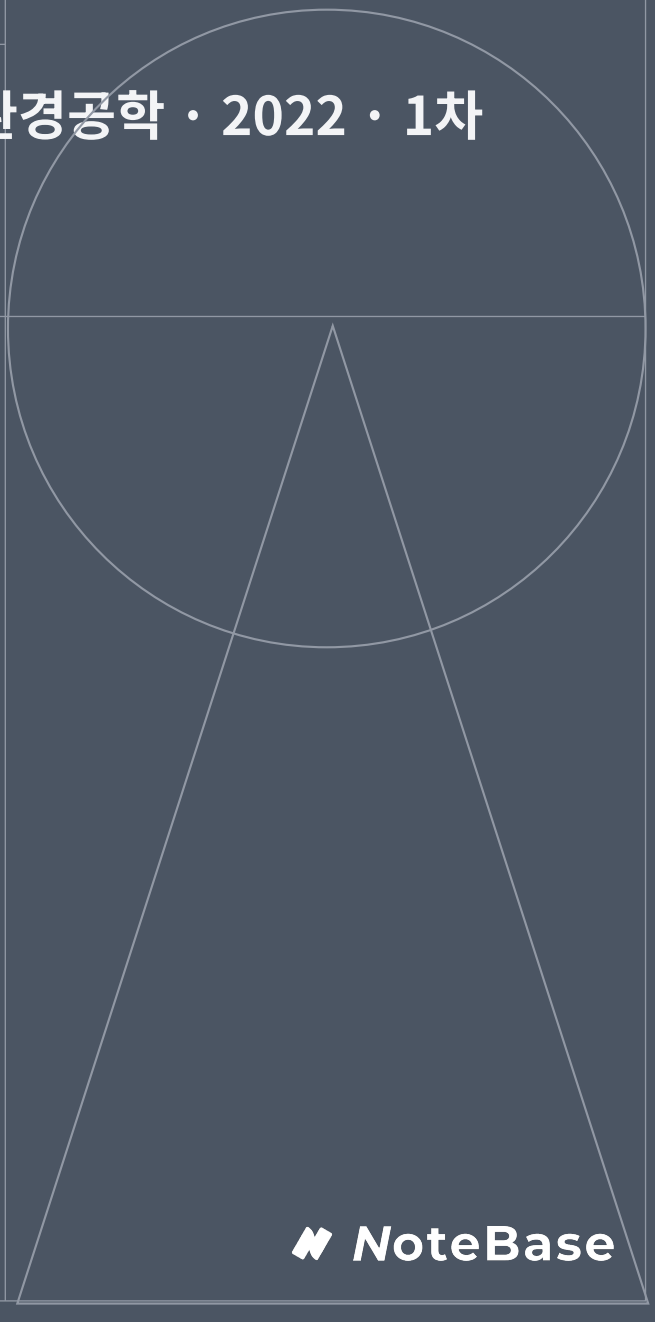
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 7급 · 환경공학 · 2022 · 1차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 7급 · 환경공학 · 2022 · 1차

공무원/해경/일반직 7급 · 환경공학 · 2022 · 1차

문 1. 다음 중 유입수의 BOD_5가 80 mg/L, 유출수의 BOD_5가 10 mg/L인 하수가 활성슬러지 공정으로 처리된다. 폭기조 용적이 1,000 m^3이고 MLSS 2,000 mg/L, 반송슬러지 SS농도는 8,000 mg/L, 고형물 체류시간은 10일로 운전하고 있다. 방류수의 SS 농도는 무시하고 고형물체류시간을 10일로 유지하기 위해 폐기하여야 하는 슬러지의 양(m^3/d)은?

① 12.5

② 25

③ 50

④ 75

정답 2번

출제 포인트

고형물 체류시간(SRT)의 정의와 폭기조·폐기슬러지의 고형물 수지를 이용하여 하루 폐기슬러지량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭기조 용적 $V = 1{,}000m^3$, MLSS $X = 2{,}000mg/L$, 반송슬러지 SS 농도 $X_r = 8{,}000mg/L$, 고형물 체류시간 $\theta_c = 10d$이다.
구해야 할 값: 반송슬러지 계통에서 하루에 폐기하는 슬러지 유량 Q_w이다.
주의할 조건: 방류수의 SS 농도를 무시하므로 방류수로 유출되는 고형물량은 계산에서 제외한다. 유입·유출 BOD_5는 이 계산에 사용하지 않는다.

사용할 공식

고형물 체류시간은 계 내 고형물량을 하루에 계 밖으로 배출되는 고형물량으로 나눈 값이다.
$\theta_c = \frac{VX}{Q_wX_r + Q_eX_e}$
방류수 SS를 무시하면 $Q_eX_e = 0$이므로 다음과 같이 정리된다.
$Q_w = \frac{VX}{\theta_cX_r}$
폭기조에 존재하는 고형물량과 폐기슬러지로 빠져나가는 고형물량의 관계를 직접 나타내므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

농도 단위가 분자와 분모에서 서로 소거되므로 두 SS 농도를 모두 mg/L로 그대로 사용할 수 있다.
$Q_w = \frac{(1{,}000m^3)(2{,}000mg/L)}{(10d)(8{,}000mg/L)} = 25m^3/d$
따라서 하루 폐기슬러지량은 $25m^3/d$이다.

선지 판단

① X — $12.5m^3/d$는 계산값 $25m^3/d$의 절반이므로 고형물 수지를 만족하지 않는다. 틀린 값 12.5 → 올바른 값은 25이다.
② O — 공식에 주어진 값을 대입하면 폐기슬러지량이 정확히 $25m^3/d$이다.
③ X — $50m^3/d$는 필요한 폐기량의 2배이므로 주어진 고형물 체류시간 10일을 유지하지 못한다. 틀린 값 50 → 올바른 값은 25이다.
④ X — $75m^3/d$는 필요한 폐기량의 3배이므로 고형물을 지나치게 많이 폐기한다. 틀린 값 75 → 올바른 값은 25이다.

오답 포인트

유입수와 유출수의 BOD_5 값은 유기물 제거율 계산에 쓰이는 정보이지만, 이 문항의 고형물 체류시간 식에는 들어가지 않는다. 또한 폐기슬러지 농도에는 폭기조 MLSS가 아니라 반송슬러지 SS 농도 $8{,}000mg/L$를 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 SRT를 '계 내 고형물량 ÷ 하루 유출 고형물량'으로 세운다. 이어 방류수 SS의 무시 여부를 확인하고, 폐기 지점의 슬러지 농도를 분모에 적용한 뒤 단위를 검산한다.

암기 포인트

방류수 SS를 무시할 때는 $Q_w = VX/(\theta_c X_r)$이다. 폐기유량에는 폐기슬러지의 농도 X_r를 사용한다.

NoteBase

문 2. 활성탄을 이용한 고도정수처리 공정에서 맛과 냄새를 유발하는 물질의 흡착이 Freundlich 등온흡착식을 따른다고 한다. 다음 중 Freundlich 등온흡착식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① $\frac{X}{M} = K \times C^{\frac{1}{n}}$로 나타낼 수 있다. 여기서 $\frac{X}{M}$는 흡착제의 단위질량당 흡착되는 물질의 양, K와 n은 실험으로 얻어지는 상수, C는 흡착되는 물질의 용액 중 평형농도를 나타낸다.

② 어떤 물질을 흡착공정에 의해 제거하려 할 때 필요한 흡착제의 양을 산정하는데 도움이 된다.

③ 흡착제 표면에 흡착되는 물질이 다분자층으로 부착된다고 가정한다.

④ y축을 $\log \frac{X}{M}$으로 하고 x축을 $\log K$로 할 경우 기울기는 $\frac{1}{n}$, y절편은 $\log C$이다.

정답 4번

출제 포인트

Freundlich 등온흡착식의 형태와 로그 선형화식에서 기울기와 절편이 무엇인지 묻는 문제이다.

