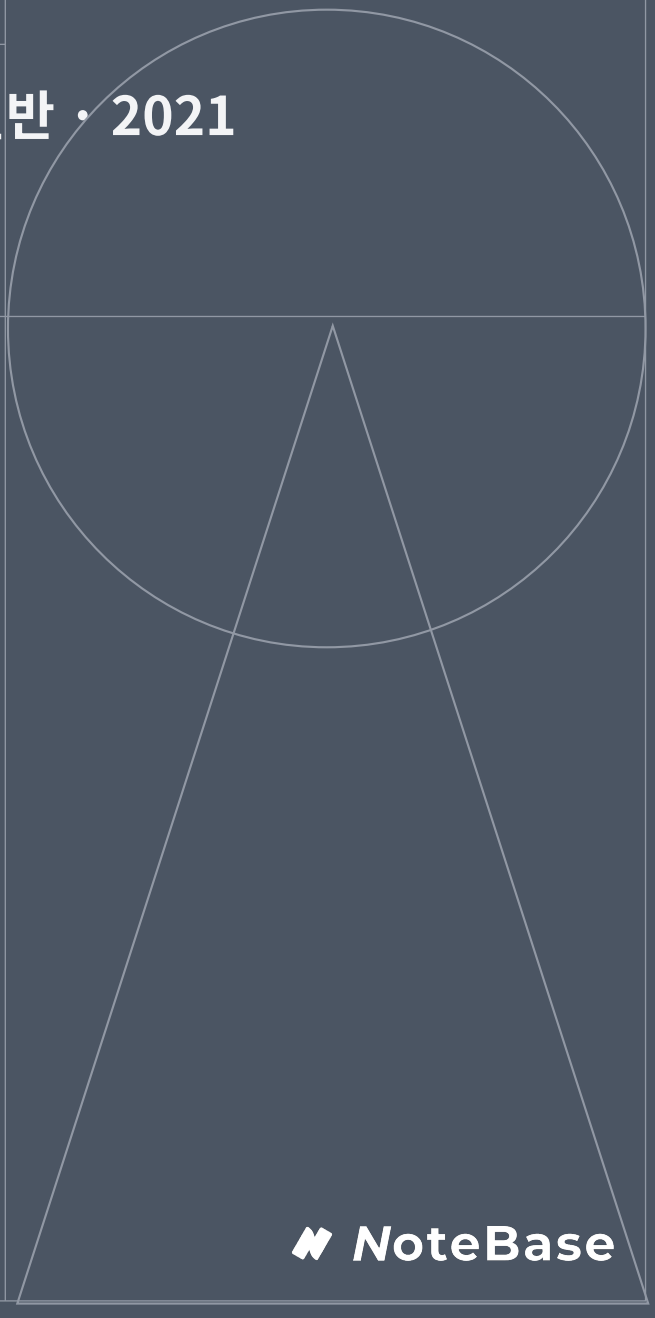
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2021

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2021

1. 탄성계수(Young's Modulus)가 100GPa이고 단면적이 0.01m²인 길이 2m의 막대가 있다. 막대가 길이방향으로 1000kN의 인장력을 받는다면 길이방향 변형률은?

① 10^{-8}

② 10^{-5}

③ 2×10^{-5}

④ 10^{-3}

⑤ 2×10^{-3}

정답 4번

출제 포인트

축방향 인장력을 받는 균일 단면 막대의 길이방향 변형률을 $\varepsilon = P/(AE)$로 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 탄성계수 $E = 100GPa = 100 \times 10^{9}Pa$, 단면적 $A = 0.01m^{2}$, 인장력 $P = 1000kN = 1.0 \times 10^{6}N$, 길이 $L = 2m$이다.
구해야 할 값: 길이방향 변형률 ε이다.
주의할 조건: 변형률은 길이 변화량을 원래 길이로 나눈 무차원량이므로, 막대 길이는 최종 변형률 계산에서 소거된다.

사용할 공식

축응력과 변형률의 관계는 $\sigma = P/A$, $\varepsilon = \sigma/E$이므로 다음 공식을 사용한다.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{AE}$$

막대가 탄성 범위에서 길이방향의 축하중을 받으므로 훅의 법칙을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 힘과 탄성계수를 기본 단위로 바꾸면 $P = 1.0 \times 10^{6} N$, $E = 1.0 \times 10^{11} Pa$이다.
2. 축응력은 $\sigma = P/A = (1.0 \times 10^{6})/(0.01) = 1.0 \times 10^{8} Pa$이다.
3. 변형률은 다음과 같다.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{1.0 \times 10^{8}}{1.0 \times 10^{11}} = 1.0 \times 10^{-3}$$

따라서 길이방향 변형률은 10^{-3}이다. 참고로 길이 변화량은 $\Delta L = \varepsilon L = 10^{-3} \times 2m = 2 \times 10^{-3} m$이다.

선지 판단

① X — 10^{-8}은 $P/(AE)$의 계산 결과가 아니다. 올바르게는 변형률이 10^{-3}이다.
② X — 10^{-5}은 단위 환산을 마친 $P = 10^{6} N$과 $E = 10^{11} Pa$를 공식에 대입한 결과와 다르다. 올바르게는 10^{-3}이다.
③ X — 2×10^{-5}은 변형률 계산값이 아니다. 올바르게는 $P/(AE) = 10^{-3}$이다.
④ O — $P/(AE) = (10^{6})/(0.01 \times 10^{11}) = 10^{-3}$이므로 계산 결과와 일치한다.
⑤ X — 2×10^{-3}은 변형률이 아니라 $L = 2m$를 곱해 구한 길이 변화량 ΔL의 수치이다. 올바른 변형률은 10^{-3}이다.

오답 포인트

⑤의 2×10^{-3}은 길이 변화량 ΔL과 변형률 ε을 혼동하도록 만든 값이다. 변형률을 물으면 $P/(AE)$까지만 계산하며 단위가 없고, 변형량을 물을 때만 길이 L을 곱한다. 또한 $1000 kN = 10^{6} N$, $100 GPa = 10^{11} Pa$의 환산을 정확히 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 힘과 탄성계수를 N, Pa로 환산하고, 변형률이면 $\varepsilon = P/(AE)$, 길이 변화량이면 $\Delta L = PL/(AE)$를 적용한 뒤 단위 유무를 검산한다.

암기 포인트

변형률은 $\varepsilon = P/(AE)$로 무차원이고, 변형량은 $\Delta L = PL/(AE)$로 길이 단위를 갖는다.

NoteBase

2. 질량이 1kg인 물체가 스프링상수 400N/m인 스프링에 매달려 정적 평형 위치에 정지되어 있다. 물체를 1cm 잡아 당겼다가 놓아 진동이 시작된다면 발생하는 최대 가속도는? (단위: m/s²)

① 0.1
② 1
③ 2
④ 4
⑤ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단순 조화 운동에서 가속도의 최댓값을 구하는 공식 $a_{max} = \omega^2 A = (k/m)A$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 1kg$, 스프링상수 $k = 400N/m$, 진폭 $A = 1cm = 0.01m$이다.
구해야 할 값: 최대 가속도 a_{max}이다.
주의할 조건: 물체를 평형 위치에서 $1cm$ 당겼으므로 이 변위가 진폭이며, 계산 전에 cm를 m로 환산해야 한다.

사용할 공식

스프링 진동의 가속도는 $a = -(k/m)x$이고, 가속도의 크기는 변위의 크기가 진폭 A일 때 최대가 된다. 따라서

$$a_{max} = \frac{k}{m}A$$

를 사용한다. 복원력 $F = -kx$와 뉴턴의 제2법칙 $F = ma$를 결합하면 이 관계가 성립한다.

계산 과정

1. 진폭을 환산하면 $A = 1cm = 0.01m$이다.
2. 공식에 대입하면

$$a_{max} = \frac{400N/m}{1kg} \times 0.01m = 4m/s^2$$

이다.
3. 계산 결과 $4m/s^2$이므로 ④에 해당한다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.1m/s^2$은 계산 결과 $4m/s^2$와 다르다. 이 문항의 값은 0.1이 아니라 4로 고쳐야 한다.
② X — $1m/s^2$은 스프링상수와 진폭을 공식에 정확히 대입한 값이 아니다. 올바른 값은 $4m/s^2$이다.
③ X — $2m/s^2$은 최대 가속도를 절반으로 잘못 계산한 값이다. $a_{max} = (400/1) \times 0.01 = 4m/s^2$로 고쳐야 한다.
④ O — $a_{max} = (k/m)A = (400/1) \times 0.01 = 4m/s^2$이므로 계산 결과와 일치한다.
⑤ X — $8m/s^2$은 올바른 계산값의 두 배이다. 최대 가속도는 $8m/s^2$이 아니라 $4m/s^2$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 진폭 $1cm$를 $0.01m$로 환산하지 않거나, 최대 가속도 공식에서 ωA와 $\omega^2 A$를 혼동하는 것이다. ωA는 최대 속도이고, 최대 가속도에는 $\omega^2 = k/m$가 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

스프링 진동 문제에서는 먼저 변위를 진폭으로 확인하고 SI 단위로 환산한 뒤, 최대 속도는 $v_{max} = \omega A$, 최대 가속도는 $a_{max} = \omega^2 A = (k/m)A$로 구분하여 계산한다.

암기 포인트

스프링 진동의 최대 가속도는 $a_{max} = (k/m)A$이며, 평형 위치가 아니라 양 끝점에서 발생한다.

