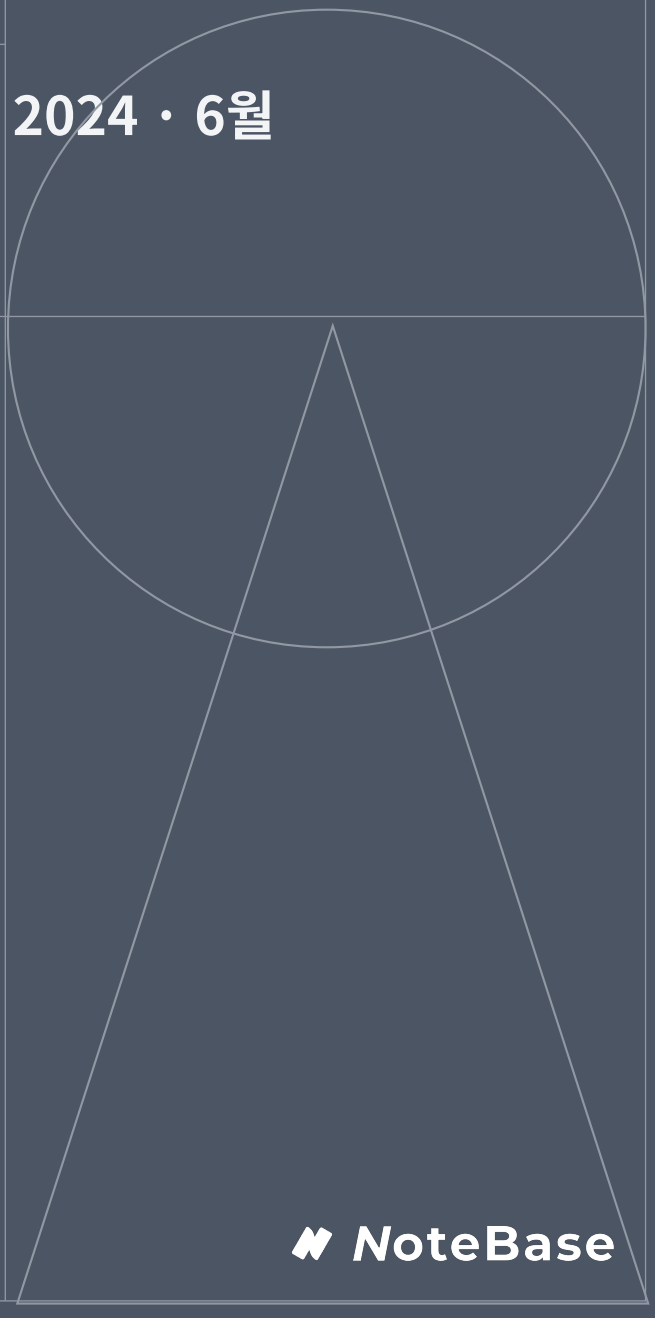
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2024 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2024 · 6월

공무원/서울시/9급 · 물리 · 2024 · 6월

문 1. 어떤 공을 지면에서 연직 위로 던졌다. 이 공이 높이 20m까지 올라갈 수 있다면, 지면에서 공의 초기 속력[m/s]은? (단, 공의 크기는 무시하며 중력 가속도는 10m/s^{2}이다.)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

간단한 해설

공은 **최고점에서 속력이 0**이 되므로, 최고 높이와 초기 속력은 $v_0^2 = 2gh$의 관계를 갖는다. 높이 20 m와 중력 가속도 10 m/s^{2}를 대입하면 초기 속력은 20 m/s이다.

계산 과정

공기 저항을 무시하고 중력만 작용하는 연직 운동으로 계산한다. 위쪽을 양의 방향으로 정하면 가속도는 $a = -g$이다. 초기 속력을 v_0, 지면에서 올라간 높이를 h, 그 높이에서의 속도를 v라 두면, 최고점에서 $h = 20\text{m}$, $v = 0$이다. 공은 **최고점에서 순간적으로 멈추지만 가속도는 아래쪽으로 작용**한다.

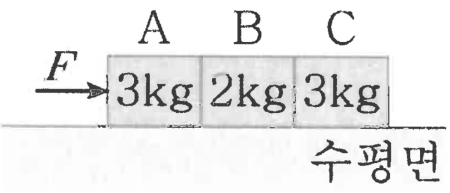
중력 가속도가 일정하므로 시간 없이 속도와 이동 거리를 연결하는 등가속도 운동식 $v^2 = v_0^2 + 2ah$를 적용한다. $a = -g$, $v = 0$을 넣으면 $0 = v_0^2 - 2gh$이므로 $v_0^2 = 2gh$이다.

주어진 값을 대입하면 $v_0^2 = 2 \times 10 \times 20 = 400\text{m}^2/\text{s}^2$이다. 이는 초기 속력의 제곱이므로, 양의 제곱근을 취하면 $v_0 = \sqrt{400} = 20\text{m/s}$이다. 구한 초기 속력 20 m/s는 ②의 20에 해당한다.

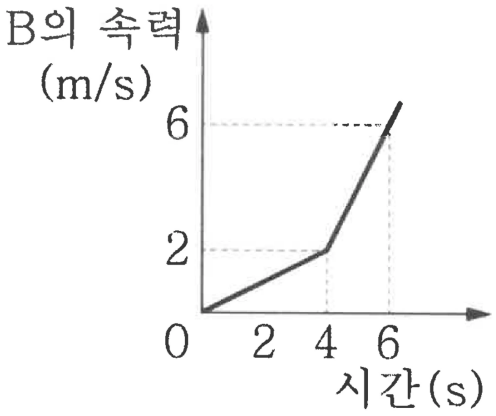
NoteBase

문 2. <보기 1>은 마찰이 없는 수평면에 물체 A, B, C를 붙여 놓고 A에 수평 방향의 힘 F를 가하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 3kg, 2kg, 3kg이다. <보기 2>는 힘 F를 가한 후 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 2초일 때, F의 크기[N]는?

<보기 1>



<보기 2>



① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 3번

간단한 해설

2초는 속력이 일정한 비율로 증가하는 0~4초 구간에 있으므로, **그래프의 기울기**로 구한 가속도는 $0.5 m/s^2$이다. 함께 움직이는 세 물체의 전체 질량 8 kg에 이 가속도를 곱하면 힘의 크기는 4 N이다.

NoteBase

계산 과정

가속도 구하기: <보기 2>의 가로축은 시간(s), 세로축은 B의 속력(m/s)이다. 2초가 포함된 0~4초 구간에서 속력은 0 m/s에서 2 m/s까지 직선적으로 증가한다. 운동 방향이 일정하므로 **속력–시간 그래프의 기울기**가 가속도의 크기이며, $a = \frac{2-0}{4-0} = 0.5\text{m/s}^2$이다. 이는 매초 속력이 0.5 m/s씩 증가한다는 뜻이다.

전체 질량 구하기: <보기 1>에서 A가 B와 C를 밀어 세 물체가 함께 움직이므로 가속도는 모두 같다. A, B, C를 **하나의 계**로 보면 물체 사이의 접촉력은 내부 힘으로 서로 상쇄된다. 마찰이 없으므로 계에 작용하는 수평 방향의 외력은 F이고, 전체 질량 M은 3 + 2 + 3 = 8 kg이다.