핵심 개념

Freundlich 등온흡착식은 불균일한 흡착제 표면에서 평형농도와 단위질량당 흡착량의 관계를 나타내는 경험식이다.
기본식: $\frac{X}{M} = KC^{\frac{1}{n}}$
로그 선형식: $\log \frac{X}{M} = \log K + \frac{1}{n} \log C$
따라서 y축을 $\log \frac{X}{M}$, x축을 $\log C$로 두면 기울기는 $\frac{1}{n}$, y절편은 $\log K$이다.

선지별 해설

① O — Freundlich 등온흡착식은 $\frac{X}{M} = KC^{\frac{1}{n}}$로 나타낸다. $\frac{X}{M}$은 흡착제 단위질량당 흡착량, C는 용액의 평형농도이며, K와 n은 실험으로 정하는 상수이다.
② O — 평형농도에서의 단위질량당 흡착량을 구할 수 있으므로 제거할 물질의 양에 필요한 흡착제 질량을 산정하는 데 이용할 수 있다.
③ O — Freundlich 식은 불균일한 표면에서의 비이상적 흡착을 나타내며 다분자층 흡착에도 적용되는 경험식이다. 단분자층 흡착과 균일한 흡착자리를 전제로 하는 것은 Langmuir 등온식이다.
④ X — 틀린 부분은 x축을 $\log K$로 두고 y절편을 $\log C$라고 한 것이다. 올바르게는 x축이 $\log C$이고, 기울기가 $\frac{1}{n}$, y절편이 $\log K$이다.

오답 포인트

④는 기본식의 세 기호 K, C, n을 로그 선형식의 축·기울기·절편과 뒤바꾼 선지이다. K는 농도에 따라 변하는 x축 변수가 아니라 실험상수이므로 $\log K$가 절편이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

Freundlich 식의 양변에 로그를 취해 $\log\frac{X}{M} = \log K + \frac{1}{n}\log C$로 만든 뒤, $y = b + mx$와 대응시킨다. 그러면 x는 $\log C$, 기울기는 $\frac{1}{n}$, 절편은 $\log K$로 바로 판별된다.

암기 포인트

Freundlich 로그식은 '농도 $\log C$가 x축, $1/n$이 기울기, $\log K$가 절편'이다.

NoteBase

문 3. 다음 중 활성슬러지법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 슬러지 팽화는 유기물의 과도한 부하, 높은 용존산소, 사상균의 증식 등이 원인이다.

② 폭기조 내 갈색거품은 고형물체류시간이 길어 미생물이 내생성장 단계일 때 발생한다.

③ F/M비가 낮을수록 잉여슬러지 생산량은 적어진다.

④ 긴 고형물체류시간은 반응조 혼합액의 평균 부유물의 농도를 증가시킨다.

정답 1번

출제 포인트

활성슬러지법의 운전지표인 용존산소, 고형물체류시간(SRT), F/M비가 슬러지 팽화·거품·잉여슬러지량·혼합액 부유물질 농도에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

슬러지 팽화는 침전성이 나쁜 슬러지가 형성되어 침전조에서 슬러지가 잘 가라앉지 않는 현상이다. 유기물의 과도한 부하, 낮은 용존산소, 사상균의 과도한 증식 등이 주요 원인이다.
SRT는 미생물 고형물이 처리계에 머무는 평균 시간이며, 길어질수록 내생호흡의 비중과 반응조 내 미생물량이 커진다.
F/M비는 미생물량에 대한 유기물 부하의 비이며, 낮은 F/M비에서는 내생호흡이 상대적으로 활발하여 순 잉여슬러지 생산량이 감소한다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '높은 용존산소'이다. 슬러지 팽화는 일반적으로 용존산소가 부족할 때 사상균이 우점하여 발생하기 쉽다. 올바르게는 '유기물의 과도한 부하, 낮은 용존산소, 사상균의 증식 등이 원인이다'이다.
② O — SRT가 길면 기질이 부족한 내생성장 단계의 미생물 비중이 커지고, 오래된 슬러지와 방선균류 등이 축적되어 갈색 거품이 나타날 수 있다.
③ O — F/M비가 낮으면 미생물에 비해 공급되는 먹이가 적어 내생호흡에 의한 세포 소모가 커지므로 순 잉여슬러지 생산량이 감소한다.
④ O — SRT를 길게 유지하려면 슬러지 인출량을 줄여 반응조에 더 많은 미생물 고형물을 보유하게 되므로 혼합액 부유물질 농도가 증가한다.

오답 포인트

①은 '사상균의 증식'이라는 맞는 원인 사이에 '높은 용존산소'를 끼워 넣었다. 슬러지 팽화와 연결되는 운전조건은 높은 용존산소가 아니라 낮은 용존산소이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

활성슬러지 이상 현상은 운전인자의 방향을 확인한다. 낮은 용존산소는 사상균 우점과 팽화를 촉진하고, 긴 SRT와 낮은 F/M비는 내생호흡을 증가시켜 잉여슬러지 생산량을 줄이는 방향으로 작용한다.

암기 포인트

팽화는 저산소·사상균, 긴 SRT는 갈색 거품·높은 MLSS, 낮은 F/M비는 적은 잉여슬러지로 연결된다.

NoteBase

문 4. 다음 중 「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 상 먹는물 수질기준을 초과하는 항목으로 가장 옳은 것은?

① 카드뮴 0.01 mg/L

② 암모니아성 질소 0.1 mg/L

③ 벤젠 0.005 mg/L

④ 동 0.7 mg/L

정답 1번

쟁점

이 문제는 「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 별표 1의 항목별 허용기준과 제시 농도를 비교하는 문제이다. 핵심은 제시 농도가 허용기준을 넘는지를 판단하는 것이다.

용어 풀이

먹는물 수질기준은 각 물질이 먹는물에 포함될 수 있는 최대 농도를 정한 기준이다. 규칙에서 '넘지 아니할 것'이라고 정한 값보다 실제 농도가 커야 기준 초과가 된다.

핵심 구분

별표 1의 허용기준은 카드뮴 0.005mg/L, 암모니아성 질소 0.5mg/L, 벤젠 0.01mg/L, 동 1mg/L 이하이다. 제시값이 기준값과 같거나 작으면 적합하고, 기준값보다 클 때만 초과이다.

선지별 해설

① O — 카드뮴의 기준은 0.005mg/L 이하인데 제시 농도는 0.01mg/L이므로 기준을 초과한다.
② X — 암모니아성 질소의 기준은 0.5mg/L 이하이므로 0.1mg/L는 기준 이내이다. 틀린 판단: 0.1mg/L를 초과 농도로 보는 것. 올바른 판단: 0.5mg/L를 넘어야 기준 초과이다.
③ X — 벤젠의 기준은 0.01mg/L 이하이므로 0.005mg/L는 기준 이내이다. 틀린 판단: 0.005mg/L를 초과 농도로 보는 것. 올바른 판단: 0.01mg/L를 넘어야 기준 초과이다.
④ X — 동의 기준은 1mg/L 이하이므로 0.7mg/L는 기준 이내이다. 틀린 판단: 0.7mg/L를 초과 농도로 보는 것. 올바른 판단: 1mg/L를 넘어야 기준 초과이다.

오답 포인트

카드뮴의 제시값 0.01mg/L을 허용기준으로 착각하거나, 암모니아성 질소의 기준 0.5mg/L와 제시값 0.1mg/L의 소수 자릿수를 혼동하기 쉽다. 또한 '넘지 아니할 것'은 기준값과 같은 경우까지 허용한다는 점을 구별해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 선지에서 '제시 농도 > 법정 허용기준'인지 비교한다. 카드뮴처럼 제시 농도가 허용기준보다 큰 항목만 기준 초과로 판단한다.

암기 포인트

카드뮴 0.005, 암모니아성 질소 0.5, 벤젠 0.01, 동 1 — 제시값이 이 수치보다 클 때 초과이다.

