


**Q1** 운동의 표현

정지 상태에서 출발한 자동차가 일정한 가속도  $a = 2 \text{ m/s}^2$ 로 5초 동안 직선 운동했다. 5초 후 자동차의 속도와 이동 거리는?

- ① ① 5 m/s, 12.5 m
- ② ② 10 m/s, 25 m
- ③ ③ 10 m/s, 50 m
- ④ ④ 20 m/s, 25 m
- ⑤ ⑤ 20 m/s, 50 m


 **정답: ②**

 등가속도 직선운동 공식 적용.

1) 속도:  $v = v_0 + at = 0 + 2 \times 5 = 10 \text{ m/s}$

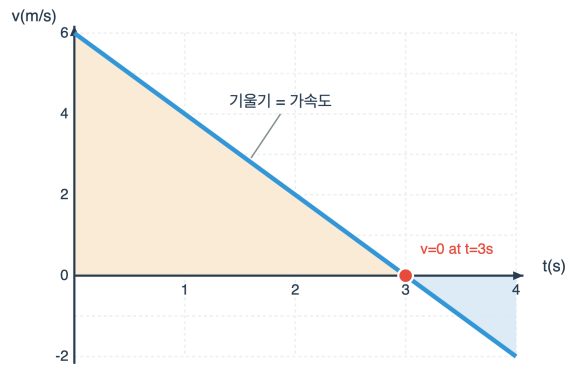
2) 이동 거리:  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 = 25 \text{ m}$

또는  $v^2 = v_0^2 + 2as$ 에서  $100 = 0 + 2 \times 2 \times s$ ,  $s = 25 \text{ m}$ 로 검증 가능.

 등가속도 운동은 갈릴레이가 피사의 사탑 실험으로 처음 정량화한 운동이다.

**Q2** 운동의 표현

다음은 직선 위에서 운동하는 물체의 속도-시간 그래프이다. 0 ~ 4초 동안 물체의 평균 속도와 가속도의 부호를 옳게 짝지은 것은?



- ① ① 평균속도 +2m/s, 가속도 +
- ② ② 평균속도 +2m/s, 가속도 -
- ③ ③ 평균속도 +1 m/s, 가속도 -
- ④ ④ 평균속도 -1m/s, 가속도 -
- ⑤ ⑤ 평균속도 0, 가속도 -

**정답: ②**

1) 가속도는 v-t 그래프의 기울기.

$$a = \frac{-2 - 6}{4 - 0} = -2 \text{ m/s}^2$$

따라서 가속도 부호는 음(-).

2) 변위는 v-t 그래프의 면적(부호 고려).

- 0 ~ 3s: 삼각형 면적 =  $\frac{1}{2} \times 3 \times 6 = +9 \text{ m}$

- 3 ~ 4s: 삼각형 면적 =  $\frac{1}{2} \times 1 \times (-2) = -1 \text{ m}$

- 총 변위 =  $9 - 1 = 8 \text{ m}$

3) 평균 속도 =  $\frac{\text{변위}}{\text{시간}} = \frac{8}{4} = +2 \text{ m/s}$

v-t 그래프에서 '면적'은 변위, '기울기'는 가속도라는 두 기하학적 의미를 동시에 갖는다.

Q3 운동의 표현

높이 80m인 건물 옥상에서 공 A를 가만히 떨어뜨리는 동시에, 지면에서 공 B를 연직 위로 40m/s의 속도로 쏘아 올렸다. 두 공이 만나는 순간 지면으로부터의 높이는? (단,  $g = 10\text{m/s}^2$ , 공기저항 무시)

- ① ① 20 m
- ② ② 40 m
- ③ ③ 60 m
- ④ ④ 70 m
- ⑤ ⑤ 75 m

정답: ③

지면을 원점, 위 방향을 양의 방향으로 설정.

1) 공 A (옥상에서 자유낙하): 초기위치 80m, 초속도 0

$$y_A = 80 - \frac{1}{2}gt^2 = 80 - 5t^2$$

2) 공 B (지면에서 수직상방 발사): 초기위치 0, 초속도 +40m/s

$$y_B = 40t - \frac{1}{2}gt^2 = 40t - 5t^2$$

3) 만나는 조건  $y_A = y_B$ :

$$80 - 5t^2 = 40t - 5t^2 \Rightarrow 80 = 40t \Rightarrow t = 2\text{s}$$

4) 만나는 높이:

$$y = 40 \times 2 - 5 \times 2^2 = 80 - 20 = 60\text{m}$$

검산:  $y_A = 80 - 5 \times 4 = 80 - 20 = 60\text{m}$ 로 일치한다.

\*\*다른 풀이(상대운동):\*\* 두 식 모두  $-5t^2$  항이 같으므로 상대속도로 풀면 더 빠르다. A에 대한 B의 상대속도는 +40m/s (가속도 항이 상쇄). 두 공의 초기 거리 80m를 좁히는 데  $t = 80/40 = 2\text{s}$ . 이때 높이 = 60m.

따라서 정답은 ③ 60m이다.


💡 중력장 안에서 두 물체가 자유낙하·투사될 때 가속도가 같으므로, 상대운동은 등속운동처럼 단순해진다.

**Q4** 힘과 뉴턴 법칙

질량 4 kg인 물체에 일정한 알짜힘 12 N이 작용할 때 물체의 가속도는?

- ① ① 0.33 m/s<sup>2</sup>
- ② ② 1 m/s<sup>2</sup>
- ③ ③ 3 m/s<sup>2</sup>
- ④ ④ 8 m/s<sup>2</sup>
- ⑤ ⑤ 48 m/s<sup>2</sup>

 **정답: ③**

 뉴턴 제2법칙  $\sum F = ma$  적용.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{12\text{N}}{4\text{kg}} = 3\text{ m/s}^2$$

힘의 방향과 가속도의 방향은 같다.

 뉴턴은 1687년 『프린키피아』에서  $F = ma$ 를 "운동의 변화는 가해진 힘에 비례"로 표현했다.

Q5 힘과 뉴턴 법칙

마찰이 없는 수평면 위에 질량 2kg인 물체 A와 질량 3kg인 물체 B가 접촉해 있다. A를 오른쪽으로 10N의 힘으로 밀 때, A가 B에 미치는 힘의 크기는?



- ① ① 2N
- ② ② 4N
- ③ ③ 5N
- ④ ④ 6N
- ⑤ ⑤ 10N

정답: ④

1) 전체 계의 가속도: A와 B는 함께 운동하므로

$$a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{10}{2 + 3} = 2 \text{ m/s}^2$$

2) B 하나만 보면 B에 작용하는 알짜힘은 A가 미치는 힘  $N$ 뿐.

$$N = m_B \cdot a = 3 \times 2 = 6 \text{ N}$$

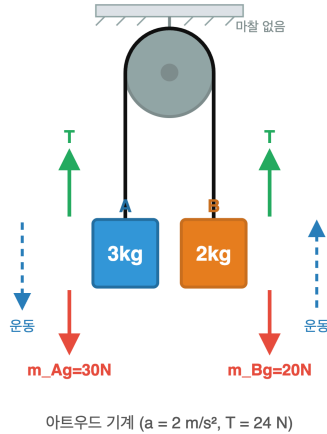
3) 작용-반작용에 의해 A가 B에 미치는 힘 = B가 A에 미치는 힘 = 6N.

\*\*검증\*\*: A의 운동방정식  $10 - N = m_A \cdot a = 2 \times 2 = 4$ , 따라서  $N = 6\text{N}$ . 일치.

💡 두 물체가 함께 운동할 때도 접촉면의 내력은 각각의 가속을 책임진다.

Q6 힘과 뉴턴 법칙

마찰이 없는 도르래에 가벼운 줄로 질량 3 kg인 A와 2 kg인 B가 연결되어 있다 (아트우드 기계). 정지 상태에서 놓을 때 가속도의 크기와 줄의 장력은? (단,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



- ① ①  $a = 2 \text{ m/s}^2, T = 18 \text{ N}$
- ② ②  $a = 2 \text{ m/s}^2, T = 24 \text{ N}$
- ③ ③  $a = 4 \text{ m/s}^2, T = 18 \text{ N}$
- ④ ④  $a = 4 \text{ m/s}^2, T = 24 \text{ N}$
- ⑤ ⑤  $a = 5 \text{ m/s}^2, T = 25 \text{ N}$

정답: ②

아트우드 기계는 무거운 쪽이 아래로, 가벼운 쪽이 위로 운동. 같은 줄이므로 가속도 크기와 장력은 동일.

1) A의 운동방정식 (아래 방향 양수):

$$m_A g - T = m_A a \Rightarrow 30 - T = 3a \quad \dots (1)$$

2) B의 운동방정식 (위 방향 양수):

$$T - m_B g = m_B a \Rightarrow T - 20 = 2a \quad \dots (2)$$

3) 두 식 더하기:

$$30 - 20 = 3a + 2a \Rightarrow 10 = 5a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

4) (2)에 대입:  $T = 20 + 2 \times 2 = 24 \text{ N}$

\*\*일반식\*\*:  $a = \frac{(m_A - m_B)g}{m_A + m_B}, T = \frac{2m_A m_B g}{m_A + m_B}$


아트우드 기계(1784)는 중력가속도  $g$ 를 정밀 측정하기 위해 고안된 실험 장치다.

**Q7** 운동량과 충격량

질량 0.2kg인 야구공이 30 m/s로 날아와 배트에 맞고 반대 방향으로 40 m/s가 되었다. 야구공이 받은 충격량의 크기는?

- ① ① 2 N · s
- ② ② 6 N · s
- ③ ③ 8 N · s
- ④ ④ 14 N · s
- ⑤ ⑤ 70 N · s


 **정답: ④**

 충격량  $J = \Delta p = m(v_f - v_i)$ .

방향이 반대이므로 부호 주의: 들어올 때를  $-30\text{ m/s}$ , 나갈 때를  $+40\text{ m/s}$ 로 놓으면

$$J = m(v_f - v_i) = 0.2 \times (40 - (-30)) = 0.2 \times 70 = 14 \text{ N} \cdot \text{s}$$

크기는 14 N · s.


 같은 운동량 변화라도 충돌 시간이 길수록 평균 힘은 작아진다 (에어백 원리).

**Q8** 운동량과 충격량

정지해 있던 질량 60kg의 사람이 마찰 없는 얼음판 위에서 질량 2kg의 공을 수평으로 15 m/s로 던졌다. 사람이 반대 방향으로 받는 속도의 크기는?

- ① ① 0.2 m/s
- ② ② 0.5 m/s
- ③ ③ 1 m/s
- ④ ④ 2 m/s
- ⑤ ⑤ 5 m/s

 **정답: ②**

 외력이 없으므로 운동량 보존 법칙 적용.

초기 총 운동량 = 0 (모두 정지).

사람의 속도를  $V$  (공 방향과 반대)로 놓으면:

$$0 = m_{\text{사람}} \cdot (-V) + m_{\text{공}} \cdot v_{\text{공}}$$

$$0 = -60V + 2 \times 15$$

$$V = \frac{30}{60} = 0.5 \text{ m/s}$$

사람은 공의 반대 방향으로 0.5 m/s의 속도로 밀려난다 (반동).

 로켓 추진도 같은 원리. 연소가스를 뒤로 분사한 반동으로 로켓이 앞으로 나아간다.

Q9 운동량과 충격량

질량 2kg인 물체 A가 6m/s로 운동하다가 정지해 있던 질량 4kg인 물체 B와 정면충돌하여 한 덩어리가 되었다 (완전비탄성충돌). 충돌 후 속도와 충돌 과정에서 잃은 운동에너지는?

- ① ① 1m/s, 20J
- ② ② 2m/s, 12J
- ③ ③ 2m/s, 24J
- ④ ④ 3m/s, 18J
- ⑤ ⑤ 4m/s, 8J

정답: ③

1) 운동량 보존:

$$m_A v_A = (m_A + m_B) v'$$

$$2 \times 6 = (2 + 4) v' \Rightarrow v' = 2 \text{ m/s}$$

2) 충돌 전 운동에너지:

$$K_i = \frac{1}{2} m_A v_A^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 36 = 36 \text{ J}$$

3) 충돌 후 운동에너지:

$$K_f = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v'^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 4 = 12 \text{ J}$$

4) 잃은 운동에너지:

$$\Delta K = K_i - K_f = 36 - 12 = 24 \text{ J}$$

따라서 충돌 후 속도는  $v' = 2 \text{ m/s}$ , 잃은 운동에너지는 24J이므로 정답은 ③이다.

완전비탄성충돌에서도 운동량은 보존되지만, 운동에너지는 열·소리·변형에너지로 변환된다.

Q10 일과 에너지 보존

질량 5kg인 물체를 지면에서 높이 4m까지 일정한 속도로 끌어올렸다. 이때 중력에 대해 한 일은? (단,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- ① ① 20J
- ② ② 50J
- ③ ③ 100J
- ④ ④ 200J
- ⑤ ⑤ 500J

정답: ④

일정한 속도로 끌어올리는 힘  $F = mg$  (중력과 같은 크기).

$$W = F \cdot s = mg \cdot h = 5 \times 10 \times 4 = 200 \text{ J}$$

이 값은 위치에너지 증가량  $\Delta U = mgh = 200 \text{ J}$ 과 같다 (일정 속도이므로 운동에너지 변화 0).

일-에너지 정리에 따르면 알짜일은 운동에너지 변화량과 같다. 일정 속도면 알짜일은 0이고, 외력이 한 일은 모두 위치에너지로 저장된다.

**Q11** 일과 에너지 보존

높이 20m인 곳에서 정지 상태로 자유낙하한 물체가 지면에 도달하는 순간의 속력은? (단, 공기저항 무시,  $g = 10\text{ m/s}^2$ )

- ① ① 10 m/s
- ② ② 14 m/s
- ③ ③ 20 m/s
- ④ ④ 40 m/s
- ⑤ ⑤ 200 m/s

 **정답: ③**

 역학적 에너지 보존 법칙 적용.


낙하 시작점에서 위치에너지가 모두 운동에너지로 변환:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

양변에서  $m$  약분:

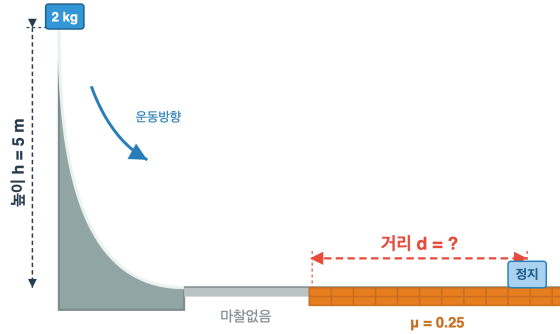
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = \sqrt{400} = 20\text{ m/s}$$

**\*\*검증\*\*** (운동학):  $v^2 = v_0^2 + 2gh = 0 + 400$ ,  $v = 20\text{ m/s}$ . 일치.

 낙하 거리가 4배가 되면 속력은 2배, 운동에너지는 4배가 된다 ( $v \propto \sqrt{h}$ ).

**Q12** 일과 에너지 보존

질량 2kg인 물체가 마찰이 없는 곡면을 따라 높이 5m에서 미끄러져 내려와, 수평면을 거쳐 마찰계수  $\mu = 0.25$ 인 거친 구간을 지난다. 물체가 거친 구간에서 정지하기까지 이동한 거리는? (단,  $g = 10\text{ m/s}^2$ )



- ① ① 5 m
- ② ② 10 m
- ③ ③ 15 m
- ④ ④ 20 m
- ⑤ ⑤ 25 m

☞ 정답: ④

📖 역학적 에너지 보존 + 비보존력의 일(마찰).

1) 곡면 끝에서의 속력 (역학적 에너지 보존):

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v^2 = 2gh = 2 \times 10 \times 5 = 100\text{ m}^2/\text{s}^2$$

초기 운동에너지  $K = \frac{1}{2}mv^2 = mgh = 2 \times 10 \times 5 = 100\text{ J}$

2) 거친 구간에서 마찰력:

$$f = \mu mg = 0.25 \times 2 \times 10 = 5\text{ N}$$

3) 마찰력이 한 일 = 운동에너지 손실 (일-에너지 정리):

$$f \cdot d = K$$

$$5 \cdot d = 100 \Rightarrow d = 20\text{ m}$$

\*\*물리적 의미\*\*: 위치에너지  $mgh$ 가 모두 마찰열로 소산된다. 즉  $\mu mg \cdot d = mgh$ 이므로  $d = h/\mu = 5/0.25 = 20\text{ m}$  (한 줄로도 가능).

💡 마찰 거리  $d = h/\mu$ 로 질량과 무관! 미끄러운 빙판( $\mu$  작음)에서 멈추는 거리가 긴 이유다.

**Q13** 열역학

어떤 기체에 열량  $Q = 100 \text{ J}$ 을 가했더니 기체가 외부에  $W = 30 \text{ J}$ 의 일을 했다. 이 과정에서 기체의 내부에너지 변화량  $\Delta U$ 는?

- ① ① 30 J
- ② ② 50 J
- ③ ③ 70 J
- ④ ④ 100 J
- ⑤ ⑤ 130 J

**정답: ③ 70 J**

열역학 제1법칙에 의해 기체에 가한 열량은 내부에너지 증가와 기체가 외부에 한 일의 합과 같다.

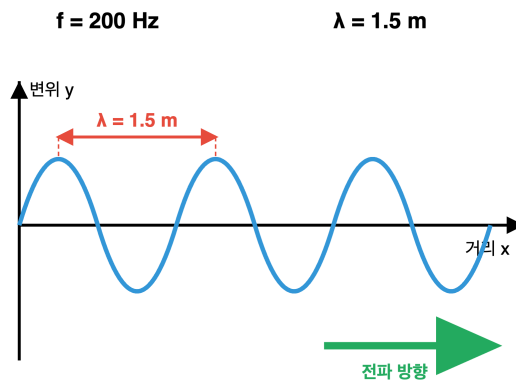
$$Q = \Delta U + W$$

따라서  $\Delta U = Q - W = 100 - 30 = 70 \text{ J}$ .

열역학 제1법칙은 에너지 보존 법칙의 열 현상 버전이다. 열도 일도 모두 에너지를 주고받는 방식일 뿐이다.

**Q14** 파동의 성질

진동수  $f = 200 \text{ Hz}$ , 파장  $\lambda = 1.5 \text{ m}$ 인 파동의 전파 속력은?



- ① ① 100 m/s
- ② ② 150 m/s
- ③ ③ 200 m/s
- ④ ④ 300 m/s
- ⑤ ⑤ 450 m/s

**정답: ④ 300 m/s**

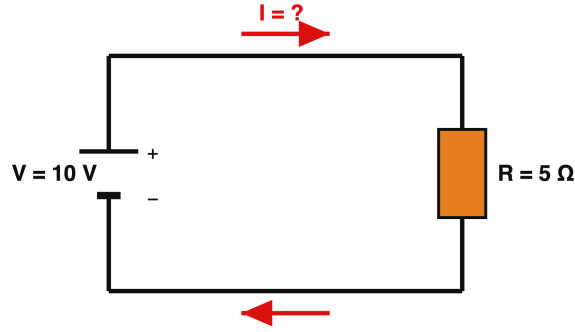
파동의 기본 관계식은  $v = f\lambda$ 이다.

$$v = f\lambda = 200 \text{ Hz} \times 1.5 \text{ m} = 300 \text{ m/s}$$

공기 중 음속이 약 340 m/s임을 생각하면, 이 파동은 음파와 비슷한 속력으로 진행한다.

Q15 전기와 회로

저항  $R = 5 \Omega$ 인 저항기 양단에  $V = 10 \text{ V}$ 의 전압이 걸렸을 때, 흐르는 전류  $I$ 의 크기는?



- ① ① 0.5 A
- ② ② 1 A
- ③ ③ 2 A
- ④ ④ 5 A
- ⑤ ⑤ 50 A

🎯 정답: ③ 2 A

📖 옴의 법칙  $V = IR$ 에서

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10 \text{ V}}{5 \Omega} = 2 \text{ A}$$

💡 옴(Ohm)은 1827년 이 법칙을 발표한 독일 물리학자 게오르크 옴의 이름에서 따왔다.

Q16 열역학

고온부 온도  $T_h = 400 \text{ K}$ , 저온부 온도  $T_c = 300 \text{ K}$  사이에서 작동하는 이상적(카르노) 열기관의 최대 효율은?

- ① ① 20%
- ② ② 25%
- ③ ③ 33%
- ④ ④ 50%
- ⑤ ⑤ 75%

🎯 정답: ② 25%

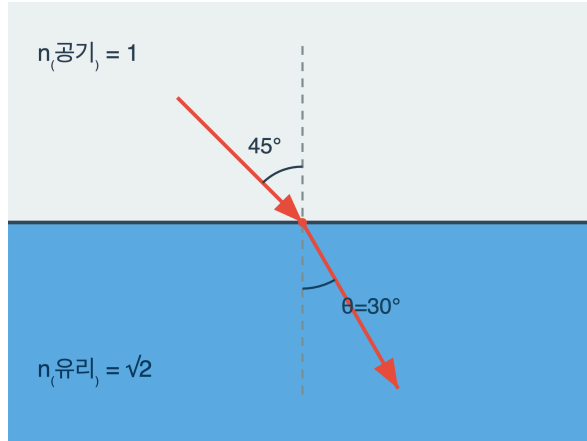
📖 카르노 열기관의 효율은 두 열원의 절대온도만으로 결정된다.

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{300}{400} = \frac{1}{4} = 25\%$$

💡 실제 열기관은 마찰과 비가역 과정 때문에 항상 카르노 효율보다 낮다. 카르노 효율은 어떤 열기관도 넘을 수 없는 상한이다.

