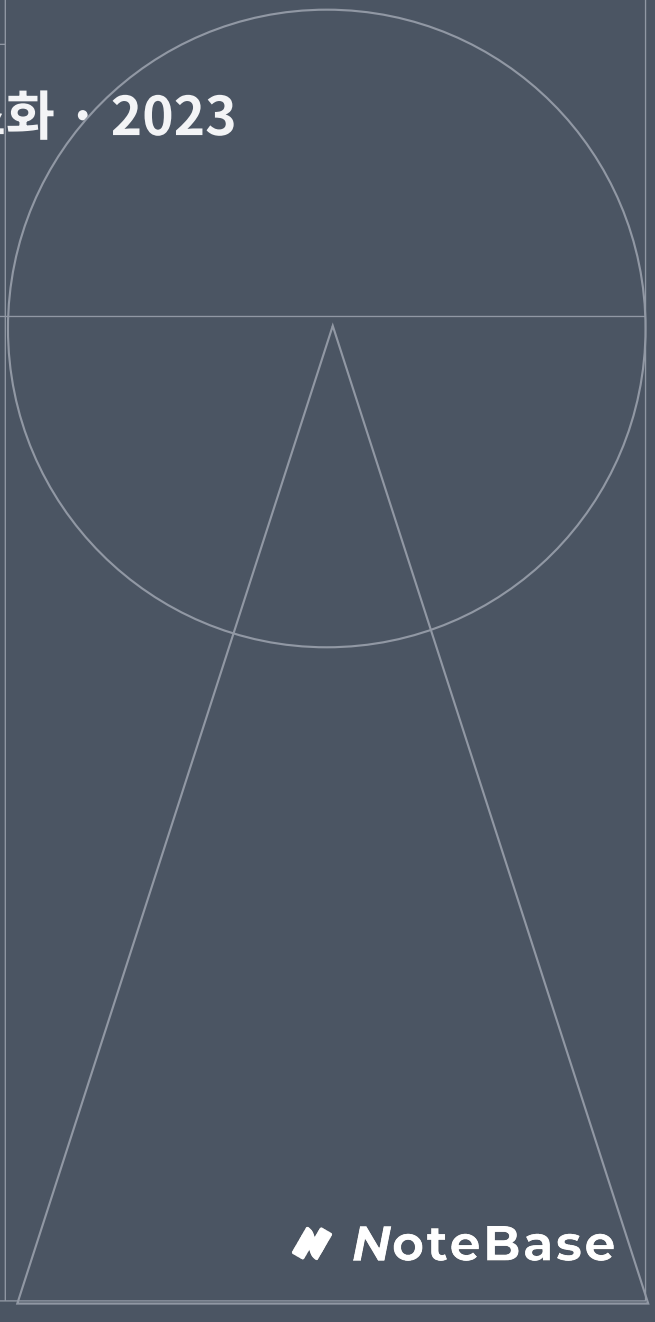
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 공기조화 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 공기조화 · 2023

공무원/군무원/9급 · 공기조화 · 2023

1. 베르누이(Bernoulli)의 정리를 가장 올바르게 설명한 것은?
   ① 유체가 갖고 있는 운동에너지는 흐름 내 어디에서나 일정하다.
   ② 유체가 갖고 있는 운동에너지와 압력에너지의 총합은 흐름 내 어디에서나 일정하다.
   ③ 유체가 갖고 있는 운동에너지, 중력에 의한 위치에너지의 총합은 흐름 내 어디에서나 일정하다.
   ④ 유체가 갖고 있는 운동에너지, 중력에 의한 위치에너지 및 압력에너지의 총합은 흐름 내 어디에서나 일정하다.

정답 4번

출제 포인트

베르누이 정리를 구성하는 운동에너지, 중력에 의한 위치에너지, 압력에너지의 세 항을 모두 구별하는 문제이다.

핵심 개념

베르누이 정리는 정상·비압축성·비점성 흐름에서 같은 유선을 따라 유체의 압력에너지, 운동에너지, 중력에 의한 위치에너지의 합이 일정하게 유지된다는 에너지 보존 관계이다. 수두 형태로는 다음과 같이 나타낸다.

$\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{constant}$

여기서 $p/(\rho g)$는 압력수두, $v^2/(2g)$는 속도수두, z는 위치수두이다. 한 항이 변하면 다른 항들이 함께 변하여 세 항의 합이 보존된다.

NoteBase

선지별 해설

① X — '운동에너지는 흐름 내 어디에서나 일정하다'는 부분이 틀리다. 유속이 달라지면 운동에너지도 달라진다. 올바르게는 운동에너지 단독이 아니라 압력에너지와 중력에 의한 위치에너지를 더한 총합이 같은 유선을 따라 일정하다.

② X — 운동에너지와 압력에너지의 합만 일정하다고 하여 중력에 의한 위치에너지를 빠뜨린 것이 틀리다. 올바르게는 운동에너지, 압력에너지, 중력에 의한 위치에너지의 합이 일정하다.

③ X — 운동에너지와 중력에 의한 위치에너지의 합만 일정하다고 하여 압력에너지를 빠뜨린 것이 틀리다. 올바르게는 이 두 에너지에 압력에너지까지 더한 합이 일정하다.

④ O — 베르누이 정리는 운동에너지, 중력에 의한 위치에너지 및 압력에너지의 총합이 보존된다는 내용이다. 엄밀히는 정상·비압축성·비점성 흐름에서 같은 유선을 따라 성립하므로 세 에너지 항을 모두 제시한 ④가 가장 올바르다.

오답 포인트

①은 한 에너지 항만, ②와 ③은 두 에너지 항만 제시하여 나머지 항을 누락했다. '각 에너지가 각각 일정하다'가 아니라 '세 에너지의 합이 일정하다'는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

베르누이 정리의 선지에서는 압력, 속도, 높이에 대응하는 압력에너지·운동에너지·위치에너지가 모두 포함되었는지 확인한다. 일부 항만 일정하다고 하면 틀리고, 세 항의 합이 일정하다고 하면 옳다.

암기 포인트

베르누이의 세 항은 압력·속도·높이이며, 각각이 아니라 세 항의 합이 보존된다.

NoteBase

2. 어떤 실내의 취득열량 중 현열과 잠열이 각각 5000W, 1250W이다. 실내 조건을 온도 25℃, 습도 50%로 유지하기 위해서 취출온도 10℃로 송풍하고자 한다. 이때 현열비는?
① 0.5
② 0.6
③ 0.7
④ 0.8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 실내의 현열과 잠열을 이용해 현열비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 현열 $Q_s = 5000W$, 잠열 $Q_l = 1250W$이다.
구해야 할 값: 현열비 SHR이다.
주의할 조건: 현열비는 전체 열량 중 현열이 차지하는 비율이다. 실내 온도·습도와 취출온도는 이 계산에 직접 사용하지 않는다.

사용할 공식

$SHR = \frac{Q_s}{Q_s + Q_l}$
이 공식을 쓰는 이유: 전체 취득열량은 현열과 잠열의 합이고, 현열비는 그 전체 열량에 대한 현열의 비율이기 때문이다.

계산 과정

1. 전체 취득열량은 $5000 + 1250 = 6250W$이다.
2. 현열비를 계산하면 다음과 같다.
$SHR = \frac{5000}{6250} = 0.8$
3. 계산 결과 0.8이므로 ④가 정답이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.5는 계산 결과 0.8과 일치하지 않는다. '현열비는 0.5이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '현열비는 0.8이다'이다.
② X — 0.6은 계산 결과 0.8과 일치하지 않는다. '현열비는 0.6이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '현열비는 0.8이다'이다.
③ X — 0.7은 계산 결과 0.8과 일치하지 않는다. '현열비는 0.7이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '현열비는 0.8이다'이다.
④ O — 현열을 전체 열량으로 나눈 값이 5000/6250 = 0.8이므로 옳다.

오답 포인트

잠열 1250W를 분모로 사용하거나 현열과 잠열의 비를 그대로 구하면 안 된다. 분모는 전체 열량인 $Q_s + Q_l$이며, 온도 25 $^\circ C$·10 $^\circ C$와 습도 50%는 이 문항에서 현열비를 구하기 위한 직접 계산값이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

현열과 잠열이 주어지면 먼저 둘을 더해 전체 열량을 구하고, 현열을 전체 열량으로 나눈 뒤 값이 0과 1 사이인지 검산한다.

암기 포인트

현열비는 '현열 ÷ (현열 + 잠열)'이다. 즉, $SHR = Q_s/(Q_s + Q_l)$이다.

NoteBase

3. 상당온도차(ETD, Equivalent Temperature Difference)에 대한 설명 중 가장 올바른 것은?
① 냉방부하 계산에 있어서 벽체를 통한 취득열량을 계산할 때 사용한다.
② 난방부하 계산에 있어서 벽체를 통한 손실열량을 계산할 때 사용한다.
③ 벽체 외부에 흐르는 공기의 속도에 따른 열전달량을 고려한 온도차이다.
④ 주로 외기에 접하고 있지 않은 칸막이벽, 천장, 바닥 등으로부터 열전달량을 구하는 데 사용한다.

정답 1번

출제 포인트

상당온도차(ETD)가 냉방부하 계산에서 외벽이나 지붕을 통한 취득열량을 구하는 데 쓰이는 개념임을 묻는 문제이다.

핵심 개념

상당온도차(ETD)는 외기온도와 일사, 벽체의 축열 및 시간 지연 효과를 하나의 가상 온도차로 환산한 값이다. 냉방부하 계산에서 외벽·지붕을 통한 취득열량은 일반적으로 $q = KAETD$의 형태로 구한다. 여기서 K는 열관류율, A는 면적이다.

