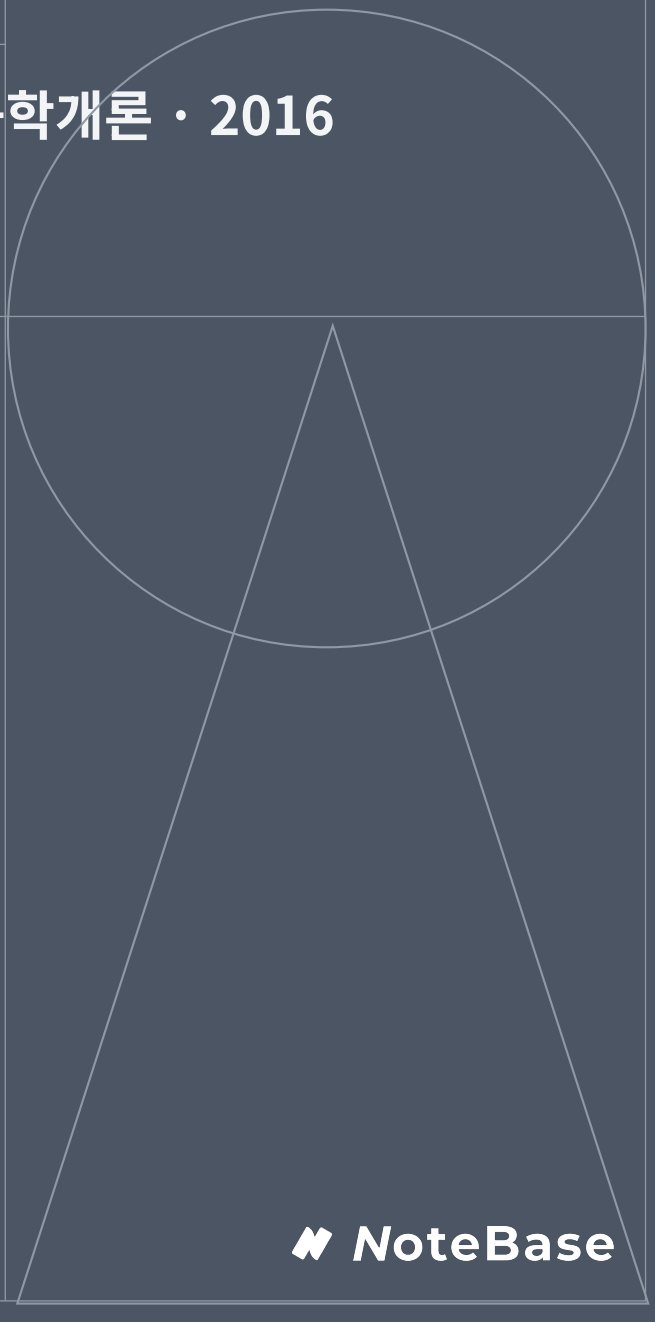
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2016

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2016

문 1. Dulong 식으로 폐기물 발열량 계산 시 포함되지 않는 원소는?

① 수소

② 산소

③ 황

④ 질소

정답 4번

간단한 해설

Dulong 식은 탄소·수소·황의 연소열과 산소에 의한 보정을 이용하며, **질소 함량은 계산 항에 포함하지 않는다**.

공통 해설

Dulong 식은 원소분석으로 얻은 탄소(C)·수소(H)·산소(O)·황(S)의 질량 함량으로 폐기물의 고위발열량을 추정하는 경험식이다. 탄소·수소·황은 연소하면서 발생시키는 열량을 반영하고, **산소는 연소에 기여하는 수소량을 보정**하는 데 사용한다.

산소가 이미 수소와 물의 형태로 결합해 있다고 가정하여, 수소 함량에서 산소 함량의 1/8을 뺀 $H - \frac{O}{8}$을 유효 수소량으로 본다. 이는 물에서 수소와 산소의 질량비가 1:8이기 때문이다. 따라서 수소·산소·황은 식에 포함되지만, **질소(N)는 별도의 발열량 계산 항에 포함되지 않는다**.

NoteBase

문 2. 슬러지 처리 공정에서 호기성 소화에 비해 혐기성 소화의 장점이 아닌 것은?

① 운영비가 저렴하다.

② 슬러지가 적게 생산된다.

③ 체류시간이 짧다.

④ 메탄을 에너지화 할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

혐기성 소화는 메탄 생성 미생물의 증식이 느려, 슬러지를 충분히 분해하고 안정화하려면 일반적으로 **긴 체류시간**이 필요하다. 따라서 '체류시간이 짧다'는 혐기성 소화의 장점으로 볼 수 없다.

선지별 해설

① O: 혐기성 소화는 산소가 없는 상태에서 진행되므로 **산소 공급을 위한 폭기가 필요 없다**. 가온·교반 비용은 들지만, 호기성 소화의 폭기 동력을 줄이고 발생 가스를 에너지로 회수할 수 있어 일반적으로 운영비가 적게 든다.

② O: 혐기성 소화에서는 분해된 유기물이 **새로운 미생물 세포로 전환되는 비율이 낮다**. 유기물의 상당 부분이 메탄과 이산화탄소 등으로 전환되므로 호기성 소화보다 새로 생성되는 생물학적 슬러지가 적다.

③ X: 혐기성 소화에 관여하는 메탄 생성 미생물은 증식 속도가 느리다. 미생물을 충분히 유지하면서 유기물을 분해하고 슬러지를 안정화하려면 시간이 필요하므로, 일반적인 공정 비교에서 체류시간은 호기성 소화보다 **길다**고 고쳐야 한다.

④ O: 혐기성 소화에서 발생하는 바이오가스에는 가연성인 메탄이 포함된다. 이를 포집하여 **가온용 연료나 발전용 에너지원**으로 이용할 수 있다.