Q17 파동의 성질

공기 중에서 굴절률  $n = \sqrt{2}$  인 유리로 빛이 입사각  $45^\circ$ 로 입사할 때, 유리 내부에서의 굴절각은? (공기의 굴절률은 1로 본다)



- ① ①  $15^\circ$
- ② ②  $22.5^\circ$
- ③ ③  $30^\circ$
- ④ ④  $45^\circ$
- ⑤ ⑤  $60^\circ$

정답: ③  $30^\circ$

스넬의 법칙  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 를 적용한다.

$$1 \cdot \sin 45^\circ = \sqrt{2} \cdot \sin \theta_2$$

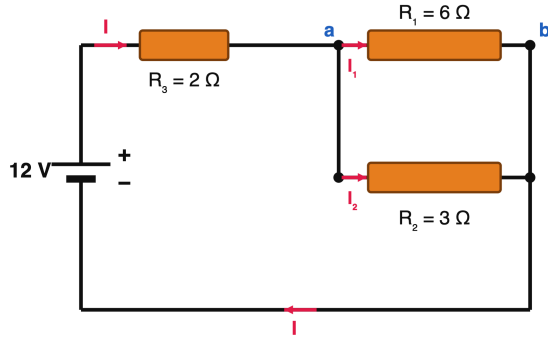
$$\sin \theta_2 = \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}/2}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

따라서  $\theta_2 = 30^\circ$ .

빛은 광학적으로 밀한 매질(굴절률이 큰 매질)로 들어갈 때 법선 쪽으로 꺾인다. 다이아몬드( $n \approx 2.4$ )는 굴절률이 매우 커서 광채가 강하다.

Q18 전기와 회로

12 V 전원에 저항  $R_3 = 2 \Omega$  이 직렬로 연결되고, 그 뒤에  $R_1 = 6 \Omega$  과  $R_2 = 3 \Omega$  이 서로 병렬로 연결되어 있다.  $R_1$ 에 흐르는 전류의 크기는?



- ① ① 0.5 A
- ② ② 1 A
- ③ ③ 2 A
- ④ ④ 3 A
- ⑤ ⑤ 6 A

정답: ② 1 A

1단계: 병렬 합성 저항을 구한다.

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

2단계: 회로의 총저항.

$$R_{\text{tot}} = R_3 + R_{12} = 2 + 2 = 4 \Omega$$

3단계: 총전류.

$$I = \frac{V}{R_{\text{tot}}} = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$$

4단계: 병렬 부분 양단 전압.

$$V_{12} = I \cdot R_{12} = 3 \times 2 = 6 \text{ V}$$

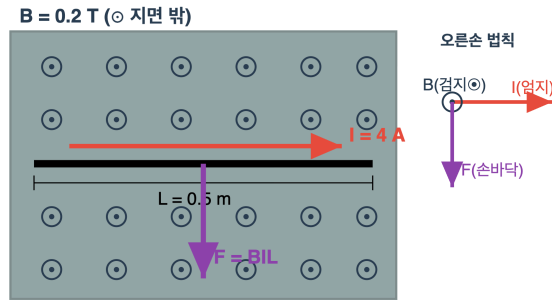
5단계:  $R_1$ 에 흐르는 전류.

$$I_1 = \frac{V_{12}}{R_1} = \frac{6}{6} = 1 \text{ A}$$

병렬 회로에서는 저항이 작은 가지에 더 많은 전류가 흐른다. '전류는 저항이 작은 길을 선호한다'라고 표현하기도 한다.

Q19 자기장과 전자기 유도

길이  $L = 0.5 \text{ m}$ 인 직선 도선에 전류  $I = 4 \text{ A}$ 가 흐르고 있다. 도선이 세기  $B = 0.2 \text{ T}$ 인 균일한 자기장 안에서 자기장 방향에 수직으로 놓여 있을 때, 도선이 받는 자기력의 크기는?



- ① ① 0.04 N
- ② ② 0.1 N
- ③ ③ 0.2 N
- ④ ④ 0.4 N
- ⑤ ⑤ 1.0 N

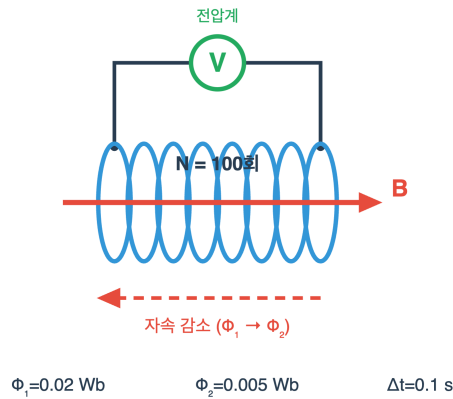
정답: ④ 0.4 N

전류가 흐르는 직선 도선이 자기장에서 받는 힘은  $F = BIL\sin\theta$ 이며, 자기장과 전류 방향이 수직이면  $\sin\theta = 1$ 이다.  
 $F = BIL = 0.2 \text{ T} \times 4 \text{ A} \times 0.5 \text{ m} = 0.4 \text{ N}$

이 원리가 바로 모든 전동기(모터)의 작동 원리다. 회전자에 흐르는 전류와 자석의 자기장 사이의 힘이 모터를 돌린다.

**Q20** 자기장과 전자기 유도

감은 수  $N = 100$ 회인 코일을 통과하는 자속이  $\Delta t = 0.1$  s 동안  $\Phi_1 = 0.02$  Wb에서  $\Phi_2 = 0.005$  Wb로 감소했다. 이때 코일에 유도되는 기전력의 크기는?



- ① ① 0.15 V
- ② ② 1.5 V
- ③ ③ 5 V
- ④ ④ 15 V
- ⑤ ⑤ 150 V

**정답: ④ 15 V**

패러데이의 전자기 유도 법칙에 의해 유도 기전력의 크기는

$$|\mathcal{E}| = N \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

자속의 변화량  $|\Delta\Phi| = |0.005 - 0.02| = 0.015$  Wb이므로

$$|\mathcal{E}| = 100 \times \frac{0.015}{0.1} = 100 \times 0.15 = 15 \text{ V}$$

💡 발전소의 발전기는 모두 이 원리로 작동한다. 코일이나 자석을 회전시켜 자속 변화를 만들어 전기를 생산한다.

**Q21** 현대물리 도입

어떤 금속의 일함수가  $W = 2.0$  eV이다. 이 금속에 광자 에너지가  $E = 5.0$  eV인 빛을 비출 때, 방출되는 광전자의 최대 운동에너지는?

- ① ① 1.0 eV
- ② ② 2.0 eV
- ③ ③ 3.0 eV
- ④ ④ 5.0 eV
- ⑤ ⑤ 7.0 eV

**정답: ③ 3.0 eV**

아인슈타인의 광전효과 식에 의해

$$E_{k, \max} = hf - W$$

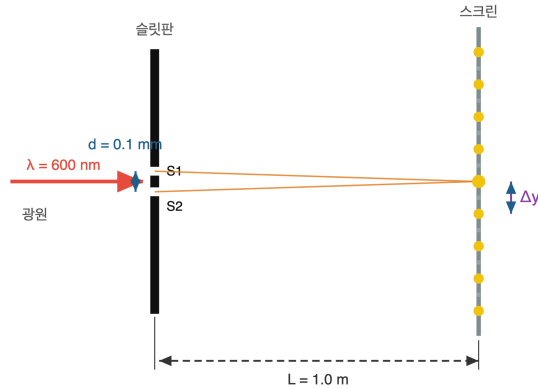
여기서 광자 에너지  $hf = E = 5.0$  eV, 일함수  $W = 2.0$  eV이므로

$$E_{k, \max} = 5.0 - 2.0 = 3.0 \text{ eV}$$

💡 아인슈타인은 광전효과 설명으로 1921년 노벨 물리학상을 받았다. 상대성이론이 아닌 광전효과로 받은 점이 흥미롭다.

Q22 파동의 성질

이중슬릿 실험에서 슬릿 사이 간격  $d = 0.1 \text{ mm}$ , 슬릿에서 스크린까지 거리  $L = 1.0 \text{ m}$ 이다. 파장  $\lambda = 600 \text{ nm}$ 인 단색광을 사용할 때, 스크린에 나타나는 인접한 두 밝은 무늬 사이의 간격  $\Delta y$ 는?



- ① ① 0.6 mm
- ② ② 1.2 mm
- ③ ③ 3.0 mm
- ④ ④ 6.0 mm
- ⑤ ⑤ 60 mm

☞ 정답: ④ 6.0 mm

📖 이중슬릿 간섭에서 인접 밝은 무늬(또는 인접 어두운 무늬) 사이의 간격은

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

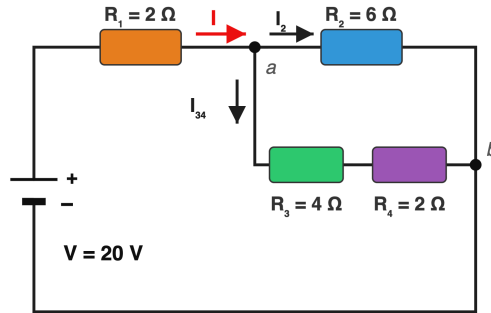
SI 단위로 환산하면  $\lambda = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$ ,  $L = 1.0 \text{ m}$ ,  $d = 0.1 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}$ 이다.

$$\Delta y = \frac{(600 \times 10^{-9})(1.0)}{1.0 \times 10^{-4}} = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m} = 6.0 \text{ mm}$$

💡 영(Thomas Young)의 1801년 이중슬릿 실험은 빛이 파동임을 보인 결정적 증거였다. 훗날 전자도 같은 무늬를 만들어 입자-파동 이중성을 입증했다.

Q23 전기와 회로

20 V 전원에  $R_1 = 2 \Omega$ 이 직렬로 연결되고, 이후  $R_2 = 6 \Omega$ 인 한 가지와  $R_3 = 4 \Omega, R_4 = 2 \Omega$ 이 직렬로 연결된 다른 가지가 서로 병렬로 연결되어 있다.  $R_4$  양단에 걸리는 전압은?



- ① ① 2 V
- ② ② 3 V
- ③ ③ 4 V
- ④ ④ 6 V
- ⑤ ⑤ 8 V

정답: ③ 4 V

1단계: 두 병렬 가지의 저항을 각각 계산한다.

위쪽 가지:  $R_2 = 6 \Omega$

아래쪽 가지:  $R_3 + R_4 = 4 + 2 = 6 \Omega$

2단계: 두 가지가 모두  $6 \Omega$ 이므로 병렬 합성은

$$R_{\text{병렬}} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3 \Omega$$

3단계: 회로 총저항.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_{\text{병렬}} = 2 + 3 = 5 \Omega$$

4단계: 총전류.

$$I = \frac{V}{R_{\text{tot}}} = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}$$

5단계: 병렬부 양단 전압.

$$V_{\text{병렬}} = I \cdot R_{\text{병렬}} = 4 \times 3 = 12 \text{ V}$$

6단계: 아래쪽 가지에 흐르는 전류.

$$I_{34} = \frac{V_{\text{병렬}}}{R_3 + R_4} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

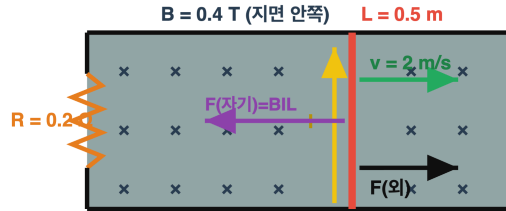
7단계:  $R_4$  양단 전압.

$$V_4 = I_{34} \cdot R_4 = 2 \times 2 = 4 \text{ V}$$

복잡한 회로 분석도 키르히호프의 두 법칙(전류 보존, 전압 폐회로 합=0)만 알면 모두 풀 수 있다. 1845년에 정립된 법칙이 오늘날 회로 해석의 기초다.

**Q24** 자기장과 전자기 유도

지면에 수직으로 들어가는 균일 자기장  $B = 0.4 \text{ T}$  영역에서, 길이  $L = 0.5 \text{ m}$ 인 도선이 평행한 두 레일 위를 일정한 속력  $v = 2 \text{ m/s}$ 로 미끄러진다. 회로의 총저항이  $R = 0.2 \text{ }\Omega$ 일 때, 도선을 일정 속력으로 끌기 위해 외부에서 가해야 하는 힘의 일률은? (마찰은 무시한다)



- ① ① 0.2 W
- ② ② 0.4 W
- ③ ③ 0.8 W
- ④ ④ 1.0 W
- ⑤ ⑤ 1.6 W

**정답: ③ 0.8 W**

1단계: 운동하는 도선에 유도되는 기전력은

$$\varepsilon = BLv = 0.4 \times 0.5 \times 2 = 0.4 \text{ V}$$

2단계: 회로에 흐르는 유도전류.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.4}{0.2} = 2 \text{ A}$$

3단계: 자기장이 전류 흐르는 도선에 작용하는 힘(렌츠 법칙에 의해 운동 반대 방향).

$$F_{\text{자기}} = BIL = 0.4 \times 2 \times 0.5 = 0.4 \text{ N}$$

4단계: 일정 속력 유지를 위해 외력은 자기력과 크기가 같고 방향은 반대.

$$F_{\text{외}} = 0.4 \text{ N}$$

5단계: 외력의 일률.

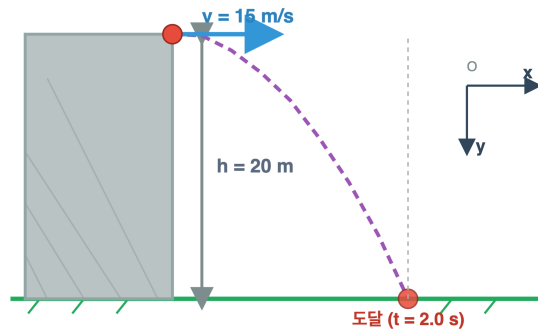
$$P = F_{\text{외}} \cdot v = 0.4 \times 2 = 0.8 \text{ W}$$

에너지 보존 확인: 저항에서 소비되는 전력  $P_R = I^2 R = 2^2 \times 0.2 = 0.8 \text{ W}$ 로 일치한다.

외부에서 한 일이 모두 저항에서 열로 소모된다. 이는 에너지 보존과 정확히 들어맞으며, 모든 발전 원리의 본질이기도 하다.

Q25 운동의 표현

지면으로부터 높이 20m인 절벽 위에서 공을 수평 방향으로 15m/s의 속력으로 던졌다. 공이 지면에 도달할 때까지 걸린 시간은?  
(중력가속도  $g = 10\text{m/s}^2$ , 공기 저항 무시)



- ① ①1.0s
- ② ②1.5s
- ③ ③2.0s
- ④ ④2.5s
- ⑤ ⑤3.0s

정답: ③2.0s

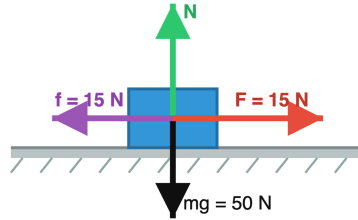
수평투사에서 수평·수직 운동은 독립적이다. 수직 방향은 정지 상태에서의 자유낙하와 같으므로  $h = \frac{1}{2}gt^2$ 이 성립한다. 대입하면  $20 = \frac{1}{2}(10)t^2$ ,  $t^2 = 4$ ,  $t = 2.0\text{s}$ . 수평 초기속도 15m/s는 낙하 시간에 영향을 주지 않는다.

수평으로 던진 공과 같은 높이에서 동시에 가만히 떨어뜨린 공은 동시에 땅에 닿는다. 갈릴레오가 직관을 깬 핵심 실험!

**Q26** 힘과 뉴턴 법칙

수평면 위에 정지해 있는 질량 5 kg인 물체가 있다. 물체와 면 사이의 최대정지마찰계수는 0.40, 운동마찰계수는 0.30이다. 이 물체에 수평 방향으로 15N의 힘을 가했을 때, 물체가 면으로부터 받는 마찰력의 크기는? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

$m = 5 \text{ kg}$   
 $\mu_s = 0.40$   
 $\mu_k = 0.30$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2$



$F = 15 \text{ N}$   
 $\mu_s \cdot mg = 20 \text{ N}$   


---

 $F < \mu_s \cdot mg$   
 $\Rightarrow$  정지

- ① ①0 N
- ② ②10 N
- ③ ③15 N
- ④ ④20 N
- ⑤ ⑤25 N

**정답: ③15 N**

먼저 최대정지마찰력을 계산한다.  $f_{s, \max} = \mu_s mg = 0.40 \times 5 \times 10 = 20 \text{ N}$ . 가한 힘 15 N이 최대정지마찰력 20 N보다 작으므로 물체는 움직이지 않고 정지 상태를 유지한다. 정지 상태에서는 알짜힘이 0이어야 하므로 정지마찰력은 가한 힘과 같은 크기인 15 N이다. 운동마찰계수는 물체가 움직일 때만 적용되므로 이 문제에서는 사용하지 않는다.

정지마찰력은 0부터  $\mu_s N$ 까지 자동 조절되는 '똑똑한 힘'이다. 미는 만큼만 버틴다!

**Q27** 열역학

용기에 갇힌 이상기체의 압력이  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 부피가  $0.0249 \text{ m}^3$ , 온도가 300 K일 때, 이 기체의 몰수는? (기체상수  $R = 8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

- ① ①0.5 mol
- ② ②0.8 mol
- ③ ③1.0 mol
- ④ ④1.5 mol
- ⑤ ⑤2.0 mol

**정답: ③1.0 mol**

이상기체 상태방정식  $PV = nRT$ 를 사용한다.  $n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.0 \times 10^5)(0.0249)}{(8.3)(300)} = \frac{2490}{2490} = 1.0 \text{ mol}$ . 표준상태( $0^\circ\text{C}$ , 1기압)에서 이 이상기체 1몰의 부피가 약  $22.4 \text{ L} = 0.0224 \text{ m}^3$ 임을 떠올리면, 300 K(약  $27^\circ\text{C}$ )에서는 좀 더 큰 약  $0.025 \text{ m}^3$ 가 되어 결과가 합리적이다.

22.4 L이라는 숫자는 화학 시간의 단골이지만, 사실  $PV = nRT$ 에서  $P, T$ 를 표준값으로 넣고 계산한 결과일 뿐!

**Q28** 현대물리 도입

질량이  $9.1 \times 10^{-31}$  kg인 전자가  $2.0 \times 10^6$  m/s의 속력으로 운동하고 있을 때, 이 전자의 드브로이 파장은? (플랑크 상수  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J·s, 소수점 둘째 자리에서 반올림)

- ①  $1.8 \times 10^{-10}$  m
- ②  $2.7 \times 10^{-10}$  m
- ③  $3.6 \times 10^{-10}$  m
- ④  $5.4 \times 10^{-10}$  m
- ⑤  $7.2 \times 10^{-10}$  m

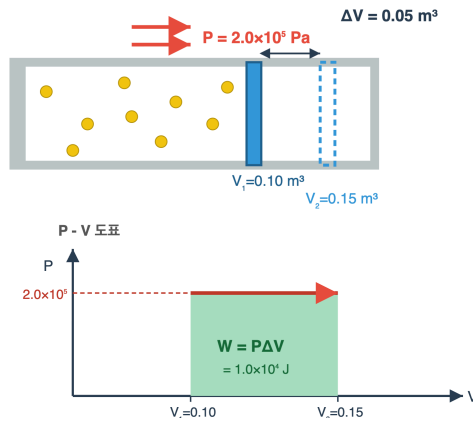
**정답:** ③  $3.6 \times 10^{-10}$  m

드브로이의 물질파 가설에 따르면 운동량  $p = mv$ 를 가지는 입자는 파장  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 의 파동성을 보인다. 대입하면  $\lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{(9.1 \times 10^{-31})(2.0 \times 10^6)} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{1.82 \times 10^{-24}} \approx 3.6 \times 10^{-10}$  m. 이 값은 원자 크기(약  $10^{-10}$  m) 정도이므로, 전자가 결정 격자에서 회절 무늬를 만들 수 있음을 보여준다(데이비슨-거머 실험의 핵심).

같은 속도라도 야구공의 드브로이 파장은 약  $10^{-34}$  m. 우주 크기보다도 훨씬 작은 파장이라 일상 물체의 파동성은 관찰 불가!

**Q29** 열역학

실린더 안에 갇힌 이상기체가 일정한 압력  $2.0 \times 10^5$  Pa에서 부피가  $0.10$  m<sup>3</sup>에서  $0.15$  m<sup>3</sup>로 천천히 팽창했다. 이 과정에서 기체가 외부에 한 일은?



- ①  $5.0 \times 10^3$  J
- ②  $1.0 \times 10^4$  J
- ③  $1.5 \times 10^4$  J
- ④  $2.0 \times 10^4$  J
- ⑤  $3.0 \times 10^4$  J

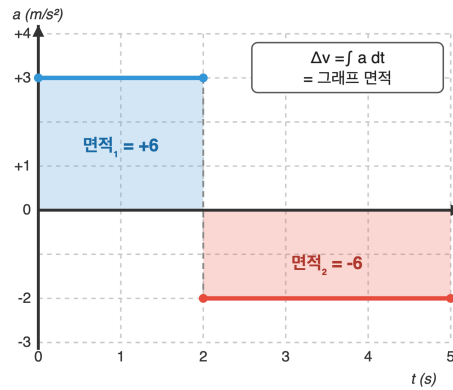
**정답:** ②  $1.0 \times 10^4$  J

등압 과정에서 기체가 외부에 한 일은  $W = P\Delta V$ 이다. 압력이 일정하므로 P-V도표에서 직선 아래 직사각형의 면적과 같다. 대입하면  $W = (2.0 \times 10^5)(0.15 - 0.10) = (2.0 \times 10^5)(0.05) = 1.0 \times 10^4 \text{ J} = 10 \text{ kJ}$ . 부피가 증가했으므로 일은 양수이고, 기체가 외부에 일을 한 것이다.