선지별 해설

① O — ETD는 냉방부하 계산에서 외벽·지붕을 통한 취득열량을 산정할 때 사용하는 가상 온도차이므로 옳다.

② X — 틀린 표현은 '난방부하'와 '손실열량'이다. ETD는 주로 냉방부하에서 일사와 벽체 축열의 영향을 반영한 취득열량을 구할 때 사용한다.

③ X — 틀린 표현은 '벽체 외부에 흐르는 공기의 속도에 따른 열전달량'이다. ETD는 외기온도, 일사 및 벽체의 축열·시간 지연 효과를 고려해 환산한 온도차이다.

④ X — 틀린 표현은 '주로 외기에 접하고 있지 않은 칸막이벽, 천장, 바닥'이다. ETD는 주로 외기에 접하는 외벽과 지붕을 통한 냉방 취득열량 계산에 사용하며, 비공조 인접 공간과의 칸막이벽·천장·바닥은 해당 공간과의 실제 또는 보정 온도차를 적용한다.

NoteBase

오답 포인트

②의 '난방 손실열량'과 ④의 '외기에 접하지 않는 부위'가 핵심 함정이다. ETD는 일사와 축열의 영향을 받는 외피의 냉방 취득열량에 연결되는 개념이다.

다시 나오면 이렇게 판단

ETD가 나오면 '냉방부하—외기에 접하는 외벽·지붕—일사와 축열을 반영한 취득열량'의 연결 관계를 확인한다. 난방 열손실, 외기 풍속, 내부 칸막이가 중심이면 ETD의 설명이 아니다.

암기 포인트

ETD는 외벽·지붕의 냉방 취득열량을 위한 상당온도차이다.

NoteBase

4. 보일러의 정격출력을 가장 올바르게 표시한 것은?
① 난방부하 + 급탕부하
② 난방부하 + 급탕부하 + 배관손실
③ 상용출력 + 예열부하
④ 난방부하 + 급탕부하 + 예열부하

정답 3번

출제 포인트

보일러의 정격출력을 상용출력과 예열부하의 관계로 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

상용출력은 정상 운전 중 필요한 출력으로, 난방부하·급탕부하·배관손실을 합한 값이다.
정격출력은 보일러가 갖추어야 할 전체 출력으로, 상용출력에 운전 시작 시 건물과 설비를 데우는 데 필요한 예열부하를 더한 값이다.
즉, 상용출력=난방부하+급탕부하+배관손실이고, 정격출력=상용출력+예열부하이다.

선지별 해설

① X
난방부하와 급탕부하만 합하면 배관손실과 예열부하가 빠지므로 정격출력이 아니다. 틀린 부분은 두 부하만으로 정격출력을 나타낸 점이며, 올바르게는 난방부하+급탕부하+배관손실+예열부하이다.

② X
난방부하+급탕부하+배관손실은 정상 운전 중 필요한 상용출력에 해당하며, 정격출력에 포함되는 예열부하가 빠져 있다. 올바르게는 난방부하+급탕부하+배관손실+예열부하이다.

③ O
정격출력은 정상 운전에 필요한 상용출력에 기동·예열을 위한 예열부하를 더한 값이므로 옳다.

④ X
난방부하+급탕부하+예열부하에는 배관에서 발생하는 열손실이 반영되지 않았다. 틀린 부분은 배관손실을 누락한 점이며, 올바르게는 난방부하+급탕부하+배관손실+예열부하이다.

NoteBase

오답 포인트

②의 식은 그럴듯하지만 정격출력이 아니라 상용출력이다. 또한 ④처럼 예열부하를 포함했더라도 배관손실을 빠뜨리면 정격출력이 되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 난방부하+급탕부하+배관손실을 상용출력으로 묶고, 정격출력을 묻는 경우 여기에 예열부하를 더한다.

암기 포인트

상용출력은 난방·급탕·배관손실, 정격출력은 상용출력에 예열부하를 더한 값이다.

NoteBase

5. 심야전력을 이용하여 냉동기를 가동 후 주간 난방에 이용하는 빙축열 시스템의 일반적인 구성장치로 가장 올바른 것은?
① 펌프, 보일러, 냉동기, 증기축열조
② 축열조, 열교환기, 냉동기, 냉각탑
③ 열교환기, 증기트랩, 냉동기, 냉각탑
④ 냉동기, 축열기, 브라인 펌프, 에어프리히터

정답 2번

출제 포인트

빙축열 시스템에서 냉열의 생산·저장·전달·방열을 담당하는 일반적인 구성장치를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

빙축열 시스템은 심야전력으로 냉동기를 운전하여 얼음의 형태로 냉열을 저장하고, 주간에 저장된 냉열을 공조에 이용하는 시스템이다.
축열조는 얼음을 만들어 냉열을 저장하고, 열교환기는 축열 측과 공조 측 사이에서 열을 전달한다. 냉동기는 냉열을 생산하며, 수냉식 냉동기 계통의 냉각탑은 응축기에서 발생한 열을 외부로 방출한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
펌프는 순환을 위한 보조 장치가 될 수 있으나, 보일러와 증기축열조는 증기·난방 계통의 장치이므로 빙축열 시스템의 일반적인 핵심 구성 조합이 아니다. 틀린 구성은 '펌프, 보일러, 냉동기, 증기축열조'이며, 올바르게는 '축열조, 열교환기, 냉동기, 냉각탑'이다.

② O
축열조는 냉열을 저장하고, 열교환기는 냉열을 공조 계통에 전달하며, 냉동기는 냉열을 생산하고, 냉각탑은 응축열을 외부로 방출한다. 빙축열 시스템의 일반적인 구성에 해당한다.

③ X
증기트랩은 증기 배관에서 응축수를 배출하는 장치로서 빙축열 시스템의 냉열 저장 장치가 아니다. 틀린 표현은 '증기트랩'이며, 올바르게는 냉열을 저장하는 '축열조'가 들어가 '축열조, 열교환기, 냉동기, 냉각탑'이 된다.

④ X
냉동기와 브라인 펌프는 빙축열 계통에 사용될 수 있지만, 에어프리히터는 빙축열의 일반적인 핵심 구성장치가 아니며 이 조합에는 열교환기와 냉각탑도 빠져 있다. 틀린 구성은 '냉동기, 축열기, 브라인 펌프, 에어프리히터'이며, 올바르게는 '축열조, 열교환기, 냉동기, 냉각탑'이다.

오답 포인트

①의 '펌프'와 ④의 '브라인 펌프'처럼 실제 계통에 들어갈 수 있는 보조 장치가 포함되어 있어 그 선지를 고르기 쉽다. 그러나 문제는 개별 장치의 사용 가능성이 아니라 냉열의 저장·전달·생산·방열 기능을 모두 갖춘 일반적인 구성 조합을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 장치를 저장·전달·생산·방열의 네 기능에 대응시킨다. 축열조·열교환기·냉동기·냉각탑이 이 네 기능을 빠짐없이 담당하는 조합이다.

암기 포인트

빙축열의 기본 구성은 '축열조-열교환기-냉동기-냉각탑'이다.

NoteBase

6. 다음 중 공기의 건구온도와 습구온도에 대한 설명으로 가장 거리가 먼 것은?
① 온도계의 감열부가 건조된 상태에서 측정한 온도를 건구온도라 한다.
② 온도계의 감열부를 천으로 싸고 모세관 현상으로 물을 빨아올려 감열부가 젖게 한 뒤 측정한 온도를 습구온도라 한다.
③ 습구온도는 공기가 건조할수록 더 내려간다.
④ 습구온도는 공기의 이동속도가 빠를수록 더 올라간다.

정답 4번

출제 포인트

건구온도와 습구온도의 측정 원리, 그리고 공기의 건조도와 이동속도가 습구온도에 미치는 영향을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

건구온도는 감열부를 건조한 상태로 두어 측정한 공기의 온도이다.
습구온도는 감열부를 젖은 천으로 감싸고 물이 증발할 때 생기는 냉각 효과가 반영된 온도이다.
공기가 건조하거나 감열부를 지나는 공기의 속도가 빨라지면 물의 증발이 활발해져 습구온도는 낮아지며, 충분한 통풍 상태에서는 일정한 값에 도달한다.

선지별 해설

① O — 온도계의 감열부가 마른 상태에서 측정한 공기의 온도를 건구온도라고 한다.
② O — 감열부를 젖은 천으로 감싸고, 천이 모세관 현상으로 물을 계속 공급받게 하여 측정한 온도가 습구온도이다.
③ O — 공기가 건조할수록 젖은 천의 물이 더 잘 증발하여 감열부의 냉각이 커지므로 습구온도는 더 낮아진다.
④ X — 틀린 표현은 '공기의 이동속도가 빠를수록 더 올라간다'이다. 실제로는 공기의 이동속도가 빨라지면 증발이 촉진되어 습구온도가 내려가며, 충분한 풍속에서는 안정된 습구온도를 나타낸다.