NoteBase

문 3. 암모니아 1 mg/L를 질산성 질소로 모두 산화하는데 필요한 산소 농도[mg/L]는?

① 3.76

② 3.56

③ 4.57

④ 4.27

정답 1번

간단한 해설

암모니아 1몰을 질산성 질소로 완전히 산화하려면 산소 2몰이 필요하다. 주어진 농도는 **질소만의 질량이 아니라 암모니아 자체의 질량**이므로, 산소 요구량은 $1 \times \frac{64}{17} \approx 3.76$ mg/L이다.

계산 과정

산화 반응: 암모니아가 질산성 질소로 모두 산화되는 반응은 $NH_3 + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H^+ + H_2O$이다. 반응식의 계수에 따라 암모니아 1몰당 산소 2몰이 소비된다.

질량비: 암모니아의 몰질량은 17 g/mol이고 산소의 몰질량은 32 g/mol이다. 따라서 암모니아 17 g을 산화하는 데 산소 64 g이 필요하다. 문제의 1 mg/L는 **암모니아 질량 기준**이므로, 질소 원자량 14가 아니라 암모니아의 몰질량 17을 기준으로 산소 요구량을 구한다.

산소 농도: 같은 부피의 물에서 암모니아와 필요한 산소의 질량비를 적용하면, 산소 요구량은 $1\text{mg/L} \times \frac{64}{17} \approx 3.76\text{mg/L}$이다. 이는 암모니아 1 mg/L를 완전히 산화하는 데 필요한 산소 농도이며, ①의 3.76에 해당한다.

NoteBase

문 4. 집진 장치의 효율이 99.8%에서 95%로 감소하였다. 효율 저하 전후의 배출 먼지 농도 비율은?

① 1 : 10

② 1 : 15

③ 1 : 20

④ 1 : 25

정답 4번

간단한 해설

배출 먼지 농도는 집진 효율 자체가 아니라 **포집되지 않고 남은 비율**에 비례한다. 이 비율이 0.2%에서 5%로 커지므로, 효율 저하 전후의 배출 농도 비율은 **1 : 25**이다.

계산 과정

배출 농도 관계: 유입 먼지 농도 등 다른 조건은 같고 집진 효율만 변한 것으로 본다. 유입 농도를 C_{in}, 배출 농도를 C_{out}, 집진 효율을 소수로 나타낸 값을 η라 하면 $C_{out} = C_{in}(1 - \eta)$이다. 집진 효율은 유입 먼지 중 포집된 비율이므로, 배출 농도는 **미포집 비율인 1 − 집진 효율**로 계산한다.

전후 미포집 비율: 효율 저하 전에는 100 − 99.8 = 0.2%, 저하 후에는 100 − 95 = 5%가 배출된다. 이는 각각 같은 유입 먼지 농도의 0.002배와 0.05배가 배출 농도로 남는다는 뜻이다.

농도 비율: 공통인 유입 농도를 약분하면 C_out,전:C_out,후=0.002:0.05=1:25이다. 저하 후 농도가 저하 전 농도의 $\frac{5}{0.2} = 25$배이므로, 요구한 전후 비율은 1 : 25로 ④에 해당한다. 같은 단위의 농도를 비교한 비이므로 결과에 단위는 붙지 않는다.

NoteBase

문 5. 10 m 간격으로 떨어져 있는 실험공의 수위차가 20 cm일 때, 실질 평균선형유속[m/day]은? (단, 투수계수는 0.4 m/day이고 공극률은 0.5이다)

① 0.008

② 0.18

③ 0.004

④ 0.016

정답 4번

간단한 해설

실질 평균선형유속은 전체 단면적을 기준으로 한 Darcy 유속을 **공극률로 나눈 값**이다. 수위차 20 cm를 0.20 m로 환산하여 계산하면 0.016 m/day이다.

계산 과정

수리경사 계산: 실험공 사이 거리 L은 10 m이고, 수위차는 20 cm = 0.20 m이다. 수리경사 i는 단위 거리당 수두 감소량이므로, 두 길이의 단위를 맞추어 $i = \frac{0.20}{10} = 0.02$로 구한다. 수리경사는 무차원량이다.