자동차 엔진의 폭발 행정(power stroke)이 바로 거의 등압 팽창. 짧은 시간에 큰 부피 변화로 일을 뽑아낸다!

**Q30** 운동의 표현

질량 2kg인 물체가 직선 위에서 운동한다. 시간에 따른 가속도 그래프가 다음과 같다:  $0 \leq t \leq 2\text{s}$ 에서  $a = +3\text{m/s}^2$ ,  $2\text{s} \leq t \leq 5\text{s}$ 에서  $a = -2\text{m/s}^2$ . 초기 속도가  $v_0 = +4\text{m/s}$ 일 때,  $t = 5\text{s}$ 에서의 속도는?



- ① ①0m/s
- ② ②+2m/s
- ③ ③+4m/s
- ④ ④+6m/s
- ⑤ ⑤+10m/s

**정답: ③+4m/s**

가속도 - 시간 그래프에서 가속도 곡선 아래 면적(부호 포함)이 속도 변화량  $\Delta v$ 이다. (1)  $0 \leq t \leq 2\text{s}$  구간:

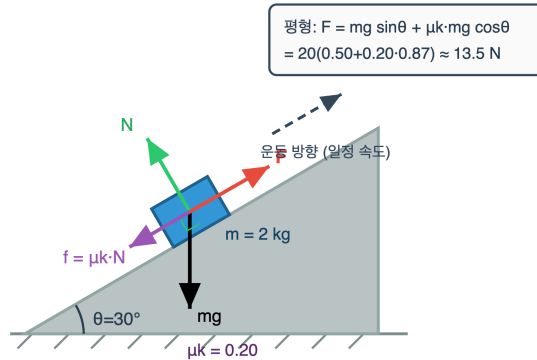
$\Delta v_1 = a_1 \cdot \Delta t = (+3)(2) = +6\text{m/s}$ , 따라서  $t = 2\text{s}$ 에서 속도  $v = 4 + 6 = +10\text{m/s}$ . (2)  $2\text{s} \leq t \leq 5\text{s}$  구간:

$\Delta v_2 = (-2)(3) = -6\text{m/s}$ , 따라서  $t = 5\text{s}$ 에서 속도  $v = 10 + (-6) = +4\text{m/s}$ . 질량은 속도 계산에 직접 필요하지 않다(합정).

💡  $a - t$  그래프 아래 면적은 속도 변화,  $v - t$  그래프 아래 면적은 변위. 한 단계씩 적분하면 운동의 모든 양을 끌어낼 수 있다!

**Q31** 힘과 뉴턴 법칙

경사각  $\theta = 30^\circ$ 인 거친 경사면 위에 질량  $m = 2\text{ kg}$ 인 물체가 놓여 있다. 물체와 경사면 사이의 운동마찰계수는  $\mu_k = 0.20$ 이다. 이 물체를 경사면을 따라 위쪽으로 일정한 속도로 끌어올리기 위해 경사면과 나란하게 작용해야 하는 힘의 크기는? ( $g = 10\text{ m/s}^2$ ,  $\sin 30^\circ = 0.50$ ,  $\cos 30^\circ \approx 0.87$ , 소수점 둘째 자리 반올림)



- ① ①8.0 N
- ② ②10.0 N
- ③ ③11.7 N
- ④ ④13.5 N
- ⑤ ⑤16.0 N

☞ 정답: ④13.5 N

☞ 물체를 일정한 속도로 끌어올린다 → 알짜힘은 0(평형). 경사면 방향 평형식을 세운다. 위 방향 성분:  $F$ . 아래 방향 성분: 중력의 경사면 성분  $mg\sin\theta$ , 운동마찰력  $f_k = \mu_k N = \mu_k mg\cos\theta$ (운동 방향이 위쪽이므로 마찰은 아래쪽). 따라서

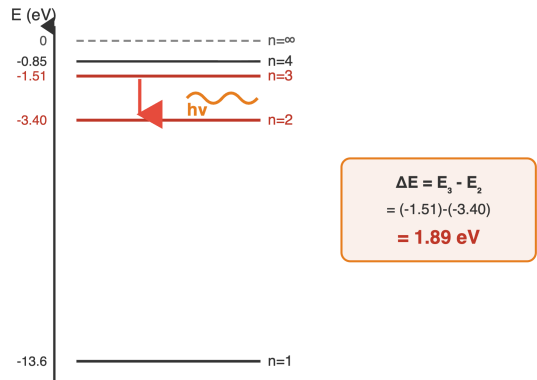
$F = mg\sin\theta + \mu_k mg\cos\theta = mg(\sin\theta + \mu_k \cos\theta)$ . 대입:

$$F = (2)(10)(0.50 + 0.20 \times 0.87) = 20 \times (0.50 + 0.174) = 20 \times 0.674 \approx 13.5 \text{ N.}$$

💡 같은 경사를 '내려갈 때' 일정 속도로 미는 힘은  $F = mg(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$ 로 줄어든다. 마찰의 방향이 운동 반대라서!

Q32 현대물리 도입

보어의 수소 원자 모형에서  $n$ 번째 정상 궤도의 에너지가  $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$  eV로 주어진다. 전자가  $n = 3$  궤도에서  $n = 2$  궤도로 전이할 때 원자가 방출하는 광자의 에너지는? (소수점 둘째 자리 반올림)



- ① ①0.85 eV
- ② ②1.51 eV
- ③ ③1.89 eV
- ④ ④3.40 eV
- ⑤ ⑤10.20 eV

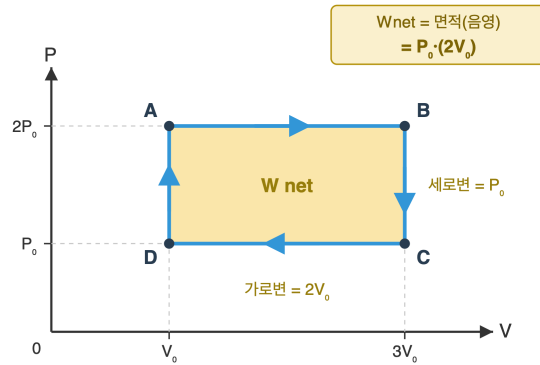
정답: ③1.89 eV

에너지 준위를 계산한다.  $E_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -\frac{13.6}{4} = -3.40 \text{ eV}$ ,  $E_3 = -\frac{13.6}{3^2} = -\frac{13.6}{9} \approx -1.51 \text{ eV}$ . 더 높은 준위에서 낮은 준위로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지는 두 준위의 차이와 같다:  $h\nu = E_3 - E_2 = (-1.51) - (-3.40) = 1.89 \text{ eV}$ . 이 광자는 발머 계열의  $H_\alpha$  선(파장 약 656 nm, 붉은빛)에 해당한다.

💡  $H_\alpha$  선이 바로 우주 사진에서 가스 구름이 붉게 빛나는 이유. 별 탄생 영역의 색을 결정!

Q33 열역학

이상기체가 P - V 도표 위에서 다음 순환 과정을 거친다:  $A(2P_0, V_0) \rightarrow B(2P_0, 3V_0) \rightarrow C(P_0, 3V_0) \rightarrow D(P_0, V_0) \rightarrow A$ . 한 사이클 동안 기체가 외부에 한 알짜 일은? ( $P_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V_0 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ )



- ①  $1.0 \times 10^2 \text{ J}$
- ②  $1.5 \times 10^2 \text{ J}$
- ③  $2.0 \times 10^2 \text{ J}$
- ④  $3.0 \times 10^2 \text{ J}$
- ⑤  $4.0 \times 10^2 \text{ J}$

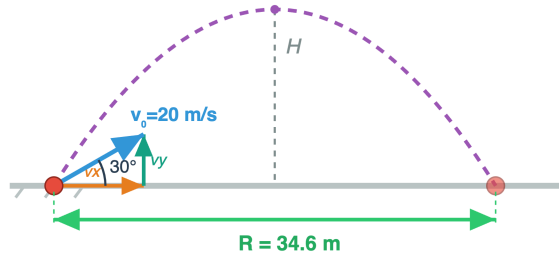
정답: ③  $2.0 \times 10^2 \text{ J}$

P - V 도표에서 닫힌 순환 곡선이 둘러싼 면적이 한 사이클 동안 기체가 외부에 한 알짜 일이다. 사이클이 시계 방향이면 양의 일(열기관), 반시계면 음의 일(냉동기). 이 도표는 시계 방향 직사각형이므로 알짜 일은 양수이고, 면적은 가로변  $(3V_0 - V_0) = 2V_0$  곱하기 세로변  $(2P_0 - P_0) = P_0$ 이다.  $W_{\text{net}} = P_0 \cdot 2V_0 = (1.0 \times 10^5)(2 \times 1.0 \times 10^{-3}) = 2.0 \times 10^2 \text{ J} = 200 \text{ J}$ . 개별 과정으로 확인해도 같다:  $A \rightarrow B$ (등압팽창)  $W_{AB} = 2P_0 \cdot 2V_0 = 4P_0V_0$ ,  $B \rightarrow C$ (등적) 0,  $C \rightarrow D$ (등압압축)  $W_{CD} = P_0 \cdot (-2V_0) = -2P_0V_0$ ,  $D \rightarrow A$ (등적) 0이므로 합은  $4P_0V_0 - 2P_0V_0 = 2P_0V_0 = 200 \text{ J}$ 이다.

순환의 진행 방향만 보면 그 장치가 '엔진'인지 '냉장고'인지 즉시 알 수 있다. 시계 방향이면 일을 뽑는 엔진!

**Q34** 운동의 표현

수평한 지면 위에서 공을 초기속력  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ , 수평면과  $30^\circ$  각도로 비스듬히 던졌다. 공이 지면에 다시 떨어진 위치의 수평 거리 (사정거리)는? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 60^\circ \approx 0.866$ , 공기 저항 무시, 소수점 첫째 자리 반올림)



- ① ①20.0m
- ② ②28.0m
- ③ ③34.6m
- ④ ④40.0m
- ⑤ ⑤50.0m

**정답: ③34.6m**

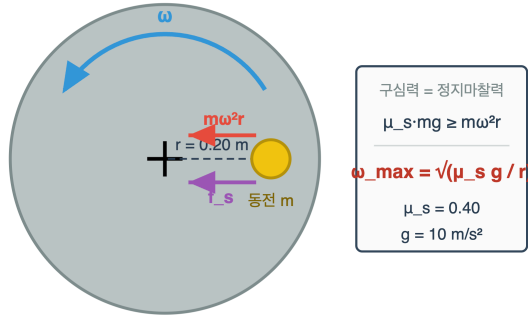
☞ 비스듬히 투사를 수평과 수직 운동으로 분해한다. 수평 성분  $v_{0x} = v_0 \cos \theta$  (등속), 수직 성분  $v_{0y} = v_0 \sin \theta$  (중력에 의한 등가속). 출발과 같은 높이에 다시 떨어질 때까지의 비행 시간은 수직 운동에서  $v_y = v_{0y} - gt$ 가 시작 직후 다시  $-v_{0y}$ 가 될 때, 즉  $T = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$ . 사정거리  $R = v_{0x} \cdot T = \frac{v_0^2 \cdot 2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ . 대입:  $R = \frac{(20)^2 \sin 60^\circ}{10} = \frac{400 \times 0.866}{10} = \frac{346.4}{10} \approx 34.6 \text{ m}$ . 사정거리는  $\theta = 45^\circ$ 일 때 최대가 되는 것도 이 식에서 직접 보인다.

💡 동일한 사정거리를 만드는 발사각은 두 개( $\theta$ 와  $90^\circ - \theta$ ).  $30^\circ$ 와  $60^\circ$ 는 같은 거리에 떨어지지만 비행 시간과 최고 높이는  $60^\circ$ 가 더 크다!

**Q35** 힘과 뉴턴 법칙

수평한 회전판 위, 회전축으로부터 거리  $r = 0.20\text{m}$  떨어진 곳에 작은 동전이 놓여 있다. 동전과 회전판 사이의 정지마찰계수가  $\mu_s = 0.40$ 일 때, 동전이 회전판과 함께 미끄러지지 않고 등속원운동할 수 있는 최대 각속도  $\omega$ 는? ( $g = 10\text{m/s}^2$ , 소수점 둘째 자리 반올림)

위에서 본 회전판 (등속원운동)



- ①) ①2.24 rad/s
- ②) ②3.16 rad/s
- ③) ③4.47 rad/s
- ④) ④6.32 rad/s
- ⑤) ⑤8.94 rad/s

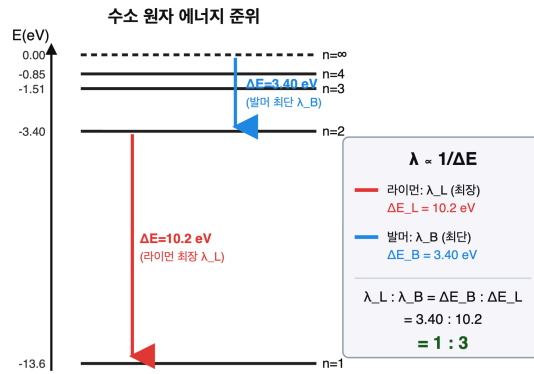
☞ 정답: ③4.47 rad/s

동전이 회전판과 함께 등속원운동을 하려면, 회전축을 향하는 구심력이 필요하다. 이 구심력을 제공하는 유일한 수평력은 회전판과 동전 사이의 정지마찰력이다. 미끄러지기 직전에는 최대정지마찰력이 작용하며, 그 크기가 필요한 구심력과 같아야 한다:  $\mu_s mg = m\omega^2 r$ . 질량  $m$ 이 소거되어  $\omega_{\text{max}} = \frac{\mu_s g}{r}$ . 대입하면  $\omega_{\text{max}} = \frac{0.40 \times 10}{0.20} = 20$ ,  $\omega_{\text{max}} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5} \approx 4.47\text{ rad/s}$ . 이보다 빠르게 돌리면 마찰력으로 구심력을 제공할 수 없어 동전이 바깥쪽으로 미끄러진다.

💡 이 식에 질량이 들어 있지 않다는 점이 핵심. 무거운 동전이든 가벼운 동전이든 미끄러지는 각속도는 같다!

Q36 현대물리 도입

수소 원자의 에너지 준위가  $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{eV}$ 로 주어진다. 라이먼 계열(최종 상태  $n = 1$ )에서 가장 긴 파장의 광자 에너지를  $E_L$ , 발머 계열(최종 상태  $n = 2$ )에서 가장 짧은 파장의 광자 에너지를  $E_B$ 라 할 때, 두 광자의 파장의 비  $\lambda_L : \lambda_B$ 는?



- ① ①1: 4
- ② ②1: 3
- ③ ③1: 2
- ④ ④2: 3
- ⑤ ⑤3: 2

정답: ②1: 3

각 계열에서 광자 에너지가 가장 작으면 파장이 가장 길고, 가장 크면 파장이 가장 짧다( $E = hc/\lambda$ ). (1) 라이먼 가장 긴 파장:  $n = 1$ 로 끝나는 전이 중 광자 에너지가 가장 작은 것은 가장 가까운 위 준위  $n = 2$ 에서 오는 전이.

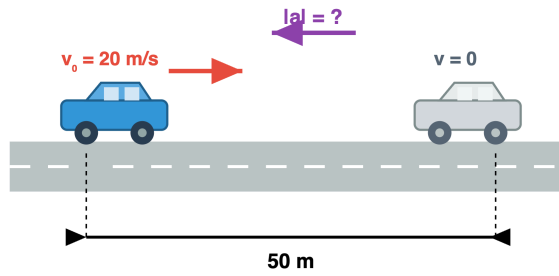
$E_L = E_2 - E_1 = (-3.40) - (-13.6) = 10.20 \text{ eV}$ . (2) 발머 가장 짧은 파장:  $n = 2$ 로 끝나는 전이 중 광자 에너지가 가장 큰 것은  $n = \infty$ 에서 오는 전이(계열 한계).  $E_B = E_\infty - E_2 = 0 - (-3.40) = 3.40 \text{ eV}$ . 파장과 에너지는 반비례하므로

$$\frac{\lambda_L}{\lambda_B} = \frac{E_B}{E_L} = \frac{3.40}{10.20} = \frac{1}{3}. \text{ 따라서 } \lambda_L : \lambda_B = 1 : 3.$$

라이먼 계열은 자외선, 발머는 가시광선, 파셴은 적외선 영역. 같은 원자에서 색이 전혀 다른 빛이 나오는 비밀은 시작·끝 준위 차이!

Q37 운동의 표현

직선 도로를 20 m/s로 달리던 자동차가 균일하게 감속하여 50 m를 진행한 후 정지하였다. 이때 자동차의 가속도의 크기는?



- ① ① 2 m/s<sup>2</sup>
- ② ② 3 m/s<sup>2</sup>
- ③ ③ 4 m/s<sup>2</sup>
- ④ ④ 5 m/s<sup>2</sup>
- ⑤ ⑤ 8 m/s<sup>2</sup>

☞ 정답: ③ 4 m/s<sup>2</sup>

📖 등가속도 직선 운동의 공식  $v^2 = v_0^2 + 2as$ 를 사용한다. 정지하였으므로  $v = 0$ ,  $v_0 = 20$  m/s,  $s = 50$  m.

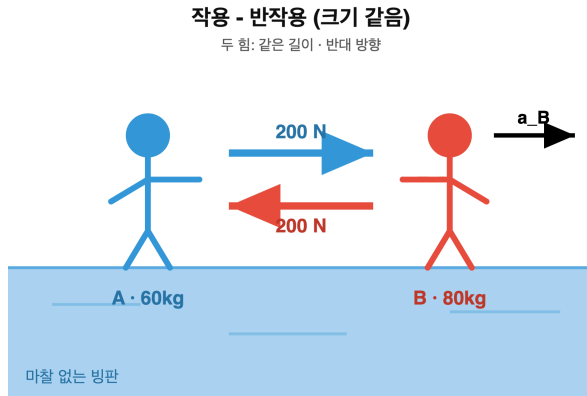
$$0 = (20)^2 + 2a(50)$$
$$100a = -400 \Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2$$

가속도의 크기는 4 m/s<sup>2</sup>이다.

💡  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 는 시간  $t$ 를 모를 때 가속도와 거리를 직접 연결하는 매우 유용한 공식이다.

**Q38** 힘과 뉴턴 법칙

마찰이 없는 빙판 위에서 질량 60 kg의 A가 정지해 있던 질량 80 kg의 B를 200 N의 힘으로 밀었다. 이때 B가 A에게 작용하는 힘의 크기와 B의 가속도의 크기를 옳게 짝지은 것은?



- ① ① 150 N, 2.0 m/s<sup>2</sup>
- ② ② 150 N, 2.5 m/s<sup>2</sup>
- ③ ③ 200 N, 2.5 m/s<sup>2</sup>
- ④ ④ 200 N, 3.3 m/s<sup>2</sup>
- ⑤ ⑤ 250 N, 2.5 m/s<sup>2</sup>

**정답: ③ 200 N, 2.5 m/s<sup>2</sup>**

뉴턴의 제3법칙(작용-반작용)에 의해 A가 B에게 작용하는 힘과 B가 A에게 작용하는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 B가 A에게 작용하는 힘의 크기는 200 N이다. B의 가속도는 운동방정식  $F = ma$ 로부터

$$a_B = \frac{F}{m_B} = \frac{200}{80} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

작용-반작용은 항상 서로 다른 두 물체에 작용하므로, 같은 물체에 작용하는 힘끼리 상쇄되는 평형력과는 구별해야 한다.

**Q39** 일과 에너지 보존

수평 직선 도로를 일정한 속도 20 m/s로 달리는 질량 1000 kg 자동차에 작용하는 공기저항과 마찰력의 합이 500 N이다. 자동차의 엔진이 공급하는 일률(역학적 출력)은?

- ① ① 2.5 kW
- ② ② 5 kW
- ③ ③ 10 kW
- ④ ④ 20 kW
- ⑤ ⑤ 50 kW

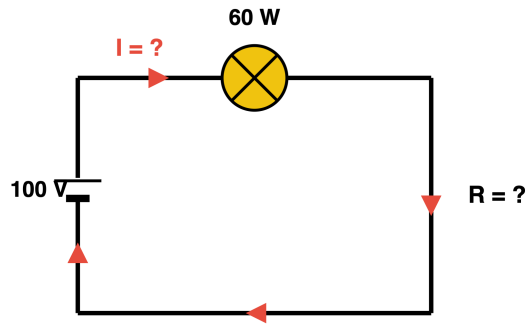
**정답: ③ 10 kW**

등속도 운동이므로 알짜힘은 0이다. 즉, 엔진이 만드는 추진력은 저항력과 같아  $F = 500 \text{ N}$ 이다. 일률은  $P = Fv = 500 \times 20 = 10000 \text{ W} = 10 \text{ kW}$

등속도로 달리는 차의 엔진은 가속을 위한 일이 아니라, 오로지 마찰과 공기저항을 이기는 데에만 일을 한다.

Q40 전기와 회로

정격 전압 100 V, 정격 전력 60 W인 백열전구를 100 V 전원에 연결했다. 전구에 흐르는 전류와 전구의 저항을 옳게 짝지은 것은?