오답 포인트

④에서 빠른 공기가 온도계를 데운다고 생각하기 쉽지만, 습구온도계에서는 풍속 증가가 젖은 천의 증발을 촉진한다는 점이 핵심이다. 증발이 활발할수록 감열부에서 더 많은 열을 빼앗아 온도는 올라가는 것이 아니라 내려간다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

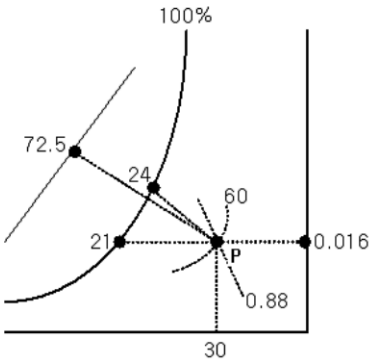
습구온도 관련 선지는 증발이 잘되는 조건인지를 먼저 판단한다. 공기가 건조하거나 이동속도가 빨라 증발이 촉진되면 증발냉각이 커지고 습구온도는 낮아진다.

암기 포인트

건구는 마른 감열부의 온도, 습구는 젖은 감열부의 증발냉각 온도이다. 건조하고 바람이 빠를수록 습구온도는 낮아진다.

NoteBase

7. 다음과 같은 습공기선도에서 P점 공기에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?



① P점 공기가 있는 실내 유리창 표면온도가 24℃가 되면 유리창 표면에 이슬이 맺히기 시작한다.
② P점 공기는 건공기 1kg에 수증기 0.016kg을 포함하고 있다.
③ P점 공기의 포화도는 0.88이다.
④ P점 공기가 보유하고 있는 현열량은 72.5 kJ/kg이다.

정답 2번

출제 포인트

습공기선도에서 P점의 건구온도, 습구온도, 노점온도, 상대습도, 절대습도(습기비), 비체적, 엔탈피를 각 선의 방향과 눈금으로 구분하는 문제이다. P점에서 오른쪽 수평으로 읽은 0.016은 건공기 1 kg당 수증기 질량을 나타내는 절대습도이다.

선지별 해설

① X — 24°C는 P점의 습구온도이고, 결로가 시작되는 온도는 P점에서 수평으로 포화곡선까지 이동해 읽는 노점온도 21°C이다. 틀린 표현 '24°C가 되면'은 '21°C가 되면'으로 고쳐야 한다.
② O — P점에서 수평으로 오른쪽의 절대습도 눈금을 읽으면 0.016$kg/kg(DA)$이다. 이는 건공기 1kg에 수증기 0.016kg이 포함되어 있다는 뜻이다.
③ X — P점의 0.88은 포화도가 아니라 비체적 0.88$m^3/kg(DA)$을 나타낸다. P점을 지나는 상대습도 곡선의 값은 60%이므로, 틀린 표현 '포화도는 0.88'은 '비체적은 0.88$m^3/kg(DA)$이고 상대습도는 60%'로 고쳐야 한다.
④ X — 72.5는 P점 공기의 현열량이 아니라 엔탈피를 나타내는 값으로, 단위는 $kJ/kg(DA)$이다. 틀린 표현 '현열량은 72.5'는 '엔탈피는 약 72.5$kJ/kg(DA)$'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

선도에 적힌 숫자를 그대로 읽는 것보다 그 숫자가 어떤 상태량인지 구분하는 것이 핵심이다. 24℃를 노점온도로 오인하거나, 0.88을 포화도로 오인하거나, 72.5를 현열량으로 오인하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

P점에서 수직 아래는 건구온도, 수평 왼쪽의 포화곡선 교점은 노점온도, 수평 오른쪽은 절대습도이다. P점을 지나는 곡선은 상대습도이고, 사선과 별도 눈금은 습구온도·엔탈피·비체적 가운데 어느 물리량인지 확인한다.

암기 포인트

습공기선도에서 '오른쪽 수평 눈금 = 건공기 1 kg당 수증기량', 즉 절대습도이다.

NoteBase

8. 건구온도 $t_1 = 25℃$, 상대습도 $\phi_1 = 50\%$인 실내환기량 8000kg/h와 건구온도 $t_2 = 10℃$, 상대습도 $\phi_2 = 30\%$인 외기량 2000kg/h의 공기를 단열혼합했을 때 혼합온도로 가장 적절한 것은?

① 15.0℃
② 17.5℃
③ 22.0℃
④ 24.5℃

정답 3번

출제 포인트

서로 다른 온도의 두 공기를 단열 혼합할 때 현열수지를 이용하여 혼합공기의 건구온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

실내환기량: $G_1 = 8000kg/h, t_1 = 25^\circ C$
외기량: $G_2 = 2000kg/h, t_2 = 10^\circ C$
구해야 할 값: 단열 혼합 후 건구온도 t_m
두 공기의 유량비는 8000 : 2000 = 4 : 1이다. 상대습도는 혼합공기의 습도 상태를 구할 때 필요하지만, 이 문항에서 일정한 비열을 전제로 건구온도만 구하는 현열수지에는 직접 대입하지 않는다.

사용할 공식

단열 혼합에서는 외부와의 열교환이 없으므로 두 공기의 현열수지가 성립한다.
$G_1 c_p(t_1 - t_m) = G_2 c_p(t_m - t_2)$
양쪽의 공기 비열 c_p가 같으므로 약분하면 다음의 유량가중평균식이 된다.
$t_m = \frac{G_1 t_1 + G_2 t_2}{G_1 + G_2}$

계산 과정

주어진 유량과 온도를 대입한다.
$t_m = \frac{8000 \times 25 + 2000 \times 10}{8000 + 2000}$
$t_m = \frac{220000}{10000} = 22.0^\circ C$
따라서 혼합온도는 $22.0^\circ C$이다. 유량이 더 큰 $25^\circ C$ 공기의 영향이 크므로 결과가 두 온도의 단순평균인 $17.5^\circ C$보다 $25^\circ C$에 더 가깝다는 점도 검산 근거가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — 15.0°C는 계산 결과와 다르다. 올바른 혼합온도는 22.0°C이다.
② X — 17.5°C는 두 온도 25°C와 10°C를 유량 차이를 무시하고 단순평균한 값이다. 올바르게는 유량가중평균을 적용하여 22.0°C가 된다.
③ O — 유량가중평균으로 계산한 혼합온도 22.0°C와 일치한다.
④ X — 24.5°C는 계산 결과와 다르며 외기의 혼합 영향을 지나치게 작게 반영한 값이다. 올바른 혼합온도는 22.0°C이다.

오답 포인트

②의 17.5°C는 두 온도의 산술평균을 택하게 하는 함정이다. 두 공기의 유량이 8000과 2000kg/h로 다르므로 반드시 유량을 가중치로 사용해야 한다. 상대습도 수치는 건구온도만 묻는 이 계산에서 핵심 변수가 아니라는 점도 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 혼합의 건구온도 문제에서는 먼저 각 공기의 유량과 온도를 짝지은 뒤 유량가중평균을 계산한다. 계산값이 두 원래 온도 사이에 있고, 유량이 큰 공기의 온도에 더 가까운지 확인하면 된다.

암기 포인트

단열 혼합온도는 유량가중평균이며, 혼합점은 유량이 큰 공기의 상태에 더 가깝다.

NoteBase

9. 장변의 길이가 500mm이고 단변의 길이가 200mm인 장방형 덕트 내로 풍속 5m/s로 공기가 통과하는 경우 송풍공기량[m^3/min]으로 가장 적절한 것은?

① $0.5m^3/min$

② $30m^3/min$

③ $50m^3/min$

④ $1800m^3/min$

정답 2번

출제 포인트

직사각형 덕트의 단면적과 풍속을 이용하여 체적 유량을 구하고, 초 단위를 분 단위로 환산하는 문제이다.

조건 정리

장변: $500mm = 0.5m$

단변: $200mm = 0.2m$

풍속: $5m/s$

구해야 할 값: 송풍공기량 m^3/min

주의할 조건: 단면 치수는 m로, 초당 풍량은 분당 풍량으로 환산한다.

사용할 공식

체적 유량은 단면적과 평균 풍속의 곱이므로 다음 공식을 사용한다.

$Q = Av$

직사각형 덕트의 단면적은 $A = ab$이므로 $Q = abv$이다.

계산 과정

1. 단면적을 구한다.

$A = 0.5m \times 0.2m = 0.1m^2$

2. 초당 체적 유량을 구한다.

$Q = 0.1m^2 \times 5m/s = 0.5m^3/s$

3. $1min = 60s$이므로 분당 풍량으로 환산한다.

$0.5m^3/s \times 60s/min = 30m^3/min$

NoteBase

선지 판단

① X — $0.5m^3/min$은 초당 계산값 $0.5m^3/s$의 시간 단위를 환산하지 않은 값이다. $0.5m^3/min$가 아니라 $30m^3/min$이다.
② O — 계산 결과가 $30m^3/min$이므로 옳다.
③ X — $50m^3/min$은 단면적과 풍속을 올바르게 곱하고 시간 단위를 환산한 결과와 일치하지 않는다. $50m^3/min$가 아니라 $30m^3/min$이다.
④ X — $1800m^3/min$은 이미 분당 값으로 환산한 $30m^3/min$에 60을 다시 곱한 값이다. $1800m^3/min$가 아니라 $30m^3/min$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 단위 환산이다. 덕트 치수 $500mm$, $200mm$를 각각 $0.5m$, $0.2m$로 바꾸어야 하며, Av로 얻은 $0.5m^3/s$에 60을 한 번만 곱해 m^3/min으로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

덕트 풍량 문제는 단면 치수를 m로 통일하고, 단면적 A를 구한 뒤 $Q = Av$를 적용하며, 마지막에 요구된 시간 단위로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

덕트 체적 유량은 $Q = Av$이며, m^3/s를 m^3/min으로 바꿀 때는 60을 곱한다.

