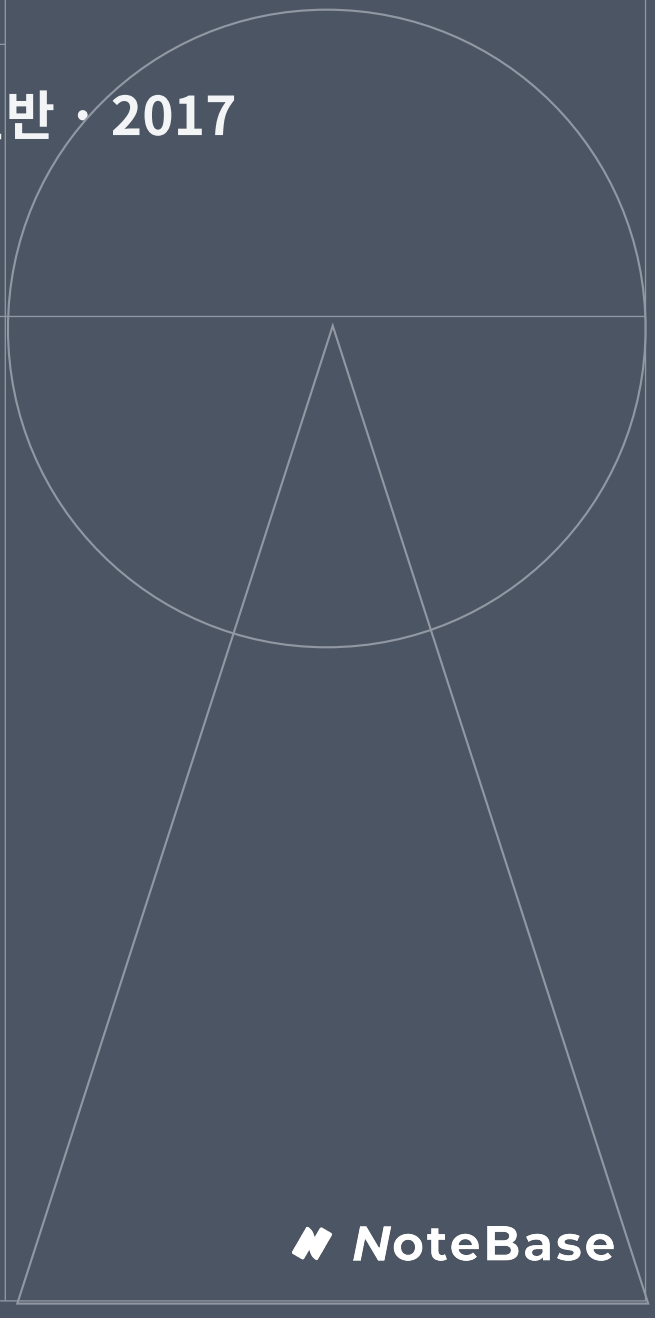
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2017

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2017

1. 다음 금속 중 결정구조가 다른 하나는?

① 알루미늄(Al)
② 니켈(Ni)
③ 크롬(Cr)
④ 구리(Cu)
⑤ 은(Ag)

정답 3번

출제 포인트

상온에서 금속의 대표 결정구조가 면심입방격자(FCC)인지 체심입방격자(BCC)인지 구별하는 문제이다.

핵심 개념

면심입방격자(FCC)는 정육면체의 꼭짓점과 각 면의 중심에 원자가 놓인 구조이다. 알루미늄, 니켈, 구리, 은은 FCC 구조이다.
체심입방격자(BCC)는 정육면체의 꼭짓점과 중심에 원자가 놓인 구조이다. 크롬은 BCC 구조이다.

선지별 해설

① X — 알루미늄(Al)은 FCC 구조이므로 나머지와 다른 금속이 아니다. '알루미늄의 결정구조가 다르다'가 아니라 '알루미늄은 니켈·구리·은과 같은 FCC 구조이다'가 옳다.
② X — 니켈(Ni)은 FCC 구조이므로 나머지와 다른 금속이 아니다. '니켈의 결정구조가 다르다'가 아니라 '니켈은 알루미늄·구리·은과 같은 FCC 구조이다'가 옳다.
③ O — 크롬(Cr)은 BCC 구조이고, 나머지 네 금속은 FCC 구조이므로 결정구조가 다르다.
④ X — 구리(Cu)는 FCC 구조이므로 나머지와 다른 금속이 아니다. '구리의 결정구조가 다르다'가 아니라 '구리는 알루미늄·니켈·은과 같은 FCC 구조이다'가 옳다.
⑤ X — 은(Ag)은 FCC 구조이므로 나머지와 다른 금속이 아니다. '은의 결정구조가 다르다'가 아니라 '은은 알루미늄·니켈·구리와 같은 FCC 구조이다'가 옳다.

NoteBase

오답 포인트

보기의 금속이 모두 익숙하다는 이유로 같은 구조라고 판단하기 쉽다. 이 문항에서는 크롬만 BCC이고 알루미늄·니켈·구리·은은 모두 FCC라는 구분이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 금속을 결정구조별로 먼저 분류한다. 보기에서 알루미늄·니켈·구리·은은 FCC로 묶고, BCC인 크롬을 다른 하나로 판단한다.

암기 포인트

알·니·구·은은 FCC, 크롬은 BCC이다.

NoteBase

2. 다음 중 경계층 유동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물체의 표면 근처에서 발생한다.
② 전단응력이 일정하다.
③ 속도구배가 존재한다.
④ 점성유동이다.
⑤ 회전유동이다.

정답 2번

출제 포인트

경계층에서 점성의 영향으로 나타나는 속도구배, 전단응력, 회전성의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

경계층은 물체 표면 가까이에서 점성의 영향이 크게 나타나는 얇은 유동 영역이다. 표면의 유체 속도는 점착 조건에 따라 0이고, 표면에서 멀어질수록 외부 유동 속도에 가까워지므로 속도구배가 생긴다. 이 속도구배 때문에 전단응력과 회전성이 나타나지만, 전단응력의 크기는 경계층 전체에서 일정하지 않다.

선지별 해설

① O — 경계층은 유체가 접하는 물체의 표면 근처에서 발생한다. 이 영역에서 점성의 영향이 두드러진다.
② X — 틀린 표현은 '전단응력이 일정하다'이다. 전단응력은 속도구배에 따라 달라지므로 경계층 내부에서 일정하지 않다. 올바르게는 '경계층에서는 위치에 따라 전단응력이 변한다'이다.
③ O — 표면에서는 속도가 0이고 경계층 바깥쪽으로 갈수록 속도가 증가하므로 표면에 수직인 방향으로 속도구배가 존재한다.
④ O — 경계층은 점성의 영향을 무시할 수 없는 영역이므로 점성유동이다.
⑤ O — 경계층 안에서는 속도가 위치에 따라 변하여 유체 요소에 회전성이 생기므로 일반적으로 회전유동이다.

오답 포인트

③의 '속도구배가 존재한다'는 사실과 ②의 '전단응력이 일정하다'를 함께 맞는 설명으로 착각하기 쉽다. 속도구배가 존재한다는 것은 전단응력이 생긴다는 뜻이지, 그 크기가 모든 위치에서 같다는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

경계층은 '표면 근처, 점성 영향, 속도구배, 전단응력, 회전성'으로 판단한다. 다만 속도구배가 위치에 따라 달라지므로 전단응력도 일정하지 않다는 점을 구분한다.

NoteBase

암기 포인트

경계층은 점성·속도구배·회전성이 있고, 전단응력은 일정하지 않다.

NoteBase

3. 소성 가공에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 열간 가공된 제품의 표면 상태는 양호하고 치수도 균일하다.
② 재결정 온도 이하에서의 가공을 냉간 가공이라고 한다.
③ 소성 가공에는 단조, 인발, 압연, 압출, 전조 가공이 있다.
④ 냉간 가공 시 항복강도, 인장강도 등을 개선할 수 있다.
⑤ 냉간 단조의 예로 코이닝(coining)과 스웨이징(swaging)이 있다.

정답 1번

출제 포인트

소성 가공의 종류와 열간 가공·냉간 가공을 구분하는 기준 및 각각의 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

소성 가공은 재료에 외력을 가해 소성변형을 일으켜 원하는 형상과 치수를 얻는 가공법이다.
열간 가공은 재결정 온도 이상에서 이루어져 가공경화가 누적되기 어렵지만, 산화와 스케일 때문에 표면 상태와 치수 정밀도가 나빠지기 쉽다.
냉간 가공은 재결정 온도 이하에서 이루어지며, 표면 상태와 치수 정밀도가 좋고 가공경화로 항복강도와 인장강도가 증가한다.