- ① ① 0.3 A, 333 Ω
- ② ② 0.6 A, 100 Ω
- ③ ③ 0.6 A, 167 Ω
- ④ ④ 1.0 A, 100 Ω
- ⑤ ⑤ 1.0 A, 167 Ω

정답: ③ 0.6 A, 167 Ω

전력 공식  $P = VI$ 에서 전류는

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60}{100} = 0.6 \text{ A}$$

저항은  $P = \frac{V^2}{R}$ 에서

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{60} = \frac{10000}{60} \approx 167 \Omega$$

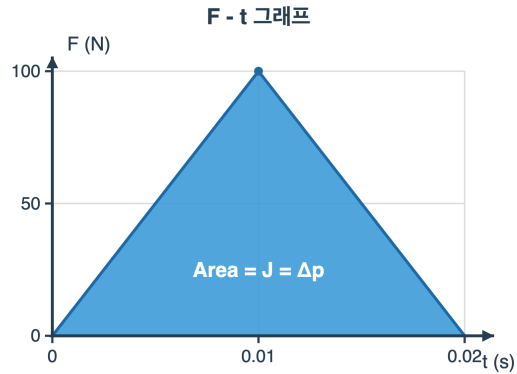
백열전구는 공급된 전기에너지의 약 5%만 빛으로 바뀌고 나머지는 열로 빠져나가므로, LED(~30% 이상)로 빠르게 교체되었다.

## 고등 물리

총 40문제 · 문제와 정답·풀이 포함

### Q41 운동량과 충격량

질량 0.5 kg의 공이 벽에 충돌할 때 받은 힘의 시간 변화 그래프가 밑변 0.02 s, 높이 100 N인 이등변삼각형 모양이었다. 충돌하는 동안 공의 운동량 변화량의 크기는?



- ① ① 0.5 N·s
- ② ② 1.0 N·s
- ③ ③ 1.5 N·s
- ④ ④ 2.0 N·s
- ⑤ ⑤ 2.5 N·s

🎯 정답: ② 1.0 N·s

📖 충격량은  $F-t$  그래프 아래 면적이며, 운동량 변화량과 같다 ( $J = \int F dt = \Delta p$ ). 삼각형의 면적은

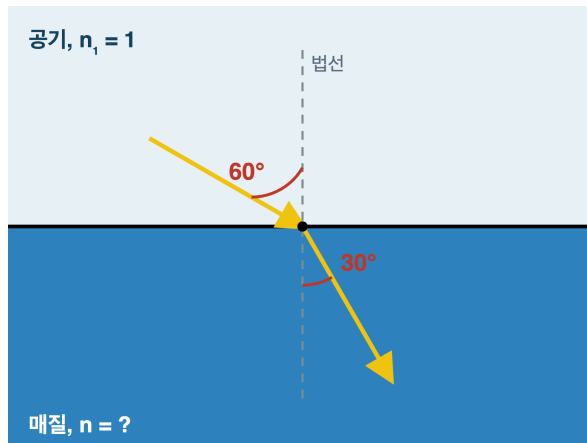
$$J = \frac{1}{2} \times 0.02 \times 100 = 1.0 \text{ N}\cdot\text{s}$$

따라서 운동량 변화량의 크기는 1.0 N·s이다.

💡 같은 운동량 변화를 만들어도 접촉 시간을 늘리면 평균 힘은 작아진다. 자동차 에어백은 바로 이 원리로 충돌 시 신체에 가해지는 힘을 줄인다.

**Q42** 파동의 성질

굴절률이 1인 공기에서 굴절률이  $n$ 인 매질로 빛이 입사각  $60^\circ$ 로 입사하여 굴절각  $30^\circ$ 로 굴절하며 진행하였다. 이 매질의 굴절률  $n$ 은?



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

정답: ⑤  $\sqrt{3}$

스넬의 법칙  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 를 적용한다.

$$1 \times \sin 60^\circ = n \times \sin 30^\circ$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = n \times \frac{1}{2}$$

$$n = \sqrt{3} \approx 1.73$$

빛이 굴절률이 큰 매질로 들어갈 때 법선 쪽으로 꺾이는 결과와 일치한다.

굴절률이 큰 매질에서는 빛의 속력이 느려진다. 다이아몬드의 굴절률은 약 2.42로 매우 커서 빛이 내부에서 여러 번 전반사하며 반짝인다.

**Q43** 열역학

이상 기체에 200 J의 열을 가했더니 기체가 외부에 80 J의 일을 하였다. 이 기체의 내부에너지 변화량은? (단, 일의 부호 규약은 기체가 외부에 한 일을 양의 값으로 한다.)

- ① ① 80 J 증가
- ② ② 100 J 증가
- ③ ③ 120 J 증가
- ④ ④ 200 J 증가
- ⑤ ⑤ 280 J 증가

정답: ③ 120 J 증가

열역학 제1법칙은

$$\Delta U = Q - W$$

이다. 여기서  $Q$ 는 기체가 흡수한 열,  $W$ 는 기체가 외부에 한 일이다.  $Q = +200 \text{ J}$ ,  $W = +80 \text{ J}$ 이므로

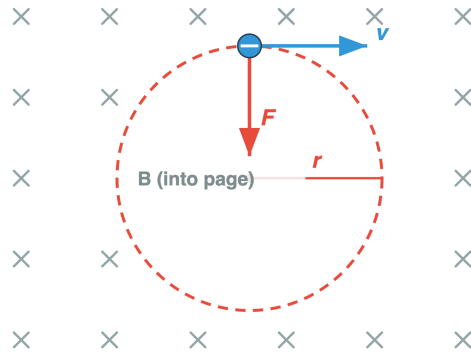
$$\Delta U = 200 - 80 = 120 \text{ J}$$

즉, 내부에너지는 120 J 증가한다.

내부에너지는 단원자 이상기체의 경우  $U = \frac{3}{2}nRT$ 로, 절대온도에만 비례한다. 그래서  $\Delta U > 0$ 이면 온도가 올라간다.

**Q44** 자기장과 전자기 유도

균일한 자기장  $B = 0.5 \text{ T}$ 에 수직인 방향으로 속력  $v = 2.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ 로 입사한 전자가 원운동을 한다. 원의 반지름은 약 얼마인가? (전자 질량  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , 전하량의 크기  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )



- ① ①  $1.1 \times 10^{-5} \text{ m}$
- ② ②  $2.3 \times 10^{-5} \text{ m}$
- ③ ③  $4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$
- ④ ④  $1.1 \times 10^{-4} \text{ m}$
- ⑤ ⑤  $2.3 \times 10^{-4} \text{ m}$

**정답: ②  $2.3 \times 10^{-5} \text{ m}$**

☞ 자기력이 구심력 역할을 한다.

$$evB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$$

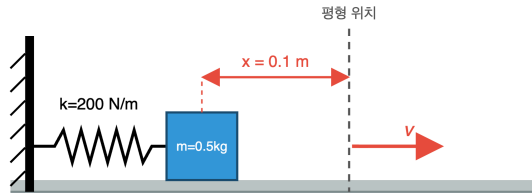
값을 대입하면

$$r = \frac{(9.1 \times 10^{-31})(2.0 \times 10^6)}{(1.6 \times 10^{-19})(0.5)} = \frac{1.82 \times 10^{-24}}{8.0 \times 10^{-20}} \approx 2.3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

💡 이 원운동의 주기  $T = \frac{2\pi m}{eB}$ 는 속력과 무관하다. 사이클로트론 가속기는 이 사실을 이용해 입자를 단계적으로 가속시킨다.

Q45 일과 에너지 보존

용수철 상수  $k = 200 \text{ N/m}$ 인 용수철의 한쪽 끝을 벽에 고정하고, 다른 쪽에 질량  $m = 0.5 \text{ kg}$ 인 물체를 붙여 마찰이 없는 수평면 위에 놓았다. 평형 위치에서 용수철을  $x = 0.1 \text{ m}$  압축한 뒤 가만히 놓았다면, 물체가 평형 위치를 지나는 순간의 속력은?



- ① ① 1 m/s
- ② ② 1.5 m/s
- ③ ③ 2 m/s
- ④ ④ 4 m/s
- ⑤ ⑤ 20 m/s

정답: ③ 2 m/s

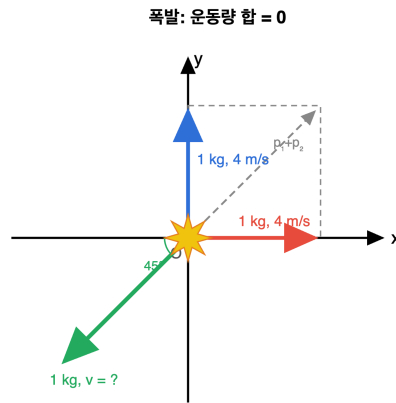
마찰이 없으므로 역학적 에너지가 보존된다. 압축된 용수철의 탄성위치에너지가 전부 운동에너지로 바뀐다.

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$$
$$v = x\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.1 \times \sqrt{\frac{200}{0.5}} = 0.1 \times \sqrt{400} = 0.1 \times 20 = 2 \text{ m/s}$$

이 운동은 단순조화운동(SHM)으로 각진동수  $\omega = \sqrt{k/m}$  이며, 평형점에서 속력이 최대가 된다.

**Q46** 운동량과 충격량

정지해 있던 질량 3 kg의 물체가 폭발하여 같은 질량 1 kg의 세 조각으로 나뉘었다. 한 조각은 +x방향으로 4 m/s, 다른 조각은 +y 방향으로 4 m/s의 속도로 날아갔다. 나머지 한 조각의 속력은?



- ① ① 2 m/s
- ② ② 4 m/s
- ③ ③  $4\sqrt{2}$  m/s
- ④ ④ 6 m/s
- ⑤ ⑤ 8 m/s

**정답: ③  $4\sqrt{2}$  m/s**

폭발 전 운동량의 합은 0이므로, 폭발 후 세 조각의 운동량 벡터 합도 0이다. 나머지 조각의 속도를  $(v_x, v_y)$ 라 하면

$$\begin{aligned} x: 0 &= (1)(4) + 0 + (1)v_x \Rightarrow v_x = -4 \text{ m/s} \\ y: 0 &= 0 + (1)(4) + (1)v_y \Rightarrow v_y = -4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

속력은

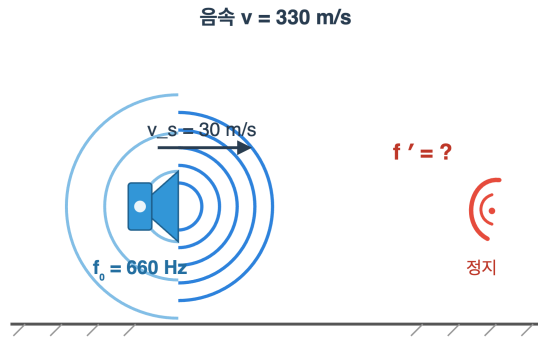
$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{16 + 16} = 4\sqrt{2} \approx 5.66 \text{ m/s}$$

방향은 제3사분면 (남서쪽,  $-x$ 축과  $-y$ 축의 사이각  $45^\circ$ )이다.

💡 운동량 보존은 벡터 식이므로 각 성분별로 따로 보존된다. 폭발은 내부 화학에너지가 운동에너지로 바뀌지만, 운동량 총합은 변하지 않는다.

**Q47** 파동의 성질

정지해 있는 관찰자를 향해 진동수 660 Hz의 음원이 일정한 속력 30 m/s로 다가오고 있다. 음속이 330 m/s일 때 관찰자가 듣는 음의 진동수는?



- ① ① 600 Hz
- ② ② 660 Hz
- ③ ③ 700 Hz
- ④ ④ 726 Hz
- ⑤ ⑤ 780 Hz

**정답: ④ 726 Hz**

☞ 관찰자는 정지, 음원은 다가오는 경우 도플러 효과 공식은

$$f' = f_0 \cdot \frac{v}{v - v_s}$$

값을 대입하면

$$f' = 660 \times \frac{330}{330 - 30} = 660 \times \frac{330}{300} = 660 \times 1.1 = 726 \text{ Hz}$$

다가올 때는 진동수가 커져 더 높은 음으로 들린다.

💡 도플러 효과는 빛에도 적용되어, 멀어지는 은하의 빛은 파장이 길어지는 적색편이(redshift)를 보인다. 이는 우주가 팽창한다는 증거이다.

**Q48** 현대물리 도입

진동수  $f = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 인 단색광 광자 1개가 가지는 에너지는? (플랑크 상수  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ )

- ① ①  $1.3 \times 10^{-19} \text{ J}$
- ② ②  $2.0 \times 10^{-19} \text{ J}$
- ③ ③  $3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$
- ④ ④  $6.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- ⑤ ⑤  $1.3 \times 10^{-18} \text{ J}$

**정답: ③  $3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$**

☞ 광자 한 개의 에너지는 플랑크의 가설에 의해

$$E = hf$$

이다. 값을 대입하면

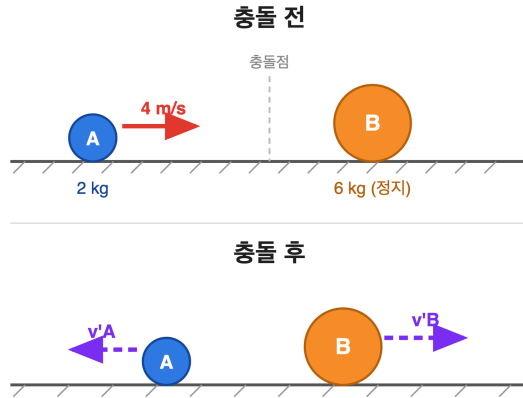
$$E = (6.63 \times 10^{-34}) \times (5.0 \times 10^{14}) = 33.15 \times 10^{-20} \approx 3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

이때 파장은  $\lambda = c/f \approx 600 \text{ nm}$ 로 가시광선의 주황색 영역에 해당한다.

💡 1 eV는 약  $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 이므로, 이 광자의 에너지는 약 2.1 eV이다. 가시광선 광자의 에너지는 대체로 1.6 - 3.3 eV 범위에 있다.

**Q49** 운동량과 충격량

마찰이 없는 수평면에서 질량 2kg인 공 A가 오른쪽으로 4 m/s의 속도로 움직여 정지해 있는 질량 6kg의 공 B와 1차원 탄성충돌을 하였다. 충돌 직후 공 A와 B의 속도를 옳게 나타낸 것은?



- ① ①  $v'_A = -1 \text{ m/s}, v'_B = 1 \text{ m/s}$
- ② ②  $v'_A = -2 \text{ m/s}, v'_B = 2 \text{ m/s}$
- ③ ③  $v'_A = 0, v'_B = \frac{4}{3} \text{ m/s}$
- ④ ④  $v'_A = 1 \text{ m/s}, v'_B = 1 \text{ m/s}$
- ⑤ ⑤  $v'_A = 2 \text{ m/s}, v'_B = -2 \text{ m/s}$

**정답: ②**

질량이 다른 두 물체의 1차원 탄성충돌 공식은  $v'_A = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A$ ,  $v'_B = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A$  이다. 대입하면  $v'_A = \frac{2-6}{8} \times 4 = -2 \text{ m/s}$ ,  $v'_B = \frac{2 \times 2}{8} \times 4 = 2 \text{ m/s}$ . 운동량 점검:  $2 \times 4 + 0 = 2(-2) + 6(2) = 8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  (보존). 운동에너지 점검:  $\frac{1}{2}(2)(16) = \frac{1}{2}(2)(4) + \frac{1}{2}(6)(4) = 16 \text{ J}$  (보존). 따라서 답은 ②.

💡 질량이 같은 두 물체의 1차원 탄성충돌에서는 속도가 정확히 교환된다. 당구공이 거의 그렇게 움직이는 이유다.

Q50 일과 에너지 보존

용수철 상수  $k = 200 \text{ N/m}$ 인 용수철을  $0.1 \text{ m}$  압축한 뒤, 그 끝에 질량  $0.5 \text{ kg}$ 인 물체를 두고 손을 놓았다. 마찰이 없는 수평면이라면 용수철에서 분리된 직후 물체의 속력은? (단, 용수철의 자체 질량은 무시)

$k = 200 \text{ N/m}$  용수철 압축 발사



- ① ①  $1 \text{ m/s}$
- ② ②  $\sqrt{2} \text{ m/s}$
- ③ ③  $2 \text{ m/s}$
- ④ ④  $2\sqrt{2} \text{ m/s}$
- ⑤ ⑤  $4 \text{ m/s}$

정답: ③

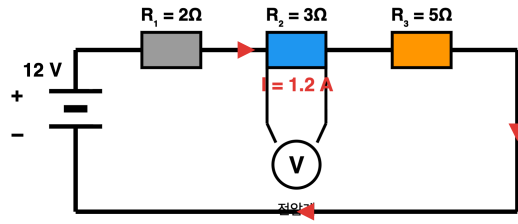
용수철에 저장된 탄성 위치에너지가 모두 물체의 운동에너지로 전환된다.  $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$  에서

$$v = x\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.1\sqrt{\frac{200}{0.5}} = 0.1\sqrt{400} = 0.1 \times 20 = 2 \text{ m/s}. \text{ 따라서 답은 ③.}$$

용수철 총(BB탄, 너프건)은 이 원리를 그대로 이용한다. 탄성에너지를 빠르게 운동에너지로 바꿔주는 가장 단순한 발사장치다.

Q51 전기와 회로

12V 전지에  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 5\Omega$ 인 세 저항을 직렬로 연결하였다.  $R_2$  양단에 걸리는 전압은? (전지의 내부저항은 무시)



- ① ① 1.2V
- ② ② 2.4V
- ③ ③ 3.6V
- ④ ④ 6.0V
- ⑤ ⑤ 12V

정답: ③

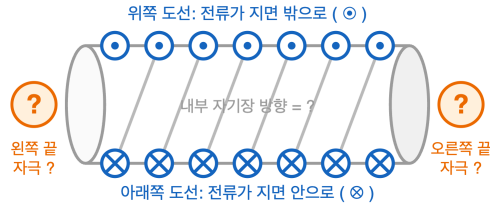
직렬 회로의 합성저항은  $R = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 3 + 5 = 10\Omega$ . 회로에 흐르는 전류는  $I = \frac{12}{10} = 1.2\text{A}$ .  $R_2$  양단의 전압은 직렬에서 저항에 비례하므로  $V_{R_2} = IR_2 = 1.2 \times 3 = 3.6\text{V}$ . 비율로 풀어도  $V_{R_2} = 12 \times \frac{3}{10} = 3.6\text{V}$ . 따라서 답은 ③.

직렬 저항은 가장 큰 저항이 가장 많은 전압을 분담한다. 이 성질을 이용한 회로가 '전압 분배기(voltage divider)'다.

**Q52** 자기장과 전자기 유도

긴 원통형 솔레노이드에 전류가 그림과 같이 흐르고 있다. 솔레노이드 내부의 자기장 방향과 양 끝의 자극(N, S)을 옳게 짝지은 것은?

긴 원통형 솔레노이드 (전류가 흐름)



- ① ① 내부 자기장 왼쪽 방향, 왼쪽 끝 N극
- ② ② 내부 자기장 왼쪽 방향, 왼쪽 끝 S극
- ③ ③ 내부 자기장 오른쪽 방향, 왼쪽 끝 N극
- ④ ④ 내부 자기장 오른쪽 방향, 오른쪽 끝 N극
- ⑤ ⑤ 내부 자기장이 0이며 자극도 없다

**정답: ④**

솔레노이드의 자기장 방향은 오른손 법칙으로 결정한다. 오른손으로 솔레노이드를 감싸 쥐고 네 손가락을 전류가 도는 방향으로 감으면, 엄지가 가리키는 쪽이 내부 자기장의 방향이자 N극이 된다. 그림에서 코일 위쪽 전류는 종이 밖(●), 아래쪽 전류는 종이 안(⊗)이다. 위쪽 손가락이 종이 밖(나를 향하도록)으로 나오게 오른손으로 코일을 감싸 쥐면 엄지는 오른쪽을 가리킨다. 따라서 내부 자기장은 오른쪽 방향이고, 오른쪽 끝이 N극, 왼쪽 끝이 S극이다. 정답은 ④.

솔레노이드는 막대자석과 거의 같은 외부 자기장 분포를 만든다. 전류만 끊으면 자성이 사라지므로 '스위치로 켜고 끄는 자석'이 된다. MRI, 입자가속기, 자기부상열차 모두 이 원리를 쓴다.

**Q53** 운동량과 충격량

정지해 있던 질량  $M = 5\text{kg}$ 의 폭탄이 폭발하여 두 조각으로 분열되었다. 한 조각( $m_1 = 2\text{kg}$ )은  $+x$  방향으로  $6\text{m/s}$ 의 속도로 날아갔다. 다른 조각( $m_2 = 3\text{kg}$ )의 속도는?

- ① ①  $-6\text{m/s}$
- ② ②  $-4\text{m/s}$
- ③ ③  $-3\text{m/s}$
- ④ ④  $+4\text{m/s}$
- ⑤ ⑤  $+6\text{m/s}$

**정답: ②**

폭발은 외력이 무시되는 내부 상호작용이므로 운동량이 보존된다. 폭발 전 총 운동량은 정지 상태이므로 0. 폭발 후

$m_1v_1 + m_2v_2 = 0$  에서  $(2)(6) + (3)v_2 = 0$ . 따라서  $v_2 = -\frac{12}{3} = -4\text{m/s}$ . 음의 부호는  $m_1$ 의 반대 방향을 의미한다. 답은 ②.

로켓이 추진되는 원리도 이와 같다. 가스를 뒤로 분출하면 그 반동으로 로켓이 앞으로 나간다. 운동량 보존이 우주를 움직이는 셈이다.

