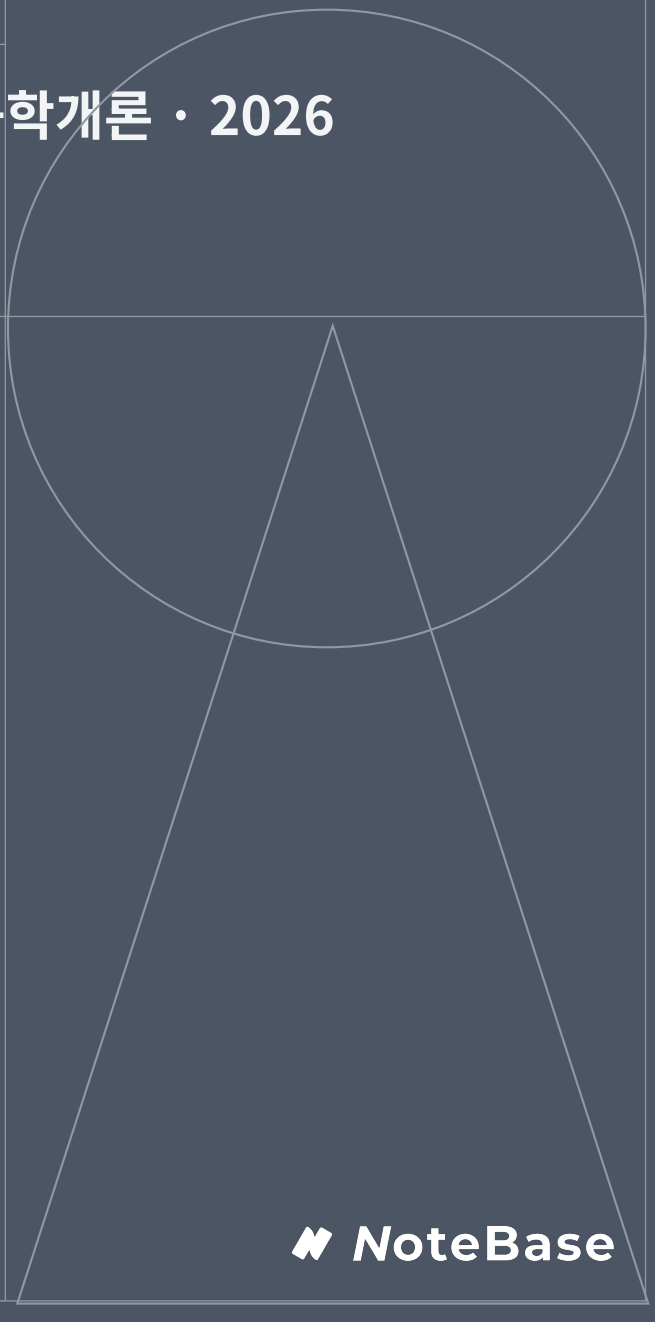
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2026

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2026

문 1. 물속에서 용존산소의 변화로 옳지 않은 것은?

① 유기물이 많아지면 용존산소량은 감소한다.

② 수온이 높을수록 용존산소량은 감소한다.

③ 수중 호기성 미생물이 증가할수록 용존산소량은 증가한다.

④ 용존산소 농도가 낮을수록 산소 전달률은 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

호기성 미생물은 호흡과 유기물 분해 과정에서 **물속의 산소를 소비**한다. 따라서 이들의 활동이 증가하면 용존산소량은 증가하는 것이 아니라 감소한다.

선지별 해설

① O: 미생물이 분해할 수 있는 유기물이 많아지면 이를 호기적으로 분해하는 데 필요한 **산소 요구량이 증가**한다. 산소 공급 등 다른 조건이 같다면 산소 소비가 늘어나 용존산소량이 감소한다.

② O: 기압과 염분 등 다른 조건이 같을 때 수온이 높을수록 **산소의 용해도가 낮아진다**. 따라서 물에 녹아 있을 수 있는 산소의 포화농도가 낮아져 용존산소량이 감소하는 경향이 있다.

③ X: 호기성 미생물은 산소를 이용해 호흡하며 유기물을 분해한다. 이들의 수와 활동이 증가하면 **산소 소비가 증가**하므로, 산소 공급 등 다른 조건이 같다면 용존산소량은 감소한다. 선지의 '증가한다'는 '감소한다'로 고쳐야 한다.

④ O: 물속 산소 농도가 포화농도보다 낮을 때 공기 중 산소가 물로 전달된다. 다른 전달 조건이 같다면 **포화농도와 실제 용존산소 농도의 차이**가 클수록 산소 전달률이 커진다. 따라서 실제 용존산소 농도가 낮을수록 이 차이가 커져 산소가 더 빠르게 공급된다.

NoteBase

문 2. 비교적 농도가 낮은 부유액에서 입자들끼리 충돌하고 합체하는 침전현상은?

① 독립침전(제1형 침전)

② 응집침전(제2형 침전)

③ 지역침전(제3형 침전)

④ 압축침전(제4형 침전)

정답 2번

간단한 해설

농도가 낮은 부유액에서 입자들이 **충돌·합체하며 침전**하는 것은 응집침전(제2형 침전)의 특징이다.