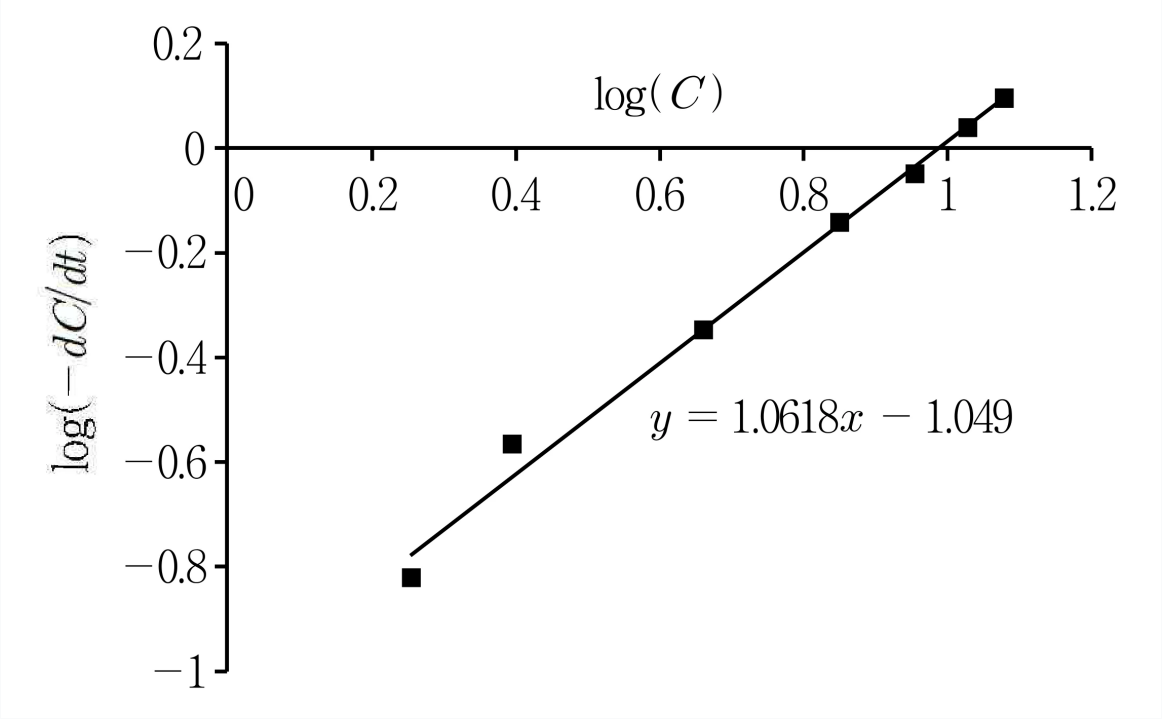
Darcy 유속 계산: 투수 계수 K는 0.4 m/day이다. Darcy 법칙에 따라 전체 단면적 기준의 유속 q는 $q = Ki$ 이므로, q = 0.4 × 0.02 = 0.008 m/day이다. 이 값은 흙 입자와 공극을 모두 포함한 **전체 단면적을 기준으로 한 유속**이다.

실질 평균선형유속 계산: 물은 공극을 통해 흐르므로, 공극 내 평균 유속 v는 Darcy 유속을 **공극률 n으로 나누어** 구한다. 주어진 n = 0.5를 적용하면 $v = \frac{q}{n} = \frac{0.008}{0.5}$이므로 v = 0.016 m/day이다. 흐름에 이용되는 단면적이 전체 단면적보다 작기 때문에 실질 평균선형유속은 Darcy 유속보다 크다.

따라서 실질 평균선형유속은 0.016 m/day로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 어떤 물질 A의 반응차수를 구하기 위한 실험결과이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, C는 A의 농도이고 t는 시간, k는 반응속도 상수, n은 반응차수이다)



① 단순선형 회귀분석 방법을 이용하여 자료를 해석하였다.

② 일반적인 반응속도식인 $\left[-\frac{dC}{dt} = k \times C^n\right]$을 이용하여 반응차수인 n 값을 구한 것이다.

③ 반응차수는 1.049이다.

④ 실험 자료의 유효성은 결정 계수로 판단할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

반응차수는 로그–로그 그래프에서 회귀직선의 **기울기 1.0618**이다. 선지의 1.049는 절편 −1.049의 절댓값으로, 반응차수가 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 가로축은 $x = \log C$, 세로축은 $y = \log(-dC/dt)$이다. 하나의 설명변수 x로 y를 설명하는 직선 $y = 1.0618x - 1.049$를 구했으므로, 로그 변환된 자료에 **단순선형 회귀분석**을 적용한 것이다.

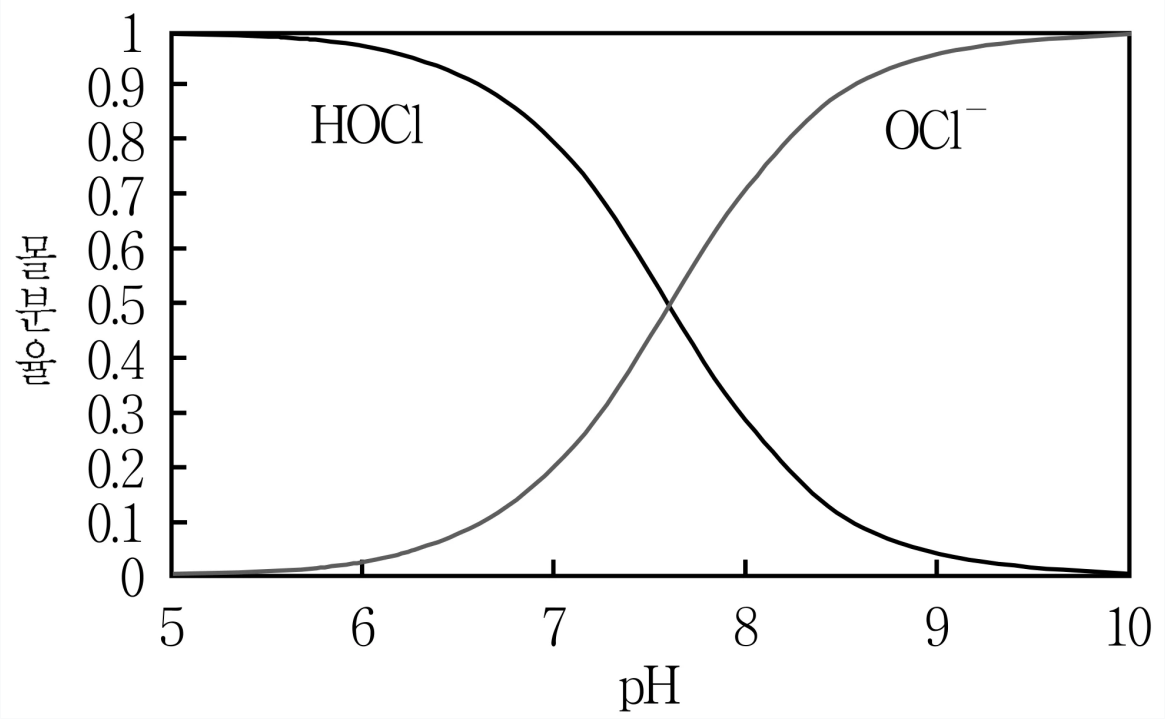
② O: 물질 A가 소모될 때 농도 C는 감소하므로, 소모속도를 양수로 나타내면 $-dC/dt$이다. 반응속도식 $-dC/dt = kC^n$의 양변에 같은 밑의 로그를 취하면 $\log(-dC/dt) = \log k + n\log C$가 된다. 따라서 그래프의 **기울기는 반응차수 n**이고 절편은 $\log k$이므로, 이 관계를 이용해 반응차수를 구할 수 있다.

