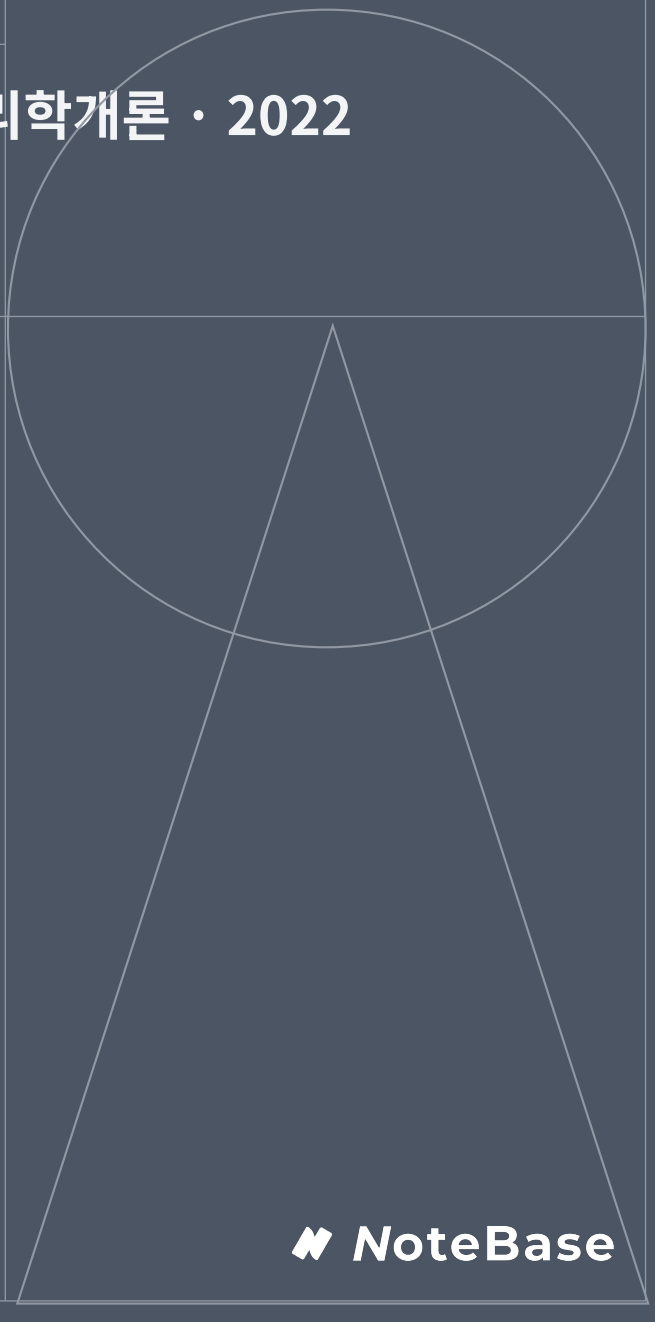
# 기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2022



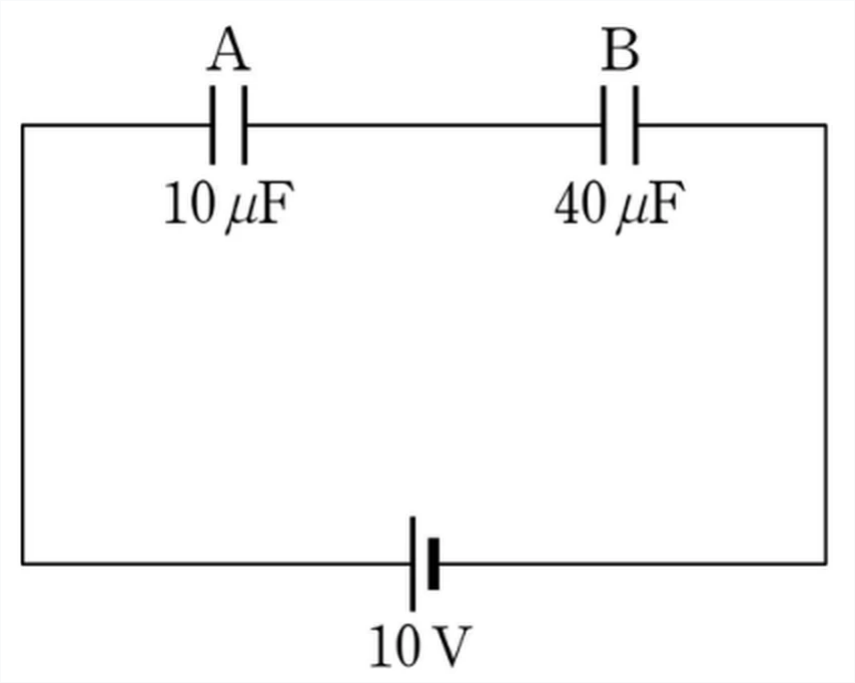
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2022

### 공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2022

**문 1. [그림]과 같이 축전기 A, B를 전압이 10V인 전원 장치에 연결하여 축전기를 완전히 충전하였다. A, B의 전기 용량은 각각 10$\mu$F, 40$\mu$F이다. A의 양단에 걸린 전압과 A, B의 합성 전기 용량은?**




① 전압: 2V, 합성 전기 용량: 8$\mu$F

② 전압: 2V, 합성 전기 용량: 12$\mu$F

③ 전압: 8V, 합성 전기 용량: 8$\mu$F

④ 전압: 8V, 합성 전기 용량: 12$\mu$F

⑤ 전압: 8V, 합성 전기 용량: 16$\mu$F

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 직렬 연결된 축전기의 합성 전기 용량과 각 축전기에 걸리는 전압을 구하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: 축전기 A의 전기 용량은 $10\mu F$, 축전기 B의 전기 용량은 $40\mu F$, 전원 전압은 $10V$이다.
구해야 할 값: A의 양단에 걸린 전압과 A, B의 합성 전기 용량이다.
주의할 조건: A와 B는 한 줄로 이어진 직렬 연결이므로 두 축전기에 저장되는 전하량은 같다.

### 사용할 공식

직렬 연결의 합성 전기 용량은
$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_B}$
또는
$C = \frac{C_A C_B}{C_A + C_B}$
이다.
축전기의 전하량과 전압의 관계는 $Q = CV$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 두 축전기가 직렬로 연결되어 있으므로 합성 전기 용량은 역수의 합으로 구하고, 직렬에서는 같은 전하량 $Q$가 각 축전기에 저장된다.

### 계산 과정

1. 합성 전기 용량을 구한다.
$C = \frac{10 \times 40}{10 + 40} = \frac{400}{50} = 8\mu F$
2. 전체 전하량을 구한다.
$Q = CV = 8\mu F \times 10V = 80\mu C$
3. A에 걸린 전압을 구한다.
$V_A = \frac{Q}{C_A} = \frac{80\mu C}{10\mu F} = 8V$
따라서 A의 양단 전압은 $8V$, 합성 전기 용량은 $8\mu F$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- 합성 전기 용량 $8\mu F$는 맞지만, A의 전압을 $2V$로 본 부분이 틀렸다. 틀린 표현 $2V$ → 올바르게는 $8V$이다. $2V$는 더 큰 전기 용량을 가진 B에 걸리는 전압이다.

② X
- A의 전압 $2V$도 틀리고, 합성 전기 용량 $12\mu F$도 틀렸다. 틀린 표현 $2V$, $12\mu F$ → 올바르게는 $8V$, $8\mu F$이다.

③ O
- 계산 결과 A의 양단 전압은 $8V$, A와 B의 합성 전기 용량은 $8\mu F$이므로 옳다.

④ X
- A의 전압 $8V$는 맞지만, 합성 전기 용량 $12\mu F$가 틀렸다. 틀린 표현 $12\mu F$ → 올바르게는 $8\mu F$이다.

⑤ X
- A의 전압 $8V$는 맞지만, 합성 전기 용량 $16\mu F$가 틀렸다. 틀린 표현 $16\mu F$ → 올바르게는 $8\mu F$이다.

**오답 포인트**

직렬 축전기에서는 전기 용량이 작은 축전기에 더 큰 전압이 걸린다. 전압을 전기 용량에 비례한다고 착각하면 A가 아니라 B의 전압인 $2V$를 고르게 된다. 또한 직렬 합성 전기 용량은 단순 합이 아니라 역수의 합으로 구하므로 $8\mu F$처럼 가장 작은 축전기 용량보다 작아진다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

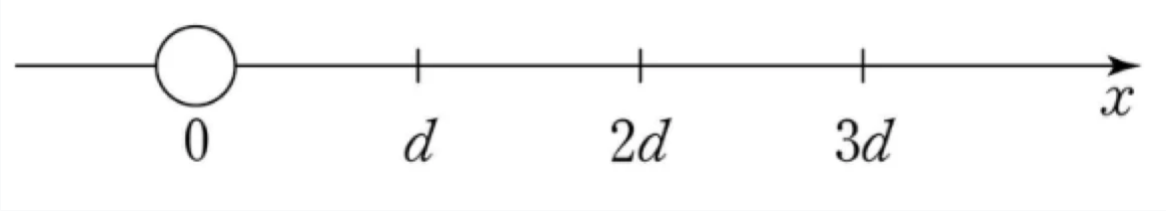
축전기 직렬 문제는 먼저 합성 전기 용량을 구한 뒤 전체 전하량 $Q = C_{eq}V$를 구하고, 같은 전하량을 각 축전기 공식 $V = Q/C$에 넣어 각 전압을 판단한다.

**암기 포인트**

축전기 직렬 연결에서는 전하량이 같고, 전압은 전기 용량에 반비례한다. 합성 전기 용량은 $C_{eq} = \frac{C_A C_B}{C_A + C_B}$이다.

NoteBase

**문 2. [그림]은 $x$축상의 $x = 0$인 지점에 고정된 점전하를 나타낸 것이다. $x = 3d$인 지점에서 전기장의 세기는 $E$이다. $x = d$인 지점에서 전기장의 세기는?**




① $3E$

② $9E$

③ $9\sqrt{2}E$

④ $9\sqrt{3}E$

⑤ $18E$

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 점전하가 만드는 전기장의 세기가 전하로부터의 거리 제곱에 반비례한다는 공식으로 $x = d$에서의 전기장 세기를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 점전하는 $x = 0$에 고정되어 있고, $x = 3d$에서 전기장 세기는 $E$이다.
구해야 할 값: $x = d$에서 전기장의 세기이다.
주의할 조건: 두 점은 모두 같은 $x$축 위에 있으므로 방향 성분을 합성하는 문제가 아니라 거리만 달라지는 점전하 전기장 크기 비교 문제이다.

**사용할 공식**

점전하에 의한 전기장 세기는
$E_r = \frac{k|q|}{r^2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 하나의 점전하가 만드는 전기장을 전하로부터 떨어진 거리 $r$에서 비교하므로 전기장 세기는 거리의 제곱에 반비례한다.

NoteBase

**계산 과정**

$x = 3d$인 지점은 점전하로부터 거리 $3d$만큼 떨어져 있으므로
$E = \frac{k|q|}{(3d)^2} = \frac{k|q|}{9d^2}$
이다.
$x = d$인 지점은 점전하로부터 거리 $d$만큼 떨어져 있으므로
$E_d = \frac{k|q|}{d^2}$
이다.
두 식을 비교하면
$E_d = 9 \cdot \frac{k|q|}{9d^2} = 9E$
가 된다.

**선지 판단**

① X
- $3E$는 거리만 3배 가까워졌다고 전기장도 3배로만 커진다고 본 값이다. 틀린 표현 $3E$ → 올바르게는 거리 제곱에 반비례하므로 $9E$이다.

② O
- $x = 3d$에서 $x = d$로 가면 점전하까지의 거리가 $3d$에서 $d$로 줄어든다. 전기장 세기는 $1/r^2$에 비례하므로 $(3d/d)^2 = 9$배가 되어 $9E$이다.

③ X
- $9\sqrt{2}E$는 이 문항에서 필요한 거리 제곱비 9에 불필요한 성분 합성 계수 $\sqrt{2}$를 붙인 값이다. 틀린 표현 $9\sqrt{2}E$ → 올바르게는 같은 축 위의 한 점전하 전기장 크기 비교이므로 $9E$이다.

④ X
- $9\sqrt{3}E$도 축 방향 성분 합성이나 대각선 거리처럼 문제에 없는 조건을 끼워 넣은 값이다. 틀린 표현 $9\sqrt{3}E$ → 올바르게는 거리 $3d$와 $d$만 비교하여 $9E$이다.

⑤ X
- $18E$는 거리 제곱 반비례로 얻는 9배에 추가 계수를 잘못 곱한 값이다. 틀린 표현 $18E$ → 올바르게는 점전하가 하나이고 거리비만 달라지므로 $9E$이다.

계산 결과 $x = d$에서 전기장 세기는 $9E$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전기장 세기가 거리에 반비례한다고 착각하게 만드는 것이다. 점전하의 전기장 세기는 $1/r$이 아니라 $1/r^2$에 비례하므로, 거리가 3분의 1이 되면 전기장 세기는 3배가 아니라 9배가 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

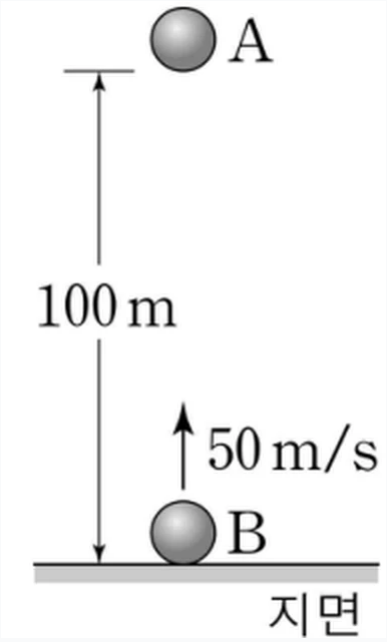
점전하 하나가 만드는 전기장 크기 비교는 전하량과 상수 $k$가 같으므로 거리 제곱비만 본다. 기준점의 거리와 새 지점의 거리를 확인한 뒤 $E_{new}/E_{old} = (r_{old}/r_{new})^2$로 판단한다.

### 암기 포인트

점전하 전기장 세기는 거리 제곱 반비례이다. 거리 3배 차이는 전기장 9배 차이로 연결된다.

NoteBase

**문 3. [그림]은 지면으로부터 높이가 100m인 지점에서 물체 A를 가만히 놓은 순간, 지면에서 물체 B를 A를 향해 연직 위로 50m/s의 속력으로 발사시키는 것을 나타낸 것이다. A와 B가 충돌하는 지점의 지면으로부터의 높이는? (단, 중력 가속도는 $10m/s^2$이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)**




① 40m
② 50m
③ 60m
④ 70m
⑤ 80m

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 같은 순간 출발한 두 물체의 높이식을 세워 충돌 시각과 충돌 높이를 구하는 등가속도 운동 문제이다.

**조건 정리**

A는 지면으로부터 $100m$ 높이에서 가만히 놓인다.
B는 지면에서 A를 향해 연직 위로 $50m/s$의 속력으로 발사된다.
중력가속도는 $10m/s^2$이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.
구해야 할 값은 A와 B가 충돌하는 지점의 지면으로부터의 높이이다.

NoteBase

**사용할 공식**

위쪽을 양의 방향으로 잡으면 등가속도 운동의 위치식은 $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$이다.
A와 B는 모두 같은 중력가속도 $-g$를 받으므로, 각각의 높이를 시간 $t$의 식으로 놓고 두 높이가 같아지는 순간을 찾는다.

**계산 과정**

A의 높이는 $y_A = 100 - \frac{1}{2} \cdot 10t^2 = 100 - 5t^2$이다.
B의 높이는 $y_B = 50t - \frac{1}{2} \cdot 10t^2 = 50t - 5t^2$이다.
충돌할 때는 $y_A = y_B$이므로 $100 - 5t^2 = 50t - 5t^2$이다.
양변의 $-5t^2$가 소거되어 $100 = 50t$, 따라서 $t = 2s$이다.
충돌 높이는 B의 식에 대입하면 $y = 50 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2 = 100 - 20 = 80m$이다.

**선지 판단**

① X
- 계산 결과 충돌 높이는 $80m$이므로 $40m$는 틀리다. 틀린 표현 $40m$ -> 올바르게는 $80m$이다.

② X
- 충돌 시각은 $2s$이고 그때 B의 높이는 $80m$이다. $50m$는 B의 초기 속도 $50m/s$와 높이를 혼동한 값이므로 틀리다. 틀린 표현 $50m$ -> 올바르게는 $80m$이다.

③ X
- A와 B의 높이식에서 같은 중력항이 소거되어 충돌 시각은 $2s$이고, 충돌 높이는 $60m$가 아니라 $80m$이다. 틀린 표현 $60m$ -> 올바르게는 $80m$이다.

④ X
- $t = 2s$를 대입하면 $50 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2 = 80m$이다. $70m$는 중력에 의한 변위 $20m$를 정확히 반영하지 못한 값이므로 틀리다. 틀린 표현 $70m$ -> 올바르게는 $80m$이다.

⑤ O
- 충돌 시각 $t = 2s$에서 두 물체의 공통 높이는 $80m$이므로 맞다.

**오답 포인트**

두 물체가 모두 같은 중력가속도를 받으므로 상대가속도는 0이다. 따라서 충돌 시각을 구할 때 중력항이 소거된다는 점이 핵심이다. 중력 때문에 A와 B를 따로 복잡하게 계산하다가 같은 $-5t^2$항을 소거하지 못하면 ①~④처럼 낮은 높이를 고르기 쉽다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

동시에 출발하고 두 물체가 같은 중력가속도를 받을 때는 먼저 두 위치식을 세운 뒤 $y_A = y_B$로 충돌 시각을 구한다. 그 시각을 어느 한 물체의 높이식에 대입해 충돌 높이를 판단한다.

**암기 포인트**

같은 중력장에서 동시에 움직이는 두 물체의 만남 문제는 공통 중력항이 소거된다. 충돌 시각을 구한 뒤 높이식에 다시 대입한다.

