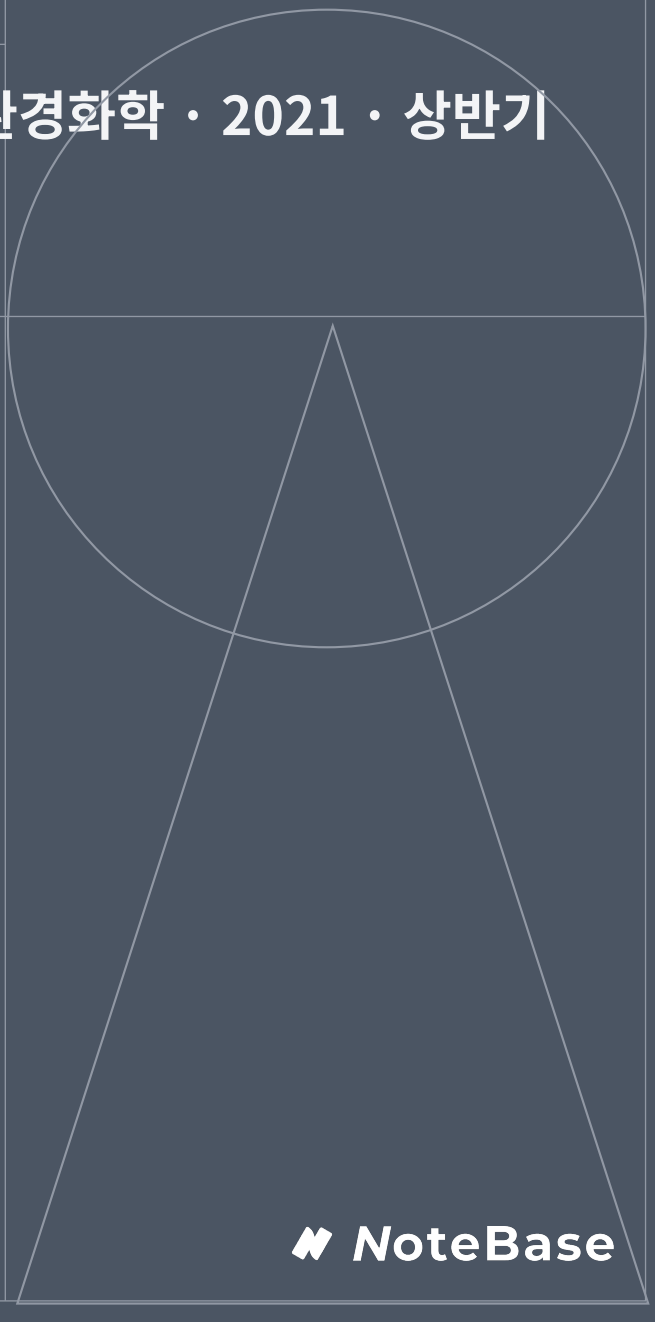
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 7급 · 환경화학 · 2021 · 상반기



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 7급 · 환경화학 · 2021 · 상반기

공무원/해경/일반직 7급 · 환경화학 · 2021 · 상반기

문 1. 6가 크롬(Cr^{6+})을 함유하는 폐수를 처리하기 위한 단위조작에서 순서를 올바르게 나열한 것은?

① 환원 - 중화 - 침전

② 중화 - 환원 - 침전

③ 중화 - 침전 - 환원

④ 환원 - 침전 - 중화

정답 1번

출제 포인트

6가 크롬을 독성과 용해성이 낮은 형태로 처리할 때 환원, 중화, 침전이 어떤 순서로 이어지는지를 묻는 문제이다.

올바른 순서

1. 환원 — 용해성이 크고 독성이 강한 6가 크롬을 3가 크롬으로 바꾼다.
2. 중화 — 환원 후 폐수의 pH를 높여 3가 크롬이 수산화물을 형성하기 좋은 조건으로 조절한다.
3. 침전 — 3가 크롬을 수산화크롬(III), $Cr(OH)_3$, 침전으로 만들어 제거한다.

왜 이 순서: 먼저 Cr^{6+}를 Cr^{3+}로 환원해야 이후 pH 조절을 통해 $Cr(OH)_3$로 침전시킬 수 있기 때문이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 환원으로 6가 크롬을 3가 크롬으로 전환한 뒤 중화하여 침전 조건을 만들고, 마지막에 수산화크롬(III)으로 침전시키는 올바른 순서이다.

② X — 틀린 부분은 중화를 환원보다 먼저 둔 것이다. 6가 크롬을 먼저 3가 크롬으로 환원해야 수산화물 침전으로 제거할 수 있다. 올바르게는 '환원 - 중화 - 침전'이다.

③ X — 틀린 부분은 중화와 침전을 환원보다 먼저 둔 것이다. 환원되지 않은 6가 크롬을 그대로 두고 침전 공정을 앞세우는 순서는 적절하지 않다. 올바르게는 '환원 - 중화 - 침전'이다.

④ X — 틀린 부분은 침전을 중화보다 먼저 둔 것이다. 먼저 중화로 pH를 조절하여 $Cr(OH)_3$가 생성될 조건을 마련한 다음 침전시켜야 한다. 올바르게는 '환원 - 중화 - 침전'이다.

오답 포인트

'중화'와 '침전'을 하나의 과정처럼 생각해 순서를 바꾸기 쉽다. 그러나 환원은 크롬의 산화 상태를 바꾸는 단계이고, 중화는 뒤이은 수산화물 침전을 위한 pH 조건을 만드는 단계이다.

다시 나오면 이렇게 판단

크롬 폐수의 처리 순서는 '산화 상태 전환 → 침전 조건 조성 → 고체로 분리'의 의존관계로 판단한다. 즉 6가 크롬을 환원하고, 중화로 pH를 조절한 뒤, 3가 크롬 수산화물을 침전시킨다.

암기 포인트

6가 크롬 처리는 '환원하고, 중화한 뒤, 침전시킨다'이다.

NoteBase

문 2. 다음은 대기의 성질에 대한 설명이다. 가장 옳지 않은 것은?

① 대기의 안정도를 나타내기 위해서는 상하층 간의 밀도차이와 풍속차이를 고려하여야 한다.

② 하층의 공기밀도가 작고, 상층의 공기밀도가 큰 경우 대류현상으로 수직혼합이 일어난다.

③ 대기의 밀도는 기온이 낮을수록 높아지므로 고도에 따른 기온 분포로부터 밀도 분포가 결정된다.

④ 상승하는 공기의 온도가 주위의 공기 온도보다 높으면 대기는 안정한 상태가 된다.

정답 4번

출제 포인트

대기의 안정도는 공기덩이가 위아래로 움직인 뒤 원래 위치로 돌아가려는지, 계속 이동하려는지를 판단하는 개념이다. 상승한 공기덩이가 주위보다 따뜻하고 가벼우면 계속 상승하므로 불안정하다.

핵심 개념

안정 대기: 상승한 공기덩이가 주위보다 차갑고 무거워 원래 위치로 돌아가려는 대기이다.
불안정 대기: 상승한 공기덩이가 주위보다 따뜻하고 가벼워 계속 상승하며 수직혼합이 활발해지는 대기이다.
밀도 성층과 연직 풍속차는 부력과 난류 생성을 좌우하므로 대기 안정도 판단에 함께 고려된다.