③ X: 제시된 회귀식 $y = 1.0618x - 1.049$에서 x의 계수인 **1.0618이 반응차수**이다. 절편 −1.049는 $\log k$에 해당한다. 따라서 '반응차수는 1.049이다'는 '반응차수는 1.0618이다'로 고쳐야 한다.

④ O: 결정계수 R^2는 로그 변환된 반응속도 자료의 전체 변동 중 회귀직선으로 설명되는 비율이다. 이처럼 절편이 있는 단순선형 회귀에서는 1에 가까울수록 자료가 회귀직선에 잘 맞으므로, **회귀관계에 대한 자료의 적합도**를 평가할 수 있다. 다만 결정계수만으로 측정오차의 부재나 실험 설계의 타당성까지 보장할 수는 없다.

NoteBase

문 7. 다음은 용해된 염소가스가 수중에서 해리되었을 때 차아염소산과 염소산이온 간의 상대적인 분포를 pH에 따라 나타낸 그래프이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① pH가 6일 때 HOCl 농도는 0.99 mg/L이고 OCl^-보다 소독력이 크다.

② pH가 7.6일 때 HOCl 농도와 OCl^- 농도는 같다.

③ 염기성일 때, 산성에서보다 소독력이 떨어진다.

④ 온도에 따라 일정 pH에서 두 화학종의 몰분율이 달라진다.

정답 1번

간단한 해설

그래프의 세로축은 **단위 없는 몰분율**을 나타낸다. pH 6에서 HOCl이 대부분을 차지한다는 것은 알 수 있지만, 전체 농도가 주어지지 않았으므로 HOCl 농도를 **0.99 mg/L로 단정할 수 없다**.

NoteBase

선지별 해설

① X: 몰분율은 HOCl과 OCl^-의 전체 몰수 중 해당 화학종의 몰수가 차지하는 비율이다. pH 6에서 HOCl의 몰분율이 1에 가깝다는 것은 두 화학종 중 HOCl이 대부분이라는 뜻이다. 따라서 'HOCl 농도는 0.99 mg/L'는 **'HOCl의 몰분율은 1에 가깝다'**로 고쳐야 한다. 질량농도를 구하려면 전체 농도 등의 정보가 더 필요하다. HOCl의 소독력이 OCl^-보다 크다는 부분은 맞다.

② O: 주어진 그래프에서 pH 7.6 부근은 두 곡선의 교점이며, HOCl과 OCl^-의 몰분율은 각각 약 0.5이다. 같은 용액에서 두 화학종의 몰수가 같으므로 **몰농도도 같다**. 이는 이 그래프의 조건에 대한 설명이며, 모든 온도에서 교점의 pH가 같다는 뜻은 아니다.

③ O: pH가 높아질수록 그래프에서 HOCl의 몰분율은 감소하고 OCl^-의 몰분율은 증가한다. HOCl이 OCl^-보다 소독력이 크므로, 총 유리염소 농도 등 다른 조건이 같다면 **HOCl의 비율이 낮은 염기성 조건에서 소독력이 떨어진다**.

④ O: HOCl은 수중에서 $HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$의 해리 평형을 이룬다. 이 평형의 **해리상수는 온도에 따라 달라지므로**, pH가 같아도 온도가 달라지면 HOCl과 OCl^-의 상대적인 비율, 즉 몰분율이 달라진다.

NoteBase

문 8. 다음 실험 결과에서 처리 전과 처리 후의 BOD 제거율[%]은? (단, 희석수의 BOD 값은 0이다)

구 분	초기DO (mg/L)	최종DO (mg/L)	하수 부피(mL)	희석수 부피(mL)
처리 전	6.0	2.0	5	295
처리 후	9.0	4.0	15	285

① 33.3

② 50.0

③ 58.3

④ 61.4

정답 3번

간단한 해설

처리 전후의 DO 감소량에 각각의 **희석배수**를 적용하면 하수의 BOD는 240 mg/L와 100 mg/L이다. 처리 전 BOD를 기준으로 감소한 비율을 구하면 **제거율은 약 58.3%**이다.

계산 과정

희석 보정: DO는 물에 녹아 있는 산소의 농도이며, 초기 DO와 최종 DO의 차이는 실험 중 소비된 산소의 농도이다. 희석수의 BOD가 0이므로 이 차이에 **전체 부피를 하수 부피로 나눈 희석배수**를 곱하면 원래 하수의 BOD가 된다. 즉, BOD = $(D_i - D_f)\frac{V_t}{V_s}$이다. 여기서 D_i, D_f는 초기·최종 DO(mg/L), V_t는 하수와 희석수를 합한 전체 부피(mL), V_s는 하수 부피(mL)이다.

처리 전 BOD: 전체 부피는 5 + 295 = 300 mL이고, DO 감소량은 6.0 − 2.0 = 4.0 mg/L이다. 희석배수는 $\frac{300}{5} = 60$이므로, 처리 전 하수의 BOD는 4.0 × 60 = 240 mg/L이다.

