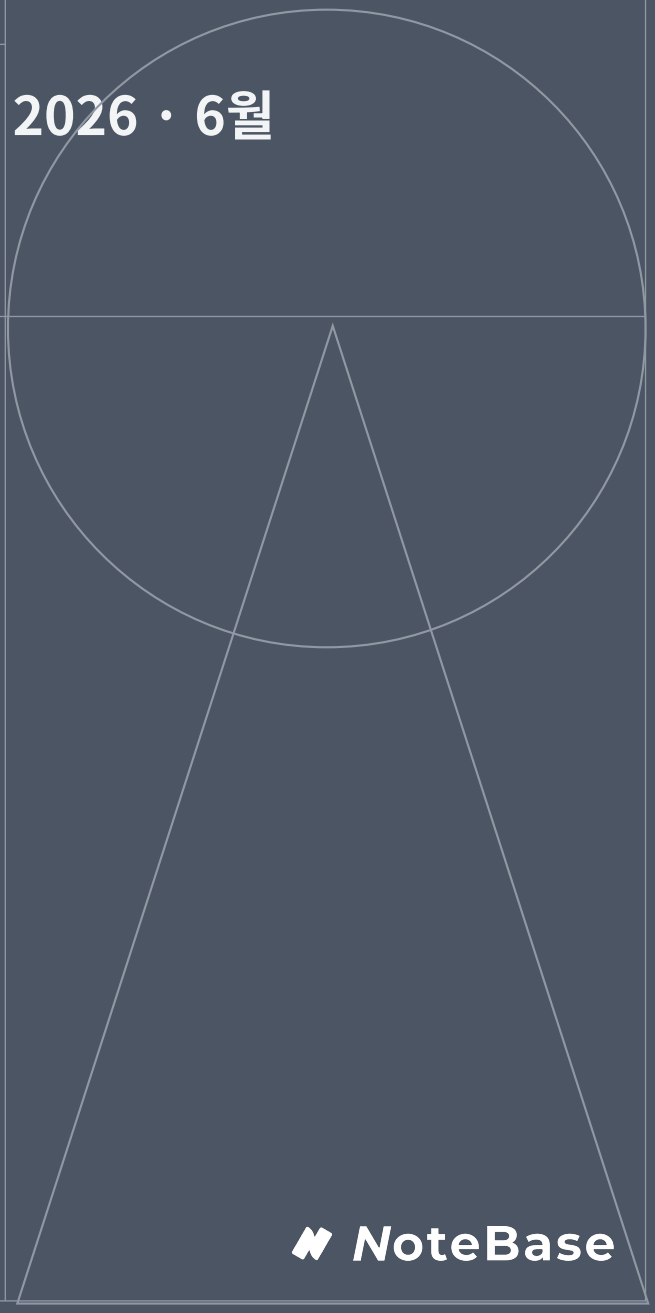
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2026 · 6월



NoteBase

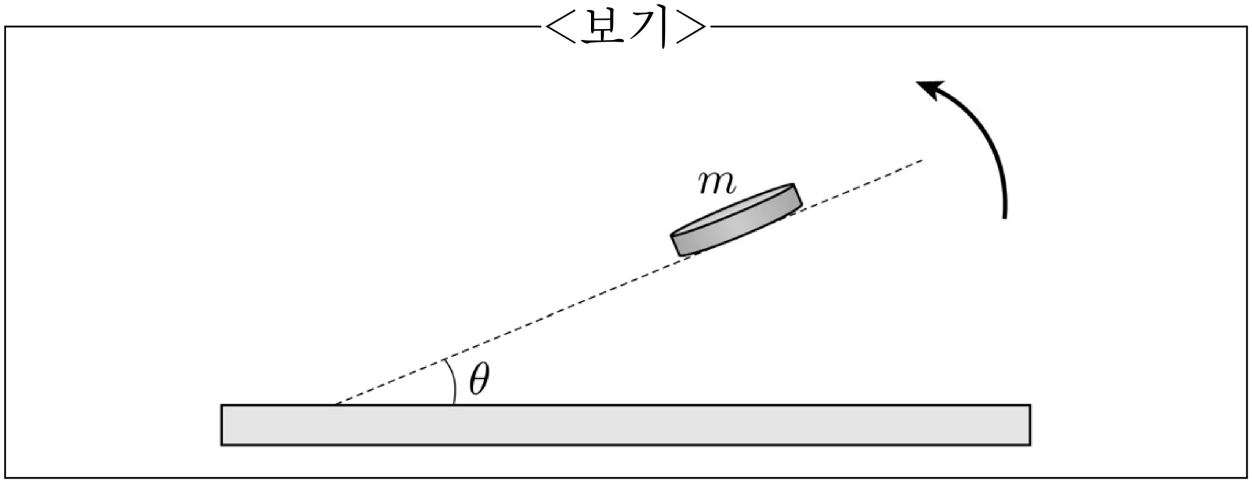
# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/9급 · 물리 · 2026 · 6월

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2026 · 6월

**문 1. <보기>와 같이 동전이 놓여 있는 경사면의 경사각을 서서히 증가시키자 각도 $\theta = 30^\circ$에서 미끄러지기 시작하였다. 이때 최대 정지 마찰계수는? (단, 중력가속도는 10m/s$^2$이다.)**

<보기>




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

**정답 1번**

**간단한 해설**

동전이 **미끄러지기 직전**에는 경사면 아래쪽으로 작용하는 중력 성분과 최대 정지 마찰력이 같다. 따라서 정지 마찰계수는 $\mu_s = \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$이다.

NoteBase

**계산 과정**

힘의 분해: 동전의 질량을 m, 중력가속도를 g, 경사각을 $\theta$라 하자. 중력 mg의 경사면에 평행한 성분은 $mg\sin\theta$로 아래쪽을 향하고, 수직인 성분은 $mg\cos\theta$로 면을 누른다. 경사각을 서서히 증가시키므로 경사면에 수직인 방향에서는 힘이 평형을 이루어 수직항력은 $N = mg\cos\theta$이다.

미끄러지기 직전: 정지 마찰력은 경사면 위쪽으로 작용하여 동전이 아래로 미끄러지려는 것을 막는다. 정지 마찰계수를 $\mu_s$라 하면 최대 정지 마찰력은 $f_{s,\max} = \mu_s N$이다. **미끄러지기 직전에는 정지 마찰력이 최댓값에 도달**하므로 $mg\sin\theta = \mu_s mg\cos\theta$가 성립한다.

계수 계산: 위 식을 정리하면 $\mu_s = \frac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta} = \tan\theta$이다. 질량과 중력가속도가 약분되므로 주어진 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$를 대입할 필요는 없다. 미끄러지기 시작하는 각도 30°를 넣으면 $\mu_s = \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$이며, 이는 ①의 값이다. 마찰계수는 힘의 비이므로 단위가 없다.

NoteBase

**문 2. 질량 $M$, 반지름 $R$인 행성 표면에서 질량 $m$인 로켓이 탈출하기 위해 필요한 최소 속력을 $v$라고 하자. 질량 $2M$, 반지름 $2R$인 행성 표면에서 질량 $4m$의 로켓이 탈출하기 위해 필요한 최소 속력은? (단, 공기저항이나 기타손실은 무시한다.)**

① $\frac{v}{\sqrt{2}}$

② $v$

③ $\sqrt{2}v$

④ $2v$

**정답 2번**

**간단한 해설**

탈출에 필요한 최소 속력은 **로켓의 질량과 무관**하고, 행성의 질량과 반지름의 비 $M/R$로 결정된다. 두 값이 모두 두 배가 되면 이 비가 같으므로 최소 속력은 $v$로 유지된다.

**계산 과정**

공기저항이나 기타 손실을 무시하므로 역학적 에너지가 보존된다. 무한히 먼 곳의 중력 퍼텐셜 에너지를 0으로 정하면, 탈출에 필요한 최소 속력은 로켓이 무한히 멀어질 때 속력이 0에 가까워지는 경우에 해당한다. 따라서 표면에서의 운동 에너지가 **중력 퍼텐셜 에너지의 증가량**과 같아야 한다. 만유인력 상수를 $G$라 하면 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{R}$이다.

양변에서 로켓의 질량 $m$이 약분되므로 $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$이다. 로켓이 무거워지면 필요한 에너지도 커지지만, 같은 속력에서의 운동 에너지도 같은 비율로 커지므로 **최소 속력은 로켓의 질량에 의존하지 않는다**.