선지별 해설

① O — 대기의 안정도에는 상하층의 밀도차에 따른 부력 효과와 풍속차에 따른 연직 전단 효과가 함께 작용한다. 따라서 두 요소를 모두 고려한다는 설명은 옳다.
② O — 하층에 가벼운 공기, 상층에 무거운 공기가 놓이면 밀도 배열이 불안정하다. 무거운 공기는 내려가고 가벼운 공기는 올라가면서 대류와 수직혼합이 일어난다.
③ O — 공기밀도는 같은 압력에서 기온이 낮을수록 커진다. 대기의 연직 구조에서는 기온 분포와 정역학적 압력 변화를 함께 이용해 고도에 따른 밀도 분포를 파악하므로 제시된 설명은 옳다.
④ X — 틀린 표현은 '대기는 안정한 상태가 된다'이다. 상승하는 공기의 온도가 주위 공기보다 높으면 그 공기는 주위보다 밀도가 작아 계속 상승하므로 대기는 불안정한 상태가 된다.

오답 포인트

④는 '상승하는 공기'라는 말만 보고 안정하다고 판단하게 만드는 선지이다. 안정 여부는 이동 방향이 아니라 이동한 공기덩이와 주위 공기의 온도·밀도 비교로 판단한다. 상승 공기가 주위보다 따뜻하면 상승을 억제하지 않고 강화하므로 불안정하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

공기덩이가 상승했다고 가정한 뒤 주위와 온도를 비교한다. 상승 공기가 더 따뜻하면 가벼워서 계속 상승하므로 불안정하고, 더 차가우면 무거워져 내려오므로 안정하다. 밀도 배열은 무거운 공기가 아래에 있으면 안정하고 위에 있으면 불안정하다.

암기 포인트

상승 공기가 주위보다 따뜻하면 불안정, 차가우면 안정이다. 무거운 공기가 위에 놓인 밀도 배열도 불안정하다.

NoteBase

문 3. 다음은 질소산화물(NO_x)에 대한 설명이다. 가장 옳지 않은 것은?

① 연소과정 중 고온에서는 90% 이상이 NO로 발생한다.

② NO의 독성은 오존보다 10~15배 강하며 폐렴, 폐수종을 일으킨다.

③ NO_2는 적갈색, 자극성 기체로 독성이 NO보다 약 5배 정도 더 크다.

④ NO_x는 혈액 중의 헤모글로빈과 결합하는 친화력이 일산화탄소보다 수백 배 더 강하다.

정답 2번

출제 포인트

연소 과정에서 생성되는 질소산화물의 형태와 NO, NO_2의 색·자극성·독성 및 헤모글로빈 결합 특성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

NO: 고온 연소에서 질소산화물의 주된 초기 생성물이며, 무색 기체로 배출된 뒤 대기 중에서 산화되어 NO_2가 된다.
NO_2: 적갈색의 자극성 기체이며, 호흡기 깊숙이 침투해 폐 조직을 손상시키고 고농도 노출 시 폐수종을 일으킬 수 있다.
독성 비교에서는 물질명과 배수의 방향을 함께 확인해야 한다. 이 문항의 기준에서 NO의 독성은 오존보다 강한 것이 아니라 약 10분의 1~15분의 1 수준이다.

선지별 해설

① O — 고온 연소에서 처음 생성되는 질소산화물은 대부분 NO이며, 통상 90% 이상을 차지한다.
② X — 틀린 표현은 'NO의 독성은 오존보다 10~15배 강하다'이다. 올바르게는 NO의 독성이 오존의 약 10분의 1~15분의 1 수준으로 더 약하다고 해야 한다. 또한 폐렴·폐수종과 같은 심한 호흡기 손상은 자극성이 큰 NO_2의 대표적 유해 작용으로 구분한다.
③ O — NO_2는 적갈색의 자극성 기체이고, 이 문항의 비교 기준에서는 NO보다 독성이 약 5배 크다.
④ O — 질소산화물 중 특히 NO는 헤모글로빈의 헴에 매우 강하게 결합하며, 일산화탄소보다도 친화력이 훨씬 크다. 따라서 제시된 '수백 배 더 강하다'는 설명은 옳다.

오답 포인트

②는 '10~15배'라는 수치만 기억하고 비교 방향을 뒤집게 만드는 선지이다. NO가 오존보다 10~15배 강한 것이 아니라, 오존의 약 10분의 1~15분의 1 수준이라는 점이 핵심이다. 폐수종을 일으키는 강한 호흡기 자극 물질로는 NO_2를 연결한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

질소산화물 선지는 '생성 형태·색·독성·혈액 결합'으로 나누어 판단한다. 고온 연소의 초기 생성물은 *NO*, 적갈색과 강한 호흡기 자극은 NO_2, 강한 헤모글로빈 결합은 *NO*에 대응시킨다. 독성의 배수 표현은 어느 물질이 기준인지까지 확인한다.

암기 포인트

고온 연소는 *NO*, 적갈색·강한 자극은 NO_2, 오존보다 약한 독성은 *NO*이다.

NoteBase

문 4. $Fe_{(s)}$로 만든 주유소의 저장 탱크를 지하에 매립한 후 음극화 보호법으로 부식을 방지하기 위하여 사용하는 금속으로 가장 적절하지 않은 것은?

① Zn
② Al
③ Mg
④ Pb

정답 4번

출제 포인트

음극화 보호법에서 철제 탱크를 음극으로 유지하려면 철보다 산화되기 쉬운 금속을 희생양극으로 연결해야 한다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

음극화 보호법은 보호할 철을 전자를 공급받는 음극으로 만들어 철의 산화를 억제하는 부식 방지법이다. 희생양극은 철보다 이온화 경향이 큰 금속이어야 하며, 자신이 먼저 산화되어 철에 전자를 공급한다. 따라서 *Zn*, *Al*, *Mg*는 사용할 수 있지만 철보다 산화되기 어려운 *Pb*는 적절하지 않다.

선지별 해설

① O — *Zn*은 철보다 이온화 경향이 커서 먼저 산화되며 철제 탱크에 전자를 공급할 수 있으므로 희생양극으로 적절하다.
② O — *Al*은 철보다 이온화 경향이 큰 금속이므로 철 대신 산화되는 희생양극 재료가 될 수 있다.
③ O — *Mg*은 철보다 이온화 경향이 매우 커서 쉽게 산화되므로 철을 음극으로 유지하는 희생양극으로 적절하다.
④ X — 틀린 부분은 *Pb*를 희생양극용 금속으로 고른 것이다. *Pb*는 철보다 이온화 경향이 작아 철보다 먼저 산화되어 전자를 공급하기 어렵다. 올바르게는 *Pb* 대신 철보다 이온화 경향이 큰 *Zn*, *Al*, *Mg* 같은 금속을 사용한다.

오답 포인트

'부식에 강한 금속'을 고르는 문제가 아니라 '철보다 먼저 부식되어 철을 보호할 금속'을 고르는 문제이다. 또한 문항이 '가장 적절하지 않은 것'을 요구하므로 희생양극이 될 수 없는 *Pb*를 선택해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

보호 대상인 철보다 이온화 경향이 큰 금속은 희생양극이 되어 먼저 산화되므로 적절하고, 철보다 이온화 경향이 작은 금속은 철에 전자를 공급하지 못하므로 부적절하다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

희생양극은 철보다 먼저 산화되는 금속이며, 이 문항에서는 $Zn \cdot Al \cdot Mg$은 가능하고 Pb는 불가능하다.

NoteBase

문 5. $H_2O(l)$ 1,250 mL에 CrO_3 25 g을 용해시켜 만든 $CrO_3(aq)$에서 CrO_3의 몰랄농도(m)는? (단, CrO_3의 화학식량은 100이고, $H_2O(l)$의 밀도는 1 g/mL임)

① 0.1

② 0.2

③ 0.4

④ 0.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 용질의 몰수를 용매의 질량(kg)으로 나누어 몰랄농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: CrO_3 25 g, CrO_3의 화학식량 100, 물 1,250 mL, 물의 밀도 $1 g/mL$이다.
구해야 할 값: CrO_3 수용액의 몰랄농도 m이다.
주의할 조건: 몰랄농도의 분모는 용액의 질량이 아니라 용매인 물의 질량(kg)이다.