NoteBase

**문 4. [그림]은 물체 또는 신체에서 방출되는 전자기파 A를 이용해서 온도를 측정하는 장치이다. A는?**




① 자외선

② 적외선

③ X선

④ 감마선

⑤ 라디오파

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 열화상 카메라와 귀 체온계가 물체나 신체에서 나오는 열복사를 감지한다는 점을 파악하여 온도 측정에 쓰이는 전자기파를 판단하는 문제이다. 보통 온도의 물체는 주로 적외선을 방출하고, 이 적외선 세기를 이용해 온도를 추정한다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
자외선은 가시광선보다 파장이 짧고 에너지가 큰 전자기파로, 살균 작용이나 형광, 피부 반응 등과 관련된다. 열화상 카메라와 귀 체온계가 온도 측정에 주로 이용하는 전자기파는 자외선이 아니라 적외선이다. 틀린 표현은 '자외선'이고, 올바르게는 '적외선'이다.

② O
적외선은 가시광선보다 파장이 길고 열복사와 밀접한 전자기파이다. 사람의 몸이나 물체는 온도에 따라 적외선을 방출하므로, 열화상 카메라와 귀 체온계는 이 적외선을 감지해 온도를 측정한다.

③ X
X선은 파장이 매우 짧고 투과력이 큰 전자기파로, 주로 의료 영상 촬영이나 물질 내부 관찰에 이용된다. 물체 표면의 열복사를 감지해 온도를 재는 장치의 핵심 전자기파는 X선이 아니라 적외선이다. 틀린 표현은 'X선'이고, 올바르게는 '적외선'이다.

④ X
감마선은 핵반응이나 방사성 붕괴와 관련되는 매우 에너지가 큰 전자기파이다. 일반 물체나 인체의 온도 측정 장치가 감지하는 열복사는 감마선이 아니라 적외선이다. 틀린 표현은 '감마선'이고, 올바르게는 '적외선'이다.

⑤ X
라디오파는 파장이 매우 긴 전자기파로, 방송이나 통신에 주로 이용된다. 열화상 카메라와 귀 체온계가 온도 정보를 얻는 데 쓰는 전자기파는 라디오파가 아니라 적외선이다. 틀린 표현은 '라디오파'이고, 올바르게는 '적외선'이다.

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전자기파의 이름을 단순 암기하게 하는 것이 아니라, '온도 측정'과 '열복사'를 연결하게 하는 데 있다. X선이나 감마선처럼 에너지가 큰 전자기파가 정밀 장치에 쓰인다고 착각하면 오답이 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

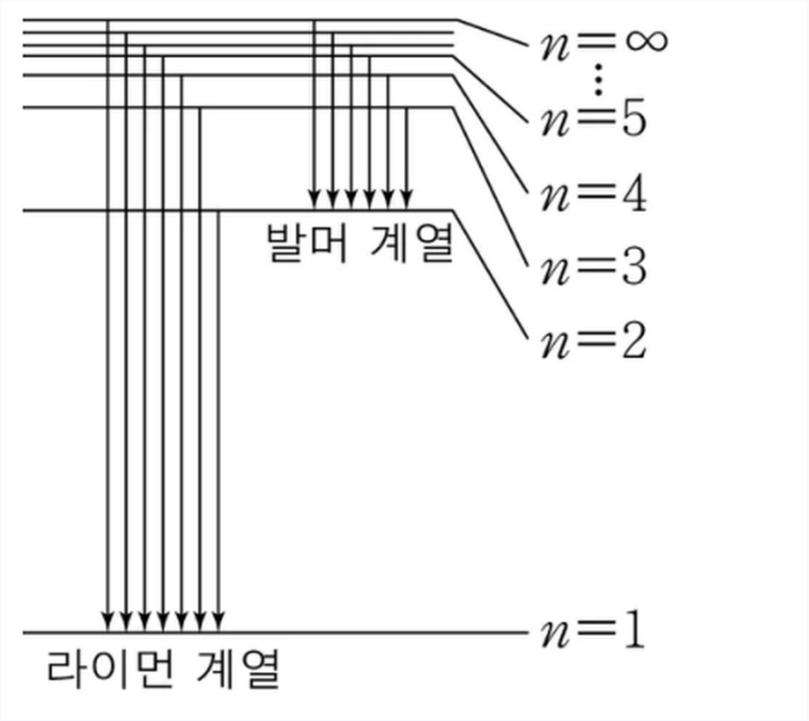
열화상, 비접촉 체온계, 물체에서 방출되는 열, 온도 측정이라는 단서가 보이면 적외선을 먼저 판단한다. 전자기파 문제에서는 용도를 기준으로 적외선은 열, 자외선은 살균·형광, X선은 투과 영상, 라디오파는 통신으로 구분한다.

### 암기 포인트

온도 측정 장치가 감지하는 열복사는 적외선이다.

**문 5. [그림]은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 $n$과 전자의 전이 과정에서 방출되는 스펙트럼 중 라이먼 계열과 발머 계열을 나타낸 것이다.**

**라이먼 계열에서 가장 긴 파장을 $\lambda_1$, 두 번째로 긴 파장을 $\lambda_2$, 발머 계열에서 가장 긴 파장을 $\lambda_3$라고 할 때, 이들 사이의 관계식으로 옳은 것은?**




① $\lambda_1 = \lambda_3 - \lambda_2$

② $\lambda_3 = \lambda_1 - \lambda_2$

③ $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_3}$

④ $\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}$

⑤ $\lambda_3 = \lambda_1 \times \lambda_2$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 수소 원자의 스펙트럼 계열에서 리드베리 공식 $1/\lambda = R(1/n_f^2 - 1/n_i^2)$을 이용해 라이먼 계열과 발머 계열의 파장 역수 관계를 판단하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

라이먼 계열은 전자가 $n_i \geq 2$에서 $n_f = 1$로 전이할 때 방출되는 스펙트럼이다.
발머 계열은 전자가 $n_i \geq 3$에서 $n_f = 2$로 전이할 때 방출되는 스펙트럼이다.
같은 계열에서 가장 긴 파장은 에너지 차가 가장 작은 전이에 해당한다.
따라서 $\lambda_1$은 라이먼 계열의 $2 \to 1$ 전이, $\lambda_2$는 라이먼 계열의 $3 \to 1$ 전이, $\lambda_3$는 발머 계열의 $3 \to 2$ 전이에 해당한다.

### 사용할 공식

수소 원자 전이에서 방출되는 빛의 파장은 다음 리드베리 공식으로 정리된다.
$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 수소 원자의 양자수 $n$ 사이 전이에 따른 스펙트럼의 파장 관계를 묻고 있기 때문이다.

### 계산 과정

$\lambda_1$은 라이먼 계열의 가장 긴 파장이므로 $2 \to 1$ 전이이다.
$\frac{1}{\lambda_1} = R\left(1 - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3R}{4}$
$\lambda_2$는 라이먼 계열의 두 번째로 긴 파장이므로 $3 \to 1$ 전이이다.
$\frac{1}{\lambda_2} = R\left(1 - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{8R}{9}$
$\lambda_3$는 발머 계열의 가장 긴 파장이므로 $3 \to 2$ 전이이다.
$\frac{1}{\lambda_3} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{5R}{36}$
따라서
$\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_3} = \frac{8R}{9} - \frac{5R}{36} = \frac{27R}{36} = \frac{3R}{4} = \frac{1}{\lambda_1}$
이므로 $1/\lambda_1 = 1/\lambda_2 - 1/\lambda_3$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- 파장 자체는 에너지 차와 단순한 뺄셈 관계가 아니다. 틀린 표현은 $\lambda_1 = \lambda_3 - \lambda_2$이고, 올바르게는 파장의 역수 사이에서 $1/\lambda_1 = 1/\lambda_2 - 1/\lambda_3$이다.

② X
- 리드베리 공식은 $1/\lambda$에 대한 관계를 주므로 $\lambda_3 = \lambda_1 - \lambda_2$처럼 파장을 직접 빼면 안 된다. 틀린 표현은 $\lambda_3 = \lambda_1 - \lambda_2$이고, 올바르게는 $1/\lambda_3 = 1/\lambda_2 - 1/\lambda_1$이다.

③ O
- 계산 결과 $1/\lambda_1 = 3R/4$, $1/\lambda_2 = 8R/9$, $1/\lambda_3 = 5R/36$이므로 $1/\lambda_2 - 1/\lambda_3 = 3R/4 = 1/\lambda_1$이다.

④ X
- $1/\lambda_3$는 $1/\lambda_2 - 1/\lambda_1$이지 $1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$가 아니다. 틀린 표현은 $1/\lambda_3 = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$이고, 올바르게는 $1/\lambda_3 = 1/\lambda_2 - 1/\lambda_1$이다.

⑤ X
- 파장 관계는 곱셈식으로 정해지지 않는다. 틀린 표현은 $\lambda_3 = \lambda_1 \times \lambda_2$이고, 올바르게는 리드베리 공식에 따른 역수 관계 $1/\lambda_1 = 1/\lambda_2 - 1/\lambda_3$이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 파장 $\lambda$ 자체를 더하거나 빼는 것으로 착각하게 만드는 점이다. 수소 스펙트럼의 전이 에너지는 진동수 또는 파장의 역수 $1/\lambda$에 비례하므로, 계열 간 관계도 $\lambda$가 아니라 $1/\lambda$로 세워야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

수소 스펙트럼 문제는 먼저 계열의 최종 양자수 $n_f$를 확인하고, 가장 긴 파장은 해당 계열에서 가능한 가장 작은 전이 에너지라는 점을 적용한 뒤, 리드베리 공식으로 $1/\lambda$ 관계를 계산한다.

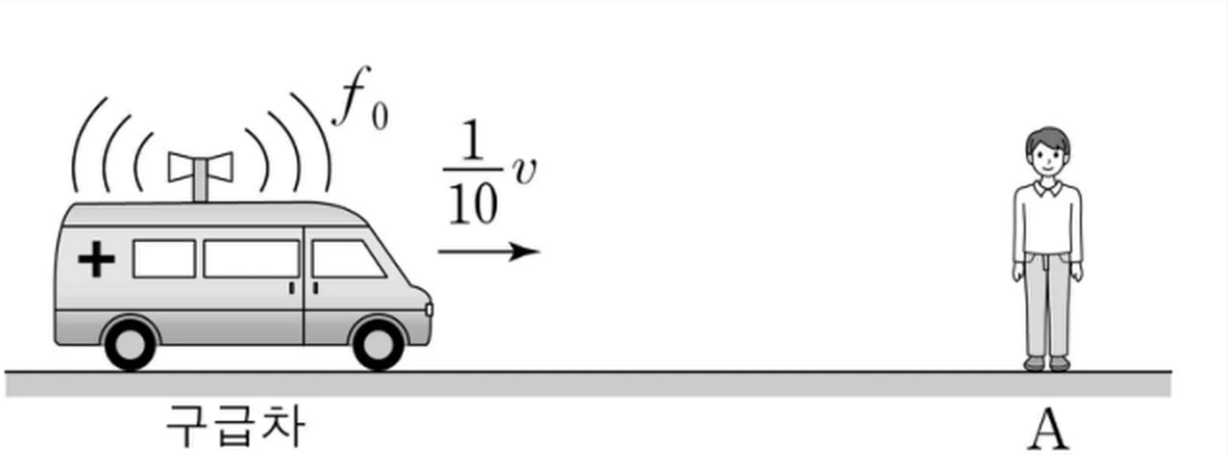
**암기 포인트**

라이먼 계열은 $n_f = 1$, 발머 계열은 $n_f = 2$이고, 수소 스펙트럼의 파장 관계는 $\lambda$가 아니라 $1/\lambda$로 비교한다.

NoteBase

**문 6. [그림]은 진동수가 $f_0$인 사이렌 소리를 내는 구급차가 정지한 관찰자 A를 향해 속력 $\frac{1}{10}v$로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다.**

**A가 측정한 사이렌 소리의 진동수는? (단, 소리의 속력은 $v$이다.)**




① $\frac{9}{10}f_0$
② $\frac{10}{11}f_0$
③ $f_0$
④ $\frac{11}{10}f_0$
⑤ $\frac{10}{9}f_0$

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 음원이 정지한 관찰자에게 가까워질 때의 도플러 효과 공식을 이용해 관찰 진동수를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 사이렌의 원래 진동수는 $f_0$, 소리의 속력은 $v$, 구급차의 속력은 $v/10$이다.
구해야 할 값: 정지한 관찰자 A가 측정한 사이렌 소리의 진동수이다.
주의할 조건: 구급차, 즉 음원이 관찰자 A를 향해 접근하므로 관찰 진동수는 원래 진동수보다 커진다.

NoteBase

### 사용할 공식

정지한 관찰자에게 음원이 속력 $v_s$로 접근할 때 관찰 진동수는
$f' = \frac{v}{v - v_s} f_0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 관찰자는 정지해 있고 음원인 구급차만 관찰자 쪽으로 움직이므로, 접근하는 음원에 대한 도플러 효과 상황에 해당한다.

### 계산 과정

1. 음원의 속력은 $v_s = v/10$이다.
2. 공식에 대입하면
$f' = \frac{v}{v - v/10} f_0$
이다.
3. 분모를 정리하면 $v - v/10 = 9v/10$이므로
$f' = \frac{v}{9v/10} f_0 = \frac{10}{9} f_0$
이다.

### 선지 판단

① X: $9/10 f_0$은 원래 진동수보다 작으므로 접근하는 음원의 도플러 효과와 반대이다. 틀린 표현 $9/10 f_0$ → 올바르게는 $10/9 f_0$이다.
② X: $10/11 f_0$은 음원이 멀어질 때 $v/(v + v_s) f_0$를 적용하면 나오는 값이다. 틀린 표현 $10/11 f_0$ → 올바르게는 $10/9 f_0$이다.
③ X: $f_0$은 음원과 관찰자 사이의 상대 운동이 없을 때의 값이다. 이 문제에서는 음원이 관찰자에게 접근하므로 진동수가 변한다. 틀린 표현 $f_0$ → 올바르게는 $10/9 f_0$이다.
④ X: $11/10 f_0$은 단순히 $1 + 1/10$처럼 증가율만 더한 값으로, 도플러 효과의 분모 $v - v_s$를 반영하지 못한다. 틀린 표현 $11/10 f_0$ → 올바르게는 $10/9 f_0$이다.
⑤ O: 계산 결과가 $10/9 f_0$이므로 A가 측정한 진동수와 일치한다.

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 구급차가 관찰자를 향해 접근한다는 방향 조건이다. 접근하면 진동수가 커지므로 ①, ②처럼 $f_0$보다 작은 값은 먼저 제외된다. 또한 ④처럼 속력 비율을 단순히 더하는 것이 아니라, 접근하는 음원의 공식 $v/(v - v_s)$를 써야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

도플러 효과 계산형 문제는 관찰자와 음원 중 누가 움직이는지 먼저 구분하고, 접근인지 멀어짐인지 확인한 뒤 분모의 부호를 정한다. 음원이 관찰자에게 접근하면 $f' = v/(v - v_s) f_0$가 되어 관찰 진동수는 $f_0$보다 커진다.

NoteBase

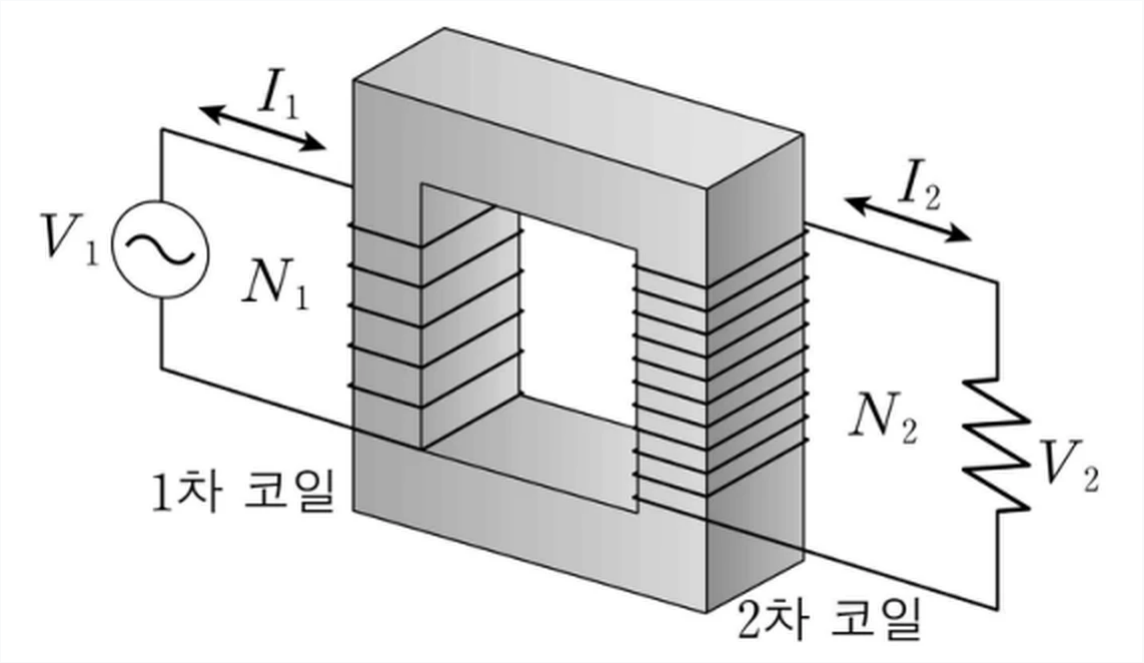
**암기 포인트**

음원이 가까워지면 분모가 작아져 진동수가 커진다. 접근하는 음원은 $v - v_s$, 멀어지는 음원은 $v + v_s$이다.

NoteBase

**문 7. [그림]은 변압기의 구조를 나타낸 것이다. 1차 코일은 전압이 $V_1$인 교류 전원에 연결되어 있고, 2차 코일에 연결된 저항에 걸리는 전압은 $V_2$이다. 1차 코일의 감은 수와 흐르는 전류의 세기는 각각 $N_1$, $I_1$이고, 2차 코일의 감은 수와 흐르는 전류의 세기는 각각 $N_2$, $I_2$이다. $N_1$은 $N_2$보다 적다.**

**이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 변압기의 에너지 손실은 무시한다.)**




<보기>

ㄱ. $V_2$는 $V_1$보다 작다.

ㄴ. $I_2$는 $I_1$보다 작다.

ㄷ. 1차 코일을 통과하는 자기 선속은 2차 코일을 통과하는 자기 선속보다 크다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ

⑤ ㄴ, ㄷ

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상적인 변압기에서 권수비와 전압비가 같고, 에너지 손실을 무시하면 입력 전력과 출력 전력이 같다는 원리를 이용해 보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 판단하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: 1차 코일 전압은 $V_1$, 2차 저항에 걸리는 전압은 $V_2$, 1차 권수는 $N_1$, 2차 권수는 $N_2$이다.
구해야 할 값: $V_2$와 $V_1$의 크기 관계, $I_2$와 $I_1$의 크기 관계, 두 코일을 통과하는 자기 선속의 관계이다.
주의할 조건: $N_1 < N_2$이고 변압기의 에너지 손실은 무시한다.