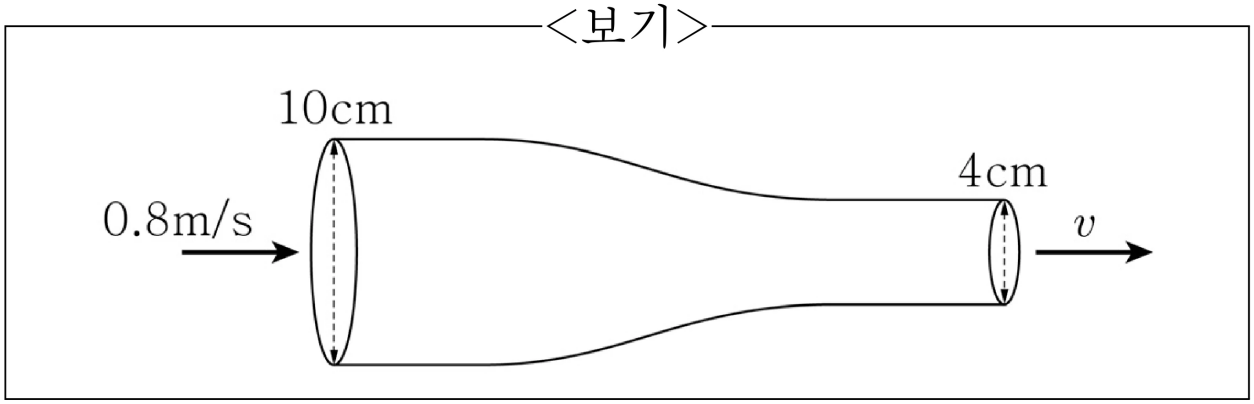
새로운 최소 속력을 $v'$라 하자. 행성의 질량 $2M$, 반지름 $2R$을 대입하면 $v' = \sqrt{\frac{2G \cdot 2M}{2R}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = v$이다. 로켓의 질량이 $4m$으로 바뀌어도 이 결과에는 영향이 없다.

따라서 필요한 최소 속력은 처음과 같은 $v$이며, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

**문 3. <보기>와 같이 입구의 직경이 10cm, 출구의 직경이 4cm인 파이프가 있다. 흐름속력 0.8m/s로 유입된 물이 출구를 지날 때의 흐름속력[m/s]은? (단, 유체는 정상 흐름을 한다.)**

<보기>




① 2.5

② 5

③ 10

④ 20

**정답 2번**

**간단한 해설**

물의 정상 흐름에서는 **단면적과 흐름속력의 곱이 일정**하다. 입구의 단면적이 출구의 6.25배이므로 출구 흐름속력은 입구의 6.25배인 5 m/s이다.

**계산 과정**

물을 비압축성 유체로 취급하면 정상 흐름에서 입구로 들어오는 물의 부피와 출구로 나가는 물의 부피가 같은 시간 동안 서로 같다. 단면적과 흐름속력의 곱은 단위 시간에 통과하는 물의 부피인 유량이므로, **연속 방정식**을 적용한다. 입구와 출구의 단면적을 각각 $A_1, A_2$, 흐름속력을 각각 $v_1, v_2$라 하면 $A_1 v_1 = A_2 v_2$이다.

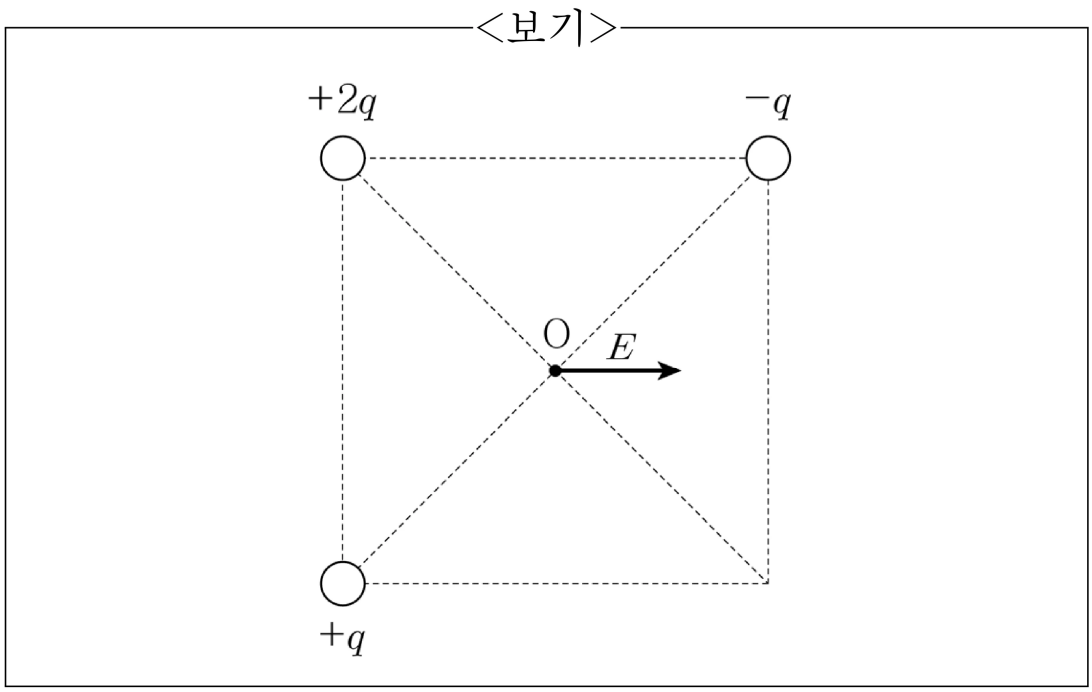
원형 단면의 넓이는 직경 d에 대해 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이므로 **직경의 제곱에 비례**한다. 입구 직경은 10 cm, 출구 직경은 4 cm이므로 $\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{10}{4}\right)^2 = 6.25$이다. 두 직경의 단위가 같아 비를 구할 때 cm를 m로 바꿀 필요는 없다. 이는 입구의 단면적이 출구의 6.25배라는 뜻이다.

연속 방정식에서 출구 흐름속력은 $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$이다. 입구 흐름속력 0.8 m/s를 대입하면 $v_2 = 6.25 \cdot 0.8 = 5\text{m/s}$이다. 단면적이 작아진 만큼 흐름속력이 커지며, 출구 흐름속력 5 m/s는 ②의 5에 해당한다.

NoteBase

**문 4. <보기>와 같이 정사각형의 세 꼭짓점에 전하량이 각각 +2q, −q, +q인 세 점전하가 고정되어 있다. 정사각형의 중심 O에서의 전기장의 크기는 $E$이다. 전하량이 +2q인 점전하에 작용하는 전기력의 크기는?**

<보기>




① $\frac{1}{4}qE$
② $\frac{\sqrt{2}}{4}qE$
③ $\frac{1}{2}qE$
④ $\frac{\sqrt{2}}{2}qE$

**정답 3번**

**간단한 해설**

중심 O의 전기장과 +2q에 작용하는 전기력은 각각 **서로 수직인 두 성분을 합성**하여 구한다. 같은 정사각형의 한 변 길이를 이용해 두 크기를 비교하면, +2q에 작용하는 전기력은 $\frac{1}{2}qE$이다.

NoteBase

**계산 과정**

정사각형의 한 변 길이를 a, 쿨롱 상수를 k라 하자. 중심 O에서 각 꼭짓점까지의 거리는 $\frac{a}{\sqrt{2}}$이다. 점전하가 만드는 전기장의 크기는 $\frac{k|Q|}{r^2}$, 두 점전하 사이의 전기력 크기는 $\frac{k|Q_1Q_2|}{r^2}$이며, 각각의 방향을 고려하여 합성한다.

중심 O의 전기장: 왼쪽 아래의 +q는 O에서 오른쪽 위 방향의 전기장을 만들고, 오른쪽 위의 −q도 그 방향의 전기장을 만든다. 두 전기장의 크기는 각각 $\frac{2kq}{a^2}$이므로 합은 $\frac{4kq}{a^2}$이다. 왼쪽 위의 +2q가 만드는 전기장은 오른쪽 아래 방향이며, 크기는 역시 $\frac{4kq}{a^2}$이다. 이 두 대각선 방향은 **서로 수직이고 크기가 같으므로**, 합성 전기장은 오른쪽을 향하며 크기는 $E = \frac{4\sqrt{2}kq}{a^2}$이다.

+2q에 작용하는 전기력: 오른쪽 위의 −q는 +2q를 오른쪽으로 끌어당기고, 왼쪽 아래의 +q는 +2q를 위쪽으로 밀어낸다. 두 전하 모두 +2q에서 거리가 a이므로, 각 힘의 크기는 $\frac{2kq^2}{a^2}$이다. 두 힘은 서로 수직이므로 합력의 크기는 $F = \sqrt{2} \cdot \frac{2kq^2}{a^2}$, 즉 $F = \frac{2\sqrt{2}kq^2}{a^2}$이다. 여기서 합성하는 힘은 **나머지 두 전하가 +2q에 가하는 힘**이다.

앞서 구한 E와 F를 비교하면 $F = \frac{q}{2}E$이다. 따라서 전기력의 크기는 $\frac{1}{2}qE$로, ③의 값과 일치한다. q를 C, E를 N/C 단위로 나타내면 전기력의 단위는 N이다.

NoteBase

**문 5. 프로젝터는 수렴렌즈를 사용해 마이크로디스플레이에 출력된 화면의 도립 실상을 스크린에 맺히게 하는 방식으로 영상을 투사하는 장치이다. 길이 10mm인 마이크로디스플레이 패널을 사용하는 가정용 프로젝터를 렌즈에서 스크린까지의 거리가 3.0m가 되도록 설치했더니 스크린에 길이 1.99m인 선명한 상이 맺혔다. 프로젝터에서 영상을 투사하기 위해 사용된 수렴렌즈의 초점 거리[mm]는? (단, 렌즈의 두께는 무시할 수 있다고 가정한다.)**

① 5

② 10

③ 15

④ 20

**정답 3번**

**간단한 해설**

상의 길이는 패널 길이의 199배이므로 **상 거리도 물체 거리의 199배**이다. 이 관계와 얇은 렌즈 공식을 적용하면 초점 거리는 15 mm이다.