힘 계산하기: 뉴턴 운동 제2법칙 $F = Ma$에 전체 질량과 가속도를 대입하면 $F = 8 \times 0.5 = 4$ N이다. 따라서 2초일 때 F의 크기는 4 N이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 끈에 매달린 질량이 150g인 공이 반지름 0.5m인 원을 수평으로 그리며 초당 2회로 일정하게 돌고 있다. 이때 구심 가속도의 크기[m/s^2]는? (단, 공의 크기는 무시하며 원주율 π는 3이다.)

① 42

② 52

③ 62

④ 72

정답 4번

간단한 해설

등속 원운동의 구심 가속도는 **속력의 제곱을 반지름으로 나눈 값**이다. 초당 2회전할 때 속력은 6 m/s이므로 구심 가속도의 크기는 72 m/s^2이다.

계산 과정

공은 반지름 r = 0.5 m인 원을 일정한 속력으로 도는 등속 원운동을 한다. 초당 회전수를 나타내는 진동수는 f = 2 Hz이며, 문제의 조건에 따라 π = 3을 사용한다. 속력은 일정해도 **속도의 방향이 계속 바뀌므로** 원의 중심을 향하는 구심 가속도가 생긴다.

속력 계산: 한 바퀴 이동하는 거리는 원둘레이므로, 원둘레에 초당 회전수를 곱하면 1초 동안 이동한 거리를 구할 수 있다. 따라서 $v = 2\pi rf$이고, 속력은 $2 \times 3 \times 0.5 \times 2 = 6$ m/s이다.

구심 가속도 계산: 등속 원운동에서 구심 가속도의 크기는 $a = \frac{v^2}{r}$이다. 속력과 반지름을 대입하면 $a = \frac{6^2}{0.5} = 72 m/s^2$이다. 주어진 질량 150 g은 이 계산에 필요하지 않다.

구심 가속도의 크기는 72 m/s^2이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 질량이 1.2ton인 트럭이 반지름 20m의 원형도로를 따라 진행한다. 트럭의 짐칸 가운데에는 상자가 놓여 있는데, 줄로 고정되지 않은 상태이다. 트럭의 속력이 8m/s가 되었을 때 상자가 미끄러지기 시작했다면, 상자에 작용하는 마찰력의 정지 마찰 계수는? (단, 트럭과 상자의 크기는 무시하며 중력 가속도는 10m/s^2이다.)

① 0.16

② 0.24

③ 0.32

④ 0.40

정답 3번

간단한 해설

상자가 트럭과 함께 원운동하도록 하는 힘은 **정지 마찰력**이며, 미끄러지기 직전에 최대 정지 마찰력에 도달한다. 이때 $\mu_s = \frac{v^2}{rg}$이므로 정지 마찰 계수는 0.32이다.

계산 과정

상자의 질량을 m, 짐칸이 상자를 받치는 수직 항력을 N, 정지 마찰 계수를 μ_s라 하자. 수평인 짐칸에서 상자는 연직 방향으로 가속되지 않으므로 N = mg이다. 상자가 미끄러지기 전에는 트럭과 같은 반지름 r = 20 m의 원을 따라 움직이며, **중심 방향의 정지 마찰력이 구심력 역할**을 한다.

속력이 v = 8 m/s일 때 필요한 구심 가속도는 $a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{8^2}{20} = 3.2\text{m/s}^2$이다. 따라서 상자에 필요한 중심 방향의 힘은 $F = ma_c$이다.

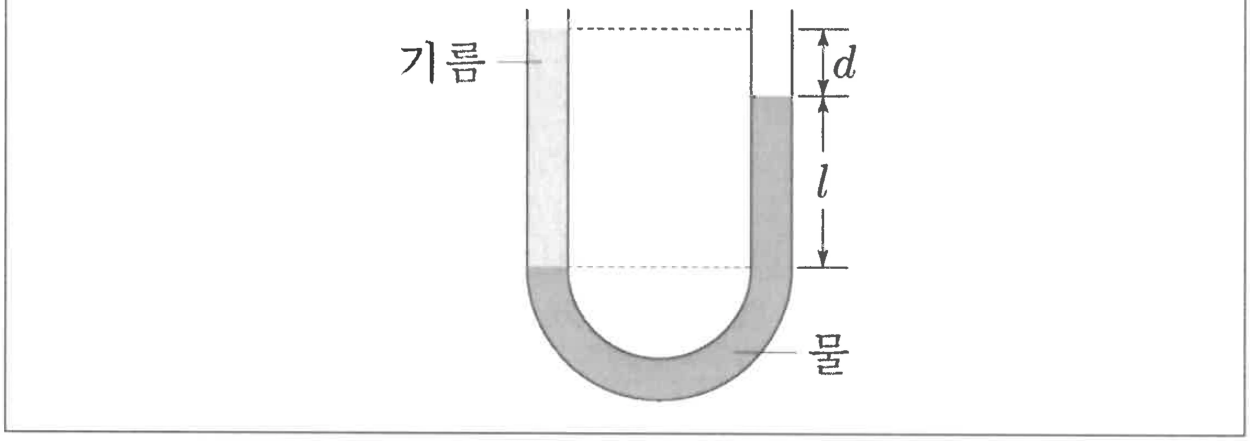
정지 마찰력은 필요한 만큼 작용하지만, 그 크기는 $f_{s,\max} = \mu_s N$을 넘을 수 없다. **미끄러지기 시작하는 한계**에서는 필요한 구심력이 최대 정지 마찰력과 같으므로 $\frac{mv^2}{r} = \mu_s mg$가 성립한다.

양변에서 상자의 질량 m을 소거하면 $\mu_s = \frac{v^2}{rg} = \frac{8^2}{20 \cdot 10} = 0.32$이다. 질량이 소거되므로 주어진 트럭의 질량 1.2 ton은 계산에 쓰이지 않는다. 정지 마찰 계수는 힘의 비로 정의되어 단위가 없으며, 계산한 0.32는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. <보기>는 U관 안에서 두 종류의 액체가 정적 평형을 이루고 있는 모습을 나타낸 것이다. 밀도 ρ_w의 물이 오른쪽에 있고, 밀도 ρ_o의 기름이 왼쪽에 있다. $l = 100\text{mm}$이고, $d = 20\text{mm}$라고 할 때, $\frac{\rho_w}{\rho_o}$는?

<보기>



① 1.1

② 1.2

③ 1.3

④ 1.4

정답 2번

간단한 해설

물과 기름의 경계면 높이에서 **양쪽 압력이 같아야** 한다. 이 높이 위의 기름 기둥은 120 mm, 물 기둥은 100 mm이므로, 밀도비는 높이비의 역수인 $\frac{\rho_w}{\rho_o} = 1.2$이다.

NoteBase

계산 과정

액체 기둥의 높이: 그림의 아래쪽 점선은 왼쪽 물과 기름의 경계면을 지난다. 이 높이에서 오른쪽 물 표면까지의 높이가 l이고, 기름 표면은 물 표면보다 d만큼 높다. 따라서 **경계면을 기준으로 한 기름 기둥의 높이**는 $h_o = l + d$, 즉 100 + 20 = 120 mm이고, 오른쪽 물 기둥의 높이는 $h_w = l$, 즉 100 mm이다.