### 사용할 공식

이상적인 변압기에서는 전압비가 권수비와 같다.
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$
또한 에너지 손실을 무시하면 입력 전력과 출력 전력이 같다.
$V_1 I_1 = V_2 I_2$
이 공식을 쓰는 이유: 1차 코일과 2차 코일이 같은 철심의 시간에 따라 변하는 자기 선속을 공유하므로 유도기전력은 권수에 비례하고, 손실이 없으면 전력은 보존된다.

### 계산 과정

1. $N_1 < N_2$이므로 $\frac{N_2}{N_1} > 1$이다.
2. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} > 1$이 되어 $V_2 > V_1$이다.
3. 전력 보존식 $V_1 I_1 = V_2 I_2$에서 $V_2 > V_1$이면 같은 전력을 내기 위해 2차 전류는 더 작아져야 하므로 $I_2 < I_1$이다.
4. 이상적인 변압기에서는 두 코일이 같은 철심의 자기 선속을 공유하므로 1차 코일을 통과하는 자기 선속이 2차 코일을 통과하는 자기 선속보다 크다고 볼 수 없다.

NoteBase

**선지 판단**

① X

- ①은 ㄱ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄱ의 "$V_2$는 $V_1$보다 작다"가 틀렸다. $N_1 < N_2$이므로 $V_2/V_1 = N_2/N_1 > 1$이고, 올바르게는 $V_2$는 $V_1$보다 크다.

② O

- ②는 ㄴ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄴ의 "$I_2$는 $I_1$보다 작다"는 옳다. $V_2 > V_1$이고 손실을 무시해 $V_1 I_1 = V_2 I_2$이므로 2차 전류 $I_2$는 1차 전류 $I_1$보다 작다.

③ X

- ③은 ㄷ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄷ의 "1차 코일을 통과하는 자기 선속은 2차 코일을 통과하는 자기 선속보다 크다"가 틀렸다. 이상적인 변압기에서는 두 코일이 같은 철심의 자기 선속 변화를 공유하므로, 올바르게는 두 코일을 지나는 자기 선속은 같다고 판단한다.

④ X

- ④는 ㄱ, ㄴ이 옳다고 보는 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄱ의 "$V_2$는 $V_1$보다 작다"가 틀렸다. 올바른 조합은 ㄴ만이다.

⑤ X

- ⑤는 ㄴ, ㄷ이 옳다고 보는 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄷ의 "1차 코일의 자기 선속이 2차 코일의 자기 선속보다 크다"가 틀렸다. 올바른 조합은 ㄴ만이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 권수가 많은 쪽에서 전압과 전류가 모두 커진다고 착각하게 하는 것이다. 권수가 많은 2차 코일에서는 전압 $V_2$가 커지지만, 손실이 없으면 전력이 보존되므로 전류 $I_2$는 오히려 작아진다. 또한 권수가 다르다고 해서 같은 철심을 공유하는 이상적 변압기의 자기 선속이 코일마다 더 크거나 작아지는 것은 아니다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

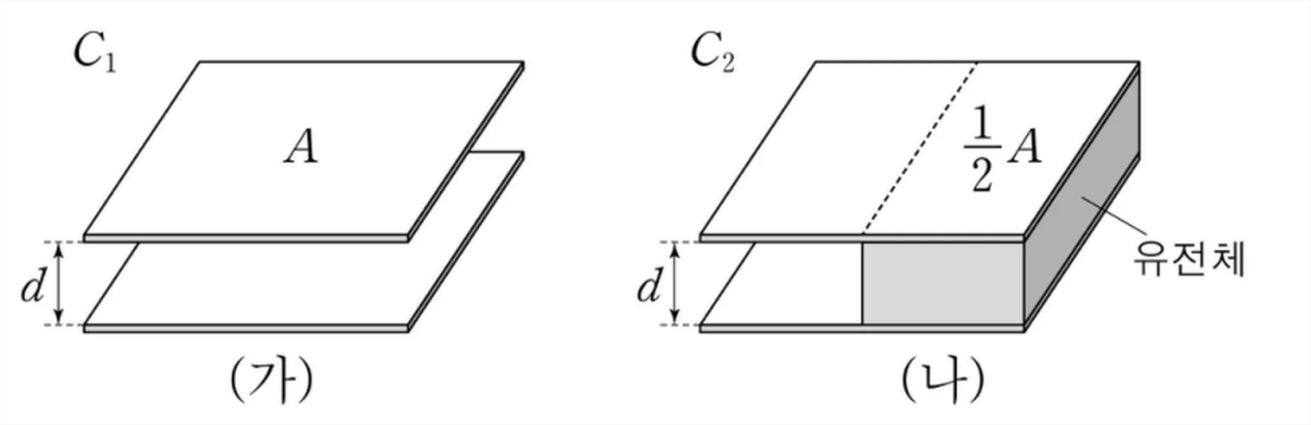
변압기 문제는 먼저 권수비로 전압비를 판단하고, 그다음 전력 보존으로 전류비를 반대로 판단한다. 같은 철심을 공유하는 이상적 변압기에서는 자기 선속을 코일별로 따로 크게 비교하지 않는다.

**암기 포인트**

변압기는 $N$이 큰 쪽에서 $V$가 크고 $I$는 작다. 이상적 변압기에서는 $V$는 권수에 비례하고, $I$는 권수에 반비례한다.

NoteBase

**문 8. [그림] (가)는 단면적이 $A$이고, 평행판 사이의 간격이 $d$인 축전기를 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 평행판 사이에 유전 상수가 4, 단면적이 $\frac{1}{2}A$, 두께가 $d$인 유전체를 채운 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 축전기의 전기 용량을 각각 $C_1$, $C_2$라고 할 때, $\frac{C_2}{C_1}$는? (단, 유전체가 채워지지 않은 공간은 진공이다.)**




① $\frac{5}{4}$
② $\frac{3}{2}$
③ 2
④ $\frac{5}{2}$
⑤ 4

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 평행판 축전기의 전기 용량 공식 $C = \varepsilon A/d$와, 판 사이 공간이 좌우로 나뉜 경우 두 부분이 병렬 연결처럼 더해진다는 점을 이용해 $C_2/C_1$을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

그림 (가): 단면적 $A$, 판 사이 거리 $d$, 판 사이가 진공이므로 $C_1 = \varepsilon_0 A/d$이다.
그림 (나): 전체 단면적 중 절반 $A/2$는 진공, 절반 $A/2$는 유전 상수 4인 유전체로 채워져 있다.
구해야 할 값은 $C_2/C_1$이다.

**사용할 공식**

평행판 축전기의 전기 용량은 $C = \varepsilon A/d$이다.
좌우로 나뉜 두 영역은 같은 두 도체판 사이에 놓여 전위차가 같으므로 병렬 연결처럼 전기 용량을 더한다. 따라서 C_2=C_진공+C_유전체로 계산한다.

NoteBase

### 계산 과정

먼저 그림 (가)의 전기 용량은
$C_1 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$
이다.
그림 (나)의 진공 부분은 면적이 $A/2$이므로
C_진공=(_0(A/2))/(d)=(1)/(2)C_1
이다.
유전체 부분은 유전 상수가 4이고 면적이 $A/2$이므로
C_유전체=(4_0(A/2))/(d)=2C_1
이다.
따라서
$C_2 = \frac{1}{2}C_1 + 2C_1 = \frac{5}{2}C_1$
이고,
$\frac{C_2}{C_1} = \frac{5}{2}$
이다.

### 선지 판단

① X. 5/4는 계산 결과 5/2와 다르다. 틀린 표현 5/4 → 올바르게는 5/2이다.
② X. 3/2는 유전체 부분을 $C_1$ 정도로 잘못 잡았을 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현 3/2 → 올바르게는 5/2이다.
③ X. 2는 유전체가 들어간 절반의 전기 용량 $2C_1$만 본 값이고, 진공 절반의 $(1/2)C_1$을 더하지 않았다. 틀린 표현 2 → 올바르게는 5/2이다.
④ O. 진공 절반은 $(1/2)C_1$, 유전체 절반은 $2C_1$이므로 합은 $(5/2)C_1$이다. 따라서 $C_2/C_1 = 5/2$이다.
⑤ X. 4는 전체 공간이 유전 상수 4인 유전체로 모두 채워졌을 때의 비율이다. 이 문제에서는 절반만 유전체로 채워져 있으므로 틀린 표현 4 → 올바르게는 5/2이다.

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 유전 상수 4만 보고 전체 전기 용량이 4배가 된다고 판단하는 것이다. 유전체가 채워진 면적은 전체의 절반뿐이므로, 진공 절반과 유전체 절반의 전기 용량을 따로 구해 더해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

평행판 사이가 좌우 면적으로 나뉘면 같은 전위차를 갖는 병렬 구조로 보고 각 부분의 $\varepsilon A/d$를 더한다. 판 사이 방향으로 여러 층이 쌓이면 직렬 구조로 보고 역수를 더한다.

### 암기 포인트

면적을 나누면 병렬이라서 $C$를 더하고, 두께 방향으로 나누면 직렬이라서 $1/C$를 더한다.

NoteBase

**문 9. [그림]은 어느 가정용 전기 제품의 라벨을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?**

- 제품명 : 전자레인지
- 정격 전압 : 220V, 60Hz
- 소비 전력 : 1,100W
- 정격 전류 : (가)

<보기>

ㄱ. 이 제품은 교류 220V 전원을 이용한다.

ㄴ. (가)는 5A이다.

ㄷ. 이 제품을 정격 전압에서 6분 동안 사용했을 때, 소모되는 전기 에너지는 110Wh이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 전기 제품 라벨의 정격 전압, 소비 전력, 정격 전류, 전기 에너지의 관계를 이용해 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 옳고 그름을 판단하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 정격 전압은 $220V$, 주파수는 $60Hz$, 소비 전력은 $1,100W$이다.
구해야 할 값: 정격 전류와 6분 동안 소비되는 전기 에너지이다.
주의할 조건: 정격 전압 표기의 $220V$, $60Hz$는 가정용 교류 전원의 전압과 주파수를 뜻하고, 6분은 $0.1h$로 바꾸어야 $Wh$ 계산이 바로 된다.

**사용할 공식**

전력과 전압, 전류의 관계는 $P = VI$이다. 따라서 정격 전류는 $I = \frac{P}{V}$로 구한다.
전기 에너지는 $E = Pt$이다. 소비 전력과 사용 시간이 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 정격 전류 계산
$I = \frac{P}{V} = \frac{1,100W}{220V} = 5A$
따라서 (가)는 $5A$이다.

2. 사용 시간 변환
6분은 $\frac{6}{60}h = 0.1h$이다.

3. 전기 에너지 계산
$E = Pt = 1,100W \times 0.1h = 110Wh$
따라서 6분 동안 소비되는 전기 에너지는 $110Wh$이다.

**선지 판단**

① X
- ㄱ은 맞지만, ㄴ과 ㄷ도 모두 맞다. 틀린 표현은 'ㄱ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

② X
- ㄷ은 맞지만, ㄱ과 ㄴ도 모두 맞다. 틀린 표현은 'ㄷ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

③ X
- ㄱ과 ㄴ은 맞지만, ㄷ도 맞다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

④ X
- ㄴ과 ㄷ은 맞지만, ㄱ도 맞다. 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

⑤ O
- ㄱ은 정격 전압 $220V$, ㄴ은 $I = \frac{1,100}{220} = 5A$, ㄷ은 $E = 1,100W \times 0.1h = 110Wh$로 모두 옳다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 ⑤가 정답이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 전류 계산에서 $P = VI$를 떠올리지 못하거나, 에너지 계산에서 6분을 $0.1h$로 바꾸지 않는 것이다. 또한 $60Hz$는 교류의 주파수이므로 ㄱ의 '교류 $220V$ 전원' 판단에 함께 쓰인다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

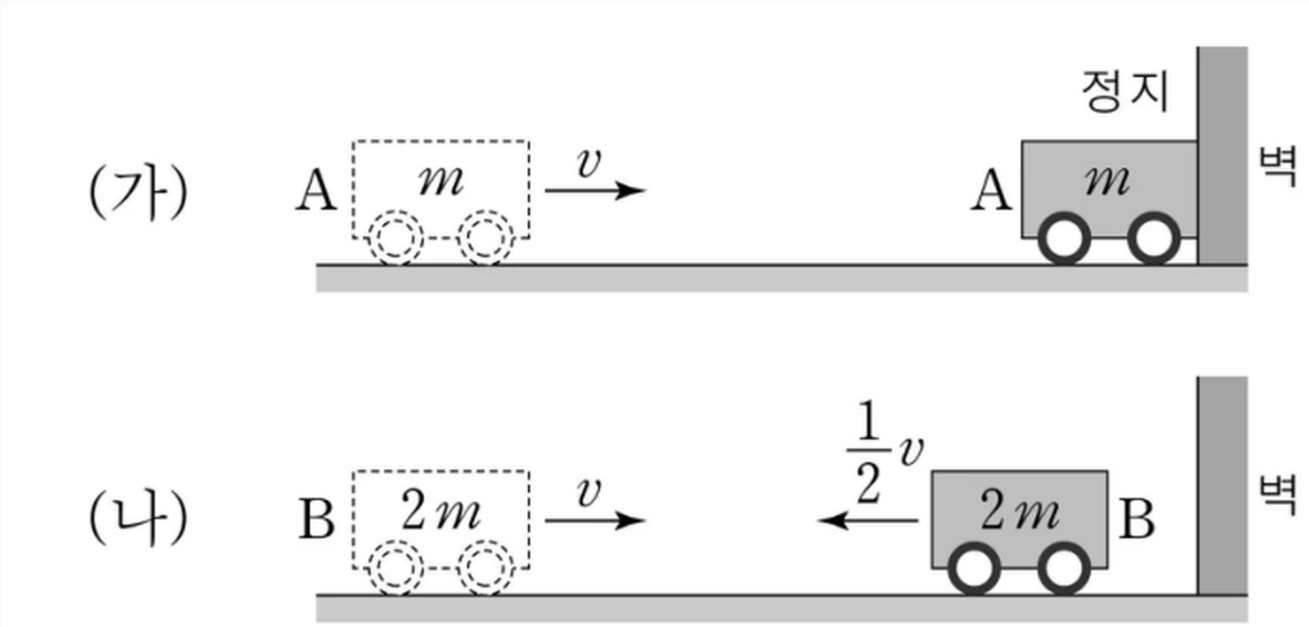
전기 제품 라벨 문제는 먼저 정격 전압과 소비 전력을 읽고, 전류는 $I = \frac{P}{V}$, 전기 에너지는 $E = Pt$로 판단한다. 시간 단위가 분으로 주어지면 $Wh$ 계산을 위해 시간 단위 $h$로 바꾼다.

NoteBase

**암기 포인트**

$P = VI, E = Pt$이다. 전력 $W$에 시간 $h$를 곱하면 전기 에너지 단위는 $Wh$가 된다.

**문 10. [그림] (가)는 질량이 $m$인 물체 A가 일정한 속력 $v$로 운동하다가 벽에 부딪힌 후 정지한 모습을 나타낸 것이다. [그림] (나)는 질량이 $2m$인 물체 B가 일정한 속력 $v$로 운동하다가 벽에 부딪힌 후 충돌 전과 반대 방향으로 일정한 속력 $\frac{1}{2}v$로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A, B가 벽과 충돌하는 과정에서 받은 충격량의 크기를 각각 $I_A$, $I_B$라고 할 때, $\frac{I_B}{I_A}$는?**




① 1
② 2
③ 3
④ 4
⑤ 5

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 벽과 충돌하는 동안 물체가 받은 충격량의 크기를 운동량 변화량 $I = |\Delta p|$로 구해 $I_B/I_A$를 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

A: 질량 $m$, 충돌 전 속도 $+v$, 충돌 후 정지이므로 속도 0이다.
B: 질량 $2m$, 충돌 전 속도 $+v$, 충돌 후 반대 방향 속도 $-\frac{1}{2}v$이다.
구해야 할 값은 두 물체가 벽과 충돌하는 과정에서 받은 충격량 크기의 비 $I_B/I_A$이다.
주의할 조건은 B가 반대 방향으로 되돌아오므로 충돌 후 속도에 음의 부호를 붙여야 한다는 점이다.

NoteBase

**사용할 공식**

충격량은 운동량 변화량과 같으므로
$I = |\Delta p| = |mv_f - mv_i|$
을 사용한다. 충돌 시간이 주어지지 않았고 충돌 전후 속도와 질량이 주어졌으므로 힘-시간 그래프가 아니라 운동량 변화량으로 충격량의 크기를 판단한다.

**계산 과정**

A의 충격량:
$I_A = |m \cdot 0 - m \cdot v| = mv$
B의 충격량:
$I_B = |2m \cdot (-\frac{1}{2}v) - 2m \cdot v| = |-mv - 2mv| = 3mv$
따라서
$\frac{I_B}{I_A} = \frac{3mv}{mv} = 3$
이다.

**선지 판단**

① X
- $I_B/I_A = 1$은 A와 B의 충격량이 같다고 본 값이다. B는 질량이 $2m$이고 충돌 후 반대 방향으로 $\frac{1}{2}v$만큼 되돌아가므로 운동량 변화량이 더 크다. 틀린 표현 1 → 올바르게는 3이다.

② X
- $I_B/I_A = 2$는 B의 질량이 A의 2배라는 점만 반영하고, B가 반대 방향으로 되돌아가며 추가로 운동량이 변한다는 점을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 2 → 올바르게는 3이다.

③ O
- A는 $mv$에서 0으로 변하므로 $I_A = mv$이고, B는 $2mv$에서 $-mv$로 변하므로 $I_B = 3mv$이다. 따라서 $I_B/I_A = 3$이 맞다.

④ X
- $I_B/I_A = 4$는 B의 충돌 후 속도 변화량을 $2v$처럼 과대평가한 값에 가깝다. 실제 B의 속도 변화는 $-\frac{1}{2}v - v = -\frac{3}{2}v$이고 질량 $2m$을 곱하면 충격량은 $3mv$이다. 틀린 표현 4 → 올바르게는 3이다.