NoteBase

3. 질량이 3kg이고 가로길이가 4m, 세로길이가 2m인 직사각형 평판이 있다. 질량중심점에 대하여 평판 면에 수직한 방향을 축으로 회전 시킬 때 관성모멘트는? (단위: kg · m²)

① 2
② 4
③ 5
④ 12
⑤ 24

정답 3번

출제 포인트

직사각형 평판의 질량중심을 지나고 평판 면에 수직인 축에 대한 질량관성모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 3kg$, 가로길이 $a = 4m$, 세로길이 $b = 2m$이다.
구해야 할 값: 질량중심을 지나며 평판 면에 수직인 축에 대한 질량관성모멘트 I_z이다.
주의할 조건: 회전축이 평판의 변과 나란한 축이 아니라 면에 수직인 중심축이므로 가로와 세로 길이의 제곱을 모두 반영한다.

사용할 공식

직사각형 평판의 면에 수직인 중심축에 대한 질량관성모멘트는
$I_z = \frac{m}{12}(a^2 + b^2)$
이다. 이는 서로 직교하는 두 평면 내 중심축에 대한 관성모멘트를 수직축 정리로 더한 공식이다.

계산 과정

주어진 값을 공식에 대입하면
$I_z = \frac{3}{12}(4^2 + 2^2) = \frac{3}{12}(16 + 4) = 5kg \cdot m^2$
이다. 따라서 계산 결과는 $5kg \cdot m^2$이다.

선지 판단

① X - $2kg \cdot m^2$는 계산 결과 $5kg \cdot m^2$와 다르다. 올바르게는 $5kg \cdot m^2$이다.
② X - $4kg \cdot m^2$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $5kg \cdot m^2$이다.
③ O - $5kg \cdot m^2$는 $\frac{3}{12}(4^2 + 2^2)$의 계산 결과와 일치한다.
④ X - $12kg \cdot m^2$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $5kg \cdot m^2$이다.
⑤ X - $24kg \cdot m^2$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $5kg \cdot m^2$이다.

NoteBase

오답 포인트

면에 수직인 중심축에서는 한 변의 제곱만 사용하는 $ma^2/12$ 또는 $mb^2/12$가 아니라 두 변의 제곱합을 사용한다. 또한 분모 12를 누락하면 큰 오답값을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

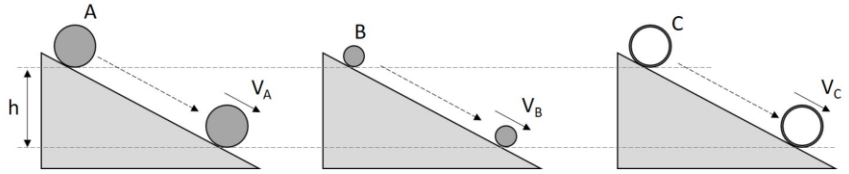
회전축의 방향을 먼저 확인한다. 직사각형 평판의 질량중심을 지나고 면에 수직인 축이면 $I_z = \frac{m}{12}(a^2 + b^2)$를 적용한 뒤 단위가 $kg \cdot m^2$인지 검산한다.

암기 포인트

직사각형 평판의 수직 중심축 관성모멘트는 질량의 12분의 1에 두 변의 제곱합을 곱한 값이다.

NoteBase

4. 그림과 같이 동일한 경사면을 미끄러짐 없이 굴러 내려오는 세 개의 원형 물체가 있다. A 물체는 반경 r이고 질량이 m인 디스크이고, B 물체는 반경이 r/2이고 질량이 m인 디스크이며, C 물체는 중심반경이 r이고 질량이 m인 원형 고리이다. 정지 상태에서 경사면을 따라 같은 높이를 내려왔을 때 각 물체의 속도 관계는?



① $V_A = V_B = V_C$ ② $V_A = V_B > V_C$
③ $V_A = V_B < V_C$ ④ $V_A = V_C > V_B$
⑤ $V_A = V_C < V_B$

정답 2번

출제 포인트

미끄러짐 없이 구르는 물체의 역학적 에너지 보존을 이용하여, 관성모멘트의 형태에 따른 병진 속도를 비교하는 문제이다.

조건 정리

세 물체는 모두 질량이 m이고 정지 상태에서 같은 높이 h만큼 내려온다. A는 반경 r인 원판, B는 반경 $r/2$인 원판, C는 중심반경 r인 원형 고리이다. 미끄러짐 없이 구르므로 각 물체에 대해 $v = R\omega$가 성립한다. 구해야 할 것은 내려온 뒤의 병진 속도 V_A, V_B, V_C의 관계이다.

사용할 공식

에너지 보존식은 다음과 같다.
$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$
$I = kmR^2$, $\omega = v/R$를 대입하면
$v = \sqrt{\frac{2gh}{1+k}}$
가 된다. 이 식에서 속도는 반경 R 자체가 아니라 관성모멘트 계수 k에 의해 결정된다. 원판은 $I = \frac{1}{2}mR^2$이므로 $k = \frac{1}{2}$이고, 원형 고리는 $I = mR^2$이므로 $k = 1$이다.

NoteBase

계산 과정

A와 B는 모두 원판이므로 반경이 달라도
$V_A = V_B = \sqrt{\frac{2gh}{1+1/2}} = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$
이다. C는 원형 고리이므로
$V_C = \sqrt{\frac{2gh}{1+1}} = \sqrt{gh}$
이다. 따라서 $V_A = V_B > V_C$이다. 원형 고리는 같은 질량과 대표 반경에서 회전 관성의 비율이 더 커서 같은 위치에너지 중 더 많은 부분이 회전 운동에너지로 배분되고, 병진 속도는 더 작아진다.

선지 판단

① X — $V_A = V_B = V_C$는 원판과 고리의 관성모멘트 차이를 무시한 관계이다. 올바르게는 $V_A = V_B > V_C$이다.
② O — A와 B는 반경이 달라도 같은 원판이어서 $k = 1/2$가 같고 속도가 같으며, $k = 1$인 고리 C보다 빠르다. 따라서 $V_A = V_B > V_C$이다.
③ X — $V_A = V_B < V_C$는 원판보다 고리가 빠르다고 본 점이 틀리다. 올바르게는 $V_A = V_B > V_C$이다.
④ X — $V_A = V_C > V_B$는 작은 반경의 원판 B가 더 느리다고 본 점과 원판 A와 고리 C의 속도가 같다고 본 점이 틀리다. 올바르게는 반경과 무관하게 두 원판의 속도가 같고, 고리보다 빨라 $V_A = V_B > V_C$이다.
⑤ X — $V_A = V_C < V_B$는 작은 반경의 원판 B가 더 빠르다고 본 점과 원판 A와 고리 C의 속도가 같다고 본 점이 틀리다. 올바르게는 $V_A = V_B > V_C$이다.

오답 포인트

B의 반경이 A의 절반이라는 조건만 보고 B가 더 빠르거나 느리다고 판단하기 쉽다. 그러나 $I = kmR^2$와 $v = R\omega$를 에너지식에 함께 대입하면 R이 소거된다. 속도를 가르는 것은 절대 반경이 아니라 물체 형상에 따른 k이다.

다시 나오면 이렇게 판단

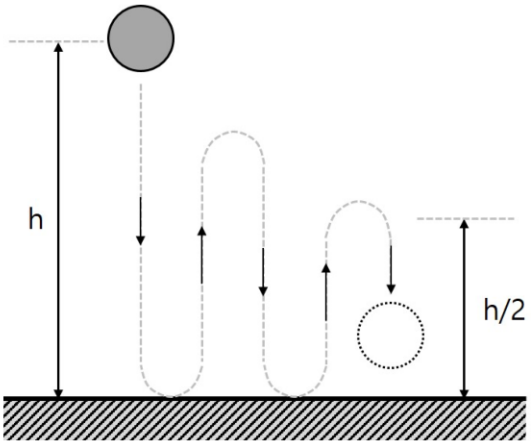
같은 높이에서 미끄러짐 없이 굴러 내려오는 물체는 먼저 $I = kmR^2$로 형상별 k를 확인한다. 그다음 $v = \sqrt{2gh/(1+k)}$를 적용한다. k가 작을수록 병진 속도가 크고, 같은 형상의 물체끼리는 질량과 반경이 달라도 같은 높이에서의 속도가 같다.

암기 포인트

구름 운동의 도착 속도는 $v = \sqrt{2gh/(1+k)}$이며, 같은 형상이면 반경과 무관하고 k가 작은 물체가 더 빠르다. 원판은 $k = 1/2$, 고리는 $k = 1$이다.

NoteBase

5. 질량이 m인 공을 높이 h에서 바닥에 떨어뜨린다. 공이 바닥과 부딪혀 튀어 오르고 다시 아래로 떨어져 바닥과 부딪혀 튀어 오르는 과정을 반복한다. 공과 바닥 사이의 반발계수가 0.9일 때, 공이 튀어 오르는 높이가 h/2 이하가 되는 경우는 공과 바닥이 몇 번째 충돌한 이후인가? (단, 공기의 저항은 무시한다)



① 4번째 이후
② 5번째 이후
③ 6번째 이후
④ 7번째 이후
⑤ 8번째 이후

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반발계수와 충돌 전후 속도의 관계를 이용하여 각 충돌 뒤의 최대 상승 높이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 최초 낙하 높이는 h, 공과 바닥 사이의 반발계수는 $e = 0.9$이다.
구해야 할 값: 공이 튀어 오르는 최대 높이가 $h/2$ 이하가 되는 최초의 충돌 횟수이다.
주의할 조건: 높이는 속도의 제곱에 비례하므로, 충돌 한 번마다 최대 상승 높이는 e배가 아니라 e^2배가 된다.