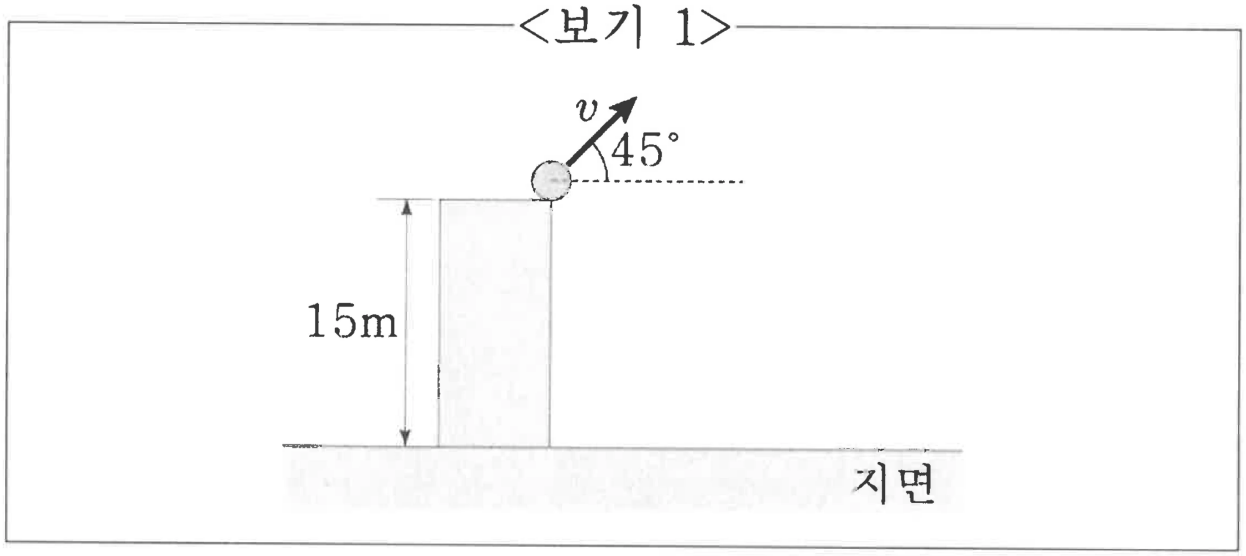
압력 평형: 정지한 액체에서는 아래로 깊이 h만큼 내려갈 때 압력이 $\rho g h$만큼 증가한다. 여기서 g는 중력가속도이다. 두 액체의 표면은 모두 대기에 열려 있으므로 표면 압력은 같은 대기압 p_0이다. 왼쪽 경계면의 압력은 $p_0 + \rho_o g(l + d)$, 같은 높이에 있는 오른쪽 물의 압력은 $p_0 + \rho_w g l$이다. 경계면에서 압력은 연속이고, **연결된 같은 물의 같은 높이에서는 압력이 같으므로** 대기압을 소거하면 $\rho_o g(l + d) = \rho_w g l$이 된다.

밀도비 계산: 위 식을 정리하면 $\frac{\rho_w}{\rho_o} = \frac{l + d}{l}$이다. 높이를 모두 mm로 통일했으므로 그대로 대입하여 $\frac{\rho_w}{\rho_o} = \frac{100 + 20}{100} = 1.2$를 얻는다. 밀도비는 단위가 없으며, 이 값은 물의 밀도가 기름 밀도의 1.2배라는 뜻이다. 따라서 계산값 1.2는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기 1>과 같이 질량이 2kg인 공을 15m 높이의 건물에서 10m/s의 속력으로 지면과 45° 각도로 발사했다. <보기 2>에서 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 공기저항과 공의 회전은 무시하며 중력가속도는 10m/s^{2}이다.)

<보기 1>



<보기 2>

ㄱ. 공이 지면에 닿는 순간, 발사 순간에 대비하여 공의 위치 에너지가 300J 감소하였다.

ㄴ. 공이 지면에 닿는 순간, 공의 운동 에너지는 300J이다.

ㄷ. 질량과 상관없이 공이 지면에 닿는 순간 공의 속력은 20m/s이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

위치 에너지 감소량 300 J은 운동 에너지의 **증가량**이다. 공은 발사 순간부터 운동 에너지 100 J을 갖고 있으므로 지면에 닿기 직전의 운동 에너지는 **400 J**이다.

NoteBase

보기별 해설

공기저항과 회전을 무시하므로 비행 중에는 중력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지의 합인 역학적 에너지가 보존된다. 지면을 위치 에너지의 기준으로 잡으면, 질량 m, 높이 h, 속력 v인 공의 위치 에너지는 $U = mgh$, 운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이다. 지면에 닿는 순간의 값은 충돌 직전의 값으로 판단한다.

ㄱ. O: 발사 높이는 15 m이고 지면의 높이는 0이므로 처음 위치 에너지는 $2 \times 10 \times 15 = 300$ J, 마지막 위치 에너지는 0 J이다. 따라서 위치 에너지는 300 J 감소한다. 공이 처음에 위로 올라가더라도 두 순간 사이의 위치 에너지 변화는 **처음과 마지막의 높이 차**로 결정된다.

ㄴ. X: 발사 순간의 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^2 = 100$ J이다. 역학적 에너지가 보존되므로 감소한 위치 에너지 300 J만큼 운동 에너지가 증가한다. 따라서 지면에 닿기 직전의 운동 에너지는 **처음 운동 에너지까지 더한** $100 + 300 = 400$ J이다. 300 J은 최종 운동 에너지가 아니라 운동 에너지의 증가량이다.

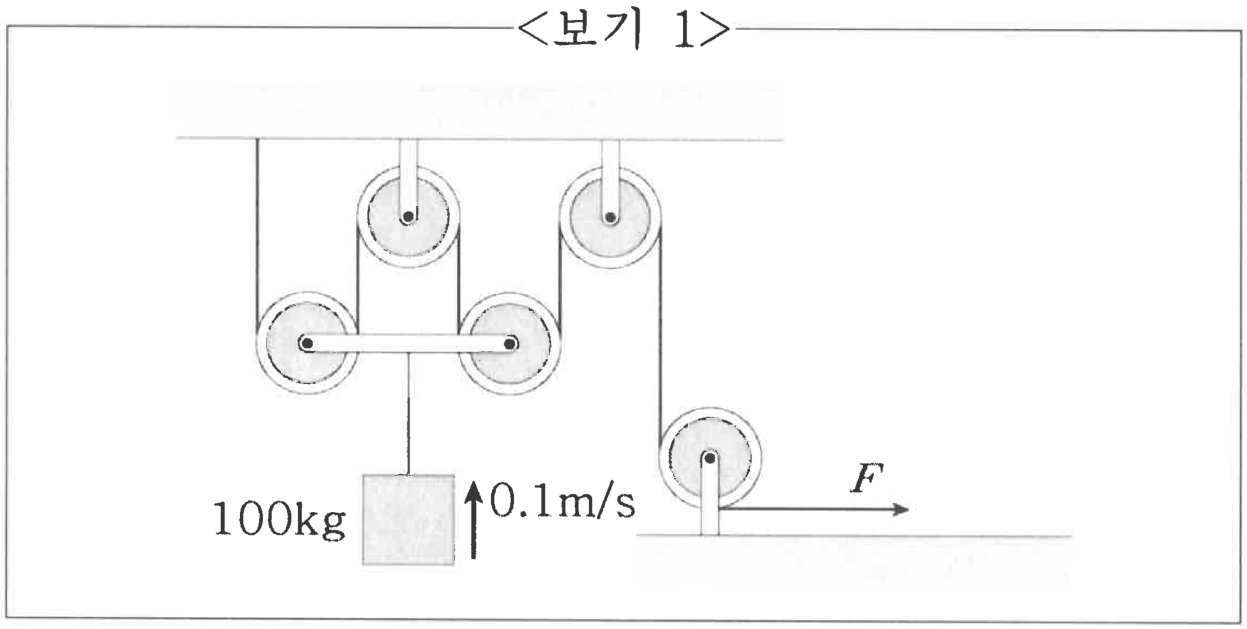
ㄷ. O: 처음 속력을 v_0, 지면에 닿기 직전의 속력을 v, 발사 높이를 h라 하자. 에너지 보존식의 모든 항에 질량이 공통으로 들어 있으므로 이를 나누어 정리하면 $v^2 = v_0^2 + 2gh$이다. 주어진 값을 넣으면 $v^2 = 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 15 = 400$이므로 속력은 20 m/s이다. 이 관계에는 **질량이 남지 않으므로** 같은 처음 속력과 높이에서는 질량과 상관없이 같은 속력으로 지면에 닿는다. 발사각 45°는 운동 경로에 영향을 주지만 이 조건에서 지면에 닿을 때의 속력은 바꾸지 않는다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 7. <보기 1>과 같이 도르래를 장치하고 힘 F를 작용하여 질량이 100kg인 물체를 0.1m/s의 일정한 속력으로 1m 높이 만큼 끌어올렸다. <보기 2>에서 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 모든 마찰과 도르래의 질량은 무시하며 중력 가속도는 10m/s^{2}이다.)