⑤ X
- $I_B/I_A = 5$가 되려면 B의 운동량 변화량이 $5mv$이어야 하지만, 실제 변화량의 크기는 $3mv$이다. 틀린 표현 5 → 올바르게는 3이다.

NoteBase

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 반대 방향으로 운동한다는 조건을 부호로 처리하는 부분이다. B의 충돌 후 속도를 $+\frac{1}{2}v$로 두면 운동량 변화량을 $mv$ 또는 $2mv$처럼 잘못 볼 수 있다. 충돌 후 되돌아오면 속도는 처음 방향을 양으로 잡았을 때 음수이다.

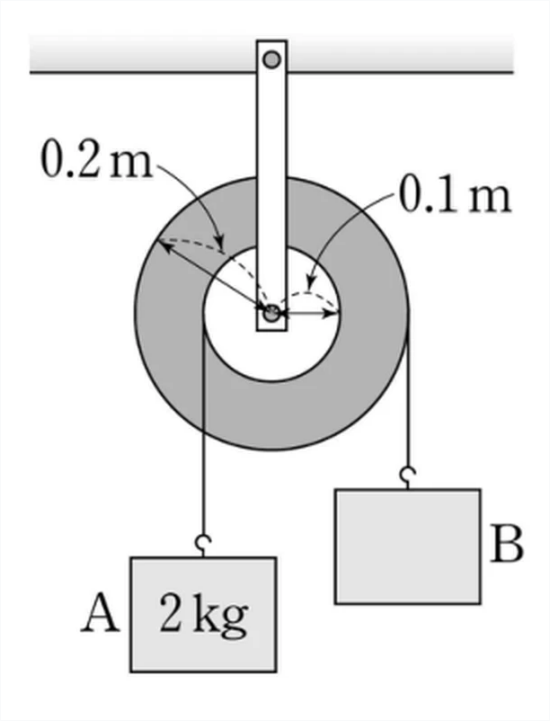
**다시 나오면 이렇게 판단**

충격량 비교 문제는 먼저 한 방향을 양의 방향으로 정하고, 충돌 전후 운동량을 각각 계산한 뒤, 마지막에 변화량의 크기만 비교한다. 방향이 바뀌는 경우에는 속도 부호가 반드시 바뀐다.

**암기 포인트**

충격량의 크기 = 운동량 변화량의 크기이다. 정지하면 $mv$, 반대로 튕기면 처음 운동량과 나중 운동량의 크기가 더해지는 효과가 난다.

**문 11. [그림]은 축바퀴의 작은 바퀴와 큰 바퀴에 물체 A, B가 실로 연결되어 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 작은 바퀴, 큰 바퀴의 반지름은 각각 0.1m, 0.2m이다. A의 질량은 2kg이다. B의 질량은? (단, 모든 마찰과 실의 질량은 무시한다.)**




① 1kg
② 2kg
③ 3kg
④ 4kg
⑤ 5kg

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 축바퀴가 정지해 있을 때 축에 대한 토크 평형식으로 B의 질량을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

A의 질량은 $2kg$이다.
A가 연결된 작은 바퀴의 반지름은 $0.1m$이고, B가 연결된 큰 바퀴의 반지름은 $0.2m$이다.
축바퀴가 정지해 있으므로 시계방향 토크와 반시계방향 토크의 크기가 같아야 한다.
모든 마찰과 실의 질량은 무시하므로 각 물체가 실에 주는 힘은 각각의 무게로 본다.

NoteBase

**사용할 공식**

토크는 $\tau = Fr$이다.
정지 평형에서는 $m_A g r_A = m_B g r_B$가 성립한다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 물체의 무게가 서로 다른 반지름에서 회전시키는 효과를 만들고, 축바퀴가 정지해 있으려면 두 토크의 크기가 같아야 하기 때문이다.

**계산 과정**

$m_A g r_A = m_B g r_B$
$2g \times 0.1 = m_B g \times 0.2$
양변에서 $g$를 약분하면 $2 \times 0.1 = 0.2 m_B$이다.
따라서 $0.2 = 0.2 m_B$이므로 $m_B = 1kg$이다.

**선지 판단**

① O
- 계산 결과 B의 질량은 $1kg$이다. 작은 반지름에 걸린 A의 토크 $2g \times 0.1$과 큰 반지름에 걸린 B의 토크 $1g \times 0.2$가 같아진다.

② X
- $2kg$이면 B의 토크가 $2g \times 0.2$가 되어 A의 토크 $2g \times 0.1$보다 2배 크다. 틀린 표현은 $2kg$이고, 올바르게는 $1kg$이다.

③ X
- $3kg$이면 B 쪽 토크가 $3g \times 0.2$가 되어 평형을 훨씬 넘는다. 틀린 표현은 $3kg$이고, 올바르게는 $1kg$이다.

④ X
- $4kg$이면 B 쪽 토크가 $4g \times 0.2$로 A 쪽 토크보다 4배 크다. 틀린 표현은 $4kg$이고, 올바르게는 $1kg$이다.

⑤ X
- $5kg$이면 B 쪽 토크가 $5g \times 0.2$로 A 쪽 토크보다 5배 크다. 틀린 표현은 $5kg$이고, 올바르게는 $1kg$이다.

계산 결과 B의 질량은 $1kg$이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

질량만 비교해서 A가 $2kg$이므로 B도 $2kg$이라고 판단하면 틀린다. 축바퀴에서는 같은 힘이라도 축에서 더 먼 반지름에 작용하면 토크가 더 크므로, 큰 바퀴에 매달린 B는 A보다 더 작은 질량이어야 평형이 된다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

축바퀴 평형 문제는 각 물체가 어느 반지름에 연결되어 있는지 먼저 확인하고, 축에 대해 $m_1 g r_1 = m_2 g r_2$를 세운 뒤 $g$를 약분해 질량과 반지름의 곱을 비교한다.

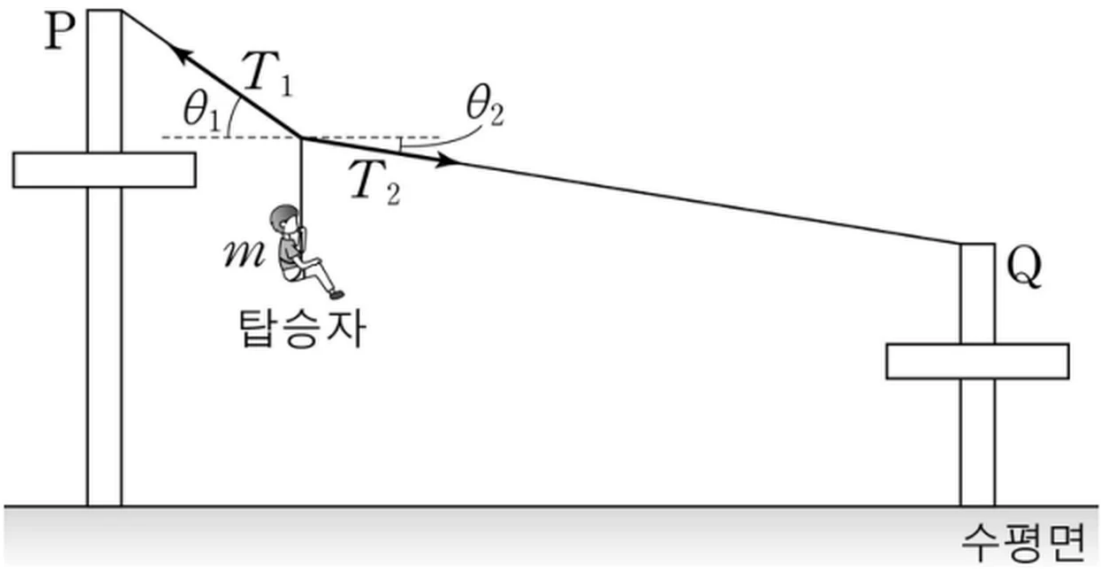
**암기 포인트**

축바퀴 정지 평형은 힘의 크기 비교가 아니라 토크 비교이다. 질량과 반지름의 곱 $mr$이 양쪽에서 같아야 한다.

NoteBase

**문 12. [그림]은 질량이 $m$인 탑승자가 줄에 매달려 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 각 기둥 P와 Q에 연결된 줄이 탑승자를 당기는 장력의 크기는 각각 $T_1$, $T_2$이다. P, Q에 연결된 줄이 수평 방향과 이루는 각은 각각 $\theta_1$, $\theta_2$이며, $\theta_1 > \theta_2$이다.**

**이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 $g$이고, 줄의 질량은 무시한다.)**




<보 기>

ㄱ. $T_1\cos\theta_1 = T_2\cos\theta_2$이다.

ㄴ. $T_1 > T_2$이다.

ㄷ. $m = \frac{T_1\sin\theta_1 - T_2\sin\theta_2}{g}$이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 정지한 탑승자에게 작용하는 세 힘의 평형 조건을 수평 방향과 수직 방향으로 나누어 판단하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

탑승자는 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다.
P쪽 줄의 장력은 $T_1$이고 수평선과 이루는 각은 $\theta_1$이다.
Q쪽 줄의 장력은 $T_2$이고 수평선과 이루는 각은 $\theta_2$이다.
그림에서 P쪽 줄은 탑승자를 왼쪽 위로, Q쪽 줄은 오른쪽 아래로 당기며, 중력 $mg$는 아래쪽으로 작용한다.
$\theta_1 > \theta_2$이다.

### 사용할 공식

정지 평형 조건은 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$이다.
수평 방향: $T_1 \cos\theta_1 = T_2 \cos\theta_2$
수직 방향: $T_1 \sin\theta_1 = T_2 \sin\theta_2 + mg$
이 공식을 쓰는 이유는 탑승자가 움직이지 않고 정지해 있으므로, 수평 방향의 힘도 서로 상쇄되고 수직 방향의 힘도 서로 상쇄되어야 하기 때문이다.

### 계산 과정

1. 수평 방향에서는 P쪽 장력의 왼쪽 성분과 Q쪽 장력의 오른쪽 성분이 같아야 하므로 $T_1 \cos\theta_1 = T_2 \cos\theta_2$이다.
2. $\theta_1 > \theta_2$이면 $\cos\theta_1 < \cos\theta_2$이다. 따라서 $T_1 \cos\theta_1 = T_2 \cos\theta_2$가 성립하려면 $T_1 > T_2$이어야 한다.
3. 수직 방향에서는 위쪽 성분 $T_1 \sin\theta_1$이 아래쪽 성분 $T_2 \sin\theta_2$와 중력 $mg$의 합과 같아야 한다.
4. 따라서 $mg = T_1 \sin\theta_1 - T_2 \sin\theta_2$이고, $m = \frac{T_1 \sin\theta_1 - T_2 \sin\theta_2}{g}$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- ㄱ은 맞지만 ㄴ과 ㄷ도 모두 맞다. 틀린 선택 표현은 'ㄱ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

② X
- ㄷ은 맞지만 ㄱ과 ㄴ도 맞다. 틀린 선택 표현은 'ㄷ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

③ X
- ㄱ, ㄴ은 맞지만 ㄷ도 맞다. 틀린 선택 표현은 'ㄱ, ㄴ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

④ X
- ㄴ, ㄷ은 맞지만 ㄱ도 맞다. 틀린 선택 표현은 'ㄴ, ㄷ만 고른 것'이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

⑤ O
- ㄱ은 수평 방향 평형식이므로 맞다. ㄴ은 $\theta_1 > \theta_2$에서 $\cos\theta_1 < \cos\theta_2$이므로 $T_1 > T_2$가 되어 맞다. ㄷ은 수직 방향 평형식에서 $mg = T_1\sin\theta_1 - T_2\sin\theta_2$가 되므로 맞다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 Q쪽 줄의 수직 성분 방향이다. Q쪽 줄은 오른쪽 아래로 기울어져 있으므로 $T_2\sin\theta_2$는 위쪽이 아니라 아래쪽 성분이다. 따라서 수직 평형식은 $T_1\sin\theta_1 + T_2\sin\theta_2 = mg$가 아니라 $T_1\sin\theta_1 = T_2\sin\theta_2 + mg$이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

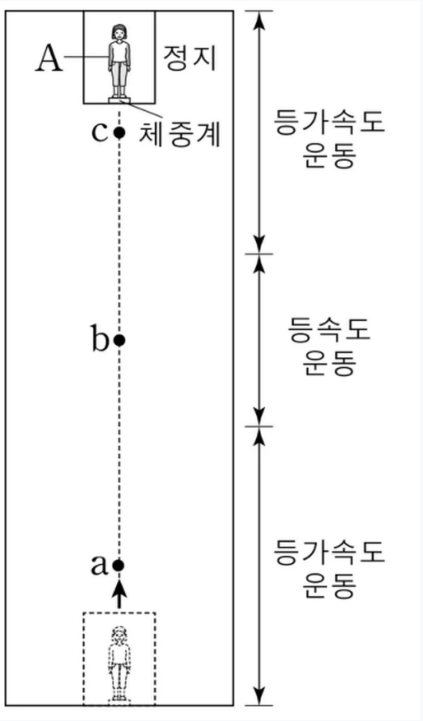
정지한 물체의 줄 문제는 먼저 각 장력이 물체를 어느 방향으로 당기는지 화살표로 정하고, 그다음 $x$방향과 $y$방향 성분을 각각 평형식으로 세워 판단한다.

**암기 포인트**

정지 평형은 가로 성분끼리 상쇄, 세로 성분끼리 상쇄이다. 아래로 기울어진 줄의 수직 성분은 중력과 같은 아래 방향으로 들어간다.

NoteBase

**문 13. [그림]과 같이 지상에서 몸무게가 $w$인 사람 A가 정지해 있던 엘리베이터를 타고 점 a, b, c를 지나 정지했다. a, b, c는 엘리베이터가 각각 등가속도 운동, 등속도 운동, 등가속도 운동하는 구간의 중간 지점이다. A가 엘리베이터를 타고 올라가는 동안 a, b, c에서 체중계의 측정값을 $w$와 비교한 것으로 옳은 것은?**




① a: $w$보다 큼, b: $w$와 같음, c: $w$보다 큼

② a: $w$보다 큼, b: $w$와 같음, c: $w$보다 작음

③ a: $w$와 같음, b: $w$와 같음, c: $w$보다 작음

④ a: $w$보다 작음, b: $w$와 같음, c: $w$보다 큼

⑤ a: $w$보다 작음, b: $w$보다 작음, c: $w$보다 큼

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 엘리베이터 안 체중계의 측정값이 실제 몸무게 $w = mg$가 아니라 수직항력 $N$이라는 점을 이용해, 가속도의 방향에 따른 겉보기 무게를 비교하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 사람의 실제 몸무게는 $w$이다.
구해야 할 값: a, b, c에서 체중계의 측정값이 $w$보다 큰지, 같은지, 작은지이다.
주의할 조건: 엘리베이터가 위로 올라가는 동안 a는 위쪽으로 가속하는 구간, b는 등속도 구간, c는 정지하기 위해 속도가 줄어드는 구간이다.

NoteBase

**사용할 공식**

체중계의 측정값은 수직항력 $N$이다.
위쪽을 양의 방향으로 잡으면
$N - mg = ma$
따라서 위쪽 가속도이면 $N = m(g + a) > mg = w$, 가속도가 없으면 $N = mg = w$, 아래쪽 가속도이면 $N = m(g - a) < mg = w$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 체중계는 중력 자체가 아니라 사람이 체중계를 누르는 힘의 반작용인 수직항력을 표시하기 때문이다.

**계산 과정**

1. a에서는 엘리베이터가 정지 상태에서 위로 출발하므로 가속도 방향이 위쪽이다. 따라서 $N = m(g + a)$가 되어 체중계 측정값은 $w$보다 크다.
2. b에서는 등속도 운동을 하므로 가속도는 0이다. 따라서 $N = mg = w$가 되어 체중계 측정값은 $w$와 같다.
3. c에서는 위로 움직이던 엘리베이터가 정지하기 위해 감속하므로 가속도 방향은 아래쪽이다. 따라서 $N = m(g - a)$가 되어 체중계 측정값은 $w$보다 작다.

계산 결과는 a: $w$보다 큼, b: $w$와 같음, c: $w$보다 작음이다.

NoteBase

**선지별 해설**

① X
- a와 b는 각각 $w$보다 큼, $w$와 같음으로 맞지만, c를 $w$보다 큼이라고 한 부분이 틀리다. c에서는 위로 이동 중 감속하므로 가속도는 아래쪽이고, 올바르게는 c에서 체중계 측정값이 $w$보다 작다.

② O
- a에서는 위쪽 가속도 때문에 $N > w$, b에서는 등속도라 $N = w$, c에서는 아래쪽 가속도 때문에 $N < w$이다. 세 지점의 비교가 모두 맞다.

③ X
- b와 c는 각각 $w$와 같음, $w$보다 작음으로 맞지만, a를 $w$와 같음이라고 한 부분이 틀리다. a에서는 위쪽 가속도가 있으므로 올바르게는 a에서 체중계 측정값이 $w$보다 크다.

④ X
- a를 $w$보다 작음, c를 $w$보다 큼이라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 a에서는 위쪽 가속도이므로 $w$보다 크고, c에서는 아래쪽 가속도이므로 $w$보다 작다.

⑤ X
- a, b, c가 모두 틀리다. 올바르게는 a는 $w$보다 큼, b는 $w$와 같음, c는 $w$보다 작음이다. b는 속도가 0이 아니라도 등속도이면 가속도가 0이므로 체중계 값은 $w$와 같다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 운동 방향과 가속도 방향을 혼동하게 하는 것이다. c에서는 엘리베이터가 여전히 위로 움직일 수 있지만, 정지하기 위해 속도가 줄어드는 중이므로 가속도는 아래쪽이다. 체중계 값은 속도 방향이 아니라 가속도 방향으로 판단한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

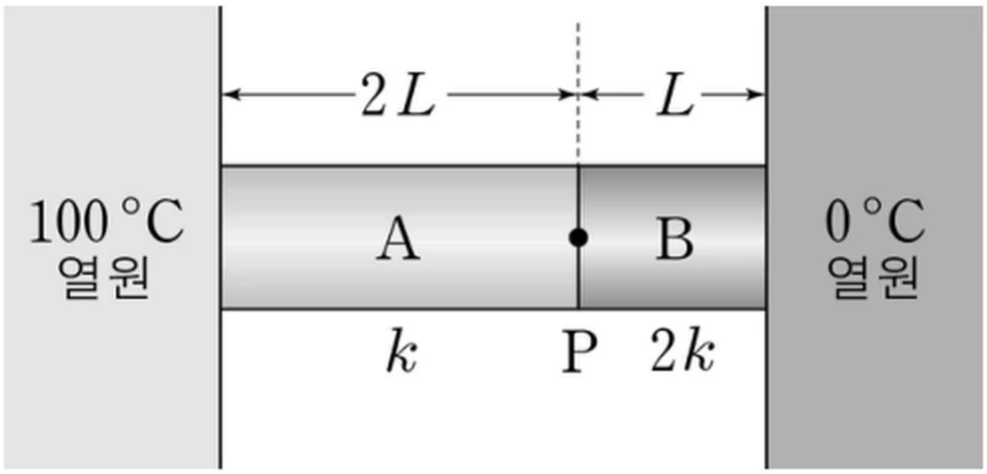
엘리베이터 체중계 문제는 먼저 가속도 방향을 확인한 뒤 판단한다. 위쪽 가속도이면 $w$보다 크고, 가속도가 0이면 $w$와 같고, 아래쪽 가속도이면 $w$보다 작다.

