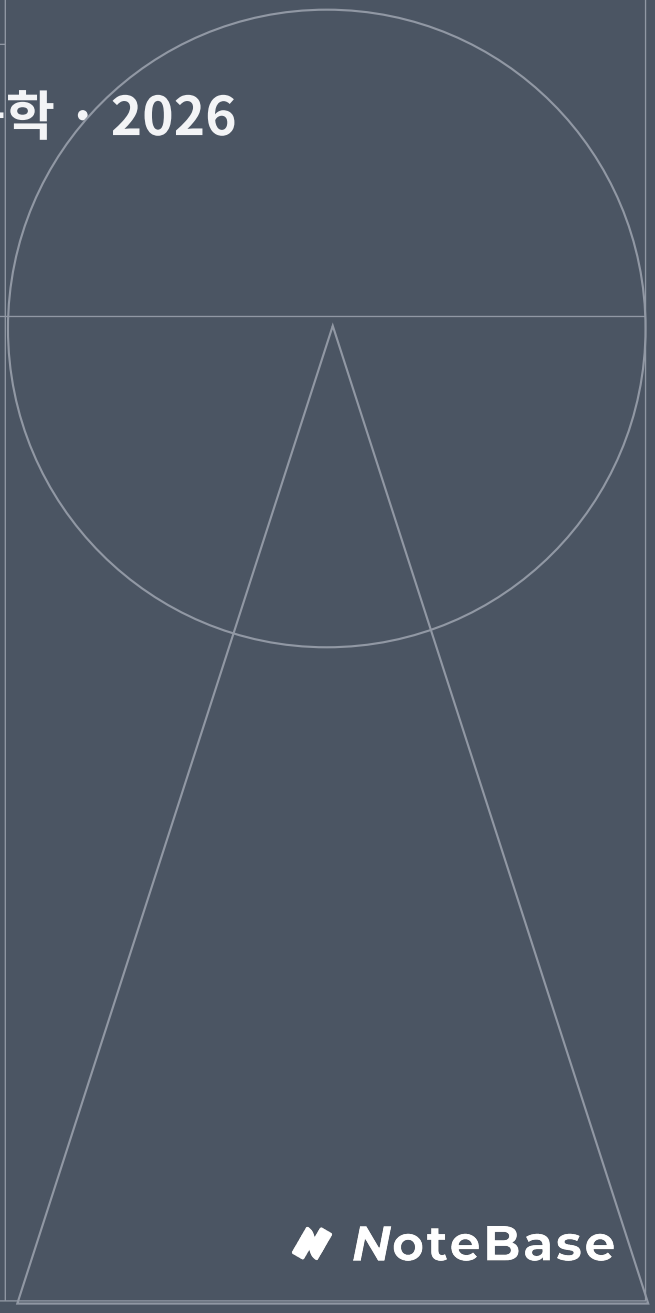
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 환경공학 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 환경공학 · 2026

공무원/군무원/9급 · 환경공학 · 2026

1. 대기오염에 영향을 미치는 기상조건에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
   ① 고도가 높아질수록 대기의 온도가 감소하는 현상을 기온역전이라 한다.
   ② 침강역전은 복사역전이 일어나는 고도보다 높은 곳에서 일어난다.
   ③ 고도에 따른 기상 온도의 변화에 따라 대기오염물질의 수직방향 분산이 변화한다.
   ④ 맑은 날 일몰 후부터 새벽까지 주로 발생하는 역전현상을 복사역전이라 한다.

정답 1번

출제 포인트

고도에 따른 기온 변화와 기온역전의 종류가 대기오염물질의 수직 확산에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기온역전은 고도가 높아질수록 기온이 오르는 현상으로, 위쪽의 따뜻한 공기가 아래쪽 공기의 상승을 억제하여 대기를 안정하게 만든다. 일반적인 기온감률 상태에서는 고도가 높아질수록 기온이 낮아진다. 복사역전은 맑고 바람이 약한 밤에 지표면의 복사냉각으로 지표 부근에서 형성되고, 침강역전은 하강하는 공기의 단열가열로 비교적 높은 고도에 형성된다.

NoteBase

선지별 해설

① X — '고도가 높아질수록 대기의 온도가 감소하는 현상'을 기온역전이라고 한 부분이 틀리다. 이는 일반적인 기온감률 상태이며, 기온역전은 고도가 높아질수록 기온이 증가하는 현상이다.
② O — 복사역전은 지표면의 야간 복사냉각 때문에 지표 부근에서 형성되는 반면, 침강역전은 하강기류의 단열가열 때문에 그보다 높은 고도에서 형성된다.
③ O — 고도에 따른 기온 분포는 대기의 안정도와 연직운동을 결정하므로 대기오염물질의 수직 확산 정도가 달라진다. 역전층에서는 상승과 수직 확산이 억제된다.
④ O — 맑은 날에는 일몰 후 지표면이 복사로 빠르게 냉각되므로 밤부터 새벽 사이에 복사역전이 주로 발생한다. 특히 바람이 약할수록 잘 형성된다.

오답 포인트

①의 함정은 '기온 감소'를 '기온역전'과 연결한 데 있다. 평상시에는 위로 갈수록 기온이 낮아지고, 역전 시에는 반대로 위로 갈수록 기온이 높아진다. 또한 복사역전은 지표 부근, 침강역전은 상층이라는 형성 고도의 차이를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 고도 상승에 따라 기온이 감소하는지 증가하는지를 확인한다. 기온이 증가하면 역전, 감소하면 일반적인 기온감률 상태로 판단한다. 이어서 야간 지표 복사냉각이면 복사역전, 하강공기의 단열가열이면 침강역전으로 구별한다.

암기 포인트

위로 갈수록 따뜻하면 역전, 복사역전은 지표의 밤, 침강역전은 높은 곳이다.

NoteBase

2. 소각 시 배출되는 연소 가스에 포함된 황산화물의 처리법에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 습식법은 장치 규모가 크다는 단점이 있다.
② 건식법은 배출가스의 온도저하가 없다.
③ 건식법으로 활성탄 흡착을 사용한다.
④ 습식법으로 NaOH 등 알칼리성 물질을 이용한다.

정답 1번

출제 포인트

소각 배출가스의 황산화물 처리에서 습식법과 건식법의 장치 특성, 온도 변화 및 사용 약제를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

습식법은 황산화물을 물이나 알칼리성 흡수액에 접촉시켜 제거하는 방법이다. 반응이 빠르고 제거 효율이 높아 장치를 비교적 작게 구성할 수 있지만, 배출가스의 온도 저하, 장치 부식, 폐수 발생 등이 단점이다.
건식법은 물을 거의 사용하지 않고 고체 흡수제 또는 흡착제로 황산화물을 제거하는 방법이다. 배출가스의 온도 저하와 폐수 발생이 적으며 활성탄 흡착도 이에 해당한다.

선지별 해설

① X — '습식법은 장치 규모가 크다'는 설명이 적절하지 않다. 습식법은 기체와 흡수액의 접촉 및 반응이 빠르므로 장치를 비교적 작게 구성할 수 있다. 올바르게는 '습식법은 배출가스의 온도 저하, 장치 부식 및 폐수 발생 등의 단점이 있다'이다.
② O — 건식법은 물을 사용하는 세정 과정이 없으므로 습식법처럼 증발과 냉각에 따른 배출가스 온도 저하가 거의 없다.
③ O — 활성탄 표면에 황산화물을 붙잡아 제거하는 활성탄 흡착은 물을 사용하지 않는 건식 처리법이다.
④ O — 습식법은 NaOH와 같은 알칼리성 흡수액으로 산성가스인 황산화물을 흡수·중화하여 제거한다.

오답 포인트

습식법은 부대 설비와 폐수 처리가 필요하므로 시설이 복잡하다는 점을 곧바로 '장치 규모가 크다'와 같은 뜻으로 판단하기 쉽다. 이 문항에서는 흡수 반응이 빠른 습식법의 본체 장치 규모와 부식·폐수·온도 저하라는 운전상 단점을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

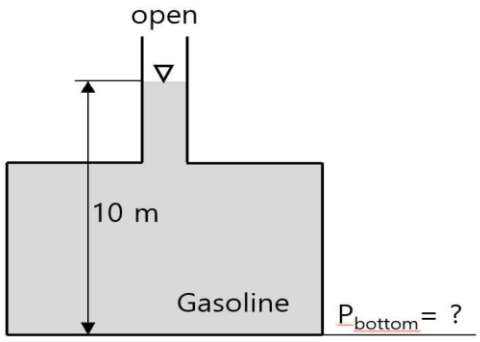
물이 등장하면 먼저 온도 저하·부식·폐수 발생을 습식법의 단점으로 연결한다. 물을 쓰지 않는 고체 흡수제나 활성탄이 등장하면 온도 저하와 폐수가 적은 건식법으로 판단한다.

암기 포인트

습식은 알칼리 흡수·고효율·온도 저하·부식·폐수, 건식은 활성탄 흡착·온도 저하 없음·폐수 없음으로 구분한다.

NoteBase

3. 다음 그림과 같은 휘발유 저장탱크 바닥에서의 압력(P_{bottom})을 계산한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 휘발유의 비중은 0.7, 물의 비중량(γ)은 $9{,}800\,\mathrm{N/m^3}$, 대기압은 0이라고 가정한다)



① 약 $7.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ② 약 $68.6\,\mathrm{kN/m^2}$
③ 약 $98.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ④ 약 $169.9\,\mathrm{kN/m^2}$

정답 2번

출제 포인트

개방된 저장탱크에서 액체의 비중량과 수심을 이용하여 바닥의 정수압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 휘발유의 비중 0.7, 물의 비중량 $9{,}800N/m^3$, 수심 $10m$이다.
구해야 할 값: 탱크 바닥에서의 압력 P_{bottom}이다.
주의할 조건: 탱크가 개방되어 있고 대기압을 0으로 가정하므로 게이지압만 계산한다.

사용할 공식

휘발유의 비중량은 $\gamma_g = SG\gamma_w$이고, 정수압은 $P = \gamma h$이다. 따라서
$P_{bottom} = (SG\gamma_w)h$
를 사용한다. 정지한 액체의 압력은 액체의 비중량과 자유수면으로부터의 수직 깊이에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 휘발유의 비중량을 구한다.
$\gamma_g = 0.7 \times 9{,}800 = 6{,}860N/m^3 = 6.86kN/m^3$
2. 수심 $10m$를 곱한다.
$P_{bottom} = 6.86kN/m^3 \times 10m = 68.6kN/m^2$
3. $1kN/m^2 = 1kPa$이므로 바닥의 게이지압은 $68.6kPa$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 약 $7.0kN/m^2$는 비중 0.7에 중력가속도 약 10을 곱한 값을 압력으로 잘못 본 것이다. 올바르게는 물의 비중량과 수심까지 모두 곱하여 약 $68.6kN/m^2$가 된다.
② O — $0.7 \times 9{,}800N/m^3 \times 10m = 68{,}600N/m^2 = 68.6kN/m^2$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 약 $98.0kN/m^2$는 휘발유의 비중 0.7을 반영하지 않고 물의 비중량을 그대로 사용한 값이다. 올바르게는 $98.0 \times 0.7 = 68.6kN/m^2$이다.
④ X — 약 $169.9kN/m^2$는 게이지압 $68.6kN/m^2$에 대기압 약 $101.3kN/m^2$를 더한 절대압이다. 문제에서 대기압을 0으로 가정하므로 올바른 바닥 압력은 $68.6kN/m^2$이다.