<보기 1>



<보기 2>

ㄱ. 힘 F의 크기는 500N이다.

ㄴ. 힘 F로 당긴 줄의 길이는 4m이다.

ㄷ. 힘 F의 일률은 100W이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

물체를 받치는 줄이 **네 가닥**이므로 물체를 1 m 올리려면 줄을 4 m 당겨야 한다. 마찰이 없어 힘 F의 일률은 물체의 위치 에너지 증가율과 같은 **100 W**이다.

NoteBase

보기별 해설

그림에서 물체와 함께 움직이는 것은 막대로 연결된 두 도르래이다. 위쪽 두 도르래와 바닥에 고정된 도르래는 줄의 방향을 바꾼다. 마찰과 도르래의 질량을 무시하므로 한 줄의 장력 T는 어디서나 같고, 줄 끝을 당기는 힘 F의 크기도 T와 같다. 물체는 일정한 속력으로 올라가므로 가속도가 0이고, 물체와 움직도르래 전체에 작용하는 힘의 합은 0이다.

ㄱ. X: 두 움직도르래를 위로 당기는 줄은 모두 **네 가닥**이다. 물체의 무게는 $100 \times 10 = 1000$ N이므로 힘의 평형식은 $4T = 1000\text{N}$이다. 따라서 $F = T = \frac{1000}{4}\text{N} = 250\text{N}$이며, 500 N이 아니다.

ㄴ. O: 물체가 1 m 올라가면 움직도르래를 받치는 네 줄 구간이 각각 1 m씩 짧아진다. 전체 줄의 길이는 일정하므로 줄 끝에서는 그 합만큼 줄을 당겨야 한다. 따라서 힘 F로 당긴 줄의 길이는 $4 \times 1 = 4$ m이다.

ㄷ. O: 물체가 1 m 올라가는 데 걸린 시간은 $t = \frac{1}{0.1}\text{s} = 10\text{s}$이다. 이 동안 힘 F가 한 일 W는 $250 \times 4 = 1000$ J이며, 마찰이 없으므로 물체의 중력 위치 에너지 증가량과 같다. 일률은 **단위 시간 동안 한 일**이므로 $P = \frac{W}{t} = \frac{1000\text{J}}{10\text{s}} = 100\text{W}$이다.

따라서 옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 8. 단원자 이상기체 2몰이 어떤 탱크에 가득 차 있다. 이 계의 온도가 300K일 때, 이 기체의 총 운동 에너지[J]는? (단, 이상기체 상수는 R=8.3J/mol·K이며 유효숫자는 고려하지 않는다.)

① 1245

② 2490

③ 4980

④ 7470

정답 4번

간단한 해설

단원자 이상기체의 총 운동 에너지는 **세 방향의 병진 운동 에너지의 합**으로, $E = \frac{3}{2}nRT$이다. 2몰, 300 K를 적용하면 총 운동 에너지는 7470 J이다.

계산 과정

단원자 이상기체의 원자는 서로 수직인 세 방향으로 병진 운동한다. 에너지 등분배 법칙에 따라 각 방향이 기여하는 운동 에너지는 $\frac{1}{2}nRT$이므로, 전체 기체의 총 운동 에너지는 $E = \frac{3}{2}nRT$이다. 여기서 n은 몰수, R은 이상기체 상수, T는 **절대 온도**이다.

주어진 온도는 300 K이므로 온도 변환 없이 사용한다. R = 8.3 J/(mol·K)를 적용하면, 이 온도에서 **몰당 운동 에너지**는 $\frac{3}{2}RT = \frac{3}{2} \times 8.3 \times 300 = 3735$ J/mol이다.

기체가 2몰이므로 총 운동 에너지는 $2 \times 3735 = 7470$ J이다. 이는 ④의 7470 J에 해당한다.

NoteBase

문 9. 온도가 T이고 부피가 V인 이상기체가 등온팽창한다. 이 기체가 부피 V에서 $2V$까지 팽창하는 동안 한 일을 W_A라고 하고, 부피 $2V$에서 $4V$까지 팽창하는 동안 한 일을 W_B라고 할 때, W_A/W_B는?

① 1

② 1.5

③ 2

④ 2.5

정답 1번

간단한 해설

같은 온도에서 이상기체가 등온팽창할 때 하는 일은 **최종 부피와 처음 부피의 비**에 의해 결정된다. 두 구간 모두 부피가 2배가 되므로 일이 같고, $\frac{W_A}{W_B} = 1$이다.

계산 과정

기체의 몰수를 n, 기체 상수를 R라 하자. 이상기체의 준정적 등온팽창에서는 온도 T가 일정하고 압력이 부피에 반비례한다. 이때 부피에 따라 변하는 압력을 적분하면 기체가 한 일은 $W = nRT\ln\frac{V_f}{V_i}$이다. 여기서 V_i와 V_f는 각각 처음과 최종 부피이고, ln은 자연로그이다. 두 구간은 같은 기체가 같은 온도에서 팽창하므로 nRT가 같다.

첫 구간: 부피가 V에서 $2V$로 증가하므로 $W_A = nRT\ln\frac{2V}{V} = nRT\ln 2$이다.

둘째 구간: 부피가 $2V$에서 $4V$로 증가하므로 $W_B = nRT\ln\frac{4V}{2V} = nRT\ln 2$이다. 부피 증가량은 첫 구간보다 크지만, **처음 부피에 대한 최종 부피의 비는 똑같이 2**이므로 한 일은 같다.

따라서 $\frac{W_A}{W_B} = \frac{nRT\ln 2}{nRT\ln 2} = 1$이다. 일끼리의 비이므로 단위는 없으며, 이 값은 ①의 1에 해당한다.

NoteBase

문 10. 길이가 20m인 원형 단면의 구리선이 있다. 이 구리선의 저항이 0.112Ω일 때, 구리선의 반지름[mm]은? (단, 구리의 비저항은 $1.68\times10^{-8}\Omega\cdot m$이고, 원주율 π는 3이다.)

① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 2번

간단한 해설

도선의 저항은 길이에 비례하고 단면적에 반비례하므로, 주어진 값으로 구한 단면적은 3 mm^2이다. 원의 넓이 관계에 π = 3을 적용하면 **반지름은 1 mm**이다.