**계산 과정**

렌즈에서 패널까지의 거리를 a, 스크린까지의 거리를 b, 초점 거리를 f라 한다. 패널 길이는 10 mm, 상의 길이는 1.99 m = 1990 mm, 상 거리는 b = 3.0 m = 3000 mm이다. 이하 거리의 단위는 모두 mm로 맞춘다.

배율의 크기는 상의 길이를 물체의 길이로 나눈 값이며, 광선이 만드는 닮은 삼각형으로부터 상 거리와 물체 거리의 비와 같다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{1990}{10} = 199$이고, 물체 거리는 $a = \frac{3000}{199}$mm이다. 도립은 상이 뒤집혔다는 뜻이며, 여기서는 **길이와 배율의 크기**를 이용한다.

렌즈의 두께를 무시하므로 얇은 렌즈 공식 $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$를 적용한다. 패널은 실제 물체이고 스크린에 맺힌 상은 **실상**이므로 a와 b를 모두 양수로 둔다. mm 단위의 값을 대입하면 $\frac{1}{f} = \frac{199}{3000} + \frac{1}{3000} = \frac{1}{15}$이다.

따라서 초점 거리는 f = 15 mm이며, ③의 15에 해당한다.

NoteBase

**문 6. 지름이 20cm인 이상기체인 풍선을 완전한 구라고 가정한다. 실온에서 풍선 내부의 압력은 $1\times10^5$ Pa, 온도는 300K이다. 풍선 안 이상기체의 몰[mol]수는? (단, R=8, π=3으로 계산하시오.)**

① $\frac{1}{24}$
② $\frac{1}{12}$
③ $\frac{1}{6}$
④ $\frac{1}{3}$

**정답 3번**

**간단한 해설**

풍선의 반지름은 0.1 m이므로 부피는 $0.004\text{m}^3$이다. 이 부피와 주어진 압력·온도를 **이상기체 상태방정식**에 대입하면 몰수는 $\frac{1}{6}$mol이다.

**계산 과정**

풍선의 부피: 완전한 구이므로 구의 부피 공식 $V=\frac{4}{3}\pi r^3$을 쓴다. **반지름은 지름의 절반**이므로 r = 10 cm = 0.1 m이다. 문제에서 π = 3을 사용하므로 $V=\frac{4}{3}\times3\times(0.1)^3$이며, $V=0.004\text{m}^3$이다.

상태방정식 적용: 풍선 안 기체가 이상기체이므로 압력 P, 부피 V, 몰수 n, 절대온도 T 사이에 $PV=nRT$가 성립한다. 주어진 값은 P = 100,000 Pa, T = 300 K, R = 8 J/(mol·K)이다. **압력이 Pa일 때 부피는 $\text{m}^3$로 맞추어** 대입한다.

몰수 계산: $n=\frac{PV}{RT}$이므로 $n=\frac{100{,}000\times0.004}{8\times300}$mol이다. 분자는 압력과 부피의 곱인 400 J이고, 분모는 RT = 2,400 J/mol이므로 $n=\frac{400}{2400}\text{mol}=\frac{1}{6}$mol이다. 이는 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

**문 7. 항력은 유체에 대한 물체의 상대속력의 제곱에 비례하며, 단면적에 비례한다. 질량 $M$의 스카이다이버가 질량을 무시할 수 있는 낙하산을 메고 하강하는 상황을 가정하자. 스카이다이버는 종단속력에 도달하는 순간 낙하산을 펼친다. 낙하산을 펼쳤을 때의 단면적이 스카이다이버 단면적의 100배인 경우, <보기> 중 옳은 것을 모두 고른 것은?**

<보기>

ㄱ. 낙하산을 펼치기 직전의 항력은 낙하산을 펼친 후 종단속력에 도달했을 시의 항력의 $\frac{1}{10}$배이다.

ㄴ. 낙하산을 펼친 순간의 항력이 그보다 10초 후의 항력보다 크다.

ㄷ. 낙하산을 펼친 경우의 종단속력은 펼치지 않은 경우의 $\frac{1}{10}$배이다.

① ㄷ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

**정답 4번**

**간단한 해설**

낙하산을 펼친 직후에는 항력이 급증하지만, 이후 감속하면서 항력이 줄어든다. 종단속력에서는 항력이 중력과 같으며, 종단속력은 **단면적의 제곱근에 반비례**하므로 단면적이 100배가 되면 기존의 $\frac{1}{10}$이 된다.

NoteBase

**보기별 해설**

공기에 대한 속력을 $v$, 단면적을 $A$라 하면 항력의 크기는 $F = kAv^2$로 나타낼 수 있다. 여기서 $k$는 비례상수이다. 종단속력은 아래쪽 중력과 위쪽 항력이 평형을 이루어 더 이상 속력이 변하지 않을 때의 속력이다. 낙하산의 질량은 무시하므로 펼치기 전후의 중력은 모두 $Mg$이며, $g$는 중력 가속도이다.

ㄱ. X: 펼치기 직전에는 이미 종단속력에 도달했으므로 항력이 $Mg$이다. 펼친 후 새 종단속력에 도달했을 때에도 항력은 $Mg$이다. 따라서 두 시점의 항력은 **서로 같으며**, 펼치기 직전의 항력이 나중의 $\frac{1}{10}$배라는 설명은 틀리다. 단면적이 커지면 종단속력이 달라지는 것이지, 종단속력에서 중력과 평형을 이루는 항력이 작아지는 것은 아니다.

ㄴ. O: 펼치기 전의 종단속력을 $v_0$라 하면 $kAv_0^2 = Mg$이다. 낙하산을 펼친 순간에는 **속력이 즉시 바뀌지 않으므로**, 단면적만 100배가 되어 항력은 $100kAv_0^2 = 100Mg$가 된다. 이 항력이 중력보다 커서 스카이다이버는 하강하면서 감속한다. 펼친 단면적이 유지되는 동안 항력은 속력의 제곱에 비례해 줄어들므로, 펼친 순간의 항력이 10초 후의 항력보다 크다. 이 비교에는 10초 후 새 종단속력에 도달했는지를 알 필요가 없다.

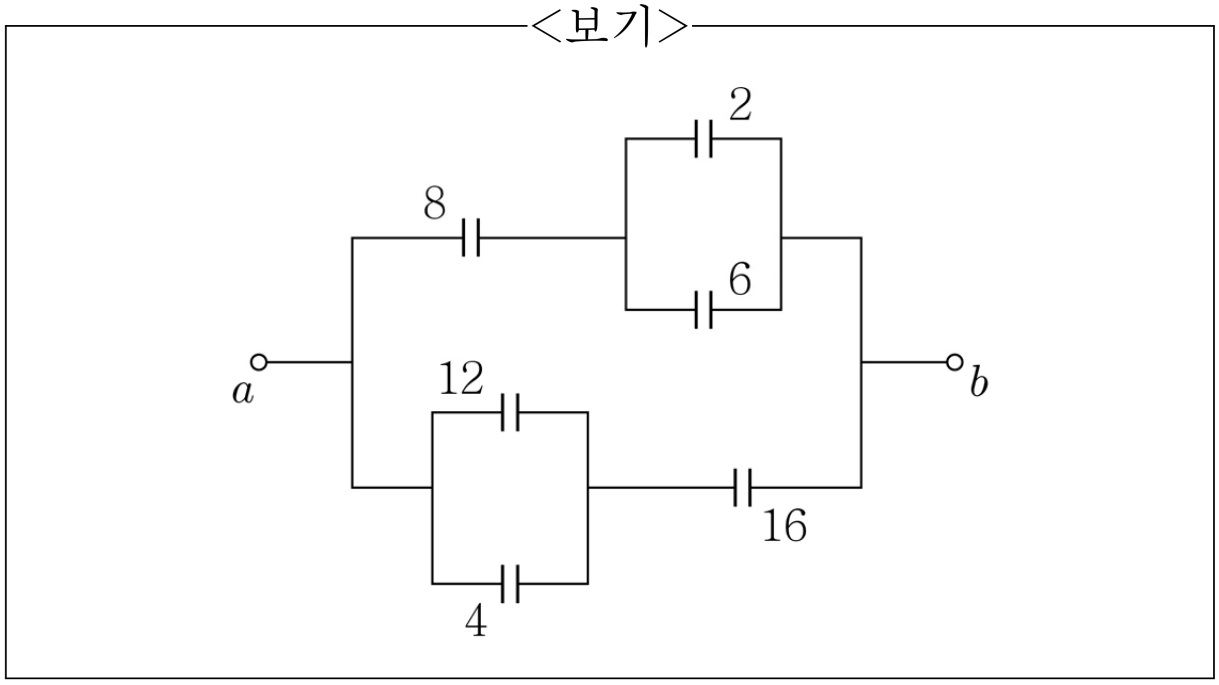
ㄷ. O: 펼치기 전과 후의 종단속력을 각각 $v_0$, $v_1$이라 하자. 두 경우 모두 항력이 중력과 같으므로 $kAv_0^2 = Mg$, $100kAv_1^2 = Mg$이다. 두 식을 비교하면 $100v_1^2 = v_0^2$이고, 속력은 양수이므로 $\frac{v_1}{v_0} = \frac{1}{10}$이다. 항력이 **속력의 제곱에 비례**하기 때문에 단면적이 100배가 되어도 종단속력은 100분의 1이 아니라 10분의 1이 된다.