오답 포인트

③은 휘발유의 비중 0.7을 빠뜨리게 만드는 선지이고, ④는 개방 탱크라는 말만 보고 대기압을 더하게 만드는 선지이다. 이 문제는 대기압을 0으로 명시했으므로 $P = \gamma h$로 구한 게이지압이 답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비중이 주어지면 먼저 _액체=SG _물로 액체의 비중량을 구하고, 자유수면에서 측정점까지의 수직 깊이를 곱한다. 개방 탱크에서 대기압을 0으로 두면 대기압을 별도로 더하지 않는다.

암기 포인트

정수압은 $P = \gamma h = SG\gamma_w h$이고, 개방 탱크의 게이지압에서는 대기압을 더하지 않는다.

NoteBase

4. 하·폐수처리 공정에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① A/O 공정 : 혐기조에서 인을 방출하고 호기조에서 인을 흡수하여 제거
② A^2/O 공정 : 혐기/무산소/호기 반응조를 통해 질소와 인을 동시에 제거
③ MLE 공정 : 호기 반응조에서 생성된 질산염을 후단의 탈질 반응조에서 제거
④ PN/A 공정 : 부분아질산화/혐기성 아나목스 반응조를 통해 질소 제거

정답 3번

출제 포인트

하·폐수의 질소·인 제거 공정별 반응조 구성, 제거 대상, 내부반송 방향을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

A/O 공정: 혐기조와 호기조를 직렬로 두어 인 방출과 과잉 흡수를 유도하는 생물학적 인 제거 공정이다.
A^2/O 공정: 혐기조·무산소조·호기조를 조합하여 인 제거와 질산화·탈질을 함께 수행하는 공정이다.
MLE 공정: 호기조에서 질산화된 혼합액을 앞단의 무산소조로 내부반송하여 탈질하는 전탈질 공정이다.
PN/A 공정: 암모니아성 질소의 일부를 아질산성 질소로 산화한 뒤 아나목스 반응으로 질소가스로 전환하는 공정이다.

선지별 해설

① O — A/O 공정에서는 혐기조에서 인축적미생물이 인을 방출하고, 이어지는 호기조에서 인을 과잉 흡수하므로 인을 제거할 수 있다.
② O — A^2/O 공정은 혐기조·무산소조·호기조를 이용한다. 혐기·호기 조건에서 인을 제거하고, 호기조의 질산화와 무산소조의 탈질을 통해 질소도 제거한다.
③ X — 틀린 표현은 '후단의 탈질 반응조에서 제거'이다. MLE 공정의 무산소 탈질조는 호기조 앞단에 있으며, 호기조에서 생성된 질산성 질소를 포함한 혼합액을 내부반송하여 앞단 무산소조에서 탈질한다.
④ O — PN/A 공정은 부분아질산화로 아질산성 질소를 만든 뒤 혐기성 암모늄 산화인 아나목스 반응을 이용하여 질소를 제거한다.

NoteBase

오답 포인트

③은 호기조에서 질산성 질소가 생성된다는 점은 맞지만, 이를 처리하는 탈질조의 위치를 '후단'으로 바꾸었다. MLE는 호기조 혼합액을 앞단 무산소조로 되돌리는 전탈질 공정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공정명을 보면 반응조 순서와 내부반송 방향을 함께 확인한다. MLE는 무산소조→호기조의 순서이며, 호기조에서 질산화된 혼합액은 무산소조로 내부반송되어 탈질된다.

암기 포인트

A/O는 인 제거, A^2/O는 질소·인 동시 제거, MLE는 앞단 무산소조로 내부반송하는 전탈질, PN/A는 부분아질산화와 아나목스이다.

NoteBase

5. MLSS의 농도가 2,500 mg / L인 슬러지 1 L를 30분간 침전시켰더니 부피가 500 mL였다. 이 슬러지의 침강성에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
① SVI는 50 mL / g이며, 침강성이 좋은 편이다.
② SVI는 125 mL / g이며, 침강성이 나쁜 편이다.
③ SVI는 200 mL / g이며, 침강성이 나쁜 편이다.
④ SVI는 500 mL / g이며, 침강성이 좋은 편이다.

정답 3번

출제 포인트

30분 침전슬러지 부피와 MLSS 농도로 슬러지용적지수(SVI)를 계산하고, SVI가 클수록 슬러지의 침강성이 나쁘다는 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 30분 침전 후 슬러지 부피는 $500 mL/L$, MLSS 농도는 $2{,}500 mg/L$이다.
구해야 할 값: SVI와 그에 따른 침강성이다.
단위 변환: $2{,}500 mg/L = 2.5 g/L$이다. SVI의 단위가 mL/g이므로 MLSS 농도를 반드시 g/L로 바꾼다.

사용할 공식

SVI=30분 침전슬러지 부피 (mL/L)MLSS (g/L)
SVI는 MLSS 건조고형물 $1g$이 30분 침전 후 차지하는 부피를 뜻하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. MLSS 농도를 환산하면 $2{,}500 mg/L = 2.5 g/L$이다.
2. 공식에 대입하면 다음과 같다.
$\mathrm{SVI} = \frac{500 mL/L}{2.5 g/L} = 200 mL/g$
3. SVI가 클수록 같은 질량의 슬러지가 침전 후 더 큰 부피를 차지하므로 압밀과 침강이 불량하다. 따라서 $200 mL/g$은 침강성이 나쁜 편에 해당한다.

NoteBase

선지 판단

① X — SVI를 50*mL/g*으로 계산한 것이 틀렸다. 올바르게는 SVI가 200*mL/g*이며, 침강성은 좋은 편이 아니라 나쁜 편이다.
② X — SVI를 125*mL/g*으로 계산한 것이 틀렸다. 올바르게는 SVI가 200*mL/g*이며, 이 계산값에 따른 침강성은 나쁜 편이다.
③ O — 계산 결과가 200*mL/g*이고, 높은 SVI는 슬러지의 침강·압밀이 불량함을 뜻하므로 침강성이 나쁜 편이라는 설명이 모두 맞다.
④ X — 침전슬러지 부피 500*mL/L*를 그대로 SVI로 본 것이 틀렸다. 올바르게는 이를 MLSS 농도 2.5*g/L*로 나누어 200*mL/g*을 얻으며, 침강성은 좋은 편이 아니라 나쁜 편이다.

오답 포인트

침전 후 부피인 500*mL/L*를 곧바로 SVI로 선택하거나, MLSS의 *mg/L*를 *g/L*로 환산하지 않는 것이 핵심 함정이다. 또한 SVI가 크면 침강성이 좋다고 반대로 판단하기 쉽지만, 같은 질량이 더 큰 부피를 차지한다는 뜻이므로 침강성은 오히려 나쁘다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 MLSS를 *g/L*로 환산한 뒤 '30분 침전부피 ÷ MLSS'로 SVI를 계산한다. 마지막으로 SVI가 클수록 침강·압밀이 불량하다는 방향을 적용한다.

암기 포인트

SVI는 '30분 침전부피를 MLSS로 나눈 값'이며, SVI가 클수록 슬러지가 부피를 많이 차지하여 침강성이 나쁘다.

NoteBase

6. 폐기물의 공업분석(Proximate Analysis)은 폐기물을 연료로 사용할 때 기본 연소 특성을 파악하는 분석이다. 폐기물의 Proximate Analysis 항목에 포함되지 않는 것으로 가장 적절한 것은?
   ① 폐기물에 포함된 물의 함량을 나타내는 수분 함량(Moisture Content)
   ② 폐기물 가열 시 기체·증기 형태로 빠져나가는 가연성 성분인 휘발분(Volatile Matter)
   ③ 폐기물의 화학적 구성 성분인 C, H, O, N, S, Cl 등의 원소 조성(Elemental Composition)
   ④ 폐기물 중 수분 · 휘발분 · 회분을 제외하고 남는 고체 가연성 탄소 성분인 고정탄소(Fixed Carbon)

정답 3번

출제 포인트

폐기물의 공업분석 항목과 원소분석 항목을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

공업분석은 폐기물을 수분, 휘발분, 회분, 고정탄소의 네 성분으로 구분하여 연료로서의 기본 특성을 평가하는 분석이다.
원소분석은 폐기물을 구성하는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 염소(Cl) 등의 원소 함량을 분석하는 방법이다.
따라서 수분·휘발분·회분·고정탄소는 공업분석 항목이고, C·H·O·N·S·Cl 등의 원소 조성은 원소분석 항목이다.

선지별 해설

① O — 수분 함량은 폐기물에 포함된 물의 양을 나타내며 공업분석에 포함된다.
② O — 휘발분은 폐기물을 가열할 때 기체나 증기 형태로 방출되는 가연성 성분으로 공업분석에 포함된다.
③ X — C, H, O, N, S, Cl 등의 원소 조성은 공업분석 항목이 아니라 원소분석 항목이다. 틀린 표현인 '공업분석 항목'은 '원소분석 항목'으로 고쳐야 한다.
④ O — 고정탄소는 수분·휘발분·회분을 제외하고 남는 고체 가연성 탄소 성분이며 공업분석에 포함된다.

NoteBase

오답 포인트

공업분석도 폐기물의 구성 성분을 조사하므로 ③의 원소 조성을 공업분석 항목으로 혼동하기 쉽다. 그러나 공업분석은 수분·휘발분·회분·고정탄소의 성분군을 구분하고, 원소분석은 C·H·O·N·S·Cl처럼 개별 원소의 함량을 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 수분·휘발분·회분·고정탄소가 나오면 공업분석으로, C·H·O·N·S·Cl 같은 원소기호가 나오면 원소분석으로 판단한다.

암기 포인트

공업분석은 수·휘·회·고, 원소분석은 C·H·O·N·S·Cl이다.