계산 과정

길이 L = 20 m, 저항 R = 0.112 Ω인 구리선의 단면적을 A, 반지름을 r라 하자. 같은 재질로 단면적이 일정한 도선은 **저항이 길이에 비례하고 단면적에 반비례**하므로 $R=\rho\frac{L}{A}$이다. 여기서 ρ는 비저항이다.

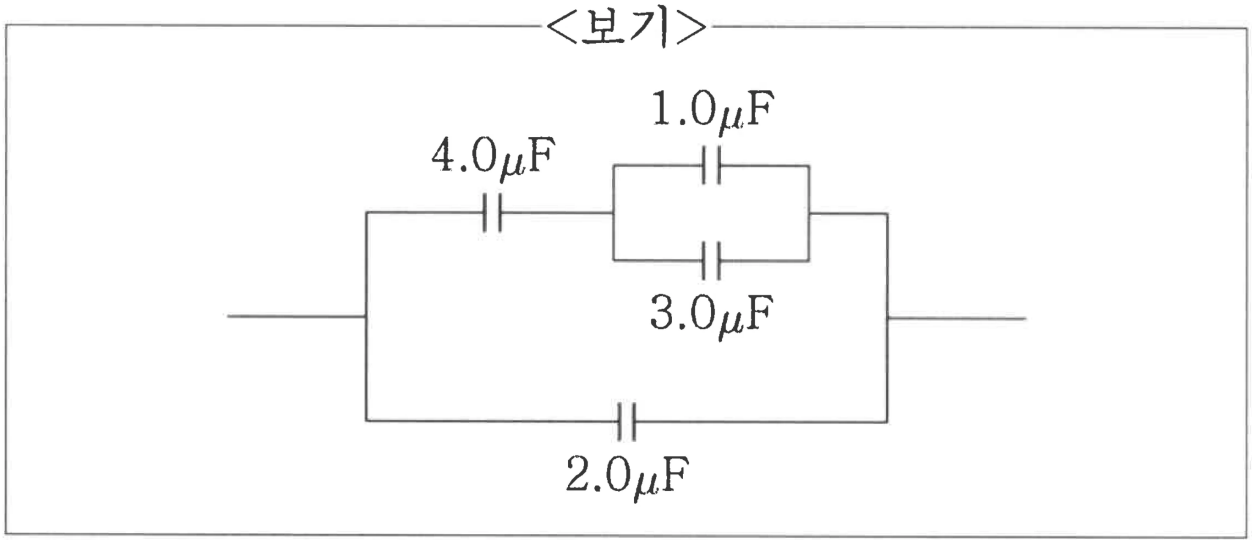
저항 관계를 단면적에 대해 정리하면 $A=\frac{\rho L}{R}$이다. 주어진 비저항 $\rho=1.68\times10^{-8}\Omega\cdot m$를 대입하면 $A=\frac{1.68\times10^{-8}\times20}{0.112}m^2$이다. 따라서 구리선의 단면적은 $3\times10^{-6}m^2$, 즉 3 mm^2이다.

원형 단면의 넓이는 $A=\pi r^2$이다. 문제의 조건 π = 3을 적용하면 $r^2=\frac{3\times10^{-6}}{3}=10^{-6}m^2$이다. 반지름은 양수이므로 **제곱근을 취해** $r=10^{-3}m$를 얻는다. 1 m = 1000 mm이므로 반지름은 1 mm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같이 4개의 축전기가 연결되어 있을 때, 등가 전기용량의 값[μF]은?

<보기>



① 1.0

② 2.0

③ 3.0

④ 4.0

정답 4번

간단한 해설

오른쪽의 1.0 μF와 3.0 μF를 병렬로 합치면 4.0 μF이고, 이를 왼쪽 위의 4.0 μF와 직렬로 합치면 2.0 μF이다. 이 위쪽 가지가 아래쪽 2.0 μF와 **병렬로 연결**되어 전체 등가 전기용량은 4.0 μF이다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 병렬 부분: 1.0 μF와 3.0 μF 축전기는 **양 끝이 각각 같은 두 접점에 연결**되어 있다. 병렬에서는 두 축전기의 전압이 같고 저장 전하량이 더해지므로 전기용량도 더한다. 이 부분의 등가 전기용량을 C_p라 하면, $C_p = 1.0 + 3.0 = 4.0$ μF이다.

2. 위쪽 가지의 직렬 부분: 오른쪽 병렬 부분을 4.0 μF 축전기 하나로 바꾸면, 왼쪽 위의 4.0 μF 축전기와 직렬로 연결된다. 직렬에서는 각 축전기에 저장되는 전하량의 크기가 같고 전체 전압은 각 전압의 합이므로, **전기용량의 역수를 더한다**. 위쪽 가지의 등가 전기용량을 C_s라 하면, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{4.0} + \frac{1}{4.0}$이므로 $C_s = \frac{4.0 \times 4.0}{4.0 + 4.0} = 2.0$ μF이다. 여기서 식에 대입한 전기용량의 단위는 모두 μF이다.

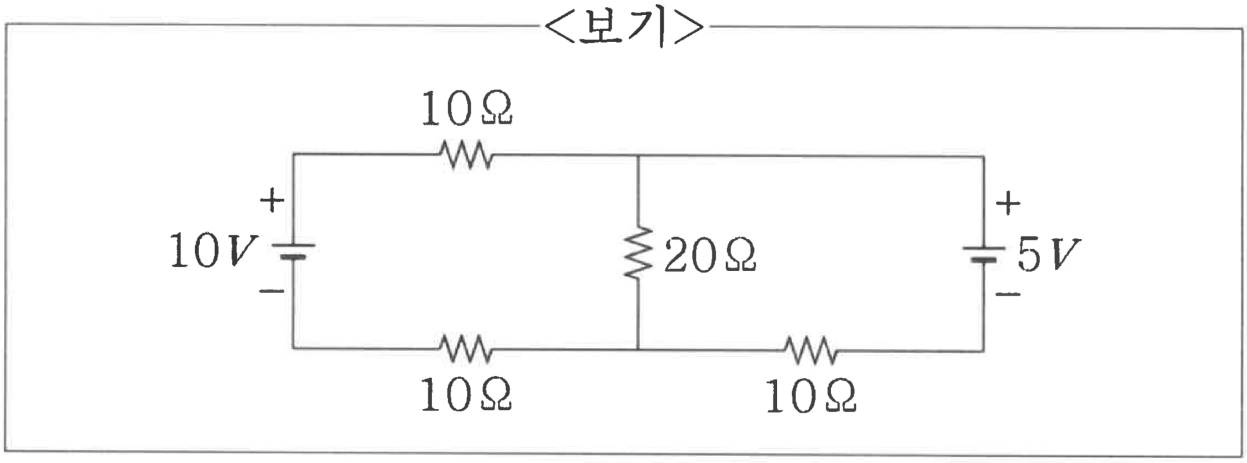
3. 전체 회로: 위쪽 가지의 등가 전기용량 2.0 μF와 아래쪽 축전기 2.0 μF는 회로의 왼쪽·오른쪽 단자 사이에 병렬로 연결되어 있다. 따라서 전체 등가 전기용량은 2.0 + 2.0 = 4.0 μF이다.

계산한 4.0 μF는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로에서 20Ω 저항기에 흐르는 전류의 크기[A]는? (단, 전지의 내부 저항은 없다고 가정한다.)

<보기>



① 0.1

② 0.15

③ 0.2

④ 0.25

정답 4번

간단한 해설

각 가지의 전압 관계와 접점에서의 전류 보존을 적용하면, **20Ω 저항 양단의 전압은 5 V**이다. 옴의 법칙에 따라 전류의 크기는 $I = \frac{5V}{20\Omega} = 0.25A$이다.