선지별 해설

① X — '열간 가공된 제품의 표면 상태는 양호하고 치수도 균일하다'는 부분이 틀리다. 열간 가공에서는 산화와 스케일이 발생하고 냉각 중 수축도 생기므로 표면 상태가 거칠고 치수 정밀도가 낮아지기 쉽다고 고쳐야 한다.
② O — 재결정 온도 이하에서 하는 소성 가공을 냉간 가공이라고 한다.
③ O — 단조, 인발, 압연, 압출, 전조는 모두 재료를 소성변형시켜 형상을 만드는 대표적인 소성 가공법이다.
④ O — 냉간 가공을 하면 가공경화가 일어나 일반적으로 항복강도와 인장강도가 증가한다.
⑤ O — 코이닝은 폐쇄된 금형으로 표면 무늬와 정밀 형상을 만드는 압인 가공이고, 스웨이징은 다이의 반복적인 타격으로 단면을 줄이거나 형상을 만드는 가공으로서 냉간 단조의 예에 해당한다.

오답 포인트

①은 열간 가공이 변형이 쉽고 큰 가공량에 유리하다는 장점을 표면 품질과 치수 정밀도까지 우수하다는 뜻으로 바꾼 함정이다. 표면 상태와 치수 정밀도는 일반적으로 냉간 가공이 더 우수하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 가공 온도를 재결정 온도와 비교한다. 재결정 온도 이상이면 열간 가공으로 보고 큰 변형과 낮은 변형저항을, 재결정 온도 이하이면 냉간 가공으로 보고 좋은 표면·치수 정밀도와 가공경화를 연결한다.

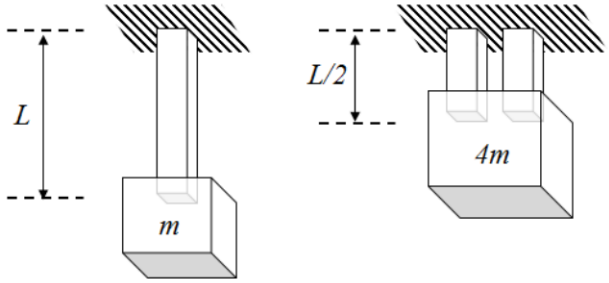
NoteBase

암기 포인트

열간은 큰 변형에 유리하지만 표면·치수는 불리하고, 냉간은 표면·치수가 좋으며 가공경화로 강도가 증가한다.

NoteBase

4. 그림과 같이 길이가 L인 선형탄성 막대의 양쪽 끝을 각각 천장과 질량 m인 물체에 매달았더니 막대가 d만큼 변형하였다. 이 막대를 길이가 $L/2$인 두 개의 막대로 나누어 양쪽 끝을 각각 천장과 질량 $4m$인 물체에 매달았을 경우 막대의 변형은?



① $d/8$
② $d/4$
③ $d/2$
④ d
⑤ $2d$

정답 4번

출제 포인트

축방향 하중을 받는 선형탄성 막대의 변형량 공식과, 같은 막대 두 개가 병렬로 하중을 분담하는 관계를 이용해 변형량을 비교하는 문제이다.

조건 정리

처음 막대의 길이는 L, 하중은 mg, 변형량은 d이다. 나눈 뒤에는 동일한 막대가 2개이고 각 막대의 길이는 $L/2$이다. 전체 하중 $4mg$은 대칭인 두 막대에 똑같이 분배되므로 각 막대가 받는 하중은 $2mg$이다. 막대의 단면적 A와 탄성계수 E는 변하지 않는다.

사용할 공식

축방향 인장력을 받는 균일한 선형탄성 막대의 변형량은

$\delta = \frac{PL}{AE}$

이다. 여기서 P는 막대 하나에 작용하는 축력이다. 두 막대는 동일하고 물체가 대칭으로 매달려 있으므로 전체 하중의 절반을 각각 부담하며, 각 막대의 변형량이 곧 물체의 처짐량이 된다.

NoteBase

계산 과정

처음 막대의 변형량은
$d = \frac{(mg)L}{AE}$
이다. 새 구조에서 막대 하나의 축력은 $4mg/2 = 2mg$이고 길이는 $L/2$이므로
$\delta' = \frac{(2mg)(L/2)}{AE} = \frac{mgL}{AE} = d$
이다. 따라서 두 막대로 나눈 뒤의 변형량도 d이다.

선지 판단

① X — $d/8$이 아니다. 하중을 두 막대가 나누어도 각 막대의 축력은 원래의 2배이고 길이는 절반이므로 두 효과가 상쇄되어 올바른 변형량은 d이다.
② X — $d/4$이 아니다. 전체 하중 $4mg$을 각 막대에 그대로 적용하거나 병렬 하중 분담과 길이 감소를 중복 반영하면 안 되며, 올바른 변형량은 d이다.
③ X — $d/2$가 아니다. 길이가 절반이라는 조건만 반영하면 $d/2$로 오인하지만, 각 막대의 축력이 mg에서 $2mg$로 증가하므로 올바른 변형량은 d이다.
④ O — 계산 결과 $\delta' = d$이므로 옳다.
⑤ X — $2d$가 아니다. 각 막대의 축력이 2배라는 조건만 반영하면 $2d$로 오인하지만, 길이가 절반이므로 올바른 변형량은 d이다.

오답 포인트

전체 하중 $4mg$을 막대 하나의 하중으로 사용하지 않아야 한다. 동일한 두 막대가 병렬로 지지하므로 각 막대의 하중은 $2mg$이다. 또한 변형량은 하중 P와 길이 L에 각각 비례하므로, 축력의 2배 증가와 길이의 절반 감소를 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전체 하중을 병렬 부재 수에 따라 분배하여 부재 하나의 축력을 구한 뒤, 그 부재의 실제 길이를 $\delta = PL/(AE)$에 대입한다. 마지막에는 원래 변형량과의 비 δ'/d를 계산하면 단면적과 탄성계수 같은 공통량이 소거된다.

암기 포인트

축변형은 $PL/(AE)$이다. 병렬 부재에서는 전체 하중이 아니라 부재 하나가 분담하는 하중을 사용한다.

NoteBase

5. 선형탄성 재료로 이루어진 균일단면 봉의 양 끝점이 고정되어 있다. 다음 중 이 봉의 온도가 변하여 발생하는 열변형과 열응력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 열응력은 탄성계수가 클수록 더 커진다.
② 열응력은 열팽창계수가 클수록 더 커진다.
③ 축 방향 변형률은 없다.
④ 열응력은 봉의 단면적과 무관하다.
⑤ 열응력은 봉의 길이가 길어질수록 더 커진다.

정답 5번

출제 포인트

양 끝이 완전히 고정된 선형 탄성 봉에서 자유 열팽창이 구속될 때 발생하는 열응력의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

봉은 선형 탄성 재료로 이루어져 있고 양 끝이 고정되어 있다. 따라서 온도 변화에 따른 자유 열변형이 허용되지 않아 전체 축 방향 변형률은 0이 된다. 온도 변화량을 ΔT, 탄성계수를 E, 선팽창계수를 α라고 한다.

사용할 공식

자유 열변형률은 $\varepsilon_{th} = \alpha \Delta T$이다. 양 끝이 고정되면 이를 상쇄하는 탄성변형률이 생기므로
$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha \Delta T = 0$
따라서 열응력은
$\sigma = -E\alpha \Delta T$
가 된다. 부호는 가열 시 압축응력, 냉각 시 인장응력이 발생함을 뜻하며, 열응력의 크기는 $E\alpha|\Delta T|$이다.

선지 판단

① O — 열응력의 크기 $E\alpha|\Delta T|$는 탄성계수 E에 비례하므로 탄성계수가 클수록 커진다.
② O — 열응력의 크기는 선팽창계수 α에 비례하므로 선팽창계수가 클수록 커진다.
③ O — 양 끝이 고정되어 길이 변화가 구속되므로 전체 축 방향 변형률은 0이다. 다만 자유 열변형률과 이를 상쇄하는 탄성변형률은 각각 존재한다.
④ O — 균일한 봉의 완전 구속 열응력 $\sigma = -E\alpha \Delta T$에는 단면적 A가 포함되지 않으므로 열응력은 단면적과 무관하다. 단면적이 커지면 구속력 $P = \sigma A$는 커진다.
⑤ X — '봉의 길이가 길어질수록 열응력이 더 커진다'가 틀린 표현이다. 자유 열팽창량 $\Delta L = \alpha L \Delta T$은 길이 L에 비례하지만, 완전히 구속된 봉의 열응력은 $\sigma = -E\alpha \Delta T$이므로 봉의 길이와 무관하다.