NoteBase

7. 물(H_2O)이 관 속에 180 ml / s로 흐르고 있다. 관 속에 흐르는 물의 분자 개수를 계산한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 물의 비중은 1, H 원자량 1, O 원자량 16이다)
① 6.02×10^{23} 분자 개수 / s
② 6.02×10^{24} 분자 개수 / s
③ 6.02×10^{25} 분자 개수 / s
④ 6.02×10^{26} 분자 개수 / s

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 물의 체적유량을 질량유량과 몰유량으로 차례로 변환한 뒤, 아보가드로 수를 곱하여 초당 물 분자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 체적유량은 $180 mL/s$, 비중은 1, H의 원자량은 1, O의 원자량은 16이다.
구해야 할 값: 관 속을 1초 동안 통과하는 물 분자의 개수이다.
주의할 조건: 물의 비중이 1이므로 밀도는 $1 g/mL$이고, 물 H_2O의 몰질량은 $2 \times 1 + 16 = 18 g/mol$이다.

사용할 공식

질량유량=체적유량×밀도
몰유량=질량유량몰질량
분자 수 유량=몰유량× N_A
여기서 $N_A = 6.02 \times 10^{23} molecules/mol$이다. 체적유량만으로는 분자 수를 바로 구할 수 없으므로 밀도와 몰질량을 이용해 몰유량으로 바꾼 뒤 아보가드로 수를 곱한다.

계산 과정

1. 질량유량은 $180 mL/s \times 1 g/mL = 180 g/s$이다.
2. 물의 몰유량은 $180 g/s \div 18 g/mol = 10 mol/s$이다.
3. 초당 물 분자 수는 $10 mol/s \times 6.02 \times 10^{23} molecules/mol = 6.02 \times 10^{24} molecules/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $6.02 \times 10^{23} molecules/s$는 $1 mol/s$에 해당한다. 실제 몰유량은 $10 mol/s$이므로, 올바르게는 $6.02 \times 10^{24} molecules/s$이다.
② O — 계산 결과가 $6.02 \times 10^{24} molecules/s$이므로 일치한다.
③ X — $6.02 \times 10^{25} molecules/s$는 실제 계산값보다 10배 크다. 올바르게는 $6.02 \times 10^{24} molecules/s$이다.
④ X — $6.02 \times 10^{26} molecules/s$는 실제 계산값보다 100배 크다. 올바르게는 $6.02 \times 10^{24} molecules/s$이다.
계산 결과 $6.02 \times 10^{24} molecules/s$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

유량 $180 mL/s$에 아보가드로 수를 바로 곱하면 안 된다. 먼저 비중 1을 이용해 $180 g/s$로 바꾸고, 이를 물의 몰질량 $18 g/mol$으로 나누어 $10 mol/s$를 얻어야 한다. 특히 $10 mol/s$의 10을 빠뜨리면 ①을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

분자 수 유량을 묻는 문제는 체적유량 → 질량유량 → 몰유량 → 분자 수 유량의 순서로 계산하고, 각 단계에서 단위가 mL/s, g/s, mol/s, $molecules/s$로 변하는지 검산한다.

암기 포인트

체적유량 × 밀도 ÷ 몰질량 × 아보가드로 수 = 초당 분자 수이다.

NoteBase

8. 함수율이 40 %인 생활폐기물 1 ton을 함수율 20 %로 건조시켰다면, 생활폐기물의 무게를 계산한 것으로 가장 적절한 것은?

① 850 kg ② 800 kg

③ 750 kg ④ 700 kg

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 건조 전후에 고형물의 질량은 변하지 않는다는 원리를 이용해 건조 후 생활폐기물의 총질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 생활폐기물 질량은 $1ton = 1{,}000kg$, 초기 함수율은 40%, 건조 후 함수율은 20%이다.
구해야 할 값: 건조 후 생활폐기물의 총질량이다.
주의할 조건: 물은 제거되지만 고형물의 질량은 보존된다. 함수율이 20%이면 건조 후 고형물 비율은 $1 - 0.20 = 0.80$이다.

사용할 공식

$M_s = M_i(1 - w_i)$
$M_f = \frac{M_s}{1 - w_f}$
여기서 M_s는 고형물 질량, M_i는 초기 총질량, M_f는 건조 후 총질량, w_i와 w_f는 각각 초기와 최종 함수율이다.
건조 전후의 고형물 질량이 같으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 초기 질량을 단위 변환하면 $1ton = 1{,}000kg$이다.
2. 초기 고형물 질량은 $1{,}000kg \times (1 - 0.40) = 600kg$이다.
3. 건조 후 고형물 비율은 80%이므로 $M_f \times 0.80 = 600kg$이다.
4. 따라서 $M_f = \frac{600kg}{0.80} = 750kg$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 850kg의 함수율이 20%라면 고형물은 850kg × 0.80 = 680kg이 되어 보존되어야 할 600kg과 다르다. 틀린 값 850kg은 750kg으로 고쳐야 한다.
② X — 800kg의 함수율이 20%라면 고형물은 800kg × 0.80 = 640kg이 되어 초기 고형물 600kg과 일치하지 않는다. 틀린 값 800kg은 750kg으로 고쳐야 한다.
③ O — 750kg의 80%는 600kg이므로 초기 고형물 질량과 정확히 일치한다.
④ X — 700kg의 함수율이 20%라면 고형물은 700kg × 0.80 = 560kg이 되어 초기 고형물 600kg보다 작다. 틀린 값 700kg은 750kg으로 고쳐야 한다.
계산 결과 건조 후 질량은 750kg이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

함수율이 40%에서 20%로 20%p 감소했다고 해서 전체 질량에서 곧바로 20%를 빼면 안 된다. 건조 중 보존되는 것은 전체 질량이 아니라 고형물 질량이며, 최종 총질량은 고형물 600kg이 최종 질량의 80%가 되도록 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

건조 문제는 초기 총질량을 같은 단위로 바꾼 뒤 '초기 총질량 × 초기 고형물 비율'로 고형물 질량을 구하고, 이를 최종 고형물 비율로 나누어 최종 총질량을 판단한다. 마지막에는 최종 질량에 최종 고형물 비율을 곱해 초기 고형물 질량과 같은지 검산한다.

암기 포인트

건조 전후에는 고형물이 보존된다: $M_i(1 - w_i) = M_f(1 - w_f)$.

NoteBase

9. 차원의 균일성이란 방정식이 성립하기 위해서는 반드시 차원적으로 균일하여야 함을 말하며, 무차원 군(Dimensionless Group)이란 실차원(Net Dimensions)을 갖지 않는 것이다. 어떤 양 k는 온도에 따라 다음과 같이 변한다. 1.2×10^5과 1.987의 단위로 가장 적절한 것은? (단, 20,000의 단위는 cal / mol이며 T(Temperature)의 단위는 K(Kelvin)이다)

$$k(\frac{mol}{cm^3 \cdot s}) = 1.2 \times 10^5 \cdot \exp(-\frac{20{,}000}{1.987\ T})$$

① 1.2×10^5의 단위는 $mol / cm^3 \cdot s$이며 1.987의 단위는 $cal / mol \cdot K$이다.
② 1.2×10^5의 단위는 $mol / cm^3 \cdot s$이며 1.987의 단위는 $mol \cdot K / cal$이다.
③ 1.2×10^5의 단위는 $cm^3 \cdot s / mol$이며 1.987의 단위는 $mol \cdot K / cal$이다.
④ 1.2×10^5의 단위는 $cm^3 \cdot s / mol$이며 1.987의 단위는 $cal / mol \cdot K$이다.

정답 1번

출제 포인트

Arrhenius형 식에서 지수함수의 지수는 무차원이어야 하고, 지수함수 앞 계수는 식의 좌변과 같은 단위를 가져야 한다는 차원 균일성을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식에서 k의 단위는 $mol/(cm^3 \cdot s)$이다. 20,000의 단위는 cal/mol이고 T의 단위는 K이다. 구해야 하는 것은 계수 1.2×10^5와 상수 1.987의 단위이다.

사용할 공식

식을 $k = A\exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$로 보면, 차원 균일성에 따라 $\left[\frac{E}{RT}\right] = 1$, $[A] = [k]$가 성립한다. 지수함수는 무차원값만을 인수로 가질 수 있고, 무차원인 지수함수를 곱해도 전체 단위는 계수 A의 단위와 같기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 지수부가 무차원이려면 $[RT] = [E] = cal/mol$이어야 한다.
2. $[T] = K$이므로 $[R] \cdot K = cal/mol$이고, 따라서 $[R] = cal/(mol \cdot K)$이다. 그러므로 1.987의 단위는 $cal/(mol \cdot K)$이다.
3. 지수함수 부분은 무차원이므로 $[A] = [k] = mol/(cm^3 \cdot s)$이다. 따라서 1.2×10^9의 단위는 $mol/(cm^3 \cdot s)$이다.

선지 판단

① O — 1.2×10^9의 단위를 $mol/(cm^3 \cdot s)$, 1.987의 단위를 $cal/(mol \cdot K)$로 제시하여 두 단위가 모두 차원 균일성을 만족한다.
② X — 1.2×10^9의 단위는 맞지만, 1.987의 $mol \cdot K/cal$은 필요한 단위의 역수이다. 틀린 표현 $mol \cdot K/cal$은 $cal/(mol \cdot K)$로 고쳐야 한다.
③ X — 두 단위를 모두 역수로 제시하였다. 틀린 표현 $cm^3 \cdot s/mol$은 $mol/(cm^3 \cdot s)$로, $mol \cdot K/cal$은 $cal/(mol \cdot K)$로 고쳐야 한다.
④ X — 1.987의 단위는 맞지만, 1.2×10^9의 $cm^3 \cdot s/mol$은 k 단위의 역수이다. 틀린 표현 $cm^3 \cdot s/mol$은 $mol/(cm^3 \cdot s)$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 계수와 상수의 단위를 분자·분모가 뒤집힌 역수로 고르는 것이다. 특히 ②는 계수의 단위만 맞고, ④는 기체상수에 해당하는 1.987의 단위만 맞으므로 두 단위를 각각 검산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 지수부의 분자와 분모가 같은 단위인지 확인하여 지수를 무차원으로 만든다. 그다음 지수함수 전체가 무차원이므로 앞 계수의 단위를 좌변의 단위와 같게 맞춘다.

암기 포인트

지수부는 무차원, 지수함수 앞 계수는 좌변과 같은 단위이다.

NoteBase

10. 「대기환경보전법 시행규칙」 제15조 별표 8의 배출허용기준상 표준산소농도를 적용받는 어떤 오염물질의 농도가 90 ppm이었다. 배출가스를 분석한 결과, 실측산소농도는 6%, 표준산소농도는 4% 일 때 오염물질의 보정 농도를 계산한 것으로 가장 적절한 것은?

① 약 79 ppm ② 약 102 ppm
③ 약 112 ppm ④ 약 122 ppm

정답 2번

쟁점

이 문제는 배출가스의 실측산소농도를 표준산소농도로 환산하여 오염물질의 보정 농도를 구하는 문제이다. 핵심은 산소농도 보정계수의 분자와 분모를 바르게 구분하는 것이다.