사용할 공식

바닥과 충돌한 직후의 위쪽 속력은 충돌 직전 아래쪽 속력의 e배이다. 낙하 및 상승 과정에서 $v^2 = 2gH$이므로 속력이 e배가 되면 상승 높이는 e^2배가 된다. 따라서 n번째 충돌 뒤의 최대 상승 높이 H_n은

$H_n = e^{2n}h = (0.9)^{2n}h = (0.81)^n h$

이다. 공기 저항을 무시하므로 각 비행 구간에서 역학적 에너지가 보존되어 이 관계를 적용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

조건은 $H_n \le h/2$이므로
$(0.81)^n h \le \frac{h}{2}$
를 만족하는 가장 작은 자연수 n을 구한다.
3번째 충돌 뒤에는
$H_3 = (0.81)^3 h = 0.531441h > 0.5h$
이고, 4번째 충돌 뒤에는
H_4=(0.81)^4h=0.43046721h≤0.5h
이다. 따라서 처음으로 $h/2$ 이하가 되는 때는 4번째 충돌 이후이다.

선지 판단

① O — 3번째 충돌 뒤의 높이는 $0.531441h$로 $h/2$보다 크지만, 4번째 충돌 뒤에는 $0.43046721h$로 $h/2$ 이하가 된다. 따라서 4번째 이후가 맞다.
② X — '5번째 이후'는 최초 충돌 횟수를 한 번 늦게 잡은 표현이다. 올바르게는 '4번째 이후'이다.
③ X — '6번째 이후'에는 이미 조건을 만족하고 있지만, 최초로 만족하는 시점이 아니다. 올바르게는 '4번째 이후'이다.
④ X — '7번째 이후'는 최초 시점보다 세 번 늦다. 올바르게는 '4번째 이후'이다.
⑤ X — '8번째 이후'는 최초 시점보다 네 번 늦다. 올바르게는 '4번째 이후'이다.

오답 포인트

반발계수 0.9를 높이에 곧바로 곱하면 충돌 횟수를 잘못 구한다. 반발계수는 속도의 비이고 높이는 속도의 제곱에 비례하므로, 높이의 비는 $0.9^2 = 0.81$이다. 또한 '이하가 되는 경우'는 조건을 만족하는 최초의 충돌 횟수를 묻는 표현이므로 5번째 이후처럼 더 늦은 시점을 고르면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

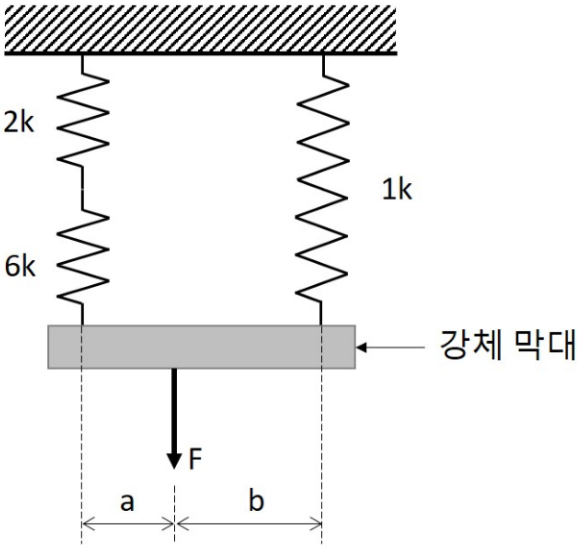
반발 문제에서는 먼저 충돌 뒤 속력의 비를 e로 두고, 최대 높이의 비를 e^2로 바꾼다. 그다음 $H_n = e^{2n}H_0$에 경계값을 대입하여 경계를 처음 넘는 정수 n을 앞뒤 항으로 확인한다.

암기 포인트

반발계수는 속도비 e, 튀어 오르는 높이비는 e^2이다.

NoteBase

6. 그림과 같이 무게가 없는 강체 막대에 스프링상수가 각각 2k, 6k, 1k인 스프링이 연결되어 있다. 강체 막대의 한 지점에 F의 힘을 아랫 방향으로 가할 때, 강체 막대가 수평을 유지하도록 하는 a와 b의 길이 비는?



	a : b
①	1 : 1
②	1 : 8
③	2 : 3
④	3 : 4
⑤	4 : 3

정답 3번

출제 포인트

직렬 스프링의 등가 스프링상수와 강체 막대의 힘·모멘트 평형을 이용하여 하중 작용점의 위치비 $a : b$를 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽은 스프링상수 $2k$, $6k$인 두 스프링이 직렬로 연결되어 있고, 오른쪽은 스프링상수 $1k$인 스프링 하나가 연결되어 있다. 강체 막대가 수평을 유지하므로 양쪽 연결점의 처짐은 같다. 왼쪽 연결점에서 힘 F의 작용점까지의 거리는 a, 작용점에서 오른쪽 연결점까지의 거리는 b이다.

사용할 공식

직렬 스프링의 등가 스프링상수는 $k_{eq} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$이다. 따라서 왼쪽 등가 스프링상수는 $k_L = \frac{(2k)(6k)}{2k + 6k} = \frac{3}{2}k$, 오른쪽은 $k_R = k$이다. 양쪽 처짐이 같은 값을 δ라 하면 스프링 반력은 $R_L = k_L\delta$, $R_R = k_R\delta$이다. 힘의 작용점에 대한 모멘트 평형식은 $R_L a = R_R b$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 직렬 스프링의 등가 스프링상수를 구하면 $k_L = \frac{3}{2}k$이고, 오른쪽은 $k_R = k$이다.
2. 막대가 수평이므로 양쪽 처짐이 같아 $R_L : R_R = k_L : k_R = \frac{3}{2} : 1 = 3 : 2$이다.
3. 힘 F의 작용점에 대한 모멘트 평형에서 $R_L a = R_R b$이므로 $\frac{a}{b} = \frac{R_R}{R_L} = \frac{2}{3}$이다.

따라서 $a : b = 2 : 3$이다.

선지 판단

① X — 1 : 1은 양쪽 반력이 같을 때의 비이지만, 왼쪽 등가 스프링상수가 더 커서 양쪽 반력은 같지 않다. 올바르게는 $a : b = 2 : 3$이다.

② X — 1 : 8은 등가 스프링상수와 모멘트 평형으로 얻어지는 비가 아니다. 올바르게는 $a : b = 2 : 3$이다.

③ O — $R_L : R_R = 3 : 2$이고 $R_L a = R_R b$이므로 $a : b = 2 : 3$이다.

④ X — 3 : 4는 반력비 3 : 2의 역비가 아니다. 올바르게는 $a : b = 2 : 3$이다.

⑤ X — 4 : 3은 큰 왼쪽 반력에 더 긴 모멘트팔을 배정하여 모멘트 평형을 이루지 못한다. 올바르게는 $a : b = 2 : 3$이다.

오답 포인트

왼쪽의 $2k$와 $6k$를 병렬로 보고 $8k$로 더하면 안 된다. 두 스프링은 직렬이므로 등가 스프링상수는 $\frac{3}{2}k$이다. 또한 모멘트 평형에서는 거리비가 반력비의 역비가 되므로 $R_L : R_R = 3 : 2$를 그대로 $a : b$로 쓰지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

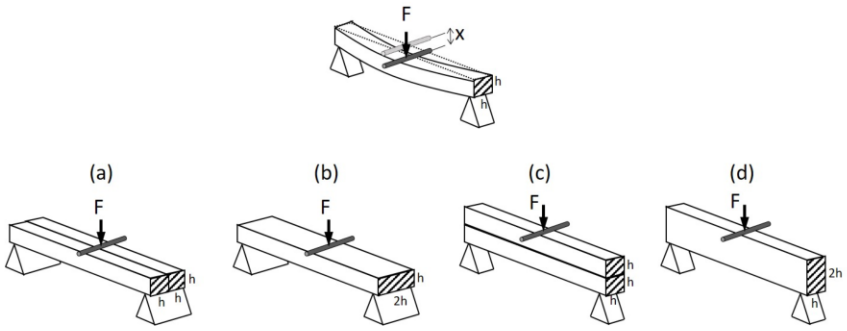
먼저 스프링의 직렬·병렬 연결을 판별하여 등가 스프링상수를 구한다. 막대가 수평이면 양쪽 처짐이 같으므로 반력비를 강성비로 구하고, 하중 작용점에 대한 모멘트 평형을 적용하여 거리비를 반력비의 역비로 정한다.

암기 포인트

같은 처짐에서는 반력비가 강성비이고, 두 반력의 모멘트가 평형이면 거리비는 반력비의 역비이다.

NoteBase

7. 정사각형 모양의 단면을 갖는 빔의 양 끝단을 단순지지하고 중앙에 집중하중이 가해졌을 때 x만큼 처짐이 발생했다. 동일한 재질로 만들어진 빔을 그림과 같이 네 가지 경우로 설치하고 동일한 하중을 가했을 때 각 처짐량은? (단, 빔 사이의 마찰은 무시한다)



	(a)	(b)	(c)	(d)
①	x/2	x/2	x/2	x/2
②	x/2	x/2	x/2	x/8
③	x/2	x/2	x/8	x/8
④	x/2	x/4	x/2	x/4
⑤	x/2	x/4	x/2	x/8

정답 2번

출제 포인트

단순지지보 중앙에 집중하중이 작용할 때의 처짐이 굽힘강성 EI에 반비례한다는 점과, 직사각형 단면의 단면2차모멘트가 높이의 세제곱에 비례한다는 점을 이용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기준 보는 폭과 높이가 각각 h인 정사각형 단면이고 중앙 처짐은 x이다.
구해야 할 값: 같은 재료, 같은 지간, 같은 중앙집중하중에서 (a)~(d)의 처짐이다.
주의할 조건: 보 사이의 마찰을 무시하므로 (c)의 위아래 두 보는 하나의 높이 $2h$짜리 일체형 단면으로 거동하지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

단순지지보 중앙집중하중의 최대 처짐은
$\delta = \frac{FL^3}{48EI}$
이고, 직사각형 단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트는
$I = \frac{bh^3}{12}$
이다. 재료의 탄성계수 E, 하중 F, 지간 L이 같으므로 처짐비는 단면2차모멘트의 역비가 된다.