**암기 포인트**

체중계 값은 $mg$가 아니라 $N$이다. 위로 가속하면 무겁게, 등속이면 그대로, 아래로 가속하면 가볍게 측정된다.

NoteBase

**문 14. [그림]은 단면적이 같고, 길이가 각각 $2L$, $L$이고, 열전도도가 각각 $k$, $2k$인 금속 막대 A, B를 접촉시켜 양끝을 $100^\circ C$와 $0^\circ C$의 열원에 연결한 것을 나타낸 것이다. 충분한 시간이 흐른 후, 막대의 A, B의 접촉점 P에서의 온도는? (단, 열의 전달은 전도에 의해서만 이루어지고, A, B의 열팽창은 무시한다.)**




① 20°C

② 40°C

③ 50°C

④ 60°C

⑤ 80°C

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 서로 다른 금속 막대가 직렬로 연결된 정상상태 열전도에서 열저항을 이용해 접촉점 P의 온도를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: A의 길이는 $2L$, 열전도도는 $k$이고, B의 길이는 $L$, 열전도도는 $2k$이다. 두 막대의 단면적은 같고, 양끝 온도는 각각 100도와 0도이다.
구해야 할 값: A와 B의 접촉점 P의 정상상태 온도이다.
주의할 조건: 열팽창을 무시하고 전도만 일어나므로, 두 막대에는 같은 열류가 흐르며 온도 강하는 열저항에 비례한다.

NoteBase

**사용할 공식**

열전도에서 막대 하나의 열저항은

$R = \frac{\ell}{kA}$

이다. 직렬 연결에서는 전체 열저항이 각 막대의 열저항 합이고, 각 막대의 온도 강하는 그 막대의 열저항 비율만큼 분배된다. 이 문제는 두 막대가 접촉점 P를 사이에 두고 직렬로 연결되어 있으므로 열저항 분배식을 사용한다.

**계산 과정**

A의 열저항은

$R_A = \frac{2L}{kS}$

이다. 여기서 $S$는 공통 단면적이다.

B의 열저항은

$R_B = \frac{L}{2kS}$

이다.

따라서

$R_A : R_B = \frac{2L}{kS} : \frac{L}{2kS} = 4 : 1$

이다.

전체 온도차는 100도이므로 A에서의 온도 강하는

$100 \times \frac{4}{4+1} = 80$

도이다. 왼쪽 열원이 100도이므로 접촉점 P의 온도는

$100 - 80 = 20$

도이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O
- 계산 결과 P의 온도는 20도이므로 맞는 선지이다.

② X
- 40도는 접촉점 온도가 아니다. 틀린 표현은 "40도"이고, 올바르게는 "20도"이다. A와 B의 길이 차이만 보거나 열저항 비를 잘못 잡으면 나올 수 있는 값이다.

③ X
- 50도는 두 막대의 열저항이 같을 때의 중간 온도이다. 틀린 표현은 "50도"이고, 올바르게는 "20도"이다. 이 문제에서는 A의 열저항이 B의 4배이므로 온도 강하가 균등하지 않다.

④ X
- 60도는 접촉점 P의 온도가 아니다. 틀린 표현은 "60도"이고, 올바르게는 "20도"이다. 열전도도가 큰 B에서 더 큰 온도 강하가 생긴다고 거꾸로 판단하면 틀린다.

⑤ X
- 80도는 A에서의 온도 강하량이지 접촉점의 온도가 아니다. 틀린 표현은 "80도"이고, 올바르게는 "20도"이다. 왼쪽 100도에서 A의 온도 강하 80도를 빼야 P의 온도가 된다.

계산 결과 P의 온도는 20도이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 길이와 열전도도를 따로 보지 않고 열저항 $R = \ell/(kS)$로 합쳐 보아야 한다는 점이다. 특히 ⑤의 80도는 접촉점 온도가 아니라 A 구간의 온도 강하량이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

직렬 열전도 문제는 각 막대의 열저항을 먼저 구한 뒤, 전체 온도차를 열저항 비로 나누어 각 구간의 온도 강하를 판단한다. 접촉점 온도는 뜨거운 쪽 온도에서 왼쪽 구간의 온도 강하를 빼거나, 차가운 쪽 온도에 오른쪽 구간의 온도 상승분을 더해 구한다.

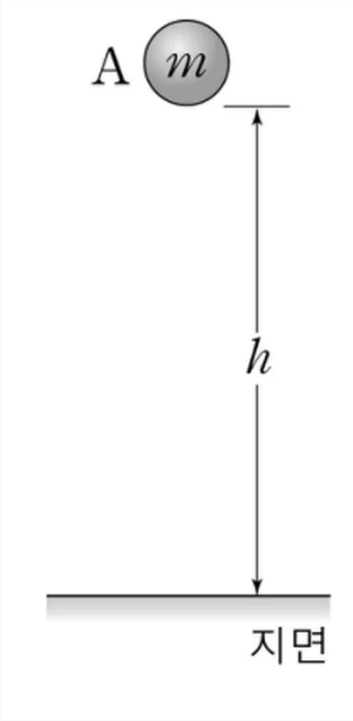
**암기 포인트**

직렬 전도에서는 온도 강하가 열저항에 비례한다. 길수록, 열전도도가 작을수록 열저항이 커지고 그 구간에서 온도 강하가 크게 나타난다.

NoteBase

**문 15. [그림]은 지면으로부터 높이가 $h$인 지점에서 질량이 $m$인 물체 A를 가만히 놓는 모습을 나타낸 것이다.**

**이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 중력 가속도는 $g$이고, A의 크기와 공기 저항은 무시하며, 지면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.)**




① 높이가 $h$인 지점에서 A의 중력 퍼텐셜 에너지는 $mgh$이다.

② 바닥에 닿는 순간 A의 운동 에너지는 $mgh$이다.

③ 바닥에 닿는 순간 공의 속력은 $\sqrt{2gh}$이다.

④ 높이가 $\frac{1}{2}h$인 지점에서 A의 역학적 에너지는 $mgh$이다.

⑤ 높이가 $\frac{1}{2}h$인 지점에서 A의 속력은 바닥에 닿는 순간 속력의 $\frac{1}{2}$배이다.

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 공기 저항이 없는 자유낙하에서 역학적 에너지 보존과 $v^2 = 2g\Delta y$ 관계를 이용해 위치에너지, 운동에너지, 속력을 판단하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: 질량 $m$, 처음 높이 $h$, 중력가속도 $g$, 지면에서 중력 퍼텐셜 에너지 0
구해야 할 값: 각 높이에서의 중력 퍼텐셜 에너지, 운동에너지, 속력
주의할 조건: 물체를 가만히 놓으므로 처음 운동에너지는 0이고, 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지는 항상 $mgh$로 보존된다.

### 사용할 공식

중력 퍼텐셜 에너지: $U = mgy$
역학적 에너지 보존: $K + U = mgh$
자유낙하 속력: $v^2 = 2g\Delta y$

이 공식을 쓰는 이유: 중력만 일을 하므로 감소한 위치에너지가 그대로 운동에너지로 바뀌고, 낙하 거리 $\Delta y$가 속력의 제곱에 비례한다.

### 계산 과정

처음 높이 $h$에서 $U = mgh$, $K = 0$이므로 전체 역학적 에너지는 $mgh$이다.
바닥에 닿는 순간에는 $U = 0$이므로 $K = mgh$이다.
따라서 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$에서 바닥 도달 속력은 $v = \sqrt{2gh}$이다.
높이 $\frac{1}{2}h$ 지점에서는 $U = mg \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{2}mgh$이고, $K = mgh - \frac{1}{2}mgh = \frac{1}{2}mgh$이다.
이때 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgh$이므로 $v = \sqrt{gh}$이다. 이는 바닥 도달 속력 $\sqrt{2gh}$의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O

- 높이 $h$에서 지면을 기준으로 한 중력 퍼텐셜 에너지는 $U = mgh$이므로 맞다.

② O

- 바닥에서는 중력 퍼텐셜 에너지가 0이고 전체 역학적 에너지 $mgh$가 운동에너지로 전환되므로 운동에너지는 $mgh$이다.

③ O

- 바닥에서 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$이므로 $v = \sqrt{2gh}$이다.

④ O

- 높이 $\frac{1}{2}h$에서 $U = \frac{1}{2}mgh$, $K = \frac{1}{2}mgh$이므로 역학적 에너지 $K + U = mgh$는 그대로 보존된다.

⑤ X

- 높이 $\frac{1}{2}h$ 지점에서의 속력은 $\sqrt{gh}$이고, 바닥에 닿는 순간의 속력은 $\sqrt{2gh}$이다. 따라서 비율은 $\frac{\sqrt{gh}}{\sqrt{2gh}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$이다. 틀린 표현은 "$\frac{1}{2}$배"이고, 올바르게는 "$\frac{1}{\sqrt{2}}$배"이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 높이가 절반이면 속력도 절반이라고 생각하게 하는 점이다. 자유낙하에서는 속력이 낙하 거리 자체에 비례하지 않고, 속력의 제곱 $v^2$이 낙하 거리 $\Delta y$에 비례한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

자유낙하 에너지 문제는 먼저 전체 역학적 에너지 $mgh$를 잡고, 해당 높이의 위치에너지 $mgy$를 뺀 값이 운동에너지인지 확인한다. 속력 비교는 $v$가 아니라 $v^2$이 낙하 거리와 비례한다는 점으로 판단한다.

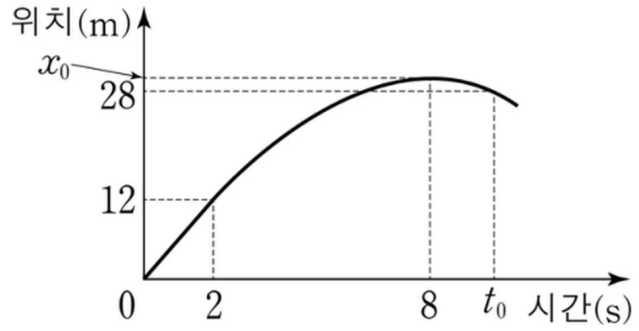
**암기 포인트**

자유낙하에서 에너지는 $K + U = mgh$, 속력은 $v = \sqrt{2g\Delta y}$이다. 높이 절반 지점의 속력은 최종 속력의 절반이 아니라 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다.

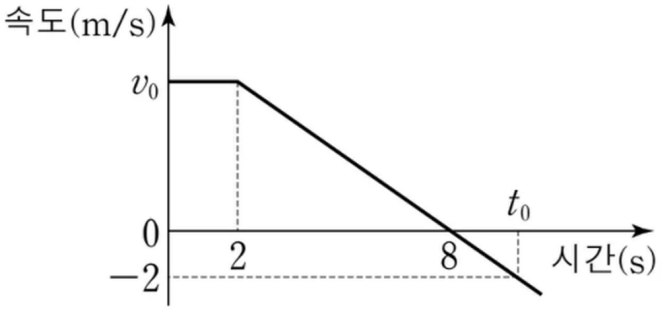
NoteBase

**문 16. [그림] (가), (나)는 직선 경로를 따라 운동하는 물체의 위치와 속도를 시간에 따라 각각 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?**

(가)




(나)




<보 기>

ㄱ. $v_0$은 6이다.

ㄴ. $x_0$은 30이다.

ㄷ. $t_0$은 10이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**정답 5번**

**출제 포인트**

이 문제는 위치-시간 그래프의 기울기가 속도이고, 속도-시간 그래프의 넓이가 위치 변화량이라는 원리를 이용해 $v_0$, $x_0$, $t_0$를 구하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: $t=0$에서 위치는 0, $t=2s$에서 위치는 $12m$이다. 속도 그래프에서 $0\sim2s$ 동안 속도는 $v_0$로 일정하고, $t=8s$에서 속도는 0, $t=t_0$에서 속도는 $-2m/s$이다.
구해야 할 값: $v_0$, $x_0$, $t_0$이다.
주의할 조건: $x_0$는 위치가 최대가 되는 $t=8s$에서의 위치이고, $t_0$에서의 위치 28과 구별해야 한다.

### 사용할 공식

위치-시간 그래프에서 속도는 기울기이다.
$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$
속도-시간 그래프에서 위치 변화량은 그래프 아래의 부호 있는 넓이이다.
$\Delta x=\int v dt$
이 공식을 쓰는 이유: 그림 (가)는 위치 그래프이고 그림 (나)는 속도 그래프이므로, 두 그래프는 기울기와 넓이로 연결된다.

### 계산 과정

1. $0\sim2s$ 동안 속도는 일정하므로 $v_0=\frac{12-0}{2-0}=6m/s$이다.
2. $t=2s$부터 $t=8s$까지 속도는 $6m/s$에서 0까지 직선적으로 감소하므로 가속도는 $\frac{0-6}{8-2}=-1m/s^2$이다.
3. 같은 직선이 $-2m/s$가 되는 시각은 0에서 2만큼 더 감소한 때이므로 $t_0=8+2=10s$이다.
4. $t=8s$까지의 위치는 $12+\frac{1}{2}\times6\times6=30m$이다. 따라서 최대 위치 $x_0=30$이다.
5. 확인하면 $t=8s$부터 $t=10s$까지의 속도-시간 넓이는 $-\frac{1}{2}\times2\times2=-2m$이므로 $t_0$에서의 위치는 $30-2=28m$가 되어 그림 (가)와 일치한다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 한 선택지이다. ㄱ의 $v_0 = 6$은 맞지만, ㄴ과 ㄷ도 옳으므로 선택지 ①은 틀리다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

② X
- ②는 ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. ㄷ의 $t_0 = 10$은 맞지만, ㄱ과 ㄴ도 옳으므로 선택지 ②는 틀리다. 틀린 표현은 'ㄷ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄴ만 옳다고 한 선택지이다. ㄱ의 $v_0 = 6$, ㄴ의 $x_0 = 30$은 맞지만 ㄷ의 $t_0 = 10$도 옳으므로 선택지 ③은 틀리다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. ㄴ의 $x_0 = 30$, ㄷ의 $t_0 = 10$은 맞지만 ㄱ의 $v_0 = 6$도 옳으므로 선택지 ④는 틀리다. 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

⑤ O
- ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다. $v_0 = 6$, $x_0 = 30$, $t_0 = 10$이므로 정답은 ⑤이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 $x_0$와 28을 혼동하는 것이다. 28은 $t_0$에서의 위치이고, $x_0$는 속도가 0이 되어 위치가 최대가 되는 $t = 8s$에서의 위치이다. 따라서 $x_0 = 28$이 아니라 $x_0 = 30$이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

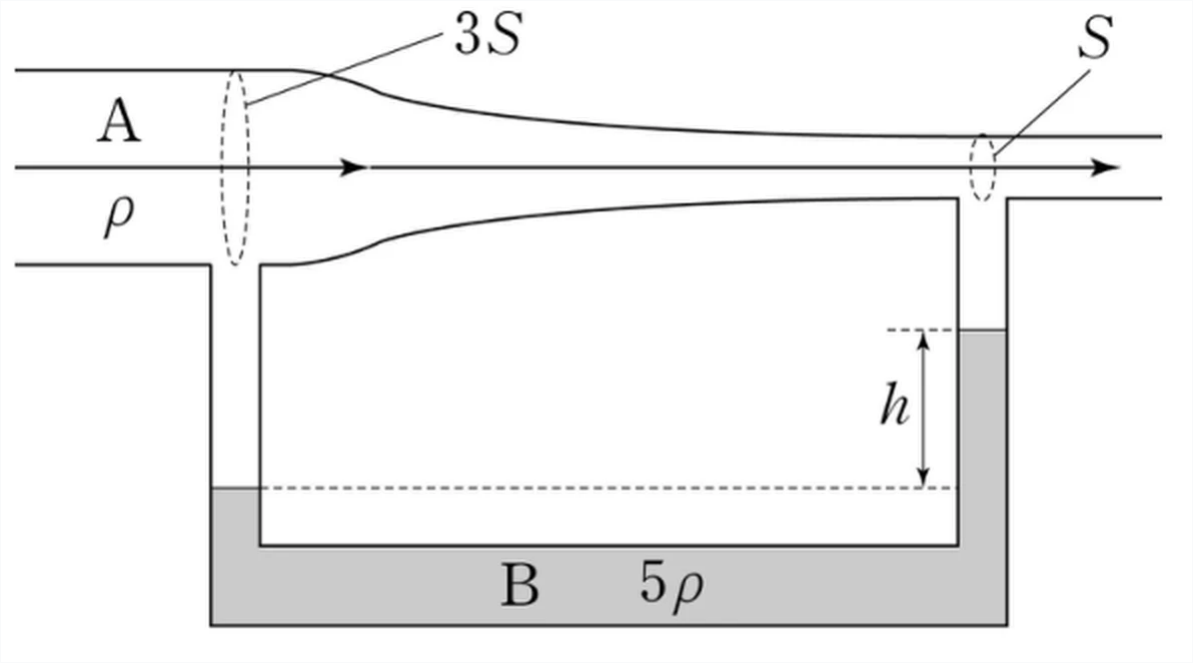
위치-시간 그래프와 속도-시간 그래프가 함께 나오면 먼저 위치 그래프의 기울기로 속도를 구하고, 그다음 속도 그래프의 부호 있는 넓이로 위치 변화를 검산한다. 위치의 최댓값은 속도가 0으로 바뀌는 시각에서 판단한다.

**암기 포인트**

$x - t$ 그래프의 기울기는 $v$, $v - t$ 그래프의 넓이는 $\Delta x$이다. 위치 최댓값은 $v = 0$인 지점에서 확인한다.

NoteBase

**문 17. [그림]과 같이 단면적이 각각 $3S$, $S$인 관에서 액체 A가 흐르고 있다. 관의 아랫 부분과 연결된 관 속에서 액체 B의 기둥의 높이 차는 $h$이다. A, B의 밀도는 각각 $\rho$, $5\rho$이다. 단면적이 $3S$인 관 속에서 A의 속력은? (단, 중력 가속도는 $g$이고, A, B는 베르누이 법칙을 만족한다.)**




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

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 연속방정식으로 두 단면의 속도비를 구하고, 베르누이 방정식과 차압 마노미터 관계를 결합해 단면적이 $3S$인 관 속 A의 속력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 왼쪽 단면적 $3S$, 오른쪽 단면적 $S$, 액체 A의 밀도 $\rho$, 액체 B의 밀도 $5\rho$, B 기둥 높이 차 $h$이다.
구해야 할 값: 단면적이 $3S$인 곳의 A의 속력 $v_1$이다.
주의할 조건: 관은 수평이고 A와 B는 베르누이 법칙을 만족하므로, A의 두 지점 사이에는 연속방정식과 베르누이 방정식을 적용한다.

NoteBase

**사용할 공식**

연속방정식:
$3Sv_1 = Sv_2$
따라서 $v_2 = 3v_1$이다.

수평관에서의 베르누이 방정식:
$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$
따라서
$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$
이다.

이 공식을 쓰는 이유: 유량은 두 단면에서 같고, 관이 수평이므로 위치에너지 항은 서로 상쇄되며 압력 차와 속력 차만 비교하면 된다.

**계산 과정**

1. 연속방정식에서 오른쪽 좁은 관의 속력은 $v_2 = 3v_1$이다.

2. 마노미터에서 왼쪽 B 계면이 오른쪽 B 계면보다 $h$만큼 낮다. 같은 높이의 B 내부 압력을 비교하면, 두 연결점의 A 압력 차는
$p_1 - p_2 = (5\rho - \rho)gh = 4\rho gh$
이다.

3. 베르누이 방정식에 $v_2 = 3v_1$을 대입하면
$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho((3v_1)^2 - v_1^2) = 4\rho v_1^2$
이다.

4. 두 압력 차를 같게 놓으면
$4\rho gh = 4\rho v_1^2$
이므로
$v_1 = \sqrt{gh}$
이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O
- 계산 결과 단면적 $3S$인 관 속 A의 속력은 $\sqrt{gh}$이므로 맞다.

② X
- $\sqrt{2gh}$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 $\sqrt{2gh}$ → 올바르게는 $\sqrt{gh}$이다.

③ X
- $\sqrt{3gh}$는 연속방정식에서 속도비 $v_2 = 3v_1$를 단순히 최종 속력에 곱한 것처럼 처리한 값이다. 틀린 표현 $\sqrt{3gh}$ → 올바르게는 $\sqrt{gh}$이다.

④ X
- $2\sqrt{gh}$는 $\sqrt{4gh}$와 같아, 마노미터의 $(5\rho - \rho)gh$를 베르누이의 속력 차 항과 제대로 약분하지 않은 값이다. 틀린 표현 $2\sqrt{gh}$ → 올바르게는 $\sqrt{gh}$이다.

⑤ X
- $\sqrt{5gh}$는 액체 B의 밀도 $5\rho$만 보고 액체 A의 밀도 $\rho$가 함께 작용하는 마노미터 보정을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 $\sqrt{5gh}$ → 올바르게는 $\sqrt{gh}$이다.

계산 결과 $\sqrt{gh}$이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 마노미터 압력 차를 $5\rho gh$로 바로 두는 것이다. 연결관 위쪽에는 액체 A도 함께 있으므로 실제 차압은 $(5\rho - \rho)gh = 4\rho gh$이고, 이 값이 베르누이의 $4\rho v_1^2$와 같아져 $v_1^2 = gh$가 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

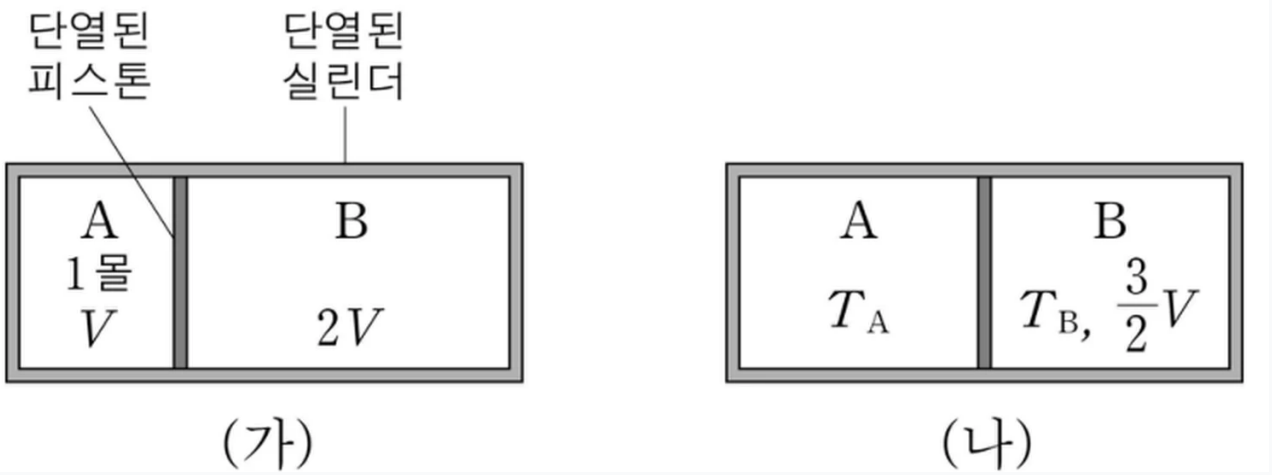
단면적이 다른 수평관에 마노미터가 연결된 문제는 먼저 연속방정식으로 속도비를 잡고, 다음에 마노미터로 압력 차를 구한 뒤, 마지막에 베르누이 방정식의 압력 차와 같게 놓아 속력을 구한다.

**암기 포인트**

서로 다른 액체가 들어 있는 차압계는 무거운 액체 밀도만 쓰지 않고 밀도 차 $(\rho_B - \rho_A)gh$를 압력 차로 본다.

NoteBase

**문 18. [그림] (가), (나)는 피스톤에 의해 분리된 실린더에 일정량의 단원자 분자 이상 기체 A, B가 들어있는 것을 나타낸 것이다. A의 양은 1몰이다. (가)에서 A, B의 부피는 각각 $V$, $2V$이고, A, B의 절대 온도와 압력은 같다. (나)는 (가)에서 A에 열을 가했더니 피스톤이 오른쪽으로 서서히 이동하여 힘의 평형을 이룬 채 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. (나)에서 A, B의 절대 온도는 각각 $T_A$, $T_B$이고, B의 부피는 $\frac{3}{2}V$이다. $\frac{T_B}{T_A}$는? (단, 피스톤과 실린더 사이의 마찰은 무시한다.)**




① $\frac{1}{2}$

② 1

③ $\frac{3}{2}$

④ 2

⑤ $\frac{5}{2}$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$와 마찰 없는 피스톤의 최종 압력 평형 조건을 이용해 $T_B/T_A$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

처음 (가)에서 $A$의 몰수는 1몰, 부피는 $V$이다.
처음 (가)에서 $A$, $B$의 압력과 절대온도는 같고, $B$의 부피는 $2V$이다.
따라서 처음 $B$의 몰수는 $A$의 2배인 2몰이다.
전체 실린더 부피는 처음에 $V + 2V = 3V$로 일정하다.
나중 (나)에서 $B$의 부피가 $\frac{3}{2}V$이므로 $A$의 부피도 $3V - \frac{3}{2}V = \frac{3}{2}V$이다.
최종 상태에서 피스톤이 힘의 평형을 이루므로 $A$, $B$의 압력은 같다.

NoteBase

### 사용할 공식

이상기체 상태방정식은 $PV = nRT$이다.
같은 기체상수 $R$를 쓰는 이상기체이고, 최종 상태에서 두 기체의 압력이 같으므로 각 부분에 $P = nRT/V$를 적용해 온도비를 비교할 수 있다.

### 계산 과정

처음 상태에서 $A$에 대해 $PV = 1 \cdot RT$이다.
처음 상태에서 $B$에 대해 $P \cdot 2V = n_B RT$이고, 압력과 온도가 $A$와 같으므로 $n_B = 2$이다.
최종 상태에서 $V_A = V_B = \frac{3}{2}V$이다.
최종 압력 평형 조건은 다음과 같다.
$\frac{1 \cdot RT_A}{\frac{3}{2}V} = \frac{2 \cdot RT_B}{\frac{3}{2}V}$
공통인 $R$와 $\frac{3}{2}V$를 약분하면 $T_A = 2T_B$이다.
따라서 $\frac{T_B}{T_A} = \frac{1}{2}$이다.

### 선지 판단

① O: 계산 결과 $T_B/T_A = \frac{1}{2}$이므로 옳다.
② X: $T_B/T_A = 1$은 최종 몰수 차이를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 1이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}$이다.
③ X: $T_B/T_A = \frac{3}{2}$는 $B$의 최종 부피 $\frac{3}{2}V$를 온도비로 잘못 연결한 값이다. 틀린 표현은 $\frac{3}{2}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}$이다.
④ X: $T_B/T_A = 2$는 $T_A = 2T_B$를 거꾸로 읽은 값이다. 틀린 표현은 2이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}$이다.
⑤ X: $T_B/T_A = \frac{5}{2}$는 압력 평형식에서 나오지 않는다. 틀린 표현은 $\frac{5}{2}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}$이다.
계산 결과 $\frac{1}{2}$이므로 정답은 1번이다.

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 피스톤이 움직인 뒤의 부피 변화만 보고 온도비를 판단하게 하는 것이다. 최종에는 $A$와 $B$의 부피가 같아지지만, 몰수는 $A$가 1몰, $B$가 2몰로 다르다. 같은 압력과 같은 부피에서 몰수가 2배인 $B$의 온도는 $A$의 절반이어야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

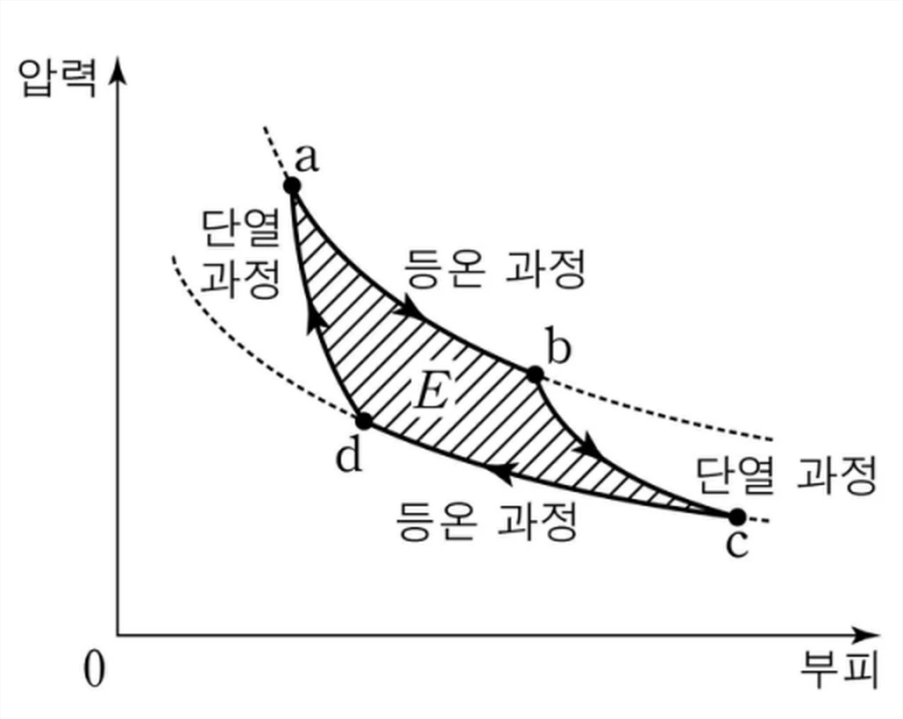
피스톤 평형 문제는 전체 부피 보존으로 각 기체의 최종 부피를 먼저 구하고, 마찰 없는 피스톤이면 최종 압력이 같다는 조건을 세운 뒤 $P = nRT/V$로 온도비를 비교한다.

### 암기 포인트

피스톤 평형은 압력 같음, 이상기체 비교는 $P = nRT/V$이다. 최종 부피가 같고 압력도 같으면 온도는 몰수에 반비례한다.

NoteBase

**문 19. [그림]은 열효율이 0.4인 열기관 내의 일정량의 이상 기체의 상태가 $a \to b \to c \to d \to a$로 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. $a \to b$ 과정과 $c \to d$ 과정은 등온 과정이고, $b \to c$ 과정과 $d \to a$ 과정은 단열 과정이다. 빗금 친 부분의 면적은 $E$이다. $a \to b$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은?**




① $\frac{3}{2}E$

② $2E$

③ $\frac{5}{2}E$

④ $4E$

⑤ $\frac{9}{2}E$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 열기관의 열효율 $\eta = W/Q_{in}$을 이용해 등온 팽창 과정 $a \to b$에서 흡수한 열량을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 열효율은 0.4이고, 빗금 친 부분의 면적은 $E$이다.
구해야 할 값: $a \to b$ 과정에서 기체가 흡수한 열량이다.
주의할 조건: $p$-$V$ 그래프에서 한 순환 과정이 둘러싼 면적은 열기관이 한 일 $W$이다. $a \to b$는 고온 등온 팽창이므로 열을 흡수하고, 단열 과정에서는 열 교환이 없다.

NoteBase

**사용할 공식**

열기관의 열효율은
$\eta = \frac{W}{Q_{\text{in}}}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 열효율과 순환 과정의 면적이 주어졌고, 순환 과정에서 내부에너지 변화는 0이므로 순일 $W$는 흡수열과 방출열의 차이이며 그래프의 빗금 면적 $E$와 같다.

**계산 과정**

1. 빗금 친 부분의 면적은 한 순환 과정에서 기체가 한 순일이므로 $W = E$이다.
2. 열효율이 0.4이므로
$0.4 = \frac{E}{Q_{\text{in}}}$
이다.
3. 따라서 흡수한 열량은
$Q_{\text{in}} = \frac{E}{0.4} = \frac{5}{2}E$
이다.
4. $a \to b$는 등온 팽창 과정이어서 실제로 열을 흡수하는 구간이므로, $a \to b$ 과정에서 흡수한 열량은 $\frac{5}{2}E$이다.

**선지 판단**

① X
- $\frac{3}{2}E$는 계산 결과 $\frac{5}{2}E$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{3}{2}E$는 올바르게는 $\frac{5}{2}E$이다.

② X
- $2E$는 열효율 0.4를 $\eta = W/Q_{\text{in}}$에 대입한 값이 아니다. 틀린 표현 $2E$는 올바르게는 $\frac{5}{2}E$이다.

③ O
- $W = E$, $\eta = 0.4$이므로 $Q_{\text{in}} = W/\eta = E/0.4 = \frac{5}{2}E$이다.

④ X
- $4E$는 열효율을 이용해 구한 흡수열보다 크다. 틀린 표현 $4E$는 올바르게는 $\frac{5}{2}E$이다.

⑤ X
- $\frac{9}{2}E$는 순일 $E$와 열효율 0.4의 관계에서 나오지 않는다. 틀린 표현 $\frac{9}{2}E$는 올바르게는 $\frac{5}{2}E$이다.

계산 결과 $\frac{5}{2}E$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

### 오답 포인트

빗금 면적 $E$를 흡수열로 착각하면 안 된다. 빗금 면적은 순환 과정의 순일 $W$이고, 흡수열은 열효율식 $\eta = W/Q_{in}$으로 다시 구해야 한다. 또한 단열 과정에서는 열 교환이 없으므로 흡수열은 고온 등온 팽창인 $a \rightarrow b$에서만 고려된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

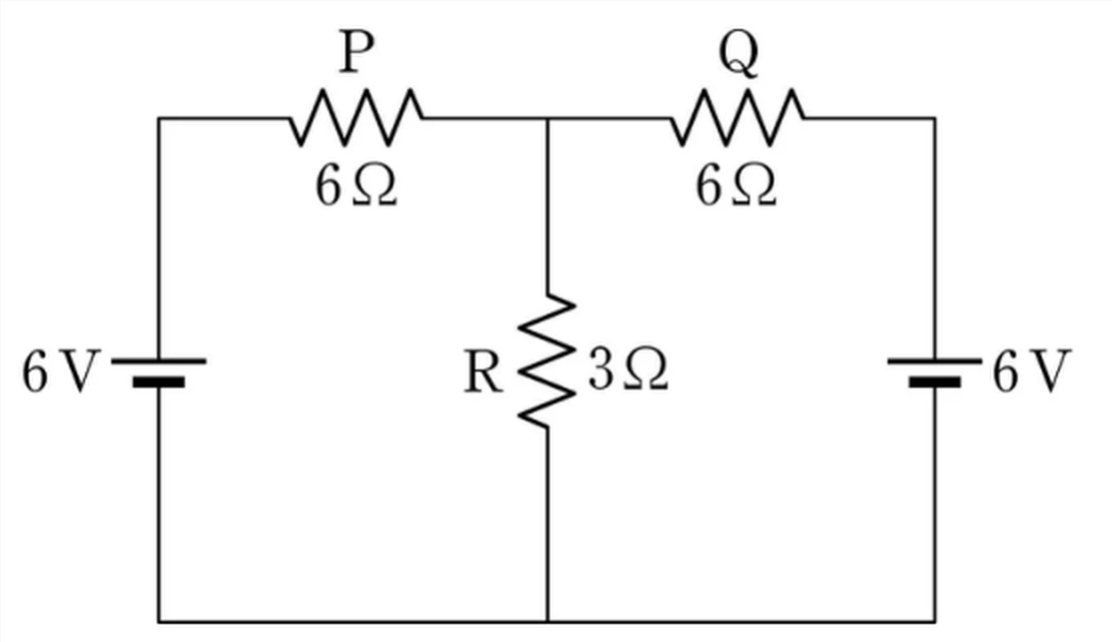
열기관의 $p$-$V$ 순환 그래프에서는 먼저 둘러싼 면적을 순일 $W$로 잡고, 열효율 $\eta = W/Q_{in}$에서 흡수열을 역산한다. 등온 팽창은 열 흡수, 등온 압축은 열 방출, 단열 과정은 열 교환 없음으로 판단한다.

### 암기 포인트

열기관 순환 그래프의 면적은 $W$, 열효율은 $W/Q_{in}$이다. 따라서 $Q_{in} = W/\eta$로 바로 연결된다.

NoteBase

**문 20. [그림]은 저항 P, Q, R를 전압이 6V인 전원 장치 2개에 연결한 회로를 나타낸 것이다. P, Q, R의 저항값은 각각 6Ω, 6Ω, 3Ω이다. R에 흐르는 전류의 세기는?**




① $\frac{1}{2}$A
② 1A
③ $\frac{3}{2}$A
④ 2A
⑤ $\frac{5}{2}$A

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 같은 전압의 전원 두 개가 만드는 같은 전위 노드를 확인한 뒤, 병렬저항과 전압분배를 이용해 저항 $R$에 흐르는 전류를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

저항값은 $P = 6\Omega$, $Q = 6\Omega$, $R = 3\Omega$이다.
두 전원은 모두 $6V$이고, 그림에서 위쪽 단자가 같은 전위가 되도록 연결되어 있다.
구해야 할 값은 가운데 노드에서 아래쪽 공통선으로 연결된 $R$에 흐르는 전류의 세기이다.

NoteBase

### 사용할 공식

병렬 등가저항은
$\frac{1}{R_{PQ}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$
이다.
전압분배는 직렬로 연결된 두 등가저항의 전압이 저항값에 비례한다는 원리이다.
이 공식을 쓰는 이유는 $P$와 $Q$가 같은 $6V$ 전위 노드와 가운데 노드 사이에 각각 연결되어 병렬처럼 작용하고, 그 병렬 등가저항이 $R$과 직렬 관계를 이루기 때문이다.

### 계산 과정

1. $P$와 $Q$의 병렬 등가저항을 구한다.
$\frac{1}{R_{PQ}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$
따라서 $R_{PQ} = 3\Omega$이다.
2. $R_{PQ} = 3\Omega$와 $R = 3\Omega$가 $6V$에 대해 전압분배를 하므로 두 저항에 걸리는 전압은 각각 $3V$이다.
3. $R$에 걸리는 전압이 $3V$, 저항이 $3\Omega$이므로
$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{3}{3} = 1A$
이다.

### 선지 판단

① X: $\frac{1}{2}A$는 계산 결과 $1A$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{1}{2}A$는 올바르게는 $1A$이다.
② O: $R$에 걸리는 전압은 $3V$이고 $R = 3\Omega$이므로 $I_R = 1A$이다.
③ X: $\frac{3}{2}A$는 계산 결과 $1A$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{3}{2}A$는 올바르게는 $1A$이다.
④ X: $2A$는 $6V$ 전체가 곧바로 $R = 3\Omega$에 걸린다고 볼 때 나올 수 있는 값이다. 그러나 $P$, $Q$의 병렬 등가저항과 전압분배가 일어나므로 틀린 표현 $2A$는 올바르게는 $1A$이다.
⑤ X: $\frac{5}{2}A$는 계산 결과 $1A$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{5}{2}A$는 올바르게는 $1A$이다.
계산 결과 $R$에 흐르는 전류의 세기는 $1A$이므로 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전원 장치가 두 개라는 이유로 전압을 더하거나, $6V$ 전체가 바로 $R$에 걸린다고 보는 것이다. 이 회로에서는 양쪽 위 노드가 모두 같은 $6V$ 전위이므로 $P$와 $Q$는 가운데 노드 기준으로 병렬 등가저항을 만든다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산형 문제는 먼저 같은 전위인 점을 표시하고, 병렬과 직렬 등가저항을 정리한 뒤, 해당 저항에 실제로 걸리는 전압으로 전류를 계산한다.

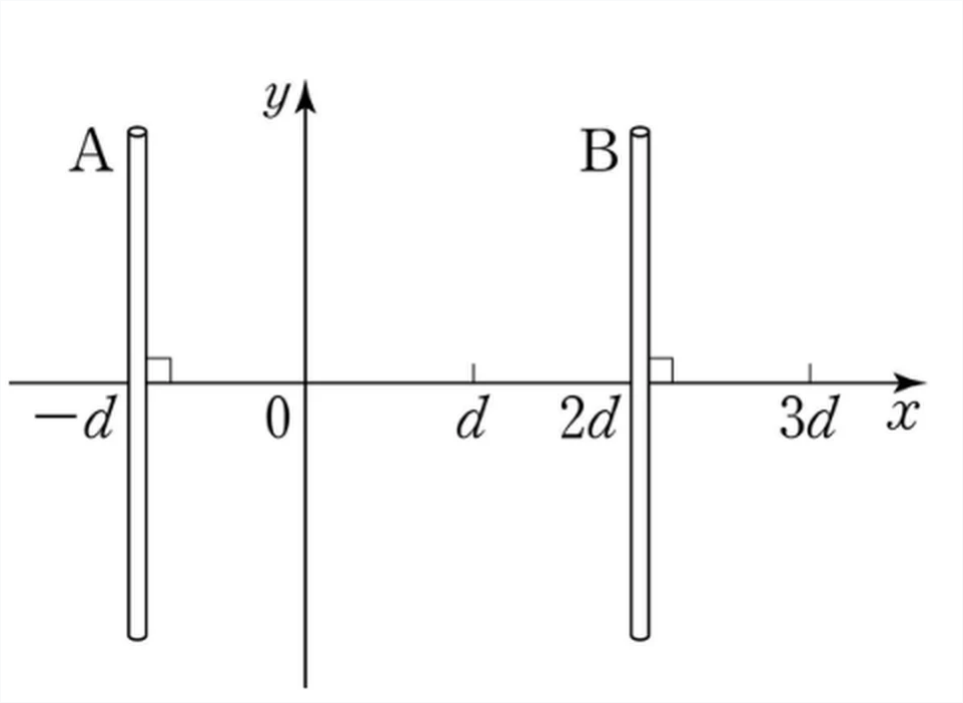
NoteBase

**암기 포인트**

같은 두 저항 6Ω의 병렬 등가는 3Ω이고, 같은 크기의 직렬 저항 두 개에는 전압이 반씩 나뉜다.

NoteBase

**문 21. [그림]과 같이 전류가 흐르고 있는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 $xy$평면의 $x=-d$, $x=2d$에 각각 고정되어 있다. $x=0$에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. $x=3d$인 지점에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $x=d$인 지점의 몇 배인가?**




① $\frac{1}{2}$
② $\frac{2}{3}$
③ $\frac{3}{2}$
④ 2
⑤ $\frac{5}{2}$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 무한히 긴 직선 도선의 자기장 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$와 자기장 방향을 이용해 두 지점의 합성 자기장 세기 비를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

도선 A는 $x=-d$, 도선 B는 $x=2d$에 있다.
$x=0$에서 A와 B에 의한 자기장이 0이므로, 두 자기장은 크기가 같고 방향이 반대이다.
$x=0$은 A에서 $d$, B에서 $2d$ 떨어져 있으므로 $\frac{I_A}{d}=\frac{I_B}{2d}$이고, 따라서 $I_B=2I_A$이다.
두 자기장이 $x=0$에서 반대 방향이 되려면 두 도선의 전류 방향은 서로 같은 방향이다.

NoteBase

**사용할 공식**

무한히 긴 직선 도선에서 거리 $r$만큼 떨어진 점의 자기장 세기는
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 도선이 모두 무한히 긴 직선 도선이고, 각 지점의 자기장은 각 도선까지의 거리와 전류에 의해 결정되기 때문이다. 합성할 때는 세기뿐 아니라 방향도 함께 비교해야 한다.

**계산 과정**

$I_A = I$라 두면 $I_B = 2I$이다. $K = \frac{\mu_0}{2\pi}$로 둔다.

1. $x = d$에서의 자기장
$x = d$는 A에서 $2d$, B에서 $d$ 떨어져 있다. 두 도선 사이의 점이므로 두 자기장은 반대 방향이다.
$B_d = K\left|\frac{I}{2d} - \frac{2I}{d}\right| = K \cdot \frac{3I}{2d}$

2. $x = 3d$에서의 자기장
$x = 3d$는 A에서 $4d$, B에서 $d$ 떨어져 있다. 두 도선의 오른쪽에 있는 점이므로 두 자기장은 같은 방향이다.
$B_{3d} = K\left(\frac{I}{4d} + \frac{2I}{d}\right) = K \cdot \frac{9I}{4d}$

3. 세기 비
$\frac{B_{3d}}{B_d} = \frac{\frac{9I}{4d}}{\frac{3I}{2d}} = \frac{9}{4} \cdot \frac{2}{3} = \frac{3}{2}$

NoteBase

**선지 판단**

① X
- $\frac{1}{2}$는 계산 결과 $\frac{3}{2}$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{1}{2}$ → 올바르게는 $\frac{3}{2}$이다.

② X
- $\frac{2}{3}$은 올바른 비 $\frac{B_{3d}}{B_d} = \frac{3}{2}$의 역수이다. 틀린 표현 $\frac{2}{3}$ → 올바르게는 $\frac{3}{2}$이다.

③ O
- $x = d$에서의 합성 자기장 세기는 $K \cdot \frac{3I}{2d}$, $x = 3d$에서의 합성 자기장 세기는 $K \cdot \frac{9I}{4d}$이므로 비는 $\frac{3}{2}$이다.

④ X
- 2는 $x = 3d$에서 B 도선의 영향만 크게 보거나, $x = d$에서의 상쇄 효과를 정확히 반영하지 않으면 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현 2 → 올바르게는 $\frac{3}{2}$이다.

⑤ X
- $\frac{5}{2}$는 $x = d$와 $x = 3d$에서 자기장 방향을 구분하지 않고 단순 합산하면 착각할 수 있는 값이다. 틀린 표현 $\frac{5}{2}$ → 올바르게는 $\frac{3}{2}$이다.

계산 결과 $\frac{3}{2}$이므로 정답은 3번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 거리만 대입하고 자기장 방향을 빼먹는 것이다. $x = d$는 두 도선 사이이므로 두 자기장이 반대 방향이고, $x = 3d$는 두 도선의 같은 쪽이므로 두 자기장이 같은 방향이다. 또한 $x = 0$에서 상쇄된다는 조건으로 먼저 $I_B = 2I_A$를 찾아야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

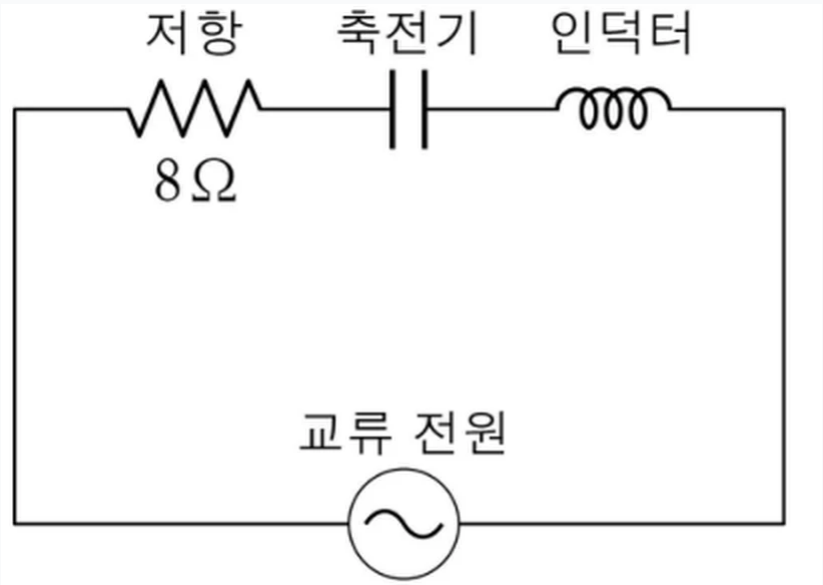
무한 직선 도선 두 개의 합성 자기장 문제는 먼저 상쇄 조건으로 전류비를 구하고, 다음으로 각 지점이 도선들의 같은 쪽인지 사이인지 판단한 뒤, 마지막에 $B \propto \frac{I}{r}$로 합성 세기를 계산한다.

**암기 포인트**

직선 도선 자기장은 $B \propto \frac{I}{r}$이고, 같은 방향 전류의 두 도선 사이에서는 자기장이 반대 방향, 바깥쪽에서는 같은 방향으로 합성된다.

NoteBase

**문 22. [그림]은 저항값이 8Ω인 저항, 축전기, 인덕터를 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 연결한 회로를 나타낸 것이다. [표]는 교류 전원의 진동수 $f$와 저항에 흐르는 최대 전류의 세기 $I_{max}$, 축전기 용량 리액턴스 $X_C$, 인덕터의 유도 리액턴스 $X_L$을 나타낸 것이다. (가)는?**




| $f$ | $I_{max}$ | $X_C$ | $X_L$ |
|---|---|---|---|
| 30 Hz | (가) | 8 Ω | 2 Ω |
| 60 Hz | 1 A | 4 Ω | 4 Ω |

① $\frac{1}{5}$A
② $\frac{2}{5}$A
③ $\frac{3}{5}$A
④ $\frac{4}{5}$A
⑤ 1A

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 RLC 직렬회로에서 임피던스 $Z$와 최대 전류 $I_{max}$의 관계 $I_{max} = V_{max}/Z$를 이용해 30$Hz$일 때의 최대 전류를 구하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: 저항 $R = 8\Omega$, 전원 전압의 최댓값은 일정하다.
$60Hz$: $I_{max} = 1A$, $X_C = 4\Omega$, $X_L = 4\Omega$이다.
$30Hz$: $X_C = 8\Omega$, $X_L = 2\Omega$이고, 구해야 할 값은 $30Hz$에서의 $I_{max}$이다.
주의할 조건: 직렬 RLC 회로의 임피던스는 저항과 순리액턴스 $X_L - X_C$를 함께 사용한다.

### 사용할 공식

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
$I_{max} = \frac{V_{max}}{Z}$
이 공식을 쓰는 이유: 저항, 축전기, 인덕터가 직렬로 연결되어 있으므로 전체 임피던스의 크기는 저항 $R$과 순리액턴스 $X_L - X_C$의 벡터합으로 정해진다. 전원 전압의 최댓값이 일정하므로, 먼저 $60Hz$ 조건에서 $V_{max}$를 구한 뒤 $30Hz$의 임피던스로 전류를 계산한다.

### 계산 과정

1. $60Hz$에서는 $X_C = 4\Omega$, $X_L = 4\Omega$이므로 $X_L - X_C = 0$이다.
$Z_{60} = \sqrt{8^2 + 0^2} = 8\Omega$
$V_{max} = I_{max} Z_{60} = 1A \times 8\Omega = 8V$
2. $30Hz$에서는 $X_C = 8\Omega$, $X_L = 2\Omega$이므로 순리액턴스는 $X_L - X_C = 2 - 8 = -6\Omega$이다.
$Z_{30} = \sqrt{8^2 + (-6)^2} = \sqrt{64 + 36} = 10\Omega$
3. 전압 최댓값이 $8V$로 일정하므로
$I_{max} = \frac{8V}{10\Omega} = \frac{4}{5}A$
따라서 (가)는 $\frac{4}{5}A$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- $\frac{1}{5}A$는 $30Hz$에서의 계산 결과 $\frac{4}{5}A$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{1}{5}A$ → 올바르게는 $\frac{4}{5}A$이다.

② X
- $\frac{2}{5}A$는 임피던스 $10\Omega$에 전압 최댓값 $8V$를 나눈 값이 아니다. 틀린 표현 $\frac{2}{5}A$ → 올바르게는 $\frac{4}{5}A$이다.

③ X
- $\frac{3}{5}A$는 순리액턴스의 크기 $6\Omega$와 저항 $8\Omega$을 이용해 구한 임피던스 $10\Omega$를 제대로 전류식에 대입한 결과가 아니다. 틀린 표현 $\frac{3}{5}A$ → 올바르게는 $\frac{4}{5}A$이다.

④ O
- $30Hz$에서 $Z=10\Omega$, 전압 최댓값 $V_{\max}=8V$이므로 $I_{\max}=8/10=\frac{4}{5}A$가 맞다.

⑤ X
- $1A$는 $60Hz$에서 공진 상태일 때의 전류이다. $30Hz$에서는 $X_C \neq X_L$라서 임피던스가 $8\Omega$이 아니라 $10\Omega$이다. 틀린 표현 $1A$ → 올바르게는 $\frac{4}{5}A$이다.

계산 결과 $\frac{4}{5}A$이므로 정답은 4번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 $60Hz$에서 $X_C=X_L$인 공진 상태의 전류 $1A$를 그대로 $30Hz$에도 적용하게 만드는 것이다. 전압 최댓값은 일정하지만 임피던스는 진동수에 따라 달라지므로, $30Hz$에서는 $X_L-X_C=-6\Omega$까지 포함해 새로 계산해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

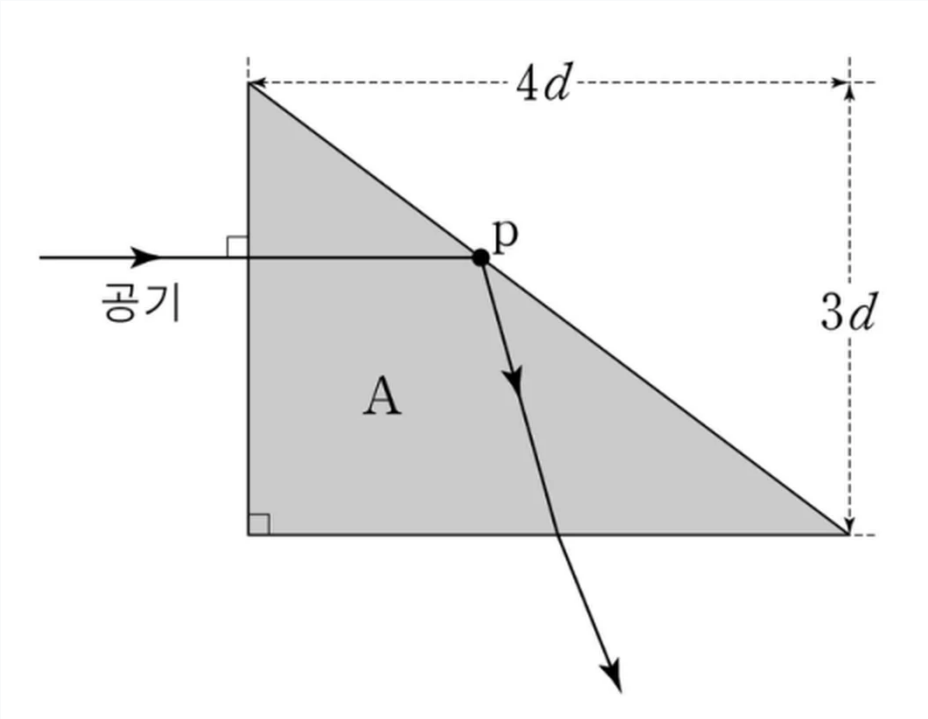
RLC 직렬회로 계산형 문제는 먼저 공진 조건에서 전원 전압의 최댓값을 구하고, 다른 진동수에서는 $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$로 임피던스를 다시 계산한 뒤 $I_{\max}=V_{\max}/Z$를 적용한다고 판단한다.

**암기 포인트**

직렬 RLC 회로에서 공진이면 $X_L=X_C$라서 $Z=R$이고, 공진이 아니면 $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$이다.

NoteBase

**문 23. [그림]은 공기 중에 놓인 직각 프리즘 A에 수직으로 입사한 단색광이 A와 공기의 경계면의 점 p에서 전반사하여 진행하는 경로를 나타낸 것이다. A의 밑변, 높이의 길이는 각각 $4d$, $3d$이다. A의 굴절률의 최솟값은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)**




① $\frac{4}{3}$
② $\frac{5}{4}$
③ $\frac{5}{3}$
④ $\frac{20}{7}$
⑤ $\frac{25}{7}$

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 직각 프리즘의 기하에서 입사각을 구한 뒤, 전반사 조건 $\sin\theta_c = 1/n$을 이용해 굴절률의 최솟값을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

프리즘 A의 밑변은 $4d$, 높이는 $3d$이다.
빛은 왼쪽 수직면에 수직으로 입사하므로 첫 경계면에서는 꺾이지 않고 내부에서 수평으로 진행한다.
전반사는 A에서 공기 쪽으로 나가는 경계면 p에서 일어나며, 공기의 굴절률은 1이다.
구해야 할 값은 전반사가 막 일어날 수 있는 A의 굴절률 $n$의 최솟값이다.

NoteBase

**사용할 공식**

전반사의 임계각 조건은
_c=n_공기n_A=(1)/(n_A)
이다.
전반사가 일어나려면 실제 입사각 $i$가 임계각 이상이어야 하므로 최솟값에서는 $i=\theta_c$로 두어 $n_A=1/\sin i$를 사용한다.

**계산 과정**

빗면은 밑변 $4d$, 높이 $3d$인 직각삼각형의 빗변이므로, 빗면과 수평선이 이루는 각 $\alpha$에 대해
$\tan\alpha=\frac{3d}{4d}=\frac{3}{4}$
이다.
따라서 3-4-5 삼각형에서 $\sin\alpha=3/5$, $\cos\alpha=4/5$이다.
입사각 $i$는 빛의 진행 방향과 경계면의 법선 사이의 각이다. 빛은 수평으로 진행하고 법선은 빗면에 수직이므로
$i=90^\circ-\alpha$
이고,
$\sin i=\sin(90^\circ-\alpha)=\cos\alpha=\frac{4}{5}$
이다.
최솟값에서는
$\frac{1}{n_A}=\sin i=\frac{4}{5}$
이므로
$n_A=\frac{5}{4}$
이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X
- 4/3은 구한 최솟값 5/4가 아니다. 틀린 표현 4/3 → 올바르게는 5/4이다.

② O
- 입사각에 대해 $\sin i = 4/5$이고, 임계 조건 $1/n_A = 4/5$에서 $n_A = 5/4$가 된다. 따라서 A의 굴절률의 최솟값은 5/4이다.

③ X
- 5/3은 빗면과 수평선의 각 $\alpha$에서 $1/\sin\alpha$를 쓴 값에 해당한다. 입사각은 빗면과의 각이 아니라 법선과의 각이므로, 틀린 표현 5/3 → 올바르게는 5/4이다.

④ X
- 20/7은 임계각 조건에서 나오는 값이 아니다. 전반사 조건은 $n_A \sin i \geq 1$이고 $\sin i = 4/5$이므로, 틀린 표현 20/7 → 올바르게는 5/4이다.

⑤ X
- 25/7은 굴절률의 최솟값이 아니다. 필요한 계산은 $n_A = 1/(4/5) = 5/4$이므로, 틀린 표현 25/7 → 올바르게는 5/4이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 빗면과 수평선이 이루는 각을 그대로 입사각으로 착각하는 것이다. 입사각은 항상 경계면의 법선과 빛의 진행 방향 사이의 각이므로, 이 문제에서는 $\sin i = \cos\alpha = 4/5$를 써야 한다. 또한 전반사가 되는 아무 큰 굴절률이 아니라, 전반사가 막 시작되는 굴절률의 최솟값을 묻고 있다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

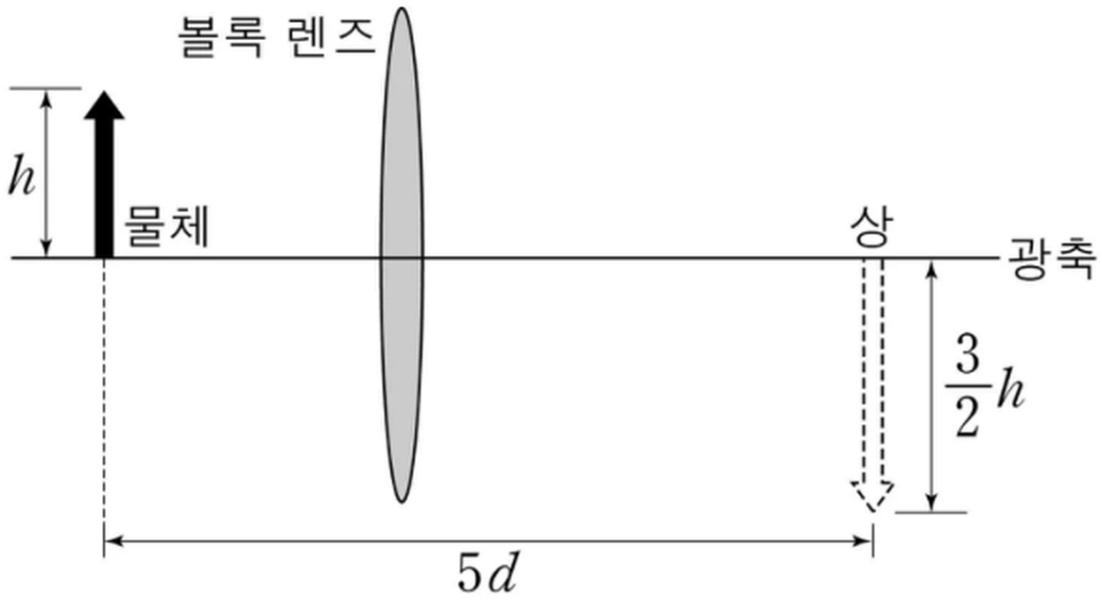
프리즘 전반사 문제는 먼저 빛이 실제로 어느 방향으로 진행하는지 확인하고, 그다음 경계면의 법선을 그려 입사각을 잡는다. 마지막으로 공기 쪽 전반사이면 최솟값에서 $n_A \sin i = 1$을 적용한다.

**암기 포인트**

전반사 임계 조건은 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 갈 때 n_큰 i=n_작은이다. 공기 쪽이면 최솟값은 $n = 1/\sin i$이다.

NoteBase

**문 24. [그림]과 같이 물체와 볼록 렌즈에 의한 상이 $5d$만큼 떨어져 있다. 물체와 상의 크기는 각각 $h$, $\frac{3}{2}h$이다. 볼록 렌즈의 초점 거리는?**




① $\frac{6}{5}d$

② $\frac{5}{4}d$

③ $\frac{4}{3}d$

④ $\frac{3}{2}d$

⑤ $2d$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 볼록 렌즈의 배율 관계와 렌즈 공식을 이용해 초점 거리 $f$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 물체와 상 사이의 거리는 $5d$, 물체의 크기는 $h$, 상의 크기는 $\frac{3}{2}h$이다.
구해야 할 값: 볼록 렌즈의 초점 거리 $f$이다.
주의할 조건: 그림에서 상은 물체와 반대 방향의 실상이므로 배율의 크기는 $|m| = \frac{3}{2}$이고, 거리 관계는 $u + v = 5d$이다.

NoteBase

**사용할 공식**

배율 관계:

≤ft|m|=상의 크기물체의 크기=(v)/(u)

렌즈 공식:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

이 공식을 쓰는 이유: 물체와 상의 크기 비가 주어져 물체거리 $u$와 상거리 $v$의 비를 정할 수 있고, 두 거리의 합 $5d$가 주어져 각각의 거리를 구한 뒤 초점 거리를 계산할 수 있기 때문이다.

**계산 과정**

1. 상의 크기가 물체의 $\frac{3}{2}$배이므로

$\frac{v}{u} = \frac{3}{2}$

이다.

2. 물체와 상 사이의 거리가 $5d$이므로

$u + v = 5d$

이고, $v = \frac{3}{2}u$를 대입하면

$u + \frac{3}{2}u = 5d$

$\frac{5}{2}u = 5d$

$u = 2d$

이다. 따라서

$v = 3d$

이다.

3. 렌즈 공식에 대입하면

$\frac{1}{f} = \frac{1}{2d} + \frac{1}{3d} = \frac{5}{6d}$

이므로

$f = \frac{6}{5}d$

이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O
- 계산 결과 초점 거리는 $\frac{6}{5}d$이므로 ①은 맞다.

② X
- $\frac{5}{4}d$는 계산 결과 $\frac{6}{5}d$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{5}{4}d$는 올바르게는 $\frac{6}{5}d$이다.

③ X
- $\frac{4}{3}d$는 물체거리와 상거리의 합 $5d$ 및 배율 $\frac{3}{2}$를 동시에 만족시켜 렌즈 공식에 넣은 값이 아니다. 틀린 표현 $\frac{4}{3}d$는 올바르게는 $\frac{6}{5}d$이다.

④ X
- $\frac{3}{2}d$는 상의 크기 비 $\frac{3}{2}$를 초점 거리처럼 착각할 때 고르기 쉬운 값이다. 틀린 표현 $\frac{3}{2}d$는 올바르게는 $\frac{6}{5}d$이다.

⑤ X
- $2d$는 물체거리 $u$이지 초점 거리가 아니다. 틀린 표현 $2d$는 올바르게는 $\frac{6}{5}d$이다.

계산 결과 $f=\frac{6}{5}d$이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 상의 크기 비 $\frac{3}{2}$를 그대로 초점 거리로 보거나, 배율로 구한 $u=2d$, $v=3d$ 중 하나를 초점 거리로 착각하는 것이다. 초점 거리는 거리 하나가 아니라 렌즈 공식 $\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$로 따로 구한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

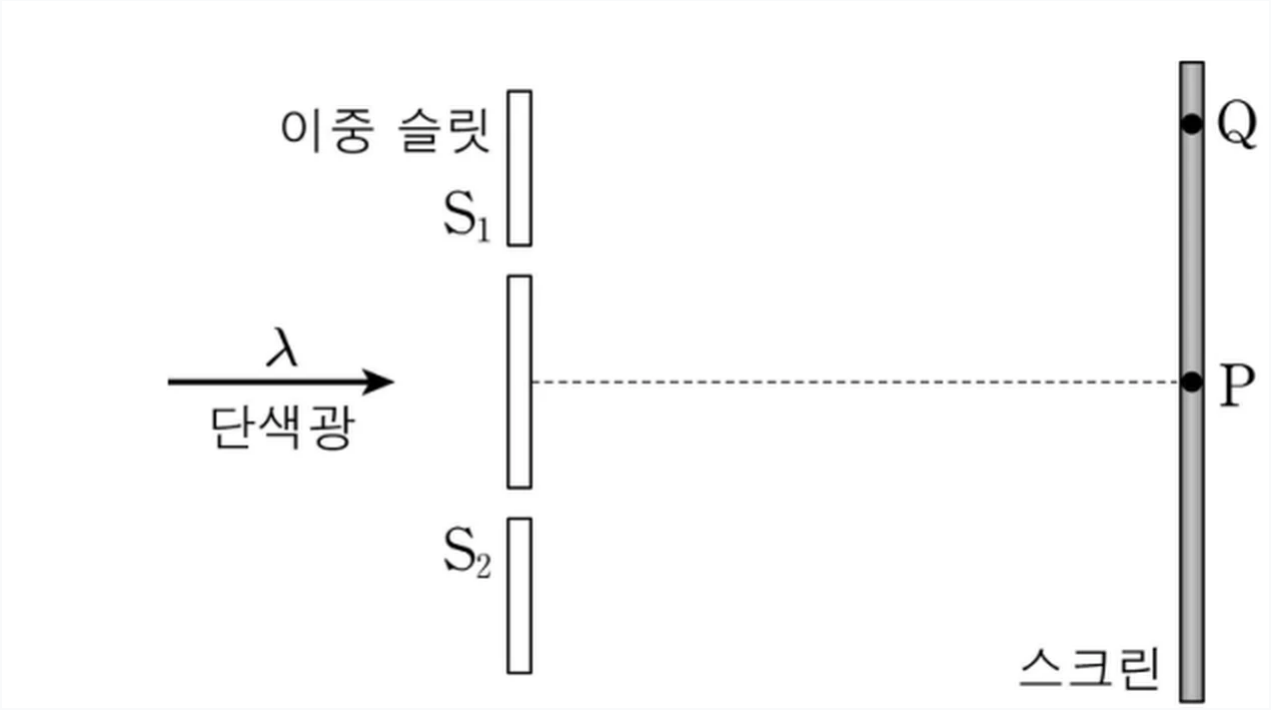
렌즈 문제에서 물체와 상의 크기 비가 주어지면 먼저 $\frac{v}{u}$를 구하고, 물체와 상 사이의 거리로 $u$, $v$를 확정한 뒤 마지막에 렌즈 공식으로 $f$를 계산한다.

**암기 포인트**

렌즈 계산은 배율 $\frac{v}{u}$, 거리 합 $u+v$, 렌즈 공식 $\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$의 순서로 정리한다.

NoteBase

**문 25. [그림]과 같이 파장이 $\lambda$인 단색광이 이중 슬릿 $S_1$, $S_2$를 통과하여 스크린에 도달한다. 스크린 위의 점 P, Q에 도달한 단색광의 경로차는 각각 0, $3\lambda$이다. P와 Q 사이에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는?**




① 1
② 2
③ 3
④ 4
⑤ 5

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 이중 슬릿 간섭에서 경로차가 0부터 $3\lambda$까지 변할 때 상쇄간섭 조건을 만족하는 지점의 개수를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 점 P의 경로차는 0, 점 Q의 경로차는 $3\lambda$이다.
구해야 할 값: P와 Q 사이에서 상쇄간섭이 일어나는 지점의 개수이다.
주의할 조건: P와 Q 사이의 스크린 위 위치가 변하면 경로차도 0에서 $3\lambda$까지 연속적으로 변한다.

NoteBase

**사용할 공식**

상쇄간섭 조건은 다음과 같다.
$\Delta r = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \cdots)$
이 공식을 쓰는 이유: 두 슬릿에서 온 빛의 위상차가 반파장의 홀수배가 되면 두 파동이 서로 약하게 합쳐져 어두운 무늬, 즉 상쇄간섭이 생기기 때문이다.

**계산 과정**

1. P에서 Q까지 가능한 경로차 범위는 $0 \le \Delta r \le 3\lambda$이다.
2. 상쇄간섭은 $\Delta r = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \cdots$에서 일어난다.
3. 이 중 0과 $3\lambda$ 사이에 들어가는 값은 $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda$의 3개이다.
4. 0과 $3\lambda$는 $m\lambda$ 꼴이므로 보강간섭 조건에 해당하고 상쇄간섭 지점으로 세지 않는다.

**선지 판단**

① X
- 상쇄간섭 조건을 만족하는 경로차는 $\frac{1}{2}\lambda$ 하나뿐이 아니라 $\frac{3}{2}\lambda$, $\frac{5}{2}\lambda$도 포함된다. 틀린 표현 1개 → 올바르게는 3개이다.

② X
- 0에서 $3\lambda$ 사이의 반파장 홀수배는 2개가 아니라 3개이다. 틀린 표현 2개 → 올바르게는 3개이다.

③ O
- $\Delta r = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda$에서 상쇄간섭이 일어나므로 지점의 개수는 3개이다.

④ X
- 0, $\lambda$, $2\lambda$, $3\lambda$처럼 정수배 경로차를 세면 4개가 되지만, 이는 상쇄간섭이 아니라 보강간섭 조건이다. 틀린 표현 4개 → 올바르게는 3개이다.

⑤ X
- 반파장 간격을 세면서 끝점 0이나 $3\lambda$까지 상쇄간섭으로 포함하면 5개처럼 보일 수 있지만, 두 끝점은 상쇄 조건이 아니다. 틀린 표현 5개 → 올바르게는 3개이다.

계산 결과 상쇄간섭 지점은 3개이므로 정답은 3번이다.

**오답 포인트**

출제자가 노린 함정은 보강간섭 조건 $\Delta r = m\lambda$와 상쇄간섭 조건 $\Delta r = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$를 혼동하는 것이다. 특히 P의 0과 Q의 $3\lambda$는 범위의 끝점이지만 상쇄간섭 지점이 아니라 보강간섭 지점이다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

이중 슬릿 간섭 문제는 먼저 경로차 범위를 확인하고, 밝은 무늬는 정수배 $m\lambda$, 어두운 무늬는 반파장 홀수배 $\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$로 판단한다. 경로차 범위의 끝점이 어떤 간섭 조건에 해당하는지도 따로 확인한다.

**암기 포인트**

이중 슬릿에서 보강간섭은 정수배, 상쇄간섭은 반정수배이다. 0부터 $3\lambda$까지의 상쇄간섭은 $0.5\lambda$, $1.5\lambda$, $2.5\lambda$의 3개이다.

NoteBase