NoteBase

문 5. 소음은 전파과정에서 감쇠된다. 장애물이 없고 매질이 균질한 환경에서 점음원으로부터의 거리가 각각 2배, 10배 멀어졌을 때, 이론적으로 소음은 얼마나 감쇠되는가?

① 3 dB, 6 dB

② 3 dB, 10 dB

③ 6 dB, 10 dB

④ 6 dB, 20 dB

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자유음장에서 점음원의 거리 증가에 따른 기하학적 확산 감쇠량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 장애물이 없고 매질이 균질한 환경의 점음원이다.
구해야 할 값: 거리가 각각 2배와 10배가 될 때의 소음레벨 감쇠량이다.
주의할 조건: 점음원의 음압레벨은 거리비의 상용로그에 20을 곱해 계산한다.

사용할 공식

거리 증가에 따른 감쇠량은 다음과 같다.
$\Delta L = 20\log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$
점음원에서 음의 세기는 거리의 제곱에 반비례하고, 음압레벨은 세기비의 상용로그로 나타내므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

거리가 2배일 때는
$\Delta L = 20\log_{10}(2) \approx 6.02dB$
이므로 약 $6dB$ 감쇠된다.
거리가 10배일 때는
$\Delta L = 20\log_{10}(10) = 20dB$
이므로 $20dB$ 감쇠된다.

NoteBase

선지 판단

① X — '3dB, 6dB'는 두 값 모두 틀리다. 올바르게는 거리가 2배이면 약 6dB, 10배이면 20dB 감쇠된다.
② X — '3dB, 10dB'는 두 값 모두 틀리다. 올바르게는 각각 약 6dB, 20dB이다.
③ X — 첫 번째 값 6dB은 맞지만 두 번째 값 '10dB'가 틀리다. 거리가 10배이면 $20\log_{10}(10) = 20dB$이므로 올바른 두 번째 값은 20dB이다.
④ O — 거리비가 각각 2와 10이므로 감쇠량은 약 6dB와 20dB이다.

오답 포인트

거리비에 10을 곱하거나 $10\log_{10}(r_2/r_1)$을 적용하면 2배에서 약 3dB, 10배에서 10dB라는 오답이 나온다. 점음원의 거리 감쇠는 음압 기준이므로 계수가 20이라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

점음원·자유음장 조건을 확인한 뒤 거리비를 $20\log_{10}(r_2/r_1)$에 대입한다. 거리 2배는 약 6dB, 거리 10배는 20dB 감쇠로 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

점음원 거리 감쇠는 '2배에 6dB, 10배에 20dB'이다.

NoteBase

문 6. 다음 중 소음에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 주파수가 1,000Hz 주위에서 청력이 현저하게 떨어지는 C_5-dip 현상이 발생한다.

② 사람이 들을 수 있는 음압은 $2 \times 10^{-5} \sim 60\ \mathrm{N/m^2}$의 범위이며, 이것을 dB로 표시하면 약 0~130 dB이다.

③ 내이 신경세포의 불가역적인 파괴로 영구적인 청력 손실이 발생할 수 있다.

④ 저주파보다 고주파일수록, 폭로시간이 길수록 영향이 크다.

정답 1번

출제 포인트

소음성 난청의 주파수별 특징, 가청 음압 범위, 청력 손상의 성격 및 소음 영향 요인을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

소음성 난청은 강한 소음에 반복적으로 노출되어 내이의 감각세포 등이 손상되는 청력장애이다. 초기에는 청력도가 약 4,000 Hz 부근에서 특징적으로 저하되는 C_5-dip이 나타날 수 있다. 음압레벨은 기준 음압 $p_0 = 2 \times 10^{-5}\mathrm{N/m^2}$에 대하여 $L_p = 20\log_{10}(p/p_0)$으로 나타낸다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '1,000 Hz 주위'이다. C_5-dip은 소음성 난청에서 약 4,000 Hz 부근의 청력이 현저히 저하되는 현상이다.

② O — 사람이 들을 수 있는 음압의 하한을 $2 \times 10^{-5}\mathrm{N/m^2}$, 상한을 약 $60\mathrm{N/m^2}$로 보면 음압레벨은 각각 0 dB와 약 130 dB가 된다. 상한은 $20\log_{10}(60/(2 \times 10^{-5})) \approx 129.5\mathrm{dB}$이다.

③ O — 강한 소음에 장기간 노출되면 내이의 감각세포와 관련 신경계가 불가역적으로 손상되어 영구적 청력 손실이 발생할 수 있다.

④ O — 일반적으로 같은 조건에서는 저주파음보다 고주파음의 영향이 크며, 소음 노출시간이 길어질수록 누적 영향과 청력 손상 위험이 커진다.

오답 포인트

①의 '1,000 Hz'가 함정이다. C_5-dip은 단순히 고주파 영역 전반을 뜻하는 것이 아니라 시험에서 약 4,000 Hz 부근의 특징적 청력 저하로 연결한다.

다시 나오면 이렇게 판단

소음성 난청의 특징적 주파수가 나오면 먼저 C_5-dip과 약 4,000 Hz의 연결을 확인한다. 음압 범위는 기준 음압이 0 dB이고 음압이 10배가 될 때 20 dB 증가한다는 관계로 검산한다.

NoteBase

암기 포인트

소음성 난청의 C_5-dip은 약 4,000 Hz, 장기 소음 노출에 따른 내이 손상은 비가역적일 수 있다.

NoteBase

문 7. 다음 중 물리량의 차원으로 가장 옳지 않은 것은?

① 확산계수 $[L^2T^{-1}]$

② 동점성계수 $[L^3T^{-1}]$

③ 압력 $[ML^{-1}T^{-2}]$

④ 밀도 $[ML^{-3}]$

정답 2번

출제 포인트

기본 물리량의 정의를 질량 M, 길이 L, 시간 T의 차원으로 바꾸어 각 선지의 차원식이 맞는지 판단하는 문제이다.

조건 정리

속도의 차원은 $[LT^{-1}]$, 면적의 차원은 $[L^2]$, 부피의 차원은 $[L^3]$이다. 물리량의 차원은 그 물리량의 정의식에서 유도한다.

사용할 공식

$[D] = [L^2T^{-1}]$
$[\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} = [L^2T^{-1}]$
$[p] = \frac{[F]}{[A]} = [ML^{-1}T^{-2}]$
$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = [ML^{-3}]$
확산계수와 동점성계수는 모두 길이의 제곱을 시간으로 나눈 차원을 가진다. 압력은 단위 면적당 힘이고, 밀도는 단위 부피당 질량이므로 각각의 정의식으로 차원을 확인할 수 있다.

선지 판단

① O — 확산계수는 농도 변화율과 농도구배를 연결하며 차원은 $[L^2T^{-1}]$이다.
② X — 동점성계수의 차원을 $[L^3T^{-1}]$로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 동점성계수 $\nu = \mu/\rho$의 차원은 $[L^2T^{-1}]$이다.
③ O — 압력은 힘을 면적으로 나눈 물리량이다. 힘의 차원 $[MLT^{-2}]$을 면적의 차원 $[L^2]$으로 나누면 $[ML^{-1}T^{-2}]$가 된다.
④ O — 밀도는 질량을 부피로 나눈 물리량이므로 차원은 $[M]/[L^3] = [ML^{-3}]$이다.

오답 포인트

②의 L^3은 부피의 차원이라는 점이 함정이다. 동점성계수는 부피유량이 아니며, 운동량이 유체 내부에서 퍼지는 성질을 나타내므로 확산계수와 같은 $[L^2T^{-1}]$ 차원을 가진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

물리량의 차원을 외운 값만으로 판단하기보다 정의식을 먼저 적고, 분자와 분모의 M, L, T 지수를 각각 더하거나 빼서 검산한다.

암기 포인트

확산계수와 동점성계수는 모두 면적/시간, 즉 $[L^2T^{-1}]$이다.