용어 풀이

표준산소농도는 배출가스의 공기 희석 정도가 달라도 배출농도를 같은 조건에서 비교하기 위해 정한 기준 산소농도이다. 보정 농도는 실측 농도에 산소농도 보정계수를 곱해 이 기준 조건으로 환산한 농도이다.

핵심 구분

「대기환경보전법 시행규칙」 제15조제1항은 대기오염물질의 배출허용기준을 별표 8로 정하고, 별표 8은 배출허용기준란의 괄호 안 수치를 표준산소농도로 사용한다. 산소농도 보정계수는 $(21 - O_s)/(21 - O_a)$이며, O_s는 표준산소농도, O_a는 실측산소농도이다. 이 문제에서는 실측산소농도 6%가 표준산소농도 4%보다 높으므로 보정계수가 1보다 커지고, 보정 농도는 실측 농도보다 증가한다.

조건 정리

실측 오염물질 농도: $C_a = 90 ppm$
실측산소농도: $O_a = 6\%$
표준산소농도: $O_s = 4\%$
구해야 할 값: 표준산소농도로 환산한 오염물질의 보정 농도 C

사용할 공식

$$C = C_a \times \frac{21 - O_s}{21 - O_a}$$

여기서 21은 공기 중 산소농도 약 21%를 뜻한다. 실측 배출가스가 기준 조건보다 공기에 더 희석된 정도를 제거하고 같은 산소 조건에서 농도를 비교하기 위해 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 산소농도 보정계수를 계산한다.

$\frac{21-4}{21-6} = \frac{17}{15}$

2. 실측 오염물질 농도에 보정계수를 곱한다.

$C = 90 \times \frac{17}{15} = 6 \times 17 = 102ppm$

따라서 보정 농도는 $102ppm$이다.

선지 판단

① X — 약 $79ppm$은 계산 결과 $102ppm$과 다르다. 틀린 표현: 약 $79ppm$ → 올바른 표현: 약 $102ppm$이다.

② O — $90 \times (21-4)/(21-6) = 102ppm$이므로 약 $102ppm$이 맞다.

③ X — 약 $112ppm$은 계산 결과 $102ppm$과 다르다. 틀린 표현: 약 $112ppm$ → 올바른 표현: 약 $102ppm$이다.

④ X — 약 $122ppm$은 계산 결과 $102ppm$과 다르다. 틀린 표현: 약 $122ppm$ → 올바른 표현: 약 $102ppm$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 표준산소농도와 실측산소농도의 위치를 뒤바꾸는 것이다. 이 문제에서는 $(21-4)$가 분자이고 $(21-6)$이 분모이다. 실측산소농도가 표준산소농도보다 높아 배출가스가 더 희석된 상태이므로 보정 농도가 $90ppm$보다 커져야 한다는 방향 검산도 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 O_s와 O_a를 구분하고, $(21-O_s)/(21-O_a)$의 순서로 보정계수를 만든 뒤 실측 농도에 곱한다. 마지막에는 실측산소농도가 표준산소농도보다 높으면 보정 농도가 증가하는지 확인한다.

암기 포인트

표준은 분자, 실측은 분모이다: $C = C_a \times (21-O_s)/(21-O_a)$.

NoteBase

11. $100\,Sm^3$의 프로판(C_3H_8)을 이론 공기로 완전연소시킬 때 발생하는 이론건연소가스량(G_{od})을 계산한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 공기 중 체적 기준으로 $N_2/O_2 = 3.76$이다)

① $2{,}180\,Sm^3$ ② $2{,}380\,Sm^3$
③ $2{,}580\,Sm^3$ ④ $2{,}780\,Sm^3$

정답 1번

출제 포인트

프로판의 완전연소 반응식으로 이론 산소량과 동반 질소량을 구한 뒤, 건조 이론연소가스인 이산화탄소와 질소의 부피를 합산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 프로판 $100Sm^3$, 공기 중 부피비 $N_2/O_2 = 3.76$이다.
구해야 할 값: 이론 공기로 완전연소할 때의 건조 이론연소가스량 G_{od}이다.
주의할 조건: 같은 온도와 압력에서 기체의 몰비는 부피비와 같으며, G_{od}에는 수증기를 포함하지 않는다.

사용할 공식

완전연소식은

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

이다. 프로판 1부피에 필요한 산소는 5부피이고, 이 산소와 함께 들어오는 질소는 $5 \times 3.76 = 18.8$부피이다.
건조 이론연소가스는 생성된 CO_2와 반응하지 않은 동반 N_2로 이루어지므로 다음 식을 사용한다.

$G_{od} = V_{C_3H_8} \times (3 + 5 \times 3.76)$

계산 과정

1. 프로판 1부피가 완전연소하면 CO_2 3부피가 생성된다.
2. 필요한 O_2 5부피에 동반되는 N_2는 $5 \times 3.76 = 18.8$부피이다.
3. 건조 연소가스는 프로판 1부피당 $3 + 18.8 = 21.8$부피이다.
4. 따라서

$G_{od} = 100 \times 21.8 = 2{,}180Sm^3$

이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 2,180Sm^{3}이므로 옳다.
② X — 2,380Sm^{3}은 건조 연소가스 계수 3 + 18.8 = 21.8과 맞지 않는다. 틀린 값 2,380Sm^{3}은 올바르게는 2,180Sm^{3}이다.
③ X — 2,580Sm^{3}은 CO_2 3부피, N_2 18.8부피에 수증기 4부피까지 더한 습윤 연소가스량이다. G_{od}에서는 수증기를 제외하므로 올바르게는 2,180Sm^{3}이다.
④ X — 2,780Sm^{3}은 완전연소식에서 얻는 건조 연소가스 계수 21.8과 일치하지 않는다. 틀린 값 2,780Sm^{3}은 올바르게는 2,180Sm^{3}이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 생성된 수증기까지 합산하는 것이다. 3 + 4 + 18.8 = 25.8을 적용하면 ③의 2,580Sm^{3}이 나오지만, 이는 습윤 연소가스량이다. 건조 이론연소가스량 G_{od}은 $CO_2 + N_2$만 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소식을 먼저 맞춘 뒤 필요한 산소량에 공기의 N_2/O_2 비를 곱해 동반 질소량을 구한다. 마지막에는 문제의 연소가스가 건조 기준인지 습윤 기준인지 확인하여 수증기 포함 여부를 결정한다.

암기 포인트

프로판 1부피의 이론연소에서 건조 배출가스는 CO_2 3부피와 N_2 18.8부피의 합인 21.8부피이다. 수증기 4부피는 G_{od}에서 제외한다.

NoteBase

12. 「대기환경보전법」상 사용하는 용어의 정의로 가장 적절하지 않은 것은?

① 매연이란 연소할 때에 생기는 유리 탄소가 응결하여 입자의 지름이 1미크론 이상이 되는 입자상물질을 말한다.

② 가스란 물질이 연소·합성·분해될 때에 발생하거나 물리적 성질로 인하여 발생하는 기체상 물질을 말한다.

③ 입자상물질이란 물질이 파쇄·선별·퇴적·이적될 때, 그 밖에 기계적으로 처리되거나 연소·합성·분해될 때에 발생하는 고체상 또는 액체상의 미세한 물질을 말한다.

④ 온실가스란 적외선 복사열을 흡수하거나 다시 방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태 물질로서 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황을 말한다.

정답 1번

쟁점

이 문제는 「대기환경보전법」상 매연, 가스, 입자상물질, 온실가스의 정의를 구별하는 문제이다. 핵심은 매연과 검댕의 정의를 혼동하지 않는 것이다.

용어 풀이

매연은 연소할 때 생기는 유리탄소가 주가 되는 미세한 입자상물질이다. 검댕은 그 유리탄소가 응결하여 입자의 지름이 1μm 이상이 된 입자상물질이다.

핵심 구분

「대기환경보전법」 제2조는 매연과 검댕을 별개의 용어로 정의한다. 매연의 정의에는 입자 지름 기준이 없고, 유리탄소의 응결 및 지름 1μm 이상이라는 기준은 검댕의 정의에 해당한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 제시된 내용은 매연이 아니라 검댕의 정의이다.
- 틀린 표현: 매연
- 올바른 표현: 검댕은 연소할 때 생기는 유리탄소가 응결하여 입자의 지름이 1μm 이상이 되는 입자상물질이다. 매연은 연소할 때 생기는 유리탄소가 주가 되는 미세한 입자상물질이다.

② O
- 가스는 물질이 연소·합성·분해될 때 발생하거나 물리적 성질로 인하여 발생하는 기체상물질이다.

③ O
- 입자상물질은 파쇄·선별·퇴적·이적, 그 밖의 기계적 처리 또는 연소·합성·분해 과정에서 발생하는 고체상 또는 액체상의 미세한 물질이다.

④ O
- 온실가스는 적외선 복사열을 흡수하거나 다시 방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스상태 물질로서 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황을 말한다.

오답 포인트

①의 '유리탄소가 응결하여 입자의 지름이 1μm 이상'이라는 문구를 매연의 세부 조건으로 오인하기 쉽다. 이 문구는 매연이 아니라 검댕을 가르는 기준이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유리탄소가 주가 되는 미세 입자이면 매연, 유리탄소가 응결하고 지름이 1μm 이상이면 검댕으로 판단한다. 가스는 기체상, 입자상물질은 고체상 또는 액체상이라는 상태 구분도 함께 확인한다.

암기 포인트

매연은 유리탄소 중심, 검댕은 유리탄소 응결과 1μm 이상이다.

NoteBase

13. 다음 중 활성슬러지 공정이 아래 조건으로 운전되고 있다고 할 때, 폭기조의 MLSS농도를 계산한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 유출수의 슬러지 농도는 없다고 가정한다)

- 폭기조 크기 (V) : $20{,}000\ \mathrm{m^3}$
- 폐슬러지 농도 (X_w) : $10{,}000\ \mathrm{mg/L}$
- 폐슬러지 유량 (Q_w) : $500\ \mathrm{m^3/day}$
- 슬러지 체류시간 (SRT) : 12 일

① 2,000 mg / L ② 3,000 mg / L
③ 4,000 mg / L ④ 5,000 mg / L

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유출수로 빠져나가는 슬러지가 없을 때 슬러지 체류시간(SRT)의 고형물 수지를 이용해 폭기조의 MLSS 농도 X를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭기조 부피 $V = 20{,}000m^3$, 폐슬러지 농도 $X_w = 10{,}000mg/L$, 폐슬러지 유량 $Q_w = 500m^3/day$, SRT $\theta_c = 12day$이다.
구해야 할 값: 폭기조의 MLSS 농도 X이다.
주의할 조건: 유출수의 슬러지 농도를 0으로 가정하므로 계 밖으로 나가는 고형물은 폐슬러지의 Q_wX_w만 고려한다.