사용할 공식

m=용질의 몰수(mol)용매의 질량(kg)
몰랄농도는 용매 $1kg$당 용질의 몰수로 정의되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 용질 CrO_3의 몰수는 $25g \div 100g/mol = 0.25mol$이다.
2. 물의 질량은 $1{,}250mL \times 1g/mL = 1{,}250g = 1.25kg$이다.
3. 몰랄농도는 $m = \frac{0.25mol}{1.25kg} = 0.2mol/kg$ 이다.

선지 판단

① X — 0.1은 계산 결과 $0.2mol/kg$와 다르다. 틀린 값 0.1은 올바르게는 0.2이다.
② O — 용질 0.25 mol을 용매 1.25 kg으로 나누면 몰랄농도는 $0.2mol/kg$이다.
③ X — 0.4는 계산 결과 $0.2mol/kg$와 다르다. 틀린 값 0.4는 올바르게는 0.2이다.
④ X — 0.5는 계산 결과 $0.2mol/kg$와 다르다. 틀린 값 0.5는 올바르게는 0.2이다.
계산 결과가 0.2이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

오답 포인트

물 1,250 mL를 그대로 분모에 넣거나 g을 kg으로 바꾸지 않으면 몰랄농도의 정의에 맞지 않는다. 또한 분모에는 용질과 용매를 합친 용액의 질량이 아니라 물의 질량 1.25 kg만 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 용질의 질량을 화학식량으로 나누어 몰수로 바꾸고, 용매의 부피와 밀도로 질량을 구한 뒤 kg으로 환산하여 두 값을 나눈다.

암기 포인트

몰랄농도는 '용질 mol ÷ 용매 kg'이다.

NoteBase

문 6. 매립 시 발생되는 침출수의 중금속 농도에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 매립 초기와 같이 pH가 낮게 유지되는 경우에 침출수의 중금속 농도가 높아질 가능성이 높다.

② 혐기성 분해가 일어나면 산화환원 전위가 높아져 중금속이 침출수로 용해되어 나올 가능성이 커진다.

③ 혐기성 분해 생성물의 하나인 이산화탄소는 침출수에 용해되어 탄산염 형태로 존재하며, pH 7 이상인 경우에 중금속과 반응하여 침전물을 형성한다.

④ 중금속과 반응하여 침전물을 형성하는 음이온으로 S^{2-} 등이 있다.

정답 2번

출제 포인트

매립지의 분해 단계에 따른 pH와 산화환원전위 변화가 중금속의 용해와 침전에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

매립 초기의 산 생성 단계에서는 유기산 때문에 pH가 낮아져 중금속의 용해도가 커질 수 있다. 이후 혐기성 분해가 진행되면 산화환원전위가 낮아지고 pH가 중성 부근으로 상승하며, 탄산염과 황화물에 의한 중금속 침전이 촉진되어 침출수의 용존 중금속 농도가 감소할 수 있다.

선지별 해설

① O. 매립 초기에는 유기산이 생성되어 pH가 낮게 유지될 수 있다. 산성 조건에서는 중금속의 용해도가 커지므로 침출수의 중금속 농도가 높아질 가능성이 크다.

② X. 틀린 표현은 '혐기성 분해가 일어나면 산화환원전위가 높아져'이다. 산소가 부족한 혐기성 조건에서는 산화환원전위가 낮아진다. 또한 중성화와 황화물·탄산염 침전 때문에 중금속이 용존 상태로 나오기보다 고체로 제거될 가능성이 커진다. 올바르게는 '혐기성 분해가 진행되면 산화환원전위가 낮아지고, 중금속의 침전이 촉진되어 침출수의 용존 중금속 농도가 낮아질 수 있다'이다.

③ O. 혐기성 분해에서 생성된 이산화탄소는 침출수에 녹아 탄산계 화학종을 형성한다. pH가 7 이상으로 높아지면 중금속 이온과 반응할 수 있는 탄산염 성분이 증가하여 난용성 금속 탄산염 침전을 형성할 수 있다.

④ O. 황화 이온 S^{2-}은 여러 중금속 이온과 반응하여 용해도가 작은 금속 황화물 침전을 형성하므로, 용존 중금속을 감소시키는 음이온에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 '혐기성'이라는 말을 보고 중금속이 더 잘 녹는다고 단정하도록 유도한다. 그러나 혐기성 분해의 직접적인 전위 변화는 산화환원전위의 상승이 아니라 하강이며, 안정화 단계에서는 pH 상승과 황화물·탄산염 침전도 함께 고려해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

매립 초기의 산 생성 단계는 '낮은 pH·중금속 용해 증가'로, 후기 혐기성 안정화 단계는 '낮은 산화환원전위·pH 상승·황화물과 탄산염 침전'으로 연결하여 판단한다.

암기 포인트

초기 산성화는 금속을 녹이고, 후기 혐기성 안정화는 전위를 낮추며 금속을 침전시킨다.

NoteBase

문 7. 폐기물의 열분해에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 열분해 온도에 따른 가스의 구성비는 고온이 될수록 CO_2 함량은 증가하고 수분 함량은 줄어든다.

② 열분해를 통한 연료의 성질을 결정짓는 요소로는 운전온도, 가열속도, 폐기물의 성질 등이 있다.

③ 열분해 방법은 저온법과 고온법이 있는데 통상적으로 저온은 500~900℃, 고온은 1,100~1,500℃를 말한다.

④ 열분해 방법은 공기가 부족한 상태에서 폐기물을 연소시켜 가스, 액체 및 고체 상태의 연료를 생산하는 공정이다.

정답 1번

출제 포인트

폐기물 열분해의 운전 조건과 생성물, 그리고 열분해 온도에 따른 생성가스 조성의 변화를 묻는 문제이다.

핵심 개념

열분해는 산소가 없거나 매우 부족한 조건에서 폐기물을 가열하여 유기물을 가스, 액상물 및 고형 탄소질 물질로 분해하는 공정이다. 온도가 높아지면 2차 분해와 가스화 반응이 활발해져 가스 중 H_2와 CO의 비율은 대체로 증가하고, CO_2와 수분의 비율은 감소한다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '고온이 될수록 CO_2 함량은 증가'이다. 열분해 온도가 높아지면 생성가스 중 CO_2 함량은 감소하고, H_2와 CO 함량은 증가하는 경향이 있다. 수분 함량이 감소한다는 부분은 옳다.
② O — 열분해 생성물의 수율과 성상은 운전온도, 가열속도, 체류시간 같은 운전조건과 폐기물의 조성·수분 등 원료 성질의 영향을 받는다.
③ O — 열분해는 운전온도에 따라 저온법과 고온법으로 구분하며, 통상 저온법은 $500 \sim 900\,^{\circ}C$, 고온법은 $1{,}100 \sim 1{,}500\,^{\circ}C$ 범위로 본다.
④ O — 공기 공급이 부족한 조건에서 폐기물을 열적으로 분해하면 가연성 가스, 액상 연료 및 고형 연료를 얻을 수 있다. 따라서 제시된 조건과 생성물의 설명은 열분해 공정의 특징에 해당한다.

오답 포인트

①은 수분 함량의 감소와 CO_2 함량의 증가를 한 문장에 묶었다. 수분 감소는 맞지만 CO_2는 고온에서 감소하므로, 일부가 맞는 문장을 전체적으로 옳다고 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

열분해 문제에서는 먼저 산소가 제한된 가열 공정인지 확인하고, 온도 상승에 따른 가스 조성은 '$H_2 \cdot CO$ 증가, $CO_2 \cdot$ 수분 감소'의 방향으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

열분해 고온화: H_2·CO는 증가하고, CO_2·수분은 감소한다.

NoteBase

문 8. 하수의 화학적처리 과정에서 산화·환원반응과 ORP(산화환원 전위)에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 산화반응은 산소와 결합 또는 전자를 잃는 반응이다.

