수소(H_2) 기체 분자의 분출 속도 [m/s]는? (단, 기체는 그레이엄의 분출 법칙(Graham's law of effusion)을 따르고, O_2와 H_2의 화학식량은 각각 32와 2이다.)

① 500

② 1,000

③ 1,500

④ 2,000

정답 4번

간단한 해설

같은 온도에서 분출 속도는 **몰질량의 제곱근에 반비례**한다. 수소는 산소보다 $\sqrt{32/2} = 4$배 빠르므로 분출 속도는 2,000 m/s이다.

계산 과정

문제에서 그레이엄의 분출 법칙을 따른다고 했으므로, **같은 온도에서 분출 속도는 몰질량의 제곱근에 반비례**한다. 따라서 가벼운 수소가 무거운 산소보다 빠르게 분출한다.

수소와 산소의 몰질량 비는 주어진 화학식량의 비와 같다. 수소 속도를 분자에 두면 질량의 순서는 반대로 두어 $\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4$이다.

산소의 분출 속도가 500 m/s이므로 수소의 분출 속도는 $500 \times 4 = 2{,}000$ m/s이다. 두 기체의 온도가 같아 속도의 비를 구할 때 온도 값은 별도로 대입할 필요가 없다.

따라서 수소의 분출 속도는 2,000 m/s이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 32. 화학 반응 (가)와 (나)의 평형 상수 K_1과 K_2를 이용하여 $2Cu(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CuO(s)$의 평형 상수를 표현한 것으로 옳은 것은?

(가) $4Cu(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2Cu_2O(s)\ K_1$
(나) $2CuO(s) \rightleftharpoons Cu_2O(s) + \frac{1}{2}O_2(g)\ K_2$

① $(K_1)(K_2)$
② $(K_1)(K_2)^{0.5}$
③ $(K_1)^{0.5}/(K_2)$
④ $(K_1)/(K_2)^2$

정답 3번

간단한 해설

목표 반응은 **(가)의 절반과 (나)의 역반응을 더한 것**이다. 계수를 절반으로 줄이면 평형 상수에 제곱근을 취하고, 역반응에는 역수를 취하므로 $K = K_1^{1/2}/K_2$이다.

계산 과정

반응식의 모든 계수를 a배 하면 평형 상수는 K^a, 반응 방향을 뒤집으면 $1/K$가 된다. 두 반응식을 더하면 그 평형 상수들을 곱한다.

(가)의 계수를 절반으로 줄이면 $2Cu(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons Cu_2O(s)$가 되고, 평형 상수는 $K_1^{1/2}$이다.

(나)를 역반응으로 바꾸면 $Cu_2O(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2CuO(s)$가 되고, 평형 상수는 $1/K_2$이다.

두 식을 더하면 양변의 Cu_2O가 소거되고 산소의 계수는 $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$이 된다. 목표 반응 $2Cu(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CuO(s)$를 얻으므로 평형 상수는 $K = K_1^{1/2} \times \frac{1}{K_2} = \frac{K_1^{0.5}}{K_2}$이며 ③이다.

NoteBase

문 33. 25 ℃ 물에서 HCN의 산 해리 상수는 6.2×10^{-10}이고, HF의 산 해리 상수는 6.6×10^{-4}이며, HPO_4^{2-}의 산 해리 상수는 2.2×10^{-13}일 때, 이온의 염기 세기를 순서대로 옳게 나열한 것은?

① $F^- > PO_4^{3-} > CN^-$

② $F^- > CN^- > PO_4^{3-}$

③ $PO_4^{3-} > CN^- > F^-$

④ $CN^- > F^- > PO_4^{3-}$

정답 3번

간단한 해설

같은 온도에서 **산이 약할수록 그 짝염기는 강하다**. HPO_4^{2-}의 산 해리 상수가 가장 작고 HF의 값이 가장 크므로, 짝염기의 세기는 $PO_4^{3-} > CN^- > F^-$이다.

올바른 순서

염기 세기가 큰 순서는 $PO_4^{3-} > CN^- > F^-$이다.

같은 온도의 물에서 짝산과 짝염기는 $K_aK_b = K_w$ 관계를 만족한다. 따라서 **짝산의 산 해리 상수가 작을수록 짝염기의 염기 해리 상수는 크다**. 산의 세기 순서와 짝염기의 세기 순서는 반대이다.