계산 과정

기준 정사각형 단면의 단면2차모멘트를 $I_0 = h^4/12$라 둔다.
1. (a)는 정사각형 보 두 개가 하중을 함께 받으므로 전체 굽힘강성은 각 보의 굽힘강성 합이다. 따라서 $I_{\text{eff}} = 2I_0$이고 처짐은 $x/2$이다.
2. (b)는 폭이 $2h$, 높이가 h인 단면이므로 $I_b = (2h)h^3/12 = 2I_0$이고 처짐은 $x/2$이다.
3. (c)는 정사각형 보 두 개를 위아래로 놓았지만 마찰이 없어 합성단면 효과가 생기지 않는다. 각 보가 자체 중립축을 기준으로 굽혀지므로 $I_{\text{eff}} = I_0 + I_0 = 2I_0$이고 처짐은 $x/2$이다.
4. (d)는 폭이 h, 높이가 $2h$인 일체형 단면이므로 $I_d = h(2h)^3/12 = 8I_0$이고 처짐은 $x/8$이다.
따라서 (a), (b), (c), (d)는 각각 $x/2$, $x/2$, $x/2$, $x/8$이다.

선지 판단

① X — (d)를 $x/2$로 제시한 부분이 틀렸다. (d)는 단면 높이가 두 배인 일체형 보이므로 올바른 처짐은 $x/8$이다.
② O — (a), (b), (c)는 유효 단면2차모멘트가 모두 $2I_0$이고, (d)는 $8I_0$이므로 $x/2$, $x/2$, $x/2$, $x/8$이 정확하다.
③ X — (c)를 $x/8$로 제시한 부분이 틀렸다. 마찰이 없는 적층 보는 높이 $2h$의 일체형 단면이 아니므로 올바른 처짐은 $x/2$이다.
④ X — (b)와 (d)를 각각 $x/4$로 제시한 부분이 틀렸다. (b)는 폭만 두 배여서 $x/2$, (d)는 높이가 두 배여서 $x/8$이 된다.
⑤ X — (b)를 $x/4$로 제시한 부분이 틀렸다. 폭이 두 배이면 단면2차모멘트도 두 배일 뿐이므로 올바른 처짐은 $x/2$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 (c)의 적층된 두 보를 (d)의 일체형 높이 $2h$ 단면과 같다고 보는 것이다. 마찰이 없으면 층 사이에서 전단력이 전달되지 않아 합성단면 효과가 없으므로 (c)는 I_0 두 개를 단순히 더한 $2I_0$이다. 또한 폭은 단면2차모멘트에 1제곱, 높이는 3제곱으로 반영되므로 폭 두 배와 높이 두 배의 효과가 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 경우가 일체형 단면인지 서로 미끄러질 수 있는 분리형 단면인지 구분한다. 그다음 직사각형의 굽힘 방향 높이를 확인하여 $I = bh^3/12$를 계산하고, 같은 하중·지간·재료에서는 $\delta \propto 1/I$로 처짐을 비교한다.

NoteBase

암기 포인트

직사각형 단면은 폭 두 배이면 I가 두 배, 높이 두 배이면 I가 여덟 배가 된다. 마찰 없는 적층 보는 일체형 단면이 아니다.

NoteBase

8. 베어링에 대한 다음의 설명 중 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르면?

<보 기>

ㄱ. 베어링메탈의 재료는 열전도율이 낮을수록 좋다.
ㄴ. 스러스트베어링(thrust bearing)은 축방향 하중이 작용하는 경우에 적합하다.
ㄷ. 롤러베어링은 볼베어링보다 충격이 큰 경우에 적합하다.
ㄹ. 베어링메탈 재료중 켈밋(kelmet)은 주석(Sn), 아연(Zn), 납(Pb), 안티몬(Sb)으로 구성된 합금이다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ
⑤ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

베어링 재료에 요구되는 성질, 스러스트 베어링의 하중 방향, 볼 베어링과 롤러 베어링의 하중 특성, 켈멧의 조성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

베어링 메탈은 축과 베어링 사이의 마찰을 줄이고 하중을 지지하는 재료로, 마찰열을 잘 방출하도록 열전도율이 높아야 한다.
스러스트 베어링은 축 방향 하중을 지지하는 베어링이다.
롤러 베어링은 롤러가 궤도와 선 접촉하므로 점 접촉하는 볼 베어링보다 큰 하중과 충격 하중에 유리하다.
켈멧은 대표적인 구리-납계 베어링 합금이며, 주석·납·안티몬 등을 주성분으로 하는 화이트 메탈과 구별된다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄴ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. 틀린 표현은 '열전도율이 낮을수록 좋다'이며, 실제로는 마찰열을 빠르게 방출하도록 열전도율이 높을수록 좋다. 따라서 옳은 보기의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
② X — ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. 베어링 메탈은 열의 축적을 막아야 하므로 낮은 열전도율이 아니라 높은 열전도율이 요구된다. 따라서 옳은 보기의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
③ O — ㄴ과 ㄷ이 모두 옳다. 스러스트 베어링은 축 방향 하중에 적합하고, 롤러 베어링은 선 접촉으로 하중을 분산하므로 볼 베어링보다 큰 충격 하중에 적합하다.
④ X — ㄴ은 옳지만 ㄹ이 틀렸다. 틀린 표현은 '켈멧은 주석, 아연, 납, 안티몬으로 구성된 합금'이며, 켈멧은 구리-납계 베어링 합금이다. 따라서 옳은 보기의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
⑤ X — ㄷ은 옳지만 ㄹ이 틀렸다. 켈멧을 주석·아연·납·안티몬 합금으로 설명한 부분이 잘못되었으며, 올바르게는 구리-납계 베어링 합금이다. 따라서 옳은 보기의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

ㄱ에서는 열이 덜 전달되는 것이 좋다고 생각하기 쉽지만, 베어링에서는 발생한 마찰열을 밖으로 방출해야 하므로 높은 열전도율이 유리하다. ㄹ은 켈멧과 주석계 또는 납계 화이트 메탈의 조성을 혼동하게 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

하중 방향은 스러스트를 축 방향으로 연결하고, 볼과 롤러의 비교에서는 점 접촉과 선 접촉을 기준으로 판단한다. 베어링 합금은 켈멧을 구리-납계로 분류하고, 베어링 메탈의 열적 성질은 마찰열 방출에 유리한지를 기준으로 판단한다.

암기 포인트

스러스트는 축 방향, 롤러는 선 접촉·큰 하중, 켈멧은 구리-납계, 베어링 메탈은 높은 열전도율이다.

NoteBase

9. 다음 설명에 해당하는 용접결함은?

> ○ 용융상태의 슬래그와 금속 내의 가스팽창폭발로 용융금속이 비산하여 용접부분 주변에 작은 방울형태로 접착되는 현상
> ○ 전류과다, 아크과다, 용접봉결함 등의 원인으로 발생함

① 기공
② 균열
③ 언더컷(undercut)
④ 오버랩(overlap)
⑤ 스패터(spatter)

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 용접 결함의 발생 모습과 원인을 보고 스패터를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

스패터: 용접 중 비산한 용융 금속의 작은 방울이 모재나 용접부 주변에 달라붙는 현상이다. 과도한 용접 전류, 지나치게 긴 아크, 용접봉의 이상 등으로 발생하기 쉽다.
기공: 응고하는 용접 금속 안에 가스가 빠져나오지 못해 생긴 공동이다.
균열: 용접부나 열영향부가 수축 응력, 경화, 수소 등의 영향으로 갈라진 결함이다.
언더컷: 용접 비드 가장자리의 모재가 홈처럼 파이고 용착 금속으로 채워지지 않은 결함이다.
오버랩: 용착 금속이 모재 위로 흘러넘쳤지만 모재와 충분히 융합되지 않은 결함이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '기공'이다. 기공은 용접 금속 내부에 가스가 갇혀 빈 공간이 생기는 결함이며, 제시된 설명은 용융 금속 방울이 비산·부착되는 스패터이다.
② X — 틀린 표현은 '균열'이다. 균열은 용접부 또는 열영향부가 갈라지는 결함이며, 제시된 설명은 스패터이다.
③ X — 틀린 표현은 '언더컷'이다. 언더컷은 비드 가장자리의 모재가 홈처럼 파인 채 채워지지 않은 결함이며, 제시된 설명은 스패터이다.
④ X — 틀린 표현은 '오버랩'이다. 오버랩은 용착 금속이 모재 위로 흘러넘치고도 충분히 융합되지 않은 결함이며, 제시된 설명은 스패터이다.
⑤ O — 스패터는 용접 중 작은 용융 금속 방울이 주변으로 튀어 모재나 용접부 근처에 붙는 현상이다. 과도한 전류와 아크 상태의 이상 등이 원인이 된다는 설명도 스패터의 특징에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

‘용접부 주변에 작은 방울 형태로 접착된다’는 외관 단서가 핵심이다. 내부의 빈 공간인 기공이나 비드 가장자리의 형상 결함인 언더컷·오버랩과 혼동하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

용융 금속이 방울로 튀어 주변에 붙으면 스패터, 내부에 가스 구멍이 생기면 기공, 갈라지면 균열, 가장자리가 파이면 언더컷, 금속이 융합되지 않은 채 흘러넘치면 오버랩으로 판단한다.

암기 포인트

튀어서 붙은 금속 방울은 스패터이다.

NoteBase

10. 다음 가공방법 중 소성가공에 속하지 않는 것은?

① 주조
② 전조
③ 단조
④ 인발
⑤ 압연

정답 1번

출제 포인트

소성가공과 주조를 재료의 형상을 만드는 원리로 구분하는 문제이다.