처리 후 BOD: 전체 부피는 15 + 285 = 300 mL이고, DO 감소량은 9.0 − 4.0 = 5.0 mg/L이다. 희석배수는 $\frac{300}{15} = 20$이므로, 처리 후 하수의 BOD는 5.0 × 20 = 100 mg/L이다. 처리 후 DO 감소량이 더 크더라도 **실험에 넣은 하수의 양이 다르므로** DO 감소량만으로 처리 효과를 비교해서는 안 된다.

BOD 제거율: **처리 전 BOD를 분모**로 하여 제거된 BOD의 비율을 구한다. 제거된 BOD는 240 − 100 = 140 mg/L이므로, 제거율은 $\frac{240-100}{240} \times 100 \approx 58.3\%$이다. 이는 ③의 58.3에 해당한다.

NoteBase

문 9. 길이가 30m, 폭이 15m, 깊이가 3m인 침전지의 유량이 4,500m^3/day이다. 유입 BOD 농도가 600mg/L이고 총 고형 물질 농도가 1,200mg/L일 때, 수리학적 표면 부하율[$m^3 \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$]은?

① 10

② 30

③ 50

④ 90

정답 1번

간단한 해설

수리학적 표면 부하율은 유량을 **침전지의 수면적**으로 나눈 값이다. 수면적이 450 m^2이므로 표면 부하율은 10 $m^3 \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$이다.

계산 과정

수리학적 표면 부하율은 침전지의 단위 수면적당 하루에 유입되는 물의 부피이다. 유량을 Q, 수면적을 A라 하면 $q = \frac{Q}{A}$로 계산한다. 분모는 **부피가 아니라 수면적**이므로 깊이 3 m는 사용하지 않는다. BOD 농도와 총 고형 물질 농도도 물의 양을 기준으로 하는 수리학적 부하율 계산에는 필요하지 않다.

수면적: 직사각형 침전지의 수면적은 길이 × 폭이므로 A = 30 × 15 = 450 m^2이다. 이는 유입 유량을 나누어 줄 침전지의 수평 면적이다.

표면 부하율: 유량 Q = 4,500 m^3/day를 수면적 450 m^2로 나누면 $q = \frac{4,500}{450} = 10$ $m^3 \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$이다. 수면적 1 m^2당 하루에 10 m^3의 물이 유입된다는 뜻이며, ①의 10에 해당한다.

NoteBase

문 10. 대기 중 부유성 입자와 침강성 입자를 분류하는 입경(particle diameter) 기준은?

① 2.5 μm

② 10 μm

③ 50 μm

④ 100 μm

정답 2번

간단한 해설

대기 중에서 오래 떠 있는 부유성 입자와 중력에 의해 비교적 쉽게 가라앉는 침강성 입자는 일반적으로 **입경 10 μm**를 기준으로 구분한다.

공통 해설

부유성 입자는 쉽게 가라앉지 않고 공기 중에 떠 있는 입자이며, 침강성 입자는 중력에 의해 비교적 쉽게 가라앉는 입자이다. 두 입자군을 구분하는 통상적인 입경 기준은 **10 μm**이다. 이보다 작은 쪽은 부유성이, 큰 쪽은 침강성이 두드러진다.

입자의 밀도와 모양 등 다른 조건이 같다면, 입경이 커질수록 중력에 의한 침강속도가 커진다. 따라서 이 분류는 단순히 입자의 크기에 이름을 붙이는 것이 아니라 **공기 중에 머무르는 성질과 가라앉는 성질**을 구별하는 기준이다.

NoteBase

문 11. 입자상 물질을 제거하는 장치로 가장 거리가 먼 것은?

① 사이클론 집진기

② 전기집진기

③ 백 하우스

④ 유동상 흡착장치

정답 4번

간단한 해설

유동상 흡착장치는 주로 **기체상 오염물질**을 흡착제 표면에 붙잡아 제거한다. 따라서 배기가스 속 먼지와 같은 입자상 물질을 포집하는 집진장치와 구별된다.

공통 해설

집진장치는 배기가스에 떠 있는 먼지 등의 **입자상 물질을 기체 흐름에서 분리·포집**하는 장치이다. 사이클론 집진기, 전기집진기, 백 하우스는 모두 이러한 입자상 물질의 제거에 사용하는 집진장치이다.

유동상 흡착장치는 활성탄과 같은 고체 흡착제를 기체 흐름으로 유동시키면서, 기체상 오염물질의 분자를 흡착제 표면에 붙잡아 제거한다. 이때 **유동하는 고체 입자는 제거 대상이 아니라 흡착제**이다. 주된 제거 대상이 기체상 오염물질이므로, 입자상 물질 제거장치와 가장 거리가 먼 것은 유동상 흡착장치이다.

NoteBase

문 12. 물리량의 차원으로 옳지 않은 것은?

① 확산 계수 [L^2T^{-1}]

② 동점성 계수 [L^3T^{-1}]

③ 압력 [$ML^{-1}T^{-2}$]

④ 밀도 [ML^{-3}]

정답 2번

간단한 해설

동점성 계수는 **점성 계수를 밀도로 나눈 값**이며, 차원은 L^2T^{-1}이다. ②의 길이 지수 3은 **2로 고쳐야 한다**.

선지별 해설

M은 질량, L은 길이, T는 시간의 차원을 나타낸다. 물리량을 정의하는 식에 각 차원을 대입하고 지수를 정리하면 해당 물리량의 차원을 구할 수 있다.

① O: 확산 계수 D는 농도 기울기에 따른 물질의 이동량을 정하는 계수이다. Fick의 법칙 $J = -D\frac{dC}{dx}$에서 질량 플럭스 J의 차원은 $ML^{-2}T^{-1}$, 질량농도 기울기의 차원은 ML^{-4}이다. 따라서 $[D] = \frac{ML^{-2}T^{-1}}{ML^{-4}} = L^2T^{-1}$이다.