② 환원반응은 수소를 얻거나 전자를 얻는 반응이다.

③ ORP 계산에는 패러데이(Faraday)상수와 절대온도를 이용한다.

④ ORP가 높은(강한) 산화제 순서는 $F > Cl_2 > O_3$이다.

정답 4번

출제 포인트

산화·환원의 정의, 네른스트식에 들어가는 물리량, 표준환원전위에 따른 산화제의 세기 순서를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

산화는 산소와 결합하거나 전자를 잃는 반응이고, 환원은 수소와 결합하거나 전자를 얻는 반응이다. ORP는 전자를 받거나 내놓으려는 경향을 전위로 나타낸 값이며, 산화제의 산화력은 일반적으로 표준환원전위가 클수록 강하다.

선지별 해설

① O — 산소와의 결합 및 전자의 상실은 모두 산화에 해당한다.
② O — 수소의 획득 및 전자의 획득은 모두 환원에 해당한다.
③ O — ORP는 네른스트식 $E = E^\circ - \frac{RT}{nF}\ln Q$로 나타낼 수 있으므로 절대온도 T와 패러데이 상수 F가 계산에 사용된다.
④ X — 틀린 부분은 산화제의 세기를 $F > Cl_2 > O_3$로 배열한 것이다. 올바르게는 불소 분자 F_2가 가장 강하고, 오존 O_3이 염소 Cl_2보다 강하므로 $F_2 > O_3 > Cl_2$이다.

오답 포인트

④는 불소가 가장 강한 산화제라는 점은 맞게 두고 O_3과 Cl_2의 순서만 바꾸어 놓았다. 또한 산화제인 불소는 원자기호 F가 아니라 분자식 F_2로 나타내는 것이 정확하다.

다시 나오면 이렇게 판단

정의형 선지는 전자 기준으로 먼저 판별한다. 전자를 잃으면 산화, 얻으면 환원이다. 산화제의 세기는 표준환원전위가 큰 순서로 비교하며, 이 문항의 세 물질은 $F_2 > O_3 > Cl_2$로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

산화는 전자 상실, 환원은 전자 획득이며, 산화력의 순서는 $F_2 > O_3 > Cl_2$이다.

NoteBase

문 9. 박테리아의 경험적인 화학적 분자식은 $C_5H_7O_2N$으로 알려져 있다. 10 g의 박테리아가 산화될 때 소모되는 산소량은 약 얼마인가? (단, 질소는 암모니아로 전환됨)

① 1.42 g

② 2.84 g

③ 14.2 g

④ 28.4 g

정답 3번

출제 포인트

박테리아의 경험식과 질소의 최종 형태를 이용하여 완전 산화 반응식을 세우고, 박테리아 질량에 대응하는 산소 소모량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 박테리아 경험식은 $C_5H_7O_2N$, 박테리아 질량은 $10g$이다.
구해야 할 값: 완전 산화에 소모되는 O_2의 질량이다.
주의할 조건: 질소가 NH_3로 전환되므로 생성물의 질소 형태를 N_2나 질산성 질소로 두지 않는다.

사용할 공식

완전 산화 반응식은 다음과 같다.
$C_5H_7O_2N + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + 2H_2O + NH_3$
따라서 박테리아 1몰당 산소 5몰이 필요하다. 경험식의 몰질량과 반응식의 몰비를 이용하면 산소 소모량은 다음과 같다.
$m_{O_2} = m_{bacteria} \times \frac{5M_{O_2}}{M_{C_5H_7O_2N}}$

계산 과정

1. 박테리아 경험식의 몰질량은 $5 \times 12 + 7 \times 1 + 2 \times 16 + 14 = 113g/mol$이다.
2. 박테리아 1몰을 산화하는 데 필요한 산소는 $5mol$, 즉 $5 \times 32 = 160g$이다.
3. $10g$의 박테리아에 필요한 산소 질량은 다음과 같다.
$10g \times \frac{160g}{113g} = 14.16g \approx 14.2g$

NoteBase

선지 판단

① X — 1.42g은 박테리아 1g당 산소 요구량 약 1.42g을 구한 뒤 주어진 박테리아 질량 10g을 반영하지 않은 값이다. 올바른 산소 소모량은 14.2g이다.
② X — 2.84g은 반응식의 몰비와 10g의 질량 환산을 모두 적용한 값이 아니다. 올바르게는 $10 \times 160/113 \approx 14.2g$이다.
③ O — 완전 산화 반응식에서 박테리아 1몰당 O_2 5몰이 필요하므로 계산 결과는 약 14.2g이다.
④ X — 28.4g은 올바른 계산값 14.2g의 2배이다. 산소 계수 5를 적용해야 하며, 올바른 산소 소모량은 14.2g이다.

오답 포인트

질소가 NH_3로 전환된다는 조건을 놓치면 산화 반응식의 산소 계수가 달라진다. 또한 박테리아 1몰당 산소 질량비 160/113을 구한 뒤, 주어진 박테리아 질량 10g을 반드시 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

경험식의 완전 산화 문제는 생성물의 형태를 먼저 확정하고, 원소별로 반응식을 맞춘 다음, 몰질량비를 주어진 질량에 적용하여 판단한다.

암기 포인트

$C_5H_7O_2N$의 질소가 NH_3로 전환되는 완전 산화식에서는 경험식 1몰당 O_2 5몰이 소모된다.

NoteBase

문 10. 공장폐수 처리에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 시안화합물은 통상 알칼리성 염소주입법에 의하여 제거된다.

② 카드뮴을 함유한 폐수는 알칼리를 가해 수산화물로 침전 분리한다.

③ 피혁공장에서 배출되는 폐수는 BOD 및 크롬의 함유도가 높다.

④ 크롬을 함유한 폐수는 염화바륨을 사용하여 6가 크롬을 바로 침전시키는 방법을 사용한다.

정답 4번

출제 포인트

공장폐수에 포함된 시안화합물·카드뮴·크롬의 성질에 맞는 처리법을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

시안화합물은 알칼리성 조건에서 염소계 산화제로 산화 분해한다. 카드뮴과 3가 크롬 같은 금속 이온은 pH를 조절하여 난용성 수산화물로 만든 뒤 침전·분리한다. 6가 크롬은 독성이 크고 수산화물로 바로 침전시키기 어려우므로 먼저 3가 크롬으로 환원한 다음 수산화물 침전을 적용한다.

선지별 해설

① O — 시안화합물은 통상 알칼리성에서 염소를 주입해 산화 분해하는 알칼리성 염소주입법으로 처리한다. 알칼리성 조건은 처리 과정에서 유독한 시안화수소가 발생하는 것을 억제한다.
② O — 카드뮴 이온이 든 폐수에 알칼리를 가하면 난용성 수산화카드뮴이 생성되므로 이를 침전·분리할 수 있다.
③ O — 피혁 제조 과정에서는 유기성 오염물질이 많이 발생하여 BOD가 높고, 크롬염을 사용하는 무두질 공정 때문에 크롬 함유량도 높을 수 있다.
④ X — 틀린 부분은 '염화바륨을 사용하여 6가 크롬을 바로 침전시킨다'이다. 일반적인 크롬 폐수 처리는 6가 크롬을 3가 크롬으로 환원한 뒤 알칼리를 가하여 수산화크롬으로 침전·분리하는 방식이다.

오답 포인트

④는 '침전'이라는 익숙한 중금속 처리 용어를 사용하지만, 6가 크롬에는 환원 단계가 먼저 필요하다. 카드뮴의 직접 수산화물 침전과 크롬의 환원 후 수산화물 침전을 혼동하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

오염물질별 핵심 반응을 연결한다. 시안은 알칼리성 염소 산화, 카드뮴은 수산화물 침전, 6가 크롬은 3가로 환원한 뒤 수산화물 침전으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

시안은 산화, 카드뮴은 침전, 6가 크롬은 환원 후 침전이다.