따라서 옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

**문 8. <보기>와 같이 6개의 축전기가 직렬과 병렬로 연결되어 있을 때 a, b 양단의 합성용량[F]은? (단, 축전기의 모든 단위는 F이다.)**

<보기>




① 12

② 24

③ 27.5

④ 55

**정답 1번**

**간단한 해설**

위쪽 가지는 4 F, 아래쪽 가지는 8 F로 합성된다. 두 가지가 **a, b 사이에 병렬로 연결**되어 있으므로 전체 합성용량은 두 값을 더한 12 F이다.

NoteBase

**계산 과정**

축전기의 병렬 연결에서는 양단 전압이 같고 전하량이 더해지므로 용량을 더한다. 직렬 연결에서는 각 축전기에 저장되는 전하량의 크기가 같고 전압이 더해지므로 합성용량의 역수는 각 용량의 역수의 합이다. 따라서 두 축전기의 용량이 $C_1$, $C_2$이면 직렬 합성용량은 $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$이다. 모든 용량의 단위는 F이다.

위쪽 가지: 2 F와 6 F는 **같은 두 접점 사이의 병렬 연결**이므로 2 + 6 = 8 F이다. 이 합성 축전기는 왼쪽의 8 F 축전기와 직렬로 연결되어 있다. 따라서 위쪽 가지 전체의 합성용량은 C_위=(8· 8)/(8+8)=4 F이다.

아래쪽 가지: 12 F와 4 F는 병렬로 연결되어 12 + 4 = 16 F이다. 이 합성 축전기는 오른쪽의 16 F 축전기와 **직렬로 연결**되어 있으므로, 아래쪽 가지 전체의 합성용량은 C_아래=(16· 16)/(16+16)=8 F이다.

전체 합성용량: 위쪽 가지와 아래쪽 가지는 각각 a에서 b로 이어지므로 서로 병렬이다. 따라서 전체 합성용량은 4 + 8 = 12 F이며, ①의 12에 해당한다.

NoteBase

**문 9. 발전소에서 생산된 전력을 도시로 송전할 때, 송전선에서 소모되는 전력이 $P_0$이다. 송전 전압을 4배로 증가시키면, 송전선에서 손실되는 전력[$P_0$]은?**

① $\frac{1}{16}$
② $\frac{1}{4}$
③ 4
④ 16

**정답 1번**

**간단한 해설**

같은 전력을 송전할 때 전압을 4배로 높이면 전류는 $\frac{1}{4}$배가 된다. 송전선의 **손실 전력은 전류의 제곱에 비례**하므로, 손실은 $\frac{P_0}{16}$으로 줄어든다.

**계산 과정**

송전하는 전력을 $P$, 송전 전압을 $V$, 전류를 $I$, 송전선의 저항을 $R$라 하자. **같은 전력을 같은 송전선으로 보내는 조건**으로 비교하므로 $P$와 $R$는 일정하다. 전력은 $P = VI$이므로, 전압을 높이면 같은 전력을 보내는 데 필요한 전류가 줄어든다.

전압을 $V$에서 $4V$로 높인 뒤의 전류를 $I'$라 하면, $I' = \frac{P}{4V} = \frac{I}{4}$이다. 즉, 송전선에 흐르는 전류가 처음의 $\frac{1}{4}$배가 된다.

송전선에서 열로 소모되는 전력은 **송전선의 저항에 의한 줄열**이므로 P_손실=I^2R를 적용한다. 처음 손실은 $P_0 = I^2R$이고, 전압을 높인 뒤에는 P_손실=≤ft((I)/(4))^2R=(P_0)/(16)이다. 따라서 손실 전력은 $P_0$를 단위로 나타내면 $\frac{1}{16}$이며, ①에 해당한다.

NoteBase

**문 10. <보기 1>은 금속판 P, Q에 진동수가 $f_0$, $2f_0$인 빛을 각각 비추었을 때, 방출되는 광전자의 최대 운동에너지를 나타낸 것이다. <보기 2>에서 옳은 내용을 모두 고른 것은?**

<보기 1>

| | 진동수가 $f_0$인 빛을 비추었을 때 | 진동수가 $2f_0$인 빛을 비추었을 때 |
|---|---|---|
| 금속판 $P$ | $E_0$ | $5E_0$ |
| 금속판 $Q$ | $2E_0$ | $E_1$ |

<보기 2>

ㄱ. Q에 진동수가 $\frac{5}{8}f_0$인 빛을 비추었을 때, 광전자가 방출되지 않는다.

ㄴ. $E_1 = 6E_0$이다.

ㄷ. P의 일함수는 $3E_0$이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**정답 3번**

**간단한 해설**

Q의 문턱 진동수는 $\frac{1}{2}f_0$이다. $\frac{5}{8}f_0$는 이보다 높으므로 **광전자가 방출된다**.

NoteBase

**보기별 해설**

광전자의 최대 운동에너지는 $K_{max} = hf - W$이다. 여기서 h는 플랑크 상수, f는 빛의 진동수, W는 금속에서 전자를 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지인 일함수이다. 같은 금속에서는 일함수가 일정하므로 **광자 에너지의 증가량만큼 최대 운동에너지가 증가**한다. 표의 P에서 진동수가 $f_0$에서 $2f_0$로 증가할 때 최대 운동에너지는 $E_0$에서 $5E_0$로 증가하므로, $hf_0 = 5E_0 - E_0 = 4E_0$이다.

ㄱ. X: Q에서 진동수 $f_0$인 빛에 의한 최대 운동에너지가 $2E_0$이므로 일함수는 $W_Q = hf_0 - 2E_0 = 2E_0$이다. 진동수 $\frac{5}{8}f_0$인 빛의 광자 에너지는 $h \cdot \frac{5}{8}f_0 = \frac{5}{2}E_0$로, **Q의 일함수보다 크다**. 따라서 광전자는 방출되며, 최대 운동에너지는 $\frac{5}{2}E_0 - 2E_0 = \frac{1}{2}E_0$이다.

ㄴ. O: Q에서도 진동수가 $f_0$에서 $2f_0$로 증가하면 최대 운동에너지는 $hf_0 = 4E_0$만큼 증가한다. 따라서 $E_1 = 2E_0 + 4E_0 = 6E_0$이다.

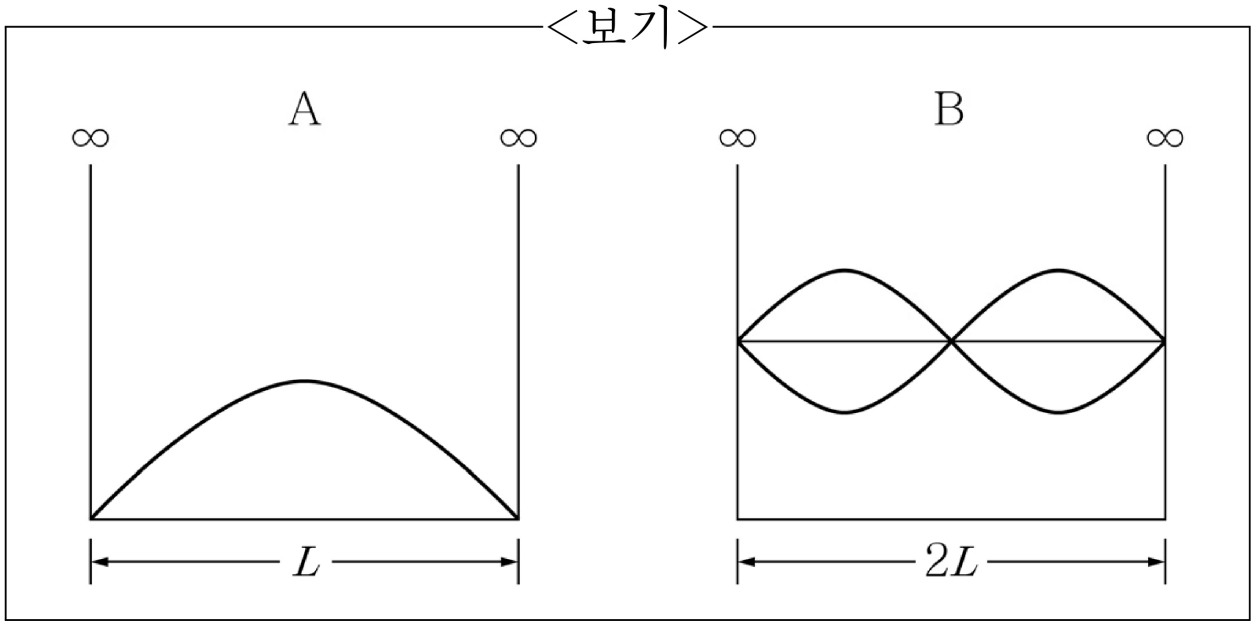
ㄷ. O: P에 진동수 $f_0$인 빛을 비추면 광자 에너지 $4E_0$ 중 $E_0$가 방출된 광전자의 최대 운동에너지로 남는다. 나머지가 **전자를 떼어 내는 데 쓰인 에너지**이므로 P의 일함수는 $W_P = hf_0 - E_0 = 3E_0$이다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 11. 간격이 유한하고 무한히 높은 두 벽 사이에서 1차원 운동하는 전자의 물질파는 정상파를 이룬다. <보기>는 간격이 각각 L과 2L인 경우 가능한 정상파를 보여주고 있다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, h는 플랑크 상수이다.)**

<보기>




① A의 경우 전자의 운동량 크기는 h/L이다.