NoteBase

문 8. 다음 중 에테인 1몰의 공연비(AFR)로 가장 옳은 것은? (단, 모든 기체는 표준상태를 가정하고, 소수점 둘째 자리에서 반올림)

① 3.5

② 4.7

③ 16.7

④ 21.3

정답 3번

출제 포인트

에테인의 완전연소 반응식으로 이론 산소량을 구한 뒤, 공기 중 산소의 몰분율 0.21을 적용하여 에테인 1몰당 이론 공기량인 공연비(AFR)를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 에테인 $1mol$, 공기 중 산소의 몰분율 0.21이다.
구해야 할 값: 에테인 1몰을 완전연소시키는 데 필요한 공기의 몰수이다.
주의할 조건: 표준상태에서는 기체의 부피비와 몰비가 같으므로 몰 기준 공연비를 그대로 부피 기준 공연비로 볼 수 있으며, 계산값은 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.

사용할 공식

완전연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

따라서 에테인 $1mol$에 필요한 산소는 $3.5mol$이다. 공기 중 산소가 몰 기준으로 21%이므로 이론 공기량은 다음과 같이 구한다.

AFR=필요 산소 몰수공기의 산소 몰분율=(3.5)/(0.21)

산소 몰수를 0.21로 나누는 이유는 공기 전체 중 21%만 연소에 필요한 산소이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 탄소 2개가 $2mol$의 CO_2를 만들고 수소 6개가 $3mol$의 H_2O를 만들므로, 생성물에 필요한 산소 원자는 7개이다.
2. 산소 원자 7개는 $3.5mol$의 O_2에 해당한다.
3. 필요한 공기량은 $3.5/0.21 = 16.666\ldots mol$이다.
4. 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 공연비는 $16.7mol$-air/mol-fuel이다.

선지 판단

① X — 3.5는 에테인 1몰에 필요한 산소의 몰수이지 공기의 몰수가 아니다. 공기량으로 환산한 값은 16.7이다.
② X — 공기 $4.7mol$에는 산소가 $4.7 \times 0.21 = 0.987mol$만 들어 있어 필요한 $3.5mol$에 미달한다. 올바른 공연비는 16.7이다.
③ O — $3.5/0.21 = 16.666\ldots$을 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 16.7이 된다.
④ X — 공기 $21.3mol$에는 산소가 $21.3 \times 0.21 = 4.473mol$ 들어 있어 이론 산소량 $3.5mol$보다 많다. 이론 공연비의 올바른 값은 16.7이다.

오답 포인트

①의 3.5는 연료 1몰당 산소 요구량이다. 이를 공기 요구량으로 착각하면 안 된다. 공연비를 구할 때에는 공기 중 산소가 21%라는 점을 반영하여 3.5를 0.21로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄화수소의 완전연소 반응식을 먼저 맞추고, 연료 1몰당 필요한 O_2의 몰수를 구한 다음, 그 값을 공기의 산소 몰분율 0.21로 나눈다. 표준상태의 기체 문제에서는 이렇게 구한 몰비가 부피비와 같다.

암기 포인트

에테인 $1mol$의 완전연소에는 $3.5mol$의 O_2가 필요하고, 이론 공기량은 $3.5/0.21 \approx 16.7$이다.

NoteBase

문 9. 다음 중 악취제거 방법에 관한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 수세법은 암모니아, 저급아민류, 케톤류 등 친수성 극성기를 가지는 성분을 제거할 수 있으며 탈취 효과가 좋지 못해 다른 공법과 조합하여 처리할 경우 전처리로 사용한다.

② 백금이나 금속산화물 등의 산화 촉매를 이용하면 260~350℃ 정도의 온도에서 산화처리 할 수 있다.

③ 유기성의 냄새 유발 물질을 태워서 불완전 연소가 있더라도 냄새의 강도를 줄일 수 있다.

④ 물리적, 화학적, 생물학적 처리방법이 있으며 주로 물리흡착법이 이용된다.

정답 3번

출제 포인트

악취물질의 성질에 따른 수세·촉매산화·직접연소·흡착 등 악취 제거법의 적용 원리와 특징을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

수세법은 악취가스를 물이나 약액과 접촉시켜 용해 또는 화학반응으로 제거하는 방법이다. 연소법은 가연성 악취물질을 충분히 산화하여 냄새가 적은 물질로 바꾸는 방법이며, 완전연소가 중요하다. 촉매산화법은 촉매로 산화반응의 활성화에너지를 낮춰 직접연소보다 낮은 온도에서 처리한다. 흡착법은 활성탄 등의 고체 표면에 악취물질을 붙잡아 제거하는 물리적 처리법이다.

선지별 해설

① O — 암모니아·저급아민류·케톤류처럼 물에 잘 녹는 친수성 극성 악취물질은 수세로 제거할 수 있다. 수세법은 적용 가능한 물질이 제한되고 단독 탈취에 한계가 있어 다른 공법의 전처리로 사용할 수 있다.
② O — 백금이나 금속산화물 등의 촉매는 산화반응에 필요한 온도를 낮추므로 약 $260 \sim 350\,^{\circ}C$에서 촉매산화 처리가 가능하다.
③ X — 틀린 표현은 '불완전 연소가 있더라도 냄새의 강도를 줄일 수 있다'이다. 불완전 연소가 일어나면 알데하이드 등 냄새가 나는 중간생성물이 생겨 악취가 남거나 새로 발생할 수 있다. 올바르게는 유기성 악취물질을 충분한 온도·체류시간·산소 조건에서 완전연소시켜 악취를 제거한다고 해야 한다.
④ O — 악취 처리에는 물리적·화학적·생물학적 방법이 있으며, 물리적 방법 가운데 활성탄 등을 이용하는 물리흡착법이 널리 이용된다.

오답 포인트

③은 '태우면 냄새가 약해진다'는 일상적 인상을 이용한 함정이다. 연소식 탈취에서는 단순히 불을 붙였는지가 아니라 악취성 유기물이 완전히 산화되었는지가 핵심이며, 불완전 연소를 허용하는 설명은 옳지 않다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

수용성·극성 물질은 수세, 가연성 유기물은 완전연소, 낮은 산화온도는 촉매, 고체 표면에 붙이는 방식은 흡착으로 연결한다. 연소 선지에서는 완전연소 조건과 불완전연소 생성물의 발생 여부를 확인한다.

암기 포인트

수용성은 수세, 저온 산화는 촉매, 유기성 악취의 연소는 반드시 완전연소이다.

NoteBase

문 10. 다음 중 리차든슨수(Richardson's number, Ri)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 기계적 난류와 대류 난류 중에서 어느 것이 더 지배적인가를 알 수 있다.

② $0 < Ri < 0.25$는 성층에 의해 약화된 기계적 난류가 존재한다.

③ $Ri = 0$은 기계적 난류가 없음을 나타낸다.

④ $-0.03 < Ri < 0$인 경우 기계적 난류가 혼합을 주로 일으킨다.

정답 3번

출제 포인트

리차드슨수의 부호와 크기로 부력에 의한 대류 난류와 연직 풍속시어에 의한 기계적 난류의 상대적 우세 및 대기 안정도를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

리차드슨수 Ri는 성층에 따른 부력 효과와 풍속시어에 따른 기계적 난류 생성 효과의 상대적 크기를 나타내는 무차원수이다. $Ri > 0$이면 안정 성층이 기계적 난류를 억제하고, $Ri = 0$이면 부력 효과가 없는 중립 상태이며, $Ri < 0$이면 불안정 성층의 대류가 난류를 강화한다.