② X: 동점성 계수는 **점성 계수를 밀도로 나눈 값**으로, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이다. 점성 계수 μ의 차원은 $ML^{-1}T^{-1}$, 밀도 ρ의 차원은 ML^{-3}이므로 $[\nu] = \frac{ML^{-1}T^{-1}}{ML^{-3}} = L^2T^{-1}$이다. 따라서 제시된 L^3T^{-1}은 L^2T^{-1}로 고쳐야 한다.

③ O: 압력은 **단위 면적에 수직으로 작용하는 힘**이다. 힘은 질량과 가속도의 곱이므로 차원이 MLT^{-2}이고, 면적의 차원은 L^2이다. 따라서 압력의 차원은 $[p] = \frac{MLT^{-2}}{L^2} = ML^{-1}T^{-2}$이다.

④ O: 밀도는 **단위 부피당 질량**이다. 질량의 차원은 M, 부피의 차원은 L^3이므로 밀도의 차원은 $[\rho] = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$이다.

NoteBase

문 13. 고형물이 40%인 유기성 폐기물 10 ton을 수분 함량 20%가 되도록 건조시킬 때 건조 후 수분 중량[ton]은? (단, 유기성 폐기물은 고형물과 수분만으로 구성되어 있다고 가정한다)

① 1

② 2

③ 4

④ 6

정답 1번

간단한 해설

건조할 때는 **고형물 중량 4 ton이 보존**된다. 건조 후 고형물 비율은 80%이므로 전체 중량은 5 ton이고, 그중 수분 20%의 중량은 1 ton이다.

계산 과정

1. 고형물 중량: 건조는 수분을 제거하는 과정이므로 **고형물 중량은 건조 전후에 같다**. 처음 폐기물 10 ton의 고형물 비율이 40%이므로 고형물 중량은 $10 \times 0.40 = 4$ ton이다.

2. 건조 후 전체 중량: 폐기물은 고형물과 수분만으로 구성되므로 수분 함량이 20%이면 고형물 비율은 $100 - 20 = 80\%$이다. 이때 4 ton은 **건조 후 전체 중량의 80%**에 해당하므로, 건조 후 전체 중량은 $\frac{4}{0.80} = 5$ton이다.

3. 건조 후 수분 중량: 수분 함량 20%의 기준은 **건조 후 전체 중량**이다. 따라서 남아 있는 수분 중량은 $5 \times 0.20 = 1$ ton이다.

건조 후 수분 중량 1 ton은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. 지하수 대수층의 부피가 2,500 m^3, 공극률이 0.4, 공극수 내 비반응성 물질 A의 농도가 50 mg/L일 때, 공극수 내 물질 A의 질량[kg]은?

① 25

② 40

③ 50

④ 100

정답 3번

간단한 해설

물질 A의 질량은 농도에 **공극률을 반영한 공극수 부피**를 곱해 구한다. 공극수 부피는 1,000 m^3이므로 물질 A의 질량은 50 kg이다.

계산 과정

1. 공극수 부피: 공극률은 대수층 전체 부피 중 공극이 차지하는 비율이다. 대수층의 공극은 지하수로 채워져 있으므로, **전체 부피에 공극률을 곱해** 공극수 부피를 구한다. 따라서 공극수 부피는 2,500 × 0.4 = 1,000 m^3이다.

2. 부피 단위 변환: 농도가 mg/L로 주어졌으므로 공극수 부피를 L로 바꾼다. 1 m^3 = 1,000 L이므로 1,000 m^3 = 1,000,000 L이다. 이는 물질 A가 녹아 있는 물의 부피이다.

3. 물질 A의 질량: 농도 50 mg/L는 공극수 1 L에 A가 50 mg 있다는 뜻이다. 따라서 질량은 농도에 공극수 부피를 곱한 50 × 1,000,000 = 50,000,000 mg이다. 1 kg = 1,000,000 mg이므로 $\frac{50,000,000}{1,000,000} = 50$ kg이다.

계산된 질량 50 kg은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 80% 효율의 펌프로 1 m^3/sec의 물을 5 m의 총수두로 양수 시 필요한 동력[kW]은? (단, 소수점 첫째 자리에서 반올림한다)

① 34

② 40

③ 61

④ 70

정답 3번

간단한 해설

물을 양수하는 데 전달해야 할 동력은 49 kW이며, 펌프 효율이 80%이므로 필요한 입력 동력은 **수동력을 효율로 나누어** 구한다. 계산값은 61.25 kW로, 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 61 kW이다.

계산 과정

조건: 유량 $Q = 1\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$, 총수두 H = 5 m, 펌프 효율 $\eta = 0.80$이다. 물의 밀도는 $\rho = 1{,}000\mathrm{kg}/\mathrm{m}^3$, 중력가속도는 $g = 9.8\mathrm{m}/\mathrm{s}^2$로 둔다. 총수두는 펌프가 물의 단위 중량당 공급해야 하는 에너지를 높이로 나타낸 값이다.

수동력: 단위 시간에 흐르는 물의 중량은 $\rho g Q$이고, 여기에 총수두 H를 곱하면 물에 전달되는 동력이 된다. 따라서 $P_w = \rho g Q H$이며, 수치를 대입하면 $1{,}000 \times 9.8 \times 1 \times 5 = 49{,}000$ W = 49 kW이다. 이는 **물에 실제로 전달되어야 하는 동력**이다.

입력 동력: 펌프 효율은 입력 동력 중 수동력으로 전달되는 비율이므로 $\eta = \frac{P_w}{P_{in}}$이다. 필요한 입력 동력은 **수동력을 효율로 나누어** 구하며, $P_{in} = \frac{49}{0.80} = 61.25\mathrm{kW}$이다. 손실이 있으므로 입력 동력은 수동력보다 크다.