② B의 경우 전자의 운동량 크기는 2h/L이다.

③ 전자의 운동에너지는 B가 A의 2배이다.

④ 전자의 운동에너지는 A와 B가 같다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

A에서는 벽 사이에 반파장 1개가, B에서는 반파장 2개가 들어가므로 **두 물질파의 파장은 모두 2L**이다. 따라서 전자의 운동량 크기가 같고, 같은 질량의 전자이므로 **운동에너지도 같다**.

NoteBase

**선지별 해설**

무한히 높은 벽에서는 물질파가 마디를 이루며, 이웃한 마디 사이의 거리는 반파장이다. 물질파의 파장을 $\lambda$, 전자의 운동량 크기를 p라 하면 드브로이 관계는 $p = \frac{h}{\lambda}$이다.

① X: A는 양쪽 벽 사이에 배가 1개 있으므로 **벽 사이 거리 L이 반파장**에 해당한다. 따라서 $L = \frac{\lambda_A}{2}$에서 $\lambda_A = 2L$이고, 운동량 크기는 $p_A = \frac{h}{2L}$이다. 선지의 $\frac{h}{L}$을 $\frac{h}{2L}$로 고쳐야 한다.

② X: B는 가운데에도 마디가 있어 벽 사이에 반파장 2개가 들어간다. 따라서 **벽 사이 거리 2L이 한 파장**에 해당하여 $\lambda_B = 2L$이고, 운동량 크기는 $p_B = \frac{h}{2L}$이다. 선지의 $\frac{2h}{L}$을 $\frac{h}{2L}$로 고쳐야 한다.

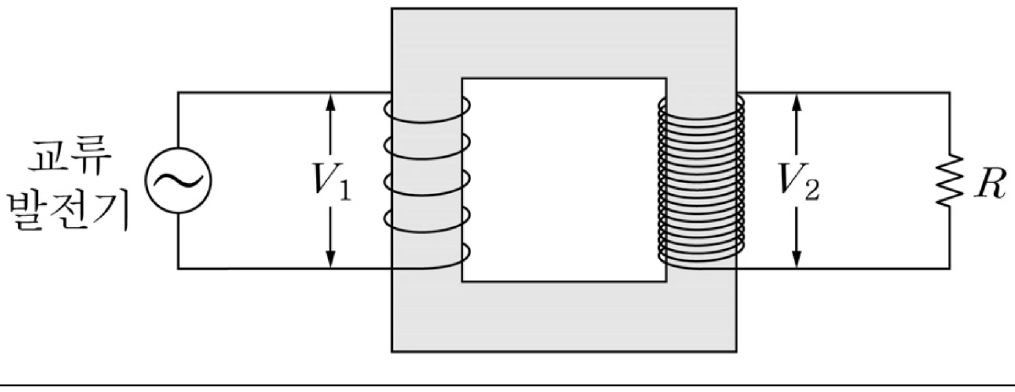
③ X: 전자의 질량을 m이라 하면 운동에너지는 $K = \frac{p^2}{2m}$이다. A와 B는 운동량 크기와 전자의 질량이 모두 같으므로 **B의 운동에너지는 A의 2배가 아니라 같다**. 벽 사이 간격만으로 비교하지 않고, 각 정상파의 파장에서 운동량을 구해 비교해야 한다.

④ O: A와 B 모두 $p = \frac{h}{2L}$이므로 운동에너지는 각각 $K = \frac{h^2}{8mL^2}$이다. B는 벽 사이 간격이 A의 2배이지만 그 안에 들어가는 반파장 수도 2배이므로 **파장과 운동에너지는 A와 같다**.

NoteBase

**문 12. <보기>는 에너지 손실이 없는 이상적인 변압기 회로이다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 횟수는 각각 5회, 20회이고, 1차 코일에 걸린 교류 전압 $V_1$은 100V이다. 교류 발전기에서 전송하는 전력이 5kW이라면 $R$에 흐르는 교류 전류의 값[A]은?**

<보기>




① 2.5

② 7.5

③ 12.5

④ 20

**정답 3번**

**간단한 해설**

2차 전압은 감은 횟수의 비에 따라 400 V가 되고, 손실이 없으므로 저항에 전달되는 전력은 5000 W이다. **전력을 2차 전압으로 나누면** 저항에 흐르는 전류는 12.5 A이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 2차 전압: 1차와 2차 코일의 감은 횟수를 각각 $N_1$, $N_2$라 하면, 이상적인 변압기의 **전압비는 감은 횟수의 비**와 같다. 따라서 $V_2 = V_1\frac{N_2}{N_1}$이고, $V_2 = 100 \cdot \frac{20}{5} = 400\text{V}$이다. 그림에서 저항 R은 2차 코일 양 끝에 연결되어 있으므로 저항에 걸리는 전압도 400 V이다.

2. 저항에 전달되는 전력: 에너지 손실이 없으므로 **입력 전력과 출력 전력이 같다**. 따라서 발전기가 전송하는 5 kW = 5000 W가 그대로 저항 R에서 소비된다.

3. 저항에 흐르는 전류: 교류 전압과 전류는 실효값으로 다룬다. 저항에서는 전압과 전류의 위상이 같으므로 평균 소비 전력은 $P = V_2I_2$이다. 여기서 $I_2$는 저항 R에 흐르는 전류이므로 $I_2 = \frac{P}{V_2} = \frac{5000}{400} = 12.5\text{A}$이다. 이 값은 ③의 12.5 A에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 중력 법칙의 만유인력 상수 G와 플랑크 상수 h의 단위로 가장 옳은 것은?**

① G의 단위: $kg^{-2}\ m^{3}\ s^{-1}$, h의 단위: $kg^{1}\ m^{1}\ s^{-1}$
② G의 단위: $kg^{-2}\ m^{3}\ s^{-1}$, h의 단위: $kg^{1}\ m^{2}\ s^{-1}$
③ G의 단위: $kg^{-1}\ m^{3}\ s^{-2}$, h의 단위: $kg^{1}\ m^{1}\ s^{-1}$
④ G의 단위: $kg^{-1}\ m^{3}\ s^{-2}$, h의 단위: $kg^{1}\ m^{2}\ s^{-1}$

**정답 4번**

**간단한 해설**

만유인력 상수 G의 단위는 **힘 × 거리의 제곱 ÷ 질량의 곱**에서 구하며, $kg^{-1} \cdot m^{3} \cdot s^{-2}$이다. 플랑크 상수 h는 **에너지 ÷ 진동수**의 단위를 가지므로 $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-1}$이다.

**대응 관계 해설**

물리 법칙을 나타내는 등식에서는 양변의 단위가 같아야 한다. 각 상수가 포함된 식을 상수에 관해 정리하면 그 단위를 구할 수 있다.

G의 단위: 질량이 각각 $m_1$, $m_2$인 두 질점 사이의 거리 r와 만유인력의 크기 F는 $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$를 만족한다. 이를 G에 관해 정리하면 $G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$이므로, G의 단위는 **힘의 단위에 거리의 제곱을 곱하고 질량의 곱으로 나눈 것**이다. 힘의 단위가 $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$이므로 $[G] = \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$이며, 기본단위로 나타내면 $kg^{-1} \cdot m^{3} \cdot s^{-2}$이다.

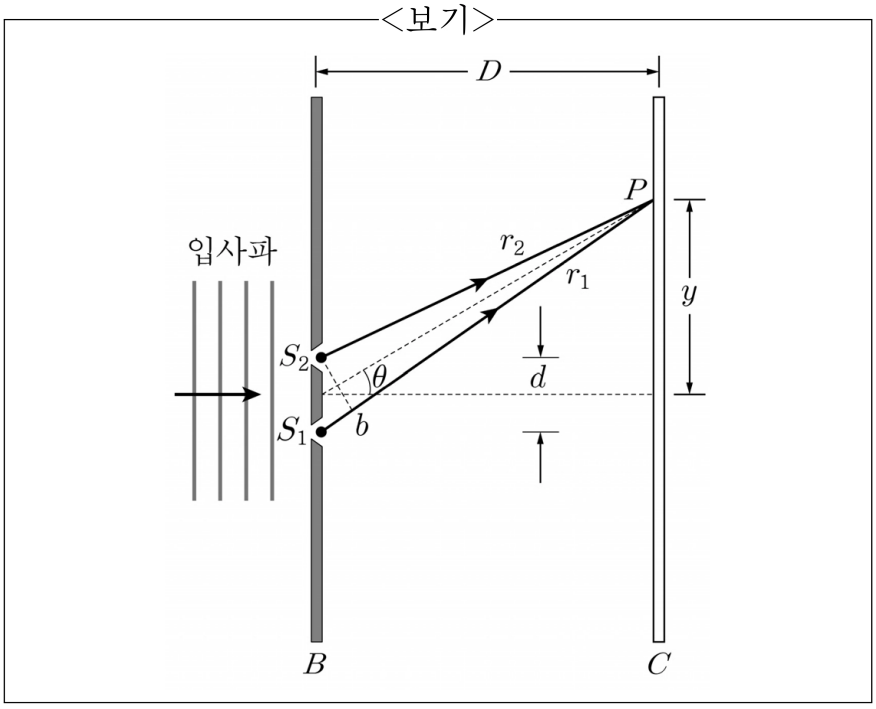
h의 단위: 진동수 $\nu$인 광자 하나의 에너지 E는 $E = h\nu$이므로 $h = \frac{E}{\nu}$이다. 따라서 h의 단위는 **에너지의 단위를 진동수의 단위로 나눈 것**이다. 에너지의 단위는 $J = kg \cdot m^{2} \cdot s^{-2}$이고 진동수의 단위는 $Hz = s^{-1}$이므로 $[h] = \frac{J}{Hz} = J \cdot s$이다. 즉, 기본단위로 나타내면 $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-1}$이다.