주어진 산 해리 상수를 비교하면
$K_a(HF) > K_a(HCN) > K_a(HPO_4^{2-})$
이다. 각각의 짝염기는 F^-, CN^-, PO_4^{3-}이므로 염기 세기는 이 순서를 뒤집는다.

25 ℃에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$를 이용해 확인하면
$K_b(PO_4^{3-}) \approx 4.5 \times 10^{-2}$
$K_b(CN^-) \approx 1.6 \times 10^{-5}$
$K_b(F^-) \approx 1.5 \times 10^{-11}$
이다. 따라서 **PO_4^{3-}가 가장 강하고 F^-가 가장 약한 염기**이다.

NoteBase

문 34. 일정 온도에서 5 L, 600 mmHg의 부테인($C_4H_{10}(g)$)이 2 L로 변화했을 때의 압력[mmHg]은? (단, 기체는 이상 기체이다.)

① 600

② 900

③ 1,200

④ 1,500

정답 4번

간단한 해설

일정 온도에서 같은 양의 이상 기체는 **압력과 부피의 곱이 일정**하다. 부피가 5 L에서 2 L로 줄어 압력은 $600 \times \frac{5}{2} = 1{,}500$ mmHg가 된다.

계산 과정

이상 기체식 $PV = nRT$에서 같은 양의 기체가 일정한 온도를 유지하면 nRT가 일정하다. 따라서 **압력과 부피의 곱이 일정**한 보일 법칙 $P_1V_1 = P_2V_2$를 적용한다.

처음 압력은 600 mmHg, 처음 부피는 5 L이고, 나중 부피는 2 L이다. 구할 압력을 P_2라 두면 $600 \times 5 = P_2 \times 2$이다.

따라서 $P_2 = 600 \times \frac{5}{2} = 1{,}500$ mmHg이다. 부피가 작아졌으므로 압력이 처음보다 커진다는 방향도 일치한다. 부피는 같은 L 단위로 비를 취하므로 별도 환산이 필요 없다.

따라서 변화 후 압력은 1,500 mmHg이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 35. 산소(O_2) 16.0 g과 메테인(CH_4) 8.0 g의 기체 혼합물을 0°C에서 22.4 L 용기에 채웠다. 이 기체 혼합물이 들어 있는 용기의 전체 압력[atm]은? (단, 모든 기체는 이상 기체이고, 기체 상수는 0.08206 L·atm/mol·K이다. C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이다.)

① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 2번

간단한 해설

산소와 메테인은 각각 0.50 mol이므로 **혼합 기체의 전체 몰수는 1.00 mol**이다. 이를 절대온도 약 273 K와 함께 이상 기체식에 대입하면 전체 압력은 약 1.0 atm이다.

계산 과정

① 각 기체의 몰수: 산소의 몰질량은 $2 \times 16 = 32$ g/mol이므로 $n(O_2) = 16.0/32 = 0.50$ mol이다. 메테인의 몰질량은 $12 + 4 \times 1 = 16$ g/mol이므로 $n(CH_4) = 8.0/16 = 0.50$ mol이다.

② 전체 몰수와 온도: 혼합 기체의 전체 몰수는 0.50 + 0.50 = 1.00 mol이다. 이상 기체식의 온도는 절대온도를 사용하므로 0 °C를 약 273 K로 바꾼다.

③ 전체 압력 계산: $P = \frac{nRT}{V} = \frac{1.00 \times 0.08206 \times 273}{22.4} \approx 1.0$ atm이다. 각 기체의 부분 압력은 약 0.5 atm이고, 전체 압력은 그 합이므로 정답은 ②이다.

NoteBase

문 36. 다음 침전 반응에 포함된 구경꾼 이온만으로 짝 지어진 것은?

$Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$

① Pb^{2+}, I^-

② Pb^{2+}, NO_3^-

③ K^+, I^-

④ K^+, NO_3^-

정답 4번

간단한 해설

반응 전후에 수용액 속 이온 상태로 그대로 남는 것이 구경꾼 이온이다. Pb^{2+}와 I^-는 침전을 만들고, K^+와 NO_3^-는 변하지 않는다.