선지별 해설

① O — 리차드슨수의 부호와 크기는 부력에 의한 대류 효과와 풍속시어에 의한 기계적 난류 효과의 상대적 중요성을 나타내므로 어느 난류가 더 지배적인지 판단할 수 있다.
② O — $0 < Ri < 0.25$에서는 안정 성층이 기계적 난류를 약화시키지만 풍속시어에 의한 난류가 계속 존재한다. Ri가 임계값인 0.25 이상이 되면 기계적 난류가 크게 억제된다.
③ X — 틀린 표현은 '기계적 난류가 없음'이다. $Ri = 0$은 부력에 의한 생성이나 억제 효과가 없는 중립 상태를 뜻하며, 혼합은 기계적 난류가 지배한다.
④ O — $-0.03 < Ri < 0$은 약한 불안정 상태로, 대류 난류보다 기계적 난류가 혼합을 주로 일으키는 구간이다. Ri가 -0.03보다 더 작아지면 부력에 의한 대류 난류의 영향이 더 커진다.

오답 포인트

③은 $Ri = 0$을 '난류가 0인 상태'로 오해하게 만든다. 0이 되는 것은 부력 효과와 관련된 항이지 기계적 난류 자체가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 부호를 본다. 양수는 안정 성층에 의한 난류 억제, 0은 부력 효과가 없는 중립 상태, 음수는 불안정 성층에 의한 대류 강화이다. 그다음 0.25와 -0.03을 경계로 기계적 난류와 대류 난류의 상대적 우세를 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

양수는 안정·억제, 0은 중립·기계적 난류, 음수는 불안정·대류 강화이다.

NoteBase

문 11. CH_3OH **64kg을 연소시키는데 필요한 실제 공기량 (Sm^3)은? (단, 공기비** $m = 1.5$**)**

① 160 Sm^3
② 320 Sm^3
③ 400 Sm^3
④ 480 Sm^3

정답 4번

출제 포인트

메탄올의 완전연소 반응식으로 이론산소량을 구한 뒤, 공기 중 산소의 체적비와 공기비를 적용하여 실제 공기량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 메탄올: $64kg$
메탄올의 분자량: $32kg/kmol$
공기비: $m = 1.5$
공기 중 산소의 체적비: 0.21
표준상태 기체 $1kmol$의 부피: $22.4Sm^3$
구해야 할 값: 실제 공기량

사용할 공식

완전연소 반응식은 다음과 같다.
$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
이론공기량은 이론산소량을 공기 중 산소 체적비 0.21로 나누어 구하고, 실제 공기량은 이론공기량에 공기비를 곱한다.
$V_{a,actual} = m \times V_{a,theoretical}$
연료의 양에서 화학양론적 산소량을 먼저 구해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 메탄올의 몰수는 $64/32 = 2kmol$이다.
2. 메탄올 $1kmol$당 산소 $1.5kmol$이 필요하므로 이론산소량은 $2 \times 1.5 = 3kmol$이다.
3. 이론공기량은 다음과 같다.
$V_{a,theoretical} = \frac{3}{0.21} \times 22.4 = 320Sm^3$
4. 공기비 $m = 1.5$를 적용하면 실제 공기량은 다음과 같다.
$V_{a,actual} = 1.5 \times 320 = 480Sm^3$

NoteBase

선지 판단

① X — 160Sm^3는 메탄올 32kg, 즉 1$kmol$의 이론공기량에 해당한다. 이 문제에서는 64kg과 공기비 1.5를 모두 반영해야 하므로 480Sm^3로 고쳐야 한다.
② X — 320Sm^3는 메탄올 64kg의 이론공기량일 뿐이다. 공기비 1.5를 곱한 실제 공기량 480Sm^3로 고쳐야 한다.
③ X — 400Sm^3는 이론공기량 320Sm^3에 공기비 1.25를 적용한 값이므로 주어진 $m = 1.5$와 맞지 않는다. $1.5 \times 320 = 480Sm^3$로 고쳐야 한다.
④ O — 화학양론적 이론공기량 320Sm^3에 공기비 1.5를 곱하면 실제 공기량은 480Sm^3이다.

오답 포인트

②의 320Sm^3는 계산 중간값인 이론공기량이다. 문제에서 요구한 것은 실제 공기량이므로 마지막에 공기비 1.5를 반드시 적용해야 한다. 또한 64kg을 분자량 32로 나누어 메탄올이 2$kmol$임을 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연료 질량을 $kmol$로 환산한 뒤, 연소반응식으로 이론산소량을 구하고, 산소 체적비로 나누어 이론공기량을 계산한 다음, 공기비를 곱해 실제 공기량을 판단한다.

암기 포인트

실제 공기량은 이론공기량에 공기비를 곱한 값이다: $V_{a,\,actual} = mV_{a,\,theoretical}$.

NoteBase

문 12. 다음 <보기> 중 퇴비화과정에서 호기성 분해에 의한 완전분해가 일어날 때 ( ) 안의 값으로 옳게 짝지어진 것은 무엇인가?

<보기>

$C_aH_bO_cN_d + (\ )O_2 \rightarrow aCO_2 + dNH_3 + (\ )H_2O$

① $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$, $\frac{b-3d}{2}$

② $\frac{4a+b-2c-3d}{2}$, $\frac{b-3d}{4}$

③ $\frac{4a+b+2c-3d}{4}$, $\frac{b-3d}{2}$

④ $\frac{4a+b+2c-3d}{2}$, $\frac{b+3d}{4}$

정답 1번

출제 포인트

퇴비화 과정의 호기성 완전분해 반응식에서 탄소·질소·수소·산소의 원자 수를 보존하여 산소와 물의 계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

유기물 1몰을 기준으로 탄소 a개는 aCO_2, 질소 d개는 dNH_3에 배분된다.
구해야 할 값은 O_2의 계수 x와 H_2O의 계수 y이다.
계수는 각 원소의 반응 전후 원자 수가 같다는 원소수지로 결정한다.

사용할 공식

반응식을 다음과 같이 둔다.
$C_aH_bO_cN_d + xO_2 \rightarrow aCO_2 + dNH_3 + yH_2O$
수소수지는 $b = 3d + 2y$, 산소수지는 $c + 2x = 2a + y$이다. 완전분해 반응에서도 각 원소의 총원자 수는 보존되므로 이 수지식을 사용한다.

계산 과정

수소수지에서
$y = \frac{b-3d}{2}$
이다. 이를 산소수지에 대입하면
$c + 2x = 2a + \frac{b-3d}{2}$
$x = \frac{4a+b-2c-3d}{4}$
가 된다. 따라서 괄호 안의 값은 차례로 $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$, $\frac{b-3d}{2}$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 산소 계수 $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$와 물 계수 $\frac{b-3d}{2}$가 두 원소수지식과 모두 일치한다.
② X — 산소 계수의 분모 2와 물 계수의 분모 4가 잘못되었다. 올바르게는 각각 $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$, $\frac{b-3d}{2}$이다.
③ X — 산소 계수 분자의 $+2c$가 잘못되었다. 유기물에 이미 들어 있는 산소 c만큼 필요한 O_2가 줄어들므로 올바르게는 $-2c$이며, 산소 계수는 $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$이다.
④ X — 산소 계수에서는 분모 2와 $+2c$가, 물 계수에서는 $+3d$와 분모 4가 잘못되었다. 올바르게는 산소 계수 $\frac{4a+b-2c-3d}{4}$, 물 계수 $\frac{b-3d}{2}$이다.

오답 포인트

수소수지에서 암모니아가 가져가는 수소 원자 수 $3d$를 빼지 않거나, 산소수지에서 유기물 자체의 산소 c를 빼는 부호를 놓치기 쉽다. 또한 O_2 한 분자에 산소 원자가 2개라는 점 때문에 마지막에 다시 2로 나누어야 하므로 산소 계수의 전체 분모는 4가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 탄소와 질소를 CO_2와 NH_3에 맞춘 뒤, 수소수지로 물의 계수를 구하고 마지막에 산소수지로 산소의 계수를 구한다.

암기 포인트

퇴비화 완전분해의 계수는 $O_2 : \frac{4a+b-2c-3d}{4}$, $H_2O : \frac{b-3d}{2}$이다.

NoteBase

문 13. 다음 <보기> 중 폐기물 선별방법에 대한 것으로 옳은 것은 모두 몇 개인가?