G의 단위가 $kg^{-1} \cdot m^{3} \cdot s^{-2}$, h의 단위가 $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-1}$인 대응은 ④와 일치한다.

NoteBase

**문 14. <보기>는 평면파의 빛을 이용한 Young의 이중슬릿 간섭실험에 관한 그림이다. y는 중심선에서 첫 번째 어두운 무늬가 생성되는 지점까지의 거리이다. 이에 관한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?**

<보기>




① 평면파를 구면파로 바꾸더라도 간섭무늬가 나타난다.

② 서로 수직한 편광의 빛을 각 슬릿에 넣었을 때는 간섭무늬가 나타나지 않는다.

③ 가시광선 대신 X선을 입사파로 이용하면 y가 줄어든다.

④ 슬릿과 스크린 사이 공간을 굴절률이 더 큰 매질로 채우면 y는 증가한다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

슬릿과 스크린 사이를 굴절률이 더 큰 매질로 채우면 빛의 진동수는 그대로이고 **속력과 파장은 감소**한다.
중심선에서 첫 번째 어두운 무늬까지의 거리 y는 파장에 비례하므로 **증가하지 않고 감소**한다.

NoteBase

**선지별 해설**

그림에서 d는 두 슬릿 사이의 거리, D는 슬릿과 스크린 사이의 거리이다. 두 슬릿을 같은 위상으로 통과한 빛은 경로차가 파장의 절반일 때 처음으로 상쇄 간섭한다. 따라서 첫 번째 어두운 무늬에서는 $r_1 - r_2 = \lambda/2$이다. 스크린이 충분히 멀고 중심선에 가까운 영역에서는 $d\sin\theta \approx dy/D$이므로 $y \approx \frac{\lambda D}{2d}$이다. 여기서 $\lambda$는 슬릿과 스크린 사이 매질에서의 파장이다.

① O: 하나의 결맞는 광원에서 나온 구면파로 두 슬릿을 비추면, 두 슬릿에 도달하는 빛의 **위상차가 일정하게 유지**되므로 간섭무늬가 나타난다. 평면파인지 구면파인지보다 두 슬릿에서 나온 빛 사이의 결맞음이 중요하다. 입사 경로차가 생기면 무늬의 위치는 달라질 수 있다.

② O: 서로 수직하게 편광된 두 빛은 **전기장의 진동 방향이 서로 수직**이다. 이때 합성광의 세기에서 밝고 어두운 무늬를 만드는 간섭항이 0이 되므로, 스크린에는 두 빛의 세기만 더해지고 간섭무늬는 나타나지 않는다.

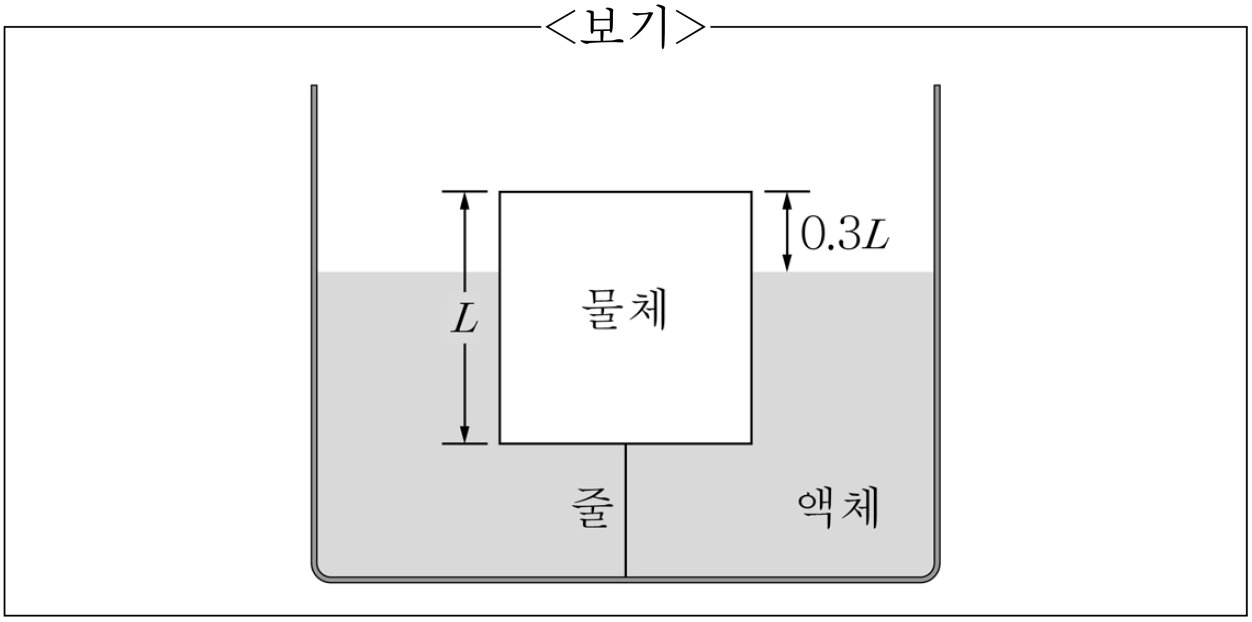
③ O: X선은 가시광선보다 **파장이 짧다**. 두 슬릿 사이의 거리와 스크린까지의 거리가 같다면 y는 파장에 비례하므로, X선을 사용할 때 첫 번째 어두운 무늬가 중심선에 더 가까워져 y가 줄어든다.

④ X: 매질이 바뀌어도 빛의 진동수는 변하지 않는다. 진공에서의 빛의 속력을 c, 진동수를 f, 매질의 굴절률을 n이라 하면 $v = c/n$, $\lambda = v/f = c/(nf)$이다. 따라서 굴절률이 커지면 파장이 짧아지고, 같은 d와 D에서 **y는 감소**한다. 선지의 'y는 증가한다'는 'y는 감소한다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

**문 15. <보기>는 밀도가 $\rho$인 액체가 채워진 수조에 한 변의 길이가 $L$인 정육면체 모양의 밀도가 $0.5\rho$인 물체가 수조 바닥에 줄로 연결되어, 물체 부피의 70%가 액체 속에 잠겨 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 줄의 장력값은? (단, 중력가속도는 $g$이고, 물체와 액체의 밀도는 균일하며, 줄의 질량은 무시한다.)**

<보기>




① $0.2\rho gL^3$

② $0.3\rho gL^3$

③ $0.4\rho gL^3$

④ $0.5\rho gL^3$

**정답 1번**

**간단한 해설**

물체가 정지해 있으므로 위쪽 부력과 아래쪽의 중력·장력이 평형을 이룬다. 따라서 장력은 **부력에서 중력을 뺀 값**인 $0.2\rho gL^3$이다.

NoteBase

**계산 과정**

부력: 정육면체의 전체 부피는 $V = L^3$이다. 그림에서 물 밖으로 나온 높이가 0.3L이므로 잠긴 높이는 0.7L이고, 잠긴 부피는 $0.7L^3$이다. 아르키메데스 원리에 따라 부력은 **밀려난 액체의 무게**와 같으므로, 위쪽 부력의 크기는 $B = \rho g \cdot 0.7L^3 = 0.7\rho gL^3$이다.