사용할 공식

유출수 고형물 유출을 무시하면 SRT는 다음과 같다.
$\theta_c = \frac{VX}{Q_wX_w}$
따라서 MLSS 농도는 다음과 같이 정리된다.
$X = \frac{\theta_cQ_wX_w}{V}$
SRT는 계 내 고형물량을 하루 동안 계 밖으로 버리는 고형물량으로 나눈 값이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 공식을 MLSS 농도 X에 대해 정리한다.

$X = \frac{\theta_c Q_w X_w}{V}$

2. 주어진 값을 대입한다.

$X = \frac{(12day)(500m^3/day)(10{,}000mg/L)}{20{,}000m^3}$

3. day와 m^3가 각각 약분되므로 농도 단위 mg/L가 남는다.

$X = 3{,}000mg/L$

선지 판단

① X — $2{,}000mg/L$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $3{,}000mg/L$이다.
② O — SRT 고형물 수지로 계산한 MLSS 농도와 같은 $3{,}000mg/L$이다.
③ X — $4{,}000mg/L$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $3{,}000mg/L$이다.
④ X — $5{,}000mg/L$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $3{,}000mg/L$이다.
계산 결과가 $3{,}000mg/L$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

SRT를 단순히 폭기조 부피를 폐슬러지 유량으로 나눈 수리학적 체류시간으로 처리하면 안 된다. SRT는 물의 체류시간이 아니라 고형물의 체류시간이므로 폭기조의 고형물량 VX와 폐슬러지로 배출되는 고형물량 $Q_w X_w$을 함께 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 유출수 고형물 유출을 고려하는지 확인한 뒤, 계 내 고형물량을 고형물 배출률로 나누어 SRT 식을 세운다. 그다음 구하려는 농도에 대해 식을 정리하고 시간과 부피 단위가 약분되는지 검산한다.

암기 포인트

유출수 슬러지가 0이면 $\theta_c = VX/(Q_w X_w)$이며, ‘SRT = 보유 고형물량 ÷ 폐기 고형물량’으로 기억한다.

NoteBase

14. 하루 동안의 변동이 아주 심한 음은 적당한 시간 간격으로 소음레벨을 구하고 5 dB(A)의 단계로 분류한다. 각 레벨 L_i와 그 시간분율 f_i로부터 다음과 같은 식으로 산출하는 소음레벨로 가장 적절한 것은?

$$L_x = 10 \cdot \log[\sum(f_i \times 10^{L_i/10})]\ dB(A)$$

① % 소음레벨(Percentile Noise Level)
② 평균소음레벨(Average Sound Level)
③ 평가소음레벨(Rating Sound Level)
④ 등가소음레벨(Equivalent Sound Level)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 소음레벨별 시간분율을 음향에너지 기준으로 합산하는 식의 명칭을 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 소음레벨 L_i와 그 레벨이 나타난 시간분율 f_i이다.
구해야 할 것: 하루의 변동 소음을 같은 에너지를 갖는 하나의 일정한 소음레벨로 나타내는 지표의 명칭이다.
주의할 조건: 데시벨 값을 그대로 산술평균하지 않고, $10^{L_i/10}$으로 에너지량으로 바꾼 뒤 시간분율을 가중하여 합산한다.

사용할 공식

$L_x = 10\log_{10}\left(\sum_i f_i 10^{L_i/10}\right)\text{dB(A)}$
이 식은 각 레벨의 음향에너지에 해당 시간분율을 곱해 하루 동안의 평균 음향에너지를 구한 뒤 다시 데시벨로 환산한다. 따라서 변동 소음과 에너지가 같은 일정 소음레벨인 등가소음레벨을 나타낸다.

계산 과정

1. 각 소음레벨 L_i를 $10^{L_i/10}$으로 변환하여 상대적인 음향에너지로 나타낸다.
2. 각 에너지에 시간분율 f_i를 곱하고 모두 더하여 시간가중 평균 에너지를 구한다.
3. 합산값에 $10\log_{10}$을 적용해 하나의 dB(A) 값으로 되돌린다. 이 결과는 등가소음레벨이다.

NoteBase

선지 판단

① X — % 소음레벨은 관측시간 중 일정 비율 동안 초과되는 소음레벨을 뜻하며, 소음레벨의 누적시간분포에서 구한다. 틀린 표현 '% 소음레벨'은 올바르게는 '누적시간분포에서 정한 초과시간률에 대응하는 소음레벨'이다.
② X — 평균소음레벨이라는 표현은 데시벨 값의 단순 산술평균으로 오해할 수 있으나, 제시식은 데시벨을 에너지로 환산하여 시간가중 평균한다. 틀린 표현 '평균소음레벨'은 올바르게는 '에너지 평균에 의한 등가소음레벨'이다.
③ X — 평가소음레벨은 측정·산출한 소음에 소음의 특성이나 평가 목적에 따른 보정값을 반영하여 평가하는 값이다. 제시식에는 그러한 보정항이 없다. 틀린 표현 '평가소음레벨'은 올바르게는 '등가소음레벨'이다.
④ O — 각 레벨의 에너지를 해당 시간분율로 가중 평균한 뒤 데시벨로 환산하므로 등가소음레벨이다.

오답 포인트

'시간분율을 이용한 평균'이라는 말만 보고 ② 평균소음레벨을 고르는 것이 함정이다. 데시벨은 로그척도이므로 레벨 자체를 평균하지 않는다. $10^{L_i/10}$으로 에너지 변환하고 시간가중한 식은 ④ 등가소음레벨의 식이다.

다시 나오면 이렇게 판단

소음레벨별 지속시간이나 시간분율이 주어지고 $10^{L/10}$으로 에너지 합산한 뒤 $10\log_{10}$으로 되돌리는 식이면 등가소음레벨로 판단한다. 초과시간률이면 % 소음레벨, 별도 보정항이 있으면 평가소음레벨인지 구분한다.

암기 포인트

시간분율 f_i × 에너지 $10^{L_i/10}$의 합을 다시 데시벨로 바꾸면 등가소음레벨이다.

NoteBase

15. 혐기성 소화조에서 고분자 유기물의 생분해에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
① 가수분해, 아세트산 생성, 산 발효, 메탄생성의 순서로 진행된다.
② 산 발효과정에서 유기물의 단량체들이 휘발성 유기산과 알코올로 전환된다.
③ 아세트산 생성균은 주로 이산화탄소와 메탄으로부터 아세트산을 생성한다.
④ 메탄생성균은 주로 휘발성 유기산과 알코올을 이용하여 메탄을 생성한다.

정답 2번

출제 포인트

혐기성 소화의 진행 순서와 각 단계에서 미생물이 이용하는 기질 및 생성물을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

가수분해는 고분자 유기물을 당·아미노산 등의 단량체로 분해하는 단계이다. 산 발효는 이 단량체를 휘발성 유기산, 알코올 등으로 전환하는 단계이다. 아세트산 생성은 산 발효 산물인 유기산과 알코올을 아세트산, 수소, 이산화탄소 등으로 전환하는 단계이다. 메탄 생성은 주로 아세트산 또는 수소와 이산화탄소를 이용하여 메탄을 만드는 단계이다. 전체 순서는 가수분해 → 산 발효 → 아세트산 생성 → 메탄 생성이다.

선지별 해설

① X — '아세트산 생성, 산 발효'의 순서가 뒤바뀌었다. 올바른 순서는 가수분해 → 산 발효 → 아세트산 생성 → 메탄 생성이다.
② O — 산 발효균은 가수분해로 생긴 단량체를 휘발성 유기산과 알코올 등의 발효산물로 전환하므로 적절하다.
③ X — '주로 이산화탄소와 메탄으로부터'가 틀렸다. 아세트산 생성균은 주로 산 발효에서 생긴 휘발성 유기산과 알코올을 아세트산, 수소, 이산화탄소 등으로 전환한다.
④ X — '주로 휘발성 유기산과 알코올을 이용하여'가 틀렸다. 메탄생성균은 주로 아세트산을 분해하거나 수소로 이산화탄소를 환원하여 메탄을 생성한다.

NoteBase

오답 포인트

①은 산 발효와 아세트산 생성의 순서를 바꾸었고, ③과 ④는 앞 단계의 미생물이 이용하는 기질을 서로 뒤섞었다. 특히 아세트산이 휘발성 유기산의 하나라는 이유로 ④ 전체를 맞다고 판단하기 쉽지만, 메탄생성균의 대표 기질은 아세트산과 수소·이산화탄소이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 단계의 '투입물 → 생성물'을 연결한다. 고분자 → 단량체는 가수분해, 단량체 → 유기산·알코올은 산 발효, 유기산·알코올 → 아세트산·수소·이산화탄소는 아세트산 생성, 아세트산 또는 수소·이산화탄소 → 메탄은 메탄생성이다.

암기 포인트

가수 → 산 → 초산 → 메탄, 기질은 고분자 → 단량체 → 유기산·알코올 → 아세트산·수소·이산화탄소 순으로 이어진다.

NoteBase

16. 대기압(Atmospheric Pressure), 절대압력(Absolute Pressure), 계기압력(Gauge Pressure) 및 진공(Vacuum)에 대한 설명 중 가장 적절하지 않은 것은?

① 해면에서의 대기압 760.0 mmHg를 표준압력 1기압(atm)으로 정의하고 있으며, 완전 진공(또는 절대 진공)에서의 절대압력은 0이다.

② 음의 계기압력은 흔히 양의 진공도로써 나타낸다.

③ 대부분 압력측정기기로는 유체의 계기압력 또는 대기압에 대한 상대적 압력으로 측정된다.

④ 계기압력 0이라는 말은 그 유체의 절대압력이 진공과 같다는 뜻이다.

정답 4번

출제 포인트

대기압, 절대압력, 게이지압력, 진공도의 기준점과 상호 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

절대압력은 완전진공을 0으로 삼아 측정한 압력이다.
대기압은 대기가 누르는 압력이며, 표준대기압은 해면에서 $1atm = 760.0mmHg$로 정의한다.
게이지압력은 대기압을 0으로 삼은 상대압력으로, $P_g = P_{abs} - P_{atm}$이다.
유체의 절대압력이 대기압보다 낮으면 게이지압력은 음수가 되고, 이때 진공도는 보통 $P_v = P_{atm} - P_{abs} = -P_g$인 양의 값으로 나타낸다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 표준대기압 $1atm$은 $760.0mmHg$이며, 완전진공에서 절대압력은 0이다.
② O — 대기압보다 낮은 압력은 게이지압력으로는 음수이지만, 진공도는 대기압과 절대압력의 차를 취하여 흔히 양수로 나타낸다.
③ O — 게이지압력은 대기압을 기준으로 한 상대압력이므로, 일반적인 압력측정기기는 유체압력과 대기압의 차를 측정한다.
④ X — 틀린 표현은 '그 유체의 절대압력이 진공과 같다'이다. 게이지압력 0은 $P_{abs} = P_{atm}$, 즉 유체의 절대압력이 대기압과 같다는 뜻이다. 완전진공은 절대압력이 0인 상태이다.