NoteBase

문 11. 다음 중 기름 유출이 해양환경에 미치는 영향으로 가장 옳지 않은 것은?

① 원유나 벙커유는 해양조류와 접촉하여 질식으로 인한 대량 폐사를 유발할 수 있다.

② 원유는 수중에서 초콜릿 무스 형태로 부유하며 장기간 수중 환경에 나쁜 영향을 미칠 수 있다.

③ 벤젠과 톨루엔은 수중에 잘 용해되지 않는 특성이 있으며 독성이 낮아 해양생물에 대한 직접적 치사효과는 없다.

④ 독성이 있는 탄화수소 화합물은 세포막 내부를 구성하고 있는 지질층에 유입되어 피해를 입힌다.

정답 3번

출제 포인트

기름 유출이 일으키는 물리적 피복·유화와 방향족 탄화수소의 독성 작용을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

유출유는 생물의 몸을 덮어 호흡과 체온 유지 등을 방해하는 물리적 피해를 일으키고, 물과 섞여 점성이 큰 유화물을 만들면 오래 잔류한다. 한편 벤젠·톨루엔 같은 저분자 방향족 탄화수소는 원유의 무거운 성분보다 물에 비교적 잘 녹아 수중 생물에 급성 독성을 나타낼 수 있다.

선지별 해설

① O — 원유나 벙커유처럼 점성이 있는 기름은 생물체를 물리적으로 피복하여 정상적인 호흡과 움직임을 방해한다. 해양 조류에서는 깃털의 방수·보온 기능도 무너뜨려 대량 폐사를 일으킬 수 있다.
② O — 원유는 풍화 과정에서 물을 내부에 포함한 점성 높은 유중수형 유화물을 만들 수 있으며, 이를 초콜릿 무스라고 한다. 이 유화물은 해수면에 오래 부유·잔류하여 장기간 피해를 줄 수 있다.
③ X — 틀린 표현은 '수중에 잘 용해되지 않는다', '독성이 낮다', '직접적 치사효과는 없다'이다. 벤젠과 톨루엔은 저분자 방향족 탄화수소로서 원유의 고분자 성분보다 수중에 비교적 잘 용해되며 독성이 있어, 노출 농도가 높으면 해양생물에 급성 독성과 직접적인 치사효과를 나타낼 수 있다.
④ O — 소수성 탄화수소는 세포막의 지질층에 분배·축적될 수 있다. 그 결과 세포막의 구조와 기능을 교란하여 세포에 피해를 준다.

오답 포인트

③은 벤젠·톨루엔도 기름 성분이라는 이유만으로 물에 거의 녹지 않고 독성도 낮다고 오인하게 만든다. 석유 성분 중에서도 저분자 방향족 탄화수소는 상대적으로 수용성이 크고 급성 독성이 높다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유출유의 영향은 먼저 물리적 피해와 화학적 독성으로 나누어 판단한다. 무거운 기름은 피복·질식·유화·장기 잔류를, 벤젠·톨루엔 같은 저분자 방향족 성분은 상대적으로 높은 수용성과 급성 독성을 연결한다.

NoteBase

암기 포인트

무거운 기름은 덮고 오래 남으며, 벤젠·톨루엔은 비교적 잘 녹고 독성이 크다.

NoteBase

문 12. 수질의 화학적 고도처리 방법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 이온교환법 : 상온의 수용액에서는 이온의 원자가가 높은 것일수록 잘 교환·흡착한다.

② 활성탄흡착법 : 생물학적 처리수의 잔존유기물을 제거하거나 미량의 유해물 처리에 많이 이용된다.

③ 응집 : 명반, 철염 등의 응집제를 사용하여 질소(N), 인(P)을 제거하는 방법으로, 유기인의 화학적 응결 침전에 효과적이다.

④ 산화 : 암모니아 제거, 잔존 유기물의 감소, 살균 등의 목적으로 사용되며, 산화제로는 염소, 오존 등이 사용된다.

정답 3번

출제 포인트

수질의 화학적 고도처리 방법별 제거 대상과 작용 원리를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

이온교환은 이온교환수지의 이온과 수중 이온을 서로 바꾸어 제거하는 방법이다. 활성탄흡착은 활성탄의 넓은 표면에 잔존 유기물과 미량 유해물질을 붙잡는 방법이다. 응집·침전은 명반이나 철염으로 미세 입자를 뭉치게 하고 인을 불용성 침전물로 만들어 제거하는 데 효과적이다. 산화는 염소·오존 등의 산화제로 암모니아와 잔존 유기물을 산화하거나 미생물을 불활성화하는 방법이다.

선지별 해설

① O — 상온의 묽은 수용액에서 다른 조건이 같다면 이온교환수지는 일반적으로 원자가가 큰 이온을 더 선택적으로 교환·흡착한다. 다만 실제 선택성은 이온의 종류, 농도, 수화 정도 등의 영향도 받는다.
② O — 활성탄은 생물학적 처리 후에도 남는 난분해성 유기물, 냄새·색 유발 물질 및 미량 유해물질을 흡착하는 고도처리에 널리 이용된다.
③ X — 틀린 표현은 '질소(N), 인(P)을 제거'와 '유기인의 화학적 응결 침전에 효과적'이라는 부분이다. 명반이나 철염을 이용한 화학적 응집·침전은 주로 인, 특히 용존 무기성 인산염을 불용성 인 화합물로 만들어 제거하는 방법이며, 질소를 일반적으로 함께 제거하는 방법은 아니다. 유기인은 그대로 선택적으로 침전시키기보다 먼저 무기성 인산염 형태로 전환되어야 화학적 침전으로 제거하기 쉽다.
④ O — 염소와 오존은 대표적인 산화제로서 암모니아 산화, 잔존 유기물 감소, 살균·소독 등에 이용된다.

오답 포인트

③은 응집제가 영양염류를 제거한다는 넓은 표현으로 질소와 인을 한꺼번에 묶고, 화학적 침전에 잘 제거되는 대상을 유기인으로 바꾼 선지이다. 응집·침전의 대표 제거 대상은 무기성 인산염이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

처리 방법마다 작용 원리와 대표 제거 대상을 짝지어 판단한다. 이온교환은 이온 선택성, 활성탄은 유기물 흡착, 응집·침전은 인 제거, 산화는 암모니아·유기물 산화와 살균에 대응한다.

암기 포인트

이온은 교환, 유기물은 활성탄 흡착, 인은 응집·침전, 암모니아와 미생물은 산화로 연결한다.

NoteBase

문 13. 배기가스 중에 일산화탄소가 전혀 없는 완전연소가 일어나고 이 때 공기비가 1.5라면 배기가스 중의 산소량(O_2)은?

① 7%

② 9%

③ 10%

④ 12%

정답 1번

출제 포인트

공기비와 이론공기량의 관계를 이용하여 완전연소 배기가스에 남는 산소의 비율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 공기비 $m = 1.5$
구해야 할 값: 배기가스 중 산소량 O_2의 백분율
주의할 조건: 일산화탄소가 전혀 없는 완전연소이므로 이론공기량을 초과하여 공급된 공기의 산소가 배기가스에 남는다.

사용할 공식

$O_2(\%) = 21 \times \frac{m-1}{m}$
공기 중 산소의 부피비를 21%로 보고, 실제 공급 공기 중 이론공기량을 초과한 부분의 비율 $\frac{m-1}{m}$을 곱한다.