NoteBase

오답 포인트

자유 열팽창량 $\Delta L = \alpha L \Delta T$과 열응력 $\sigma = -E\alpha\Delta T$을 혼동하기 쉽다. 길이가 길수록 구속하지 않았을 때의 팽창량은 커지지만, 완전 구속 상태의 열응력 크기는 길이에 따라 달라지지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

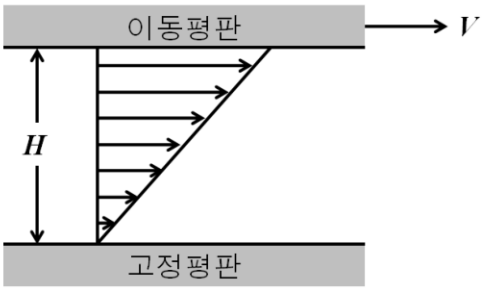
완전 구속 조건에서는 먼저 전체 변형률을 0으로 놓고 $\sigma/E + \alpha\Delta T = 0$을 적용한다. 그 결과 열응력은 E, α, ΔT에 의해 결정되고 단면적과 길이에는 무관하다고 판단한다.

암기 포인트

완전 구속 열응력은 $\sigma = -E\alpha\Delta T$이다. 가열하면 압축, 냉각하면 인장이며, 단면적과 길이는 열응력 크기에 영향을 주지 않는다.

NoteBase

6. 무한히 큰 고정평판과 이동평판 사이에 점성계수가 1.8 N·s/m^{2}인 유체가 아래 그림과 같은 속도 분포를 갖는다. 이동평판의 속도 V가 10 m/s로 일정하고 평판사이의 높이 H가 0.2 m일 때 이동평판 벽면에서의 전단응력은 몇 N/m^{2}인가?



① 0.036
② 0.36
③ 3.6
④ 9
⑤ 90

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 뉴턴 유체의 선형 속도분포에서 속도구배를 구하고, 뉴턴의 점성법칙으로 이동평판 벽면의 전단응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 점성계수 $\mu = 1.8N \cdot s/m^2$, 이동평판 속도 $V = 10m/s$, 평판 사이 높이 $H = 0.2m$이다.
구해야 할 값: 이동평판 벽면의 전단응력 τ이다.
주의할 조건: 그림의 속도분포가 직선이므로 속도구배는 일정하며, 고정평판에서는 속도가 0이고 이동평판에서는 V이다.

사용할 공식

뉴턴의 점성법칙은 다음과 같다.
$\tau = \mu \frac{du}{dy}$
두 평판 사이의 속도분포가 선형이므로 속도구배는 다음과 같다.
$\frac{du}{dy} = \frac{V-0}{H} = \frac{V}{H}$
따라서 $\tau = \mu V/H$를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 속도구배를 계산한다.
$\frac{du}{dy} = \frac{10}{0.2} = 50s^{-1}$
2. 점성계수를 곱한다.
$\tau = 1.8 \times 50 = 90N/m^2$
3. 이동평판 벽면의 전단응력 크기는 $90N/m^2$이다.

선지 판단

① X — $0.036N/m^2$은 계산값 $90N/m^2$과 다르다. ①의 '0.036'은 '90'으로 고쳐야 한다.
② X — $0.36N/m^2$은 $\mu V/H = 1.8 \times 10/0.2$의 결과가 아니다. ②의 '0.36'은 '90'으로 고쳐야 한다.
③ X — $3.6N/m^2$은 평판 간격 H로 나누어 속도구배를 구하지 않은 값이다. ③의 '3.6'은 '90'으로 고쳐야 한다.
④ X — $9N/m^2$은 계산값보다 10배 작다. ④의 '9'는 '90'으로 고쳐야 한다.
⑤ O — $\tau = \mu V/H = 90N/m^2$이므로 옳다.

오답 포인트

속도 자체 V에 점성계수만 곱하는 것이 아니라, 속도구배 V/H에 점성계수를 곱해야 한다. 특히 $H = 0.2m$로 나누는 과정을 빠뜨리거나 소수점 위치를 잘못 잡으면 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행한 두 평판 사이에 직선 속도분포가 주어지면 먼저 $du/dy = (u_2 - u_1)/H$를 구하고, 이어서 $\tau = \mu(du/dy)$를 적용한 뒤 단위가 N/m^2인지 확인한다.

암기 포인트

선형 Couette 유동의 전단응력은 $\tau = \mu V/H$이며, 속도차가 클수록 커지고 평판 간격이 클수록 작아진다.

NoteBase

7. 디젤기관과 비교한 가솔린기관의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 압축비가 낮다.
② 소음이 적다.
③ 시동 걸기가 쉽다.
④ 열효율이 높다.
⑤ 상대적으로 소형 동력기관에 적합하다.

정답 4번

출제 포인트

가솔린기관을 디젤기관과 비교하여 압축비, 소음, 시동성, 열효율, 적용 동력 범위의 차이를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

가솔린기관: 공기와 연료의 혼합기에 불꽃을 일으켜 점화하는 기관이다. 디젤기관보다 압축비와 열효율이 낮지만 소음이 적고 시동이 쉬우며 비교적 소형 동력기관에 적합하다.
디젤기관: 공기를 높은 압축비로 압축하여 온도를 올린 뒤 연료를 분사해 자기착화시키는 기관이다.
가솔린기관보다 열효율이 높고 큰 동력을 내는 용도에 유리하다.

선지별 해설

① O — 가솔린기관은 혼합기를 불꽃점화하므로 압축착화하는 디젤기관보다 압축비가 낮다.
② O — 가솔린기관은 디젤기관보다 연소 압력과 압력 상승이 완만하여 일반적으로 소음과 진동이 적다.
③ O — 가솔린기관은 점화플러그로 혼합기에 불꽃을 일으키므로, 압축열에 의존하는 디젤기관보다 특히 저온에서 시동이 쉽다.
④ X — '열효율이 높다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 가솔린기관의 열효율이 디젤기관보다 낮다. 디젤기관은 더 높은 압축비를 사용하므로 일반적으로 열효율이 더 높다.
⑤ O — 가솔린기관은 가볍고 고속 운전에 유리하여 디젤기관과 비교할 때 상대적으로 소형 동력기관에 적합하다.

오답 포인트

가솔린기관의 시동성과 정숙성이 좋다는 점을 기관 성능 전체가 우수하다는 뜻으로 확대하면 ④의 '열효율이 높다'를 맞는 설명으로 오인하기 쉽다. 열효율은 디젤기관의 높은 압축비와 연결하여 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점화 방식을 먼저 구분한다. 불꽃점화식 가솔린기관은 낮은 압축비·쉬운 시동·적은 소음·소형 및 고속 운전 쪽이고, 압축착화식 디젤기관은 높은 압축비·높은 열효율·큰 동력 쪽이다.

NoteBase

암기 포인트

가솔린은 조용하고 시동이 쉽지만 열효율은 낮고, 디젤은 압축비와 열효율이 높다.

NoteBase

8. 저공해 대체에너지 중 하나인 메탄올에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 옥탄가와 세탄가가 비교적 높아 디젤기관에 적합하다.
② 연소성이 좋고 질소산화물 배출이 감소한다.
③ 기화잠열이 커서 잘 기화되지 않는다.
④ 금속, 수지, 고무류를 강하게 부식 및 열화시킨다.
⑤ 천연가스와 석탄 등의 탄소원으로부터 제조 가능하다.

정답 1번

출제 포인트

메탄올의 착화 특성, 연소·배출 특성, 기화성, 부식성 및 제조 원료를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

메탄올은 옥탄가가 높아 불꽃점화기관의 노킹에는 강하지만, 세탄가가 낮아 압축착화기관인 디젤기관에서는 스스로 착화하기 어렵다. 또한 기화잠열이 크고 재료에 대한 부식·열화 문제가 있으며, 천연가스나 석탄 등으로부터 제조할 수 있다.