오답 포인트

게이지압력의 0과 절대압력의 0을 같은 상태로 보는 것이 함정이다. 게이지압력 0의 기준은 대기압이고, 절대압력 0의 기준은 완전진공이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 압력의 기준점을 확인한다. 완전진공 기준이면 절대압력, 대기압 기준이면 게이지압력이며, 대기압보다 낮은 상태는 음의 게이지압력 또는 양의 진공도로 표현된다.

암기 포인트

절대압력 0은 완전진공, 게이지압력 0은 대기압이다.

NoteBase

17. 미생물의 성장 제한 기질의 농도 증가에 따른 비성장속도를 나타내는 Monod식에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 반포화속도 상수가 작을수록 낮은 농도에서도 빠르게 성장한다.

② 기질 농도가 매우 높은 경우에는 최대비성장속도를 나타낸다.

③ 최대비성장속도의 1/2에 도달했을 때의 기질 농도가 반포화속도 상수이다.

④ 최대비성장속도는 제한 기질에 대한 미생물의 기질 친화도를 나타낸다.

정답 4번

출제 포인트

Monod식에서 반포화속도 상수와 최대비성장속도의 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

Monod식은 기질 농도에 따른 미생물의 비성장속도를 $\mu = \mu_{max} S/(K_s + S)$로 나타낸다. 여기서 S는 제한 기질 농도, μ_{max}는 기질이 충분할 때 접근하는 최대비성장속도, K_s는 비성장속도가 $\mu_{max}/2$가 되는 기질 농도이다. 같은 S와 μ_{max}에서 K_s가 작을수록 낮은 기질 농도에서도 비성장속도가 크므로 기질 친화도가 높다고 해석한다.

선지별 해설

① O — K_s가 작으면 같은 낮은 기질 농도에서 $S/(K_s + S)$가 커지므로 더 빠르게 성장한다.

② O — 기질 농도가 매우 높아 $S \gg K_s$이면 $S/(K_s + S)$가 1에 가까워져 비성장속도는 μ_{max}에 접근한다.

③ O — Monod식에 $\mu = \mu_{max}/2$를 대입하면 $S = K_s$가 되므로, 최대비성장속도의 절반에 도달할 때의 기질 농도가 반포화속도 상수이다.

④ X — 틀린 표현은 '최대비성장속도는 기질 친화도를 나타낸다'이다. 최대비성장속도는 기질이 충분할 때의 성장속도 상한을 나타내며, 기질 친화도는 K_s로 판단한다. 올바르게는 '반포화속도 상수가 작을수록 제한 기질에 대한 미생물의 친화도가 높다'이다.

오답 포인트

④는 성장 성능을 나타내는 μ_{max}와 낮은 기질 농도에서의 이용 능력을 나타내는 K_s를 바꾸어 연결한 선지이다. 또한 ②의 '매우 높은'은 유한한 농도에서 정확히 같다는 뜻이 아니라 μ_{max}에 점근적으로 접근한다는 의미이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

Monod식의 두 상수를 역할로 구분한다. 성장속도의 상한은 μ_{max}, 최대값의 절반이 되는 기질 농도이자 친화도 판단 지표는 K_s이다. K_s가 작을수록 기질 친화도가 높다.

암기 포인트

μ_{max}는 성장속도의 천장, K_s는 절반 농도이며 작을수록 고친화도이다.

NoteBase

18. 완전혼합 연속배양기를 이용한 미생물의 배양에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

① 유입기질의 유량을 증가시키면, 미생물의 농도가 증가한다.

② 유입기질의 유량을 증가시키면, 미생물의 배가시간이 감소한다.

③ 유입기질의 농도를 증가시키면, 미생물의 배가시간이 감소한다.

④ 유입기질의 농도를 증가시키면, 미생물의 성장 속도가 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

완전혼합 연속배양기의 정상상태에서 희석률, 비성장속도, 배가시간의 관계와 유입 기질 농도의 영향을 구분하는 문제이다.

조건 정리

배양기 부피가 일정한 정상상태이고 세포의 유입 및 사멸을 무시하면 미생물의 비성장속도는 희석률과 같다.
유량은 희석률을 바꾸지만, 유입 기질 농도는 정상상태의 미생물량에 주로 영향을 준다.

사용할 공식

희석률은 $D = Q/V$이고, 정상상태에서 $\mu = D$이다. 배가시간은 $t_d = \ln 2/\mu = \ln 2/D$이다. 따라서 배양기 부피 V가 일정할 때 유량 Q이 증가하면 희석률 D이 증가하고 배가시간 t_d은 감소한다.

계산 과정

1. 유량 증가: $Q \uparrow \Rightarrow D = Q/V \uparrow$이다.
2. 정상상태: $\mu = D$이므로 $\mu \uparrow$이다.
3. 배가시간: $t_d = \ln 2/\mu$이므로 $t_d \downarrow$이다.

단, 희석률이 미생물이 유지될 수 있는 한계를 넘으면 세포가 유출되는 세척 현상이 일어난다.

NoteBase

선지 판단

① X — 유량을 증가시키면 희석률이 커져 잔류 기질 농도가 높아지고 미생물 농도는 일반적으로 감소하며, 지나치면 세척이 일어난다. 틀린 표현 '미생물의 농도가 증가한다'는 '미생물의 농도가 일반적으로 감소한다'로 고쳐야 한다.
② O — 유량 증가로 D와 μ가 증가하면, 이들과 반비례하는 배가시간 t_d은 감소한다.
③ X — 정상상태의 완전혼합 연속배양기에서는 유량과 부피가 같다면 $\mu = D$로 정해지므로 유입 기질 농도를 높여도 배가시간은 감소하지 않는다. 틀린 표현 '배가시간이 감소한다'는 '배가시간은 변하지 않는다'로 고쳐야 한다.
④ X — 정상상태에서는 비성장속도 μ가 희석률 D로 정해지므로 유입 기질 농도 증가만으로 성장 속도가 증가하지 않는다. 틀린 표현 '성장 속도가 증가한다'는 '성장 속도는 변하지 않고 정상상태의 미생물 농도가 증가한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

③과 ④는 회분배양에서 기질 농도가 높아지면 성장속도가 커질 수 있다는 관계를 연속배양기의 정상상태에 그대로 적용하게 하는 함정이다. 연속배양기에서는 유입 기질 농도와 유량의 역할을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전혼합 연속배양기의 정상상태에서는 먼저 $D = Q/V$, $\mu = D$, $t_d = \ln 2/\mu$를 연결한다. 유량은 희석률과 배가시간을, 유입 기질 농도는 주로 정상상태의 미생물량을 바꾼다고 판단한다.

암기 포인트

연속배양 정상상태에서는 '유량 증가 → 희석률 증가 → 배가시간 감소', '유입 기질 증가 → 미생물량 증가'이다.

NoteBase

19. 폐기물 매립법(Landfilling)은 도시폐기물 처리에 가장 일반적으로 사용되는 최종 처분 방법이다. 폐기물 매립에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 고형폐기물 내의 생물분해 가능한 유기성분은 매립과 동시에 분해가 시작되며, 유기물질의 분해율은 폐기물의 특성과 수분함량에 따라 달라진다.

② 매립장의 침출수는 폐기물 자체의 수분과 폐기물 분해로 생성된 분해수 등이 대부분을 차지하지만, 강수에 의해 외부로부터 유입된 강수 침투수도 일부 포함된다.

③ 매립지 내에서는 혐기성 분해가 주요 반응이 되며 매립 2년 후가 되면 대체로 메탄가스(CH_4)가 55 %, 탄산가스(CO_2)가 45 % 정도를 차지한다. 매립 초기에 이산화탄소의 함량이 높은 것은 호기성 분해의 결과이다.

④ 매립장은 폐기물 매립 후 발생하는 가스 조성에 따라 크게 4단계로 구분할 수 있다. 즉, 1단계는 호기성 단계, 2～3단계는 혐기성 단계, 4단계는 혐기성 안정화 단계이다.

정답 2번

출제 포인트

폐기물 매립 후 유기물의 분해, 침출수의 발생원, 매립가스 조성 및 분해 단계에 관한 설명을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

매립지는 폐기물을 토지에 최종 처분하는 시설이며, 매립된 유기물은 초기 호기성 분해를 거쳐 혐기성 분해와 안정화 단계로 진행한다.

침출수는 매립층을 통과하며 오염물질을 포함하게 된 물이다. 폐기물 자체 수분과 분해 과정에서 생긴 물도 침출수에 포함되지만, 일반적인 매립장에서는 강우가 매립층으로 침투한 물이 침출수 발생량의 주된 부분을 차지한다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 생물분해 가능한 유기성분은 매립 후 분해가 시작되며, 분해 정도는 폐기물의 생분해성 등 특성과 수분함량에 따라 달라진다.

② X — 틀린 부분은 '폐기물 자체의 수분과 분해수가 대부분을 차지한다'는 표현이다. 일반적으로 침출수의 주된 발생원은 외부에서 유입되어 매립층을 통과한 강우 침투수이며, 폐기물 자체 수분과 유기물 분해로 생성된 물도 일부 포함된다고 고쳐야 한다.

③ O — 매립지 내부에서는 산소가 빠르게 소모된 뒤 혐기성 분해가 주요 반응이 된다. 안정적인 메탄 생성 단계의 매립가스는 대체로 메탄가스 CH_4 약 55%, 탄산가스 CO_2 약 45%로 구성되며, 매립 초기 이산화탄소 함량이 높은 현상은 초기 호기성 분해와 관련된다.

④ O — 매립가스 조성에 따른 대표적 4단계 구분은 1단계 호기성 단계, 2~3단계 혐기성 단계, 4단계 혐기성 안정화 단계이다.

오답 포인트

②는 침출수에 폐기물 자체 수분과 분해수가 포함된다는 사실 자체는 맞지만, 이를 '대부분'이라고 표현해 발생원의 비중을 뒤바꾼 선지이다. '포함된다'와 '주된 발생원이다'를 구별해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

침출수 발생원 선지에서는 먼저 강우의 매립층 침투 여부를 확인한다. 일반적인 매립장에서는 강우 침투수가 주된 발생원이고, 폐기물의 보유수분과 분해수는 부수적으로 포함된다. 매립가스 선지에서는 호기성 초기 단계에서 혐기성 메탄 생성·안정화 단계로 이어지는 흐름을 기준으로 판단한다.

암기 포인트

침출수의 주원인은 강우 침투수, 안정기 매립가스의 중심은 메탄과 이산화탄소이다.

NoteBase

20. 「물환경보전법」상 사용하는 용어의 정의로서 가장 적절하지 않은 것은?

① 불투수면이란 빗물 또는 눈 녹은 물 등이 지하로 스며들 수 없게 하는 아스팔트·콘크리트 등으로 포장된 도로, 주차장, 보도 등을 말한다.