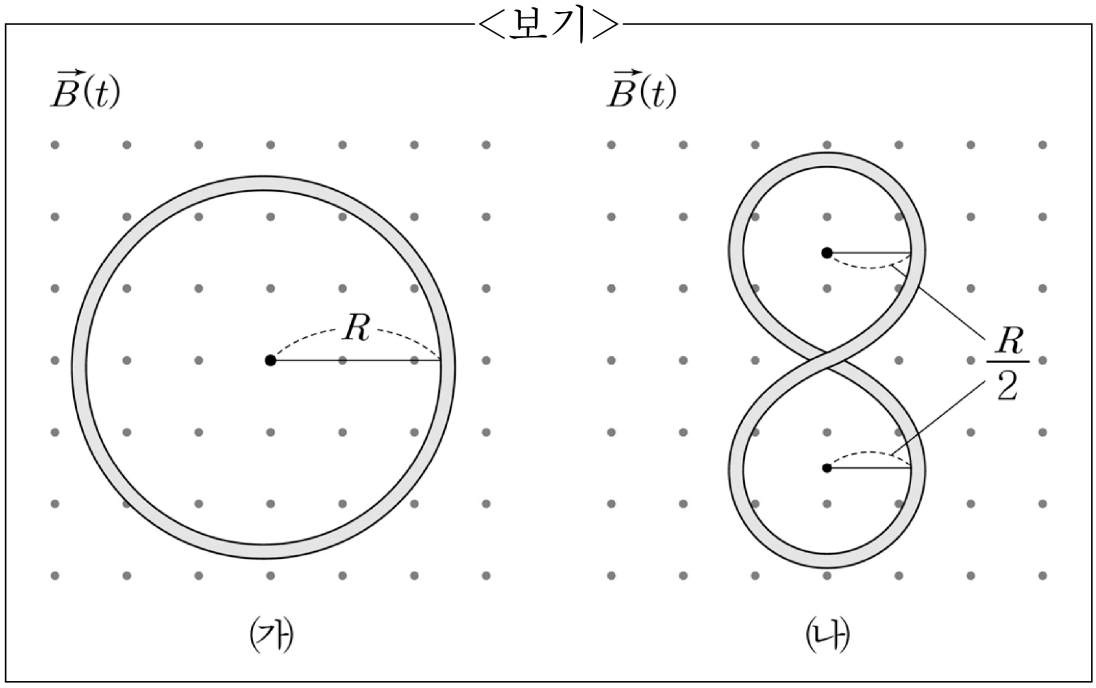
중력: 물체의 질량은 **물체의 밀도와 전체 부피**를 곱해 구한다. 따라서 $m = 0.5\rho L^3$이고, 아래쪽 중력의 크기는 $W = mg = 0.5\rho gL^3$이다. 잠긴 부피만으로 물체의 질량을 구하는 것은 아니다.

힘의 평형: 그림의 줄은 물체 아래에서 수조 바닥에 연결되어 있으므로 물체를 **아래쪽으로 당긴다**. 장력의 크기를 T라 하면, 물체가 정지해 있으므로 $B - W - T = 0$이다. 따라서 $T = B - W$이고,
$T = (0.7 - 0.5)\rho gL^3 = 0.2\rho gL^3$이다. 이는 부력이 중력보다 큰 만큼을 줄이 아래로 당겨 평형을 유지한다는 뜻이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 16. 평면에 수직한 자기장이 시간에 따라 균일하게 변하고 있다. <보기>의 (가)와 같이 반지름 $R$의 전선 고리에 유도되는 기전력을 ε이라고 하자. (나)와 같이 이 전선을 $\frac{R}{2}$ 반지름 원 두 개가 되도록 8자 형태로 꼬았을 때 (나)에 유도되는 기전력으로 가장 옳은 것은?**

<보기>




① 0

② $\frac{\varepsilon}{8}$

③ $\frac{\varepsilon}{4}$

④ $\frac{\varepsilon}{2}$

**정답 1번**

**간단한 해설**

8자 전선을 따라가면 두 원을 도는 방향이 서로 반대이므로, 두 원의 유도기전력은 **서로 빼야 한다**. 두 원의 넓이와 자기장 변화율이 같아 기전력의 크기도 같으므로 전체 유도기전력은 0 V이다.

NoteBase

**계산 과정**

(가)의 유도기전력: 패러데이 법칙에 따라 유도기전력은 회로를 통과하는 자기선속의 시간 변화율에 음의 부호를 붙인 값이다. 자기장이 고리 평면에 수직이고 고리의 넓이가 일정하므로 자기선속은 $\Phi = BA$이다. 여기서 B는 자기장, A는 고리의 넓이이다. 따라서 반지름 R인 (가)에서 기전력의 크기는 $\varepsilon = \pi R^2 \left|\frac{dB}{dt}\right|$이다.

(나)의 각 원: 위쪽과 아래쪽 원의 반지름은 모두 $\frac{R}{2}$이므로, 각 원의 넓이는 $A = \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{\pi R^2}{4}$이다. 자기장 변화율은 (가)와 같으므로 각 원에 해당하는 기전력의 크기는 $\frac{\varepsilon}{4}$이다. 이는 각 원의 기여이며, 아직 전체 전선의 기전력은 아니다.

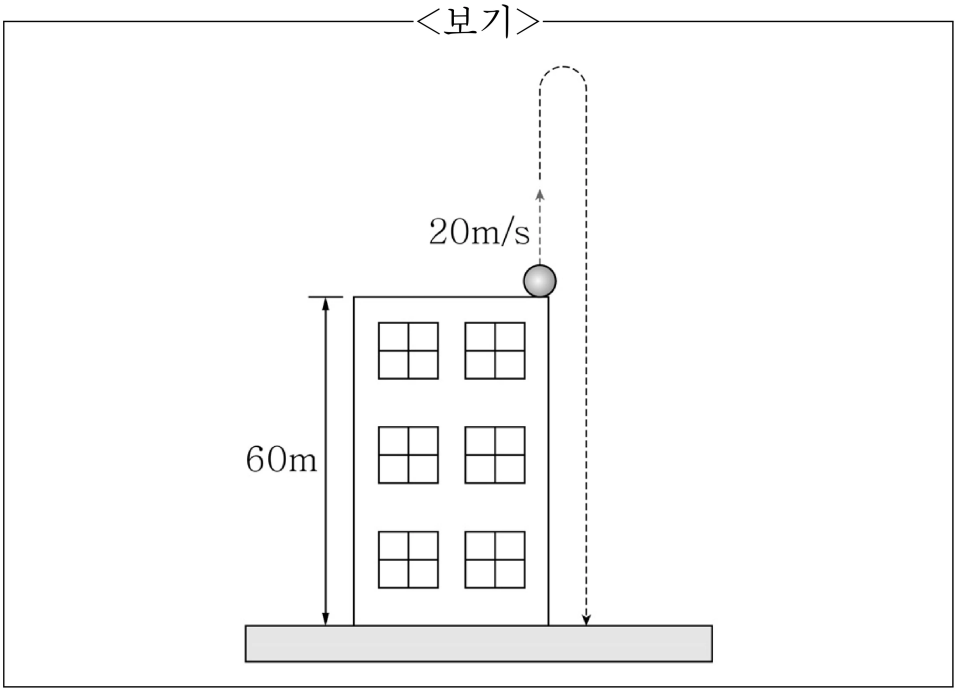
두 원의 부호: 그림 (나)의 **8자 전선을 한 방향으로 따라가면** 한 원은 시계 방향, 다른 원은 반시계 방향으로 돌게 된다. 따라서 같은 회로 진행 방향을 기준으로 두 원의 자기선속에 반대 부호가 붙고, 유도기전력도 반대 부호로 더해진다. 두 원의 넓이를 단순히 더해서는 안 된다.

전체 유도기전력: 한 원의 기여를 양으로 정하면 다른 원의 기여는 음이므로 $\mathcal{E} = \frac{\varepsilon}{4} - \frac{\varepsilon}{4} = 0$이다. 따라서 (나)에 유도되는 전체 기전력은 0 V이며, ①의 0에 해당한다.

NoteBase

**문 17. <보기>와 같이 높이가 60m인 건물 옥상에서 돌멩이를 처음 속도 20m/s로 연직 위 방향으로 던졌을 때 지면에 닿는 순간까지의 시간[초]은? (단, 중력가속도는 10m/s$^2$이다.)**

<보기>




① 2

② 4

③ 6

④ 8

**정답 3번**

**간단한 해설**

지면에 닿을 때는 **지면 기준 높이가 0**이 된다. 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 높이는 $h = 60 + 20t - 5t^2$이므로, 이를 0으로 만드는 양의 시간은 6초이다.

NoteBase

**계산 과정**

운동 조건: 공기 저항을 무시하고 중력만 작용하는 등가속도 운동으로 본다. 그림에서 출발점은 지면보다 60 m 높고 처음 속도는 위쪽으로 20 m/s이다. 지면을 높이 0, **위쪽을 양의 방향**으로 잡으면 처음 높이는 $h_0 = 60\text{m}$, 처음 속도는 $v_0 = 20\text{m/s}$, 가속도는 $a = -10\text{m/s}^2$이다.

높이 식: 던진 뒤 경과한 시간을 t라 하면, 가속도가 일정하므로 $h = h_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$를 적용한다. 각 양을 m, s 단위로 대입하면 $h = 60 + 20t - 5t^2$이다. 여기서 20t는 처음 속도에 따른 위쪽 변위이고, $-5t^2$는 중력에 의한 아래쪽 변위이다.