계산 과정

1. 초과공기비는 $m - 1 = 1.5 - 1 = 0.5$이다.
2. 실제 공급 공기에서 초과공기가 차지하는 비율은 $\frac{0.5}{1.5} = \frac{1}{3}$이다.
3. 따라서 $O_2(\%) = 21 \times \frac{1}{3} = 7\%$ 이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 7%이므로 옳다.
② X — 9%는 계산값 7%와 일치하지 않는다. 올바르게는 배기가스 중 산소량은 7%이다.
③ X — 10%는 계산값 7%와 일치하지 않는다. 특히 $21 \times (m - 1) = 10.5\%$처럼 초과공기비만 곱하고 공기비 m으로 나누지 않으면 이와 가까운 오답이 나온다. 올바르게는 7%이다.
④ X — 12%는 계산값 7%와 일치하지 않는다. 올바르게는 배기가스 중 산소량은 7%이다.

NoteBase

오답 포인트

초과공기비 $m-1=0.5$를 그대로 21%에 곱하는 것이 함정이다. 배기가스의 산소 비율은 실제 공급 공기를 기준으로 하므로 반드시 m으로 나눈 $\frac{m-1}{m}$을 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전연소에서 공기비가 주어지면 $m-1$로 초과공기를 구하고, $21\times\frac{m-1}{m}$에 대입하여 잔류 산소율을 판단한다.

암기 포인트

공기비 m일 때 잔류 산소율은 $21\times\frac{m-1}{m}$%이다.

NoteBase

문 14. 토양이 양이온을 보유할 수 있는 능력(CEC)으로 이온성에 따른 침투력의 크기를 순서대로 나열한 것은?

① $Al^{3+} > Li^{+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > NH_4^{+}$

② $Ca^{2+} > Al^{3+} > NH_4^{+} > Mg^{2+} > Li^{+}$

③ $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} > Li^{+}$

④ $NH_4^{+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Li^{+} > Mg^{2+}$

정답 3번

출제 포인트

토양 교환체가 양이온을 선택하여 보유하는 힘인 교환 침투력의 순서를 묻는 문제이다.

핵심 개념

양이온의 교환 침투력은 일반적으로 전하가 클수록 강하다. 전하가 같으면 수화된 이온의 크기가 작을수록 교환체에 더 강하게 보유된다. 따라서 이 문항의 이온은 $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} > Li^{+}$의 순서가 된다.

선지별 해설

① X

- Li^{+}를 2가 양이온인 Mg^{2+}, Ca^{2+}보다 앞에 둔 것이 틀리다. 전하가 큰 2가 양이온이 1가인 Li^{+}보다 교환 침투력이 강하다. 올바른 전체 순서는 $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} > Li^{+}$이다.

② X

- Ca^{2+}를 Al^{3+}보다 앞에 둔 것이 틀리다. 3가인 Al^{3+}의 교환 침투력이 2가인 Ca^{2+}보다 강하다. 또한 NH_4^{+}를 Mg^{2+}보다 앞에 둘 수 없다. 올바른 전체 순서는 $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} > Li^{+}$이다.

③ O

- 전하가 가장 큰 Al^{3+}가 가장 강하고, 2가 양이온에서는 Ca^{2+}가 Mg^{2+}보다 강하며, 1가 양이온에서는 NH_4^{+}가 Li^{+}보다 강하므로 올바른 순서이다.

④ X

- 1가인 NH_4^{+}를 3가인 Al^{3+}과 2가인 Ca^{2+}보다 앞에 둔 것이 틀리다. 또한 Li^{+}를 Mg^{2+}보다 앞에 둘 수 없다. 올바른 전체 순서는 $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} > Li^{+}$이다.

오답 포인트

전하만 비교하면 Ca^{2+}와 Mg^{2+}, NH_4^{+}와 Li^{+}처럼 전하가 같은 이온의 순서를 정할 수 없다. 같은 전하에서는 수화 정도에 따른 수화 이온의 크기까지 비교해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전하의 크기에 따라 3가, 2가, 1가 순으로 배열하고, 전하가 같은 이온끼리는 수화된 이온의 크기가 작은 쪽을 앞에 둔다.

암기 포인트

이 문항의 교환 침투력 순서는 알루미늄-칼슘-마그네슘-암모늄-리튬이다.

NoteBase

문 15. 토양 내 질소의 생물화학적 반응 중에서 가장 옳지 않은 것은?

① 환원반응:
NH_4^+(Nitrosomonas)NO_2^-(Nitrobactor)NO_3^- 화합물
② 탈질소반응:
NO_3^-(Bacillus)NO_2^-(탈질세균)N_2O
③ 질소동화작용:
무기질소(NH_4^+, NO_3^-) (토양미생물) 유기질소화합물
④ 질소의 광물질화:
유기질소화합물 (미생물분해작용) NH_4^+, $NO_3 - N$

정답 1번

출제 포인트

토양 질소 순환에서 질산화, 탈질, 질소 동화, 광물질화의 반응 방향과 산화·환원 여부를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

질산화: 암모늄성 질소가 아질산성 질소를 거쳐 질산성 질소로 산화되는 과정이다.
탈질: 질산성 질소가 환원되어 아질산, 일산화질소, 아산화질소 등을 거쳐 질소 기체로 전환되는 과정이다.
질소 동화: 미생물이나 식물이 무기질소를 흡수하여 유기질소화합물로 만드는 과정이다.
광물질화: 유기질소가 미생물 분해로 무기질소 형태로 전환되는 과정이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '환원반응'이다. NH_4^+가 NO_2^-를 거쳐 NO_3^-로 바뀌는 과정은 질소의 산화수가 증가하는 질산화, 즉 산화반응이다. 올바르게는 '질산화반응(산화반응): $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$'이다.
② O — 탈질은 산소가 부족한 조건에서 탈질세균이 NO_3^-를 전자수용체로 이용하여 NO_2^-, N_2O 등의 환원 생성물을 거쳐 기체상 질소로 전환하는 반응이다. 제시된 반응 방향은 탈질 과정에 해당한다.
③ O — 질소 동화작용은 NH_4^+, NO_3^-와 같은 무기질소를 미생물 등이 흡수하여 세포를 구성하는 유기질소화합물로 전환하는 과정이다.
④ O — 질소의 광물질화는 유기질소화합물이 미생물에 의해 분해되어 식물이 이용할 수 있는 무기질소로 전환되는 과정이다. 먼저 주로 NH_4^+가 생성되고, 이어지는 질산화에 의해 $NO_3 - N$ 형태도 나타날 수 있다.

오답 포인트

①의 반응식을 보고 물질이 여러 단계로 변한다는 점에만 주목하면 '환원반응'이라는 표제를 놓치기 쉽다.
암모늄에서 질산으로 갈수록 질소의 산화수가 커지므로 이 과정은 환원이 아니라 산화이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

질소 형태의 이동 방향을 먼저 본다. $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$는 질산화·산화이고, $NO_3^- \rightarrow N_2$는 탈질·환원이다. 무기질소에서 유기질소로 가면 동화, 유기질소에서 무기질소로 가면 광물질화이다.

암기 포인트

암모늄→질산은 산화, 질산→질소 기체는 환원, 무기→유기는 동화, 유기→무기는 광물질화이다.

NoteBase

문 16. 물의 연수화(Water Softening)에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 연수화 : 물속의 경도성분(Ca^{2+}, Mg^{2+} 등)을 제거하여 경수를 연수로 바꾸는 조작이다.

② 자비법 : Ca(HCO_3)_2 (냉각) CaCO_3 + CO_2 + H_2O

③ 석회-소다회법 : 탄산가스(CO_2)와 탄산경도는 소석회를 사용하고, 비탄산경도는 소다회와 소석회를 사용하여 Ca^{2+}는 $CaCO_3$로, Mg^{2+}는 $Mg(OH)_2$로 침전 제거한다.

④ 지올라이트(Zeolite)법 : 일반식은 Na_2O-Z로 표시되고 이온교환수지와 반응원리는 같다.

정답 2번

출제 포인트

물의 경도를 낮추는 연수화 방법별 원리와 반응 조건을 구별하는 문제이다. 특히 자비법은 냉각이 아니라 가열에 의해 일시경도를 제거한다.