핵심 풀이

구경꾼 이온은 반응 전후에 같은 수용액 이온 상태로 남아, 알짜 이온 반응식에서 양변을 소거할 수 있는 이온이다. 이 반응에서는 K^+**와** NO_3^-가 이에 해당하므로 ④가 맞다.

수용액의 강전해질을 이온으로 나타내면 반응물 쪽에는 Pb^{2+}, $2NO_3^-$, $2K^+$, $2I^-$가 있다. 생성물 쪽에는 고체 PbI_2와 수용액의 $2K^+$, $2NO_3^-$가 있으므로 칼륨 이온과 질산 이온은 변하지 않는다.

반면 Pb^{2+}와 I^-는 결합하여 침전을 만든다. 두 구경꾼 이온을 소거한 알짜 이온 반응식은 $Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$이다. 따라서 아이오딘화 이온을 포함한 ①·③과 납 이온을 포함한 ②는 구경꾼 이온만의 짝이 아니다.

NoteBase

문 37. 초기 온도가 95 °C인 물 0.05 kg에서 1,200 J의 열이 방출되었을 때, 물의 최종 온도[°C]는? (단, 물의 비열은 4 J/g·K이다.)

① 6

② 35

③ 60

④ 89

정답 4번

간단한 해설

물 0.05kg은 50g이다. 열을 방출했으므로 온도는 $1200/(50 \times 4) = 6$°C만큼 **낮아진다**. 최종 온도는 **89°C**이므로 정답은 ④이다.

계산 과정

1. 비열의 질량 단위가 g이므로 물의 질량을 바꾼다.

$$m = 0.05\text{kg} = 50\text{g}$$

2. 물이 받은 열을 q로 두면 열을 방출하였으므로 $q = -1200\text{J}$이다. 비열 관계식 $q = mc(T_f - T_i)$를 적용한다.

$$T_f - T_i = \frac{-1200\text{J}}{50\text{g} \times 4\text{J/(g}\cdot\text{K)}} = -6\text{K}$$

3. 온도 차이는 1K와 1°C의 크기가 같으므로 6K 감소는 6°C 감소와 같다.

$$T_f = 95 - 6 = 89\,^\circ\text{C}$$

따라서 최종 온도는 89°C이다. 6°C는 최종 온도가 아니라 **온도 감소량**이라는 점에 유의한다.

NoteBase

문 38. 주양자수(n)가 3이고 각운동량 양자수(l)가 2인 오비탈에 들어갈 수 있는 최대 전자수는?

① 2

② 6

③ 10

④ 14

정답 3번

간단한 해설

n = 3, l = 2는 **3d 부껍질**에 해당하며, 자기 양자수의 다섯 값에 대응하는 오비탈 5개가 있다. 각 오비탈에 전자가 2개씩 들어가므로 최대 전자수는 10개이다.

계산 과정

주양자수 n = 3은 세 번째 전자껍질을, 각운동량 양자수 l = 2는 d 부껍질을 뜻한다. 따라서 주어진 두 양자수를 만족하는 상태 전체는 **3d 부껍질**이다. 개별 오비탈 하나를 정하려면 자기 양자수도 지정해야 한다.

자기 양자수 m_l는 −l부터 +l까지 정수 값을 갖는다. l = 2이면 −2, −1, 0, +1, +2의 다섯 값이므로, 3d 부껍질에는 5개의 오비탈이 있다.

파울리 배타 원리에 따라 개별 오비탈 하나에는 스핀 양자수가 서로 다른 전자 2개까지 들어간다. 따라서 주어진 n과 l을 만족하는 **오비탈 전체의 최대 전자수**는 5 × 2 = 10개이다. 개별 오비탈 하나의 최대 전자수 2개와 구분한다.

따라서 최대 전자수는 10개로, ③과 일치한다.

NoteBase

문 39. 격자 에너지는 고체 이온 결합 화합물 1몰의 모든 이온을 기체 상태의 이온으로 완전히 분리하는 데 필요한 에너지이다. 다음 자료를 본-하버 순환(Born-Haber cycle)에 적용하여 계산한 RbCl의 격자 에너지[kJ/mol]는? (단, I_1은 1차 이온화 에너지, EA는 전자 친화도이다.)