핵심 개념

소성가공은 재료에 힘을 가하여 소성변형을 일으키고, 제거되는 재료 없이 원하는 형상으로 만드는 가공법이다.
주조는 금속을 녹인 뒤 주형에 부어 응고시켜 형상을 만드는 방법이므로 소성가공이 아니다.
대표적인 소성가공에는 단조, 압연, 인발, 전조, 압출 등이 있다.

선지별 해설

① O — 주조는 용융 금속을 주형에 붓고 응고시키는 가공법이므로 소성가공에 속하지 않는다. 틀린 분류인 '주조는 소성가공이다'는 '주조는 용해·주조 공정이다'로 고쳐야 한다.
② X — 전조는 다이 사이에서 소재를 눌러 나사산이나 기어 이와 같은 형상을 소성변형으로 만드는 가공법이다.
③ X — 단조는 소재에 압축력을 가하여 원하는 형상과 성질을 얻는 대표적인 소성가공이다.
④ X — 인발은 소재를 다이 구멍으로 잡아당겨 단면적을 줄이고 길이를 늘리는 소성가공이다.
⑤ X — 압연은 회전하는 롤 사이로 소재를 통과시켜 두께나 단면을 줄이는 소성가공이다.

오답 포인트

주조도 금속의 형상을 만드는 가공법이라는 공통점 때문에 소성가공으로 착각하기 쉽다. 그러나 주조는 용해와 응고를 이용하고, 전조·단조·인발·압연은 고체 재료의 소성변형을 이용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

고체 재료에 힘을 가해 영구변형시키면 소성가공으로 판단한다. 금속을 녹여 주형에 붓고 응고시키면 주조이므로 소성가공에서 제외한다.

암기 포인트

전조·단조·인발·압연은 눌러서 또는 당겨서 변형하고, 주조는 녹여서 붓는다.

NoteBase

11. 어떤 기체가 가열되어 압력 200kPa, 부피 0.05m³에서 압력 250 kPa, 부피 0.1m³으로 변화하였다. 이 과정에서 기체의 내부에너지가 30kJ이 증가했다면 이 기체의 엔탈피 변화는? (단위: kJ)

① 15
② 30
③ 45
④ 60
⑤ 75

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 엔탈피의 정의 $H = U + PV$를 이용하여 두 상태 사이의 엔탈피 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 상태: $P_1 = 200kPa, V_1 = 0.05m^3$
최종 상태: $P_2 = 250kPa, V_2 = 0.1m^3$
내부에너지 변화: $\Delta U = 30kJ$
구해야 할 값: 엔탈피 변화 ΔH
단위 관계: $1kPa \cdot m^3 = 1kJ$

사용할 공식

엔탈피는 $H = U + PV$이므로 두 상태 사이에서는 다음 관계가 성립한다.

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + (P_2V_2 - P_1V_1)$$

엔탈피는 내부에너지와 압력·부피 곱의 합으로 정의되는 상태량이므로, 초기와 최종 상태의 값만으로 계산한다.

계산 과정

1. 초기 상태의 압력·부피 곱은 다음과 같다.
$P_1V_1 = (200kPa)(0.05m^3) = 10kJ$
2. 최종 상태의 압력·부피 곱은 다음과 같다.
$P_2V_2 = (250kPa)(0.1m^3) = 25kJ$
3. 따라서 압력·부피 항의 변화량은 $25 - 10 = 15kJ$이다.
4. 엔탈피 변화는 다음과 같다.
$\Delta H = 30kJ + 15kJ = 45kJ$

NoteBase

선지 판단

① X — 15kJ는 $\Delta(PV)$만 계산한 값으로 내부에너지 증가량을 빠뜨렸다. 올바른 엔탈피 변화는 45kJ이다.
② X — 30kJ는 주어진 내부에너지 변화량 ΔU일 뿐이다. $\Delta(PV) = 15kJ$를 더해야 하므로 올바른 값은 45kJ이다.
③ O — $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = 30 + 15 = 45kJ$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 60kJ는 계산 결과보다 15kJ 크다. 압력·부피 항은 한 번만 더하므로 올바른 값은 45kJ이다.
⑤ X — 75kJ는 $\Delta U + \Delta(PV)$의 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 45kJ이다.

오답 포인트

①의 15kJ처럼 $P_2V_2 - P_1V_1$만 답으로 고르거나, ②의 30kJ처럼 내부에너지 변화와 엔탈피 변화를 같다고 보는 것이 핵심 함정이다. 또한 $P_2V_2 - P_1V_1$을 계산해야 하며, 압력 차와 부피 차를 단순히 곱하는 것이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 상태의 압력과 부피 및 내부에너지 변화가 주어지면 먼저 P_1V_1과 P_2V_2를 각각 구하고,
$\Delta H = \Delta U + (P_2V_2 - P_1V_1)$에 대입한다. 마지막으로 $kPa \cdot m^3 = kJ$의 단위 관계를 확인한다.

암기 포인트

엔탈피 변화는 내부에너지 변화에 압력·부피 곱의 변화를 더한 값이다: $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$.

NoteBase

12. 원형의 단면을 갖는 수평하게 놓인 관을 통해 1지점에서 2지점으로 비압축성 유체가 흘러간다. 이 관의 1지점에서의 단면적이 A이고 2지점에서의 단면적이 0.5A라 하면, 두 지점 간 압력 차는 1지점에서 측정된 유체유동에 의한 동압의 몇 배인가? (단, 유체는 베르누이 방정식을 만족한다)

① 0.5 배
② 1 배
③ 2 배
④ 3 배
⑤ 4 배

정답 4번

출제 포인트

연속방정식으로 두 지점의 속도 관계를 구하고, 수평관에 대한 베르누이 방정식으로 압력 차를 1지점의 동압과 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A_1 = A$, $A_2 = 0.5A$이다.
구해야 할 값: 압력 차 $p_1 - p_2$가 1지점 동압 $q_1 = \frac{1}{2}\rho v_1^2$의 몇 배인지 구한다.
주의할 조건: 관은 수평이므로 두 지점의 위치수두가 같고, 비압축성 정상 유동이므로 연속방정식과 베르누이 방정식을 적용한다.

사용할 공식

연속방정식은 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ 이고, 수평관의 베르누이 방정식은 $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$ 이다. 비압축성 유체의 유량은 일정하며, 높이 차가 없는 두 지점의 압력과 속도 관계를 구하므로 이 두 식을 사용한다.

계산 과정

1. 연속방정식에 단면적을 대입한다.
$A v_1 = (0.5A) v_2 \Rightarrow v_2 = 2v_1$
2. 수평관의 베르누이 방정식을 압력 차에 대해 정리한다.
$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$
3. $v_2 = 2v_1$을 대입한다.
$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho(4v_1^2 - v_1^2) = 3\left(\frac{1}{2}\rho v_1^2\right) = 3q_1$
따라서 두 지점의 압력 차는 1지점 동압의 3배이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.5배가 아니라 3배이다. 0.5는 2지점의 단면적비 A_2/A_1일 뿐 압력 차와 동압의 비가 아니다.
② X — 1배가 아니라 3배이다. 속도 변화에 따른 동압 차를 고려하면 $p_1 - p_2 = q_2 - q_1 = 3q_1$이다.
③ X — 2배가 아니라 3배이다. 단면적이 절반이면 속도는 2배가 되지만, 동압은 속도의 제곱에 비례하므로 2지점 동압은 1지점 동압의 4배가 된다.
④ O — 계산 결과 $p_1 - p_2 = 3q_1$이므로 3배가 맞다.
⑤ X — 4배가 아니라 3배이다. 4배는 2지점 동압 q_2와 1지점 동압 q_1의 비이고, 압력 차는 $q_2 - q_1$이므로 3배이다.

오답 포인트

단면적이 절반이므로 속도는 2배가 되지만, 이를 곧바로 압력 차의 배수로 보면 ③을 고르게 된다. 또한 속도를 제곱하여 얻은 4배는 2지점 동압 자체의 배수이지 압력 차의 배수가 아니다. 압력 차는 두 지점 동압의 차이이므로 $4q_1 - q_1 = 3q_1$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

수평 변단면 관 문제에서는 먼저 $A_1v_1 = A_2v_2$로 속도비를 구한 다음, $p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$에 대입한다. 마지막에는 문제에서 기준으로 제시한 지점의 동압으로 나누어 배수를 구한다.

암기 포인트

면적이 1/2이면 속도는 2배, 동압은 4배이며, 수평관의 압력 차는 동압의 차이이므로 기준 동압의 3배이다.

NoteBase

13. 물 500ml를 20℃에서 100℃까지 가열하는데 2분이 걸리도록 전열기를 설계한다면, 이 전열기의 전력은? (단위: W) (단, 가열 중 전력은 모두 물의 가열에 사용되며, 물의 비열은 4.2kJ/kg · K로 가정한다)

① 80
② 330
③ 660
④ 1400
⑤ 2800

정답 4번

출제 포인트

물의 온도를 높이는 데 필요한 열량을 구한 뒤, 이를 가열 시간으로 나누어 전열기의 전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 부피 $500mL$, 비열 $4.2kJ/(kg \cdot K)$, 온도 변화 $100 - 20 = 80K$, 가열 시간 2분
구해야 할 값: 전열기의 전력 P
단위 변환: 물 $500mL = 0.5kg$, $4.2kJ/(kg \cdot K) = 4200J/(kg \cdot K)$, $2min = 120s$
주의할 조건: 전력이 모두 물의 가열에 사용되므로 열손실은 고려하지 않는다.