**Q54** 일과 에너지 보존

질량 800 kg인 자동차가 정지 상태에서 출발해 일정한 가속도로 10초 만에 20 m/s에 도달하였다. 이 구간에서 자동차에 한 알짜일에 대응하는 평균 일률은? (단, 공기저항과 마찰 무시)

- ① ① 8 kW
- ② ② 12 kW
- ③ ③ 16 kW
- ④ ④ 24 kW
- ⑤ ⑤ 32 kW

**정답: ③**

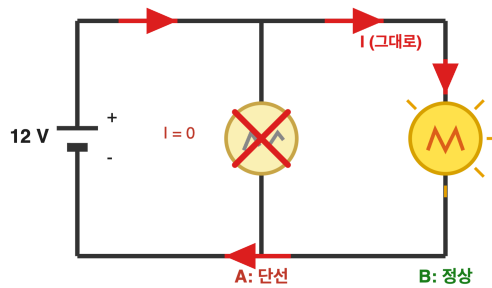
일-에너지 정리에 따라 자동차에 한 알짜일은 운동에너지 변화량과 같다.  $W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}(800)(20)^2 = 160,000\text{J}$ . 평균 일률은 단위 시간당 한 일이므로  $P_{avg} = \frac{W}{t} = \frac{160,000}{10} = 16,000\text{W} = 16\text{kW}$ . 답은 ③.

💡 1kW는 약 1.34마력(HP)이다. 이 자동차의 평균 출력 16kW는 약 21마력이며, 실제 경차의 최대 출력보다 낮다. 가속 효율이 좋다는 뜻이다.

**Q55** 전기와 회로

동일한 두 전구 A, B를 12V 전지에 병렬로 연결하여 정상적으로 빛나고 있다. 어떤 순간 전구 A의 필라멘트가 끊어졌다면 전구 B와 전체 회로 전류에 일어나는 변화로 옳은 것은? (전지의 내부저항은 무시)

12 V 전지 · 전구 A, B 병렬 연결



A 단선 → B는 12 V 그대로(밝기 유지), 전체 전류는 절반으로 감소

- ① ① 전구 B가 더 밝아지고, 전체 전류는 증가한다
- ② ② 전구 B가 더 어두워지고, 전체 전류는 감소한다
- ③ ③ 전구 B의 밝기는 그대로이고, 전체 전류는 감소한다
- ④ ④ 전구 B의 밝기는 그대로이고, 전체 전류는 증가한다
- ⑤ ⑤ 전구 B도 함께 꺼지고, 전체 전류는 0이 된다

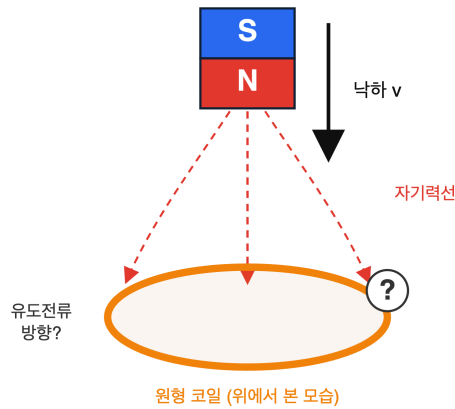
**정답: ③**

병렬 연결에서는 각 가지에 전지의 전압이 그대로 걸린다. 전구 A가 끊어져도 전구 B 양단의 전압은 여전히 12V이므로 B에 흐르는 전류는 변하지 않는다. 따라서 B의 밝기는 그대로다. 그러나 전체 전류는 두 가지의 전류 합  $I_A + I_B$ 였다가 A가 끊어진 뒤에는  $I_B$ 만 흐르므로 절반으로 감소한다. 답은 ③. 직렬에서는 한 전구가 끊어지면 둘 다 꺼지지만, 병렬은 그렇지 않다.

💡 가정용 전기 콘센트가 병렬로 배선된 이유가 바로 이것이다. 한 가전제품이 망가져도 나머지는 영향을 없도록 설계되었다.

**Q56** 자기장과 전자기 유도

수평한 책상 위에 도선으로 된 원형 코일이 평평하게 놓여 있다. 막대자석의 N극을 아래로 향하게 하고, 코일의 중심 바로 위에서 자석을 가만히 놓아 떨어뜨렸다. 자석이 코일을 향해 내려가는 동안, 코일을 위에서 내려다볼 때 유도되는 전류의 방향은?



- ① ① 위에서 봤을 때 시계방향
- ② ② 위에서 봤을 때 반시계방향
- ③ ③ 자석이 정지할 때까지 양방향으로 교대로 흐른다
- ④ ④ 자석이 닿기 전까지 전류는 흐르지 않는다
- ⑤ ⑤ 자석의 속도에 무관하게 항상 시계방향

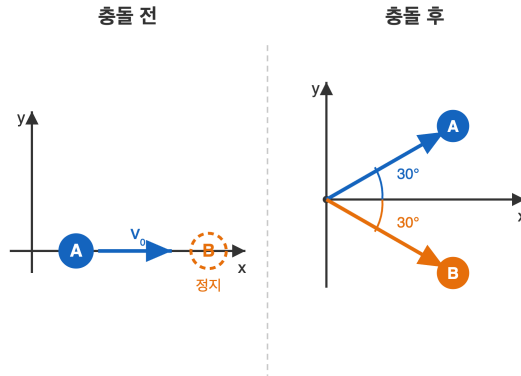
**정답: ②**

자석의 N극이 아래를 향하므로, 자석에서 나온 자기력선은 위에서 아래 방향으로 코일을 관통한다. 자석이 가까워질수록 코일을 아래 방향으로 통과하는 자속이 증가한다. 렌츠 법칙에 의해 유도전류는 이 변화를 방해하려 하므로, 코일을 위 방향으로 관통하는 자기장(자석의 N극을 밀어내는 방향)을 만들어야 한다. 오른손 법칙으로 위 방향 자기장을 만들려면, 위에서 내려다봤을 때 반시계방향 전류가 흘러야 한다. 답은 ②.

이 효과는 알루미늄 관 안에 강한 네오디뮴 자석을 떨어뜨리면 극적으로 보인다. 알루미늄에는 강한 유도 전류가 흘러 자석을 밀어내고, 자석은 자유낙하보다 훨씬 천천히 떨어진다.

**Q57** 운동량과 충격량

마찰이 없는 수평면에서 질량이 같은 두 공 A, B가 충돌한다. 공 B는 정지해 있고, 공 A는 +x 방향으로 속도  $v_0$ 로 움직였다. 충돌 후 공 A는 +x축과  $30^\circ$  위쪽, 공 B는 +x축과  $30^\circ$  아래쪽 방향으로 진행하였다. 충돌 후 공 A의 속력은?



- ① ①  $\frac{v_0}{2}$
- ② ②  $\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$
- ③ ③  $\frac{v_0}{\sqrt{2}}$
- ④ ④  $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$
- ⑤ ⑤  $v_0$

☞ 정답: ②

☞ 운동량 보존을 x성분과 y성분에 각각 적용한다. 충돌 후 A의 속력을  $v_A$ , B의 속력을  $v_B$ 라 하자. y성분:

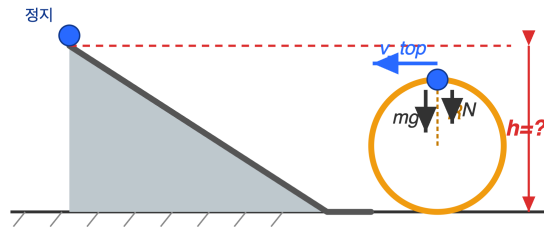
$$0 = mv_A \sin 30^\circ - mv_B \sin 30^\circ \text{ 이므로 } v_A = v_B. \text{ x성분: } mv_0 = mv_A \cos 30^\circ + mv_B \cos 30^\circ = 2mv_A \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} mv_A. \text{ 따라서}$$

$$v_A = \frac{v_0}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}v_0. \text{ 답은 ②. (참고: 충돌 후 운동에너지는 } \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2 \text{로 줄어 일부가 손실된 비탄성 2차원 충돌이다.)}$$

💡 질량이 같은 두 공의 탄성 2차원 충돌에서는 충돌 후 두 속도 벡터가 항상 직각을 이룬다. 본 문제는  $30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$ 이므로 비탄성이 고, 에너지 일부는 열·소리로 흩어진다.

**Q58** 일과 에너지 보존

마찰이 없는 트랙에서 작은 물체가 높이  $h$ 의 출발점에서 가만히 미끄러져 내려와 반지름  $R$ 인 수직 원형 루프를 돈다. 물체가 루프의 가장 높은 지점에서 트랙에서 떨어지지 않고 통과하기 위한 출발 높이  $h$ 의 최솟값은? (중력가속도  $g$ , 물체 질량  $m$ )



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

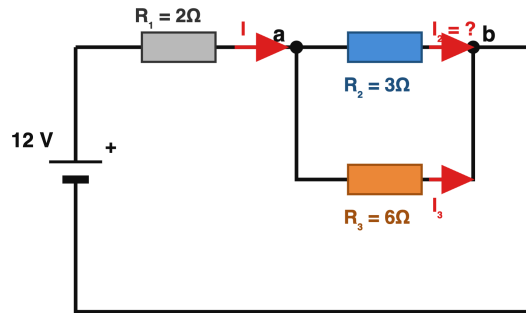
**정답: ④**

루프 꼭대기에서 물체가 트랙을 가까스로 통과하는 임계 조건은 수직항력  $N = 0$ 이고, 원운동에 필요한 구심력은 오로지 중력이 제공할 때다.  $mg = \frac{mv_{top}^2}{R}$  에서  $v_{top}^2 = gR$ . 마찰이 없으므로 출발점과 루프 꼭대기 사이에 역학적 에너지 보존이 성립한다(주: 본 풀이는 일 반적 에너지 보존이며 자유낙하 적용이 아님):  $mgh = mg(2R) + \frac{1}{2}mv_{top}^2 = mg(2R) + \frac{1}{2}m(gR) = \frac{5}{2}mgR$ . 따라서  $h = \frac{5R}{2}$ . 답은 ④.

💡 롤러코스터 설계자들은 이 식보다 큰 여유 높이를 둔다. 마찰과 공기저항 손실, 그리고 탑승객에게 음의 수직항력 느낌을 주지 않기 위한 안전 마진까지 더해야 하기 때문이다.

Q59 전기와 회로

기전력 12V, 내부저항이 없는 전지에  $R_1 = 2\Omega$ 이 직렬로 연결되고, 그 뒤에  $R_2 = 3\Omega$ 과  $R_3 = 6\Omega$ 이 서로 병렬로 연결되어 있다. 저항  $R_2$ 에 흐르는 전류는?



- ① 0.5 A
- ② 1 A
- ③ 1.5 A
- ④ 2 A
- ⑤ 3 A

정답: ④

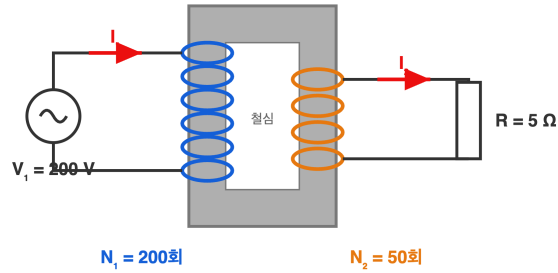
먼저 병렬 부분의 합성저항을 구한다.  $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$ . 회로 전체 저항은  $R = R_1 + R_{23} = 2 + 2 = 4\Omega$ . 회로 전체 전류는  $I = \frac{12}{4} = 3\text{A}$ . 이 전류 전부가  $R_1$ 을 지난 뒤 노드 a에서 두 가지로 나뉜다. 병렬 부분 양단 전압은  $V_{ab} = I \cdot R_{23} = 3 \times 2 = 6\text{V}$ . 따라서  $R_2$ 에 흐르는 전류는  $I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} = \frac{6}{3} = 2\text{A}$ . 검산:  $I_3 = 6/6 = 1\text{A}$ ,  $I_2 + I_3 = 3\text{A}$  (전체전류 일치). 답은 ④.

병렬에서 작은 저항이 더 많은 전류를 받는다.  $R_2 : R_3 = 3 : 6$  이므로 전류는 정확히 그 역비인 2 : 1로 갈라진다.

Q60 자기장과 전자기 유도

이상적인 변압기의 1차 코일은 200회, 2차 코일은 50회 감겨 있다. 1차 코일에 실효값 200V의 교류 전압을 걸고, 2차 코일에  $R = 5\Omega$ 의 저항을 연결하였다. 1차 코일에 흐르는 전류의 실효값은? (변압기 손실은 무시)

이상변압기 (손실 무시)



$$V_1 I_1 = V_2 I_2, I_1 / I_2 = N_2 / N_1$$

- ① 0.5 A
- ② 1.25 A
- ③ 2.5 A
- ④ 5 A
- ⑤ 10 A

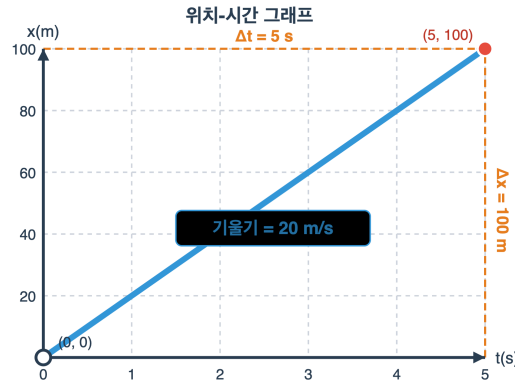
정답: ③

이상 변압기에서는 권선수와 전압이 비례한다.  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{50}{200} = \frac{1}{4}$ , 따라서  $V_2 = 50\text{V}$ . 2차 코일에 연결된 저항에 흐르는 전류는  $I_2 = \frac{V_2}{R} = \frac{50}{5} = 10\text{A}$ . 이상 변압기는 에너지 손실이 없으므로 1차와 2차의 전력이 같다:  $V_1 I_1 = V_2 I_2$ . 따라서  $I_1 = \frac{V_2 I_2}{V_1} = \frac{50 \times 10}{200} = 2.5\text{A}$ . 또는  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{4}$  로 바로  $I_1 = 2.5\text{A}$ . 답은 ③.

고압 송전이 효율적인 이유가 변압기 덕분이다. 전압을 수십만 V로 올리면 같은 전력을 송전할 때 전류가 작아지고, 전선에서의 열손실 ( $I^2 R$ )이 극적으로 줄어든다.

**Q61** 운동의 표현

한 자동차의 위치-시간 그래프가 원점을 지나는 직선으로 나타났고, 이 직선의 기울기가 20 m/s이다. 이 자동차의 운동에 대한 설명으로 옳은 것은?



- ① ① 등가속도 운동을 한다
- ② ② 속력이 점점 증가한다
- ③ ③ 정지해 있다
- ④ ④ 일정한 속도 20 m/s로 등속 운동을 한다
- ⑤ ⑤ 가속도가 20 m/s<sup>2</sup>이다

**정답: ④**

☞ 위치-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 그 순간의 속도를 의미한다. 기울기가 일정한 직선이므로 속도가 변하지 않는 등속 직선 운동이며, 속도의 크기는 기울기 값인 20 m/s이다. 가속도는 0이다.

💡 위치-시간 그래프가 곡선이면 그 점에서의 접선 기울기가 순간 속도가 된다.

**Q62** 운동의 표현

어떤 학생이 둘레가 400 m인 운동장 트랙을 일정한 속력으로 정확히 한 바퀴 도는 데 100 s가 걸렸다. 출발점과 도착점이 같을 때, 이 학생의 평균 속력과 평균 속도의 크기는 각각 얼마인가?

- ① ① 평균 속력 4 m/s, 평균 속도 4 m/s
- ② ② 평균 속력 4 m/s, 평균 속도 0 m/s
- ③ ③ 평균 속력 0 m/s, 평균 속도 4 m/s
- ④ ④ 평균 속력 0 m/s, 평균 속도 0 m/s
- ⑤ ⑤ 평균 속력 2 m/s, 평균 속도 2 m/s

**정답: ②**

☞ 평균 속력은 스칼라량으로  $\frac{\text{총 이동 거리}}{\text{걸린 시간}} = \frac{400}{100} = 4 \text{ m/s}$ 이다. 평균 속도는 벡터량으로  $\frac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}}$ 인데, 출발점과 도착점이 일치하므로 변위가 0이다. 따라서 평균 속도의 크기는 0 m/s이다. 폐곡선 운동에서는 이동 거리와 변위가 크게 다를 수 있다.

💡 마라톤 선수처럼 출발선에서 결승선까지 가는 종목은 평균 속력과 평균 속도가 일치한다.


**Q63** 파동의 성질

다음 보기 중 종파(소밀파)에 해당하는 것을 모두 고른 것은?

- ㄱ. 줄을 위아래로 흔들어 만든 줄의 파동
- ㄴ. 공기 중을 전파하는 음파
- ㄷ. 진공 중에서 진행하는 빛(전자기파)
- ㄹ. 지진파의 P파(1차파)

- ① ① ㄱ, ㄴ
- ② ② ㄴ, ㄷ
- ③ ③ ㄴ, ㄹ
- ④ ④ ㄷ, ㄹ
- ⑤ ⑤ ㄱ, ㄷ

 **정답: ③**

 종파는 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 나란한 파동이고, 횡파는 진동 방향과 진행 방향이 서로 수직인 파동이다.

- ㄱ. 줄의 파동: 줄은 위아래로, 파동은 옆으로 진행하므로 횡파.
- ㄴ. 음파: 공기 분자가 진행 방향으로 압축, 팽창하므로 종파.
- ㄷ. 빛(전자기파): 전기장과 자기장이 진행 방향에 수직으로 진동하는 횡파.
- ㄹ. 지진파 P파: 매질을 압축, 팽창시키며 전파되는 종파(S파는 횡파).

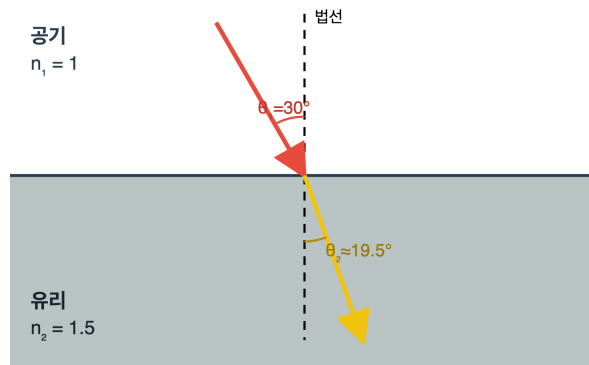
따라서 종파는 ㄴ, ㄹ이다.

 지진파에서 P파(종파)가 S파(횡파)보다 빨라 먼저 도달하기 때문에 'Primary(1차)', 'Secondary(2차)'로 부른다.



Q65 파동의 성질

빛이 공기 중에서 굴절률  $n = 1.5$ 인 유리로 입사할 때, 입사각이  $30^\circ$ 이면 굴절각은 약 얼마인가? (공기의 굴절률  $n_{\text{공기}} = 1$ ,  $\sin 30^\circ = 0.5$ )



- ① ① 약  $14.5^\circ$
- ② ② 약  $19.5^\circ$
- ③ ③ 약  $30^\circ$
- ④ ④ 약  $42^\circ$
- ⑤ ⑤ 약  $48.6^\circ$

정답: ②

스넬의 법칙  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 를 적용하면

$$\begin{aligned} 1 \times \sin 30^\circ &= 1.5 \times \sin \theta_2 \\ \sin \theta_2 &= \frac{0.5}{1.5} = \frac{1}{3} \approx 0.333 \\ \theta_2 &= \sin^{-1}(1/3) \approx 19.5^\circ \end{aligned}$$

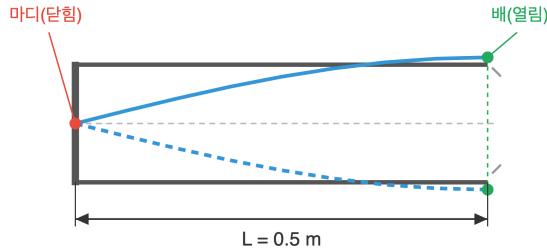
빛이 광학적으로 더 밀한 매질(굴절률이 큰 매질)로 들어갈 때 굴절 광선은 법선 쪽으로 꺾인다.

물 속에 꽂힌 빨대가 꺾여 보이는 현상도 같은 굴절 원리이며, 사람 눈의 각막과 수정체도 빛을 굴절시켜 망막에 상을 맺힌다.

**Q66** 파동의 성질

한쪽 끝은 막혀 있고 다른 쪽 끝은 열려 있는 길이  $L = 0.5\text{m}$ 인 관에서 기본 진동(가장 낮은 진동수)의 정상파가 형성되었다. 공기 중에서 음속이  $v = 340\text{m/s}$ 일 때, 이 기본 진동수는 얼마인가?

한쪽 막힌 관 : 기본 진동



$$\lambda/4 = L \rightarrow \lambda = 4L$$

$$f = v/\lambda = 340 / 2 = 170 \text{ Hz}$$

- ① ① 85 Hz
- ② ② 170 Hz
- ③ ③ 255 Hz
- ④ ④ 340 Hz
- ⑤ ⑤ 680 Hz

☞ 정답: ②

한쪽이 막힌 관에서 정상파는 막힌 쪽이 변위 마디, 열린 쪽이 변위 배가 된다. 기본 진동에서는 마디 1개, 배 1개만 있어 관의 길이가 파장의 1/4이다.

$$L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 4L = 4 \times 0.5 = 2\text{m}$$

진동수는

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{2} = 170 \text{ Hz}$$

💡 플루트(양쪽 열림)와 클라리넷(한쪽 닫힘)이 같은 길이라도 다른 음을 내는 이유가 바로 정상파의 경계 조건 차이 때문이다.

**Q67** 열역학

일정한 온도에서 이상 기체가 들어 있는 실린더의 처음 상태가 부피  $V_1 = 6\text{L}$ , 압력  $P_1 = 2\text{atm}$ 이다. 등온 과정으로 천천히 부피를  $V_2 = 4\text{L}$ 로 압축하였을 때, 최종 압력  $P_2$ 는 얼마인가?

- ① ① 1 atm
- ② ② 2 atm
- ③ ③ 3 atm
- ④ ④ 4 atm
- ⑤ ⑤ 6 atm

☞ 정답: ③

등온 과정에서는 이상 기체의 상태 방정식  $PV = nRT$ 에서  $T$ 가 일정하므로  $PV = \text{일정}$  (보일의 법칙)이 성립한다.

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= P_2 V_2 \\ 2\text{atm} \times 6\text{L} &= P_2 \times 4\text{L} \\ P_2 &= \frac{12}{4} = 3\text{atm} \end{aligned}$$

등온 압축에서는 부피가 줄어든 만큼 압력이 반비례로 증가한다.

💡 보일의 법칙(1662년)은 정량적 실험으로 발견된 최초의 기체 법칙으로, 화학의 근대화에 결정적 역할을 했다.

Q68 열역학

잘 단열된 실린더 안에 들어 있는 이상 기체를 외부에서 빠르게 압축하였다. 이 단열 압축 과정에서 기체의 내부 에너지와 온도 변화로 옳은 것은? (열역학 1법칙:  $\Delta U = Q - W$ , 여기서  $W$ 는 기체가 외부에 한 일)

- ① ① 내부 에너지 감소, 온도 하강
- ② ② 내부 에너지 감소, 온도 상승
- ③ ③ 내부 에너지 일정, 온도 일정
- ④ ④ 내부 에너지 증가, 온도 하강
- ⑤ ⑤ 내부 에너지 증가, 온도 상승

정답: ⑤

단열 과정이므로  $Q = 0$ 이다. 압축 과정에서는 외부가 기체에 일을 해 주므로 기체가 외부에 한 일은 음수, 즉  $W < 0$ 이다. 열역학 1법칙에서

$$\Delta U = Q - W = 0 - (\text{음수}) > 0$$

따라서 내부 에너지가 증가한다. 이상 기체의 내부 에너지는 온도만의 함수이므로 ( $U \propto T$ ) 온도도 상승한다.

디젤 엔진은 공기를 단열 압축해 온도를 발화점 이상으로 올린 뒤 연료를 분사해 점화하며, 점화 플러그가 필요 없다.

Q69 현대물리 도입

수소 원자에서 전자가  $n = 2$  준위에서  $n = 1$  준위로 전이할 때 방출되는 빛에 대한 설명으로 옳은 것은? (수소 원자의 에너지 준위:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{eV}$$

- ① ① 방출 광자의 에너지는 약 1.89eV이며 가시광선이다
- ② ② 방출 광자의 에너지는 약 10.2eV이며 자외선이다
- ③ ③ 방출 광자의 에너지는 약 13.6eV이며 자외선이다
- ④ ④ 방출 광자의 에너지는 약 3.4eV이며 적외선이다
- ⑤ ⑤ 전자가 빛을 흡수만 하므로 빛은 방출하지 않는다

정답: ②

전이 시 방출되는 광자의 에너지는 두 준위 에너지 차이이다.

$$E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6 \text{eV}, \quad E_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -3.4 \text{eV}$$

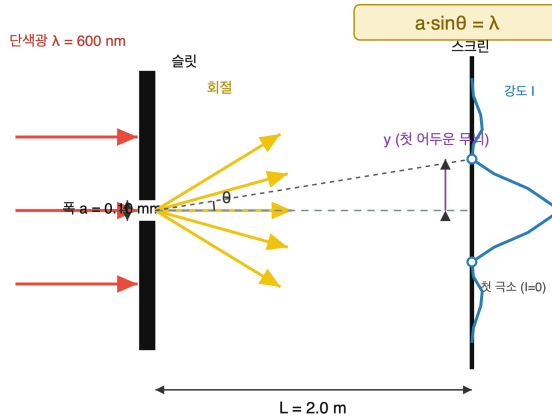
$$hf = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2 \text{eV}$$

이 전이는  $n \rightarrow 1$ 로 끝나는 라이먼 계열의 첫 번째 선이다. 10.2eV 광자는 파장 약 122nm로 자외선 영역에 속한다 (가시광선 영역의 발머 계열과 구별).

성간운에서 검출되는 라이먼-알파( $n = 2 \rightarrow 1$ ) 자외선은 천체물리학에서 먼 우주의 수소를 추적하는 가장 강력한 신호 중 하나이다.

**Q70** 파동의 성질

폭  $a = 0.10 \text{ mm}$ 인 단일 슬릿에 파장  $\lambda = 600 \text{ nm}$ 인 단색광을 수직으로 입사시켰다. 슬릿에서  $L = 2.0 \text{ m}$  떨어진 스크린에서, 중앙 밝은 무늬의 중심으로부터 첫 번째 어두운 무늬까지의 거리는 얼마인가? (작은 각 근사  $\sin\theta \approx \tan\theta = y/L$  사용)



- ① ① 0.30 mm
- ② ② 0.60 mm
- ③ ③ 3.0 mm
- ④ ④ 6.0 mm
- ⑤ ⑤ 12 mm

**정답: ⑤**

단일 슬릿 회절에서 첫 번째 어두운 무늬의 조건은  $a \sin\theta = \lambda$ 이다 (슬릿을 둘로 나눠 짝지은 두 광원이 반파장 경로차로 상쇄되는 조건). 작은 각 근사  $\sin\theta \approx y/L$ 을 대입하면

$$a \cdot \frac{y}{L} = \lambda \Rightarrow y = \frac{\lambda L}{a}$$

수치 대입:

$$y = \frac{(600 \times 10^{-9} \text{ m})(2.0 \text{ m})}{0.10 \times 10^{-3} \text{ m}} = \frac{1.2 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-4}} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ m} = 12 \text{ mm}$$

💡 천문대 망원경의 분해능 한계도 회절 때문에 결정되며, 구경 D인 원형 조리개의 분해능은  $\theta \approx 1.22\lambda/D$ 로 주어진다.

**Q71** 열역학

어떤 카르노 열기관이 고온부  $T_h = 600 \text{ K}$ , 저온부  $T_c = 300 \text{ K}$  사이에서 작동한다. 한 순환 동안 고온부에서  $Q_h = 800 \text{ J}$ 을 흡수한다면, 이 열기관이 한 순환 동안 한 일  $W$ 와 저온부로 버린 열  $Q_c$ 는 각각 얼마인가?

- ① ①  $W = 200 \text{ J}$ ,  $Q_c = 600 \text{ J}$
- ② ②  $W = 300 \text{ J}$ ,  $Q_c = 500 \text{ J}$
- ③ ③  $W = 400 \text{ J}$ ,  $Q_c = 400 \text{ J}$
- ④ ④  $W = 500 \text{ J}$ ,  $Q_c = 300 \text{ J}$
- ⑤ ⑤  $W = 800 \text{ J}$ ,  $Q_c = 0 \text{ J}$

**정답: ③**

카르노 열기관의 효율(이상적 열기관의 최대 효율)은 고온부와 저온부의 절대 온도만으로 결정된다.

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{300}{600} = 0.5 \text{ (50\%)}$$

한 순환 동안 한 일

$$W = \eta \cdot Q_h = 0.5 \times 800 = 400 \text{ J}$$

에너지 보존(열역학 1법칙)에 의해 저온부로 버린 열

$$Q_c = Q_h - W = 800 - 400 = 400 \text{ J}$$

카르노 효율은 두 온도 사이에서 작동하는 모든 열기관 효율의 이론적 상한이다.

💡 실제 자동차 엔진 효율은 약 25 - 35%로 카르노 효율보다 훨씬 낮으며, 마찰과 비가역 과정 때문이다.

**Q72** 현대물리 도입

파장  $\lambda = 500\text{nm}$ 인 빛이 거울에 수직으로 입사하여 같은 파장으로 완전 반사된다. 광자 1개가 거울에 가하는 충격량의 크기는 얼마인가? (플랑크 상수  $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ )

- ① ①  $1.33 \times 10^{-27}\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- ② ②  $2.65 \times 10^{-27}\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- ③ ③  $6.63 \times 10^{-27}\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- ④ ④  $1.33 \times 10^{-21}\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- ⑤ ⑤  $2.65 \times 10^{-21}\text{kg}\cdot\text{m/s}$

**정답: ②**

☞ 광자의 운동량은  $p = h/\lambda$ 로 주어진다.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{500 \times 10^{-9}} = 1.33 \times 10^{-27}\text{kg}\cdot\text{m/s}$$

거울에 수직 입사 후 같은 속력으로 반대 방향으로 반사되므로, 광자의 운동량은  $+p$ 에서  $-p$ 로 변한다. 운동량 변화의 크기는

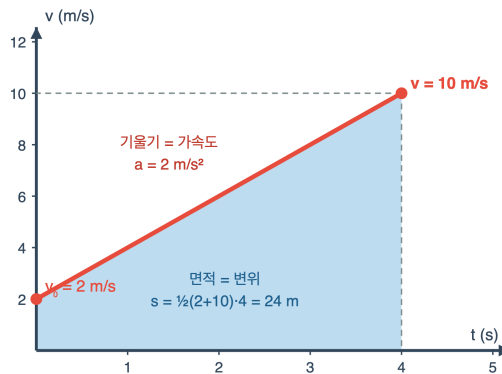
$$|\Delta p_{\text{광자}}| = |-p - (+p)| = 2p = 2.65 \times 10^{-27}\text{kg}\cdot\text{m/s}$$

작용-반작용 법칙에 의해 거울이 광자로부터 받는 충격량은 광자 운동량 변화와 크기가 같다.

💡 이 원리를 이용해 햇빛만으로 추진하는 '솔라 세일(태양 돛)' 우주선이 실제로 개발되어 있다.

**Q73** 운동의 표현

속도-시간 그래프가 다음과 같다. 시각  $t = 0$ 에서 속도  $v_0 = 2\text{m/s}$ 이고,  $t = 4\text{s}$ 에서 속도  $v = 10\text{m/s}$ 까지 직선으로 증가하는 등가속도 운동을 한다. 이 4초 동안 물체의 변위는?



- ① ① 16 m
- ② ② 20 m
- ③ ③ 24 m
- ④ ④ 28 m
- ⑤ ⑤ 32 m

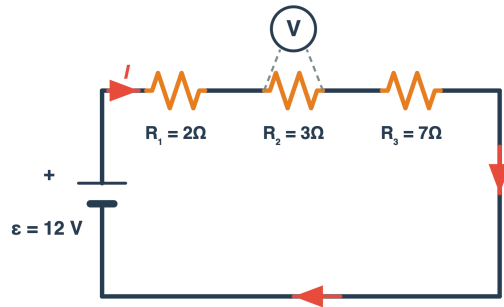
**정답: ③ 24 m**

☞ 등가속도 운동에서 변위는  $v-t$  그래프의 면적과 같다. 그래프는 윗변  $v_0 = 2\text{m/s}$ , 아랫변  $v = 10\text{m/s}$  (실제로는 사다리꼴 평행한 두 변), 높이  $t = 4\text{s}$ 인 사다리꼴이다. 사다리꼴 면적:  $s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}(2 + 10)(4) = 24\text{ m}$ . 또는 공식  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $a = \frac{10-2}{4} = 2\text{ m/s}^2$ 이므로  $s = 2(4) + \frac{1}{2}(2)(16) = 8 + 16 = 24\text{ m}$ .

💡  $v-t$  그래프의 '면적이 변위'라는 사실은 적분의 기하학적 의미와 동일하다. 미적분이 등장하기 이전 갈릴레오도 이 사다리꼴 방법으로 자유낙하의 거리를 구했다.

**Q74** 전기와 회로

기전력  $\varepsilon = 12 \text{ V}$ 인 전지에 저항  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 3 \Omega$ ,  $R_3 = 7 \Omega$ 이 직렬로 연결되어 있다. 회로에 흐르는 전류와  $R_2$  양단에 걸리는 전압은? (전지 내부저항은 무시한다.)



- ① ①  $I = 1 \text{ A}$ ,  $V_2 = 3 \text{ V}$
- ② ②  $I = 1 \text{ A}$ ,  $V_2 = 6 \text{ V}$
- ③ ③  $I = 2 \text{ A}$ ,  $V_2 = 3 \text{ V}$
- ④ ④  $I = 2 \text{ A}$ ,  $V_2 = 6 \text{ V}$
- ⑤ ⑤  $I = 3 \text{ A}$ ,  $V_2 = 9 \text{ V}$

☞ **정답:** ①  $I = 1 \text{ A}$ ,  $V_2 = 3 \text{ V}$

📖 직렬연결이므로 합성저항은 단순 합이다:  $R = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 3 + 7 = 12 \Omega$ . 옴의 법칙으로 회로 전류:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{12 \text{ V}}{12 \Omega} = 1 \text{ A.}$$

직렬에서는 모든 저항에 같은 전류가 흐르므로  $R_2$  양단 전압:  $V_2 = IR_2 = 1 \times 3 = 3 \text{ V}$ . (검산:

$$V_1 + V_2 + V_3 = 2 + 3 + 7 = 12 \text{ V}$$

로 전지 기전력과 일치.)

💡 직렬연결에서는 전류가 '같고', 병렬연결에서는 전압이 '같다'. 가정용 콘센트들은 병렬로 연결돼 있어 하나를 꺼도 다른 기기 전압이 그대로 220 V로 유지된다.

**Q75** 현대물리 도입

태양빛의 연속 스펙트럼에는 특정 파장에서 검은 흡수선(프라운호퍼선)이 관측된다. 이 흡수선이 생기는 이유로 가장 옳은 것은?

- ① ① 태양 표면의 온도가 너무 낮아 일부 파장이 방출되지 못한다.
- ② ② 지구 대기의 산소가 모든 가시광선 영역을 균일하게 흡수한다.
- ③ ③ 태양 외곽 대기의 원자가 자신의 에너지 준위에 해당하는 파장의 광자를 흡수하여 전자가 더 높은 준위로 전이한다.
- ④ ④ 광자가 자기장에 의해 휘어져 검출되지 못한다.
- ⑤ ⑤ 광자가 빛의 속도보다 빨라져 검출이 불가능해진다.

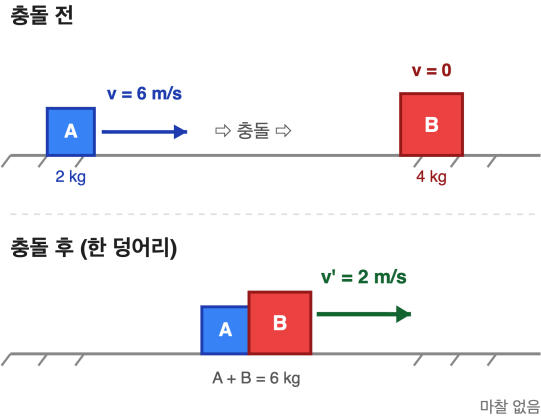
☞ **정답:** ③ 태양 외곽 대기의 원자가 자신의 에너지 준위에 해당하는 파장의 광자를 흡수하여 전자가 더 높은 준위로 전이한다.

📖 원자의 전자는 양자화된 에너지 준위  $E_1, E_2, E_3, \dots$  에만 존재할 수 있다. 입사한 광자의 에너지  $hf$ 가 두 준위의 에너지 차  $\Delta E = E_n - E_m$ 과 정확히 일치할 때만 흡수되어 전자가 위 준위로 들뜬다. 태양 광구에서 나온 연속광이 태양 외곽 대기(채층)를 통과할 때, 그곳에 있는 수소, 칼슘 등의 원자들이 자기 고유 에너지 차이에 해당하는 파장만 골라 흡수하기 때문에 그 파장에서 검은 줄(흡수선)이 나타난다. 이는 곧 그 별의 화학 조성을 알려주는 '지문' 역할을 한다.

💡 독일 광학자 프라운호퍼는 1814년 태양 스펙트럼에서 600여 개의 검은 선을 발견했지만 원인은 몰랐다. 50년 뒤 키르히호프가 '특정 원소가 흡수한 자국'임을 밝혀 별의 조성을 분광학으로 파악하는 길이 열렸다.

**Q76** 운동량과 충격량

질량 2 kg인 물체 A가 6 m/s로 일직선상에서 정지해 있는 질량 4 kg인 물체 B에 충돌한 뒤 두 물체가 한 덩어리가 되어 함께 움직였다. 충돌 직후 두 물체의 공통 속도와, 충돌 과정에서 손실된 운동에너지의 비율은?



- ① ① 2 m/s,  $\frac{1}{3}$
- ② ② 2 m/s,  $\frac{2}{3}$
- ③ ③ 3 m/s,  $\frac{1}{2}$
- ④ ④ 3 m/s,  $\frac{2}{3}$
- ⑤ ⑤ 4 m/s,  $\frac{1}{3}$

☞ 정답: ② 2 m/s,  $\frac{2}{3}$

☞ 외력이 없는 1차원 충돌이므로 운동량은 보존된다.

충돌 전 총 운동량:  $p_i = m_A v_A + m_B v_B = (2)(6) + (4)(0) = 12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ .

완전비탄성 충돌이므로 충돌 후 두 물체의 공통 속도  $v'$ 는

$$(m_A + m_B)v' = p_i \Rightarrow v' = \frac{12}{2+4} = 2 \text{ m/s}.$$

에너지 비교:  $K_i = \frac{1}{2}(2)(6^2) = 36 \text{ J}$ ,  $K_f = \frac{1}{2}(6)(2^2) = 12 \text{ J}$ .

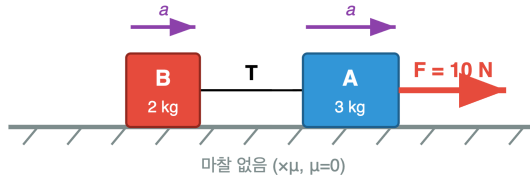
손실량  $\Delta K = 24 \text{ J}$ , 손실 비율  $\frac{\Delta K}{K_i} = \frac{24}{36} = \frac{2}{3}$ .

💡 완전비탄성 충돌에서는 항상 운동에너지의 일부가 열·소리·변형으로 사라진다. 반면 운동량은 외력만 없으면 어떤 충돌에서도 100 % 보존된다는 점이 핵심 차이다.

**Q77** 힘과 뉴턴 법칙

수평이고 마찰이 없는 책상 위에 질량  $m_1 = 3 \text{ kg}$ 인 블록 A와  $m_2 = 2 \text{ kg}$ 인 블록 B를 가벼운 끈으로 연결하고, 블록 A에 수평 방향으로  $F = 10 \text{ N}$ 의 힘을 가하여 함께 가속시켰다. 끈에 걸리는 장력  $T$ 는?

끈으로 연결된 두 블록 (수평, 마찰 없음)



- ① ① 2 N
- ② ② 3 N
- ③ ③ 4 N
- ④ ④ 5 N
- ⑤ ⑤ 6 N

**정답: ③ 4 N**

두 블록과 끈을 한 덩어리(질량  $m_1 + m_2 = 5 \text{ kg}$ )로 보고 뉴턴 2법칙을 적용한다.

$$F = (m_1 + m_2)a \Rightarrow a = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}^2.$$

이제 끈으로 끌려가는 블록 B만 따로 자유물체도를 그리면, B에 작용하는 수평력은 끈의 장력  $T$ 뿐이다.

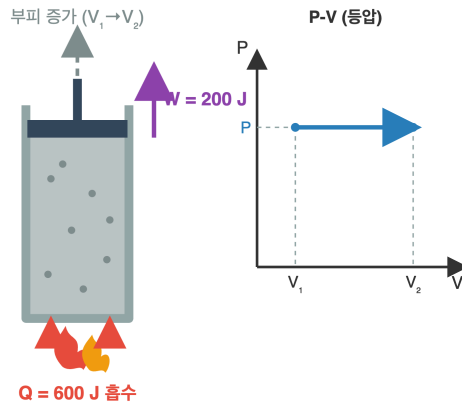
$$T = m_2 a = 2 \times 2 = 4 \text{ N}.$$

검산: 블록 A에는 외력  $F$ (오른쪽)와 끈의 반작용  $T$ (왼쪽)가 작용.  $F - T = m_1 a \Rightarrow 10 - 4 = 6 = 3 \times 2 \checkmark$ .

💡 끈은 '힘을 전달하는 매개체'일 뿐 자기 질량이 없다고 가정할 때 양 끝의 장력이 같다. 실제 무거운 사슬이나 두꺼운 로프에서는 각 위치의 장력이 달라 다리를 설계할 때 이를 반드시 고려한다.

Q78 열역학

실린더 속 이상기체가 일정한 압력에서 외부로부터  $Q = 600 \text{ J}$ 의 열을 흡수하면서 부피가 늘어나 외부에  $W = 200 \text{ J}$ 의 일을 하였다. 이 과정 동안 기체의 내부에너지 변화  $\Delta U$ 와 온도 변화의 부호는?



- ① ①  $\Delta U = -400 \text{ J}$ , 온도 감소
- ② ②  $\Delta U = +200 \text{ J}$ , 온도 증가
- ③ ③  $\Delta U = +400 \text{ J}$ , 온도 증가
- ④ ④  $\Delta U = +600 \text{ J}$ , 온도 증가
- ⑤ ⑤  $\Delta U = +800 \text{ J}$ , 온도 증가

☞ 정답: ③  $\Delta U = +400 \text{ J}$ , 온도 증가

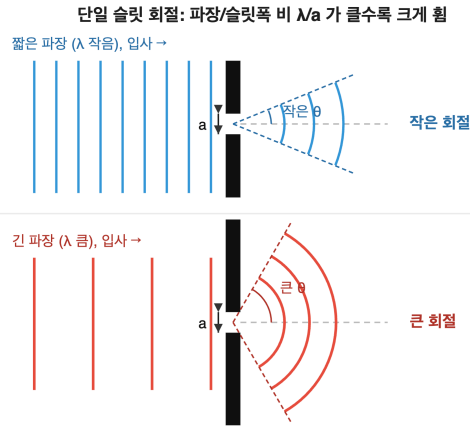
📖 열역학 제1법칙에서 부호 규약은 '기체가 흡수한 열은  $Q > 0$ , 기체가 외부에 한 일은  $W > 0$ '이다.  
 $\Delta U = Q - W = 600 - 200 = +400 \text{ J}$ .

이상기체의 내부에너지는 온도에만 의존하므로  $\Delta U > 0$ 이면 온도도 올라간다. 즉, 등압 팽창에서 흡수한 열  $600 \text{ J}$  중  $200 \text{ J}$ 은 기체가 외부에 일을 하는 데 쓰이고, 나머지  $400 \text{ J}$ 이 내부에너지(분자들의 평균 운동에너지)로 저장돼 온도가 상승한다.

💡 같은 열량을 줄 때 '등압' 가열은 '등적' 가열보다 온도가 덜 오른다. 흡수한 열의 일부가 외부에 일(부피 팽창)로 빠져나가기 때문이다. 그래서 정압비열  $C_p$ 가 정적비열  $C_v$ 보다 항상 크다.

**Q79** 파동의 성질

폭이 같은 한 슬릿에 파장이 서로 다른 파를 입사시켜 회절 현상을 관찰하였다. 회절(휨)이 가장 잘 일어나는 경우와, 그 이유로 옳은 것은?



- ① ① 슬릿 폭에 비해 파장이 매우 작을 때 가장 잘 일어난다. 짧은 파장은 직진성이 강하기 때문이다.
- ② ② 슬릿 폭에 비해 파장이 짧을 때 가장 잘 일어난다. 광자 에너지가 크기 때문이다.
- ③ ③ 슬릿 폭과 파장이 정확히 같을 때만 일어난다.
- ④ ④ 슬릿 폭에 비해 파장이 길수록 더 잘 일어난다. 파동이 장애물 크기보다 길면 모서리 효과가 커져 휘기 쉽기 때문이다.
- ⑤ ⑤ 회절은 파장과 무관하며 슬릿 폭에만 의존한다.

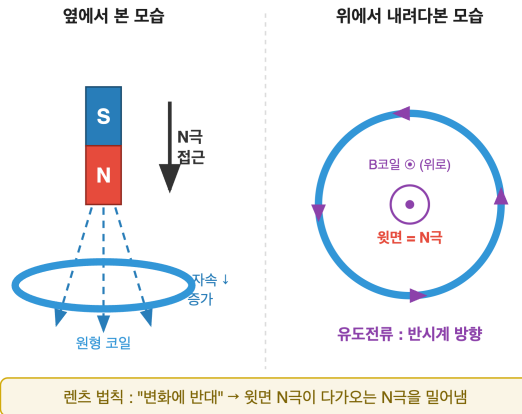
**정답: ④ 슬릿 폭에 비해 파장이 길수록 더 잘 일어난다. 파동이 장애물 크기보다 길면 모서리 효과가 커져 휘기 쉽기 때문이다.**

☞ 단일 슬릿 회절에서 첫 어두운 무늬의 각  $\theta$ 는  $\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$  ( $a$ : 슬릿 폭)로 주어진다. 즉, 회절각의 크기는  $\frac{\lambda}{a}$ 가 클수록 커진다. 같은 슬릿 이라면 파장  $\lambda$ 가 길수록 회절이 잘 일어나며, 반대로 파장이 슬릿 폭에 비해 너무 짧으면 파동은 거의 직진하여 회절이 잘 보이지 않는다. 일상적 비교: 라디오파(파장 수 m)는 건물 모서리를 잘 돌아오지만, 가시광선(파장 수백 nm)은 일반 사물 뒤로 거의 새지 않는 것이 같은 원리이다.

💡 AM 라디오(파장 약 300 m)는 산을 넘고 건물을 돌아 들어오지만, FM 라디오와 휴대전화 신호(파장 cm 수준)는 회절이 약해 산 뒤에서 잘 끊긴다. 그래서 산악지대에는 별도의 중계기가 필요하다.

**Q80** 자기장과 전자기 유도

수평으로 놓인 원형 코일의 위쪽에서 막대자석의 N극을 코일 중심을 향해 내려보냈다. 이때 위에서 내려다본 코일에 흐르는 유도전류의 방향과 그 까닭으로 옳은 것은?



- ① ① 위에서 볼 때 시계 방향. 자속 증가를 도와 자석을 끌어당기기 때문이다.
- ② ② 위에서 볼 때 시계 방향. 코일의 윗면이 S극이 되어 자석을 끌어당기기 때문이다.
- ③ ③ 위에서 볼 때 반시계 방향. 코일의 윗면이 N극이 되어 자석의 접근을 방해하기 때문이다.
- ④ ④ 위에서 볼 때 반시계 방향. 자속이 변하지 않아 균형을 맞추기 위해서다.
- ⑤ ⑤ 전류가 흐르지 않는다. 자석이 정지 상태가 아니면 패러데이 법칙이 성립하지 않기 때문이다.

☞ **정답: ③ 위에서 볼 때 반시계 방향. 코일의 윗면이 N극이 되어 자석의 접근을 방해하기 때문이다.**

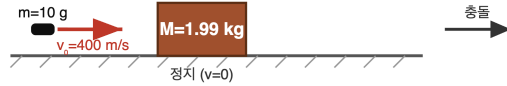
📖 패러데이 법칙  $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$ 의 음의 부호가 곧 렌츠 법칙이다. N극이 다가오면 코일을 아래 방향으로 관통하는 자속이 증가한다. 코일은 이 '변화'를 방해하려 하므로, 증가하는 아래 방향 자속을 상쇄하기 위해 위 방향 자기장을 만든다. 오른손 법칙으로 위 방향 자기장을 만들려면 위에서 봤을 때 전류가 반시계 방향으로 흘러야 하며, 결과적으로 코일의 윗면이 N극이 되어 다가오는 자석의 N극을 밀어낸다. (즉, 외력이 일을 해야 자석을 더 밀어 넣을 수 있다 - 에너지 보존과도 합치.)

💡 렌츠 법칙은 단순한 '부호 규칙'이 아니라 에너지 보존의 표현이다. 만약 반대 방향으로 전류가 흘러 자석을 빨아들이면, 가속이 저절로 일어나면서 회로엔 전류, 자석엔 운동에너지가 둘 다 공짜로 생겨 영구기관이 가능해진다.

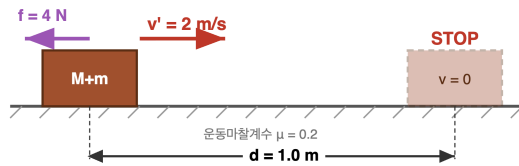
**Q81** 운동량과 충격량

수평면 위에 정지해 있는 질량  $M = 1.99 \text{ kg}$ 의 나무토막에 질량  $m = 10 \text{ g}$ , 속도  $v_0 = 400 \text{ m/s}$ 인 총알이 수평으로 박혔다. 충돌 직후 토막+총알은 한 덩어리가 되어 미끄러지다가 운동마찰계수  $\mu = 0.2$ 인 면과의 마찰로 정지하였다. 충돌 직후 공통 속도  $v'$ 와, 정지할 때까지 미끄러진 거리  $d$ 는? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

충돌 전



충돌 후 (한 덩어리 M+m)



- ① ①  $v' = 1 \text{ m/s}$ ,  $d = 0.25 \text{ m}$
- ② ②  $v' = 2 \text{ m/s}$ ,  $d = 1.0 \text{ m}$
- ③ ③  $v' = 2 \text{ m/s}$ ,  $d = 2.0 \text{ m}$
- ④ ④  $v' = 4 \text{ m/s}$ ,  $d = 1.0 \text{ m}$
- ⑤ ⑤  $v' = 4 \text{ m/s}$ ,  $d = 4.0 \text{ m}$

**정답: ②**  $v' = 2 \text{ m/s}$ ,  $d = 1.0 \text{ m}$

1단계 - 충돌 (완전비탄성, 운동량 보존, 마찰력은 충격력에 비해 무시).

$$mv_0 = (m + M)v' \Rightarrow v' = \frac{(0.01)(400)}{0.01 + 1.99} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m/s.}$$

2단계 - 미끄러짐 (일·에너지 정리: 마찰력이 한 일 = 운동에너지 감소).

마찰력  $f = \mu(m + M)g = 0.2 \times 2 \times 10 = 4 \text{ N}$ .

초기 운동에너지  $K = \frac{1}{2}(m + M)v'^2 = \frac{1}{2}(2)(2)^2 = 4 \text{ J}$ .

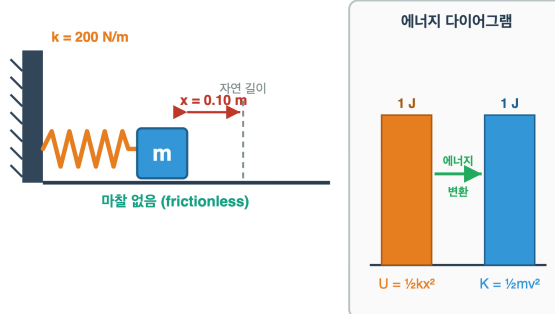
$$f \cdot d = K \Rightarrow d = \frac{K}{f} = \frac{4}{4} = 1.0 \text{ m.}$$

(또는 감속도  $a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$ 로  $d = \frac{v'^2}{2a} = \frac{4}{4} = 1.0 \text{ m}$ .)

이 실험적 장치는 '탄동진자(ballistic pendulum)'의 변형으로, 매우 빠른 총알의 속도를 직접 재기 어렵던 시절에 운동량 보존을 이용해 속도를 역추산하는 데 쓰였다. 18세기 영국 수학자 벤저민 로빈스가 고안했다.

**Q82** 일과 에너지 보존

마찰이 없는 수평면 위에 용수철 상수  $k = 200 \text{ N/m}$ 의 가벼운 용수철 한쪽 끝을 벽에 고정하고, 다른 끝에 질량  $m = 0.5 \text{ kg}$ 의 물체를 붙여 용수철을 자연 길이에서  $x = 0.10 \text{ m}$ 만큼 압축한 뒤 가만히 놓았다. 용수철이 자연 길이가 되는 순간 물체가 용수철에서 분리되어 미끄러진다. 분리 직후 물체의 속력  $v$ 는?



- ① ① 1 m/s
- ② ② 2 m/s
- ③ ③ 4 m/s
- ④ ④ 10 m/s
- ⑤ ⑤ 20 m/s

🎯 정답: ② 2 m/s

📖 마찰이 없으므로 압축된 용수철의 탄성위치에너지가 그대로 물체의 운동에너지로 전환된다.

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2.$$

$v$ 에 대해 풀면

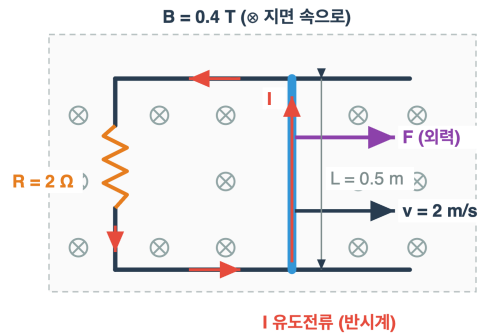
$$v = x\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.10\sqrt{\frac{200}{0.5}} = 0.10\sqrt{400} = 0.10 \times 20 = 2 \text{ m/s}.$$

수치 확인: 탄성에너지  $U = \frac{1}{2}(200)(0.10)^2 = 1 \text{ J}$ , 운동에너지  $K = \frac{1}{2}(0.5)(2)^2 = 1 \text{ J}$  ✓.

💡 새총·석궁·자동차 서스펜션·트램펄린 모두 이 식 한 줄( $\frac{1}{2}kx^2 \rightarrow \frac{1}{2}mv^2$ )로 작동을 설명할 수 있다. 같은 에너지를 저장해도  $k$ 가 크면 짧게 압축해도 같은 속도를 낼 수 있다.

**Q83** 자기장과 전자기 유도

세기  $B = 0.4 \text{ T}$ 인 균일한 자기장이 지면에 수직으로 들어가는 방향으로 형성되어 있다. 이 영역 내에 놓인 'ㄷ'자 모양의 도선 레일 (저항  $R = 2 \Omega$ )에 길이  $L = 0.5 \text{ m}$ 의 도체 막대가 수평으로 놓여 있고, 이 막대를 일정한 속도  $v = 2 \text{ m/s}$ 로 자기장에 수직으로 당겨 움직였다. 막대에 유도되는 기전력  $\varepsilon$ 과 회로에 흐르는 전류  $I$ 는? (레일 저항·마찰은 무시)



- ① ①  $\varepsilon = 0.2 \text{ V}, I = 0.1 \text{ A}$
- ② ②  $\varepsilon = 0.4 \text{ V}, I = 0.2 \text{ A}$
- ③ ③  $\varepsilon = 0.8 \text{ V}, I = 0.4 \text{ A}$
- ④ ④  $\varepsilon = 1.0 \text{ V}, I = 0.5 \text{ A}$
- ⑤ ⑤  $\varepsilon = 2.0 \text{ V}, I = 1.0 \text{ A}$

☞ 정답: ②  $\varepsilon = 0.4 \text{ V}, I = 0.2 \text{ A}$

☞ 움직이는 도체 막대가 만드는 운동기전력(motional emf)은

$$\varepsilon = BLv = (0.4)(0.5)(2) = 0.4 \text{ V.}$$

같은 결과를 패러데이 법칙으로도 얻을 수 있다: 시간  $\Delta t$  동안 회로의 면적 변화는  $\Delta A = Lv\Delta t$ 이므로 자속 변화  $\Delta\Phi = B\Delta A = BLv\Delta t$ , 따라서  $|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BLv$ .

옴의 법칙으로 회로 전류:

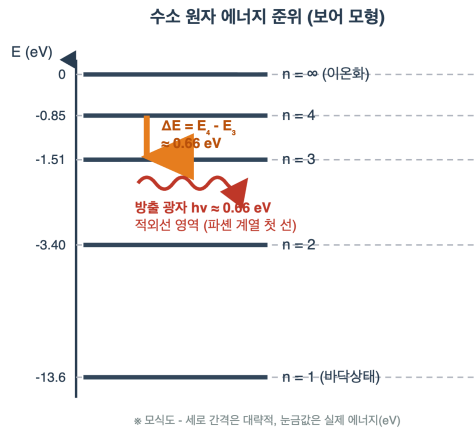
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ A.}$$

에너지 측면: 막대에 가해야 하는 외력  $F = BIL = (0.4)(0.2)(0.5) = 0.04 \text{ N}$ , 외력이 하는 일률  $P_{ext} = Fv = 0.08 \text{ W}$ 가 회로의 소비전력  $P_R = I^2R = (0.2)^2(2) = 0.08 \text{ W}$ 와 정확히 같다.

💡 발전소의 회전발전기는 결국 이 'BLv 원리'를 여러 개의 코일로 키워 놓은 것이다. 자전거 다이나모, 댐 수차, 풍력 터빈, 휴대전화의 무선충전 코일까지 모두 동일한 식 한 줄로 설명된다.

**Q84** 현대물리 도입

보어 모형에서 수소 원자의 에너지 준위는  $E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )로 주어진다. 수소 원자에서 전자가  $n = 4$  준위에서  $n = 3$  준위로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지(단위 eV)와, 이 빛이 속하는 전자기파 영역으로 가장 적절한 것은? ( $1 \text{ eV} \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $h \approx 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )



- ① ① 약 0.66 eV, 적외선
- ② ② 약 1.51 eV, 가시광선(빨강)
- ③ ③ 약 1.89 eV, 가시광선(빨강)
- ④ ④ 약 3.40 eV, 자외선
- ⑤ ⑤ 약 10.2 eV, 자외선

**정답: ① 약 0.66 eV, 적외선**

방출 광자의 에너지는 두 준위의 에너지 차이이다.

$$\Delta E = E_4 - E_3 = \left(-\frac{13.6}{16}\right) - \left(-\frac{13.6}{9}\right) = 13.6 \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right).$$

$$\frac{1}{9} - \frac{1}{16} = \frac{16 - 9}{144} = \frac{7}{144} \approx 0.0486.$$

$$\Delta E \approx 13.6 \times 0.0486 \approx 0.66 \text{ eV}.$$

파장으로 환산:  $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \approx \frac{(6.6 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{(0.66)(1.6 \times 10^{-19})} \approx 1.87 \times 10^{-6} \text{ m} \approx 1.87 \mu\text{m}$ . 이는 가시광선(약 0.4 - 0.7  $\mu\text{m}$ ) 영역보다 파장이 길어 '적외선' 영역에 속한다. (이 전이는 파센 계열의 첫 번째 선이다.)

수소 원자의 스펙트럼은 종차 준위에 따라 라이먼( $n \rightarrow 1$ , 자외선), 발머( $n \rightarrow 2$ , 가시광선), 파센( $n \rightarrow 3$ , 적외선), 브래킷( $n \rightarrow 4$ , 원적외선) 계열로 나뉜다. 천문학자들은 발머 계열로 별의 성분을, 파센/브래킷 계열로 성간 가스의 온도를 알아낸다.

**Q85** 운동의 표현

직선 도로에서 자동차가 초속도 10 m/s로 등가속도 운동을 하여 4초 동안 60 m를 이동하였다. 4초 후의 속력은? (단, 운동 방향은 일정하다.)

- ① ① 15 m/s
- ② ② 18 m/s
- ③ ③ 20 m/s
- ④ ④ 22 m/s
- ⑤ ⑤ 25 m/s

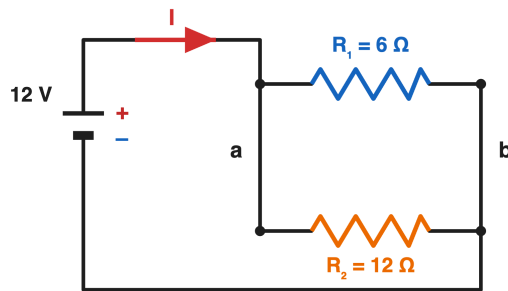
**정답: ③ 20 m/s**

1단계: 변위 공식  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에 대입한다.  $60 = 10 \times 4 + \frac{1}{2}a(4)^2 = 40 + 8a$ . 2단계:  $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ . 3단계: 속도 공식  $v = v_0 + at = 10 + 2.5 \times 4 = 20 \text{ m/s}$ .

고속도로 진입 차로에서 본선과 속도를 맞추기 위해 자동차는 보통  $2 - 3 \text{ m/s}^2$ 의 가속도로 수 초간 가속한다.

Q86 전기와 회로

기전력 12V, 내부저항을 무시할 수 있는 전지에 저항  $R_1 = 6\Omega$ 과  $R_2 = 12\Omega$ 이 병렬로 연결되어 있다. 전체 회로에 흐르는 전류의 크기는?



- ① ① 1 A
- ② ② 2 A
- ③ ③ 3 A
- ④ ④ 4 A
- ⑤ ⑤ 6 A

정답: ③ 3 A

1단계: 병렬 합성저항  $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\Omega$ . 2단계: 옴의 법칙  $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{4} = 3\text{ A}$ .

가정용 콘센트는 모두 병렬로 연결되어 있어 한 기기를 끄거나 켜도 다른 기기의 전압이 변하지 않는다.

Q87 일과 에너지 보존

질량 0.5kg인 공이 높이 5m의 절벽 끝에서 정지 상태로 떨어진다. 공기저항을 무시하고  $g = 10\text{ m/s}^2$ 일 때, 지면에 도달하는 순간의 운동에너지는?

- ① ① 5 J
- ② ② 12.5 J
- ③ ③ 25 J
- ④ ④ 50 J
- ⑤ ⑤ 100 J

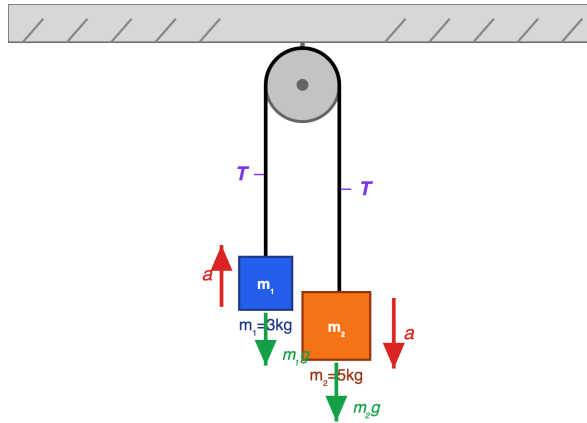
정답: ③ 25 J

1단계: 공기저항을 무시하므로 역학적 에너지가 보존된다. 출발 지점의 위치에너지 = 지면에서의 운동에너지. 2단계:  $K_f = U_i = mgh = 0.5 \times 10 \times 5 = 25\text{ J}$ .

빗방울은 공기저항이 있어 종단속도에 도달하므로 같은 높이 자유낙하 공식보다 훨씬 적은 운동에너지로 땅에 닿는다.

**Q88** 힘과 뉴턴 법칙

마찰을 무시할 수 있고 질량이 무시되는 도르래에 줄로 연결된 두 물체  $m_1 = 3\text{ kg}$ 과  $m_2 = 5\text{ kg}$ 이 매달려 있다 (엡우드 기계).  $g = 10\text{ m/s}^2$ 일 때, 두 물체의 가속도 크기와 줄의 장력은?



- ① ①  $a = 2.0\text{ m/s}^2, T = 30\text{ N}$
- ② ②  $a = 2.5\text{ m/s}^2, T = 37.5\text{ N}$
- ③ ③  $a = 2.5\text{ m/s}^2, T = 25\text{ N}$
- ④ ④  $a = 5.0\text{ m/s}^2, T = 40\text{ N}$
- ⑤ ⑤  $a = 1.25\text{ m/s}^2, T = 37.5\text{ N}$

☞ 정답: ②  $a = 2.5\text{ m/s}^2, T = 37.5\text{ N}$

📖 1단계: 무거운 쪽이 아래로, 가벼운 쪽이 위로 움직인다. 계 전체에 뉴턴 제2법칙을 적용.  $(m_2 - m_1)g = (m_1 + m_2)a$ . 2단계:  $a = \frac{(5-3) \times 10}{3+5} = \frac{20}{8} = 2.5\text{ m/s}^2$ . 3단계: 가벼운 쪽( $m_1$ )에 대해  $T - m_1g = m_1a$ 이므로  $T = m_1(g + a) = 3 \times (10 + 2.5) = 37.5\text{ N}$ .

💡 엡우드 기계는 1784년 영국 물리학자 조지 엡우드가 자유낙하보다 느린 가속도를 정밀 측정하려고 고안한 장치다.

**Q89** 운동량과 충격량

질량  $0.15\text{ kg}$ 인 야구공이  $40\text{ m/s}$ 의 속력으로 날아오는 것을 방망이로 쳐서 반대 방향으로  $60\text{ m/s}$ 로 되돌려보냈다. 공과 방망이의 접촉 시간이  $0.01\text{ s}$ 일 때, 방망이가 공에 작용한 평균 힘의 크기는?

- ① ①  $300\text{ N}$
- ② ②  $600\text{ N}$
- ③ ③  $900\text{ N}$
- ④ ④  $1500\text{ N}$
- ⑤ ⑤  $3000\text{ N}$

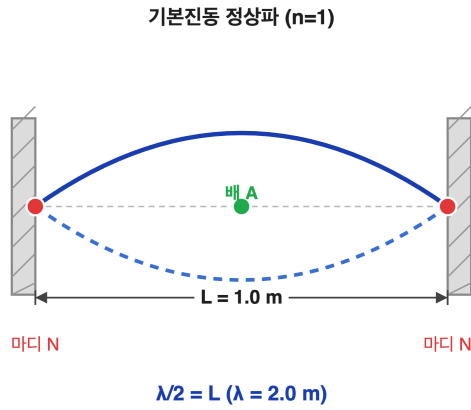
☞ 정답: ④  $1500\text{ N}$

📖 1단계: 방망이가 친 방향을 +로 잡으면 공의 처음 속도  $v_i = -40\text{ m/s}$ , 나중 속도  $v_f = +60\text{ m/s}$ . 2단계: 운동량 변화  $\Delta p = m(v_f - v_i) = 0.15 \times (60 - (-40)) = 0.15 \times 100 = 15\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ . 3단계: 충격량-운동량 정리  $F\Delta t = \Delta p$ 로부터  $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{15}{0.01} = 1500\text{ N}$ .

💡 메이저리그 직구가 방망이를 만나는 시간은 약  $0.7\text{ ms}$ 에 불과해 평균 힘이  $1\text{ 만 N}$ 에 이르기도 한다.

Q90 파동의 성질

양 끝이 고정된 길이  $L = 1.0\text{m}$ 인 줄에서 기본진동(가장 낮은 진동수)의 정상파가 만들어졌다. 줄에서의 파동 속력이  $v = 200\text{m/s}$  일 때, 이 정상파의 진동수는?



- ① ① 50 Hz
- ② ② 100 Hz
- ③ ③ 200 Hz
- ④ ④ 400 Hz
- ⑤ ⑤ 800 Hz

☞ 정답: ② 100 Hz

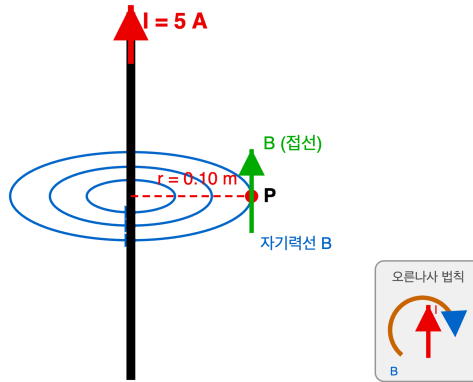
📖 1단계: 양 끝이 고정된 줄의 기본진동에서는 줄 길이가 반파장과 같다.  $\lambda = 2L = 2.0\text{m}$ . 2단계: 파동방정식  $v = f\lambda$ 로부터

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{200}{2.0} = 100\text{ Hz.}$$

💡 기타 줄의 음높이는 줄의 장력을 조여 파동속도  $v = \sqrt{T/\mu}$  를 바꿔서 조정한다.

Q91 자기장과 전자기 유도

길고 곧은 도선에 전류  $I = 5 \text{ A}$ 가 흐를 때, 도선으로부터 수직 거리  $r = 0.10 \text{ m}$  떨어진 점에서의 자기장 크기는? (단,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ )



- ① ①  $2.5 \times 10^{-6} \text{ T}$
- ② ②  $5.0 \times 10^{-6} \text{ T}$
- ③ ③  $1.0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- ④ ④  $2.0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- ⑤ ⑤  $5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$

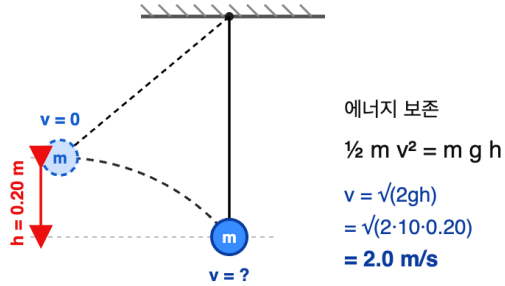
정답: ③  $1.0 \times 10^{-5} \text{ T}$

1단계: 무한 직선 전류 주위의 자기장 공식  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ . 2단계: 대입하면  $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 0.10} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 5}{0.10} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ T}$ . 자기장 방향은 오른나사 법칙으로 결정한다.

💡 고압 송전선 바로 아래에서도 자기장은  $10^{-5} \text{ T}$  수준으로 지자기( $\sim 5 \times 10^{-5} \text{ T}$ )와 비슷한 크기다.

Q92 일과 에너지 보존

가벼운 줄에 매달린 질량  $m$ 의 진자가 최저점으로부터 높이  $h = 0.20\text{ m}$ 인 지점에서 정지 상태로 출발한다. 공기저항과 마찰을 무시할 때, 최저점에서의 속력은? ( $g = 10\text{ m/s}^2$ )



- ① ① 1.0 m/s
- ② ② 1.4 m/s
- ③ ③ 2.0 m/s
- ④ ④ 2.8 m/s
- ⑤ ⑤ 4.0 m/s

☞ 정답: ③ 2.0 m/s

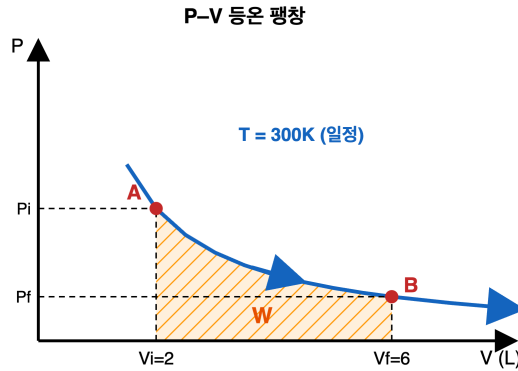
📖 1단계: 줄의 장력은 진행 방향과 수직이라 일을 하지 않는다. 공기저항과 마찰을 무시하므로 역학적 에너지가 보존된다.

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h. \text{ 2단계: } v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.20} = \sqrt{4} = 2.0\text{ m/s}.$$

💡 진자가 짧은 호로 흔들리면 최저점 속력은 진폭에 비례하지만, 주기는 진폭과 거의 무관해 시계 추로 쓰기에 알맞다.

Q93 열역학

이상기체  $n = 2$ 몰이 온도  $T = 300\text{K}$ 에서 등온 팽창하여 부피가  $V_i = 2.0\text{L}$ 에서  $V_f = 6.0\text{L}$ 로 변화했다. 기체가 외부에 한 일은?  
(기체상수  $R = 8.31\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ,  $\ln 3 \approx 1.10$ )



- ① ① 약 2.5 kJ
- ② ② 약 3.7 kJ
- ③ ③ 약 5.5 kJ
- ④ ④ 약 7.4 kJ
- ⑤ ⑤ 약 11 kJ

☞ 정답: ③ 약 5.5 kJ

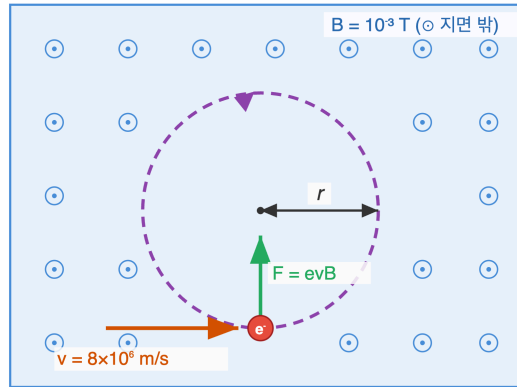
📖 1단계: 이상기체의 등온 팽창에서 기체가 한 일은  $W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$ . 2단계: 부피비  $\frac{V_f}{V_i} = 3$ 이므로

$$W = 2 \times 8.31 \times 300 \times \ln 3 \approx 2 \times 8.31 \times 300 \times 1.10 \approx 5485\text{J} \approx 5.5\text{kJ}.$$

💡 등온 과정에서는 내부에너지가 일정해 기체가 한 일과 흡수한 열이 같다( $Q = W$ ).

**Q94** 자기장과 전자기 유도

질량  $m_e = 9.0 \times 10^{-31}$  kg, 전하량  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C인 전자가 속력  $v = 8.0 \times 10^6$  m/s로 균일한 자기장  $B = 1.0 \times 10^{-3}$  T에 수직 방향으로 입사한다. 전자가 그리는 원운동의 반지름은?



- ① ①  $4.5 \times 10^{-4}$  m
- ② ②  $4.5 \times 10^{-3}$  m
- ③ ③  $4.5 \times 10^{-2}$  m
- ④ ④  $4.5 \times 10^{-1}$  m
- ⑤ ⑤ 4.5 m

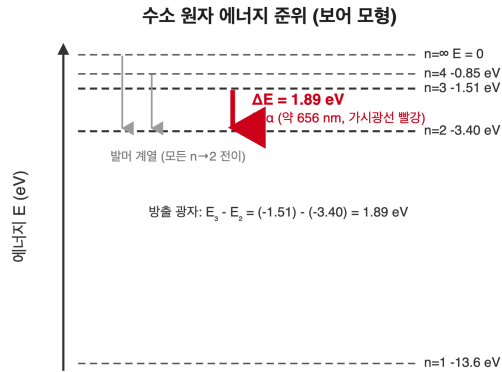
☞ 정답: ③  $4.5 \times 10^{-2}$  m

📖 1단계: 자기장에 수직으로 입사한 하전 입자는 로런츠 힘이 구심력 역할을 한다.  $evB = \frac{m_e v^2}{r}$ . 2단계: 반지름을 풀면  $r = \frac{m_e v}{eB}$ . 3단계: 대입하면  $r = \frac{(9.0 \times 10^{-31})(8.0 \times 10^6)}{(1.6 \times 10^{-19})(1.0 \times 10^{-3})} = \frac{7.2 \times 10^{-24}}{1.6 \times 10^{-22}} = 4.5 \times 10^{-2}$  m (= 4.5 cm).

💡 이 원운동 원리는 옛 브라운관 TV의 전자빔을 자기 코일로 휘게 해 화면 곳곳에 그림을 그리는 방식에 쓰였다.

Q95 현대물리 도입

보어의 수소 원자 모형에서 에너지 준위는  $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$  eV로 주어진다. 전자가  $n = 3$ 인 들뜬 상태에서  $n = 2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지는?



- ① 0.85 eV
- ② 1.51 eV
- ③ 1.89 eV
- ④ 3.40 eV
- ⑤ 10.2 eV

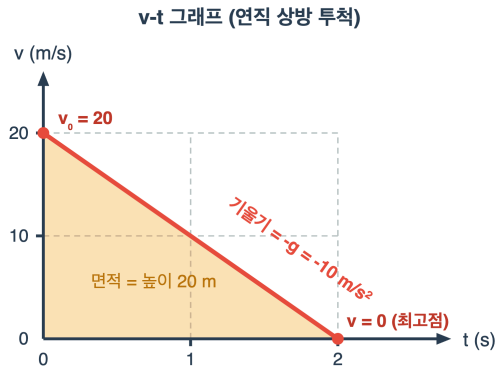
정답: ③ 1.89 eV

1단계: 방출되는 광자의 에너지는 두 준위의 에너지 차  $\Delta E = E_{\text{초기}} - E_{\text{최종}}$ . 2단계:  $E_3 = -\frac{13.6}{9} \approx -1.51$  eV,  $E_2 = -\frac{13.6}{4} = -3.40$  eV. 3단계:  $\Delta E = -1.51 - (-3.40) = 1.89$  eV. 이 광자는 발머 계열의 H- $\alpha$ 선(파장 약 656 nm, 가시광선 빨강)에 해당한다.

태양 스펙트럼에서 가장 뚜렷한 빨강 선이 바로 이 H- $\alpha$ 선으로, 태양 채층 관측용 필터의 중심 파장이기도 하다.

Q96 운동의 표현

지면에서 연직 위로 초속도  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ 로 공을 던졌다. 공이 최고점에 도달할 때까지 걸리는 시간은? (단, 중력가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 이고, 공기 저항은 무시한다.)



- ① ① 1초
- ② ② 1.5초
- ③ ③ 2초
- ④ ④ 2.5초
- ⑤ ⑤ 4초

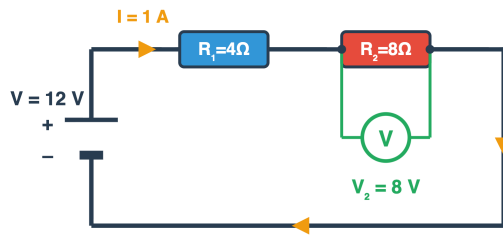
**정답: ③ 2초**

📖 최고점에서는 속도가 순간적으로 0이 된다. 등가속도 운동 공식  $v = v_0 - gt$ 에 대입하면,  $0 = 20 - 10t$ 이므로  $t = 2$ 초. 따라서 최고점까지의 도달 시간은 2초이다.

💡 공이 다시 같은 높이로 돌아올 때까지 걸리는 시간은 올라가는 시간의 2배인 4초이다. 이는 등가속도 운동의 시간 대칭성 때문이다.

Q97 전기와 회로

기전력 12 V의 전지에 저항  $R_1 = 4\Omega$ 과  $R_2 = 8\Omega$ 이 직렬로 연결되어 있다. 저항  $R_2$  양 끝에 걸리는 전압은? (전지의 내부 저항은 무시한다.)



- ① ① 2 V
- ② ② 4 V
- ③ ③ 6 V
- ④ ④ 8 V
- ⑤ ⑤ 12 V

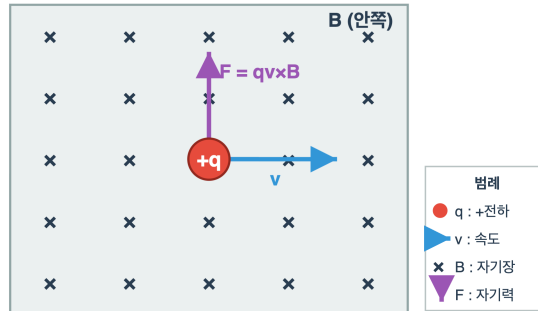
☞ 정답: ④ 8 V

📖 직렬 회로의 합성 저항은  $R = R_1 + R_2 = 4 + 8 = 12\Omega$ 이다. 회로 전류는 옴의 법칙으로  $I = V/R = 12/12 = 1\text{ A}$ . 따라서  $R_2$ 에 걸리는 전압은  $V_2 = IR_2 = 1 \times 8 = 8\text{ V}$ 이다.

💡 직렬 회로에서 각 저항에 걸리는 전압은 저항값에 비례하여 분배된다. 이를 '전압 분배 법칙'이라 하며, 분압 회로 설계의 기본 원리이다.

**Q98** 자기장과 전자기 유도

전하량  $q = 4 \times 10^{-6}$  C인 양전하 입자가 속도  $v = 5 \times 10^5$  m/s로, 균일한 자기장  $B = 0.2$  T에 수직 방향으로 입사하였다. 이 입자가 받는 자기력의 크기는?



- ① ① 0.1 N
- ② ② 0.2 N
- ③ ③ 0.4 N
- ④ ④ 0.8 N
- ⑤ ⑤ 1.0 N

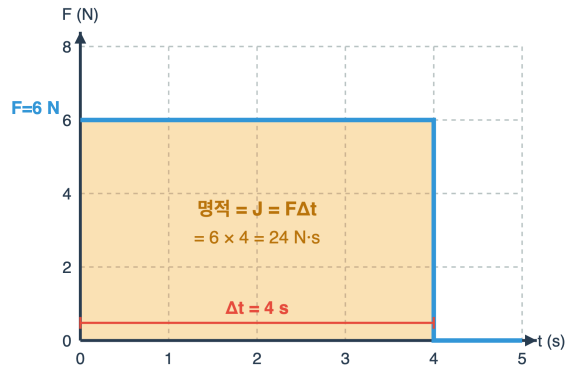
**정답: ③ 0.4 N**

자기장에 수직으로 운동하는 전하가 받는 자기력의 크기는  $F = qvB$ 이다. 대입하면  $F = (4 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^5) \times 0.2 = (20 \times 10^{-1}) \times 0.2 = 2 \times 0.2 = 0.4$  N이다.

자기력은 항상 속도에 수직이므로 일을 하지 않아 입자의 속력은 그대로이고, 운동 방향만 바뀐다. 따라서 균일 자기장 속 하전입자는 원운동(또는 나선운동)을 한다.

Q99 운동량과 충격량

정지해 있던 질량 2 kg의 물체에 크기  $F = 6 \text{ N}$ 의 일정한 힘을 4초 동안 작용시켰다. 4초가 지난 순간 물체의 속도는? (수평면이며 마찰은 무시한다.)



- ① ① 3 m/s
- ② ② 6 m/s
- ③ ③ 9 m/s
- ④ ④ 12 m/s
- ⑤ ⑤ 24 m/s

🎯 정답: ④ 12 m/s

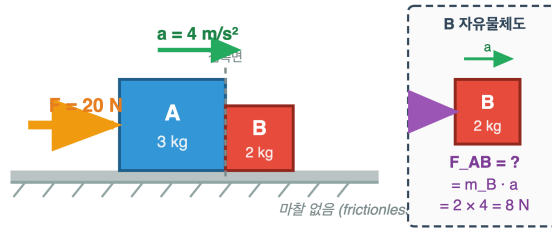
📖 충격량은  $J = F \cdot \Delta t = 6 \times 4 = 24 \text{ N} \cdot \text{s}$ . 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로  $J = m\Delta v$ . 정지에서 출발했으므로  $\Delta v = v$ 이고,  $v = J/m = 24/2 = 12 \text{ m/s}$ 이다.

💡 F-t 그래프 아래의 면적이 곧 충격량이다. 자동차의 에어백은 충돌 시간을 늘려, 같은 운동량 변화를 일으키면서도 작용하는 힘을 줄여 부상을 막는다.

**Q100** 힘과 뉴턴 법칙

마찰이 없는 수평면 위에 질량  $m_A = 3 \text{ kg}$ ,  $m_B = 2 \text{ kg}$ 인 두 물체 A, B가 서로 접촉하여 정지해 있다. 물체 A 쪽에서 두 물체를 함께 미는 방향으로  $F = 20 \text{ N}$ 의 수평힘을 작용시켰다. 두 물체가 함께 가속될 때, A가 B에 작용하는 힘의 크기는?

두 물체가 함께 가속 (마찰 없음)



- ① ① 4 N
- ② ② 8 N
- ③ ③ 10 N
- ④ ④ 12 N
- ⑤ ⑤ 20 N

☞ 정답: ② 8 N

📖 먼저 두 물체를 한 덩어리로 보면 전체 가속도는  $a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{20}{3 + 2} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다. 다음으로 B만 따로 떼어 자유물체도를 그리면, B에 작용하는 알짜힘은 A가 B를 미는 힘  $F_{AB}$  뿐이다. 따라서  $F_{AB} = m_B \cdot a = 2 \times 4 = 8 \text{ N}$ 이다.

💡 뉴턴 제3법칙에 따라 B도 A를 8 N의 힘으로 반대 방향으로 민다. A에 작용하는 알짜힘은  $20 - 8 = 12 \text{ N}$ 이고, 이는  $m_A \cdot a = 3 \times 4 = 12 \text{ N}$ 과 일치한다.