NoteBase

계산 과정

중앙 20Ω 저항의 위쪽 접점을 A, 아래쪽 접점을 B라 하고, A의 전위에서 B의 전위를 뺀 전위차를 U라 하자. 이 저항에서 A에서 B로 흐르는 전류를 I라 하면, 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{U}{20\Omega}$이다. 전지의 내부 저항은 없으므로 표시된 전압을 그대로 사용한다.

왼쪽 가지: B에서 왼쪽의 10 V 전지를 거쳐 A로 흐르는 전류를 I_L이라 하자. 이 가지의 두 10Ω 저항에는 같은 전류가 흐르므로 합성 저항은 20Ω이다. 전지의 음극에서 양극으로 지날 때 전위가 10 V 올라가고 저항에서 전위가 내려가므로, $I_L = \frac{10\text{V} - U}{20\Omega}$이다.

오른쪽 가지: B에서 오른쪽 아래의 10Ω 저항과 5 V 전지를 거쳐 A로 흐르는 전류를 I_R이라 하자. 전지의 양극이 A 쪽에 있으므로 이 방향으로 전지를 지나면 전위가 5 V 올라간다. 따라서 $I_R = \frac{5\text{V} - U}{10\Omega}$이다.

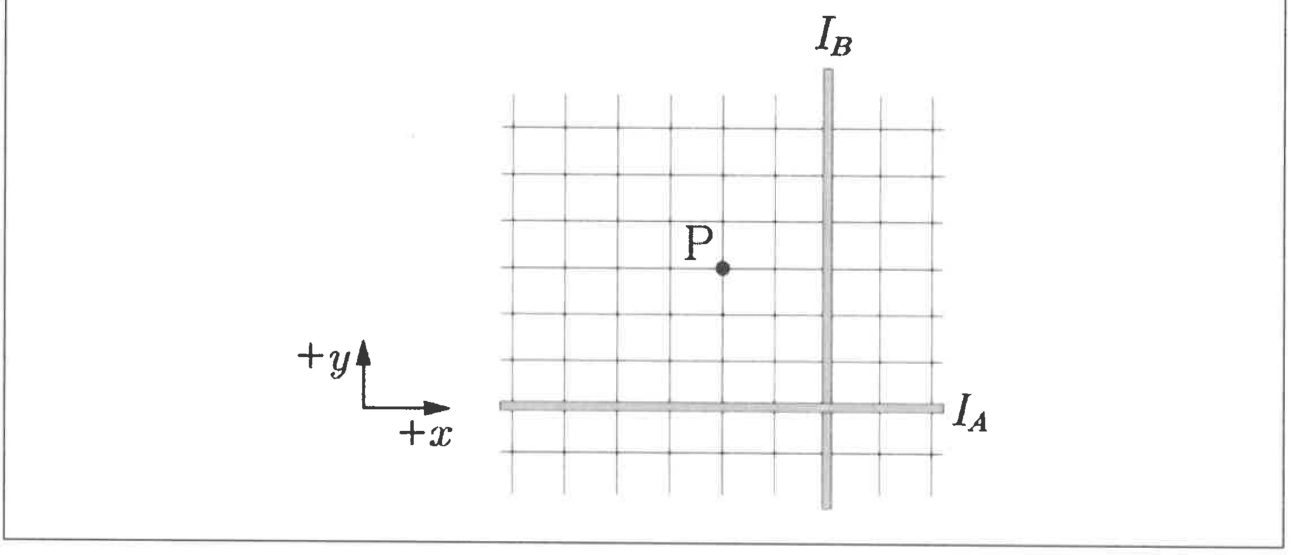
접점 A에서는 **들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다**. 따라서 $I_L + I_R = I$이다. 위 식들을 대입하고 양변에 20Ω을 곱하면 $10\text{V} - U + 2(5\text{V} - U) = U$가 된다. 이를 정리하면 $20\text{V} = 4U$이므로 U = 5 V이다. 이는 중앙 20Ω 저항의 위쪽 전위가 아래쪽보다 5 V 높다는 뜻이다.

중앙 저항의 전류는 $I = \frac{5\text{V}}{20\Omega} = 0.25\text{A}$이며, 방향은 A에서 B이다. 구하는 전류의 크기는 0.25 A로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같이 일정한 전류가 흐르는 두 개의 긴 도선이 모눈종이면에 서로 수직으로 놓여 있고, 전류 I_A는 $+x$ 방향으로 흐른다. 모눈종이면 위의 점 P에서 자기장이 0일 때, I_B의 방향과 세기는? (단, 지구 자기장의 영향은 무시하며 모눈 간격은 모두 같다.)

<보기>



① 세기는 $\frac{2}{3}I_A$이고 방향은 $-y$이다.

② 세기는 $\frac{3}{2}I_A$이고 방향은 $+y$이다.

③ 세기는 $\frac{4}{9}I_A$이고 방향은 $-y$이다.

④ 세기는 $\frac{9}{4}I_A$이고 방향은 $+y$이다.

정답 1번

간단한 해설

긴 직선 도선의 자기장 세기는 전류에 비례하고 도선까지의 거리에 반비례한다. P에서 두 자기장이 **크기가 같고 방향이 반대**여야 하므로, 전류 I_B의 세기는 $\frac{2}{3}I_A$이고 방향은 $-y$이다.

NoteBase

계산 과정

거리 확인: 모눈 한 칸의 길이를 d라 하면, P는 수평 도선 A에서 위로 세 칸, 수직 도선 B에서 왼쪽으로 두 칸 떨어져 있다. 자기장 계산에 쓰는 거리는 **각 도선까지의 수직 거리**이므로 $r_A = 3d$, $r_B = 2d$이다.

전류 방향: 오른손 엄지를 전류 방향으로 향하게 하면 감아쥔 네 손가락이 자기장 방향을 가리킨다. A의 전류가 $+x$ 방향이므로 A 위쪽의 P에서 자기장은 종이면 밖으로 나온다. 합성 자기장이 0이 되려면 B의 자기장은 **종이면 안으로 들어가야** 한다. B의 왼쪽에 있는 P에서 이 방향의 자기장을 만드는 전류는 아래쪽, 즉 $-y$ 방향이다.

전류 세기 계산: 긴 직선 도선에서 거리 r인 점의 자기장 세기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. 여기서 μ_0는 진공의 투자율이며, 두 도선에 공통인 비례상수는 계산에서 소거된다. 두 자기장의 크기가 같아야 하므로 $\frac{I_A}{3d} = \frac{I_B}{2d}$이다. 이를 정리하면 $I_B = \frac{2d}{3d} I_A = \frac{2}{3} I_A$이다. B가 P에 더 가까우므로 A보다 작은 전류로 같은 세기의 자기장을 만든다.

따라서 전류 I_B의 세기는 $\frac{2}{3} I_A$이고 방향은 $-y$이므로 ①과 일치한다.

NoteBase

문 14. 음파의 속력을 v, 양쪽 끝이 열린 관의 길이를 L이라 할 때, 다음 중 음파가 이 관에서 자연 진동수로 가질 수 없는 것은?

① $\frac{v}{4L}$
② $\frac{v}{2L}$
③ $\frac{v}{L}$
④ $\frac{2v}{L}$

정답 1번

간단한 해설

양쪽 끝이 열린 관의 자연 진동수는 **기본 진동수의 양의 정수배**이다. 기본 진동수가 $\frac{v}{2L}$이므로, 그 절반인 $\frac{v}{4L}$은 이 관의 자연 진동수가 될 수 없다.