공통 해설

응집침전(제2형 침전)은 비교적 농도가 낮은 부유액에서 입자들이 침전하는 동안 서로 충돌하여 더 큰 입자로 뭉치는 현상이다. 입자가 합체하면서 크기가 커지므로 침전 과정에서 입자의 침강속도도 달라진다.

침전 유형을 구분할 때는 농도뿐 아니라 **침전 중 입자의 응집 여부**를 함께 보아야 한다. 농도가 낮더라도 입자가 크기를 유지하며 각각 가라앉는 독립침전과 달리, 이 문제에서는 입자들이 충돌하고 합체한다고 했으므로 응집침전에 해당한다.

NoteBase

문 3. 발생 음원이 움직일 때 진동수의 변화가 생겨서 그 진행 방향 쪽에서는 원래 발생 음원의 음보다 고음으로, 진행 방향 반대쪽에서는 저음으로 되는 현상은?

① 도플러 효과

② 마스킹 효과

③ 맥놀이 효과

④ 회절 현상

정답 1번

간단한 해설

음원이 다가오는 쪽에서는 관측 진동수가 높아지고, 멀어지는 쪽에서는 낮아지는 현상을 **도플러 효과**라고 한다.

공통 해설

도플러 효과는 음원과 관측자의 상대 운동 때문에 관측되는 소리의 진동수가 음원이 내는 진동수와 달라지는 현상이다. 소리의 진동수가 높으면 고음으로, 낮으면 저음으로 들린다.

정지한 관측자를 기준으로 음원이 이동하면, 진행 방향 앞쪽에서는 연속해서 발생한 파면 사이의 간격이 좁아진다. 따라서 파면이 더 짧은 시간 간격으로 도달하여 **관측 진동수가 높아진다**. 반대로 뒤쪽에서는 파면 사이의 간격이 넓어져 파면이 더 긴 시간 간격으로 도달하므로 **관측 진동수가 낮아진다**. 문제의 진행 방향 쪽 고음과 반대쪽 저음은 이러한 도플러 효과를 설명한다. 음원 자체의 진동수가 바뀌는 것이 아니라, 관측자에게 파동이 도달하는 시간 간격이 달라지는 것이다.

NoteBase

문 4. 다음 중 지구온난화지수(global warming potential, GWP)가 가장 큰 온실가스는?

① CO_2

② SF_6

③ CH_4

④ N_2O

정답 2번

간단한 해설

육불화황은 **열을 흡수하는 능력이 크고 대기 중에 오래 남아**, 같은 질량을 배출했을 때 일정 기간에 미치는 온난화 효과가 제시된 기체 중 가장 크다.

선지별 해설

지구온난화지수(GWP)는 온실가스를 같은 질량만큼 배출했을 때 일정 기간에 걸친 누적 온난화 효과를 이산화탄소와 비교한 값이다. 이산화탄소를 1로 두며, 보통 100년 기준을 사용한다. 구체적인 수치는 평가보고서에 따라 달라지므로, 아래는 IPCC 제4차 평가보고서의 100년 기준으로 비교한다.

① 이산화탄소 CO_2: GWP는 **기준값인 1**이다. 다른 온실가스의 단위 질량당 온난화 효과를 비교하는 기준이 된다.

② 육불화황 SF_6: GWP는 22,800이다. 열을 흡수하는 능력이 크고 대기 중에 오래 남으므로, **같은 질량의 이산화탄소보다 누적 온난화 효과가 매우 크다**. 제시된 기체 가운데 가장 높은 값이다.

③ 메테인 CH_4: GWP는 25이다. 같은 질량의 이산화탄소보다 온난화 효과가 크지만, 육불화황의 22,800보다 훨씬 작다.

④ 아산화질소 N_2O: GWP는 298이다. 메테인보다 크지만 육불화황보다 작으므로, 제시된 기체 중 최댓값은 아니다.

같은 100년 기준에서 GWP는 $SF_6 > N_2O > CH_4 > CO_2$ 순으로 크므로, 가장 큰 기체는 ②의 육불화황이다.

NoteBase

문 5. 공장폐수의 BOD를 측정하였을 때 초기 DO는 9.2 mg/L이고, 20 °C에서 5일간 보관 후 측정한 DO는 3.2 mg/L이었다. 이 폐수를 BOD 제거율이 90%인 활성슬러지 시설에서 처리하였을 경우 방류수의 BOD[mg/L]는? (단, BOD의 희석배율은 50배이며, 희석배율 = 희석수의 부피 + 폐수 시료의 부피폐수 시료의 부피이다)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 3번

간단한 해설

희석 시료의 DO 감소량 6.0 mg/L에 **희석배율 50배**를 곱하면 처리 전 BOD는 300 mg/L이다. 제거율이 90%이므로 방류수에는 그중 **10%가 남아** BOD가 30 mg/L가 된다.

계산 과정

1. DO 소비량: DO는 물에 녹아 있는 산소의 농도이다. 20 °C에서 5일 동안 소비된 산소량으로 5일 BOD를 구하므로, 초기 DO에서 5일 후 DO를 뺀다. 희석 시료의 DO 감소량은 9.2 − 3.2 = 6.0 mg/L이다.

2. 처리 전 BOD: BOD는 미생물이 유기물을 분해하면서 요구하는 산소량을 나타낸다. 측정한 DO 감소량은 **50배로 희석한 시료 기준**이므로, 원래 폐수의 BOD를 구하려면 희석배율을 곱한다. 처리 전 BOD는 6.0 × 50 = 300 mg/L이다.

3. 방류수 BOD: 제거율 90%는 처리 전 BOD의 90%가 제거된다는 뜻이므로, **남는 비율은 10%**이다. 방류수 BOD는 300 × (1 − 0.90) = 30 mg/L이다.

방류수의 BOD는 30 mg/L이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 해수에 대한 일반적인 설명으로 옳지 않은 것은?

① 해수의 밀도는 약 1.02 ~ 1.07 g/cm^3이며, 수심이 깊어질수록 증가한다.

② 해수 내 질소는 NH_4^+, NO_2^- 및 NO_3^- 등의 형태로 존재한다.

③ 해수의 주요 화학적 성분은 Na^+, Cl^-, SO_4^{2-} 등이다.

④ 해수의 pH는 7 미만으로 약산성이다.

정답 4번

간단한 해설

해수는 일반적으로 pH가 약 8.1인 **약알칼리성**이다. 따라서 'pH가 7 미만으로 약산성'이라는 설명을 'pH가 7보다 크며 약알칼리성'으로 고쳐야 한다.

선지별 해설

① O: 해수의 밀도는 수온·염분·압력에 따라 달라지며, 심해의 압력 효과까지 포함하면 약 1.02~1.07 g/cm^3 범위로 설명할 수 있다. 수심이 깊어질수록 수압이 커져 해수가 **압축되므로 밀도가 증가**한다. 일반적으로 수온이 낮거나 염분이 높을 때도 밀도가 커진다.

② O: 해수에는 암모늄 이온 NH_4^+, 아질산 이온 NO_2^-, 질산 이온 NO_3^- 등의 형태로 질소가 존재한다. 이들은 물에 녹아 있는 **무기질소**의 형태이며, 미생물에 의한 질소 전환과 해양생물의 영양염 흡수 과정에 관여한다.

③ O: 해수의 염류는 물에 녹아 이온으로 존재한다. 그중 나트륨 이온 Na^+과 염화 이온 Cl^-이 큰 비중을 차지하며, 황산 이온 SO_4^{2-}도 주요 용존 성분에 속한다.

④ X: 일반적인 해수는 pH가 약 8.1로, **7보다 큰 약알칼리성**이다. 해수에 들어 있는 탄산수소 이온과 탄산 이온은 유입된 산을 중화하여 pH의 급격한 변화를 완화한다. 따라서 'pH는 7 미만으로 약산성'이라는 표현은 'pH는 7보다 크며 약알칼리성'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 7. 굴뚝 배기가스의 일산화탄소 농도가 100 ppm(부피/부피)일 때, 일산화탄소의 농도[mg/m^3]는? (단, 0 ℃, 1기압인 표준상태이며, 모든 기체는 이상기체 상태이다)

① 125

② 150

③ 175

④ 200

정답 1번

간단한 해설

부피 기준 ppm을 질량 농도로 바꾸려면 **표준상태의 몰부피 22.4 L/mol**과 일산화탄소의 몰질량 28 g/mol을 이용한다. 배기가스 1 m^{3}에 포함된 일산화탄소의 질량은 125 mg이므로 농도는 125 mg/m^{3}이다.

계산 과정

부피 환산: 100 ppm(부피/부피)은 배기가스 전체 부피에 대한 일산화탄소 부피의 비가 $\frac{100}{10^6}$이라는 뜻이다. 배기가스 1 m^3 = 1,000 L를 기준으로 잡으면, 포함된 일산화탄소의 부피는 $1{,}000 \times \frac{100}{10^6} = 0.1\text{L}$이다.

물질량 환산: **0 ℃, 1기압의 이상기체**는 1 mol당 약 22.4 L를 차지한다. 따라서 일산화탄소 0.1 L의 물질량은 $n = \frac{0.1}{22.4}$mol이다. 이는 배기가스 1 m^{3}에 들어 있는 일산화탄소의 몰수이다.

질량 농도 계산: 일산화탄소 CO의 몰질량은 12 + 16 = 28 g/mol이다. 물질량에 몰질량을 곱하면 일산화탄소의 질량은 $m = \frac{0.1}{22.4} \times 28 = 0.125\text{g}$, 즉 125 mg이다. 배기가스 1 m^{3}를 기준으로 계산했으므로 농도는 125 mg/m^{3}이며, ①의 125와 일치한다.

NoteBase

문 8. 「대기환경보전법 시행규칙」상 시·도지사가 설치하는 대기오염측정망의 종류만을 모두 고르면?

ㄱ. 도시대기측정망
ㄴ. 도로변대기측정망
ㄷ. 대기중금속측정망
ㄹ. 미세먼지성분측정망
ㅁ. 광화학대기오염물질측정망
ㅂ. 대기오염집중측정망

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ, ㅁ
③ ㄴ, ㄷ, ㅂ
④ ㄹ, ㅁ, ㅂ

정답 1번

ㄱ

도시대기측정망은 **시·도지사가 설치**하며, 도시지역의 대기오염물질 농도를 측정한다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
② 법 제3조제2항에 따라 특별시장 · 광역시장 · 특별자치시장 · 도지사 또는 특별자치도지사(이하 "시 · 도지사"라 한다)가 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2013.5.24>
1. 도시지역의 대기오염물질 농도를 측정하기 위한 도시대기측정망

ㄴ

도로변대기측정망은 **시·도지사가 설치**하며, 도로변의 대기오염물질 농도를 측정한다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
② 법 제3조제2항에 따라 특별시장 · 광역시장 · 특별자치시장 · 도지사 또는 특별자치도지사(이하 "시 · 도지사"라 한다)가 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2013.5.24>
2. 도로변의 대기오염물질 농도를 측정하기 위한 도로변대기측정망

NoteBase

ㄷ

대기중금속측정망은 **시·도지사가 설치**하며, 대기 중의 중금속 농도를 측정한다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
② 법 제3조제2항에 따라 특별시장 · 광역시장 · 특별자치시장 · 도지사 또는 특별자치도지사(이하 "시 · 도지사"라 한다)가 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2013.5.24>
3. 대기 중의 중금속 농도를 측정하기 위한 대기중금속측정망

ㄹ

미세먼지성분측정망의 설치 주체는 **수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 한국환경공단**이다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
① 법 제3조제1항에 따라 수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 「한국환경공단법」에 따른 한국환경공단(이하 "한국환경공단"이라 한다)이 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2009.7.14, 2010.12.31, 2011.8.19, 2013.5.24, 2014.2.6, 2016.6.2, 2019.2.13>
8. 초미세먼지(PM-2.5)의 성분 및 농도를 측정하기 위한 미세먼지성분측정망

ㅁ

광화학대기오염물질측정망의 설치 주체는 **수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 한국환경공단**이다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
① 법 제3조제1항에 따라 수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 「한국환경공단법」에 따른 한국환경공단(이하 "한국환경공단"이라 한다)이 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2009.7.14, 2010.12.31, 2011.8.19, 2013.5.24, 2014.2.6, 2016.6.2, 2019.2.13>
4. 도시지역의 휘발성유기화합물 등의 농도를 측정하기 위한 광화학대기오염물질측정망

ㅂ

대기오염집중측정망의 설치 주체는 **수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 한국환경공단**이다.

대기환경보전법 시행규칙 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고 등)
① 법 제3조제1항에 따라 수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 「한국환경공단법」에 따른 한국환경공단(이하 "한국환경공단"이라 한다)이 설치하는 대기오염 측정망의 종류는 다음 각 호와 같다. <개정 2009.7.14, 2010.12.31, 2011.8.19, 2013.5.24, 2014.2.6, 2016.6.2, 2019.2.13>
7. 장거리이동대기오염물질의 성분을 집중 측정하기 위한 대기오염집중측정망

NoteBase

문 9. 고정오염원에서 연소제어법을 통하여 화염지역에서 질소산화물(NO_x) 생성을 억제하는 방안으로 옳지 않은 것은?

① 배출된 배출가스의 재순환을 감소시킨다.

② 최고온도를 감소시킨다.

③ 가스의 체류시간을 감소시킨다.

④ 산소 농도를 감소시킨다.

정답 1번

간단한 해설

배출가스 재순환은 연소 영역에 배출가스 일부를 되돌려 보내 화염온도와 산소 농도를 낮추는 방법이다. 질소산화물 생성을 억제하려면 재순환을 감소시키는 것이 아니라 **배출가스 재순환을 증가**시키는 방향으로 제어한다.

선지별 해설

고온의 화염에서 공기 중 질소가 산화되어 생기는 질소산화물을 '열적 질소산화물'이라고 한다. 이 생성 과정은 화염온도, 산소 농도, 고온 영역에서의 체류시간에 영향을 받는다.

① X: 배출가스 재순환은 배출가스 일부를 연소 영역으로 되돌려 보내는 방법이다. 재순환된 가스가 연소열의 일부를 흡수하고 연소공기를 희석하여 최고 화염온도와 산소 농도를 낮춘다. 따라서 질소산화물 생성 억제에는 재순환을 감소시키는 것이 아니라 **재순환을 증가시키는 방향**이 적절하다.

② O: 열적 질소산화물은 고온에서 생성이 급격히 활발해진다. 따라서 화염의 **최고온도를 낮추면** 공기 중 질소가 산화되는 반응을 억제할 수 있다.

③ O: 여기서 체류시간은 가스가 **질소산화물이 잘 생성되는 고온 영역에 머무는 시간**을 뜻한다. 이 시간을 줄이면 질소와 산소가 고온에서 반응할 시간이 짧아져 열적 질소산화물 생성량이 감소한다.

④ O: 화염 영역의 **산소 농도를 낮추면** 질소가 산화될 수 있는 조건이 약해져 질소산화물 생성을 억제할 수 있다. 이는 연소 영역의 산소 공급을 조절하는 것으로, 연소에 필요한 산소를 완전히 없앤다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 10. 토양환경보전법령상 토양오염물질로 규정하고 있지 않은 물질은?

① 구리
② 불소화합물
③ 질산성질소
④ 유기인화합물

정답 3번

①
토양오염물질은 **구리와 그 화합물 모두를 포함**한다.

토양환경보전법 시행규칙 [별표 1] 토양오염물질(제1조의2관련)
2. 구리 및 그 화합물

②
토양오염물질의 지정 목록에는 **불소화합물이 포함**된다.

토양환경보전법 시행규칙 [별표 1] 토양오염물질(제1조의2관련)
9. 불소화합물

③
토양오염물질의 지정 목록에 **질산성질소는 포함되어 있지 않다**.

토양환경보전법 시행규칙 [별표 1] 토양오염물질(제1조의2관련)
■ 토양환경보전법 시행규칙 [별표 1] <개정 2025. 10. 1.> 토양오염물질(제1조의2관련) 1. 카드뮴 및 그 화합물 2. 구리 및 그 화합물 3. 비소 및 그 화합물 4. 수은 및 그 화합물 5. 납 및 그 화합물 6. 6가크롬화합물 7. 아연 및 그 화합물 8. 니켈 및 그 화합물 9. 불소화합물 10. 유기인화합물 11. 폴리클로리네이티드비페닐 12. 시안화합물 13. 페놀류 14. 벤젠 15. 톨루엔 16. 에틸벤젠 17. 크실렌 18. 석유계총탄화수소 19. 트리클로로에틸렌 20. 테트라클로로에틸렌 21. 벤조(a)피렌 22. 1,2-디클로로에탄 23. 다이옥신(퓨란을 포함한다) 24. 그 밖에 위 물질과 유사한 토양오염물질로서 토양오염의 방지를 위하여 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되어 기후에너지환경부장관이 고시하는 물질

NoteBase

④

토양오염물질의 지정 목록에는 **유기인화합물이 포함**된다.

토양환경보전법 시행규칙

■ 토양환경보전법 시행규칙 [별표 1] <개정 2025. 10. 1.>

토양오염물질(제1조의2관련)

10. 유기인화합물

문 11. 지름이 200 mm인 도수관에 40 L/sec의 유량으로 물을 수송한다면, 유속 [m/sec]은? (단, π는 3.14로 가정하고, 유속은 소수점 셋째 자리에서 반올림한다)

① 0.64

② 0.95

③ 1.27

④ 1.59

정답 3번

간단한 해설

유속은 **유량을 관의 단면적으로 나눈 값**이다. 지름 0.20 m인 관의 단면적은 0.0314 m^2이므로, 유량 0.040 m^3/s에 해당하는 유속은 약 1.27 m/s이다.

계산 과정

유량 Q는 단위 시간에 관의 단면을 통과하는 물의 부피이고, 평균 유속 v와 단면적 A 사이에는 $Q = Av$가 성립한다. 유속을 m/s로 구하려면 **유량과 지름의 단위를 m 기준으로 통일**한다. 1 L = 0.001 m^3이므로 Q = 40 L/s = 0.040 m^3/s이고, 지름 D = 200 mm = 0.20 m이다.

관의 단면은 원이므로 지름 D를 이용한 단면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4}$이다. 주어진 π = 3.14를 적용하면 $A = \frac{3.14 \cdot (0.20)^2}{4} = 0.0314 m^2$이다. 이는 물이 흐르는 관의 단면 넓이이다.

유량을 단면적으로 나누면 평균 유속을 얻는다. $v = \frac{Q}{A} = \frac{0.040}{0.0314} \approx 1.2739 m/s$이다. 소수점 셋째 자리 숫자가 3이므로, 지시대로 반올림하면 유속은 1.27 m/s이다.

계산한 유속 1.27 m/s는 ③의 1.27에 해당한다.

NoteBase

문 12. 고준위 방사성 폐기물에 해당하지 않는 것은?

① 사용이 끝난 핵연료에서 분리된 핵분열생성물의 농축 폐액

② 산업체, 병원, 연구기관 등에서 발생한 폐기물

③ 연료피복관의 폐재가 주가 되는 것

④ Pu, Am, Cm 등의 원소를 다량 포함하는 폐기물

정답 2번

간단한 해설

산업체·병원·연구기관에서 방사성동위원소를 이용한 뒤 발생하는 일반적인 폐기물은 **중·저준위 방사성폐기물**에 해당한다. 다만 폐피복관이나 초우라늄 원소 함유 폐기물을 모두 고준위로 보는 것은 엄밀한 분류 기준과 구별해야 한다.

NoteBase

개념 구분

방사성폐기물의 준위는 발생 장소나 재료 이름만으로 결정되지 않는다. 실제 분류에서는 **방사성핵종의 종류·농도와 열발생률** 등을 고려한다.

① 핵분열생성물의 농축 폐액: 사용후핵연료를 재처리하여 우라늄과 플루토늄 등을 회수한 뒤 남는 폐액에는 핵분열생성물이 고농도로 들어 있다. 방사능 농도가 높고 방사성붕괴로 열이 발생하는 대표적인 고준위 방사성폐기물이다.

② 산업체·병원·연구기관 등의 폐기물: 방사성동위원소 이용 과정에서 발생하는 오염된 장갑·실험용품 등의 일반적인 폐기물은 **중·저준위 방사성폐기물**에 해당한다. 다만 이들 기관에서 발생했다는 사실만으로 모든 폐기물의 준위가 같아지는 것은 아니다.

③ 연료피복관의 폐재: 피복관은 핵연료를 감싸는 금속관이다. 사용후핵연료에서 분리된 폐피복관에는 잔류 핵연료나 핵분열생성물이 있을 수 있지만, **잔류물이 있다는 사실만으로 고준위가 되지는 않는다**. 폐피복관은 방사능 농도와 열발생 특성 등에 따라 중준위로 분류될 수도 있다. 공식 채점에서는 ③을 제외 대상으로 선택하지 않았으나, 제시된 문구만으로 고준위 분류를 확정할 근거는 부족하다.

④ Pu·Am·Cm 등을 다량 포함하는 폐기물: Pu는 플루토늄, Am은 아메리슘, Cm은 퀴륨으로, 우라늄보다 원자번호가 큰 초우라늄 원소이다. 이들 방사성핵종을 포함한 폐기물은 장기간 격리가 필요할 수 있다. 공식 채점에서는 이를 고준위 사례로 취급하지만, **원소 이름과 '다량'이라는 표현만으로 실제 준위가 확정되지는 않는다**. 구체적인 핵종과 농도, 열발생률 등의 정보가 필요하다.

이 문항은 일반적인 방사성동위원소 이용 폐기물을 고준위 폐기물과 구별하여 ②를 선택하도록 채점한다. 다만 ③·④까지 반드시 고준위라고 단정할 수 있는 조건은 제시되어 있지 않으므로, 공식 정답과 엄밀한 준위 분류의 한계를 구별해야 한다.

NoteBase

문 13. 다음 폐기물 처리기술 중 중간처리 단계가 아닌 것은?

① 소각

② 매립

③ 퇴비화

④ 압축·파쇄

정답 2번

간단한 해설

매립은 폐기물이나 처리 잔재물을 매립시설에 처분하는 **최종처리**이다. 중간처리는 그 전에 폐기물의 부피를 줄이거나 성상을 바꾸어 재활용 또는 최종처리를 쉽게 하는 단계이다.

선지별 해설

중간처리는 폐기물을 물리적·화학적·생물학적으로 변화시켜 감량·안정화하거나 재활용 및 최종처리에 적합하게 만드는 단계이다.

① O: 소각은 가연성 폐기물을 태워 유기물을 분해하고 **부피와 질량을 줄이는** 열적 중간처리이다. 소각 후에도 재 등 잔재물이 남으므로 이를 별도로 재활용하거나 최종처리해야 한다.

② X: 매립은 폐기물이나 중간처리 후 남은 잔재물을 매립시설에 처분하는 **최종처리**이다. 폐기물의 감량이나 성상 변화를 통해 다음 처리를 준비하는 중간처리와 구별된다.

③ O: 퇴비화는 산소가 있는 조건에서 미생물이 유기성 폐기물을 분해하여 **안정된 퇴비로 전환**하는 생물학적 중간처리이다. 유기물을 안정화하고 자원으로 활용할 수 있게 한다.

④ O: 압축·파쇄는 폐기물의 물리적 형태를 바꾸는 중간처리이다. 압축은 눌러서 **부피를 줄이고**, 파쇄는 잘게 부수어 **입자 크기를 줄인다**. 이로써 운반·저장이나 후속 처리를 쉽게 하며, 두 방법 자체가 폐기물의 질량을 없애는 것은 아니다.

NoteBase

문 14. 생물학적 반응조 내부에 주입된 기질 C의 분해는 1차 반응식을 따른다고 한다. 시간(t)에 따른 $[C]_t$를 표현한 식은? (단, $[C]_0$ = 초기농도, k = 반응속도상수이다)

① $[C]_t = [C]_0 + e^{-kt}$

② $[C]_t = [C]_0 \times (-kt)$

③ $[C]_t = [C]_0 - e^{-kt}$

④ $[C]_t = [C]_0 \times e^{-kt}$

정답 4번

간단한 해설

1차 분해 반응은 **분해속도가 남아 있는 기질 농도에 비례**하므로 농도가 지수적으로 감소한다. 따라서 시간에 따른 농도는 $[C]_t = [C]_0 e^{-kt}$로 표현된다.

핵심 풀이

1차 분해 반응에서 농도의 감소속도는 그때의 기질 농도에 비례하므로 $\frac{d[C]}{dt} = -k[C]$이다. 분해에 따라 농도가 줄어들기 때문에 음의 부호가 붙으며, 분해 반응의 속도상수 k는 양수이다.

k가 일정할 때 초기조건 $[C]_{t=0} = [C]_0$을 적용하여 적분하면 $\ln \frac{[C]_t}{[C]_0} = -kt$가 된다. 양변에 지수함수를 적용하면 $[C]_t = [C]_0 e^{-kt}$를 얻는다. 즉, **초기농도에 시간에 따른 잔존 비율**인 e^{-kt}를 곱한 식이다.

초기조건으로도 식을 구별할 수 있다. $t = 0$이면 $e^{-kt} = 1$이므로 농도는 초기농도와 같아야 한다. ①·③처럼 지수항을 더하거나 빼면 초기농도에서 벗어나고, ②는 초기농도를 0으로 만든다. ④의 식은 초기농도를 유지하면서 시간이 지날수록 농도가 감소한다.

NoteBase

문 15. 유해폐기물의 고형화 처리 방법에 해당하지 않는 것은?

① 피막형성법

② 시멘트 기초법

③ 용매추출법

④ 열가소성 플라스틱법

정답 3번

간단한 해설

용매추출법은 유해성분을 용매에 녹여 폐기물에서 **분리하는 방법**이다. 폐기물을 굳히거나 피막으로 감싸 유해성분의 이동·용출을 억제하는 고형화 처리와 구별된다.

선지별 해설

① O: 피막형성법은 폐기물의 표면을 불투수성 재료로 감싸는 방법이다. **물과의 접촉을 차단**하여 유해성분이 물에 녹아 빠져나오는 용출을 억제하므로 고형화 처리에 포함된다.

② O: 시멘트 기초법은 폐기물을 시멘트와 혼합한 뒤 시멘트의 수화·경화 작용으로 굳히는 방법이다. 형성된 **고체 조직 안에 유해성분을 가두어** 이동과 용출을 줄인다.

③ X: 용매추출법은 유해성분이 용매에 녹는 성질을 이용하여 폐기물에서 해당 성분을 분리하는 방법이다. 폐기물을 고체 조직에 고정하거나 피막으로 감싸는 것이 아니므로, 고형화 처리가 아니라 **분리·추출 처리**에 해당한다.

④ O: 열가소성 플라스틱법은 가열하여 연화·용융시킨 열가소성 재료에 폐기물을 혼합한 뒤 **냉각하여 굳히는 방법**이다. 아스팔트나 폴리에틸렌 등의 재료 속에 폐기물을 가두어 물과의 접촉 및 유해성분의 용출을 줄인다.

NoteBase

문 16. 다음 특성을 가지는 흡음재의 종류는?

◯ 음에너지가 열에너지로 전환된다.
◯ 고음역에서 흡음성이 좋다.
◯ 암면(rock wool), 유리솜(glass wool), 폴리우레탄 등이 있다.

① 다공질 흡음재
② 공명형 흡음재
③ 판상 흡음재
④ 판 진동형 흡음재

정답 1번

간단한 해설

암면·유리솜·다공질 폴리우레탄은 내부의 작은 빈틈으로 들어온 소리의 에너지를 열로 소모하는 **다공질 흡음재**이다. 일반적으로 고음역에서 흡음성이 좋은 특성도 이에 해당한다.

공통 해설

다공질 흡음재는 내부에 공기가 드나들 수 있는 미세한 기공이 많은 재료이다. 소리가 기공 안으로 들어오면 공기가 진동하면서 기공 벽과의 점성 마찰 및 열교환에 의해 음에너지의 일부가 열에너지로 전환된다. 따라서 흡음의 핵심은 **기공 내부에서 일어나는 에너지 손실**이다.

암면과 유리솜은 섬유 사이에 빈틈이 많고, 흡음용 다공질 폴리우레탄도 기공을 통해 소리를 받아들인다. 이러한 재료는 일반적으로 고음역에서 흡음성이 좋으므로 제시된 세 특성은 다공질 흡음재를 가리킨다. 음에너지가 열로 바뀐다는 사실만으로 유형을 구별하기보다는, 기공이 많은 재료의 예시와 고음역 흡음 특성을 함께 보아야 한다. 공명이나 판의 진동을 주된 흡음 기구로 이용하는 유형과 구별되는 기준도 이 기공 내부의 손실이다.

NoteBase

문 17. 원심력집진기(cyclone)의 집진효율을 증가시키는 요인으로 옳지 않은 것은?

① 유입되는 입자의 크기가 증가한다.

② 유입되는 입자의 밀도가 증가한다.

③ 유입되는 가스의 속도가 증가한다.

④ 원심력집진기의 원통 직경이 증가한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '원통 직경이 증가한다'는 집진효율을 높이는 요인이 아니다. 다른 조건이 같으면 원통 직경이 **작을수록** 회전 반경이 줄어 원심분리가 잘 이루어진다.

선지별 해설

원심력집진기는 입자가 포함된 가스를 회전시켜 입자를 원통 벽 쪽으로 분리하고, 분리된 입자를 아래로 모으는 장치이다. 각 요인의 영향은 다른 조건이 같을 때를 기준으로 판단한다.

① O: 같은 밀도에서 입자가 커지면 가스의 흐름을 따라 방향을 바꾸기 어려워지는 **관성 효과가 커진다**. 따라서 작은 입자보다 원통 벽 쪽으로 분리되기 쉬워 집진효율이 증가한다.

② O: 같은 크기의 입자라도 밀도가 높으면 질량이 커져 **관성이 커진다**. 가스의 회전 흐름에서 벽 쪽으로 분리되기 쉬우므로 집진효율이 증가한다.

③ O: 일반적인 운전 범위에서는 유입 가스의 속도가 증가하면 내부의 **회전 속도와 원심분리 효과가 커져** 입자가 벽 쪽으로 더 잘 이동한다. 따라서 집진효율이 증가한다.

④ X: 다른 조건이 같을 때 원통 직경이 커지면 회전 반경이 커져 같은 접선 속도에서 원심가속도가 작아진다. 입자를 벽 쪽으로 분리하는 효과가 약해지므로 집진효율은 낮아진다. 집진효율을 높이는 방향은 원통 직경의 **증가가 아니라 감소**이다.

NoteBase

문 18. 염소의 살균 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 모노클로라민(NH_2Cl)과 디클로라민($NHCl_2$)은 살균력을 가지고 있으며, 잔류염소 측정 대상이 된다.

② pH가 작을수록 살균력이 강하다.

③ 살균력은 $HOCl > OCl^-$이다.

④ 클로라민의 살균력이 $HOCl$보다 강하다.

정답 4번

간단한 해설

클로라민은 차아염소산($HOCl$)보다 **살균력이 약하다**. 따라서 같은 수준의 살균 효과를 얻으려면 일반적으로 더 높은 농도나 더 긴 접촉시간이 필요하다.

선지별 해설

① O: 모노클로라민(NH_2Cl)과 디클로라민($NHCl_2$)은 염소가 암모니아와 반응하여 생성되는 물질로, 살균력을 가진다. 이들은 **결합잔류염소**에 해당하므로 잔류염소 측정 대상에 포함된다.

② O: 일반적인 수처리 조건에서 다른 조건이 같으면, pH가 낮을수록 유리잔류염소 중 **살균력이 강한 차아염소산의 비율이 높아진다**. 반대로 pH가 높아지면 살균력이 상대적으로 약한 차아염소산 이온의 비율이 높아져 살균 효과가 낮아진다.

③ O: 차아염소산($HOCl$)은 해리되지 않은 형태이고, 차아염소산 이온(OCl^-)은 해리된 형태이다. 두 형태의 살균력은 같지 않으며, 같은 농도와 접촉시간에서 **차아염소산의 살균력이 더 강하다**. 따라서 유리잔류염소의 총농도가 같아도 두 형태의 구성 비율에 따라 살균 효과가 달라진다.

④ X: 클로라민은 살균력이 있지만 **차아염소산보다 살균력이 약하다**. 따라서 '클로라민의 살균력이 차아염소산보다 강하다'를 '클로라민의 살균력이 차아염소산보다 약하다'로 고쳐야 한다. 같은 수준으로 미생물을 불활성화하려면 일반적으로 차아염소산을 사용할 때보다 더 높은 농도나 더 긴 접촉시간이 필요하다.

NoteBase

문 19. 물의 경도(hardness)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수중에 존재하는 탄산염과 중탄산염에 의한 알칼리도에 대하여 화학적으로 동등한 경도 성분을 탄산경도라고 한다.

② 경도를 유발하는 주된 물질은 Ca^{2+}과 Mg^{2+}이다.

③ 세탁이나 보일러의 스케일과 관계있다.

④ 비탄산 경도는 일시경도이다.

정답 4번

간단한 해설

비탄산 경도는 일반적인 끓임으로 제거되지 않는 **영구경도**이다. 끓일 때 침전이 생겨 제거될 수 있는 탄산 경도를 **일시경도**라고 한다.

선지별 해설

① O: 탄산 경도는 총경도 중 **탄산염·중탄산염에 의한 알칼리도와 화학적으로 동등한 부분**이다. 경도와 알칼리도를 같은 탄산칼슘 환산 기준으로 나타내어 비교하며, 탄산 경도는 총경도를 넘을 수 없다.

② O: 경도를 유발하는 주된 성분은 **칼슘 이온과 마그네슘 이온**인 Ca^{2+}과 Mg^{2+}이다. 경도는 물에 들어 있는 이러한 다가 금속 이온의 양을 나타낸다.

③ O: 경도 성분은 비누와 반응하여 **물에 잘 녹지 않는 침전**을 만들므로 비누 소모량을 늘리고 세탁 효과를 떨어뜨린다. 또한 보일러에서는 탄산칼슘 등의 침전물이 가열면에 스케일로 쌓여 열전달을 방해한다.

④ X: 비탄산 경도는 주로 황산염·염화물 등과 대응하는 경도로, 일반적인 끓임으로 제거되지 않는 **영구경도**이다. 일시경도는 탄산 경도를 가리키며, 중탄산염 성분이 가열될 때 분해되어 탄산칼슘 등의 침전이 생기면 경도가 감소한다. 따라서 '비탄산 경도는 일시경도'를 '비탄산 경도는 영구경도'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 20. 다이옥신에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물에 대한 용해도가 매우 낮다.

② 1개 또는 2개의 산소 원자와 1~8개의 염소 원자가 결합된 2개의 벤젠고리를 포함한다.

③ PCDD의 이성질체는 135개, PCDF의 이성질체는 75개이다.

④ 2,3,7,8-TCDD의 독성이 가장 강하다.

정답 3번

간단한 해설

③은 PCDD와 PCDF의 종류 수를 서로 바꾸어 제시했다. 염소의 수와 결합 위치에 따라 구분하면 **PCDD는 75종, PCDF는 135종**이다.

선지별 해설

① O: 다이옥신은 **물에 잘 녹지 않는 지용성 물질**이다. 물보다는 토양·퇴적물의 유기물이나 생물의 지방 조직에 분포하기 쉬워 생물체에 축적될 수 있다.

② O: 여기서 다이옥신류는 PCDD와 PCDF를 포함한다. 두 벤젠고리를 연결하는 구조에서 **PCDD는 산소 원자 2개**를, **PCDF는 산소 원자 1개와 탄소–탄소 결합**을 갖는다. 벤젠고리의 수소가 염소로 치환되며, 결합하는 염소 원자 수는 1~8개이다.

③ X: 염소 원자의 수와 결합 위치에 따라 구분되는 종류는 **PCDD 75종, PCDF 135종**이다. 선지의 'PCDD 135개, PCDF 75개'는 두 물질군의 수를 서로 바꾼 것이므로 바로잡아야 한다.

④ O: **2,3,7,8-TCDD는 다이옥신류 중 독성이 가장 강한 물질**로, 다른 다이옥신류의 상대적 독성을 평가하는 기준 물질이다. 독성등가계수(TEF)에서 이 물질의 값을 1로 두고 다른 물질의 독성을 비교한다.

NoteBase