<보기>
㉠ 정전기선별은 폐기물 플라스틱에서 종이를 선별할 수 있는 방법이다.
㉡ 건식선별 방법에는 광학선별, 자력선별 및 Jigs 등이 있다.
㉢ 와전류선별은 금속의 전기전도도 차이를 이용하여 폐기물 중 비철금속(알루미늄, 니켈, 아연 등)을 선별하는 방법이다.
㉣ 광학선별은 돌과 유리 혼합물을 각각 분류할 수 있는 방법이다.

① 없음
② 2개
③ 3개
④ 4개

정답 3번

출제 포인트

폐기물 선별법을 건식·습식으로 구분하고, 정전기·와전류·광학 선별이 이용하는 물성의 차이를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

정전기선별은 물질의 전기적 성질과 대전 특성의 차이를 이용하는 선별법이다. 와전류선별은 변화하는 자기장에 의해 전도성 물질에 생기는 와전류를 이용하여 비철금속을 분리한다. 광학선별은 색, 빛의 반사·투과 등 광학적 특성의 차이를 감지하여 물질을 분류한다. 자력선별은 자성 차이를 이용하는 건식선별이며, Jig 선별은 물속에서 입자의 비중 차이를 이용하는 습식 중력선별이다.

선지별 해설

① O — ㉠은 옳다. 정전기선별은 종이와 플라스틱의 전기적 성질 및 대전 거동 차이를 이용하여 플라스틱류에서 종이를 분리할 수 있다.
② X — ㉡의 ‘Jigs가 건식선별 방법이다’라는 부분이 틀리다. 광학선별과 자력선별은 건식선별에 해당하지만, Jig 선별은 물의 맥동 속에서 비중 차이로 입자를 층화하는 습식 중력선별이다.
③ O — ㉢은 옳다. 와전류선별은 전기전도성이 있는 비철금속에 유도되는 와전류와 그에 따른 반발력을 이용하므로 알루미늄, 니켈, 아연 등을 폐기물에서 선별할 수 있다.
④ O — ㉣은 옳다. 돌과 유리는 빛의 반사·투과 등 광학적 특성이 다르므로 광학센서로 식별하여 각각 분류할 수 있다.
따라서 옳은 것은 ㉠, ㉢, ㉣의 3개이다.

NoteBase

오답 포인트

㉡은 광학선별과 자력선별이 건식이라는 사실에 Jig 선별까지 함께 묶은 것이 함정이다. Jig 선별의 핵심 매체는 물이므로 건식이 아니라 습식이다. 또한 와전류선별을 자력선별과 혼동하기 쉽지만, 와전류선별은 비철금속의 전기전도성을 이용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선별장치의 이름보다 이용하는 물성을 먼저 대응한다. 자력은 자성, 와전류는 비철금속의 전기전도성, 광학은 빛의 반사·투과 특성, Jig는 물속 비중 차이로 판단한다.

암기 포인트

Jig는 물속 비중 선별, 와전류는 전도성 비철금속 선별이다.

NoteBase

문 14. 다음 중 분뇨에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 분과 뇨의 구성비는 약 1 : 8~10이다.

② 뇨의 경우 질소화합물을 전체 VS의 40~50% 정도 포함하고 있다.

③ 분의 경우 질소화합물을 전체 VS의 12~20% 정도 포함하고 있다.

④ 분뇨의 pH 범위는 약 7~8이다.

정답 2번

출제 포인트

분과 뇨의 양적 구성비, 휘발성 고형물(VS) 중 질소화합물의 비율, 분뇨의 pH 범위를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

VS는 시료의 고형물 가운데 강열할 때 휘발되는 유기성 고형물이다. 분은 뇨보다 양은 적지만 고형물 비중이 크고, 뇨는 요소 등 질소화합물의 비중이 매우 크다. 따라서 질소화합물의 VS 내 비율은 뇨가 약 80~90%, 분이 약 12~20%로 구분된다.

선지별 해설

① O — 분과 뇨의 양적 구성비는 약 1:8~10이므로 옳다.
② X — 틀린 표현은 '뇨의 질소화합물이 전체 VS의 40~50%'라는 부분이다. 올바르게는 뇨의 질소화합물이 전체 VS의 약 80~90%를 차지한다.
③ O — 분의 질소화합물은 전체 VS의 약 12~20%를 차지하므로 옳다.
④ O — 분뇨는 대체로 중성에서 약알칼리성으로, pH 범위가 약 7~8이므로 옳다.

오답 포인트

②의 40~50%는 뇨의 질소화합물 비율을 지나치게 낮춘 수치이다. 분의 12~20%와 뇨의 약 80~90%를 바꾸거나 비슷한 수준으로 기억하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

분뇨 성상 문제에서는 먼저 분:뇨의 양적 비율 1:8~10을 확인하고, VS 중 질소화합물은 뇨 약 80~90%, 분 약 12~20%로 대비한다. 마지막으로 pH 약 7~8을 대조하면 된다.

암기 포인트

양은 뇨가 8~10배, 질소화합물 비율은 뇨 80~90 · 분 12~20, pH는 7~8이다.

NoteBase

문 15. 다음 중 「폐기물 관리법(시행령 및 시행규칙 포함)」 상 지정폐기물에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 폐유 : 기름성분을 5% 이상 함유한 것을 포함하며, 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs) 함유 폐기물, 폐식용유와 그 잔재물, 폐흡착제 및 폐흡수제는 제외한다.

② 폐산 : 액체상태의 폐기물로서 수소이온 농도지수가 2.0 이하인 것으로 한정한다.

③ 폐알칼리 : 액체상태의 폐기물로서 수소이온 농도지수가 12.5 이상인 것으로 한정하며, 수산화칼륨 및 수산화나트륨을 포함한다.

④ 오니류 : 수분함량이 85% 미만이거나 고형물 함량이 15% 이상인 것으로 한정한다.

정답 4번

쟁점

이 문제는 「폐기물관리법 시행령」상 지정폐기물의 종류별 판정 기준에 관한 문제이다. 핵심은 폐유·폐산·폐알칼리·오니류에 적용되는 함유량, 수소이온 농도지수 및 함수율 기준을 정확히 구별하는 것이다.

용어 풀이

지정폐기물은 사업장폐기물 중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 인체에 위해를 줄 수 있는 유해한 물질로서 법령이 정한 폐기물이다.

핵심 구분

「폐기물관리법 시행령」 제3조 및 별표 1에 따르면 폐산은 액체상태이면서 수소이온 농도지수가 2.0 이하이고, 폐알칼리는 액체상태이면서 수소이온 농도지수가 12.5 이상이다. 오니류의 지정 기준은 수분함량 95% 미만 또는 고형물함량 5% 이상이다. 여기서 두 오니 기준은 ‘또는’으로 연결되므로 어느 하나만 충족해도 해당한다.

선지별 해설

① O — 폐유에는 기름성분을 5% 이상 함유한 것이 포함된다. 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs) 함유 폐기물, 폐식용유와 그 잔재물, 폐흡착제 및 폐흡수제는 폐유 항목에서 제외되므로 옳다.
② O — 폐산은 액체상태의 폐기물로서 수소이온 농도지수가 2.0 이하인 것으로 한정하므로 옳다.
③ O — 폐알칼리는 액체상태의 폐기물로서 수소이온 농도지수가 12.5 이상인 것으로 한정하고, 수산화칼륨과 수산화나트륨을 포함하므로 옳다.
④ X — ‘수분함량이 85% 미만이거나 고형물함량이 15% 이상’이라는 수치가 틀렸다. 올바른 표현은 ‘오니류는 수분함량이 95% 미만이거나 고형물함량이 5% 이상인 것으로 한정한다’이다.