공통 해설

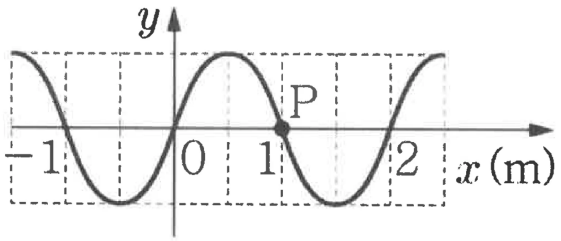
양쪽 끝이 열린 관에서는 공기 입자의 변위가 양 끝에서 배가 되는 정상파가 형성된다. 배는 입자의 진동 진폭이 최대인 지점이며, 이웃한 배 사이의 거리는 반파장이다. 따라서 관의 길이에는 **반파장이 양의 정수 개** 들어가야 하므로 $L = n\frac{\lambda_n}{2}$이다. 여기서 $n = 1, 2, 3, \ldots$이며, λ_n은 각 진동 모드의 파장이다.

음파의 속력과 파장, 진동수 사이의 관계 $v = f\lambda$를 적용하면 자연 진동수는 $f_n = \frac{nv}{2L}$이다. 가장 낮은 기본 진동수는 $f_1 = \frac{v}{2L}$이고, 나머지는 그 양의 정수배이다. $\frac{v}{2L}$, $\frac{v}{L}$, $\frac{2v}{L}$은 각각 기본 진동수의 1배, 2배, 4배이므로 가능하다. 반면 $\frac{v}{4L}$은 기본 진동수의 절반으로, 양 끝이 배가 되는 조건을 만족하는 진동 모드에 해당하지 않는다.

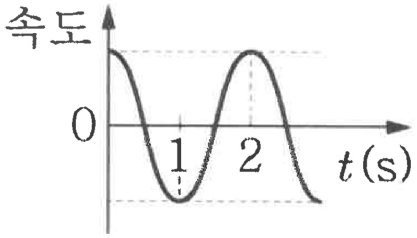
NoteBase

문 15. <보기 1>은 줄을 따라 x축과 나란하게 진행하는 횡파의 시간 $t = 0$인 순간 변위 y를 위치 x에 따라 나타낸 것으로, 줄 위의 한 점 P는 y축과 나란하게 진동한다. <보기 2>는 P의 속도를 t에 따라 나타낸 것이다. 이 파동의 진행 속력[m/s]은?

<보기 1>



<보기 2>



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 2번

간단한 해설

<보기 1>의 **파장은 2 m**이고, <보기 2>에서 P의 속도가 반복되는 **주기는 2 s**이다. 파동은 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하므로 진행 속력은 $v = \frac{\lambda}{T} = 1.0\text{m/s}$이다.

NoteBase

계산 과정

파장 구하기: <보기 1>의 가로축은 위치 x(m)이다. x = 0과 x = 2 m에서는 모두 변위가 0이고, x가 증가할 때 곡선이 위쪽으로 지나가는 모양도 같다. 이처럼 **공간적으로 같은 진동 상태가 반복되는 거리**가 파장이므로 $\lambda = 2\text{m}$이다.

주기 구하기: <보기 2>의 가로축은 시간 t(s)이다. P의 속도는 t = 0에서 양의 최댓값이고, t = 1 s에서 음의 최솟값을 거쳐 t = 2 s에서 다시 양의 최댓값이 된다. 줄의 한 점이 진동할 때 속도도 변위와 같은 주기로 반복되므로 **양의 최댓값에서 다음 양의 최댓값까지의 시간**인 T = 2 s가 주기이다. t = 0부터 t = 1 s까지는 반주기에 해당한다.

진행 속력 계산: 파동은 한 주기 T 동안 한 파장 λ만큼 이동하므로, 진행 속력은 $v = \frac{\lambda}{T}$이다. 따라서 $v = \frac{2\text{m}}{2\text{s}} = 1.0\text{m/s}$이며, 이는 ②의 1.0에 해당한다.

NoteBase

문 16. 경찰차가 25m/s의 속력으로 진동수 1600Hz의 사이렌을 울리며 정지해 있는 관찰자에게 다가올 때, 관찰자가 듣는 사이렌 진동수의 근삿값[Hz]은? (단, 음속은 343m/s이다.)

① 1630

② 1730

③ 1830

④ 1930

정답 2번

간단한 해설

다가오는 음원 앞쪽에서는 **파장이 짧아져 관측 진동수가 커진다**. 정지한 관찰자가 듣는 진동수는 음속을 이 파장으로 나눈 값이며, 약 1730 Hz이다.

계산 과정

음속을 v, 경찰차의 속력을 u, 사이렌의 진동수를 f라 하면, v = 343 m/s, u = 25 m/s, f = 1600 Hz이다. 관찰자는 정지해 있고 음원인 경찰차가 관찰자에게 다가오므로, 음원의 이동에 따른 도플러 효과를 적용한다.

파장: 사이렌이 한 번 진동하는 시간 $T = \frac{1}{f}$ 동안 소리는 vT만큼 진행하고, 경찰차는 같은 방향으로 uT만큼 이동한다. 따라서 관찰자 쪽의 연속한 파면 사이 간격은 **음원이 이동한 거리만큼 짧아진다**. 이때 파장은 $\lambda = (v-u)T = \frac{v-u}{f}$이며, $\lambda = \frac{343-25}{1600}\text{m} \approx 0.199\text{m}$이다.

관측 진동수: 정지한 관찰자에게 파면은 음속 v로 도달하므로, 단위 시간에 도달하는 파면 수는 $f_{\text{obs}} = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{v-u}f$이다. 수치를 대입하면 $f_{\text{obs}} = \frac{343}{318} \cdot 1600\text{Hz} \approx 1726\text{Hz}$이다. 파장은 짧아지지만 **공기 중 소리의 전파 속력은 그대로**이므로 원래 진동수보다 커진다.

계산값에 가장 가까운 선택지는 ②의 1730 Hz이다.

NoteBase

문 17. 10^7 m/s의 속력으로 움직이는 양성자의 드브로이 파장 [m]은? (단, 플랑크 상수는 h=10^{-33} J·s이고 양성자의 질량은 m⊠=10^{-27} kg이다.)

① 10^{-13}

② 10^{-14}

③ 10^{-15}

④ 10^{-16}

정답 1번

간단한 해설

드브로이 파장은 **플랑크 상수를 운동량으로 나눈 값**인 $\lambda = \frac{h}{p}$이다. 양성자의 운동량을 질량과 속력의 곱으로 구해 대입하면 파장은 10^{-13}m이다.

계산 과정

드브로이 파장 λ와 운동량의 크기 p는 $\lambda = \frac{h}{p}$의 관계를 갖는다. 여기서 h는 플랑크 상수이다. 주어진 속력은 빛의 속력보다 충분히 작으므로 상대론적 효과를 무시하고 **질량과 속력의 곱**인 $p = m_p v$로 양성자의 운동량을 구한다.