사용할 공식

필요한 열량은 $Q = mc\Delta T$이고, 전력은 단위 시간당 에너지이므로 $P = Q/t$이다. 따라서
$P = \frac{mc\Delta T}{t}$
를 사용한다. 물의 질량, 비열, 온도 변화로 가열에 필요한 에너지를 구하고 이를 가열 시간으로 나누는 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 온도 변화는 $\Delta T = 100 - 20 = 80K$이다.
2. 필요한 열량은
$Q = 0.5 \times 4200 \times 80 = 168000J$
이다.
3. 가열 시간은 $120s$이므로 전력은
$P = \frac{168000}{120} = 1400W$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 계산 결과는 80W가 아니라 1400W이다. 80은 온도 변화 80K를 전력으로 잘못 본 값이다.
② X — 계산 결과는 330W가 아니라 1400W이다. 질량·비열·온도 변화로 열량을 구한 뒤 시간으로 나누어야 한다.
③ X — 계산 결과는 660W가 아니라 1400W이다. 가열 시간 2분은 계산에서 120s로 변환해야 한다.
④ O — 필요한 열량 168000J을 120s로 나누면 1400W가 된다.
⑤ X — 계산 결과는 2800W가 아니라 1400W이다. 2800W는 정답의 2배이므로 물의 질량 또는 가열 시간 처리를 잘못한 값이다.

오답 포인트

핵심 함정은 단위 변환이다. 비열의 kJ를 J로, 2분을 120s로 바꾸어야 전력의 단위인 $W = J/s$가 나온다. 또한 섭씨온도의 차이는 켈빈온도의 차이와 같으므로 온도 변화는 80K이다.

다시 나오면 이렇게 판단

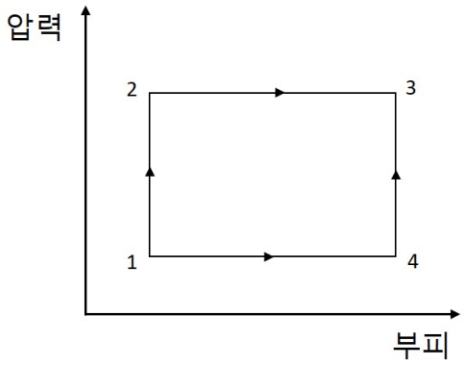
가열 전력 문제는 질량과 온도 변화를 확인하고 $Q = mc\Delta T$로 열량을 구한 다음, 시간을 초로 환산하여 $P = Q/t$를 적용한다. 마지막에는 단위가 $J/s = W$인지 검산한다.

암기 포인트

가열 전력은 $P = mc\Delta T/t$이며, 분은 초로 바꾸고 kJ와 J의 단위를 통일한다.

NoteBase

14. 과정 1→2→3 동안 시스템은 120kJ의 열을 흡수했고 80kJ의 일을 수행하였다. 과정 1→4→3 동안 시스템이 20kJ의 일을 행하였다면, 이 과정에서 출입한 열은? (단위: kJ)



① -140
② -80
③ 0
④ 40
⑤ 60

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 열역학 제1법칙과 내부에너지 변화의 경로 독립성을 이용하여 다른 경로에서 출입한 열을 구하는 문제이다.

조건 정리

경로 1→2→3: 흡수한 열은 $Q_{123} = 120\text{kJ}$, 시스템이 한 일은 $W_{123} = 80\text{kJ}$이다.
경로 1→4→3: 시스템이 한 일은 $W_{143} = 20\text{kJ}$이고, 구해야 할 값은 흡수한 열 Q_{143}이다.
두 경로의 처음 상태와 끝 상태가 각각 1과 3으로 같으므로 내부에너지 변화 ΔU_{13}는 동일하다.

사용할 공식

시스템이 흡수한 열을 양수, 시스템이 한 일을 양수로 두면 열역학 제1법칙은 다음과 같다.
$\Delta U = Q - W$
내부에너지는 상태함수이므로 경로가 달라도 같은 두 상태 사이의 ΔU는 같다. 따라서 먼저 경로 1→2→3에서 ΔU_{13}를 구한 뒤 경로 1→4→3에 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 경로 1→2→3의 내부에너지 변화는
$\Delta U_{13} = Q_{123} - W_{123} = 120 - 80 = 40\text{kJ}$
이다.
2. 경로 1→4→3에서도 내부에너지 변화는 40kJ이다.
3. $Q = \Delta U + W$이므로
$Q_{143} = 40 + 20 = 60\text{kJ}$
이다. 따라서 이 과정에서 시스템으로 들어간 열은 60kJ이다.

선지 판단

① X — -140kJ를 대입하면 $\Delta U = Q - W = -140 - 20 = -160$kJ가 되어 필요한 40kJ와 다르다. 틀린 값 -140kJ → 올바르게는 60kJ이다.
② X — -80kJ를 대입하면 $\Delta U = -80 - 20 = -100$kJ가 되어 상태 1과 3 사이의 내부에너지 변화와 일치하지 않는다. 틀린 값 -80kJ → 올바르게는 60kJ이다.
③ X — 열이 0kJ이면 $\Delta U = 0 - 20 = -20$kJ이므로 성립하지 않는다. 틀린 값 0kJ → 올바르게는 60kJ이다.
④ X — 40kJ는 경로 1→2→3에서 구한 내부에너지 변화이며, 경로 1→4→3의 열이 아니다. $Q = 40$kJ를 대입하면 $\Delta U = 40 - 20 = 20$kJ에 그친다. 틀린 값 40kJ → 올바르게는 60kJ이다.
⑤ O — $Q = 60$kJ이면 $\Delta U = 60 - 20 = 40$kJ가 되어 경로 1→2→3에서 구한 내부에너지 변화와 정확히 일치한다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 40kJ를 곧바로 열로 고르는 것이다. 이 값은 열이 아니라 상태 1에서 3까지의 내부에너지 증가량이다. 두 번째 경로에서 시스템이 20kJ의 일을 했으므로 내부에너지를 40kJ만큼 증가시키려면 그 일까지 보충하는 60kJ의 열이 들어와야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 시작 상태와 끝 상태를 잇는 두 경로가 주어지면, 먼저 정보가 충분한 경로에서 $\Delta U = Q - W$로 내부에너지 변화를 구한다. 그다음 내부에너지 변화가 경로와 무관하다는 점을 이용해 다른 경로에 같은 ΔU를 대입하고 미지의 열이나 일을 계산한다.

암기 포인트

열 Q와 일 W은 경로에 따라 달라지지만 내부에너지 변화 ΔU는 처음과 끝 상태만으로 정해진다. 부호 기준이 '시스템이 한 일은 양수'이면 $\Delta U = Q - W$이다.

NoteBase

15. 유선함수 $\psi(x,y)=x^2+y$로 정의되는 유동이 있다. $\psi(x,y)=5$일 때 x좌표가 2인 점에서의 속도는?

① $\sqrt{5}$
② $\sqrt{8}$
③ $\sqrt{13}$
④ $\sqrt{17}$
⑤ $\sqrt{21}$

정답 4번

출제 포인트

유선함수의 편미분으로 속도 성분을 구하고, 두 성분의 합성으로 속력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 유선함수는 $\psi(x, y) = x^2 + y$이다. $x = 2$, $\psi = 5$이므로 $5 = 2^2 + y$에서 $y = 1$이다. 구해야 할 값은 이 점에서의 속도 벡터의 크기이다.

사용할 공식

2차원 비압축성 유동의 유선함수와 속도 성분의 관계는 $u = \frac{\partial \psi}{\partial y}$, $v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$이다. 속력은 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$로 구한다. 유선함수가 주어졌으므로 이를 편미분하여 직교하는 두 방향의 속도 성분을 얻을 수 있다.

계산 과정

1. $u = \frac{\partial}{\partial y}(x^2 + y) = 1$이다.
2. $v = -\frac{\partial}{\partial x}(x^2 + y) = -2x$이므로 $x = 2$에서 $v = -4$이다.
3. 따라서 속력은 $V = \sqrt{u^2 + v^2} = \sqrt{1^2 + (-4)^2} = \sqrt{17}$이다.

선지 판단

① X — $\sqrt{5}$는 계산 결과 $\sqrt{17}$과 다르다. 올바른 속력은 $\sqrt{17}$이다.
② X — $\sqrt{8}$은 계산 결과 $\sqrt{17}$과 다르다. 올바른 속력은 $\sqrt{17}$이다.
③ X — $\sqrt{13}$은 계산 결과 $\sqrt{17}$과 다르다. 올바른 속력은 $\sqrt{17}$이다.
④ O — 속도 성분이 $u = 1$, $v = -4$이므로 속력은 $\sqrt{1^2 + (-4)^2} = \sqrt{17}$이다.
⑤ X — $\sqrt{21}$은 계산 결과 $\sqrt{17}$과 다르다. 올바른 속력은 $\sqrt{17}$이다.

NoteBase

오답 포인트

유선함수의 함수값 $\psi = 5$ 자체를 속력 계산에 직접 넣는 것이 함정이다. $\psi = 5$는 점의 y좌표를 정하는 조건이고, 속도 성분은 유선함수를 편미분하여 구한다. 또한 v의 음의 부호는 방향을 나타내며, 속력에서는 제곱되므로 최종 크기에 음수가 남지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

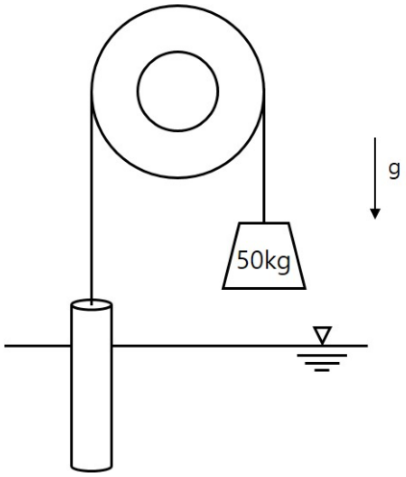
유선함수가 주어지면 먼저 $u = \partial\psi/\partial y$, $v = -\partial\psi/\partial x$로 속도 성분을 구한 뒤, 요구된 좌표를 대입하고 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$로 속력을 계산한다.