결과: 61.25 kW를 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 61 kW이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 다음 미생물 비증식 속도식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, μ는 비증식 속도, μ_{max}는 최대 비증식 속도, K_s는 미카엘리스 상수, S는 기질 농도이다)

$$\mu = \frac{\mu_{max} \times S}{K_s + S}$$

① $1/\mu$과 $1/S$의 그래프에서 기울기 값이 μ_{max}이다.

② μ는 S가 증가함에 따라 기질 흡수 기작이 포화될 때까지 증가한다.

③ K_s는 그래프 상에서 μ가 μ_{max}의 1/2일 때의 S값이다.

④ $S \gg K_s$일 때 $\mu \simeq \mu_{max}$이다.

정답 1번

간단한 해설

세로축을 $\frac{1}{\mu}$, 가로축을 $\frac{1}{S}$로 두면 직선의 **기울기는** $\frac{K_s}{\mu_{max}}$이다. 최대 비증식 속도 μ_{max} 자체가 기울기는 아니다.

선지별 해설

① X: 주어진 식에서 양변의 역수를 취하면 $\frac{1}{\mu} = \frac{K_s}{\mu_{max}} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{\mu_{max}}$이다. 이를 직선식 $y = ax + b$와 비교하면, 세로축이 $\frac{1}{\mu}$이고 가로축이 $\frac{1}{S}$일 때 **기울기는** $\frac{K_s}{\mu_{max}}$, 세로축 절편은 $\frac{1}{\mu_{max}}$이다. 따라서 기울기가 μ_{max}라는 설명을 고쳐야 한다. 역수 변환은 기질 농도와 비증식 속도가 양수인 범위에서 적용한다.

② O: 다른 조건이 같고 $K_s > 0$이면, 기질 농도 S가 증가할수록 $\frac{S}{K_s + S}$가 커지므로 비증식 속도 μ도 증가한다. 다만 기질 농도가 높아질수록 기질 흡수 기작이 포화되어 **증가 폭이 작아지고 최대 비증식 속도에 접근**한다.

③ O: $S = K_s$를 대입하면 분모가 $2K_s$가 되어 $\mu = \frac{\mu_{max}}{2}$이다. 따라서 K_s는 **비증식 속도가 최대값의 절반일 때의 기질 농도**를 뜻한다.

④ O: $S \gg K_s$이면 분모의 K_s를 S에 비해 무시할 수 있으므로 $K_s + S \simeq S$이다. 이에 따라 $\frac{S}{K_s + S} \simeq 1$이 되어 **비증식 속도가 최대 비증식 속도에 근접**한다. 이는 근사 관계이며, 유한한 기질 농도에서 반드시 최대값과 정확히 같다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 17. 위생 매립지에 유입된 미확인 물질을 원소 분석한 결과, 질량 기준으로 탄소 40.92%, 수소 4.58%, 산소 54.50%로 구성되어 있을 경우 이 물질의 실험식은?

① CH_3O

② $C_3H_4O_3$

③ $C_2H_6O_2$

④ $C_6H_8O_6$

정답 2번

간단한 해설

각 원소의 질량을 몰질량으로 나누면 C:H:O의 몰수비는 약 1:1.334:1이다. 이를 **가장 간단한 정수비 3:4:3**으로 바꾸면 실험식은 $C_3H_4O_3$이다.

계산 과정

실험식은 물질을 구성하는 원자 수의 가장 간단한 정수비를 나타낸다. 원자 수의 비는 몰수의 비와 같으므로, 주어진 질량비를 **각 원소의 몰수비로 변환**해야 한다.

물질이 100 g 있다고 두면 탄소는 40.92 g, 수소는 4.58 g, 산소는 54.50 g이다. 전체 질량을 100 g으로 잡는 것은 질량백분율을 그대로 질량으로 사용할 수 있게 하는 계산 기준이며, 원소 간 비율은 달라지지 않는다.

각 원소의 몰질량을 C 12.01 g/mol, H 1.008 g/mol, O 16.00 g/mol로 사용한다. 몰수는 질량을 몰질량으로 나눈 값이다.
탄소: $n(C) = \frac{40.92}{12.01} \approx 3.407\text{mol}$
수소: $n(H) = \frac{4.58}{1.008} \approx 4.544\text{mol}$
산소: $n(O) = \frac{54.50}{16.00} \approx 3.406\text{mol}$

세 몰수를 가장 작은 값인 약 3.406 mol로 나누어 상대적인 비를 구한다.
$C : H : O \approx 1 : 1.334 : 1$
가운데 값은 약 $\frac{4}{3}$이므로 **세 비율 모두에 3을 곱해** 정수비 3:4:3을 얻는다. 1.334를 바로 1로 반올림하면 원소의 구성비가 달라진다.

따라서 C, H, O의 아래첨자를 각각 3, 4, 3으로 쓴 실험식은 $C_3H_4O_3$이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 18. K_{ow}(옥탄올－물 분배 계수) 100인 유기화합물 A가 물 시료 중에 50 mg/L 농도로 용해되어 있다. 이 시료 1 L에 옥탄올 100 mL를 넣고 교반하였다. 평형에 도달한 후 물에 용해되어 있는 A의 농도[mg/L]는?

① 1.45

② 2.25

③ 3.10

④ 4.55

정답 4번

간단한 해설

분배 계수 100은 평형에서 옥탄올 속 A의 농도가 물속 농도의 100배라는 뜻이다. 두 액상에 나뉜 A의 **총질량 50 mg을 보존**하여 계산하면 물속 농도는 약 **4.55 mg/L**이다.