핵심 개념

연수화는 물속의 경도 유발 이온인 Ca^{2+}, Mg^{2+} 등을 제거하거나 다른 이온으로 교환하여 경수를 연수로 바꾸는 조작이다.
자비법은 중탄산염 형태의 일시경도를 가열·분해하여 침전으로 제거한다. 석회-소다회법은 약품을 넣어 칼슘을 $CaCO_3$, 마그네슘을 $Mg(OH)_2$로 침전시킨다. 지올라이트법은 나트륨형 지올라이트의 Na^{+}와 물속 경도 이온을 교환한다.

선지별 해설

① O — 연수화는 Ca^{2+}, Mg^{2+} 등 경도 성분을 제거하여 경수를 연수로 바꾸는 조작이므로 옳다.
② X — 틀린 표현은 반응 조건인 '냉각'이다. 자비법은 물을 끓이는 가열 조작이며, 올바른 반응은 Ca(HCO_3)_2 가열 CaCO_3 + CO_2 + H_2O이다.
③ O — 석회-소다회법에서는 소석회와 소다회를 이용해 경도 성분을 난용성 침전으로 바꾼다. 최종적으로 Ca^{2+}는 $CaCO_3$, Mg^{2+}는 $Mg(OH)_2$ 형태로 침전 제거되므로 옳다.
④ O — 나트륨형 지올라이트는 물속 Ca^{2+}, Mg^{2+}를 Na^{+}와 교환한다. 경도 이온을 이온교환으로 제거한다는 점에서 이온교환수지법과 반응 원리가 같으므로 옳다.

오답 포인트

②의 반응 생성물은 익숙한 탄산칼슘 침전식이어서 조건인 '냉각'을 지나치기 쉽다. 자비법의 '자비'는 물을 끓인다는 뜻이므로 반응 조건은 가열이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

연수화 선지는 먼저 제거 원리를 구분한다. 자비법은 가열 분해, 석회-소다회법은 약품 침전, 지올라이트법은 이온교환이다. 그다음 반응 조건과 침전물의 종류가 이 원리에 맞는지 확인한다.

암기 포인트

자비법은 가열, 석회-소다회법은 침전, 지올라이트법은 이온교환이다.

NoteBase

문 17. CN^-농도 100 mg/L를 함유하는 폐수 10 m^3를 처리하는 데 필요한 차아염소산나트륨(NaOCl)의 이론적 양은?

$2NaCN + 5NaOCl + H_2O \rightarrow 2NaOH + 2CO_2 + N_2 + 5NaCl$
(단, 염소(Cl) 원자량 : 35.5)

① 약 2.4 kg
② 약 3.6 kg
③ 약 7.2 kg
④ 약 14.3 kg

정답 3번

출제 포인트

폐수에 들어 있는 CN^-의 총질량을 몰수로 바꾸고, 반응식의 몰비 $CN^- : NaOCl = 2 : 5$를 적용하여 필요한 NaOCl의 이론적 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: CN^- 농도 $100 mg/L$, 폐수 부피 $10 m^3$이다.
구해야 할 값: 필요한 NaOCl의 이론적 질량이다.
주의할 조건: $10 m^3 = 10{,}000 L$로 환산하고, CN^-의 몰질량은 $12 + 14 = 26 g/mol$, NaOCl의 몰질량은 $23 + 16 + 35.5 = 74.5 g/mol$을 사용한다.

사용할 공식

$m_{CN^-} = C_{CN^-} V$
$n_{NaOCl} = n_{CN^-} \times \frac{5}{2}$
$m_{NaOCl} = n_{NaOCl} M_{NaOCl}$
주어진 반응식에서 CN^- 2몰을 처리하는 데 NaOCl 5몰이 필요하므로 이 몰비를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 폐수의 부피를 환산한다.

$10m^3 = 10{,}000L$

2. 폐수에 포함된 CN^-의 총질량과 몰수를 구한다.

$100mg/L \times 10{,}000L = 1{,}000{,}000mg = 1{,}000g$

$n_{CN^-} = \frac{1{,}000}{26} mol$

3. 반응 몰비 2 : 5를 적용하여 NaOCl의 질량을 구한다.

$m_{NaOCl} = \frac{1{,}000}{26} \times \frac{5}{2} \times 74.5g \approx 7{,}163g \approx 7.2kg$

선지 판단

① X — 약 $2.4kg$은 계산값 약 $7.2kg$과 일치하지 않는다. 틀린 표현 '약 $2.4kg$'은 '약 $7.2kg$'으로 고쳐야 한다.

② X — 약 $3.6kg$은 계산값의 절반에 불과하다. 반응식의 계수비는 2 : 5이므로 틀린 표현 '약 $3.6kg$'은 '약 $7.2kg$'으로 고쳐야 한다.

③ O — 단위 환산 후 반응 몰비 5/2와 NaOCl의 몰질량 $74.5g/mol$을 적용하면 약 $7.2kg$이 된다.

④ X — 약 $14.3kg$은 계산값의 약 2배이다. 반응식에서 NaOCl 5몰은 CN^- 2몰과 반응하므로 틀린 표현 '약 $14.3kg$'은 '약 $7.2kg$'으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

핵심 함정은 $10m^3$를 $10{,}000L$로 바꾸는 단위 환산과 반응식의 계수 2와 5를 그대로 몰비 5/2로 적용하는 데 있다. 특히 ②의 약 $3.6kg$은 필요한 양을 절반으로 줄인 값이고, ④의 약 $14.3kg$은 필요한 양을 약 2배로 만든 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도와 부피로 오염물질의 총질량을 구한 뒤 몰수로 환산하고, 반응식의 계수비로 처리제 몰수를 구한 다음 처리제의 몰질량을 곱한다. 마지막에 부피와 질량 단위가 일관되는지 검산한다.

암기 포인트

농도×부피로 총질량을 구하고, 질량→몰수→반응계수비→목표 물질의 질량 순서로 계산한다. 이 반응에서는 CN^- : NaOCl = 2 : 5이다.

NoteBase

문 18. 수처리의 염소 소독법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 정수장에서 암모니아가 포함된 물을 염소 소독할 때 유리잔류염소를 적정한 농도로 유지하기 위해서는 불연속점(breakpoint)보다 더 많은 염소를 주입하여야 한다.

② 유리잔류염소인 $HOCl$과 OCl^-의 비율($[HOCl]/[OCl^-]$)은 pH가 낮으면 커진다.

③ 결합잔류염소 모노클로로아민(NH_2Cl)의 생성은 pH 6 ~ 7 사이에서 활발하다.

④ 정수처리 시 관말에서 잔류염소 함유량은 약 0.1 ppm을 유지해야 한다.

정답 3번

출제 포인트

암모니아가 있는 물의 불연속점 염소처리, pH에 따른 유리염소의 존재 형태와 클로로아민 생성 조건, 급수계통 말단의 잔류염소 기준을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

유리잔류염소는 주로 차아염소산 $HOCl$과 차아염소산 이온 OCl^-으로 존재하며, pH가 낮을수록 소독력이 큰 $HOCl$의 비율이 커진다. 암모니아가 있으면 먼저 결합잔류염소인 클로로아민이 생기고, 염소를 더 넣어 불연속점을 지나면 유리잔류염소가 증가한다. 모노클로로아민 NH_2Cl은 중성~알칼리성에서 우세하고 생성 속도는 pH 약 8.3에서 가장 크며, pH가 낮아질수록 다이클로로아민의 생성이 유리해진다.

선지별 해설

① O — 암모니아가 포함된 물에서는 주입한 염소가 먼저 클로로아민 형성·분해와 환원성 물질의 산화에 소비된다. 불연속점보다 더 주입해야 이후 투입량에 따라 유리잔류염소가 증가하므로 적정한 유리잔류염소를 확보할 수 있다.