선지별 해설

① X — '옥탄가와 세탄가가 비교적 높아 디젤기관에 적합하다'는 부분이 틀렸다. 메탄올은 옥탄가는 높지만 세탄가는 낮으므로 압축착화가 어려워 디젤기관에 그대로 사용하기에는 적합하지 않다. 올바르게는 '옥탄가는 높고 세탄가는 낮아 불꽃점화기관의 노킹 억제에는 유리하지만 디젤기관에서는 착화 보조가 필요하다'이다.
② O — 메탄올은 산소를 포함한 연료이므로 비교적 깨끗하게 연소하며, 연소온도를 낮추는 효과로 질소산화물 배출을 줄일 수 있다.
③ O — 메탄올은 기화잠열이 커서 액체가 기체로 변할 때 많은 열을 빼앗으므로 저온에서 기화성과 시동성이 나빠질 수 있다.
④ O — 메탄올은 일부 금속을 부식시키고 수지·고무류를 팽윤하거나 열화시킬 수 있으므로 연료계통 재료의 적합성을 고려해야 한다.
⑤ O — 메탄올은 천연가스나 석탄 등의 탄소원으로 합성가스를 만든 뒤 이를 합성하여 제조할 수 있다.

오답 포인트

①은 '옥탄가가 높다'는 사실에 '세탄가도 높다'를 붙인 것이 함정이다. 옥탄가는 불꽃점화기관의 노킹 저항성을, 세탄가는 디젤기관의 압축착화성을 나타내므로 두 값을 같은 방향의 성질로 판단하면 안 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

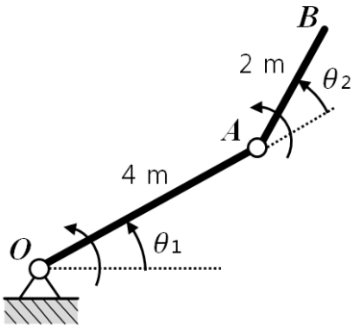
연료의 기관 적합성을 묻는 경우 불꽃점화기관은 옥탄가, 디젤기관은 세탄가를 먼저 확인한다. 메탄올은 '고옥탄가·저세탄가'로 판단하면 디젤기관에 적합하다는 표현을 바로 배제할 수 있다.

암기 포인트

메탄올은 고옥탄가·저세탄가, 큰 기화잠열, 재료 부식·열화 가능성으로 정리한다.

NoteBase

9. 길이 4 m의 강체 OA와 길이 2 m의 강체 AB는 각각 점 O와 점 A에 대하며 평면 회전 운동한다. 강체 OA와 강체 AB의 회전각 θ_1과 θ_2의 범위가 $0^\circ \le \theta_1 \le 180^\circ$와 $0^\circ \le \theta_2 \le 180^\circ$일 때, 점 B가 도달할 수 있는 영역의 넓이는? (단위: m^2)



① 10π
② 12π
③ 16π
④ 32π
⑤ 36π

정답 3번

출제 포인트

두 링크의 상대 회전으로 정해지는 점 B의 거리 범위와, 전체 링크의 회전각 범위로 정해지는 방향 범위를 결합하여 도달 영역의 넓이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $OA = 4m$, $AB = 2m$, $0^\circ \le \theta_1 \le 180^\circ$, $0^\circ \le \theta_2 \le 180^\circ$이다.
구해야 할 값: 점 B가 도달할 수 있는 영역의 넓이이다.
주의할 조건: θ_2를 고정한 채 θ_1을 변화시키면 링크 전체가 180° 회전하므로, 같은 반지름에서 점 B가 차지하는 방향 범위도 정확히 180°이다.

NoteBase

사용할 공식

코사인 법칙으로 원점에서 점 B까지의 거리 $r = OB$를 구하면

$r^2 = 4^2 + 2^2 + 2 \cdot 4 \cdot 2\cos\theta_2 = 20 + 16\cos\theta_2$

이다. 반지름이 R과 r인 고리의 절반 넓이는

$A = \frac{1}{2}\pi(R^2 - r^2)$

이다. 이 공식을 쓰는 이유는 θ_2가 0°에서 180°까지 변할 때 OB가 최대 반지름부터 최소 반지름까지 연속적으로 변하고, 각 반지름마다 θ_1에 의해 방향이 180°만큼 채워지기 때문이다.

계산 과정

1. $\theta_2 = 0^\circ$이면 두 링크가 일직선으로 펴지므로 $OB_{\max} = 4 + 2 = 6m$이다.
2. $\theta_2 = 180^\circ$이면 두 링크가 반대 방향으로 겹치므로 $OB_{\min} = 4 - 2 = 2m$이다.
3. $0^\circ \le \theta_2 \le 180^\circ$에서 r은 $6m$부터 $2m$까지 연속적으로 변한다. 각 r에 대해 θ_1이 180° 변하므로 도달 영역은 안쪽 반지름이 $2m$, 바깥쪽 반지름이 $6m$인 고리의 절반이다.
4. 따라서

$A = \frac{1}{2}\pi(6^2 - 2^2) = \frac{1}{2}\pi(36 - 4) = 16\pi m^2$

이다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 $10\pi m^2$가 아니라 $16\pi m^2$이다. 올바르게는 도달 영역의 넓이가 $16\pi m^2$이다.

② X — 계산 결과는 $12\pi m^2$가 아니라 $16\pi m^2$이다. 올바르게는 바깥 반지름 $6m$, 안쪽 반지름 $2m$인 고리 넓이의 절반을 계산한다.

③ O — $\frac{1}{2}\pi(6^2 - 2^2) = 16\pi m^2$이므로 계산 결과와 일치한다.

④ X — $32\pi m^2$는 반지름 $6m$과 $2m$ 사이의 고리 전체 넓이이다. 올바르게는 회전 방향 범위가 180°이므로 그 절반인 $16\pi m^2$이다.

⑤ X — 계산 결과는 $36\pi m^2$가 아니라 $16\pi m^2$이다. 올바르게는 반지름 $6m$인 원 전체가 아니라, 안쪽 반지름 $2m$를 제외한 고리의 절반을 계산한다.

오답 포인트

④의 $32\pi m^2$는 안쪽 원을 뺀 고리 전체의 넓이이다. 그러나 θ_1의 범위가 360°가 아니라 180°이므로 도달 영역은 고리 전체가 아니라 절반이다. 또한 ⑤처럼 최대 도달거리 $6m$만 보고 원 전체의 넓이를 계산하면, 점 B가 원점에서 $2m$보다 가까이 갈 수 없다는 조건을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 링크의 도달 영역 문제에서는 먼저 링크가 같은 방향일 때의 최대거리와 반대 방향일 때의 최소거리를 구한다. 그다음 기준 링크의 회전각이 360° 중 얼마인지를 확인하여 고리 전체에 해당 회전 비율을 곱한다.

NoteBase

암기 포인트

두 링크 길이가 L_1, L_2이면 도달 반지름은 $|L_1 - L_2|$부터 $L_1 + L_2$까지이다. 기준 링크가 180 °만 회전하면 도달 넓이는 고리 전체의 절반이다.

NoteBase

10. 카르노(Carnot) 사이클 열기관의 열효율에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 고온 열저장조와 저온 열저장조의 온도만으로 표시할 수 있다.
② 동일한 두 열저장조 사이에서 작동하는 용량이 다른 카르노 사이클 열기관의 열효율은 서로 다르다.
③ 고온 열저장조의 온도가 높을수록 열효율은 높아진다.
④ 저온 열저장조의 온도가 높을수록 열효율은 낮아진다.
⑤ 주어진 고온 열저장조와 저온 열저장조 사이에서 작동할 수 있는 열기관 중 카르노 사이클 열기관의 열효율이 가장 높다.

정답 2번

출제 포인트

카르노 사이클 열기관의 열효율이 두 열저장조의 절대온도에 의해서만 결정되며, 같은 온도 범위에서 작동하는 열기관 중 이론적으로 최대가 된다는 성질을 묻는 문제이다.

핵심 개념

카르노 사이클은 두 열저장조 사이에서 완전히 가역적으로 작동하는 이상적인 열기관 사이클이다. 고온 열저장조의 절대온도를 T_H, 저온 열저장조의 절대온도를 T_L이라 하면 열효율은 $\eta_C = 1 - \frac{T_L}{T_H}$이다. 따라서 효율은 작동 유체나 장치의 용량이 아니라 두 열저장조의 절대온도에 의해 결정된다.