$\mathrm{Rb}(s) + \frac{1}{2}\mathrm{Cl_2}(g) \rightarrow \mathrm{RbCl}(s) \quad \Delta H_f^\circ\,[\mathrm{RbCl}(s)] = -430.5\ \mathrm{kJ/mol}$
$\Delta H_f^\circ\,[\mathrm{Rb}(g)] = 85.8\ \mathrm{kJ/mol}$
$\Delta H_f^\circ\,[\mathrm{Cl}(g)] = 122\ \mathrm{kJ/mol}$
$I_1(\mathrm{Rb}) = 403\ \mathrm{kJ/mol}$
$EA(\mathrm{Cl}) = -349\ \mathrm{kJ/mol}$

① −46.7

② −168.7

③ 692.3

④ 861.0

정답 3번

간단한 해설

문제는 이온결정을 **기체 이온으로 분리하는 양의 격자 에너지**를 묻는다. 생성 반응에 포함되는 격자 형성 엔탈피를 −U로 놓고 주어진 과정들을 합하면 U = 692.3 kJ/mol이다.

NoteBase

계산 과정

문제의 격자 에너지 U는 고체를 기체 이온으로 **분리하는 데 필요한 양의 에너지**이다. 따라서 기체 이온들이 고체 RbCl을 만드는 반대 과정의 엔탈피 변화는 −U이다.

Rb(s)를 Rb(g)로 만드는 데 85.8 kJ/mol, ½Cl_2(g)를 Cl(g)로 만드는 데 122 kJ/mol이 필요하다. 주어진 Cl(g)의 생성 엔탈피는 이미 Cl 원자 1몰에 해당하므로 다시 2로 나누지 않는다.

기체 원자를 이온으로 바꾸는 과정에서 Rb의 이온화에는 +403 kJ/mol이 들고, Cl의 전자 획득에는 주어진 값 **−349 kJ/mol**을 그대로 적용한다. 전자 친화도의 부호를 양수로 바꾸지 않는다.

헤스의 법칙에 따라 원소에서 고체 RbCl이 되는 전체 엔탈피는

$$-430.5 = 85.8 + 122 + 403 - 349 - U$$

이다. 따라서

$$U = 85.8 + 122 + 403 - 349 + 430.5 = 692.3\,\text{kJ/mol}$$

RbCl의 격자 에너지는 **692.3 kJ/mol**이므로 정답은 ③이다. 고체가 형성되는 과정의 엔탈피 −692.3 kJ/mol과 문제에서 정의한 분리 에너지를 구분한다.

NoteBase

문 40. 다음은 오존(O_3)의 분해 반응 $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$에 대한 반응 메커니즘이다. 2단계가 속도 결정 단계이고, 1단계 평형은 2단계에 비해 훨씬 빠르다고 가정할 때, O_3 분해 반응의 속도식은? (단, k는 속도 상수이다.)

1단계: $O_3(g) \rightleftharpoons O_2(g) + O(g)$
2단계: $O_3(g) + O(g) \rightarrow 2O_2(g)$

① 속도 = $k[O_3]$
② 속도 = $k[O_3]^2$
③ 속도 = $k[O_3]^2[O_2]$
④ 속도 = $k[O_3]^2[O_2]^{-1}$

정답 4번

간단한 해설

느린 2단계의 속도식에 빠른 1단계 평형으로 구한 중간체 농도를 대입한다. O의 농도는 $[O_3]/[O_2]$에 비례하므로 전체 속도식은 $v = k[O_3]^2[O_2]^{-1}$이다.

계산 과정

① 느린 단계의 속도식: 속도 결정 단계인 2단계는 O_3와 O가 반응하는 단일 단계이므로 v=k_2[O_3][O]로 쓴다. 이때 O는 전체 반응식에 남지 않는 중간체이므로 다른 농도로 나타내야 한다.

② 빠른 평형 이용: 1단계의 정반응 속도 상수를 k_1, 역반응 속도 상수를 k_{-1}이라 하면 평형에서 k_1[O_3]=k_-1[O_2][O]이다. 따라서 [O]=(k_1)/(k_-1)[O_3][O_2]이다.

③ 중간체 제거: 위 관계를 느린 단계의 속도식에 대입하면 $v = \frac{k_1 k_2}{k_{-1}} \frac{[O_3]^2}{[O_2]}$이다. 상수 부분을 k로 묶으면 $v = k[O_3]^2[O_2]^{-1}$이므로 정답은 ④이다.

NoteBase