② 점오염원이란 폐수배출시설, 하수발생시설, 축사 등으로서 관로·수로 등을 통하여 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

③ 폐수란 비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물 등을 말한다.

④ 비점오염원이란 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

정답 3번

쟁점

이 문제는 「물환경보전법」 제2조가 정한 불투수면, 점오염원, 폐수, 비점오염원의 정의에 관한 문제이다. 핵심은 오염물질의 배출 지점이 특정되는지와 빗물·눈 녹은 물에 섞여 유출되는 물을 무엇이라 하는지를 구별하는 것이다.

용어 풀이

점오염원 = 관로·수로 등을 통해 일정한 지점에서 수질오염물질을 배출하는 배출원이다.
비점오염원 = 도시·도로·농지·산지·공사장 등 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원이다.
강우유출수 = 비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물 등이다.
폐수 = 물에 액체성 또는 고체성의 수질오염물질이 섞여 있어 그대로는 사용할 수 없는 물이다.

핵심 구분

「물환경보전법」 제2조에 따르면 점오염원은 일정한 지점에서 배출되고, 비점오염원은 불특정 장소에서 불특정하게 배출된다. 비점오염원의 오염물질이 섞여 유출되는 빗물이나 눈 녹은 물은 강우유출수이며, 폐수는 오염물질이 섞여 그대로 사용할 수 없는 물이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
빗물 또는 눈 녹은 물 등이 지하로 스며들 수 없게 하는 아스팔트·콘크리트 포장 도로, 주차장, 보도 등은 불투수면의 법정 정의에 해당한다.

② O
폐수배출시설, 하수발생시설, 축사 등에서 관로·수로 등을 통해 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원은 점오염원이다.

③ X
이 선지는 폐수가 아니라 강우유출수의 정의를 제시하였다.
틀린 표현: 폐수란 비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물 등을 말한다.
올바른 표현: 폐수란 물에 액체성 또는 고체성의 수질오염물질이 섞여 있어 그대로는 사용할 수 없는 물을 말한다.
비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물 등은 강우유출수이다.

④ O
도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원은 비점오염원이다.

오답 포인트

③의 '비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물'이라는 문구를 폐수의 일반적인 모습으로 오인하기 쉽다. 이 문구는 법에서 별도로 정한 강우유출수의 정의이고, 폐수의 핵심 문구는 '오염물질이 섞여 있어 그대로는 사용할 수 없는 물'이다.

다시 나오면 이렇게 판단

'일정한 지점·관로·수로'가 보이면 점오염원, '불특정 장소·불특정하게'가 보이면 비점오염원으로 판단한다.
'비점오염원 + 빗물·눈 녹은 물 + 유출'은 강우유출수이고, '액체성 또는 고체성 오염물질 + 그대로 사용 불가'는 폐수로 판단한다.

암기 포인트

점은 일정 지점, 비점은 불특정 장소, 비점의 오염된 빗물은 강우유출수, 그대로 못 쓰는 오염된 물은 폐수이다.

NoteBase

21. 물이나 기름, 휘발유, 공기와 같은 유체의 경우 전단응력과 전단변형률(속도구배)은 식 (1)과 같은 관계를 갖는다. 또한 유체의 유동과 관련된 문제에서는 식 (2)와 같이 점성계수가 밀도와 결합한 형태로 나타나는 경우가 많다. 점성계수(μ)와 동점성계수(ν)의 단위로 가장 적절하지 않은 것은? (단, τ는 전단응력, μ는 점성계수, $\frac{du}{dy}$는 전단변형률, ν는 동점성계수, ρ는 밀도이다)

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \text{------(1)}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{--------(2)}$$

① 점성계수(μ)의 단위는 $\mathrm{N \cdot s/m^2}$, 동점성계수(ν)의 단위는 poise(P)

② 점성계수(μ)의 단위는 $\mathrm{N \cdot s/m^2}$, 동점성계수(ν)의 단위는 stokes(St)

③ 점성계수(μ)의 단위는 $\mathrm{lb_f \cdot s/ft^2}$, 동점성계수(ν)의 단위는 $\mathrm{ft^2/s}$

④ 점성계수(μ)의 단위는 $\mathrm{lb_f \cdot s/ft^2}$, 동점성계수(ν)의 단위는 $\mathrm{m^2/s}$

정답 1번

출제 포인트

전단응력 관계식과 $\nu = \mu/\rho$를 이용하여 점성계수와 동점성계수의 차원 및 단위를 구분하는 문제이다. 특히 '가장 적절하지 않은 것'을 고르는 부정형 문항이다.

조건 정리

전단응력은 단위 면적당 힘이므로 차원은 F/L^2이다. 속도구배 du/dy의 차원은 $(L/T)/L = 1/T$이다. 밀도 ρ의 차원은 M/L^3이다.

NoteBase

사용할 공식

$\tau = \mu \frac{du}{dy}$
$\nu = \frac{\mu}{\rho}$
첫째 식은 점성계수가 전단응력과 속도구배를 연결하므로 μ의 차원을 정하는 데 사용한다. 둘째 식은 점성계수를 밀도로 나누어 동점성계수의 차원을 정하는 데 사용한다.

계산 과정

1. 점성계수의 차원은 다음과 같다.
$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad \Rightarrow \quad [\mu] = \frac{F/L^2}{1/T} = \frac{FT}{L^2}$
따라서 SI 단위는 $N \cdot s/m^2$이고, 영국공학단위는 $lb_f \cdot s/ft^2$이다. poise(P)도 점성계수의 단위이다.
2. 동점성계수의 차원은 다음과 같다.
$[\nu] = \frac{M/(LT)}{M/L^3} = \frac{L^2}{T}$
따라서 SI 단위는 m^2/s, 영국공학단위는 ft^2/s이며, stokes(St)는 cm^2/s에 해당하는 동점성계수의 단위이다.

선지 판단

① X — μ의 $N \cdot s/m^2$는 맞지만, poise(P)는 동점성계수가 아니라 점성계수의 단위이다. 틀린 표현 '동점성계수 ν의 단위는 poise(P)'는 '점성계수 μ의 단위는 poise(P)'로 고쳐야 한다. 동점성계수의 단위로는 m^2/s 또는 stokes(St)가 적절하다.
② O — $N \cdot s/m^2$는 점성계수의 SI 단위이고, stokes(St)는 동점성계수의 CGS 단위이므로 두 단위가 각각의 물리량에 맞다.
③ O — $lb_f \cdot s/ft^2$는 FT/L^2 차원의 점성계수 단위이고, ft^2/s는 L^2/T 차원의 동점성계수 단위이므로 적절하다.
④ O — $lb_f \cdot s/ft^2$는 점성계수 단위이고, m^2/s는 동점성계수의 SI 단위이다. 단위계가 서로 달라도 각 물리량의 단위로서는 모두 적절하다.

오답 포인트

poise(P)와 stokes(St)를 서로 바꾸어 기억하기 쉽다. poise는 점성계수 μ, stokes는 밀도로 나눈 동점성계수 ν의 단위이다. 또한 ④처럼 서로 다른 단위계가 섞였다는 사실만으로 단위 자체가 틀린 것은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $[\mu] = FT/L^2$, $[\nu] = L^2/T$를 구한 뒤 각 선지의 단위를 차원과 대조한다. 이름 단위는 poise가 μ, stokes가 ν에 대응하는지 확인한다.

암기 포인트

점성계수 μ: $N \cdot s/m^2$, poise(P); 동점성계수 ν: m^2/s, stokes(St)이다.

NoteBase

22. 미생물이 계속해서 적절한 번식과 기능활동을 하려면 에너지원, 탄소원 및 영양소가 필요하다. 미생물은 크게 탄소원과 에너지원으로 무엇을 사용하느냐에 따라 분류할 수 있는데 화학합성 자가영양미생물의 탄소원과 에너지원으로 가장 적절한 것은?

① 탄소원 : 유기탄소, 에너지원 : 유기물의 산화환원반응
② 탄소원 : 유기탄소, 에너지원 : 무기물의 산화환원반응
③ 탄소원 : 이산화탄소(CO_2), 에너지원 : 유기물의 산화환원반응
④ 탄소원 : 이산화탄소(CO_2), 에너지원 : 무기물의 산화환원반응

정답 4번

출제 포인트

화학합성 자가영양미생물의 탄소원과 에너지원을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

화학합성 자가영양미생물은 이산화탄소를 탄소원으로 이용하고, 암모니아·아질산·황화수소·2가 철 등 환원된 무기물의 산화에서 에너지를 얻어 유기물을 합성한다.
자가영양과 종속영양은 탄소원으로 구분한다. 자가영양미생물은 이산화탄소를, 종속영양미생물은 유기탄소를 주된 탄소원으로 사용한다.
화학합성 미생물의 에너지원은 빛이 아니라 화학물질의 산화반응이며, 화학합성 자가영양미생물은 그중 무기물의 산화에너지를 이용한다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 유기탄소를 탄소원으로 사용하고 유기물의 산화환원반응에서 에너지를 얻는 조합은 화학합성 종속영양미생물에 해당한다. 틀린 표현인 '탄소원: 유기탄소, 에너지원: 유기물의 산화환원반응'은 화학합성 자가영양미생물에 대해서는 '탄소원: 이산화탄소, 에너지원: 무기물의 산화환원반응'으로 고쳐야 한다.
② X — 유기탄소를 탄소원으로 사용하므로 자가영양미생물의 조건에 맞지 않는다. 틀린 표현인 '탄소원: 유기탄소'는 '탄소원: 이산화탄소'로 고쳐야 한다.
③ X — 이산화탄소를 탄소원으로 사용하는 부분은 맞지만, 유기물의 산화환원반응을 에너지원으로 제시한 부분이 화학합성 자가영양미생물의 전형적 조합과 맞지 않는다. 틀린 표현인 '에너지원: 유기물의 산화환원반응'은 '에너지원: 무기물의 산화환원반응'으로 고쳐야 한다.
④ O — 이산화탄소를 탄소원으로 이용하고 무기물의 산화환원반응에서 에너지를 얻으므로 화학합성 자가영양미생물에 해당한다.

오답 포인트

'자가영양'은 탄소원의 종류를, '화학합성'은 에너지를 얻는 방식을 나타낸다. ③은 자가영양의 탄소원만 맞게 제시하고 에너지원을 유기물로 바꾸어 놓은 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 자가영양이라는 말에서 탄소원을 이산화탄소로 확정하고, 다음으로 화학합성 자가영양미생물이라는 말에서 에너지원을 무기물의 산화반응으로 판단한다. 두 조건을 모두 만족하는 선지를 고른다.

암기 포인트

화학합성 자가영양은 '탄소는 이산화탄소, 에너지는 무기물 산화'이다.

NoteBase

23. 생물학적 인(P) 제거에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

① 혐기성 상태에서 세포 내에 인산염을 과다 축적한다.