② O — $HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$ 평형에서 pH가 낮아져 H^+가 많아지면 평형이 $HOCl$ 쪽으로 이동한다. 따라서 $[HOCl]/[OCl^-]$는 커진다.

③ X — 틀린 표현은 ‘pH 6~7 사이에서 활발하다’이다. 모노클로로아민의 생성은 중성~알칼리성에서 유리하고 생성 속도는 pH 약 8.3에서 가장 크며, 안정한 모노클로로아민을 얻기 위해서는 보통 pH 8 이상이 유리하다. 낮은 pH에서는 다이클로로아민의 비율이 커진다. 올바르게는 ‘모노클로로아민의 생성은 pH 약 8.3 부근에서 가장 활발하다’이다.

④ O — 급수계통의 수도꼭지에서는 먹는물의 유리잔류염소가 항상 $0.1 mg/L$ 이상이 되도록 관리한다. 물에서 $0.1 mg/L$는 대략 0.1 ppm이므로 관말에서 약 0.1 ppm을 유지한다는 취지에 부합한다.

NoteBase

오답 포인트

③은 '중성 부근에서도 모노클로로아민이 생길 수 있다'는 사실과 '생성이 가장 활발한 pH'를 바꾸어 놓은 선지이다. pH 6~7이라는 범위만 보고 모노클로로아민이 전혀 생성되지 않는다고 판단하는 것이 아니라, 최적 생성 조건이 pH 약 8.3이라는 점으로 판별한다.

다시 나오면 이렇게 판단

염소 소독 문항에서는 먼저 불연속점 전후를 구분한다. 불연속점 전에는 결합잔류염소가 중심이고, 불연속점 후에는 유리잔류염소가 증가한다. 이어 pH가 낮으면 *HOCl* 비율이 커지고, 모노클로로아민은 pH 약 8.3의 알칼리성 쪽에서 생성이 가장 빠르다고 판단한다.

암기 포인트

불연속점 뒤에는 유리염소, 낮은 pH에서는 *HOCl*, 모노클로로아민 생성 최적은 pH 약 8.3이다.

NoteBase

문 19. 아세트산(CH_3COOH)의 TOC/COD 값은 얼마인가?
(* TOC : 총 유기탄소)

① 0.187
② 0.375
③ 0.562
④ 0.750

정답 2번

출제 포인트

아세트산 1몰에 들어 있는 유기탄소의 질량과 아세트산 1몰을 완전 산화하는 데 필요한 산소의 질량을 구해 TOC/COD를 계산하는 문제이다.

조건 정리

아세트산의 분자식은 $C_2H_4O_2$이다.
TOC는 아세트산에 포함된 탄소의 질량으로 계산한다.
COD는 아세트산을 CO_2와 H_2O로 완전 산화하는 데 필요한 O_2의 질량으로 계산한다.

사용할 공식

완전 산화 반응식은 다음과 같다.
$CH_3COOH + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$
따라서 1mol의 아세트산에 포함된 탄소는 2mol이고, 필요한 산소는 2mol이다. 같은 양의 아세트산을 기준으로 한 두 질량의 비이므로 다음 식을 사용한다.
(TOC)/(COD)=탄소 질량산소요구량

계산 과정

아세트산 1mol에 포함된 탄소의 질량은 $2 \times 12 = 24$g이다.
완전 산화에 필요한 산소의 질량은 $2 \times 32 = 64$g이다.
따라서
$\frac{TOC}{COD} = \frac{24}{64} = 0.375$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.187은 계산값 0.375와 일치하지 않는다. 틀린 값 0.187은 올바르게는 0.375이다.
② O — 탄소 질량 24를 산소요구량 64로 나누면 0.375가 된다.
③ X — 0.562는 계산값 0.375와 일치하지 않는다. 틀린 값 0.562는 올바르게는 0.375이다.
④ X — 0.750은 계산값 0.375와 일치하지 않는다. 틀린 값 0.750은 올바르게는 0.375이다.

오답 포인트

TOC/COD의 분자는 아세트산의 분자량이 아니라 그 안에 포함된 탄소의 질량이다. 또한 COD는 화합물에 원래 들어 있는 산소의 질량이 아니라 완전 산화에 필요한 O_2의 질량이다. 분자와 분모를 반대로 두거나 산소 원자량 16과 산소 분자량 32를 혼동하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

유기물 1몰을 기준으로 완전 산화 반응식을 맞춘 뒤, 포함된 탄소의 질량을 필요한 O_2의 질량으로 나누어 판단한다.

암기 포인트

TOC/COD는 탄소 질량/완전 산화 산소요구량이며, 아세트산은 24/64 = 0.375이다.

NoteBase

문 20. 옥탄(C_8H_{18})의 이론적 무게기준 공연비(AFR)는 얼마인가? (단, 공기 중 산소무게는 23%로 가정)

① 약 10.6

② 약 15.3

③ 약 24.5

④ 약 35.1

정답 2번

출제 포인트

옥탄의 완전연소 반응식으로 이론 산소량을 구한 뒤, 공기 중 산소의 질량분율 0.23을 적용하여 연료 질량에 대한 공기 질량의 비인 이론 공연비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 옥탄 C_8H_{18}, 공기 중 산소의 질량분율 0.23
구해야 할 값: 이론적 무게기준 공연비 AFR=(공기의 질량)/(연료의 질량)
주의할 조건: 연소에 필요한 산소의 질량을 곧바로 공기의 질량으로 쓰지 않고, 산소 질량분율 0.23으로 나누어 공기 질량으로 환산한다.

사용할 공식

완전연소 반응식은
$C_8H_{18} + \frac{25}{2}O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$
이다. 따라서
AFR=(필요한 산소의 질량/0.23)/(옥탄의 질량)
을 사용한다. 반응식에서 옥탄 1몰에 필요한 산소의 몰수가 결정되고, 산소가 공기 질량의 23%이므로 필요한 산소 질량을 0.23으로 나누면 이론 공기 질량이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 옥탄 1몰의 질량은 $8 \times 12 + 18 \times 1 = 114g$이다.
2. 옥탄 1몰의 완전연소에는 12.5몰의 O_2가 필요하므로 산소 질량은 $12.5 \times 32 = 400g$이다.
3. 필요한 공기의 질량은 $400/0.23 \approx 1739.1g$이다.
4. 따라서 이론 공연비는
$AFR = \frac{1739.1}{114} \approx 15.26 \approx 15.3$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — ‘약 10.6’은 계산값 약 15.3과 일치하지 않는다. 올바르게는 ‘약 15.3’이다.
② O — 계산한 이론적 무게기준 공연비가 약 15.3이므로 옳다.
③ X — ‘약 24.5’는 계산값 약 15.3과 일치하지 않는다. 올바르게는 ‘약 15.3’이다.
④ X — ‘약 35.1’은 계산값 약 15.3과 일치하지 않는다. 올바르게는 ‘약 15.3’이다.

오답 포인트

반응식에서 구한 $400g$은 산소의 질량이지 공기의 질량이 아니다. 이를 0.23으로 나누어 공기 질량으로 바꾼 다음, 다시 옥탄의 질량 $114g$으로 나누어야 한다. 산소 질량분율을 곱하거나 공기 질량 환산을 생략하면 공연비의 분자와 의미가 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄화수소의 완전연소 반응식을 맞춘 뒤 ‘산소 몰수 → 산소 질량 → 공기 질량 → 공기 질량/연료 질량’ 순서로 계산한다. 공기 중 산소가 질량분율로 주어지면 산소 질량을 그 분율로 나누어 공기 질량을 구한다.

암기 포인트

무게기준 공연비는 ‘필요 산소 질량 ÷ 공기 중 산소 질량분율 ÷ 연료 질량’이다.

NoteBase