계산 과정

1. 초기 질량과 액상 부피: 물 시료에 들어 있는 A의 총질량은 50 mg/L × 1 L = 50 mg이다. 옥탄올 100 mL는 0.100 L이다. 첨가한 옥탄올에는 처음 A가 없으며, 각 액상의 부피 변화와 A의 손실은 없다고 본다.

2. 평형 농도의 관계: 물속 농도를 C_w, 옥탄올 속 농도를 C_o라 하고, 두 농도의 단위를 모두 mg/L로 둔다. 옥탄올－물 분배 계수는 **평형에서의 옥탄올 농도/물 농도**이므로 $K_{ow} = \frac{C_o}{C_w} = 100$이다. 따라서 $C_o = 100C_w$이다.

3. 두 액상의 질량 보존: 각 액상에 들어 있는 A의 질량은 농도에 그 액상의 부피를 곱한 값이다. 평형에서 물에 남은 질량은 $C_w \cdot 1$, 옥탄올로 이동한 질량은 $100C_w \cdot 0.100$이며, 각각의 단위는 mg이다. 두 질량의 합이 초기 질량 50 mg이므로 $C_w \cdot 1 + 100C_w \cdot 0.100 = 50$이다. 이를 정리하면 $11C_w = 50$이다. 즉, 옥탄올의 부피가 물의 1/10이므로 옥탄올에 분배된 A의 **질량은 물에 남은 질량의 10배**이다.

4. 물속 농도 산출: $C_w = \frac{50}{11} \approx 4.55\text{mg/L}$이다. 물에 남은 A의 농도는 약 4.55 mg/L로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 어떤 지점에서 기계에 의한 음압레벨이 80 dB, 자동차에 의한 음압레벨이 70 dB, 바람에 의한 음압레벨이 50 dB인 경우 총음압레벨 [dB]은? (단, $\log 1.1 = 0.04, \log 2.2 = 0.34, \log 3.1 = 0.49$**이다)**

① 66.7

② 74.9

③ 80.4

④ 93.4

정답 3번

간단한 해설

음압레벨은 로그값이므로 **평균제곱음압을 합한 뒤 다시 dB로 환산**한다. 80 dB를 기준으로 각 소음의 기여분을 더하면 1.101배가 되어 총음압레벨은 약 80.4 dB이다.

계산 과정

합성 원리: 서로 독립인 소음원으로 보는 통상적인 소음 합성에서는 각 음원의 평균제곱음압을 더한다.
음압레벨은 평균제곱음압의 비에 상용로그를 취한 값이므로 **dB 수치를 직접 더하거나 산술평균하지 않는다**. 각 소음의 음압레벨을 L_i, 총음압레벨을 L이라 하면 합성식은 $L = 10\log_{10}\left(\sum_i 10^{\frac{L_i}{10}}\right)$이다.

기여분 환산: 가장 큰 80 dB를 기준으로 삼으면 기계의 기여분은 1이다. 자동차와 바람의 기여분은 음압레벨 차이를 이용해 각각 다음과 같이 구한다. 이 값들은 80 dB 소음의 평균제곱음압에 대한 상대적인 비이다.
자동차: $10^{\frac{70-80}{10}} = 0.1$
바람: $10^{\frac{50-80}{10}} = 0.001$
따라서 합성된 평균제곱음압은 기계만 있을 때의 1 + 0.1 + 0.001 = 1.101배이다.

총음압레벨 계산: **기준 레벨 80 dB에 합성으로 증가한 레벨을 더한다**.
$L = 80 + 10\log_{10}(1.101)$
주어진 로그값을 적용하기 위해 1.101을 약 1.1로 보면 증가분은 $10 \times 0.04 = 0.4$ dB이다. 따라서 총음압레벨은 약 80.4 dB로, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 20. 질소 순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 질산화 과정 중 나이트로박터는 아질산성 질소를 질산성 질소로 산화시킨다.

② 아질산염은 NADH의 촉매작용으로 질산염이 된다.

③ 탈질화 과정에서 N_2가 생성된다.

④ N_2가 질소 고정반응을 통해 암모니아를 생성한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 'NADH의 촉매작용'이 잘못된 표현이다. 아질산염을 질산염으로 산화하는 반응은 **아질산 산화환원효소(NXR)**가 촉매하며, NADH는 전자 전달에 관여하는 환원형 조효소이다.

선지별 해설

① O: 질산화는 암모니아성 질소가 아질산성 질소를 거쳐 질산성 질소로 산화되는 과정이다. 나이트로박터(Nitrobacter)는 이 중 **아질산성 질소를 질산성 질소로 산화하는 단계**를 담당하며, 이 과정에서 에너지를 얻는다.

② X: NADH는 전자를 전달하는 환원형 조효소로, 아질산염의 산화를 직접 촉매하는 효소가 아니다. 아질산염이 질산염으로 산화되는 반응은 **아질산 산화환원효소(NXR)가 촉매**한다. 따라서 'NADH의 촉매작용으로'를 '아질산 산화환원효소의 촉매작용으로'로 고쳐야 한다.

③ O: 탈질화는 질산염이나 아질산염이 환원되어 기체상 질소로 전환되는 과정이다. 산소가 부족한 조건에서 탈질 미생물이 질산염 등을 전자수용체로 이용하며, **탈질이 끝까지 진행되면 질소 기체(N_2)**가 생성되어 대기로 돌아간다.

④ O: 질소 고정은 대기 중의 질소 기체(N_2)를 생물이 이용할 수 있는 질소 화합물로 전환하는 과정이다. 생물학적 질소 고정에서는 질소고정효소인 나이트로게네이스가 에너지와 전자를 이용하여 **N_2를 암모니아로 환원**한다. 이는 질산염 등을 N_2로 바꾸는 탈질화와 전환 방향이 다르다.

NoteBase