② 호기성 상태에서 세포 내에 PHB 같은 고분자를 축적한다.

③ 무산소 상태에서 질산염의 환원으로 인 방출이 방해된다.

④ 호기성 상태에서 오르소 인산염을 세포 외부로 방출한다.

정답 3번

출제 포인트

생물학적 인 제거에서 인축적미생물의 혐기성·무산소·호기성 조건별 인산염과 PHB의 거동을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

생물학적 인 제거는 인축적미생물이 혐기성 조건에서 인산염을 방출하면서 유기물을 흡수해 PHB로 저장하고, 이후 호기성 조건에서 PHB를 에너지원으로 이용하여 인산염을 과잉 섭취·축적하는 원리를 이용한다.
혐기성 조건: 인산염 방출, 유기물 흡수, PHB 축적이 일어난다.
호기성 조건: PHB 산화, 인산염 과잉 섭취 및 세포 내 축적이 일어난다.
무산소 조건: 질산염이 전자수용체로 사용되어 탈질이 일어나므로 혐기성 인 방출 조건이 저해될 수 있다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '혐기성 상태에서 세포 내에 인산염을 과다 축적한다'이다. 혐기성 상태에서는 세포 내 인산염을 외부로 방출하고, 인산염의 과잉 섭취·축적은 이후 호기성 상태에서 일어난다.
② X — 틀린 표현은 '호기성 상태에서 PHB 같은 고분자를 축적한다'이다. PHB는 혐기성 상태에서 유기물을 흡수하여 세포 내에 저장하고, 호기성 상태에서는 이를 산화하여 에너지원으로 이용한다.
③ O — 무산소 상태에서는 질산염이 환원되는 탈질이 일어나므로 완전한 혐기성 조건이 형성되지 않아 인 방출이 방해된다.
④ X — 틀린 표현은 '호기성 상태에서 인산염을 세포 외부로 방출한다'이다. 호기성 상태에서는 인산염을 세포 내부로 과잉 섭취하여 축적하며, 세포 외부로의 인산염 방출은 혐기성 상태에서 일어난다.

NoteBase

오답 포인트

①과 ④는 인산염의 이동 방향을 혐기성과 호기성 사이에서 뒤바꾼 선지이고, ②는 PHB의 축적 시점과 이용 시점을 뒤바꾼 선지이다. ③의 '무산소'를 '혐기성'과 같은 상태로 보면 질산염 환원이 인 방출을 방해한다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

혐기성에서는 '인 방출·PHB 저장', 호기성에서는 'PHB 이용·인 과잉 섭취'로 먼저 대응한다. 질산염이 존재하는 무산소 상태는 탈질이 일어나므로 혐기성 인 방출에 불리하다고 판단한다.

암기 포인트

혐기: 인은 밖으로, PHB는 안으로. 호기: PHB는 쓰고, 인은 안으로.

NoteBase

24. 일반적으로 흡착되는 물질의 양은 일정온도에서의 농도의 함수로 나타내며, 이를 흡착등온식이라 한다. Freundlich 흡착등온식과 Langmuir 흡착등온식이 다음과 같을 때 이에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은? (단, x/m은 흡착제의 단위 무게당 흡착된 물질의 양, C는 흡착이 일어난 후 용액 중의 흡착물질 평형농도, K, n, a, b는 실험상수이다)

Freundlich 흡착등온식 : $\frac{x}{m}=KC^{1/n}$ ---(1)
Langmuir 흡착등온식 : $\frac{x}{m}=\frac{abC}{1+bC}$ ---(2)

① Freundlich 흡착등온식은 상수나 하수처리장에 사용되는 활성탄의 흡착 특성을 설명하는 데 많이 사용된다.

② Freundlich 흡착등온식의 실험상수(K, n)는 식 (1)을 $\log(\frac{x}{m})=\log K+\frac{1}{n}\log C$와 같이 변환 후 $\log(\frac{x}{m})$ 대 $\log C$의 그래프로부터 구할 수 있다.

③ Langmuir 흡착등온식에서 사용하는 가정은 "흡착은 가역적이고, 흡착지점은 균일한 에너지를 가지며, 흡착제의 표면에 흡착될 수 있는 지점의 개수는 일정하다." 등이 있다.

④ Langmuir 흡착등온식의 실험상수(a, b)는 식 (2)를 $\frac{C}{(x/m)}=\frac{1}{ab}+\frac{1}{a}C$와 같이 변환 후 $\frac{1}{(x/m)}$ 대 C의 그래프로부터 구할 수 있다.

정답 4번

NoteBase

출제 포인트

Freundlich 흡착등온식과 Langmuir 흡착등온식을 직선화하고, 그래프의 기울기와 절편에서 실험상수를 구하는 방법을 판단하는 문제이다.

조건 정리

Freundlich 식은 $x/m = KC^{1/n}$이고, Langmuir 식은 $x/m = abC/(1 + bC)$이다. 여기서 x/m은 단위 흡착제 질량당 흡착량이고, C는 평형농도이다. 각 식을 직선형으로 변환할 때 그래프의 두 축과 기울기·절편을 정확히 대응해야 한다.

사용할 공식

Freundlich 식의 직선형은
$\log(x/m) = \log K + \frac{1}{n}\log C$
이다. 따라서 $\log(x/m)$ 대 $\log C$ 그래프의 절편은 $\log K$, 기울기는 $1/n$이다.

Langmuir 식의 직선형은
$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C$
이다. 따라서 $C/(x/m)$ 대 C 그래프의 절편은 $1/(ab)$, 기울기는 $1/a$이다.

계산 과정

Langmuir 식을 $q = x/m$로 놓으면 $q = abC/(1 + bC)$이다. 양변의 역수를 취하면
$1/q = (1 + bC)/(abC) = 1/(abC) + 1/a$이고, 여기에 C를 곱하면
$\frac{C}{q} = \frac{1}{ab} + \frac{C}{a}$
가 된다. 그러므로 제시된 직선식에 대응하는 세로축은 $1/q$가 아니라 C/q, 즉 $C/(x/m)$이어야 한다.

선지 판단

① O — Freundlich 식은 액상 흡착의 경험식으로, 상수나 하수처리장에서 활성탄의 흡착 특성을 나타내는 데 널리 사용된다.

② O — $\log(x/m) = \log K + (1/n)\log C$로 직선화되므로 $\log(x/m)$ 대 $\log C$ 그래프의 절편과 기울기에서 K와 n을 구할 수 있다.

③ O — Langmuir 식은 가역적인 흡착평형, 균일한 흡착에너지의 흡착점, 한정되고 일정한 수의 흡착점 및 단분자층 흡착을 기본 가정으로 한다.

④ X — 식 자체의 변환 $C/(x/m) = 1/(ab) + (1/a)C$는 맞지만, 이를 $1/(x/m)$ 대 C 그래프라고 한 부분이 틀렸다. 올바르게는 $C/(x/m)$ 대 C 그래프에서 기울기와 절편을 이용하여 a, b를 구할 수 있다고 해야 한다.

오답 포인트

④는 앞에 적힌 변환식이 맞기 때문에 옳은 선지처럼 보이지만, 뒤에서 세로축의 분자 C를 빠뜨렸다. $1/(x/m)$와 $C/(x/m)$는 서로 다른 양이므로 직선식의 좌변과 그래프의 세로축을 끝까지 대조해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

흡착등온식의 직선화 문제에서는 식을 먼저 $y = \alpha + \beta x$ 꼴로 정리한 뒤, 좌변 전체를 세로축 y, 독립변수를 가로축 x, 상수항과 계수를 각각 절편과 기울기에 대응시켜 판단한다.

암기 포인트

Freundlich는 $\log(x/m)$ 대 $\log C$, Langmuir의 대표 직선형은 $C/(x/m)$ 대 C이다. Langmuir에서 분자 C를 빠뜨리지 않는다.

NoteBase

25. 토양수에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 모세관수는 토양입자 사이에 존재하여 식물에 직접 이용된다.

② 흡습수는 토양표면에 강하게 흡착되어 식물이 직접 이용하기 어렵다.

③ 토양이 건조해지면, 모세관수 – 흡습수 – 결합수 순으로 없어지게 된다.

④ 토양이 물로 포화되면 산소가 상대적으로 풍부해져서 식물이 잘 자란다.

정답 4번

출제 포인트

토양수의 종류별 결합 상태와 식물 이용 가능성, 그리고 토양의 수분 포화가 통기성에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

중력수: 중력에 의해 큰 공극을 따라 빠져나가는 물이다.
모세관수: 토양입자 사이의 작은 공극에 모세관력으로 보유되어 식물이 주로 이용하는 물이다.
흡습수: 토양입자 표면에 매우 강하게 흡착된 얇은 수막으로, 식물이 이용하기 어렵다.
결합수: 토양광물의 결정이나 화합물에 화학적으로 결합한 물로, 식물이 이용할 수 없다.
토양이 건조해질 때 물은 대체로 중력수 → 모세관수 → 흡습수 → 결합수의 순서로 소실된다. 토양이 물로 포화되면 공극의 공기가 물로 대체되어 산소가 부족해진다.

선지별 해설

① O — 모세관수는 토양입자 사이의 작은 공극에 보유되며 뿌리가 주로 흡수할 수 있는 유효수분이다.

② O — 흡습수는 토양입자 표면에 강하게 흡착되어 있으므로 식물 뿌리가 이를 떼어 내어 이용하기 어렵다.

③ O — 토양 건조가 진행되면 결합력이 약한 중력수부터 빠지고 모세관수, 흡습수, 결합수의 순서로 남은 물이 소실된다.

④ X — 틀린 표현은 '산소가 상대적으로 풍부해져서 식물이 잘 자란다'이다. 올바르게는 토양이 물로 포화되면 공극이 물로 차 산소가 상대적으로 부족해지고 뿌리 호흡이 저해되어 일반적으로 식물 생육이 나빠진다.

NoteBase

오답 포인트

물과 산소가 모두 식물 생육에 필요하다는 사실 때문에 '물이 많을수록 잘 자란다'고 판단하기 쉽다. 그러나 ④처럼 토양이 포화될 정도로 물이 많으면 공기 통로가 사라져 산소 부족과 뿌리 호흡 저해가 발생한다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양수 문제에서는 먼저 물이 토양에 얼마나 강하게 붙잡혀 있는지를 본다. 결합력이 약한 중력수는 먼저 빠지고, 모세관수는 식물이 주로 이용하며, 흡습수와 결합수는 이용하기 어렵거나 불가능하다. 포화토양은 수분은 많지만 공극의 공기가 줄어 산소가 부족하다고 판단한다.

암기 포인트

건조 순서는 중력수 → 모세관수 → 흡습수 → 결합수, 식물의 주된 이용수는 모세관수, 포화토양은 산소 부족이다.

NoteBase