선지별 해설

① O — 카르노 열효율은 $\eta_C = 1 - \frac{T_L}{T_H}$이므로 고온 및 저온 열저장조의 절대온도만 알면 구할 수 있다.
② X — 틀린 표현은 '용량이 다른 카르노 사이클 열기관의 열효율은 서로 다르다'이다. 올바르게는 동일한 두 열저장조 사이에서 작동하는 카르노 열기관은 용량과 관계없이 열효율이 서로 같다.
③ O — T_L이 일정할 때 T_H가 높아지면 T_L/T_H가 작아지므로 열효율은 높아진다.
④ O — T_H가 일정할 때 T_L이 높아지면 T_L/T_H가 커지므로 열효율은 낮아진다.
⑤ O — 같은 고온 및 저온 열저장조 사이에서 작동하는 모든 열기관 가운데 완전히 가역적인 카르노 사이클 열기관의 열효율이 이론적으로 가장 높다.

오답 포인트

②의 '용량이 다르면 효율도 다르다'는 표현이 함정이다. 용량은 열기관이 처리하는 열량이나 출력 규모와 관련되지만, 카르노 열효율은 두 열저장조의 절대온도 비로만 결정된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

카르노 열기관 문제에서는 먼저 $\eta_C = 1 - \frac{T_L}{T_H}$를 떠올린다. 효율을 바꾸는 것은 T_H와 T_L이며, 작동 유체·장치 크기·용량은 효율 결정 변수가 아니다. 또한 같은 두 온도 사이에서는 카르노 효율이 가능한 최대 효율이다.

암기 포인트

카르노 효율은 온도만 본다. T_H 상승 시 효율 상승, T_L 상승 시 효율 하락, 같은 두 온도에서는 카르노 효율이 최대이다.

NoteBase

11. 피겨스케이트 선수가 스핀연기에서 회전속도를 높이기 위해서 팔이나 다리를 몸쪽으로 끌어당긴다. 이러한 현상을 설명할 수 있는 것은?

① 역학적 에너지 보존의 법칙
② 선운동량 보존의 법칙
③ 일-에너지 원리
④ 각운동량 보존의 법칙
⑤ 코리올리 효과

정답 4번

출제 포인트

회전하는 물체에 외부 토크가 거의 작용하지 않을 때 관성모멘트가 감소하면 각속도가 증가하는 현상을 각운동량 보존으로 설명할 수 있는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

각운동량은 회전 운동의 양으로, 외부 토크가 0이면 보존된다. 각운동량은 $L = I\omega$이므로 선수가 팔이나 다리를 몸쪽으로 당겨 질량을 회전축 가까이 모으면 관성모멘트 I가 감소하고, 각운동량 L을 일정하게 유지하기 위해 각속도 ω가 증가한다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '역학적 에너지 보존의 법칙'이다. 팔다리를 당길 때 근육이 일을 하므로 회전 운동에너지는 증가할 수 있다. 이 현상의 회전속도 변화를 직접 설명하는 보존 법칙은 각운동량 보존의 법칙이다.
② X — 틀린 표현은 '선운동량 보존의 법칙'이다. 선운동량 보존은 질량중심의 병진운동을 설명한다. 회전축 주위의 속도 변화에는 외부 토크가 없을 때의 각운동량 보존을 적용한다.
③ X — 틀린 표현은 '일-에너지 원리'이다. 일-에너지 원리는 한 일이 운동에너지의 변화와 같다는 관계이지만, 관성모멘트 감소에 따른 각속도 증가의 직접적인 보존 관계는 Iω=일정인 각운동량 보존이다.
④ O — 외부 토크가 거의 없으면 각운동량 $L = I\omega$가 보존된다. 팔다리를 몸쪽으로 당겨 I가 작아지므로 ω가 커진다.
⑤ X — 틀린 표현은 '코리올리 효과'이다. 코리올리 효과는 회전하는 기준계에서 움직이는 물체가 겉보기 힘을 받아 경로가 휘어 보이는 현상이다. 피겨스케이터의 회전속도 증가는 각운동량 보존으로 설명한다.

오답 포인트

회전 운동에너지가 증가한다는 사실 때문에 ①이나 ③을 고르기 쉽다. 그러나 문제의 핵심은 팔다리를 당겨 관성모멘트가 작아질 때 회전속도가 커지는 관계이며, 이를 정량적으로 연결하는 식은 L=Iω=일정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

회전 중인 사람이 팔이나 다리를 축 쪽으로 모으거나 바깥쪽으로 펼치는 상황에서는 먼저 외부 토크의 유무를 확인한다. 외부 토크가 거의 없으면 각운동량이 보존되므로 축 쪽으로 모을 때 $I \downarrow$, $\omega \uparrow$, 바깥쪽으로 펼칠 때 $I \uparrow$, $\omega \downarrow$로 판단한다.

암기 포인트

몸을 모으면 관성모멘트는 감소하고 각속도는 증가한다. 핵심 관계는 Iω=일정이다.

NoteBase

12. 이상기체인 10 kg의 공기가 온도 27 ℃, 압력 100 kPa 의 상태로 체적이 일정한 용기에 들어있다. 이 용기 내의 공기 온도를 327 ℃까지 가열하는 과정에서 5 kg의 공기가 빠져 나간 후 밀폐하였다. 이때의 압력은 처음 압력에 비해 몇 배가 되는가?

① 0.5
② 1
③ 1.5
④ 2
⑤ 5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 상태방정식에서 용기 체적이 일정할 때 압력이 질량과 절대온도의 곱에 비례한다는 관계를 이용해 최종 압력비를 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 상태: $m_1 = 10kg, T_1 = 27 + 273 = 300K, P_1 = 100kPa$이다.
최종 상태: 공기 $5kg$이 빠져나갔으므로 $m_2 = 5kg, T_2 = 327 + 273 = 600K$이다.
용기의 체적 V는 일정하며, 구해야 할 값은 압력비 P_2/P_1이다. 온도는 반드시 절대온도인 켈빈으로 환산한다.

사용할 공식

이상기체 상태방정식은 $PV = mRT$이다. 같은 기체가 체적이 일정한 용기에 있으므로 다음 압력비를 사용한다.
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2 T_2}{m_1 T_1}$
체적 V와 기체상수 R가 두 상태에서 같아 약분되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 질량비는 $m_2/m_1 = 5/10 = 1/2$이다.
2. 절대온도비는 $T_2/T_1 = 600/300 = 2$이다.
3. 따라서 압력비는
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{5}{10} \times \frac{600}{300} = \frac{1}{2} \times 2 = 1$
이다. 즉, 질량이 절반으로 감소한 효과와 절대온도가 두 배가 된 효과가 서로 상쇄되어 최종 압력은 초기 압력과 같은 $100kPa$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.5배는 질량이 절반으로 감소한 것만 반영하고 절대온도가 2배가 된 것을 누락한 값이다. 0.5배가 아니라 1배이다.
② O — $(5/10) \times (600/300) = 1$이므로 최종 압력은 처음 압력의 1배이다.
③ X — 압력비는 1.5가 아니라 1이다. 질량비와 절대온도비를 더하는 것이 아니라 곱해야 한다.
④ X — 2배는 절대온도가 2배가 된 것만 반영하고 질량이 절반으로 감소한 것을 누락한 값이다. 2배가 아니라 1배이다.
⑤ X — 압력비는 5가 아니라 1이다. 남은 질량 $5kg$이라는 절대값을 압력비로 그대로 사용할 수 없고, $(m_2/m_1)(T_2/T_1)$를 계산해야 한다.

오답 포인트

섭씨온도 27과 327을 그대로 비례식에 넣으면 안 된다. 기체 상태방정식의 온도는 절대온도이므로 각각 $300K$, $600K$로 바꿔야 한다. 또한 최종 질량은 빠져나간 질량이 아니라 남은 질량이므로 $10 - 5 = 5kg$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

체적이 일정한 이상기체의 전후 상태는 먼저 남은 질량을 구하고 섭씨온도를 켈빈으로 환산한 뒤, $P_2/P_1 = (m_2/m_1)(T_2/T_1)$로 판단한다.

암기 포인트

정적 용기에서는 $P \propto mT$이다. 질량은 절반, 절대온도는 두 배이면 압력은 그대로이다.

NoteBase

13. 다음 중 절삭 공구 재료의 조건으로 옳지 않은 것은?

① 공작물보다 경도가 높을 것
② 고온 경도가 클 것
③ 내마멸성이 클 것
④ 강인성 및 내충격성이 클 것
⑤ 마찰계수가 높을 것

정답 5번

출제 포인트

절삭 공구 재료가 절삭 중의 높은 온도와 마찰, 충격을 견디기 위해 갖추어야 할 성질을 묻는 문제이다.