암기 포인트

유선함수는 편미분하여 속도 성분을 구하고, 속력은 두 성분의 제곱합의 제곱근으로 구한다.

NoteBase

16. 그림과 같이 원통모양의 물체를 질량 50kg의 추를 이용하여 끌어 올리던 중 원통부피의 3/4이 물속에 잠겨있는 채로 균형을 이루며 멈추었다. 원통모양 물체의 부피는? (단위: m^3) (단, 물의 밀도는 1,000kg/m^3, 원통모양 물체의 밀도는 2,000kg/m^3이다)



① 0.04
② 0.05
③ 0.06
④ 0.07
⑤ 0.08

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 물속에 잠긴 부분에 작용하는 부력과 추의 장력으로 원통을 지탱하는 힘의 평형식을 세워 원통의 전체 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

원통의 전체 부피를 V라 하면 잠긴 부피는 $\frac{3}{4}V$이다.
물의 밀도는 $1{,}000kg/m^3$, 원통의 밀도는 $2{,}000kg/m^3$, 추의 질량은 $50kg$이다.
원통과 추가 정지하여 평형을 이루므로 원통에는 아래쪽의 자중과 위쪽의 부력 및 줄의 장력이 평형을 이룬다.

사용할 공식

부력은 잠긴 유체의 무게와 같으므로 $F_B = \rho_w g V_{sub}$이고, 원통의 무게는 $W = \rho_c g V$이다. 평형 상태의 추에 의해 줄의 장력은 $T = 50g$이다.
따라서 원통의 힘의 평형식은 $\rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right) + 50g = \rho_c g V$이다. 이 식은 원통에 작용하는 위쪽 힘인 부력과 장력의 합이 아래쪽 힘인 원통의 무게와 같기 때문에 사용한다.

NoteBase

계산 과정

주어진 밀도를 대입하고 양변의 g를 약분하면 $1{,}000 \times \frac{3}{4}V + 50 = 2{,}000V$이다.
이를 정리하면 $50 = (2{,}000 - 750)V = 1{,}250V$이므로 $V = \frac{50}{1{,}250} = 0.04m^3$이다.

선지 판단

① O — $V = 0.04m^3$일 때 원통의 무게에서 부력을 뺀 값이 $50g$가 되어 추의 장력과 정확히 평형을 이룬다.
② X — $0.05m^3$는 평형에 $62.5kg$의 추가 필요한 부피이므로 틀리며, 올바른 부피는 $0.04m^3$이다.
③ X — $0.06m^3$는 평형에 $75kg$의 추가 필요한 부피이므로 틀리며, 올바른 부피는 $0.04m^3$이다.
④ X — $0.07m^3$는 평형에 $87.5kg$의 추가 필요한 부피이므로 틀리며, 올바른 부피는 $0.04m^3$이다.
⑤ X — $0.08m^3$는 평형에 $100kg$의 추가 필요한 부피이므로 틀리며, 올바른 부피는 $0.04m^3$이다.
계산 결과가 $0.04m^3$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

원통 전체가 아니라 전체 부피의 $\frac{3}{4}$만 잠겨 있으므로 부력 계산에는 $\frac{3}{4}V$를 사용한다. 또한 추의 힘은 원통의 무게 전체와 같지 않고, 원통의 무게에서 부력을 뺀 나머지를 장력으로 지탱한다.

다시 나오면 이렇게 판단

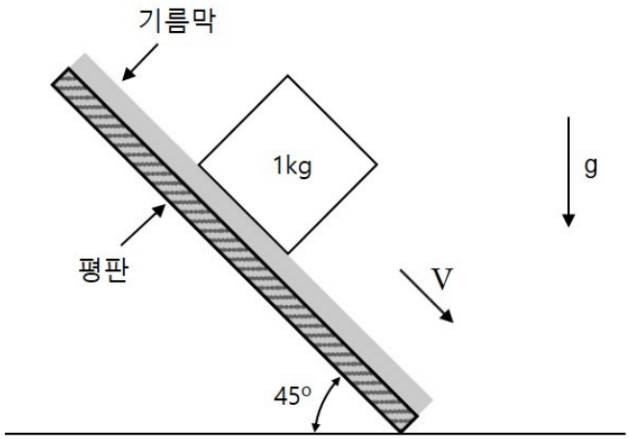
먼저 물체별 자유물체도를 생각하고, 잠긴 부피로 부력을 계산한 뒤, 정지 조건에서 위쪽 힘의 합과 아래쪽 힘의 합을 같게 둔다. 마지막으로 밀도와 부피의 곱이 질량 단위가 되는지 검산한다.

암기 포인트

부분 잠김 부력은 $\rho_w g V_{sub}$이고, 정지한 물체에서는 부력과 장력의 합이 물체의 무게와 같다.

NoteBase

17. 한 면의 넓이가 200cm²인 질량 1kg의 정육면체가 그림과 같이 수평선에 대하여 45° 기울어진 평판 위에 있다. 두께가 2mm인 기름막 위에서 일정 속도 V = 0.98m/s로 미끄러질 때, 기름막의 점성계수는? (단위: N.s/m²) (단, 중력가속도는 9.8m/s²이다)



① $\sqrt{2}/5$
② $\sqrt{2}/4$
③ $\sqrt{2}/3$
④ $\sqrt{2}/2$
⑤ $1/4$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등속으로 미끄러지는 평판의 경사 방향 힘 평형과 뉴턴의 점성법칙을 이용해 기름막의 점성계수 μ를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 1kg$, 평판 넓이 $A = 200cm^2 = 0.02m^2$, 경사각 $\theta = 45°$, 기름막 두께 $h = 2mm = 0.002m$, 속도 $V = 0.98m/s$, 중력가속도 $g = 9.8m/s^2$이다.
구해야 할 값: 기름막의 점성계수 μ이다.
주의할 조건: 평판이 일정 속도로 움직이므로 가속도는 0이며, 경사면 아래 방향의 중력 성분과 기름막의 점성 저항력이 평형을 이룬다.

NoteBase

사용할 공식

기름막의 속도 분포를 선형으로 보면 전단응력은 $\tau = \mu V/h$이고, 점성 저항력은 $F = \tau A = \mu(V/h)A$이다. 등속 운동이므로 경사 방향 힘 평형은 $mg\sin\theta = \mu\frac{V}{h}A$이다. 따라서 $\mu = \frac{mg\sin\theta h}{AV}$를 사용한다. 이 공식은 평판과 고정면 사이의 얇은 기름막에서 생기는 점성 저항력이 평판의 경사 방향 중력 성분과 같기 때문에 적용된다.

계산 과정

1. 넓이와 두께를 SI 단위로 바꾸면 $A = 200 \times 10^{-4} = 0.02m^2$, $h = 2 \times 10^{-3} = 0.002m$이다.
2. 힘 평형식에 값을 대입하면 $\mu = \frac{1 \times 9.8 \times \sin 45^\circ \times 0.002}{0.02 \times 0.98}$이다.
3. $\sin 45^\circ = \sqrt{2}/2$이므로 $\mu = \frac{9.8 \times (\sqrt{2}/2) \times 0.002}{0.0196} = \frac{\sqrt{2}}{2} N \cdot s/m^2$이다.

선지 판단

① X — $\sqrt{2}/5$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{2}/5$를 올바르게 고치면 $\sqrt{2}/2$이다.
② X — $\sqrt{2}/4$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{2}/4$를 올바르게 고치면 $\sqrt{2}/2$이다.
③ X — $\sqrt{2}/3$은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{2}/3$을 올바르게 고치면 $\sqrt{2}/2$이다.
④ O — 힘 평형식에 SI 단위로 환산한 값을 대입한 결과가 $\sqrt{2}/2 N \cdot s/m^2$이므로 옳다.
⑤ X — 1/4은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 1/4을 올바르게 고치면 $\sqrt{2}/2$이다.
계산 결과 $\sqrt{2}/2 N \cdot s/m^2$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

넓이 $200cm^2$를 $0.02m^2$로, 두께 $2mm$를 $0.002m$로 바꾸는 단위 환산이 핵심이다. 또한 중력 전체 mg가 아니라 경사면과 나란한 성분 $mg\sin 45^\circ$를 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

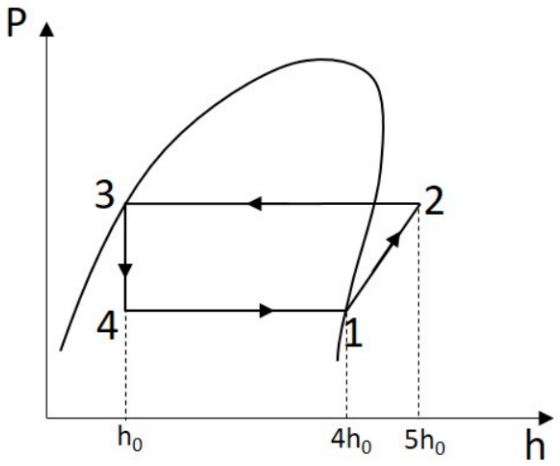
기름막 사이에서 평판이 등속 운동하면 먼저 운동 방향의 힘 평형을 세우고, 점성 저항력 $F = \mu(V/h)A$를 대입한 뒤 모든 길이와 넓이를 SI 단위로 환산해 계산한다.

암기 포인트

등속 미끄럼에서는 구동력과 점성 저항력이 같으며, 점성 저항력은 $F = \mu AV/h$이다.

NoteBase

18. 어떤 냉동사이클의 P-h선도가 그림과 같다. 설명 중 옳은 것은?