NoteBase

10. 원형덕트 내를 흐르는 공기의 마찰에 의해 발생하는 압력손실에 관한 설명으로 옳은 것은?
① 공기의 비중량에 반비례한다.
② 공기 풍속의 제곱에 반비례한다.
③ 덕트 직경에 반비례한다.
④ 덕트 길이에 반비례한다.

정답 3번

출제 포인트

원형 덕트의 마찰 압력손실식을 이용해 압력손실과 공기의 비중량, 풍속, 덕트 직경 및 길이의 비례관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

원형 덕트 내부에서 공기가 흐를 때 생기는 마찰 압력손실을 다룬다. 다른 조건과 마찰계수는 일정하다고 보고 각 물리량의 영향만 비교한다.

사용할 공식

덕트의 마찰 압력손실은 다음과 같이 나타낸다.

$\Delta P_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{\gamma v^2}{2g}$

여기서 λ는 마찰계수, L은 덕트 길이, D는 덕트 직경, γ는 공기의 비중량, v는 풍속, g는 중력가속도이다. 이 식은 원형 덕트의 관 마찰에 따른 압력손실을 나타내므로 사용한다.

계산 과정

공식에서 비례관계만 추리면 $\Delta P_f \propto \gamma L v^2 / D$이다. 따라서 압력손실은 공기의 비중량과 덕트 길이에 정비례하고, 풍속의 제곱에 정비례하며, 덕트 직경에 반비례한다.

선지 판단

① X — '공기의 비중량에 반비례한다'가 틀렸다. 공식의 분자에 비중량 γ가 있으므로, 올바르게는 공기의 비중량에 정비례한다.
② X — '공기 풍속의 제곱에 반비례한다'가 틀렸다. 풍속 v의 제곱이 공식의 분자에 있으므로, 올바르게는 풍속의 제곱에 정비례한다.
③ O — 덕트 직경 D가 공식의 분모에 있으므로 압력손실은 덕트 직경에 반비례한다.
④ X — '덕트 길이에 반비례한다'가 틀렸다. 덕트 길이 L이 공식의 분자에 있으므로, 올바르게는 덕트 길이에 정비례한다.

NoteBase

오답 포인트

③의 직경만 분모에 있다는 점이 핵심이다. 비중량, 덕트 길이, 풍속의 제곱은 모두 분자에 있으므로 이들을 반비례한다고 바꾸어 놓은 ①, ②, ④는 틀린 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

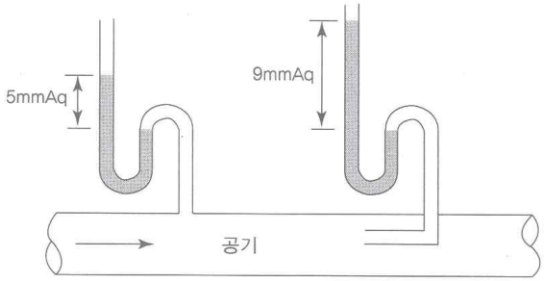
마찰 압력손실식을 쓴 뒤 분자에 있는 γ, L, v^2는 정비례, 분모에 있는 D는 반비례로 판단한다.

암기 포인트

덕트 마찰손실의 비례관계는 $\Delta P_f \propto \gamma L v^2 / D$이다. 길고 빠를수록 손실이 커지고, 직경이 클수록 손실이 작아진다.

NoteBase

11. 다음 그림과 같이 원형 덕트에 마노메타를 설치하여 압력을 측정한 경우 덕트 동압의 크기로 가장 적절한 것은?



① 4mmAq
② 5mmAq
③ 9mmAq
④ 14mmAq

정답 1번

출제 포인트

정압과 전압의 마노미터 지시값을 구분하고, 전압에서 정압을 빼서 동압을 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽 정압 측정값: 5mmAq
오른쪽 피토관의 전압 측정값: 9mmAq
구해야 할 값: 덕트의 동압

사용할 공식

전압은 정압과 동압의 합이므로 다음 관계를 사용한다.
$P_t = P_s + P_v$
따라서 동압은 다음과 같다.
$P_v = P_t - P_s$
피토관은 유동을 정면으로 받아 전압을 측정하고, 덕트 벽의 정압 탭은 정압을 측정하므로 두 지시값의 차가 동압이 된다.

계산 과정

$P_v = 9 - 5 = 4\text{mmAq}$
따라서 덕트의 동압은 4mmAq이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 4mmAq는 전압 9mmAq에서 정압 5mmAq를 뺀 동압이므로 맞다.
② X — 5mmAq는 왼쪽 마노미터가 측정한 정압이지 동압이 아니다. 올바르게는 덕트의 동압은 4mmAq이다.
③ X — 9mmAq는 오른쪽 피토관이 측정한 전압이지 동압이 아니다. 올바르게는 덕트의 동압은 4mmAq이다.
④ X — 14mmAq는 두 지시값을 더한 값으로, 동압 계산 관계에 맞지 않는다. 올바르게는 전압에서 정압을 빼 4mmAq로 계산한다.

오답 포인트

그림의 두 수치를 단순히 더하거나, 5mmAq와 9mmAq 중 하나를 곧바로 동압으로 고르면 틀린다. 핵심은 정압 탭의 값과 피토관의 전압 값을 구분하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

덕트 벽의 정압 탭은 정압, 유동을 정면으로 받는 피토관은 전압으로 판별한 뒤, 항상 '동압 = 전압 - 정압'의 순서로 계산한다.

암기 포인트

전압은 정압과 동압의 합이다. 즉, $P_t = P_s + P_v$, $P_v = P_t - P_s$이다.

NoteBase

12. 증기보일러의 실제 증발량이 200kg/h이고, 발생 증기의 엔탈피는 2768kJ/kg, 보일러에 보급되는 급수의 엔탈피는 268kJ/kg이다. 이 보일러의 환산증발량(상당증발량)으로 가장 적절한 것은? (단, 100℃ 물의 증발 잠열량은 2257kJ/kg이다.)
① 약 110kg/h
② 약 163kg/h
③ 약 220kg/h
④ 약 245kg/h

정답 3번

출제 포인트

실제 증발량에 증발계수를 곱하여 환산증발량(상당증발량)을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 실제 증발량은 $200kg/h$, 발생 증기의 엔탈피는 $2768kJ/kg$, 급수의 엔탈피는 $268kJ/kg$, $100^\circ C$ 물의 증발잠열은 $2257kJ/kg$이다.
구해야 할 값: 환산증발량 G_e이다.
주의할 조건: 보일러에서 증기 $1kg$을 만드는 데 실제로 공급된 열량은 발생 증기와 급수의 엔탈피 차이이다.

사용할 공식

$G_e = G \times \frac{h_s - h_f}{r_{100}}$
여기서 G는 실제 증발량, h_s는 발생 증기의 엔탈피, h_f는 급수의 엔탈피, r_{100}은 $100^\circ C$ 물의 증발잠열이다.
실제 증발 과정에서 증기 $1kg$당 받은 열량을 표준 증발잠열로 환산해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 증기 $1kg$당 실제 공급열량을 구한다.
$h_s - h_f = 2768 - 268 = 2500kJ/kg$
2. 증발계수를 구한다.
$\frac{2500}{2257} \approx 1.108$
3. 실제 증발량에 증발계수를 곱한다.
$G_e = 200 \times \frac{2500}{2257} \approx 221.5kg/h$
따라서 환산증발량은 약 $220kg/h$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 약 110kg/h는 계산값 221.5kg/h와 일치하지 않는다. 올바르게는 약 220kg/h이다.
② X — 약 163kg/h는 엔탈피 차이 2500kJ/kg을 표준 증발잠열로 환산한 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 약 220kg/h이다.
③ O — 계산 결과가 약 221.5kg/h이므로 보기의 약 220kg/h와 일치한다.
④ X — 약 245kg/h는 계산값 221.5kg/h보다 크다. 올바르게는 약 220kg/h이다.

오답 포인트

발생 증기의 엔탈피 2768kJ/kg을 그대로 사용하면 안 된다. 급수가 이미 가진 엔탈피 268kJ/kg을 빼서 실제 공급열량 2500kJ/kg을 먼저 구해야 한다. 또한 실제 증발량과 환산증발량을 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 증기 엔탈피에서 급수 엔탈피를 빼고, 그 값을 100 $^\circ C$ 물의 증발잠열로 나누어 증발계수를 구한 뒤, 실제 증발량에 곱한다. 마지막으로 단위가 kg/h인지 확인한다.

암기 포인트

환산증발량 = 실제 증발량 × 증발계수이며, 증발계수의 분자는 '증기 엔탈피 − 급수 엔탈피'이다.

NoteBase

13. 공조기에 설치하는 공기여과장치에서 입구측의 오염도를 C_1, 출구측의 오염도를 C_2라 할 때, 여과효율(제진효율) $\eta_f(\%)$를 구하는 식으로 가장 적절한 것은?

① $\eta_f = \frac{C_2}{C_1} \times 100$

② $\eta_f = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$

③ $\eta_f = \frac{C_1}{C_2} \times 100$

④ $\eta_f = \frac{C_1 - C_2}{C_2} \times 100$

정답 2번

출제 포인트

공기여과장치의 여과효율은 입구 오염도 중 장치가 제거한 오염도의 비율임을 알고 식으로 나타내는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입구측 오염도는 C_1, 출구측 오염도는 C_2이다.
구해야 할 값: 여과효율 $\eta_f(\%)$이다.
주의할 조건: 제거된 오염도는 입구와 출구의 차인 $C_1 - C_2$이고, 효율의 기준이 되는 전체 유입 오염도는 C_1이다.

사용할 공식

$\eta_f = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$
여과효율은 장치에 들어온 오염도 가운데 제거된 몫을 백분율로 나타내므로, 제거량 $C_1 - C_2$를 입구측 오염도 C_1로 나눈다.

계산 과정

1. 여과장치가 제거한 오염도를 $C_1 - C_2$로 구한다.
2. 제거된 오염도를 전체 유입 오염도 C_1로 나눈다.
3. 백분율로 표시하기 위해 100을 곱하면 $\eta_f = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$이 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\frac{C_2}{C_1} \times 100$은 입구 오염도 중 출구에 남아 통과한 오염도의 비율이다. 틀린 분자는 C_2이며, 올바르게는 제거량 $C_1 - C_2$를 분자로 하여 $\frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$으로 나타낸다.
② O — 제거량 $C_1 - C_2$를 전체 유입량의 기준인 C_1로 나누었으므로 여과효율의 정의에 맞는다.
③ X — $\frac{C_1}{C_2} \times 100$은 입구와 출구 오염도의 단순 비이며 제거된 비율이 아니다. 올바르게는 분자를 $C_1 - C_2$, 분모를 C_1로 하여 $\frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$으로 나타낸다.
④ X — 제거량 $C_1 - C_2$은 맞지만 분모를 출구 오염도 C_2로 잡은 것이 틀렸다. 효율은 유입된 전체 오염도를 기준으로 하므로 분모를 C_1로 고쳐 $\frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$으로 나타낸다.

오답 포인트

①의 통과율 $\frac{C_2}{C_1} \times 100$을 여과효율로 착각하거나, ④처럼 제거량을 구한 뒤에도 분모를 출구값 C_2로 두기 쉽다. 여과효율의 분자는 제거된 양, 분모는 처리 전 전체 유입량이다.

다시 나오면 이렇게 판단

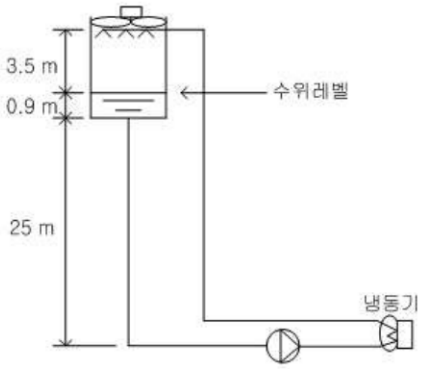
효율 문제에서는 먼저 실제 성과를 '입력값-출력값'으로 구하고, 이를 성과의 기준인 입력값으로 나눈 뒤 100을 곱한다. 이 문항에서는 제거량이 $C_1 - C_2$, 기준 입력값이 C_1이다.

암기 포인트

여과효율은 '제거량/유입량'이므로 $\eta_f = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$이다.

NoteBase

14. 그림과 같은 냉각수배관 시스템에서 다음 조건으로 물이 순환하는 경우 펌프 전양정으로 가장 적절한 것은?



[조건]
- 배관계통 마찰손실: 30m
- 냉각탑 노즐분출압력: 9.8kPa
- 냉동기 응축기 코일저항: 10mAq
- 기타 저항은 무시한다.

① 43.5m
② 44.5m
③ 45.4m
④ 70.4m

정답 2번

출제 포인트

냉각수 순환계에서 실제 정수두, 배관 마찰손실, 노즐 분출에 필요한 압력수두, 기기 저항을 합하여 펌프 전양정을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 노즐과 냉각탑 수면의 높이차 3.5m, 배관계통 마찰손실 30m, 냉각탑 노즐 분출압력 9.8kPa, 냉동기 응축기 코일저항 10mAq이다.
구해야 할 값: 펌프 전양정이다.
주의할 조건: 순환계에서는 펌프에서 냉각탑까지의 절대 높이 25m와 수심 0.9m가 정수두에 그대로 더해지지 않는다. 하강 배관의 수두가 상승 배관의 공통 높이를 상쇄하므로 실제 정수두는 냉각탑 수면에서 노즐까지의 3.5m이다.

NoteBase

사용할 공식

$H_p = H_s + H_f + H_n + H_c$

여기서 H_p는 펌프 전양정, H_s는 실제 정수두, H_f는 배관 마찰손실수두, H_n은 노즐 분출에 필요한 압력수두, H_c는 응축기 코일 저항수두이다. 펌프가 극복해야 하는 높이차와 각 저항을 모두 수두로 환산하여 합산해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 노즐 분출압력을 수두로 환산한다. 물에서 $9.8kPa = 1mAq$이므로 $H_n = 1mAq$이다.
2. 실제 정수두는 냉각탑 수면과 노즐 사이의 높이차이므로 $H_s = 3.5m$이다.
3. 각 수두를 합산한다.

$H_p = 3.5 + 30 + 1 + 10 = 44.5m$

따라서 가장 적절한 펌프 전양정은 $44.5m$이다.

선지 판단

① X — $43.5m$는 $3.5 + 30 + 10$으로 계산하여 노즐 분출압력 $9.8kPa = 1mAq$를 누락한 값이다. 올바르게는 노즐 압력수두까지 더한 $44.5m$이다.

② O — 실제 정수두 $3.5m$, 마찰손실 $30m$, 노즐 압력수두 $1mAq$, 코일저항 $10mAq$를 합하면 $44.5m$가 된다.

③ X — $45.4m$는 올바른 값 $44.5m$에 냉각탑 수심 $0.9m$를 다시 더한 값이다. 수심 $0.9m$는 순환계의 추가 정수두가 아니므로 올바르게는 $44.5m$이다.

④ X — $70.4m$는 올바른 값에 지면부터 냉각탑 바닥까지의 $25m$와 수심 $0.9m$를 추가한 값이다. 이 공통 높이는 하강측 수두로 상쇄되므로 올바르게는 $44.5m$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 도면의 $25m$와 $0.9m$를 모두 정수두로 더하는 것이다. 순환계에서는 상승측과 하강측에 공통인 높이가 상쇄되므로 수면에서 노즐까지의 $3.5m$만 남는다. 또한 $9.8kPa$를 $1mAq$로 환산하여 빠뜨리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

순환 배관의 펌프 전양정은 먼저 공급측과 환수측의 공통 높이를 상쇄하여 실제 정수두를 정하고, 배관 마찰손실·노즐 압력수두·기기 저항수두를 같은 수두 단위로 환산한 뒤 합산한다.

암기 포인트

냉각수 순환계 전양정은 '실제 높이차 + 배관손실 + 노즐수두 + 기기저항'이며, 지면부터의 공통 높이는 중복하여 더하지 않는다.

NoteBase

15. 회전수가 1200rpm일 때 토출량은 $1.2m^3/min$, 양정은 48mAq, 소요동력이 12kW인 펌프의 토출량을 $2.4m^3/min$로 증가시키기 위해서 필요한 회전수로 가장 적절한 것은?

① 1440rpm ② 1511rpm
③ 1697rpm ④ 2400rpm

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동일한 펌프에서 토출량이 회전수에 비례한다는 펌프 상사법칙을 이용해 필요한 회전수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $N_1 = 1200rpm, Q_1 = 1.2m^3/min, Q_2 = 2.4m^3/min$
구해야 할 값: 증가 후 회전수 N_2
주의할 조건: 동일한 펌프에서는 토출량과 회전수의 비를 사용한다. 양정 $48mAq$와 소요동력 $12kW$는 이 계산에 직접 사용하지 않는다.

사용할 공식

$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$
동일한 펌프에서 임펠러 지름 등 다른 조건이 같으면 토출량 Q는 회전수 N에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 토출량의 증가비를 구한다.
$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2.4}{1.2} = 2$
2. 회전수도 같은 비율로 증가한다.
$N_2 = N_1 \times \frac{Q_2}{Q_1} = 1200 \times 2 = 2400rpm$
따라서 필요한 회전수는 $2400rpm$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 1440rpm은 최초 회전수의 1.2배이므로 토출량도 1.2배인 $1.44m^3/min$에 해당한다. '1440rpm'은 '2400rpm'으로 고쳐야 한다.
② X — 1511rpm은 필요한 2배의 회전수 비를 충족하지 않는다. 이는 회전수와 동력의 세제곱 관계에 토출량비 2를 잘못 대입해 $1200\sqrt[3]{2}$로 계산할 때 나오는 근삿값이다. '1511rpm'은 '2400rpm'으로 고쳐야 한다.
③ X — 1697rpm은 필요한 2배의 회전수 비를 충족하지 않는다. 이는 회전수와 양정의 제곱 관계에 토출량비 2를 잘못 대입해 $1200\sqrt{2}$로 계산할 때 나오는 근삿값이다. '1697rpm'은 '2400rpm'으로 고쳐야 한다.
④ O — 토출량이 $1.2m^3/min$에서 $2.4m^3/min$로 2배가 되었으므로 회전수도 1200rpm의 2배인 2400rpm이 된다.

오답 포인트

양정과 소요동력이 함께 제시되어 있어 각각의 상사법칙 $H \propto N^2$, $P \propto N^3$을 적용하기 쉽다. 그러나 구하려는 변화량은 토출량이므로 $Q \propto N$을 적용해야 한다. 특히 ②는 세제곱근, ③은 제곱근을 잘못 적용한 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

펌프의 회전수 변화 문제에서는 먼저 무엇이 변하는지 확인한다. 토출량은 회전수에 비례하고, 양정은 회전수의 제곱에 비례하며, 동력은 회전수의 세제곱에 비례한다. 그중 문제에서 요구한 물리량에 맞는 관계식만 선택한다.

암기 포인트

펌프 상사법칙은 $Q : N$, $H : N^2$, $P : N^3$이다. 토출량 2배에는 회전수 2배가 필요하다.

NoteBase

16. 공기조화 배관에 사용하는 밸브와 사용 용도의 연결이 가장 옳지 않은 것은?
① 글로브밸브 - 유량 조절용
② 볼밸브 - 관경이 큰 관로의 유량 조절용
③ 체크밸브 - 역류방지용
④ 앵글밸브 - 유체 흐름방향을 90° 전환용

정답 2번

출제 포인트

공기조화 배관에 쓰는 글로브 밸브, 볼 밸브, 체크 밸브, 앵글 밸브의 대표 용도를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

글로브 밸브는 밸브 디스크의 개도를 조절하여 유량을 세밀하게 조절하는 밸브이다.
볼 밸브는 구형 밸브체를 회전시켜 유로를 빠르게 완전 개방하거나 차단하는 데 적합한 밸브이다.
체크 밸브는 유체가 한 방향으로만 흐르게 하여 역류를 방지하는 밸브이다.
앵글 밸브는 입구와 출구가 직각으로 배치되어 유체의 흐름 방향을 90° 바꾸는 밸브이다.

선지별 해설

① O — 글로브 밸브는 디스크의 개도를 조절하기 쉬워 유량 조절용으로 사용한다.
② X — 틀린 표현은 '관경이 큰 관로의 유량 조절용'이다. 볼 밸브는 일반적으로 전개·전폐에 의한 신속한 개폐용으로 적합하며, 큰 관로의 유량을 세밀하게 조절하는 대표 밸브로 보지 않는다. 올바르게는 '볼 밸브—유로의 신속한 개폐용'이다.
③ O — 체크 밸브는 흐름이 반대로 바뀌면 자동으로 닫혀 역류를 방지한다.
④ O — 앵글 밸브는 입구와 출구가 직각이므로 유체의 흐름 방향을 90° 전환하는 데 사용한다.

오답 포인트

볼 밸브의 유로가 비교적 크고 유동 저항이 작다는 특징을 '대구경 관로의 유량 조절용'과 혼동하기 쉽다. 이 문항에서는 통로의 크기가 아니라 밸브의 대표 기능이 개폐인지 조절인지를 구별해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

밸브 이름마다 대표 동작을 연결한다. 디스크 개도 조절은 글로브 밸브, 빠른 전개·전폐는 볼 밸브, 한 방향 통과는 체크 밸브, 직각 방향 전환은 앵글 밸브로 판단한다.

암기 포인트

글로브는 조절, 볼은 개폐, 체크는 역류 방지, 앵글은 90° 방향 전환이다.

NoteBase

17. 공기조화 방식 중 유인유닛 방식에 대한 특징에 대하여 설명이 적절하지 않은 것은?
① 실내공간으로 제공되는 공기의 송풍량이 커서 대형 건물의 공기조화에 유리하다.
② 공기조화를 위한 혼합 시 송풍기와 같은 동력이 필요 없다.
③ 고속의 공기유인 속도가 요구되므로 고속덕트를 사용해야 한다.
④ 각 공간마다 제어가 가능하여 실내 부하 변동에 따른 대응성이 좋다.

정답 1번

출제 포인트

유인유닛 방식에서 1차 공기가 실내 공기를 유인하여 혼합하는 원리와 그에 따른 덕트·동력·제어 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

유인유닛 방식은 중앙 공조기에서 보낸 고속의 1차 공기가 노즐을 통과하면서 실내의 2차 공기를 유인하고, 두 공기를 혼합하여 실내에 공급하는 방식이다. 실내 공기를 함께 순환시키므로 중앙에서 보내는 1차 공기량은 비교적 적고, 유닛마다 온도를 조절할 수 있다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '실내공간으로 제공되는 공기의 송풍량이 커서 대형 건물의 공기조화에 유리하다'이다. 유인유닛은 실내 공기를 유인하여 재순환시키므로 중앙 공조기에서 각 실로 보내는 1차 공기량을 줄일 수 있다. 따라서 큰 송풍량 때문에 대형 건물에 유리한 방식이라고 설명할 수 없다.
② O — 고속의 1차 공기가 노즐에서 분출되며 실내 공기를 유인하므로 유닛 내부의 혼합을 위한 별도 송풍기가 필요하지 않다.
③ O — 실내 공기를 충분히 유인하려면 노즐에서 높은 속도의 1차 공기를 분출해야 하므로 고속덕트를 사용한다.
④ O — 각 공간의 유닛에서 유량이나 코일의 열처리량을 조절할 수 있어 개별 제어가 가능하며, 실내 부하 변동에 대한 대응성이 좋다.

오답 포인트

①의 '실내 전체 공급풍량'과 '중앙에서 보내는 1차 공기량'을 혼동하기 쉽다. 유인된 실내 공기가 토출 공기량에 더해지지만, 이것이 중앙 송풍량이 크다는 뜻은 아니다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

‘고속 1차 공기 → 실내 공기 유인 → 별도 혼합 송풍기 불필요 → 1차 공기량 감소 → 개별 제어 가능’의 연결 관계로 각 선지를 판단한다.

암기 포인트

유인유닛은 고속 1차 공기로 실내 공기를 끌어들이며, 무송풍기·소량 1차 공기·개별 제어가 핵심이다.

NoteBase

18. 다음 중 난방방식에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은 무엇인가?
① 증기난방: 직접난방으로 배관 내의 물이 없으므로 한냉지의 동결에 대한 위험성이 적다.
② 온수난방: 직접난방으로 열용량이 크므로 보일러 정지에도 실온의 변화가 크지 않다.
③ 복사난방: 직접난방으로 열용량이 작기 때문에 예열시간이 짧다.
④ 온풍난방: 간접난방으로 환기 및 습도 제어가 가능하다.

정답 3번

출제 포인트

증기난방·온수난방·복사난방·온풍난방의 열매체, 열용량, 예열 특성 및 공기조화 가능 여부를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

증기난방은 증기를, 온수난방은 온수를 배관으로 보내 방열기에서 실내를 덥히는 직접난방이다. 복사난방은 바닥·벽·천장 등의 패널을 가열하여 복사열로 난방하는 방식으로, 구조체의 축열 때문에 열용량이 크고 예열시간이 길다. 온풍난방은 가열한 공기를 덕트로 공급하는 간접난방이며 환기와 습도 제어를 함께 구성할 수 있다.

선지별 해설

① O — 증기난방은 직접난방이며 배관의 열매체가 증기이므로 운전 정지 시 배관에 물이 가득 차 있는 온수난방보다 동결 위험이 작다.
② O — 온수난방은 직접난방이고, 물의 열용량과 난방계통의 축열성이 커서 보일러를 정지해도 실온이 급격히 변하지 않는다.
③ X — 틀린 표현은 '열용량이 작기 때문에 예열시간이 짧다'이다. 복사난방은 직접난방에 해당하지만 바닥이나 벽 등의 구조체를 가열하므로 열용량이 크고 예열시간이 길다.
④ O — 온풍난방은 공기조화기를 거친 온풍을 실내에 공급하는 간접난방으로, 외기 도입과 가습·제습 장치를 조합하여 환기 및 습도 제어가 가능하다.

오답 포인트

③은 복사난방이 실내를 직접 덥힌다는 점과 난방 구조체의 열용량이 작다는 주장을 한 문장에 섞었다. 복사난방은 축열성이 커서 실내온도가 안정적인 대신 예열이 느리다는 점이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 난방방식의 열매체와 축열성을 먼저 확인한다. 증기는 동결 위험이 작고, 온수와 복사난방은 축열성이 크며, 온풍난방은 공기를 공급하므로 환기·습도 제어와 결합하기 쉽다.

암기 포인트

복사난방은 '큰 축열·긴 예열', 온풍난방은 '공기 공급·환기와 습도 제어'로 정리된다.

NoteBase

19. 다음 중 습공기의 상태를 표시하는 용어와 단위의 연결로 적절하지 않은 것은?
① 상대습도 - kg/kg
② 수증기 분압 - kPa
③ 엔탈피 - kJ/kg
④ 습구온도 - ℃

정답 1번

출제 포인트

습공기의 상태를 나타내는 상대습도, 수증기 분압, 엔탈피, 습구온도와 각각의 단위를 정확히 연결하는 문제이다.

핵심 개념

상대습도: 같은 온도에서 포화 수증기압에 대한 실제 수증기 분압의 비를 백분율로 나타낸 값이며 단위는 %이다.
수증기 분압: 습공기 중 수증기가 담당하는 압력이며 단위는 *kPa*이다.
엔탈피: 건공기와 수증기가 가진 열에너지를 건공기 단위 질량을 기준으로 나타낸 값이며 보통 *kJ/kg*으로 표시한다.
습구온도: 젖은 감온부에서 물이 증발하며 나타나는 온도이며 단위는 °C이다.

선지별 해설

① X — 상대습도는 포화 수증기압에 대한 실제 수증기 분압의 비이므로 백분율(%)로 나타낸다. 틀린 표현은 '상대습도—*kg/kg*'이며, 올바르게는 '상대습도—%'이다. *kg/kg*은 절대습도 또는 습공기의 습기비를 나타낼 때 사용하는 단위이다.
② O — 수증기 분압은 압력의 한 종류이므로 *kPa*로 나타낸다.
③ O — 습공기의 엔탈피는 건공기 단위 질량당 열에너지로 나타내므로 *kJ/kg*을 사용한다.
④ O — 습구온도는 온도이므로 °C로 나타낸다.

오답 포인트

①의 *kg/kg*은 습공기에서 실제로 쓰이는 단위이지만 상대습도의 단위가 아니라 절대습도 또는 습기비의 단위이다. '습도'라는 말만 보고 두 개념의 단위를 바꾸어 연결하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

상대습도는 '비율'이므로 %, 수증기 분압은 '압력'이므로 *kPa*, 엔탈피는 '질량당 에너지'이므로 *kJ/kg*, 습구온도는 '온도'이므로 °C로 연결한다.

NoteBase

암기 포인트

상대습도는 %, 수증기 분압은 *kPa*, 엔탈피는 *kJ/kg*, 습구온도는 °C이다.

NoteBase

20. 다음 중 습공기 선도에서 공기의 상태변화에 대한 설명으로 가장 적절하게 제시된 것은 어느 것인가?

① 노점온도: 상대습도가 100%일 때 건구온도<습구온도<노점온도이며, 공기의 절대습도가 낮을수록 노점온도가 낮아진다.

② 절대습도: 공기를 가열하거나 냉각할 경우 변화하며, 공기를 가습하면 높아지고 제습하면 낮아진다.

③ 습구온도: 포화상태에서 건구온도와 동일하며, 건구온도의 변화 없이 절대습도만 상승시키면 습구온도는 높아진다.

④ 건구온도: 공기를 가열하면 높아지고 냉각하면 낮아지며, 공기를 가습하거나 제습하는 경우에도 상대습도와 같이 변화한다.

정답 3번

출제 포인트

습공기 선도에서 건구온도·습구온도·노점온도·절대습도가 가열, 냉각, 가습, 제습 및 포화 상태에 따라 어떻게 변하는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

건구온도: 일반 온도계로 측정한 공기의 온도이다.
습구온도: 물의 증발 냉각 효과가 반영된 온도이며, 포화 상태에서는 건구온도와 같아진다.
노점온도: 공기를 수증기량의 변화 없이 냉각할 때 포화에 도달하여 응결이 시작되는 온도이다.
절대습도: 건공기에 포함된 수증기의 양을 나타내며, 수분의 출입이 없는 단순 가열·냉각에서는 변하지 않는다.
포화 상태에서는 건구온도, 습구온도, 노점온도가 모두 같고, 불포화 상태에서는 일반적으로 건구온도 > 습구온도 > 노점온도이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '건구온도 < 습구온도 < 노점온도'이다. 상대습도가 100%인 포화 상태에서는 증발 냉각이 일어나지 않고 공기가 이미 노점에 도달하므로 건구온도 = 습구온도 = 노점온도이다. 절대습도가 낮을수록 노점온도가 낮아진다는 설명은 맞다.

② X
틀린 표현은 '공기를 가열하거나 냉각할 경우 변화'한다는 부분이다. 수분의 출입이 없는 단순 가열·냉각에서는 절대습도가 그대로이고 건구온도와 상대습도만 변한다. 올바르게는 절대습도는 가습하면 높아지고 제습하면 낮아진다.

③ O
포화 상태에서는 건구온도와 습구온도가 동일하다. 또한 건구온도를 일정하게 유지하면서 절대습도를 높이면 공기가 포화에 가까워져 증발 냉각 효과가 줄어들므로 습구온도가 높아진다.

④ X
틀린 표현은 가습·제습 시 건구온도가 '상대습도와 같이 변화한다'는 부분이다. 가열하면 건구온도가 높아지고 냉각하면 낮아지는 것은 맞지만, 가습·제습은 수증기량을 변화시키는 과정이므로 건구온도의 변화 방향이 상대습도와 항상 같지는 않다. 예를 들어 건구온도를 일정하게 유지한 채 가습하면 상대습도는 높아져도 건구온도는 변하지 않는다.

오답 포인트

①은 포화 상태의 온도 관계를 부등호로 제시한 것이 함정이고, ②는 온도 변화와 수증기량 변화를 혼동하게 만든다. ④는 가습·제습 과정에서 상대습도가 변한다는 사실을 건구온도도 같은 방향으로 변한다는 뜻으로 잘못 연결한 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 수분의 출입 여부를 판단한다. 수분 출입 없는 가열·냉각이면 절대습도는 일정하고, 가습·제습이면 절대습도가 변한다. 다음으로 상대습도 100%이면 건구온도, 습구온도, 노점온도가 모두 같다는 기준을 적용한다.

암기 포인트

포화는 건구 = 습구 = 노점, 단순 가열·냉각은 절대습도 일정, 가습은 절대습도 상승, 제습은 절대습도 하강이다.

NoteBase

21. 다음 중 난방부하 산정 시 고려해야 할 사항으로 적절하지 않은 것은?

① 외벽 또는 창문의 열관류율이 작을수록 손실열량이 증가한다.

② 난방부하는 실내손실열량, 장치손실열량, 외기부하 등을 포함한다.

③ 외기부하는 현열과 잠열을 동시에 고려하여 산정한다.

④ 최대 열부하계산으로 송풍량 또는 장치용량을 결정할 수 있다. 외기부하는 현열과 잠열을 동시에 고려하여 산정한다.

정답 1번

출제 포인트

난방부하의 구성 요소와 열관류율이 관류 열손실에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

난방부하는 실내의 설정 온도와 습도를 유지하기 위해 보충해야 하는 열량이다. 실내손실열량, 외기 도입에 따른 현열·잠열 부하, 장치 계통의 손실 등을 고려하며, 외벽이나 창문을 통한 관류 열손실은 열관류율이 작을수록 감소한다. 현열은 온도 변화에 필요한 열이고, 잠열은 수분 상태나 습도 변화에 필요한 열이다.

선지별 해설

① X — '열관류율이 작을수록 손실열량이 증가한다'는 표현이 틀리다. 관류 열손실은 열관류율에 비례하므로, 올바르게는 열관류율이 작을수록 손실열량이 감소한다.

② O — 난방부하는 실내에서 외부로 빠져나가는 열, 장치 계통에서 생기는 열손실, 도입 외기를 실내 조건으로 맞추는 데 필요한 부하 등을 포함한다.

③ O — 외기를 실내 상태로 만들려면 외기의 온도를 높이는 현열과 외기의 수분 상태를 조절하는 잠열을 함께 고려해야 한다.

④ O — 최대 열부하계산은 가장 불리한 설계조건에서 필요한 최대 난방능력을 구하는 것이므로 송풍량이나 난방장치 용량을 결정하는 기준이 된다. 외기부하는 온도 차에 따른 현열과 습도 차에 따른 잠열을 함께 반영한다.

오답 포인트

①은 단열 성능이 좋아질수록 열관류율이 작아진다는 관계를 반대로 제시한다. 열관류율이 작다는 것은 같은 조건에서 벽체나 창호를 통과하는 열이 적다는 뜻이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열관류율과 관류 열손실은 같은 방향으로 변한다고 판단한다. 또한 외기부하는 온도 차의 현열과 습도 차의 잠열로 나누고, 최대 열부하는 송풍량과 장치 용량 선정에 사용한다고 구분한다.

암기 포인트

열관류율이 작으면 관류 열손실도 작다. 외기부하는 현열과 잠열, 최대 열부하는 용량 선정의 기준이다.

NoteBase

22. 1기압, 20℃의 물 2g을 100℃의 물로 바꾸는 데 필요한 열량과 100℃의 물 2g을 100℃의 수증기로 바꾸는 데 필요한 열량으로 바르게 짝지어진 것은?
(단, 물의 비열은 1cal/g·℃이며, 물의 증발잠열은 540cal/g이다.)
① 80cal - 1080cal
② 80cal - 540cal
③ 160cal - 1080cal
④ 160cal - 540cal

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 물의 온도를 올리는 데 필요한 현열과, 같은 온도에서 물을 수증기로 바꾸는 데 필요한 잠열을 각각 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 질량은 $2g$, 비열은 $1cal/(g\cdot{}^\circ C)$, 온도 변화는 $100^\circ C - 20^\circ C = 80^\circ C$, 증발잠열은 $540cal/g$이다.
구해야 할 값: $20^\circ C$의 물을 $100^\circ C$의 물로 만드는 열량과, $100^\circ C$의 물을 $100^\circ C$의 수증기로 만드는 열량이다.
주의할 조건: 온도 상승에는 비열을 사용하고, 온도 변화 없이 상태만 액체에서 기체로 바뀔 때는 증발잠열을 사용한다.

사용할 공식

온도 상승에 필요한 열량은 $Q = mc\Delta T$이고, 기화에 필요한 열량은 $Q = mL$이다.
첫 과정은 물의 온도가 변하므로 비열 공식 $Q = mc\Delta T$를 사용한다. 두 번째 과정은 온도가 $100^\circ C$로 일정한 채 상태만 변하므로 잠열 공식 $Q = mL$을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $20^\circ C$의 물 $2g$을 $100^\circ C$까지 가열하는 열량은
$Q_1 = mc\Delta T = 2g \times 1cal/(g \cdot {}^\circ C) \times 80^\circ C = 160cal$
이다.
2. $100^\circ C$의 물 $2g$을 같은 온도의 수증기로 만드는 열량은
$Q_2 = mL = 2g \times 540cal/g = 1080cal$
이다.
3. 두 열량의 짝은 $160cal - 1080cal$이다.

선지 판단

① X — 첫 번째 열량을 $80cal$로 제시한 부분이 틀렸다. 이는 질량 $2g$을 곱하지 않은 값이며, 올바르게는 $160cal - 1080cal$이다.
② X — 첫 번째 열량 $80cal$은 질량을 누락했고, 두 번째 열량 $540cal$도 질량을 누락했다. 올바르게는 $160cal - 1080cal$이다.
③ O — $Q_1 = 160cal$, $Q_2 = 1080cal$이므로 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.
④ X — 첫 번째 열량 $160cal$은 맞지만, 두 번째 열량을 $540cal$로 제시한 부분이 틀렸다. 이는 물 $1g$의 증발열이며, $2g$에는 $1080cal$이 필요하므로 올바르게는 $160cal - 1080cal$이다.

오답 포인트

①과 ②의 $80cal$, ②와 ④의 $540cal$은 모두 질량 $2g$을 곱하지 않았을 때 나오는 값이다. 또한 가열 과정과 기화 과정에 같은 공식을 적용하지 않고, 온도 변화에는 비열, 상태 변화에는 잠열을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 온도가 변하는 구간과 상태가 변하는 구간을 나눈다. 온도 변화 구간에는 $Q = mc\Delta T$, 상태 변화 구간에는 $Q = mL$을 적용한 뒤, 각 공식에 질량이 포함되었는지 검산한다.

암기 포인트

온도 변화는 비열 $mc\Delta T$, 상태 변화는 잠열 mL이며, 두 공식 모두 질량 m을 곱한다.

NoteBase

23. 흡수식 냉동기에서 사용되는 용어와 이에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

① 희용액 - 흡수제에 냉매가 많이 포함되어 있어 농도가 낮은 용액으로 재생기 출구에서 주로 나타남

② 응축기 - 냉매가 기체상태에서 액체상태로 상변화하는 열교환기로 냉매가 주변의 열을 방출함

③ 흡수제 - 흡수기에서 냉매를 흡수하는 용액으로 냉매를 재생기로 이동시킴

④ 증발기 - 냉매가 액체상태에서 기체상태로 증발되는 열교환기로 냉매가 주변에서 열을 흡수함

정답 1번

출제 포인트

흡수식 냉동기의 흡수기·재생기·응축기·증발기에서 냉매와 흡수용액의 상태가 어떻게 변하는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

희용액은 흡수기에서 냉매를 흡수하여 냉매 함량이 많고 흡수제 농도가 낮아진 용액이며, 흡수기에서 재생기로 이동한다. 재생기에서는 희용액을 가열하여 냉매를 분리하므로 재생기 출구에는 냉매 함량이 적고 흡수제 농도가 높은 농용액이 나온다. 응축기는 냉매 증기를 액체로 만들면서 열을 방출하고, 증발기는 액체 냉매를 증발시키면서 주위의 열을 흡수한다.

선지별 해설

① X — 희용액은 냉매 함량이 많아 흡수제 농도가 낮은 용액이라는 설명은 맞지만, '재생기 출구에서 주로 나타남'이 틀린 표현이다. 올바르게는 희용액이 흡수기에서 재생기로 들어가고, 냉매가 분리된 재생기 출구에서는 농용액이 나온다.

② O — 응축기는 기체 상태의 냉매를 액체로 응축시키며, 이때 냉매가 가진 열을 주위로 방출하는 열교환기이다.

③ O — 흡수기에서 냉매를 흡수한 용액은 희용액이 되며, 냉매를 분리하여 용액을 재생하기 위해 재생기로 이동한다.

④ O — 증발기는 액체 냉매가 기체로 증발하는 곳이며, 냉매가 증발하면서 냉각 대상이나 주위로부터 열을 흡수한다.

NoteBase

오답 포인트

①은 희용액의 조성 설명과 발생 위치를 한 문장에 섞어 놓은 선지이다. 희용액은 냉매를 흡수한 뒤 흡수기에서 나오며, 재생기 출구에서는 냉매가 빠져나간 농용액이 나온다는 위치 관계가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

흡수기에서는 냉매를 용액에 받아들이므로 희용액이 되고, 재생기에서는 냉매를 용액에서 내보내므로 농용액이 된다고 판단한다. 냉매의 상변화는 응축기에서 기체→액체·방열, 증발기에서 액체→기체·흡열로 구별한다.

암기 포인트

흡수기 출구는 희용액, 재생기 출구는 농용액이다. 응축은 방열, 증발은 흡열이다.

NoteBase

24. 다음 중 축류형 취출구(axial type diffuser)가 아닌 것은?
① 선형 취출구(line diffuser)
② 노즐형 취출구(nozzle type diffuser)
③ 펑커루버형 취출구(punkah louver type diffuser)
④ 팬형 취출구(pan type diffuser)

정답 4번

출제 포인트

취출 기류가 일정한 축 방향으로 진행하는 축류형과, 취출구 둘레로 퍼지는 방사형을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

축류형 취출구: 취출 공기의 주된 흐름이 정해진 축이나 방향을 따라 진행하도록 만든 취출구이다.
선형·노즐형·펑커루버형이 이에 속한다.
방사형 취출구: 취출 공기가 취출구 주위로 넓게 퍼지도록 만든 취출구이다. 팬형이 이에 속한다.
결정적인 구분은 기류가 한 방향으로 뻗는지, 주위로 퍼지는지이다.

선지별 해설

① O — 선형 취출구는 긴 취출구에서 기류를 정해진 방향으로 보내는 축류형 취출구이다.
② O — 노즐형 취출구는 노즐의 축을 따라 집중된 제트 기류를 멀리 보내므로 축류형 취출구이다.
③ O — 펑커루버형 취출구는 루버의 방향을 조절하여 기류를 특정 방향으로 집중시키므로 축류형 취출구이다.
④ X — 팬형 취출구를 축류형으로 분류한 부분이 틀리다. 올바르게는 팬형 취출구는 공기를 취출구 둘레로 퍼뜨리는 방사형 취출구이다. 따라서 축류형 취출구가 아닌 것은 ④이다.

오답 포인트

'팬형'이라는 명칭 때문에 선풍기처럼 공기를 한 축으로 보낸다고 오해하기 쉽다. 이 문항의 팬형은 팬 모양으로 기류를 넓게 퍼뜨리는 형식이므로 축류형이 아니라 방사형이다.

다시 나오면 이렇게 판단

노즐·루버처럼 기류를 한 방향으로 집중시키면 축류형으로, 취출구 주위에 넓게 퍼뜨리면 방사형으로 판단한다.

암기 포인트

선형·노즐형·펑커루버형은 축류형, 팬형은 방사형이다.

NoteBase

25. 난방설비 중 증기난방방식에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

① 예열시간이 온수난방에 비해 짧고 증기순환이 빠르므로 간헐 운전에 더 유리하다.
② 증기의 잠열을 이용한 방식으로 온수방식과 비교하여 열매 온도가 높고 방열면적이 적다.
③ 발열량 조절이 어려우나, 설비비와 유지비가 저렴하다.
④ 온수방식과 비교하여 작동 소음이 적고 열의 운반 능력이 작다.

정답 4번

출제 포인트

증기난방과 온수난방을 예열 시간, 방열 특성, 제어성, 비용, 소음 및 열 운반 능력의 측면에서 비교하는 문제이다. 문제는 '적절하지 않은 것'을 묻는다.

핵심 개념

증기난방은 증기가 응축할 때 내놓는 잠열을 이용하여 방을 데우는 방식이다. 증기가 빠르게 순환하고 방열기 온도가 높아 예열 시간이 짧으며 열 운반 능력이 크지만, 방열량을 세밀하게 조절하기 어렵고 작동 소음이 발생하기 쉽다.
온수난방은 데운 물의 현열을 순환시켜 방을 데우는 방식이다. 증기난방보다 예열은 느리지만 방열량 조절이 쉽고 운전이 비교적 조용하다.

선지별 해설

① O — 증기는 온수보다 빠르게 순환하고 방열기 온도도 빨리 올라가므로 예열 시간이 짧다. 따라서 필요할 때 빠르게 난방하는 간헐 운전에 유리하다.
② O — 증기난방은 증기가 응축하면서 방출하는 잠열을 이용한다. 온수난방보다 열매 온도가 높고 단위 방열면적당 방열량이 커서 필요한 방열면적이 작다.
③ O — 증기난방은 증기 공급을 세밀하게 조절하기 어려워 방열량 조절성이 낮다. 반면 온수난방에 비해 배관과 관련 설비를 비교적 간단하게 구성할 수 있어 설비비와 유지비가 저렴한 편이다.
④ X — 틀린 표현은 '작동 소음이 적고 열의 운반 능력이 작다'이다. 올바르게는 증기난방은 응축수와 증기의 흐름 때문에 온수난방보다 작동 소음이 발생하기 쉽고, 잠열을 이용하므로 열 운반 능력이 크다.

오답 포인트

④는 증기난방의 특성을 온수난방의 특성처럼 뒤집어 제시한 선지이다. '소음이 적다'와 '열 운반 능력이 작다'가 모두 반대 표현이라는 점이 핵심 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

증기의 잠열과 높은 방열기 온도를 먼저 떠올리면 '빠른 예열·작은 방열면적·큰 열 운반 능력'을 연결할 수 있다. 이어서 증기난방의 단점인 '조절 곤란·소음 발생'을 구분하면 된다.

암기 포인트

증기난방은 빠르고 강하지만 조절이 어렵고 시끄럽다. 온수난방은 느리지만 조절이 쉽고 조용하다.

NoteBase