핵심 개념

절삭 공구 재료는 공작물을 깎는 동안 날끝의 형상과 절삭 성능을 유지하는 재료이다. 따라서 공작물보다 높은 경도, 고온에서도 경도를 유지하는 고온 경도, 큰 내마멸성, 충분한 강인성과 내충격성이 필요하며, 마찰과 발열을 줄이기 위해 마찰계수는 낮아야 한다.

선지별 해설

① O
공구가 공작물에 파고들어 절삭하려면 공구 재료의 경도가 공작물보다 높아야 한다.

② O
절삭 시 발생하는 열로 날끝의 온도가 상승하므로, 고온에서도 경도를 유지하는 고온 경도가 커야 한다.

③ O
절삭면과 칩의 마찰로 공구가 계속 마모되므로, 마모에 견디는 내마멸성이 커야 한다.

④ O
절삭 저항과 단속 절삭의 충격에도 공구가 깨지거나 이가 빠지지 않아야 하므로, 강인성과 내충격성이 커야 한다.

⑤ X
틀린 표현은 '마찰계수가 높을 것'이다. 마찰계수가 높으면 절삭열과 공구 마모가 증가하므로, 올바르게는 '마찰계수가 낮을 것'이다.

NoteBase

오답 포인트

경도·고온 경도·내마멸성·강인성은 클수록 유리하지만, ⑤의 마찰계수는 같은 방향으로 판단하면 안 된다.
마찰계수는 낮을수록 마찰열과 마모를 줄이는 데 유리하다.

다시 나오면 이렇게 판단

절삭 공구의 조건은 '잘 깎고, 뜨거워도 단단하며, 닳거나 깨지지 않고, 마찰은 적어야 한다'는 기준으로 판단한다.
재료의 저항 성질은 크게, 공구와 칩·공작물 사이의 마찰계수는 작게 본다.

암기 포인트

경도·고온 경도·내마멸성·강인성은 크게, 마찰계수는 작게 기억한다.

NoteBase

14. 펌프의 공동현상(cavitation)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 펌프와 흡수면 사이의 수직거리가 짧을 때 발생하기 쉽다.
② 침식 및 부식작용의 원인이 될 수 있다.
③ 진동과 소음이 발생할 수 있다.
④ 펌프의 회전수를 낮출 경우 공동현상 발생을 줄일 수 있다.
⑤ 양흡입 펌프를 사용하면 공동현상 발생을 줄일 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

펌프의 공동현상이 발생하는 조건, 피해, 증상 및 방지 방법을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

공동현상은 펌프 흡입부의 압력이 액체의 증기압보다 낮아져 기포가 생기고, 이 기포가 고압부에서 붕괴하는 현상이다. 기포 붕괴는 진동·소음과 재료 표면의 침식 및 부식을 일으킨다. 펌프와 흡수면 사이의 수직거리를 줄이거나 회전수를 낮추는 등 흡입측 압력 저하를 작게 하면 공동현상을 줄일 수 있다.

선지별 해설

① X — '수직거리가 짧을 때 발생하기 쉽다'는 부분이 틀리다. 펌프와 흡수면 사이의 수직거리가 길수록 흡입양정이 커져 펌프 입구 압력이 더 낮아지므로 공동현상이 발생하기 쉽다. 올바르게는 '수직거리가 길 때 발생하기 쉽다'이다.
② O — 기포가 붕괴할 때 생기는 반복적인 충격은 펌프 재료 표면에 침식을 일으키고 부식을 촉진할 수 있다.
③ O — 기포의 생성과 붕괴가 반복되면서 압력 변동과 충격이 생기므로 진동과 소음이 발생할 수 있다.
④ O — 회전수를 낮추면 흡입 유속과 펌프가 요구하는 흡입 성능이 낮아져 흡입측의 과도한 압력 저하를 완화하므로 공동현상을 줄일 수 있다.
⑤ O — 양흡입 펌프는 유량이 양쪽 흡입구로 나뉘어 각 흡입구의 유속과 압력 저하가 작아지므로 공동현상의 발생을 줄일 수 있다.

오답 포인트

①의 '수직거리가 짧을 때'를 놓치기 쉽다. 수직거리가 짧으면 흡입양정과 압력 손실이 작아져 공동현상에 유리하며, 위험한 경우는 수직거리가 긴 경우이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

흡입측 압력을 더 낮추는 조건은 공동현상을 촉진하고, 흡입측 압력 저하를 줄이는 조건은 공동현상을 억제한다고 판단한다. 흡입 높이·회전수·흡입 유속이 커지는 방향은 위험하고, 이를 줄이거나 흡입을 분산하는 방향은 방지에 유리하다.

암기 포인트

공동현상은 '흡입압력 저하 → 기포 발생·붕괴 → 소음·진동·침식'이며, 짧은 흡입거리·낮은 회전수·양흡입으로 줄인다.

NoteBase

15. 속이 찬 원형단면을 갖는 축이 20 MPa의 허용전단응력을 넘지 않으면서 T의 토크를 전달하도록 지름 d를 설정하였다. 재료를 변경하여 허용전단응력이 40 MPa일 때 토크 $16T$를 전달할 수 있는 축의 최소 지름은?

① d
② $\sqrt{2}d$
③ $2d$
④ $4d$
⑤ $8d$

정답 3번

출제 포인트

속이 찬 원형 축의 비틀림에서 허용전단응력, 전달 토크, 축 지름의 관계를 이용해 필요한 최소 지름의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

기존 조건: 허용전단응력 $\tau_1 = 20MPa$, 전달 토크 $T_1 = T$, 지름 $d_1 = d$이다.
변경 조건: 허용전단응력 $\tau_2 = 40MPa$, 전달 토크 $T_2 = 16T$이다.
구해야 할 값: 변경된 축의 최소 지름 d_2이다.
주의할 조건: 속이 찬 원형 축의 허용 토크는 허용전단응력에 비례하고 지름의 세제곱에 비례한다.

사용할 공식

속이 찬 원형 축의 최대 전단응력은

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

이므로 허용 상태에서

$$T = \frac{\pi}{16}\tau_{allow}d^3$$

이다. 원형 축이 전달할 수 있는 토크가 $\tau_{allow}d^3$에 비례하므로 두 설계 조건의 지름을 비교하는 데 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

두 조건의 비를 취하면

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\tau_2 d_2^3}{\tau_1 d_1^3}$$

이다. 주어진 값을 대입하면

$$16 = \frac{40MPa \cdot d_2^3}{20MPa \cdot d^3} = 2\left(\frac{d_2}{d}\right)^3$$

이므로

$$\left(\frac{d_2}{d}\right)^3 = 8, \qquad \frac{d_2}{d} = 2$$

이다. 따라서 최소 지름은 $d_2 = 2d$이다.

선지 판단

① X — 지름이 d이면 허용전단응력이 2배가 되어 전달 가능한 토크도 2배에 그치므로 $16T$를 전달할 수 없다. 올바른 최소 지름은 $2d$이다.
② X — 지름이 $\sqrt{2}d$이면 전달 가능한 토크의 배수는 $2(\sqrt{2})^3 = 4\sqrt{2}$로 16보다 작다. 올바른 최소 지름은 $2d$이다.
③ O — 지름이 $2d$이면 전달 가능한 토크가 $2 \times 2^3 = 16$배가 되어 정확히 $16T$를 전달한다.
④ X — 지름이 $4d$이면 전달 가능한 토크는 $2 \times 4^3 = 128$배가 되어 $16T$를 전달할 수는 있지만 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $2d$이다.
⑤ X — 지름이 $8d$이면 전달 가능한 토크는 $2 \times 8^3 = 1024$배가 되어 지나치게 크며 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $2d$이다.
계산 결과 최소 지름은 $2d$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

토크가 16배가 되었다고 지름도 16배로 보는 것이 함정이다. 전달 토크는 지름이 아니라 지름의 세제곱에 비례하며, 허용전단응력이 $20MPa$에서 $40MPa$로 2배가 된 효과도 함께 반영해야 한다. 또한 $4d$와 $8d$는 토크를 전달할 수 있더라도 최소 지름이라는 조건을 만족하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

속이 찬 원형 축의 비틀림 문제에서는 먼저 $T \propto \tau_{allow} d^3$를 세우고, 두 조건의 토크비와 허용전단응력비를 반영한 뒤 지름비의 세제곱근을 구한다. 마지막으로 최소값을 묻는지 확인한다.

NoteBase

암기 포인트

속이 찬 원형 축은 $T \propto \tau_{allow} d^3$이다. 토크비를 지름비로 바꿀 때는 세제곱근을 취한다.

NoteBase

16. 냉동기의 냉매가 갖추어야 할 조건으로 옳지 않은 것은?

① 응고온도가 낮을 것
② 임계온도가 높아 상온에서 액화할 것
③ 증발잠열이 클 것
④ 비열비(Cp/Cv)가 클 것
⑤ 점도와 표면장력이 작을 것

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 냉동 사이클의 효율적인 운전과 열전달에 유리한 냉매의 열역학적·유체적 성질을 묻는 문제이다.

핵심 개념

좋은 냉매는 낮은 온도에서도 얼지 않고, 상온에서 응축될 수 있으며, 단위 질량당 많은 열을 운반하고, 압축과 유동에 따른 손실이 작아야 한다. 따라서 응고온도는 낮고 임계온도와 증발잠열은 높으며, 비열비 C_p/C_v, 점도, 표면장력은 작은 것이 유리하다.

선지별 해설

① O — 응고온도가 낮아야 증발기에서 낮은 온도까지 냉각되어도 냉매가 얼지 않고 순환할 수 있다.
② O — 임계온도가 높아야 상온의 응축기에서 냉매를 액화하기 쉽다.
③ O — 증발잠열이 크면 같은 질량의 냉매가 증발하면서 더 많은 열을 흡수하므로 냉동능력이 커진다.
④ X — 틀린 표현은 '비열비 C_p/C_v가 클 것'이다. 올바르게는 비열비가 작아야 압축 과정의 토출온도 상승과 압축일을 줄이는 데 유리하다.
⑤ O — 점도가 작으면 배관의 마찰손실이 줄고, 표면장력이 작으면 증발기와 응축기에서 액체가 열전달면에 잘 퍼져 열전달에 유리하다.

오답 포인트

'크면 좋은 물성'과 '작으면 좋은 물성'을 한꺼번에 외우면 ④를 놓치기 쉽다. 임계온도와 증발잠열은 큰 것이 유리하지만, 비열비·점도·표면장력은 작은 것이 유리하다.

다시 나오면 이렇게 판단

냉매 물성은 저온에서 얼지 않는가, 상온에서 응축되는가, 적은 질량으로 많은 열을 운반하는가,
압축·유동·열전달 손실이 작은가의 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

응고온도·비열비·점도·표면장력은 작게, 임계온도·증발잠열은 크게 기억한다.

NoteBase

17. 질량 0.5 kg인 공을 2 m 높이에서 자유낙하 시켰더니 지면과 부딪쳐서 0.5 m 높이까지 튀어 올라왔다. 이 공과 지면과의 반발계수는? (단, 중력가속도는 10 m/s^{2}으로 계산하시오.)

① 0.25
② 0.4
③ 0.5
④ 0.75
⑤ 0.8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 자유낙하 직전 속도와 반발 직후 속도를 에너지 관계로 구한 뒤, 두 속도의 비로 반발계수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 낙하 높이 $h_1 = 2m$, 반발 높이 $h_2 = 0.5m$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 공과 지면 사이의 반발계수 e이다.
주의할 조건: 반발계수는 높이의 비가 아니라 충돌 직후와 직전 속력의 비이다. 공의 질량 $0.5kg$은 에너지식에서 소거되므로 계산 결과에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

자유낙하와 수직 상승에서 $v = \sqrt{2gh}$이므로 충돌 직전 속력은 $v_1 = \sqrt{2gh_1}$, 충돌 직후 속력은 $v_2 = \sqrt{2gh_2}$이다. 고정된 지면과 공의 반발계수는 $e = \frac{v_2}{v_1}$이므로 $e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$로 나타낼 수 있다. 높이로부터 충돌 전후의 속력을 구할 수 있기 때문에 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 충돌 직전 속력은 $v_1 = \sqrt{2 \times 10 \times 2} = \sqrt{40}m/s$이다.
2. 충돌 직후 속력은 $v_2 = \sqrt{2 \times 10 \times 0.5} = \sqrt{10}m/s$이다.
3. 따라서 $e = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{10}{40}} = \sqrt{0.25} = 0.5$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.25는 높이의 비 $h_2/h_1 = 0.5/2$를 그대로 계산한 값이다. 반발계수는 그 제곱근이므로 올바른 값은 0.5이다.
② X — 속력비 공식에 두 높이를 대입하면 $e = \sqrt{0.5/2} = 0.5$이므로 0.4가 아니라 0.5이다.
③ O — 충돌 전후 속력의 비가 $\sqrt{10}/\sqrt{40} = 0.5$이므로 옳다.
④ X — 계산된 속력비는 0.5이므로 0.75가 아니라 0.5이다.
⑤ X — 계산된 속력비는 0.5이므로 0.8이 아니라 0.5이다.

오답 포인트

낙하 높이 2와 반발 높이 0.5의 비를 그대로 구하면 ①의 0.25가 나온다. 운동에너지는 속력의 제곱에 비례하므로, 높이의 비에 반드시 제곱근을 취해야 한다. 질량과 중력가속도는 비를 계산하는 과정에서 소거된다.

다시 나오면 이렇게 판단

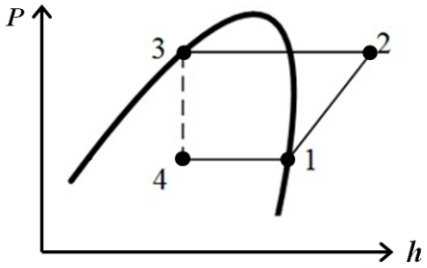
낙하 높이와 반발 높이가 주어진 수직 충돌에서는 먼저 $e = \sqrt{h_2/h_1}$을 적용하고, 반발 높이가 낙하 높이보다 작으므로 $0 < e < 1$인지 검산한다.

암기 포인트

높이로 구하는 반발계수는 '반발 높이/낙하 높이'의 제곱근, 즉 $e = \sqrt{h_2/h_1}$이다.

NoteBase

18. 냉동사이클에 대한 ***P-h*** 선도가 아래 그림과 같을 때 주어진 냉동 사이클에 따르는 냉동기의 성능계수(C.O.P.)는?



① C.O.P.= $\frac{h_2-h_3}{h_2-h_4}$

② C.O.P.= $\frac{h_1-h_4}{h_2-h_1}$

③ C.O.P.= $\frac{h_2-h_4}{h_2-h_1}$

④ C.O.P.= $\frac{h_2-h_3}{h_2-h_1}$

⑤ C.O.P.= $\frac{h_2-h_1}{h_2-h_3}$

정답 2번

출제 포인트

냉동사이클의 *P-h* 선도에서 증발기의 냉동효과와 압축기의 소요일을 엔탈피 차로 나타내어 냉동기의 성능계수(C.O.P.)를 구하는 문제이다.

조건 정리

1→2: 압축 과정이며 압축기 소요일은 $w_c = h_2 - h_1$이다.

2→3: 응축 과정이며 방출열은 $q_H = h_2 - h_3$이다.

3→4: 팽창밸브의 교축 과정이므로 등엔탈피 관계 $h_3 = h_4$가 성립한다.

4→1: 증발 과정이며 냉동효과는 $q_L = h_1 - h_4$이다.

NoteBase

사용할 공식

냉동기의 성능계수는 얻고자 하는 냉동효과를 투입한 압축일로 나눈 값이다.

$$\text{C. O. P.} = \frac{q_L}{w_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

이 사이클에서 증발기 구간은 4→1이고 압축기 구간은 1→2이므로 각 구간의 엔탈피 차를 위 식에 사용한다.

계산 과정

1. 증발기에서 흡수하는 열량은 $q_L = h_1 - h_4$이다.
2. 압축기에 필요한 일은 $w_c = h_2 - h_1$이다.
3. 따라서 C. O. P. $= q_L / w_c = (h_1 - h_4)/(h_2 - h_1)$가 된다.

선지 판단

① X — $(h_2 - h_3)/(h_2 - h_4)$는 냉동효과를 압축일로 나눈 식이 아니다. 또한 교축 과정에서 $h_3 = h_4$이므로 분자와 분모가 같아져 1이 된다. 올바르게는 $(h_1 - h_4)/(h_2 - h_1)$이다.
② O — 분자 $h_1 - h_4$는 증발기의 냉동효과이고, 분모 $h_2 - h_1$은 압축기의 소요일이므로 냉동기의 성능계수 식과 일치한다.
③ X — 분자 $h_2 - h_4$는 냉동효과가 아니다. $h_3 = h_4$이므로 이는 응축기 방출열 $h_2 - h_3$과 같으며, 해당 비는 열펌프 성능계수에 해당한다. 냉동기 성능계수의 분자는 $h_1 - h_4$로 고쳐야 한다.
④ X — 분자 $h_2 - h_3$는 응축기 방출열이므로 이 식은 열펌프 성능계수이다. 냉동기의 경우 분자를 증발기 냉동효과인 $h_1 - h_4$로 고쳐야 한다.
⑤ X — $(h_2 - h_1)/(h_2 - h_3)$는 압축일을 응축기 방출열로 나눈 값으로, 열펌프 성능계수의 역수이다. 올바르게는 냉동효과를 압축일로 나눈 $(h_1 - h_4)/(h_2 - h_1)$이다.

계산식과 일치하는 선지는 ②이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

냉동기의 C.O.P.와 열펌프의 C.O.P.를 혼동하기 쉽다. 냉동기는 증발기에서 흡수한 열량 $h_1 - h_4$가 목적량이고, 열펌프는 응축기에서 방출한 열량 $h_2 - h_3$가 목적량이다. 두 경우 모두 분모는 압축일 $h_2 - h_1$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 장치별 상태 변화를 확인한 뒤, 냉동기는 '증발기 흡수열/압축일', 열펌프는 '응축기 방출열/압축일'로 구분한다. 그다음 교축 과정의 $h_3 = h_4$ 관계를 적용해 선지의 분자와 분모를 검산한다.

암기 포인트

냉동기 C.O.P.는 $(h_1 - h_4)/(h_2 - h_1)$, 즉 '증발기 냉동효과/압축일'이다.

NoteBase

19. 질량, 스프링, 댐퍼로 이루어진 1자유도계 선형진동시스템의 고유주파수가 ω_n이다. 이 시스템이 임의의 가진주파수 ω_e인 조화가진(harmonic forced vibration)에 의해서 정상상태(steady state)로 진동하고 있을 때의 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이 시스템은 고유주파수로 진동한다.
② 질량이 증가하면 고유주파수가 낮아진다.
③ 진폭은 가진력과 질량, 스프링, 댐퍼에 의해서 결정된다.
④ 낮은 가진주파수의 진동은 질량, 스프링, 댐퍼 중에서 스프링에 의한 영향을 가장 많이 받는다.
⑤ 공진에서는 댐퍼의 성능을 높이는 것이 진폭저감에 효과적이다.

정답 1번

출제 포인트

조화가진을 받는 1자유도계의 정상상태 응답 주파수와 고유주파수의 차이, 그리고 질량·스프링·댐퍼가 진폭에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

운동방정식은 $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0\sin(\omega_e t)$이다. 고유주파수는 $\omega_n = \sqrt{k/m}$이고, 정상상태 응답은 가진력과 같은 ω_e로 진동한다. 따라서 ω_n은 시스템 자체의 특성이고 ω_e는 외력이 정하는 응답 주파수이다.

사용할 공식

정상상태 변위진폭은 $X = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega_e^2)^2 + (c\omega_e)^2}}$이다. 이 식에서 진폭이 가진력 F_0, 질량 m, 스프링 상수 k, 감쇠계수 c, 가진주파수 ω_e의 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있다.

선지 판단

① X — 정상상태에서 '고유주파수로 진동한다'는 표현이 틀렸다. 올바르게는 시스템이 가진주파수 ω_e로 진동한다. 고유주파수 성분은 과도응답에 나타나지만 감쇠가 있으면 시간이 지나며 사라진다.
② O — $\omega_n = \sqrt{k/m}$이므로 스프링 상수 k가 일정할 때 질량 m이 증가하면 고유주파수는 낮아진다.
③ O — 진폭 공식에 가진력 F_0, 질량 m, 스프링 상수 k, 감쇠계수 c가 모두 들어가므로 이들에 의해 진폭이 결정된다.
④ O — 가진주파수가 낮으면 관성항 $m\omega_e^2$과 감쇠항 $c\omega_e$의 영향이 작아져 $X \approx F_0/k$가 되므로 스프링의 영향이 가장 크다.
⑤ O — 공진 부근에서는 감쇠가 작을수록 진폭이 크게 증폭된다. 따라서 댐퍼의 감쇠 성능을 높이면 공진 진폭을 줄이는 데 효과적이다.

NoteBase

오답 포인트

①은 '시스템의 고유주파수'와 '정상상태 응답의 진동주파수'를 바꾸어 놓은 선지이다. 고유주파수는 시스템의 질량과 강성이 정하지만, 조화가진에 의한 정상상태 응답 주파수는 가진주파수와 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 고유주파수 $\omega_n = \sqrt{k/m}$와 가진주파수 ω_e를 구분한다. 이어 진폭식의 저주파 영역에서는 강성, 공진 부근에서는 감쇠, 고주파 영역에서는 질량의 영향이 지배적이라는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

정상상태의 주파수는 가진주파수이며, 고유주파수는 시스템 자체의 특성이다. 저주파는 스프링, 공진은 댐퍼, 고주파는 질량이 핵심이다.

NoteBase

20. 면적이 일정하고 수평으로 놓여 있는 직선의 관 내부에 유체가 흐르고 있을 때, 손실수두에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유속이 증가할수록 손실수두는 증가한다.
② 층류에서는 관 내부의 상대조도에 무관하다.
③ 난류에서는 관 내부의 상대조도가 증가함에 따라 손실수두가 증가한다.
④ 관의 길이가 증가할수록 손실수두는 증가한다.
⑤ 관의 직경이 증가할수록 손실수두는 증가한다.

정답 5번

출제 포인트

직선 원관의 마찰 손실수두를 나타내는 Darcy-Weisbach 식과 마찰계수의 특성을 이용해 유속, 관 길이, 관 직경, 상대조도가 손실수두에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

관은 단면적이 일정한 수평 직선관이므로 높이 변화에 따른 위치수두 차이는 없고, 손실수두는 주로 관 벽과 유체 사이의 마찰에서 생긴다. 층류와 난류에서는 마찰계수에 영향을 주는 요소가 서로 다르다는 점도 함께 보아야 한다.

사용할 공식

Darcy-Weisbach 식은 다음과 같다.

$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$

여기서 h_f는 손실수두, λ는 관 마찰계수, L은 관 길이, D는 관 직경, v는 평균 유속이다. 따라서 다른 조건이 같으면 손실수두는 관 길이와 유속의 제곱에 비례하고 관 직경에 반비례한다.

NoteBase

선지 판단

① O — 식에 v^2가 포함되므로 다른 조건이 같을 때 유속이 증가하면 손실수두가 증가한다.

② O — 층류의 관 마찰계수는 $\lambda = 64/Re$로 나타내므로 상대조도가 아니라 레이놀즈수에 의해 결정된다. 따라서 층류의 손실수두는 관 내벽의 상대조도에 무관하다.

③ O — 난류에서는 상대조도가 커지면 일반적으로 관 마찰계수가 커지고, 이에 따라 손실수두가 증가한다.

④ O — 식에서 손실수두는 관 길이 L에 비례하므로 관이 길수록 손실수두가 증가한다.

⑤ X — '관의 직경이 증가할수록 손실수두는 증가한다'는 표현이 틀렸다. 다른 조건이 같으면 손실수두는 관 직경 D에 반비례하므로, 올바르게는 관의 직경이 증가할수록 손실수두는 감소한다.

오답 포인트

⑤는 관이 커지면 마찰 면적도 커진다는 직관을 이용한 함정이다. 그러나 손실수두의 방향은 단순한 접촉 면적이 아니라 L/D와 유속을 포함한 Darcy-Weisbach 식으로 판단해야 한다. 또한 ②와 ③은 층류와 난류에서 상대조도의 영향이 서로 다르다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $h_f = \lambda(L/D)(v^2/2g)$에서 각 변수가 분자와 분모 중 어디에 있는지 확인한다. 그다음 마찰계수는 층류에서 $64/Re$로 결정되어 상대조도와 무관하고, 난류에서는 상대조도의 영향을 받는다는 기준으로 선지를 판단한다.

암기 포인트

손실수두는 '길수록 증가, 빠를수록 크게 증가, 굵을수록 감소'이며, 상대조도는 층류에는 영향이 없고 난류에는 영향을 준다.

NoteBase