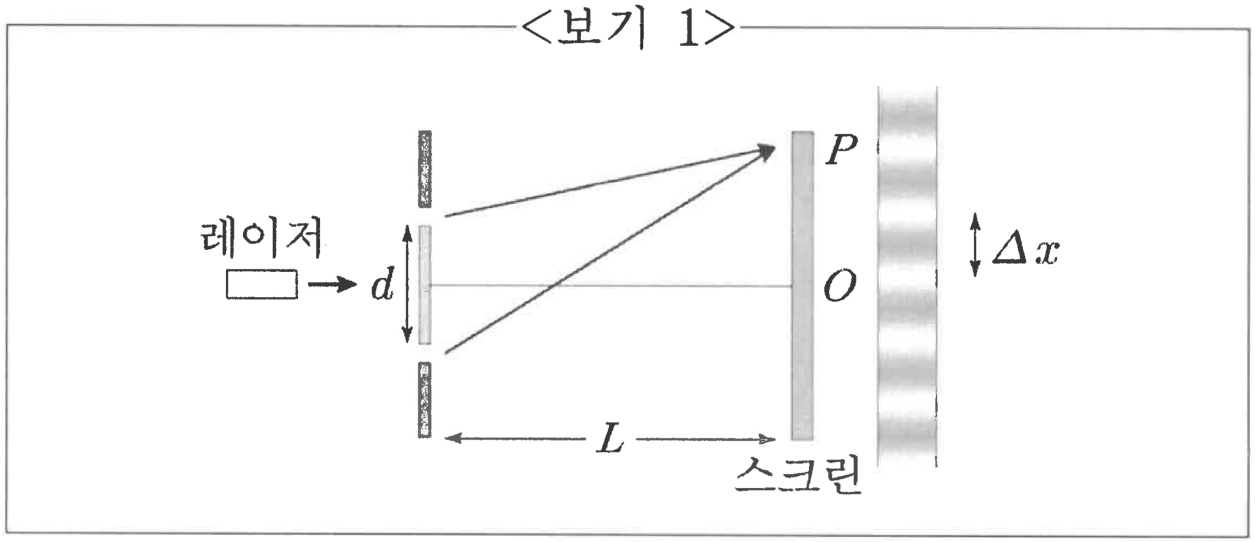
양성자의 질량은 $m_p = 10^{-27}$kg, 속력은 $v = 10^7$m/s이다. 따라서 운동량은 $p = 10^{-27} \cdot 10^7 = 10^{-20}$kg · m/s이다. 질량과 속력을 곱할 때는 10의 지수를 더한다.

플랑크 상수 $h = 10^{-33}$J · s를 운동량으로 나누면 $\lambda = \frac{10^{-33}}{10^{-20}}$m $= 10^{-13}$m이다. 두 거듭제곱을 나눌 때 지수는 $-33 - (-20) = -13$이 된다. 따라서 구한 파장은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. <보기 1>은 파장이 400nm인 레이저 빛을 이중 슬릿에 비추었을 때 스크린에 나타나는 간섭무늬를 보여준다. P점은 중앙점 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 나타나는 지점이고, Δx는 밝은 무늬 사이의 간격을 나타낸 것이다. <보기 2>에서 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기 1>



<보기 2>

ㄱ. O점에 도달하는 레이저 빛의 위상은 같다.

ㄴ. 두 슬릿으로부터 P점에 도달한 레이저 빛의 경로차는 600nm이다.

ㄷ. 레이저 빛의 파장을 600nm로 바꾸고, 동일한 실험을 하면 밝은 무늬의 간격은 증가한다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

중앙에서 두 번째 밝은 무늬인 P점에서는 경로차가 **파장의 두 배인 800 nm**이다. 같은 장치에서 밝은 무늬 사이의 간격은 **파장에 비례**하므로 파장을 늘리면 간격도 커진다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 같은 레이저 빛이 두 슬릿에 같은 위상으로 입사하며, 중앙점 O는 두 슬릿에서 같은 거리에 있다. 따라서 O까지의 **경로차가 0**이므로 두 빛은 같은 위상으로 도달하여 보강 간섭을 일으킨다.

ㄴ. X: 두 슬릿에서 같은 위상으로 출발한 빛은 경로차가 파장의 정수배일 때 보강 간섭하여 밝은 무늬를 만든다. 중앙 밝은 무늬의 경로차는 0이고, 그다음 첫 번째와 두 번째 밝은 무늬의 경로차는 각각 λ, 2λ이다. P는 중앙에서 두 번째 밝은 무늬이므로 경로차는 $2 \times 400 = 800$ nm이다. 따라서 600 nm가 아니라 **800 nm**로 고쳐야 한다.

ㄷ. O: 슬릿 사이의 간격을 d, 슬릿에서 스크린까지의 거리를 L이라 하면, 스크린이 충분히 멀고 중심 부근인 경우 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$이다. 동일한 장치에서는 L과 d가 일정하므로 간격은 **파장에 비례**한다. 파장을 400 nm에서 600 nm로 바꾸면 간격은 기존의 $\frac{600}{400} = 1.5$배로 증가한다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이며, 이 조합에 해당하는 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 19. 공기 중(또는 진공)에서 파장이 $\lambda = 450$ nm인 파란색 빛의 광자 에너지의 근삿값[eV]은? (단, 상수 $hc = 1240$ eVnm이다.)

① 1.8

② 2.8

③ 3.8

④ 4.8

정답 2번

간단한 해설

광자 에너지는 **파장에 반비례**하며, $E = \frac{hc}{\lambda}$로 구한다. 파장이 450 nm인 빛의 광자 한 개가 갖는 에너지는 약 2.8 eV이다.

계산 과정

광자 한 개의 에너지는 $E = h\nu$이다. 여기서 h는 플랑크 상수, ν는 빛의 진동수이다. 공기 중 또는 진공에서 빛의 속력을 c로 놓으면 $c = \lambda\nu$이므로, 파장으로 에너지를 나타내면 $E = \frac{hc}{\lambda}$가 된다.

주어진 hc의 단위가 eV·nm이므로 **파장도 nm 단위 그대로** 대입한다. $E = \frac{1240}{450}\text{eV} \approx 2.76\text{eV}$이며, 분자의 nm와 분모의 nm가 약분되어 에너지 단위 eV가 남는다.

광자 에너지의 근삿값은 2.8 eV로, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 20. 수소 원자의 라이먼 계열에서 방출되는 빛 중 가장 작은 에너지의 크기[eV]는? (단, 수소원자의 바닥상태 에너지 $E_1 = -13.6$eV이다.)

① 10.2

② 10.4

③ 10.6

④ 10.8

정답 1번

간단한 해설

라이먼 계열은 전자가 바닥상태로 내려오면서 방출하는 빛이며, **에너지 차이가 가장 작은 전이**는 $n = 2 \rightarrow n = 1$이다. 이때 방출되는 빛의 에너지는 10.2 eV이다.

계산 과정

라이먼 계열의 방출은 주양자수 $n \geq 2$인 상태에서 바닥상태 $n = 1$로 내려오는 전이이다. 도착하는 준위가 같으므로, 출발 준위가 바닥상태에 가장 가까운 $n = 2$**에서 내려올 때** 방출 에너지가 가장 작다.

수소 원자의 주양자수가 n일 때 에너지는 $E_n = \frac{E_1}{n^2}$이다. 주어진 바닥상태 에너지 −13.6 eV를 대입하면 $E_2 = -\frac{13.6}{2^2}\text{eV} = -3.4\text{eV}$이다. 이는 전이가 시작되는 두 번째 에너지 준위의 값이다.

방출되는 광자의 에너지는 **전이 전후 원자 에너지의 차이**이므로 E_광자=E_2-E_1이다. 따라서 −3.4 − (−13.6) = 10.2 eV이며, ①의 10.2에 해당한다.

NoteBase