① 냉동사이클이 냉동기로 사용될 때 성능계수는 4이다.
② 냉동사이클이 열펌프로 사용될 때 성능계수는 5이다.
③ 주로 열을 방출하는 과정은 3에서 4로 갈 때이다.
④ 주로 열을 흡수하는 과정은 1에서 2로 갈 때이다.
⑤ 냉동사이클에서 방출하는 열량이 흡수하는 열량보다 많다.

정답 5번

출제 포인트

P-h선도에서 각 과정의 엔탈피 차로 냉동효과, 압축일, 방출열량을 구하고 냉동기와 열펌프의 성능계수를 구분하는 문제이다. 그림에서 $h_1 = 4h_0$, $h_2 = 5h_0$, $h_3 = h_4 = h_0$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 냉동기의 성능계수는 냉동효과를 압축일로 나눈 값이므로 $COP_R = (h_1 - h_4)/(h_2 - h_1) = (4h_0 - h_0)/(5h_0 - 4h_0) = 3$이다. '성능계수는 4이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '성능계수는 3이다'이다.

② X — 열펌프의 성능계수는 응축기 방출열량을 압축일로 나눈 값이므로 $COP_{HP} = (h_2 - h_3)/(h_2 - h_1) = (5h_0 - h_0)/(5h_0 - 4h_0) = 4$이다. '성능계수는 5이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '성능계수는 4이다'이다.

③ X — 3에서 4로 가는 과정은 팽창밸브의 교축과정이며, 이상적으로 엔탈피가 일정하고 주된 열의 출입이 없다. '주로 열을 방출하는 과정'이 틀렸으며, 열 방출은 2에서 3으로 가는 응축과정에서 일어난다.

④ X — 1에서 2로 가는 과정은 압축과정이며, 압축기의 일이 냉매에 공급된다. '주로 열을 흡수하는 과정'이 틀렸으며, 열 흡수는 4에서 1로 가는 증발과정에서 일어난다.

⑤ O — 냉동사이클이 방출하는 열량은 $q_H = h_2 - h_3 = 4h_0$이고 흡수하는 열량은 $q_L = h_1 - h_4 = 3h_0$이므로, 방출열량이 흡수열량보다 많다. 그 차이 h_0는 압축기에 공급된 일이다.

오답 포인트

냉동기 성능계수와 열펌프 성능계수의 분자를 바꾸어 계산하거나, 과정의 방향만 보고 열의 출입을 잘못 연결하기 쉽다. 냉동효과는 4→1, 열 방출은 2→3, 압축일은 1→2, 교축은 3→4에 해당한다.

다시 나오면 이렇게 판단

P-h선도에서 먼저 각 점의 엔탈피를 읽은 뒤 $q_L = h_1 - h_4$, $w = h_2 - h_1$, $q_H = h_2 - h_3 = q_L + w$를 계산한다. 냉동기는 $COP_R = q_L/w$, 열펌프는 $COP_{HP} = q_H/w = COP_R + 1$로 판단한다.

암기 포인트

냉동기는 흡수열 기준, 열펌프는 방출열 기준이며 $COP_{HP} = COP_R + 1$이다.

NoteBase

19. 축류수차만으로 짝지어진 것은?

① 프란시스수차(Francis turbine), 바커수차(Barker turbine)
② 카플란수차(Kaplan turbine), 프로펠러수차(Propeller turbine)
③ 카플란수차(Kaplan turbine), 프란시스수차(Francis turbine)
④ 펠톤수차(Pelton turbine), 프로펠러수차(Propeller turbine)
⑤ 펠톤수차(Pelton turbine), 프란시스수차(Francis turbine)

정답 2번

출제 포인트

수차를 러너를 통과하는 물의 흐름 방향에 따라 구분하고, 축류수차끼리 묶인 조합을 찾는 문제이다.

핵심 개념

축류수차: 물이 수차의 축과 거의 평행한 방향으로 러너를 통과하는 수차이다. 카플란수차와 프로펠러수차가 대표적이다.
카플란수차는 러너 날개의 각도를 조절할 수 있는 축류 반동수차이고, 프로펠러수차는 일반적으로 러너 날개가 고정된 축류 반동수차이다.
프란시스수차는 물이 반지름 방향으로 들어와 축 방향으로 나가는 혼류수차이고, 펠톤수차는 물 제트가 버킷에 접선 방향으로 충돌하는 충동수차이다. 바커수차는 굽은 팔 끝에서 물이 분출될 때 생기는 반작용으로 회전하는 반동수차로, 축류수차가 아니다.

선지별 해설

① X — 프란시스수차는 혼류수차이고 바커수차는 분출수의 반작용으로 회전하는 수차이므로 축류수차만의 조합이 아니다. 틀린 조합 '프란시스수차, 바커수차'는 '카플란수차, 프로펠러수차'로 고쳐야 한다.
② O — 카플란수차와 프로펠러수차는 모두 물이 축과 거의 평행하게 러너를 통과하는 축류수차이다.
③ X — 카플란수차는 축류수차이지만 프란시스수차는 혼류수차이다. 틀린 '프란시스수차'는 '프로펠러수차'로 고치면 둘 다 축류수차가 된다.
④ X — 프로펠러수차는 축류수차이지만 펠톤수차는 접선 방향의 물 제트를 이용하는 충동수차이다. 틀린 '펠톤수차'는 '카플란수차'로 고치면 둘 다 축류수차가 된다.
⑤ X — 펠톤수차는 접선류 충동수차이고 프란시스수차는 혼류수차이므로 둘 다 축류수차가 아니다. 틀린 조합 '펠톤수차, 프란시스수차'는 '카플란수차, 프로펠러수차'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

모두 수력 터빈의 명칭이라는 점만 보고 반동수차와 축류수차를 같은 분류로 오인하기 쉽다. 특히 프란시스수차도 반동수차이지만 흐름 방향 기준으로는 혼류수차이므로 축류수차에 포함되지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

수차의 작동 방식이 아니라 물이 러너를 통과하는 방향을 기준으로 판단한다. 축과 평행하게 흐르면 축류이며, 카플란수차와 프로펠러수차를 한 묶음으로 찾는다.

암기 포인트

축류는 카플란·프로펠러, 혼류는 프란시스, 접선류 충동형은 펠톤이다.

NoteBase

20. 다음 설명에 적절한 현상은?

> ○ 유체가 유동하는 관로의 밸브가 갑자기 닫히는 경우 발생하는 압력파에 의한 현상
> ○ 지속되는 경우 관로를 손상시킬 수 있음

① 공동현상
② 수격현상
③ 맥동현상
④ 축추력현상
⑤ 서징현상

정답 2번

출제 포인트

밸브가 갑자기 닫힐 때 발생하는 압력파와 관로 손상 가능성을 통해 수격현상을 식별하는 문제이다.

핵심 개념

수격현상: 관로를 흐르던 유체의 속도가 밸브의 급폐쇄 등으로 급격히 변할 때 압력파가 발생하여 관로를 전파하는 현상이다. 큰 압력 변동이 반복되거나 지속되면 관, 밸브, 이음부 등이 손상될 수 있다.
공동현상은 국부 압력 저하로 기포가 생겼다가 붕괴하는 현상이고, 맥동현상은 압력이나 유량이 주기적으로 변동하는 현상이다. 축류력현상은 밸브를 지나는 유체의 운동량 변화로 밸브 축 방향의 힘이 생기는 현상이며, 서징현상은 펌프나 압축기의 운전이 불안정해져 유량과 압력이 크게 진동하는 현상이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 공동현상은 국부 압력이 유체의 증기압보다 낮아져 기포가 발생하고, 이 기포가 고압 영역에서 붕괴하면서 소음·진동·침식을 일으키는 현상이다. '밸브의 갑작스러운 폐쇄에 따른 압력파'가 아니라 '압력 저하에 따른 기포의 발생과 붕괴'로 고쳐야 한다.
② O — 수격현상은 유동 중인 관로의 밸브가 갑자기 닫힐 때 유체 속도가 급변하면서 압력파가 발생하는 현상이다. 큰 압력파가 지속되면 관로와 부속품을 손상시킬 수 있으므로 제시된 설명과 일치한다.
③ X — 맥동현상은 왕복동 펌프나 압축기 등에서 압력 또는 유량이 주기적으로 변동하는 현상이다. '밸브 급폐쇄에 따른 순간적인 압력파'가 아니라 '압력·유량의 주기적 변동'으로 고쳐야 한다.
④ X — 축류력현상은 밸브를 통과하는 유체의 운동량이 변하면서 밸브의 축 방향으로 힘이 작용하는 현상이다. '관로를 전파하는 압력파'가 아니라 '유체의 운동량 변화로 발생하는 축 방향 힘'으로 고쳐야 한다.
⑤ X — 서징현상은 펌프나 압축기가 불안정한 운전 영역에 있을 때 유량과 압력이 큰 폭으로 주기적으로 진동하는 현상이다. '밸브 급폐쇄로 생기는 압력파'가 아니라 '유체기계의 불안정 운전에 따른 유량·압력의 큰 진동'으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

수격현상도 압력 변동을 일으키므로 맥동현상이나 서징현상과 혼동하기 쉽다. 이 문항에서는 '유동 중인 관로', '밸브가 갑자기 닫힘', '압력파', '관로 손상'이 수격현상을 확정하는 표현이다.

다시 나오면 이렇게 판단

밸브의 급폐쇄·급개방처럼 유속이 갑자기 변하고 그 결과 압력파가 관로를 전파하면 수격현상으로 판단한다. 기포의 발생·붕괴는 공동현상, 주기적인 유량·압력 변화는 맥동 또는 서징현상으로 구분한다.

암기 포인트

밸브 급폐쇄 → 유속 급변 → 압력파 발생 → 수격현상이다.

NoteBase