NoteBase

오답 포인트

④의 85%와 15%는 지정폐기물인 오니류의 종류 판정 기준이 아니다. 오니의 처리·매립 기준 등에서 접하는 다른 함수율 수치와 시행령 별표 1의 지정폐기물 판정 기준인 95%·5%를 혼동하도록 만든 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

종류 판정 문제에서는 폐산 2.0 이하, 폐알칼리 12.5 이상, 오니류 수분 95% 미만 또는 고형물 5% 이상이라는 경계값을 먼저 대조한다. 특히 오니류는 수분함량과 고형물함량이 합계 100%가 되는 대응 기준임을 이용하면 95와 5를 함께 기억할 수 있다.

암기 포인트

폐산 2.0 이하, 폐알칼리 12.5 이상, 지정 오니 95·5이다.

NoteBase

문 16. 다음 중 「실내공기질 관리법(시행령 및 시행규칙 포함)」상 실내공기질 유지기준 항목으로 가장 옳지 않은 것은?

① 이산화탄소
② 폼알데하이드
③ 총 부유세균
④ 이산화질소

정답 4번

쟁점

이 문제는 「실내공기질 관리법 시행규칙」상 실내공기질 유지기준 항목과 권고기준 항목을 구별하는 문제이다. 핵심은 이산화질소가 유지기준이 아니라 권고기준 항목이라는 점이다.

용어 풀이

유지기준은 다중이용시설의 소유자 등이 시설을 그 기준에 맞게 관리하여야 하는 기준이고, 권고기준은 쾌적한 공기질을 유지하기 위하여 준수하도록 권고되는 기준이다.

핵심 구분

시행규칙 제3조 및 별표 2의 유지기준 항목은 미세먼지(PM-10), 초미세먼지(PM-2.5), 이산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균, 일산화탄소이다. 시행규칙 제4조 및 별표 3은 이산화질소를 실내공기질 권고기준 항목으로 정한다.

선지별 해설

① O — 이산화탄소는 시행규칙 별표 2에 열거된 실내공기질 유지기준 항목이다.
② O — 폼알데하이드는 시행규칙 별표 2에 열거된 실내공기질 유지기준 항목이다.
③ O — 총부유세균은 의료기관, 산후조리원, 노인요양시설, 어린이집, 실내 어린이놀이시설 등에 적용되는 실내공기질 유지기준 항목이다.
④ X — 이산화질소는 유지기준 항목이 아니라 시행규칙 별표 3의 권고기준 항목이다. 틀린 표현: ‘실내공기질 유지기준 항목’ → 올바른 표현: ‘실내공기질 권고기준 항목’이다.

오답 포인트

이산화질소도 법령상 관리되는 실내오염물질이므로 유지기준 항목이라고 착각하기 쉽다. 그러나 법령상 오염물질인지와 유지기준 항목인지는 별개의 구분이며, 이산화질소는 권고기준 쪽에 배치된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 유지기준과 권고기준을 나눈 뒤 각 물질의 소속을 판단한다. 이산화탄소·폼알데하이드·총부유세균은 유지기준, 이산화질소는 권고기준으로 구분한다.

암기 포인트

‘이산화탄소는 유지, 이산화질소는 권고’로 대비하여 기억한다.

NoteBase

문 17. 다음 중 콜로이드(Colloid)에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 콜로이드 입자는 대단히 작아서 질량에 비해 표면적이 크다.

② 소수성 콜로이드 입자는 물에 반발하는 성질을 가지고, 물속에서 suspension 상태로 존재한다.

③ 제타전위가 클수록 응집이 쉽게 일어난다.

④ 콜로이드 입자들이 전기장에 놓이게 되면 입자들은 그 전하의 반대쪽 극으로 이동하며 이러한 현상을 전기영동이라 한다.

정답 3번

출제 포인트

콜로이드 입자의 큰 비표면적, 친수성·소수성, 제타전위에 따른 분산 안정성, 전기영동의 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

콜로이드는 매우 작은 입자가 다른 물질 속에 분산된 계이다. 입자가 작아 질량에 비해 표면적이 크며, 입자 사이의 전기적 반발력이 클수록 분산 상태가 안정하다.
제타전위는 콜로이드 입자 주위의 전기적 상태를 나타내는 지표이다. 일반적으로 제타전위의 절댓값이 크면 입자 사이의 반발력이 커져 안정하고, 절댓값이 작아지면 입자들이 서로 접근하여 응집하기 쉬워진다.

선지별 해설

① O — 콜로이드 입자는 크기가 매우 작으므로 단위 질량당 표면적, 즉 비표면적이 크다.
② O — 소수성 콜로이드는 물과의 친화성이 작아 물속에서 미세 입자가 분산된 현탁 상태로 존재한다.
③ X — 틀린 표현은 '제타전위가 클수록 응집이 쉽게 일어난다'이다. 실제로는 제타전위의 절댓값이 클수록 입자 사이의 전기적 반발력이 커져 분산이 안정하고 응집이 어렵다. 제타전위의 절댓값이 작아질수록 응집이 쉬워진다.
④ O — 전하를 띤 콜로이드 입자는 전기장에서 입자 전하와 반대 부호의 전극 쪽으로 이동하며, 이 현상을 전기영동이라 한다.

오답 포인트

③은 제타전위의 크기와 응집성의 관계를 반대로 제시한 선지이다. 제타전위의 절댓값이 크다는 것은 입자 간 반발력이 크다는 뜻이므로 '응집 촉진'이 아니라 '분산 안정'으로 연결된다.

다시 나오면 이렇게 판단

제타전위의 절댓값이 크면 반발력 증가 → 분산 안정 → 응집 곤란, 절댓값이 작으면 반발력 감소 → 입자 접근 → 응집 용이의 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

제타전위 절댓값은 크면 안정, 작으면 응집이다.

NoteBase

문 18. $Ca(OH)_2$**의 148 mg/L 용액의 pH는? (단,** $Ca(OH)_2$**는 완전해리, Ca 원자량 : 40)**

① 11.6

② 11.7

③ 11.8

④ 11.9

정답 1번

출제 포인트

$Ca(OH)_2$의 몰농도를 구한 뒤, 완전해리로 생성되는 OH^-의 농도에 2를 곱하여 pH를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Ca(OH)_2$ $148mg/L$, Ca의 원자량 40
구해야 할 값: 용액의 pH
주의할 조건: $Ca(OH)_2$ 1몰은 완전해리하여 OH^- 2몰을 생성한다. O와 H의 원자량을 각각 16, 1로 두면 $Ca(OH)_2$의 몰질량은 $40 + 2(16 + 1) = 74g/mol$이다.

사용할 공식

C=질량농도몰질량
$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$
$[OH^-] = 2C, \quad pOH = -\log[OH^-], \quad pH = 14 - pOH$
질량농도를 몰농도로 바꾼 뒤 완전해리식의 계수비를 적용해야 실제 OH^- 농도를 구할 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. $148mg/L = 0.148g/L$이다.
2. $Ca(OH)_2$의 몰농도는 $0.148/74 = 0.002mol/L$이다.
3. 완전해리하므로 $[OH^-] = 2 \times 0.002 = 0.004 = 4 \times 10^{-3}mol/L$이다.
4. $pOH = -\log(4 \times 10^{-3}) \approx 2.398$이다.
5. $pH = 14 - 2.398 = 11.602$이므로 소수 첫째 자리까지 나타내면 11.6이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 pH 11.602를 소수 첫째 자리까지 나타내면 11.6이므로 맞다.
② X — 11.7은 계산값 11.602를 소수 첫째 자리로 반올림한 값과 일치하지 않는다. 11.7이 아니라 11.6이다.
③ X — 11.8은 계산 결과보다 0.2 크게 제시된 값이다. 11.8이 아니라 11.6이다.
④ X — 11.9는 계산 결과보다 0.3 크게 제시된 값이다. 11.9가 아니라 11.6이다.

오답 포인트

$148 mg/L$를 바로 몰농도로 사용하거나, $Ca(OH)_2$ 1몰에서 OH^-가 2몰 생성된다는 계수를 빠뜨리면 pH가 달라진다. 또한 최종값 11.602는 소수 첫째 자리에서 11.6으로 반올림되며 11.7이 되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량농도를 g/L로 환산하고, 몰질량으로 나누어 몰농도를 구한 다음, 해리식의 OH^- 계수를 반영하여 pOH와 pH를 차례로 계산한다.

암기 포인트

완전해리하는 $Ca(OH)_2$에서는 $[OH^-] = 2[Ca(OH)_2]$이다.

NoteBase

문 19. 유효 굴뚝높이와 지표상의 최대 착지 농도와의 관계에 있어서, 일반적인 조건이 같을 때 유효 굴뚝높이가 2배가 되면 지표 최대 착지 농도는 어떻게 되는가?

① 1/2로 감소한다.

② 1/4로 감소한다.

③ 1/8로 감소한다.

④ 4배로 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

일반적인 조건이 같을 때 지표상의 최대 착지 농도는 유효 굴뚝높이의 제곱에 반비례한다는 관계를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 변화: 유효 굴뚝높이가 기존의 2배가 된다.
구해야 할 값: 변화 후 지표 최대 착지 농도와 기존 농도의 비이다.
주의할 조건: 다른 조건은 같으므로 유효 굴뚝높이의 변화만 비교한다.

사용할 공식

지표 최대 착지 농도를 C_{max}, 유효 굴뚝높이를 H_e라 하면 다음 관계를 사용한다.
$C_{max} \propto \frac{1}{H_e^2}$
따라서 높이가 k배가 되면 최대 착지 농도는 $1/k^2$배가 된다. 같은 배출량과 일반적인 확산 조건에서 높이 변화에 따른 농도비를 구하는 문항이므로 이 관계를 적용한다.

계산 과정

기존 높이와 농도를 각각 H_e, C_{max}라 한다. 변화 후 높이는 $2H_e$이다.
$\frac{C'_{max}}{C_{max}} = \left(\frac{H_e}{2H_e}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$
따라서 지표 최대 착지 농도는 기존의 1/4로 감소한다.

NoteBase

선지 판단

① X — 1/2로 감소한다는 것은 높이에 단순 반비례한다고 본 결과이다. 올바르게는 높이의 제곱에 반비례하므로 1/4로 감소한다.
② O — 높이가 2배가 되면 농도는 $1/2^2 = 1/4$배가 된다.
③ X — 1/8로 감소한다는 것은 높이의 세제곱에 반비례한다고 본 결과이다. 올바르게는 제곱에 반비례하므로 1/4로 감소한다.
④ X — 4배로 증가한다는 것은 높이의 제곱에 비례한다고 방향을 거꾸로 판단한 결과이다. 올바르게는 높이가 커질수록 최대 착지 농도는 낮아져 1/4로 감소한다.

오답 포인트

핵심 함정은 '높이가 2배'라는 말만 보고 농도를 1/2로 처리하거나, 제곱 관계의 방향을 반대로 적용하여 4배로 판단하는 것이다. 최대 착지 농도는 유효 굴뚝높이에 단순 반비례하는 것이 아니라 그 제곱에 반비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

다른 조건이 같다는 조건을 확인한 뒤 $C_{max} \propto 1/H_e^2$를 적용한다. 높이의 배수를 먼저 구하고 그 배수를 제곱하여 농도의 분모에 놓으면 된다.

암기 포인트

유효 굴뚝높이 2배 → 지표 최대 착지 농도 1/4이다.

NoteBase

문 20. 다음 <보기> 중 자동차 배출가스에 관한 내용으로 옳은 것은 모두 몇 개인가?

<보기>
㉠ 납은 촉매독을 유발하므로 삼원촉매장치 사용 시 유연 휘발유를 사용해야 한다.
㉡ 알코올을 연료로 사용하는 자동차에서 배출될 수 있는 대기 오염물질에 포름알데히드가 있다.
㉢ 삼원촉매장치가 HC, CO를 저감하는 반응의 산화 촉매로 주로 Rh, Pt를 사용한다.
㉣ 디젤차 배기가스 저감을 위해 $(NH_2)_2CO$을 사용한다.
㉤ 디젤 자동차 배출가스 중 대표적 발암성 물질에는 3,4-Benzopyrene이 있다.
㉥ 자동차의 crank case에서 배출되는 대기오염물질 중 가장 많이 배출되어 문제가 되는 가스는 HC이며, 주로 환원성 스모그의 원인이 된다.
㉦ 자동차에서 배출하는 CO는 공회전 시 적게 나오며 운행 시 많이 나온다.

① 2개
② 3개
③ 4개
④ 5개

정답 2번

출제 포인트

자동차 배출가스 저감 장치와 연료별 오염물질의 특성을 구분하고, 옳은 진술의 개수를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

삼원촉매장치는 HC와 CO를 산화하고 NOx를 환원하며, 납은 촉매를 피독시키므로 무연 휘발유를 사용한다.
디젤차의 선택적 촉매 환원 장치는 요소 $(NH_2)_2CO$에서 생성되는 암모니아를 이용해 NOx를 저감한다.
탄화수소와 NOx가 햇빛 아래에서 반응해 만드는 스모그는 광화학적 산화성 스모그이다.

NoteBase

보기 판단

㉠ X: 납은 삼원촉매를 피독시키므로 '유연 휘발유'가 아니라 무연 휘발유를 사용해야 한다.
㉡ O: 알코올계 연료의 불완전 산화 과정에서는 포름알데히드와 같은 알데히드류가 배출될 수 있다.
㉢ X: HC와 CO의 산화에는 주로 Pt와 Pd가 쓰이고, Rh는 주로 NOx의 환원에 쓰인다. 따라서 '산화 촉매로 주로 Rh, Pt'는 '산화 촉매로 주로 Pt, Pd'로 고쳐야 한다.
㉣ O: 디젤차의 선택적 촉매 환원 방식에서는 요소 $(NH_2)_2CO$ 수용액을 환원제 공급원으로 사용하여 NOx를 줄인다.
㉤ O: 3,4-Benzopyrene으로도 불린 benzo[a]pyrene은 디젤 배출 입자에 포함될 수 있는 대표적인 발암성 다환방향족탄화수소이다.
㉥ X: crank case에서 배출되는 주요 오염물질이 HC라는 부분은 맞지만, HC가 관여하는 것은 환원성 스모그가 아니라 광화학적 산화성 스모그이다.
㉦ X: CO는 연료가 불완전 연소하기 쉬운 공회전·저속 상태에서 많이 배출되고, 정상 운행 상태에서는 상대적으로 감소한다. 따라서 '공회전 시 적게, 운행 시 많이'는 반대로 고쳐야 한다.
따라서 옳은 것은 ㉡, ㉣, ㉤의 3개이다.

선지별 해설

① X: 옳은 보기는 2개가 아니라 ㉡·㉣·㉤의 3개이다.
② O: 옳은 보기가 ㉡·㉣·㉤의 3개이므로 맞는 선택지이다.
③ X: 옳은 보기는 4개가 아니라 3개이다.
④ X: 옳은 보기는 5개가 아니라 3개이다.

오답 포인트

㉢에서 Pt와 Rh를 모두 삼원촉매의 구성 물질로 본 뒤 역할까지 같다고 판단하기 쉽다. Pt·Pd는 주로 HC와 CO의 산화, Rh는 주로 NOx의 환원을 담당한다. 또한 ㉥은 'HC'까지는 맞지만 '환원성 스모그'가 틀린 복합 진술이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 진술을 촉매 피독과 연료, 촉매 금속의 역할, 디젤 NOx 저감, 발암성 물질, 스모그의 유형, 운전 상태별 CO 배출로 나누어 독립적으로 O/X 판단한 뒤 O의 개수를 센다. 한 문장에 두 사실이 결합되어 있으면 둘 중 하나만 틀려도 전체를 X로 판단한다.

암기 포인트

납은 촉매독이므로 무연, 산화는 Pt·Pd, 환원은 Rh, 디젤 NOx는 요소, HC·NOx는 광화학적 산화성 스모그로 연결한다.

NoteBase