도달 시간: 지면에 닿을 때 h = 0이므로 $60 + 20t - 5t^2 = 0$이다. 정리하면 $t^2 - 4t - 12 = 0$, 즉 $(t - 6)(t + 2) = 0$이므로 계산상 시간은 6초 또는 -2초이다. t는 던진 뒤 경과한 시간이므로 음의 값은 제외한다. 따라서 지면에 닿기까지 걸린 시간은 6초이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 18. <보기 1>은 빛의 어떤 현상에 대한 설명이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기 2>에서 모두 고른 것은?**

<보기 1>
일반적으로 빛이 물에서 공기로 입사할 때 일부는 반사하고 일부는 굴절이 일어난다. 그러나 A 이상의 입사각으로 빛이 입사할 때는 빛이 더 이상 굴절하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상을 B(이)라고 한다.
<보기 2>
ㄱ. 물을 물보다 굴절률이 큰 매질로 바꾸면 A(이)가 더 커진다.
ㄴ. 전반사가 B에 해당한다.
ㄷ. 빛이 공기에서 물로 입사할 때도 B(이)가 일어난다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ

**정답 2번**

**간단한 해설**

굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하던 빛이 임계각보다 큰 입사각으로 입사하면 **전반사**가 일어난다.
공기를 그대로 두고 입사 매질의 굴절률을 높이면 임계각은 **작아진다**.

NoteBase

**보기별 해설**

A는 굴절각이 90°가 되는 입사각인 임계각이고, B는 전반사이다. 입사각과 굴절각은 경계면의 법선을 기준으로 잰다.

ㄱ. X: 입사 매질의 굴절률을 $n_1$, 공기의 굴절률을 $n_2$라 하면 임계각 A는 $\sin A = \frac{n_2}{n_1}$을 만족한다. 공기의 굴절률이 일정할 때 물을 굴절률이 더 큰 매질로 바꾸면 이 비가 작아지므로, A는 커지는 것이 아니라 **작아진다**.

ㄴ. O: 빛이 물에서 공기로 진행할 때처럼 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 입사하면, 입사각이 커질수록 굴절각도 커진다. 임계각에서 굴절각이 90°에 도달하고, **임계각보다 큰 입사각**에서는 공기로 진행하는 굴절광 없이 빛이 모두 반사된다. 이 현상이 전반사이므로 B에 해당한다.

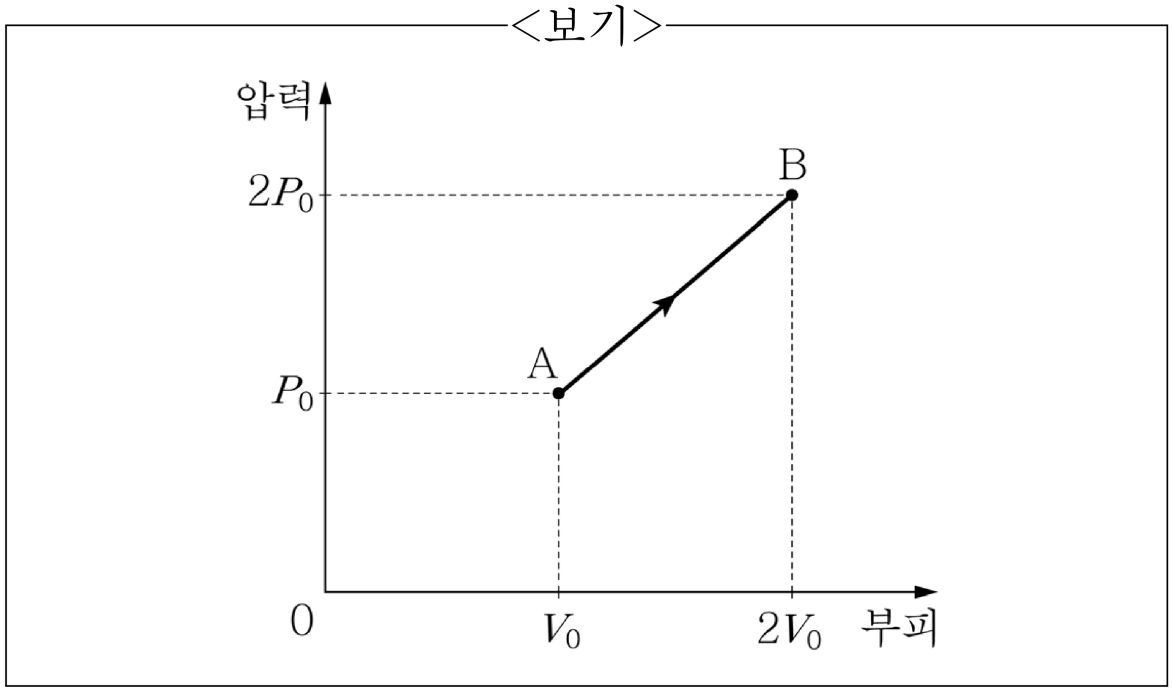
ㄷ. X: 공기에서 물로 입사하는 빛은 굴절률이 작은 매질에서 큰 매질로 진행하므로, 굴절광이 법선 쪽으로 꺾여 굴절각이 입사각보다 작다. 따라서 굴절각이 90°에 도달할 수 없어 **전반사가 일어나지 않는다**. 전반사가 가능한 진행 방향은 물에서 공기로 향하는 방향이다.

따라서 옳은 보기는 ㄴ만이므로 ②에 해당한다.

NoteBase

**문 19. <보기>는 일정량의 단원자 분자 이상기체의 상태가 A→B 과정에 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. 이 과정에서 기체가 흡수한 열량은 $Q$이고, 기체가 한 일은 $W$이다. $\frac{W}{Q}$의 절댓값은?**

<보기>




① $\frac{1}{6}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{3}$
④ $\frac{1}{2}$

**정답 2번**

**간단한 해설**

이 과정에서는 내부 에너지 증가량이 기체가 한 일의 3배이므로, **흡수한 열량은 한 일의 4배**이다. 따라서 $\left|\frac{W}{Q}\right| = \frac{1}{4}$이며, 열량과 일의 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

**계산 과정**

상태 읽기: 가로축은 부피, 세로축은 압력이다. A에서는 $P_A = P_0$, $V_A = V_0$이고, B에서는 $P_B = 2P_0$, $V_B = 2V_0$이다. A→B는 압력과 부피가 함께 증가하는 직선 과정이다.

기체가 한 일: 압력–부피 그래프에서 기체가 한 일은 **과정선 아래의 넓이**이다. 직선 과정이므로 평균 압력에 부피 증가량을 곱한다. 따라서 $W = \frac{P_0 + 2P_0}{2}(2V_0 - V_0)$이고, $W = \frac{3}{2}P_0V_0$이다. 부피가 증가하는 팽창 과정이므로 W는 양수이다.

내부 에너지 변화: 단원자 분자 이상기체의 내부 에너지는 $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$이다. 여기서 n은 몰수, R은 기체 상수, T는 절대 온도이며, 이상기체 상태 방정식 $PV = nRT$를 적용했다. A와 B에서 PV는 각각 $P_0V_0$, $4P_0V_0$이므로 $\Delta U = \frac{3}{2}(4P_0V_0 - P_0V_0)$이다. 따라서 $\Delta U = \frac{9}{2}P_0V_0$이며, 이는 기체가 한 일의 3배이다.

흡수한 열량과 비: W를 기체가 한 일로 정했으므로 열역학 제1법칙은 $Q = \Delta U + W$이다. 흡수한 열은 **내부 에너지 증가와 외부에 한 일**에 쓰인다. 따라서 $Q = \frac{9}{2}P_0V_0 + \frac{3}{2}P_0V_0 = 6P_0V_0$이다. 일과 열량은 모두 에너지이므로 비에서 단위가 상쇄된다.

비의 절댓값은 $\left|\frac{W}{Q}\right| = \frac{\frac{3}{2}P_0V_0}{6P_0V_0} = \frac{1}{4}$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 20. 우주선 A가 지구에서 약 11.7광년 떨어진 B 항성계를 향하여 이동하고 있다. 우주선 A의 지구에 대한 상대 속도가 광속의 12/13배(약 92%)가 되었을 때 우주선 승무원이 본 지구와 B 항성계 사이의 거리[광년]는? (단, 광속은 진공에서의 빛의 속도이다.)**

① 4.5

② 10.8

③ 12.675

④ 30.42

**정답 1번**

**간단한 해설**

우주선에서는 운동 방향의 거리가 **길이 수축**으로 짧아진다. 속력이 $v = \frac{12}{13}c$이면 거리는 지구 기준 거리의 $\frac{5}{13}$이므로, 승무원이 측정하는 지구와 B 항성계 사이의 거리는 4.5광년이다.

**계산 과정**

거리의 기준: 지구와 B 항성계가 서로 정지해 있는 기준계에서 두 지점 사이의 거리 11.7광년을 고유길이 $L_0$로 둔다. 우주선의 속력은 $v = \frac{12}{13}c$이며, $c$는 진공에서의 빛의 속도이다. 구하려는 $L$은 우주선 기준계에서 같은 시각에 측정한 두 지점 사이의 거리이다.

길이 수축: 우주선은 지구에서 B 항성계를 향해 움직이므로 두 지점 사이의 거리는 **상대 운동 방향의 길이**에 해당한다. 따라서 $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$를 적용한다. 수축 비율은 $\sqrt{1 - \left(\frac{12}{13}\right)^2} = \frac{5}{13}$이므로, 우주선에서 측정한 거리는 고유길이의 $\frac{5}{13}$이다.

거리 계산: $L = 11.7 \times \frac{5}{13} = 4.5$광년이다. 따라서 승무원이 측정하는 거리는 4.5광년이며, 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase