

과학탐구

물리학 I

정답과 해설

# I 역학과 에너지

## 01 물체의 운동

### 개념 확인 문제

본책 9쪽, 11쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ×    2 (1) 방향 (2) 이동 거리 (3) 순간 속도  
3 (1) 10 m (2) 정지 (3) 2.5 m/s    4 (1) × (2) ○    5 0.4 m/s<sup>2</sup>  
6 (1) 25 m (2) 15 m    7 (1) 30 m/s (2) 80 m    8 (1) 10 m/s<sup>2</sup>  
(2) 5 m/s    9 (1) × (2) ○ (3) ×

- 1 (1) 직선상에서 한쪽 방향으로만 운동하는 경우 변위의 크기는 이동 거리와 같다.  
(2) 이동 거리는 실제로 움직인 거리이므로 물체가 움직이면 계속 증가한다. 변위의 크기는 출발점에서 도착점까지 직선 거리이므로 직선상에서 방향을 바꾸어 운동하는 경우 변위의 크기는 감소하므로 이동 거리보다 작다.  
(3) 직선상에서 한쪽 방향으로만 운동하는 경우 변위의 크기가 계속 증가하지만 방향을 바꾸어 운동하면 변위의 크기가 감소할 수 있다.

- 2 (1) 속력은 빠르기만을 나타내는 물리량이고, 속도는 빠르기와 운동 방향을 함께 나타내는 물리량이다.  
(2) 평균 속력은 이동 거리를 걸린 시간으로 나누어 구한다.  
(3) 가로축이 시간, 세로축이 위치인 위치-시간 그래프의 한 점에 서 접선의 기울기는 순간 속도를 의미한다.

- 3 (1) 0초일 때 위치가 0이고, 2초일 때 위치가 10 m이므로 변위의 크기는 10 m이다.  
(2) 2초에서 4초까지 위치가 변하지 않았으므로 물체는 정지 상태를 유지한다.  
(3) 4초일 때 위치가 10 m, 8초일 때 위치가 0이므로 변위의 크기는 10 m이고, 속도의 크기는  $\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}} = \frac{10 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$ 이다.

- 4 (1) 속도의 부호가 (-)인 경우 가속도의 부호가 (+)이면 속도는 증가하지만 속도의 크기는 감소한다.  
(2) 직선 운동에서 속도와 가속도의 부호가 같으면 속도의 크기(속력)가 증가하고, 속도와 가속도의 부호가 반대이면 속력이 감소한다.

$$5 \quad a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{2 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ s}} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

- 6 (1) 이동 거리는 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이다. 0초에서 2초까지 이동 거리는 20 m이고, 2초에서 3초까지 이동 거리는 5 m이므로 전체 이동 거리는 25 m이다.

- (2) 변위는 방향을 포함하는 물리량이므로 0초에서 2초까지 변위는 20 m이고, 2초에서 3초까지 변위는 -5 m이다. 따라서 전체 변위의 크기는  $20 \text{ m} - 5 \text{ m} = 15 \text{ m}$ 이다.

- 7 (1) 등가속도 직선 운동에서 속도는  $v = v_0 + at = 10 + 5 \times 4 = 30 \text{ (m/s)}$ 이다.

- (2) 등가속도 직선 운동에서 변위는  $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = 10 \times 4 + \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 80 \text{ (m)}$ 이다.

- 8 (1) 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도이다. 0초에서 3초까지 기울기가 일정하므로 이때 가속도 =  $\frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{20 - (-10)}{3} = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이다.

- (2) 등가속도 운동에서 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 평균값이다. 즉, 평균 속도 =  $\frac{-10 \text{ m/s} + 20 \text{ m/s}}{2} = 5 \text{ m/s}$ 이다.

- 9 (1) 등속 원운동은 속력이 일정하지만 운동 방향이 변하므로 속도가 변하는 가속도 운동이다.  
(2) 진자 운동은 속력과 운동 방향이 모두 변한다.  
(3) 포물선 운동은 속력과 운동 방향이 모두 변한다.

### 수능 자료 마스터

본책 12쪽~13쪽

자료 A 1 ⑤    자료 B 2 ③    자료 C 3 ②    자료 D 4 ③

- 1 ㄱ. 0초에서 4초까지 A의 속도는 위치-시간 그래프의 기울기와 같으므로  $\frac{3 \text{ m} - 1 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 이다.

- ㄴ. A는 4초를 기준으로 위치가 증가하였다가 감소하였으므로 4초 때 운동 방향이 바뀌었다.

- ㄷ. 0초에서 4초까지 A와 B의 운동 방향은 반대이고, 속력은 같다.

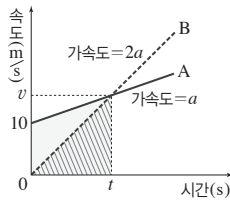
- 2 ㄱ. 0초에서 20초까지 두 사람은 동시에 출발하여 동시에 100 m 지점에 도착하므로 철수와 영희의 이동 거리는 모두 100 m이다. 따라서 두 사람의 평균 속력은 같다.

- ㄷ. 속력-시간 그래프의 기울기는 가속도이다. 14초에서 20초까지 기울기의 크기는 영희가 철수보다 크므로 가속도의 크기는 영희가 철수보다 크다.

- 바로알기 ㄴ. 출발 후 두 사람의 속력이 같아질 때까지 그래프 아랫부분의 넓이는 철수가 영희보다 크므로 철수가 영희를 앞서서 달린다. 이후 영희가 철수를 따라잡아 도착선에서 만나게 되므로 100 m를 운동하는 동안 영희가 철수를 앞선 적은 없다.

### 3

#### | 자료 분석 |



- ① A의 처음 속도 = 10 m/s  
B의 처음 속도 = 0
- ② A, B 모두 속력이 증가하는 등가속도 운동을 한다.
- ③ A의 가속도의 크기 =  $a$   
B의 가속도의 크기 =  $2a$   
→ 그래프의 기울기 B가 A의 2배
- ④ 속력이  $v$ 로 같아지는 순간 A가 B보다 20 m 앞서 있다.  
→ 그래프 아랫부분의 넓이 차이: 20 m

두 자동차가 기준선을 통과한 이후 속력이  $v$ 로 같아지는 순간까지 걸린 시간이  $t$ 일 때, A와 B의 가속도의 크기는 각각  $a = \frac{v-10}{t}$ ,

$2a = \frac{v-0}{t}$ 이다. 따라서  $2(v-10) = v$ 이므로  $v = 20$  m/s이다.

등가속도 운동 식  $v = v_0 + at$ 에서 A의 속도는  $20 = 10 + at$ , B의 속도는  $20 = 2at$ 이므로  $at = 10$ 이다. 속력이 같아질 때 A가 B보다 20 m 앞서 있으므로 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이 차이가 20 m이다. 따라서

$\left\{ \frac{1}{2} \times (10+20) \times t \right\} - \left( \frac{1}{2} \times 20 \times t \right) = 20$ 이므로  $t = 4$ 초이고,  $a = 2.5$  m/s<sup>2</sup>이다.

ㄷ. 두 자동차가 기준선을 통과한 순간부터 속력이  $v$ 로 같아질 때까지 걸린 시간  $t$ 는 4초이다.

**바로알기** ㄱ.  $a$ 는 2.5 m/s<sup>2</sup>이다.

ㄴ.  $v = 20$  m/s이다.

### 4

#### | 자료 분석 |

A는 4초까지 증가하다가 감소하였고, B는 6초까지 계속 증가한다.

시간(초)	P로부터의 거리(cm)	
	A	B
0	0	0
1	35	26
2	60	48
3	75	66
4	80	80
5	75	90
6	60	96

P로부터 거리가 멀어지다가 가까워지므로 운동 방향이 반대로 바뀐다.

ㄱ. A, B 모두 등가속도 직선 운동이므로 0초에서 2초까지 평균 속력은 1초일 때의 순간 속력과 같다. 0초에서 2초까지 이동 거리가 A는 60 cm이고, B는 48 cm이므로 평균 속력은 A가 B보다 크다. 따라서 1초일 때의 속력도 A가 B보다 크다.

ㄴ. 5초일 때, A는 P에 접근하고 있고, B는 P에서 멀어지고 있다. 따라서 5초일 때 A와 B의 운동 방향은 반대이다.

**바로알기** ㄷ. 구간 거리는 평균 속력에 비례하고, 구간 거리 차이는 속력 변화량에 비례한다. 구간 거리 차이는 A가 -10 cm로

일정하고, B는 -4 cm로 일정하다. 가속도는 속력 변화량에 비례하고, 속력 변화량은 구간 거리 차이에 비례하므로 가속도의 크기는 구간 거리 차이의 크기가 큰 A가 B보다 크다.

## 수능 2점 다지기

본책 14쪽~15쪽

1 ① 2 ② 3 ③ 4 ⑤ 5 ⑤ 6 ① 7 ③ 8 ②

### 1 평균 속력과 평균 속도

#### | 자료 분석 |



이동 거리는 p에서 q까지 곡선 경로의 길이이고, 변위는 p에서 q까지 직선 거리와 방향이다.  
평균 속력은 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이고, 평균 속도의 크기는 변위의 크기를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

#### | 선택지 분석 |

- ㄱ 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.
- ㄴ 평균 속력은 평균 속도의 크기와 같다. 크기보다 크다.
- ㄷ 등속 직선 운동이다. 가속도

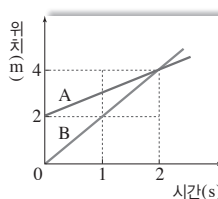
ㄱ. S가 곡선 경로로 운동하므로 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

**바로알기** ㄴ. 이동 거리가 변위의 크기보다 크므로 평균 속력도 평균 속도의 크기보다 크다.

ㄷ. 등속 직선 운동은 속도가 일정한 운동, 즉 속력과 운동 방향이 일정한 운동이다. 곡선 운동은 운동 방향이 변하므로 가속도 운동이다.

### 2 위치-시간 그래프

#### | 자료 분석 |



A의 속도:  $\frac{4\text{ m} - 2\text{ m}}{2\text{ s}} = 1\text{ m/s}$

B의 속도:  $\frac{4\text{ m} - 0}{2\text{ s}} = 2\text{ m/s}$

#### | 선택지 분석 |

- ㄱ 0초에서 1초까지 A의 이동 거리는 2 m이다. 1 m
- ㄴ 0초에서 2초까지 B의 평균 속력은 2 m/s이다.
- ㄷ 1초일 때의 속력은 A가 B보다 크다. 작다.

ㄴ. 위치-시간 그래프의 기울기는 속도와 같다. 0초에서 2초까지 그래프의 기울기가 일정하므로 B는 속도가 일정하다. 따라서

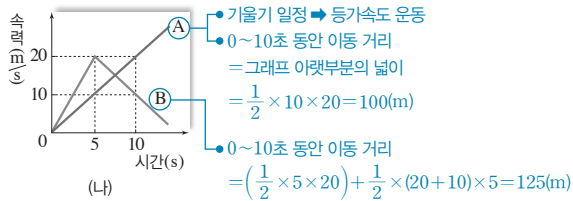
B의 평균 속력은  $\frac{4\text{ m} - 0}{2\text{ s}} = 2\text{ m/s}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. A의 처음 위치가 2 m이고, 1초일 때의 위치가 3 m이므로 0초에서 1초까지 A의 이동 거리는 1 m이다.

ㄷ. 0초에서 2초까지 기울기가 일정하므로 속력이 일정하고, B의 기울기가 A의 2배이므로 1초일 때의 속력은 B가 A의 2배이다.

### 3 속도-시간 그래프

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 등가속도 직선 운동을 한다.
- ㉡ 0초에서 5초까지 B의 가속도의 크기는  $4\text{ m/s}^2$ 이다.
- ㉢ 두 기준선 사이의 거리  $L$ 은 200 m이다. **225 m**

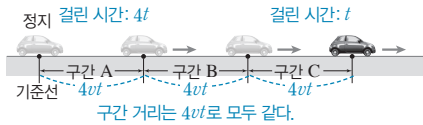
㉠. A의 기울기가 일정하므로 A는 등가속도 직선 운동을 한다.

㉡. 0초에서 5초까지 B의 가속도의 크기는  $\frac{20\text{ m/s}}{5\text{ s}} = 4\text{ m/s}^2$ 이다.

**바로알기** ㉢. A와 B가 서로 반대 방향으로 운동하므로 두 자동차가 스치는 순간까지 두 자동차가 각각 움직인 거리의 합이 두 기준선 사이의 거리  $L$ 이다. 두 자동차는 10초일 때 스쳐 지나가므로 두 자동차가 이동한 거리  $L = 100\text{ m} + 125\text{ m} = 225\text{ m}$ 이다.

### 4 등속 직선 운동과 등가속도 직선 운동

#### | 자료 분석 |



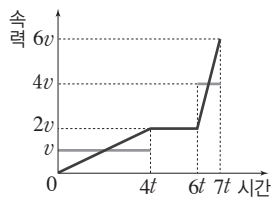
#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 평균 속력은 B에서가 A에서의 2배이다.
- ㉡ 구간을 지나는 데 걸린 시간은 B에서가 C에서의 2배이다.
- ㉢ 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 8배이다.

㉠. A에서의 평균 속력을  $v$ 라고 하면 속도-시간 그래프는 다음과 같다. 평균 속력은 A에서  $v$ , B에서  $2v$ 이므로 B에서가 A에서의 2배이다.

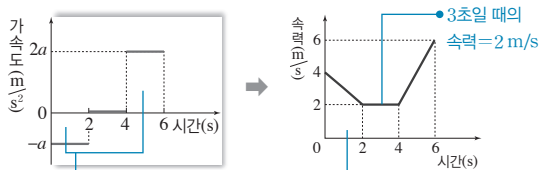
㉡. B를 지나는 시간은  $2t$ , C를 지나는 시간은  $t$ 이므로 B에서가 C에서보다 2배이다.

㉢. A에서 가속도의 크기는  $\frac{2v}{4t}$ , C에서 가속도의 크기는  $\frac{4v}{t}$ 이므로 C에서가 A에서의 8배이다.



### 5 가속도-시간 그래프

#### | 자료 분석 |



$$0 \sim 6 \text{ 초 동안 속도 변화량} = 2 \times (-a) \times 2 + 2 \times 2a = 2a = 18(\text{m})$$

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 1초일 때, 가속도의 크기는  $1\text{ m/s}^2$ 이다.
- ㉡ 3초일 때, 속력은  $2\text{ m/s}$ 이다.
- ㉢ 0초에서 6초까지 평균 속력은  $3\text{ m/s}$ 이다.

㉠. (가)에서 6초 동안 속도 변화량  $= 6\text{ m/s} - 4\text{ m/s} = 2\text{ m/s}$ 이고, (나)에서 6초 동안 속도 변화량은 가속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로  $2a$ 이다. 따라서  $2a = 2$ 에서  $a = 1\text{ m/s}^2$ 이다.

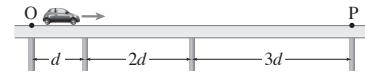
㉡. 2초~4초 동안 가속도가 0이므로 3초일 때의 속력은 2초일 때와 같은  $2\text{ m/s}$ 이다.

㉢. 0초에서 6초까지 이동 거리는 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로  $18\text{ m}$ 이다. 따라서 평균 속력은  $\frac{18\text{ m}}{6\text{ s}} = 3\text{ m/s}$ 이다.

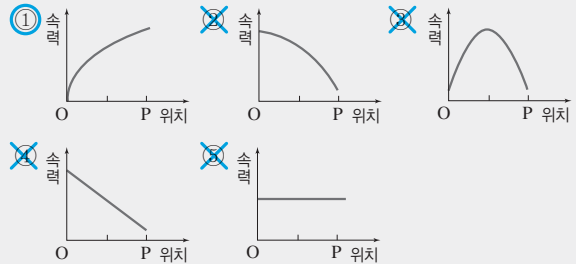
### 6 등가속도 직선 운동

#### | 자료 분석 |

이웃한 교각 사이의 구간을 지나는 데 걸린 시간이 모두 같고, 교각 사이의 거리가  $d$ ,  $2d$ ,  $3d$ 로 증가하므로 각 교각 사이의 평균 속력이 2배, 3배로 증가한다.



#### | 선택지 분석 |

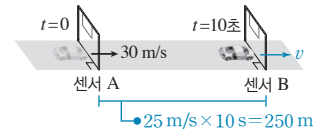


같은 시간 동안의 이동 거리의 비가  $1:2:3$ 이므로 평균 속력의 비도  $1:2:3$ 이다. 위치가 증가할수록 속력이 계속 증가하는 그래프는 ①이다.

### 7 등가속도 직선 운동

#### | 자료 분석 |

$$\text{평균 속력} = \frac{\text{처음 속력} + \text{나중 속력}}{2} = \frac{30 + v}{2} = 25(\text{m/s})$$



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 이동 거리는  $250\text{ m}$ 이다.
- ㉡ B를 통과할 때 속력은  $20\text{ m/s}$ 이다.
- ㉢ 가속도의 방향은 운동 방향과 같다. **반대이다.**

㉠. 이동 거리  $=$  평균 속력  $\times$  시간  $= 25\text{ m/s} \times 10\text{ s} = 250\text{ m}$ 이다.

㉡. 평균 속력은  $\frac{\text{처음 속력} + \text{나중 속력}}{2}$ 이므로, B를 통과할 때 속력을  $v$ 라고 하면,  $\frac{30 + v}{2} = 25$ 에 의해  $v = 20(\text{m/s})$ 이다.

**바로알기** ㉢. 가속도의 방향이 운동 방향과 같으면 자동차의 속력이 증가한다. 자동차의 속력이 감소하였으므로 가속도의 방향은 자동차의 운동 방향과 반대이다.



## 8 여러 가지 운동

### | 선택지 분석 |

- ✗ 가속도가 0인 운동을 하는 물체는 (가), (나)이다. (가)
- ✗ 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동을 하는 물체는 (나), (다)이다.
- (라)는 운동 방향은 일정하고, 속력만 변하는 운동을 한다.

다. (라)에서 놀이기구가 낙하하는 동안 운동 방향은 일정하고 속력만 변하는 운동을 한다.

**바로알기** 가. 가속도가 0인 운동을 하는 물체는 속력과 운동 방향이 일정한 (가)이다. (나)의 운동은 속력이 일정하지만 운동 방향이 변하므로 가속도 운동이다.

나. (나)는 속력은 일정하고 운동 방향만 변하는 운동을 한다. (다)는 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동을 한다.

## 수능 3점 끝내기

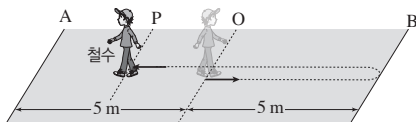
본책 16쪽~17쪽

1 ⑤    2 ④    3 ③    4 ④    5 ②    6 ③    7 ①    8 ③

## 1 평균 속도

### | 자료 분석 |

이동 거리는 이동한 경로의 전체 길이이고, 변위는 출발점에서 도착점까지 직선 거리와 방향이다.



### | 선택지 분석 |

- 이동 거리는 12 m이다.
- A에서 P까지 거리는 3 m이다.
- 철수의 평균 속도의 크기는 0.5 m/s이다.

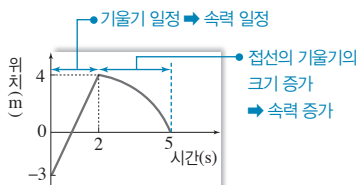
가. 철수의 평균 속력이 3 m/s이므로 4초 동안 이동한 거리는  $3 \text{ m/s} \times 4 \text{ s} = 12 \text{ m}$ 이다.

나. 철수의 이동 거리가 12 m이므로 O에서 P까지 거리는 2 m이다. 따라서 A에서 P까지의 거리는 3 m이다.

다. 4초 동안 철수의 변위는 왼쪽으로 2 m이므로 평균 속도의 크기는  $\frac{2 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ 이다.

## 2 위치-시간 그래프

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- 0초에서 5초까지 변위의 크기는 3 m이다.
- ✗ 2초에서 5초까지 속력이 감소하였다. 증가하였다.
- 0초에서 2초까지 평균 속력과 평균 속도의 크기는 같다.

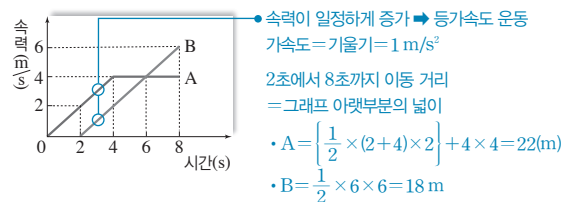
가. 0초일 때의 위치는 -3 m, 5초일 때의 위치는 0이므로 0초에서 5초까지 변위의 크기는 3 m이다.

다. 0초에서 2초까지 직선상에서 한쪽 방향으로만 운동하였으므로 변위의 크기와 이동 거리가 같다. 따라서 평균 속력과 평균 속도의 크기는 같다.

**바로알기** 나. 위치-시간 그래프의 기울기는 속력이다. 2초에서 5초까지 기울기의 크기가 증가하므로 속력이 증가하였다.

## 3 속력-시간 그래프

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ✗ 2초에서 8초까지 평균 속력은 A와 B가 같다. A가 B보다 크다.
- ✗ 2초일 때, A와 B 사이의 거리는 24 m이다. 40 m
- 3초일 때, 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

다. 3초일 때 A와 B의 기울기가 같으므로 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

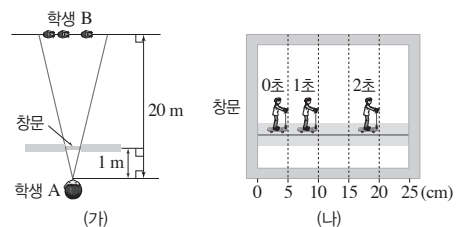
**바로알기** 가. 2초에서 8초까지 A의 이동 거리는 22 m, B의 이동 거리는 18 m이다. 따라서 평균 속력은 A가 B보다 크다.

나. 2초에서 8초까지 A와 B가 서로 반대 방향으로 이동하여 충돌하였으므로 2초일 때 A와 B 사이의 거리는 A의 이동 거리 22 m에 B의 이동 거리 18 m를 더한 40 m이다.

## 4 이동 거리와 속력

### | 자료 분석 |

A에서 창문까지의 수직 거리는 1 m, A에서 B가 운동하는 직선까지의 수직 거리는 20 m이다. → B가 운동하는 거리는 창문에서 관찰하는 거리의 20배이다.



### | 선택지 분석 |

- 0초에서 1초까지 이동한 거리는 1 m이다.
- 1초에서 2초까지 평균 속력은 2 m/s이다.
- ✗ 0초에서 2초까지 일정한 속력으로 운동하였다. 속력이 변화하였다.

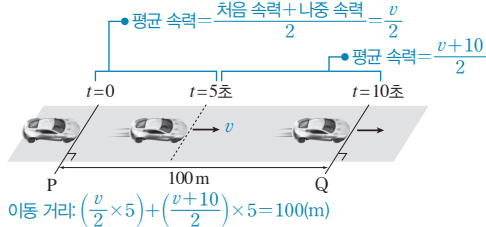
가. B가 운동하는 거리는 창문에서 관찰하는 거리의 20배이다. 0초에서 1초까지 창문에서 5 cm 이동하였으므로 B가 이동한 거리는 5 cm의 20배인 100 cm, 즉 1 m이다.

ㄴ. 1초에서 2초까지 창문에서 10 cm 이동하였으므로 B의 이동 거리는 10 cm의 20배인 200 cm = 2 m이다. 따라서 1초에서 2초까지 B의 평균 속력은 2 m/s이다.

**바로알기** ㄷ. 0초에서 1초까지 이동한 거리와 1초에서 2초까지 이동한 거리가 다르므로 B는 속력이 변하는 운동을 하였다.

## 5 등가속도 직선 운동

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 12 m/s    ☒ 15 m/s    ☒ 18 m/s  
☒ 20 m/s    ☒ 25 m/s

$t=5$ 초일 때의 속력을  $v$ 라고 하면,  $t=0$ 초에서  $t=5$ 초까지 평균 속력은  $\frac{v}{2}$ 이고,  $t=5$ 초에서  $t=10$ 초까지 평균 속력은  $\frac{v+10}{2}$ 이다. 따라서  $t=0$ 초에서  $t=10$ 초까지 이동 거리 =  $100 = (\frac{v}{2} \times 5) + (\frac{v+10}{2} \times 5)$ 에 의해  $t=5$ 초일 때의 속력  $v=15$  m/s이다.

## 6 빗면을 내려오는 물체의 운동 분석

### | 자료 분석 |

시간(초)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
위치(cm)	0	6	14	24	36	50
구간 거리(cm)		6	8	10	12	14
평균 속력(cm/s)		60	80	100	120	140
속도 변화량(cm/s)		20	20	20	20	
가속도(m/s <sup>2</sup> )		2	2	2	2	

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠은 36이다.  
☒ ㉡은 2 m/s<sup>2</sup>이다.  
☒ P가 기준선을 통과하는 순간의 속력은 0.4 m/s이다. 0.5 m/s

ㄱ. 수레가 등가속도 직선 운동을 하므로 구간 거리가 일정한 크기로 증가한다. 구간 거리가 6 cm, 8 cm, 10 cm로 2 cm씩 증가하므로 네 번째 구간 거리는 12 cm가 증가한다. 따라서 ㉠은 24 cm에서 12 cm 증가한 36 cm이다.

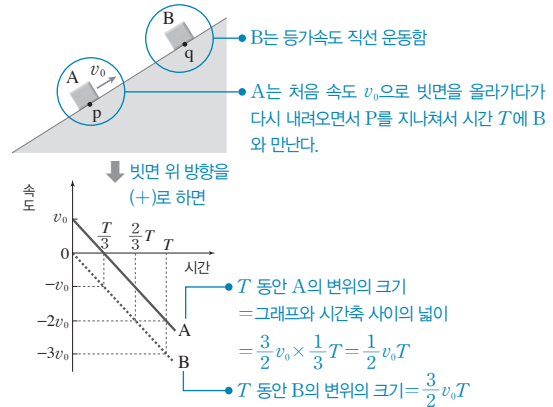
ㄴ. 0.1초마다 평균 속력이 20 cm/s씩 증가한다. 따라서 가속도의 크기(㉡)는  $\frac{20 \text{ cm/s}}{0.1 \text{ s}} = 200 \text{ cm/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.

**바로알기** ㄷ. P가 기준선을 통과하는 순간의 속력을  $v_0$ 이라 할 때, 6 cm 이동하는 데 걸린 시간이 0.1초이고, 가속도가 2 m/s<sup>2</sup>이다. 등가속도 직선 운동 식  $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 에서  $0.06 = v_0 \times 0.1 + \frac{1}{2} \times 2 \times (0.1)^2$ 이므로  $v_0 = 0.5$  m/s이다.

## 7 등가속도 직선 운동

### | 자료 분석 |

기울기가 일정한 빗면이므로 A와 B는 가속도가 같은 등가속도 직선 운동을 한다. → A와 B는 속도-시간 그래프의 기울기가 같다.



### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ p와 q 사이의 거리는  $v_0 T$ 이다.  
☒ A가 최고점에 도달한 순간, A와 B 사이의 거리는  $\frac{1}{4} v_0 T$ 이다.  $\frac{2}{3} v_0 T$   
☒ A와 B가 만나는 순간, A의 속력은  $v_0$ 이다.  $2v_0$

ㄱ. 시간 T 후에 A와 B가 만나므로 시간 T 후 두 물체의 위치가 같아야 한다. 따라서 p와 q 사이의 거리 L은 시간 T 동안 B의 변위에서 A의 변위를 뺀 값이다. T 동안 A의 변위의 크기는  $\frac{1}{2} v_0 T$ 이고, B의 변위의 크기는  $\frac{3}{2} v_0 T$ 이므로 p와 q 사이의 거리는  $v_0 T$ 이다.

**바로알기** ㄴ. A가 최고점에 도달하는 순간은 B를 놓은 순간부터  $\frac{1}{3} T$  후이다.  $\frac{1}{3} T$  동안 A가 올라간 거리와 B가 내려온 거리는 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로 각각  $\frac{1}{6} v_0 T$ 이다. 따라서 A가 최고점에 도달한 순간, A와 B 사이의 거리는 p와 q 사이의 거리  $v_0 T$ 에서 A가 올라간 거리  $\frac{1}{6} v_0 T$ 와 B가 내려온 거리  $\frac{1}{6} v_0 T$ 를 뺀  $\frac{2}{3} v_0 T$ 가 된다.

ㄷ. A와 B가 만나는 순간, 즉 시간 T일 때 A의 속력은  $2v_0$ 이다.

## 8 여러 가지 운동

### | 선택지 분석 |

- ☒ A는 속력이 일정하고 운동 방향이 변하는 운동을 한다. **변하고**  
☒ B는 속도가 일정한 운동을 한다. **가속도 운동**  
☒ C는 속력과 운동 방향이 변하는 운동을 한다.

ㄷ. 실에 매달린 추가 왕복 운동하는 진자 운동은 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동이다.

**바로알기** ㄱ. 포물선 운동은 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동이다.  
 ㄴ. 등속 원운동은 속력이 일정하고 운동 방향이 변하는 운동이다. 속도는 속력과 운동 방향을 모두 포함하는 물리량이므로 B는 가속도 운동을 한다.

## 02 뉴턴운동 법칙

### 개념 확인 문제

본책 19쪽, 21쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×    2 (1) 7 N, 오른쪽 (2) 1 N, 오른쪽  
 (3) 3 N, 오른쪽 (4) 0    3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○    4 II, IV  
 5 (1) ○ (2) × (3) ○    6 (가) → (나) → (다)    7 (1) ○ (2) ×  
 (3) ○    8 (1) L (2) □ (3) ⊥

- 1 (1) 힘은 물체의 모양이나 속력, 운동 방향을 변화시키는 원인이다.  
 (2) 힘은 크기뿐만 아니라 방향까지 포함하는 물리량이다.  
 (3) 한 물체에 작용하는 모든 힘을 합한 힘을 알짜힘이라 하고, 이 알짜힘에 의해 물체의 운동 상태가 변한다.  
 (4) 힘의 단위는 N(뉴턴)이다. kg(킬로그램)은 질량의 단위이다.

- 2 (1) 같은 방향으로 작용하는 두 힘의 알짜힘의 크기는 두 힘의 크기를 더한 값과 같으므로 7 N이고, 방향은 두 힘의 방향과 같은 오른쪽이다.  
 (2) 반대 방향으로 작용하는 두 힘의 알짜힘의 크기는 큰 힘의 크기에서 작은 힘의 크기를 뺀 값이므로 1 N이고, 방향은 큰 힘의 방향이므로 오른쪽이다.  
 (3) 왼쪽으로 3 N, 오른쪽으로 6 N의 힘이 작용하므로 알짜힘의 크기는 3 N이고 방향은 오른쪽이다.  
 (4) 3 N인 두 힘이 반대 방향으로 작용하므로 알짜힘은 0이다.

- 3 (1) 관성은 물체가 원래의 운동 상태를 그대로 유지하려는 성질이다.  
 (2) 질량이 클수록 관성이 크다. 즉, 관성의 크기는 질량에 비례한다.  
 (3) 정지해 있던 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체는 계속 정지 상태를 유지한다.  
 (4) 등속 직선 운동을 하는 물체는 운동 상태가 변하지 않으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

- 4 물체가 받은 알짜힘이 0이면 정지해 있던 물체는 정지 상태를 계속 유지하고, 운동하던 물체는 계속 등속 직선 운동을 한다. 따라서 물체가 받은 알짜힘이 0인 구간은 등속 직선 운동을 하는 II 구간과 정지 상태를 유지하는 IV 구간이다.

- 5 (1) 질량이 일정한 물체의 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘의 크기에 비례한다.  
 (2) 물체에 작용한 알짜힘의 크기가 일정할 때 물체의 가속도는 질량에 반비례한다.  
 (3)  $F=ma$ 이므로 물체의 가속도의 방향은 물체에 작용한 알짜힘의 방향과 같다.

6  $a_{(가)} = \frac{F}{M} = \frac{6F}{6M}$ ,  $a_{(나)} = \frac{1.5F}{2M} = \frac{4.5F}{6M}$ ,  $a_{(다)} = \frac{F}{3M} = \frac{2F}{6M}$   
 이므로, 가속도의 크기를 비교하면  $a_{(가)} > a_{(나)} > a_{(다)}$  순으로 크다.

- 7 (1) 힘은 어느 한 물체에게 일방적으로 작용하지 않고 항상 두 물체 사이에서 상호 작용 한다.  
 (2) 한 물체에 작용하는 두 힘의 크기가 같고 방향이 반대일 때 두 힘은 힘의 평형 관계이다.  
 (3) 사람이 벽에 힘을 작용하면 동시에 벽도 사람에게 같은 크기의 힘을 작용한다.

- 8 (1)  $F=ma$ 는 운동 방정식으로, 뉴턴의 운동 제2법칙인 가속도 법칙과 관련이 있다.  
 (2) 로켓이 가스를 분출하면서 밀어내면 가스가 로켓을 밀어올리는 반작용에 의해 로켓이 날아가는 것은 뉴턴 운동 제3법칙인 작용 반작용 법칙과 관련이 있다.  
 (3) 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때 운동하던 물체가 등속 직선 운동하는 것은 뉴턴 운동 제1법칙인 관성 법칙과 관련이 있다.

### 수능 자료 마스터

본책 22쪽~23쪽

자료 A 1 ②

자료 B 2 ③

자료 C 3 ④

자료 D 4 ①

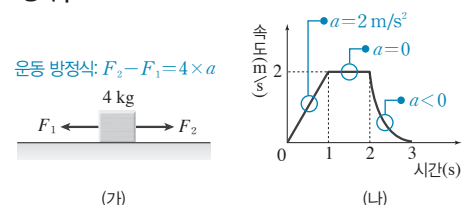
- 1 영희: (가)에서 수레 위에 2 kg인 물체를 올려두면 수레와 추의 운동 방정식은  $1 \times g = 4 \times a$ 가 되어  $a = \frac{1}{4}g$ 이다.

바로알기 철수: (가)에서 처음에 수레와 추의 운동 방정식은  $1 \times g = 2 \times a$ 가 되어  $a = \frac{1}{2}g$ 이다. 추만 0.5 kg으로 바꾸면 수레와 추의 운동 방정식은  $0.5 \times g = 1.5 \times a$ 가 되어  $a = \frac{1}{3}g$ 이다. 즉, 추의중력은 반으로 줄어들지만 한 덩어리로 운동하는 추의 질량의 합도 줄어들므로 가속도는 반으로 줄어들지 않는다.

민수: (가)에서 수레 위에 1 kg의 물체를 올려놓고 추를 2 kg으로 바꾸면  $2 \times g = 4 \times a$ 가 되어  $a = \frac{1}{2}g$ 가 된다.

## 2

### 자료 분석



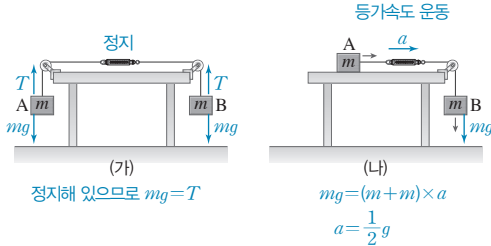
7. 0초에서 1초 사이에 가속도가  $+2 \text{ m/s}^2$ 이므로 질량 4 kg인 물체에 작용하는 알짜힘은 8 N이다. 따라서 0초에서 1초 사이에  $F_1$ 의 크기는  $F_2$ 보다 8 N이 작다.

ㄴ. 1초에서 2초 사이에 물체가 등속 직선 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘이 0이다.  $F_1$ 과  $F_2$ 의 알짜힘이 물체에 한 일의 양은 0이다.

**바로알기** ㄷ. 2초에서 3초 사이에 가속도의 부호가 (-)이므로 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은  $F_1$ 의 방향과 같다. 따라서  $F_1$ 의 크기는  $F_2$ 보다 크다.

### 3

#### | 자료 분석 |



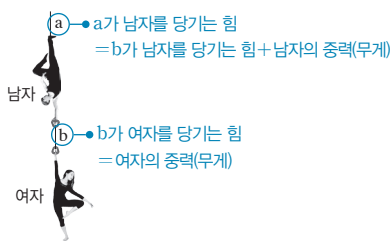
ㄴ. (나)에서 B의 무게에 의해 두 물체가 함께 운동하므로 운동 방정식을 세워 보면  $mg=2ma$ 에 의해  $a=\frac{1}{2}g$ 이다.

ㄷ. (나)에서 용수철저울에 측정되는 힘의 크기는 실의 장력과 같고 실의 장력이 A에 작용하는 알짜힘과 같으므로  $\frac{1}{2}mg$ 이다.

**바로알기** ㄱ. (가)에서 용수철저울에 측정되는 힘은 실의 장력과 같다. 물체 A가 정지해 있으므로 실의 장력은 A의 무게  $mg$ 와 크기가 같다.

### 4

#### | 자료 분석 |



ㄱ. 여자는 정지해 있으므로 여자에 작용하는 알짜힘은 0이다.

**바로알기** ㄴ. 줄이 양쪽에 연결된 물체를 당기는 힘의 크기는 같다. 따라서 b가 남자를 당기는 힘의 크기와 b가 여자를 당기는 힘의 크기는 같다.

ㄷ. a가 남자를 당기는 힘과 b가 남자를 당기는 힘은 모두 남자가 받는 힘이므로, 작용점이 남자에게 있다. 따라서 작용 반작용 관계가 아니다.

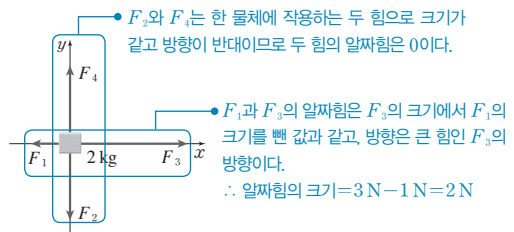
#### 수능 2점 다지기

본책 24쪽~26쪽

- 1 ④ 2 ③ 3 ⑤ 4 ⑤ 5 ④ 6 ② 7 ① 8 ③  
9 ⑤ 10 ⑤ 11 ① 12 ①

## 1 알짜힘과 운동의 법칙

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 물체의 가속도 방향은  $+x$  방향이다.  
~~ㄴ. 물체의 가속도 크기는  $2 \text{ m/s}^2$ 이다.  $1 \text{ m/s}^2$~~   
 ㄷ.  $F_2$ 와  $F_4$ 는 힘의 평행 관계이다.

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은  $+x$  방향으로  $2 \text{ N}$ 이다. 뉴턴 운동 제2법칙  $F=ma$ 에 의해 가속도  $a$ 의 방향은 알짜힘  $F$ 의 방향과 같다.

ㄷ.  $F_2$ 와  $F_4$ 는 한 물체에 작용하는 두 힘이다. 두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이므로 알짜힘이 0이다. 따라서 두 힘은 힘의 평행 관계이다.

**바로알기** ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘이  $2 \text{ N}$ 이므로 가속도  $a=\frac{F}{m}=\frac{2 \text{ N}}{2 \text{ kg}}=1 \text{ m/s}^2$ 이다.

## 2 중력이 작용한 물체의 운동

#### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 인형에는 중력이 작용하고 있다.  
 ㄴ. 이동 거리가 증가한다.  
~~ㄷ. 속력이 감소한다. 증가한다.~~

ㄱ. 집계에서 분리된 인형에는 중력이 작용하여 자유 낙하 운동을 한다.

ㄴ. 아래로 낙하하는 동안 인형의 이동 거리는 점점 증가한다.

**바로알기** ㄷ. 공기의 저항을 무시하면 인형은 자유 낙하 운동, 즉 가속도가 중력 가속도로 일정한 등가속도 직선 운동을 하므로 속력이 증가한다.

## 3 뉴턴 운동 제1법칙

#### | 선택지 분석 |

- ~~ㄱ. (가)에서 승객이 정지해 있을 때는 관성이 작용하지 않았다. 한다.~~  
 ㄴ. (나)에서 승객은 계속 운동하려는 관성을 갖는다.  
 ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체의 운동 상태가 변하지 않는다.

ㄴ. (나)와 같이 버스가 갑자기 멈추면 승객의 몸은 계속 운동을 하려고 하는 관성 때문에 버스 앞쪽으로 몸이 쏠린다.

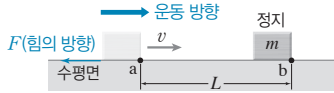
ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체의 운동 상태가 변하지 않기 때문에 정지해 있던 물체는 계속 정지 상태를 유지하고, 운동하던 물체는 등속 직선 운동을 계속한다.

**바로알기** ㄱ. 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있으려는 관성이 있기 때문에 계속 정지 상태를 유지할 수 있다.

#### 4 뉴턴 운동 제2법칙

##### | 자료 분석 |

운동하던 물체가 운동 방향과 반대 방향으로 일정한 크기의 힘을 받아 정지하였으므로 물체는 등가속도 직선 운동을 하였다.



##### | 선택지 분석 |

- ㉠ 등가속도 운동이다.
- ㉡  $F$ 의 크기는  $\frac{mv^2}{2L}$ 이다.
- ㉢ 정지할 때까지 걸린 시간은  $\frac{2L}{v}$ 이다.

㉠. a에서 b까지 운동 반대 방향으로 일정한 크기의 힘을 받아 정지하였으므로 물체는 등가속도 직선 운동을 하였다.

㉡. 등가속도 운동 식  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 에 가속도  $a = \frac{F}{m}$ 를 대입하면  $0 - v^2 = 2 \frac{F}{m} L$ 이 되므로  $F = -\frac{mv^2}{2L}$ 이다. 따라서  $F$ 의 크기는  $\frac{mv^2}{2L}$ 이다.

㉢. 물체는 처음 속력이  $v$ , 나중 속력이 0인 등가속도 직선 운동을 하므로 평균 속력은  $\frac{v}{2}$ 이다. 따라서 정지할 때까지 거리  $L$ 을 이동하는 데 걸린 시간은  $\frac{L}{\frac{v}{2}} = \frac{2L}{v}$ 이 된다.

#### 5 뉴턴 운동 제2법칙

##### | 자료 분석 |

실험	수레 위의 추의 수	실에 매달린 추의 수(무게)	가속도의 크기 $a = \frac{F}{m}$
A	0	1 (mg)	$\frac{mg}{3m} = \frac{1}{3}g$
B	0	2 (2mg)	$\frac{2mg}{4m} = \frac{1}{2}g$
C	1	2 (2mg)	$\frac{2mg}{5m} = \frac{2}{5}g$

##### | 선택지 분석 |

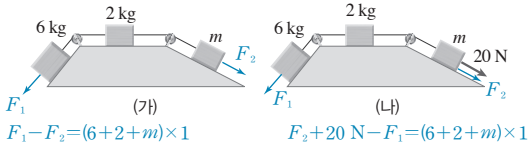
- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ㉠                                   | ㉡                                   | ㉢                                   | ㉣                                   | ㉤                                   | ㉥                                   |
| ㉦                                   | ㉧                                   | ㉨                                   | ㉩                                   | ㉪                                   | ㉫                                   |
| ㉬                                   | ㉭                                   | ㉮                                   | ㉯                                   | ㉰                                   | ㉱                                   |

㉣ 실험 결과 그래프에서 가속도의 크기가 가장 큰 ㉣은 B이고, 가속도의 크기가 두 번째인 ㉡은 C이고, 가속도의 크기가 가장 작은 ㉢은 A이다.

#### 6 실에 연결된 물체의 운동

##### | 자료 분석 |

(가)와 (나)에서 가속도의 크기가 같으므로 (가)에서는 6kg인 물체 쪽으로 알짜힘이 작용하고, (나)에서는  $m$ 인 물체 쪽으로 알짜힘이 작용한다.



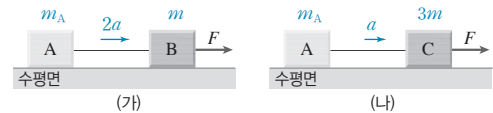
##### | 선택지 분석 |

- ☒ 1 kg
- ☒ 2 kg
- ☒ 3 kg
- ☒ 4 kg
- ☒ 5 kg

(가)에서는  $F_1 - F_2$ 가 알짜힘이 되어 세 물체가  $1 \text{ m/s}^2$ 의 가속도로 왼쪽으로 운동하므로  $F_1 - F_2 = (6+2+m) \times 1 \dots ①$ 이 되고, (나)에서는  $20 + F_2 - F_1$ 이 알짜힘이 되어 세 물체가  $1 \text{ m/s}^2$ 의 가속도로 오른쪽으로 운동하므로  $20 + F_2 - F_1 = (6+2+m) \times 1 \dots ②$ 가 된다. ①식과 ②식을 연립하여 풀면  $m = 2 \text{ kg}$ 이 된다.

#### 7 실에 연결된 물체의 운동

##### | 자료 분석 |



(가)의 가속도는 (나)의 2배이므로  $\frac{F}{m_A + m} = 2 \times \frac{F}{m_A + 3m}$ 에서  $m_A = m$ 이다.

##### | 선택지 분석 |

- ㉠ A의 질량은 B의 질량과 같다.
- ㉡ C에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘의 크기의 3배이다.  $\frac{3}{2}$ 배
- ㉢ (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기와 같다.  $\frac{1}{2}$ 배이다.

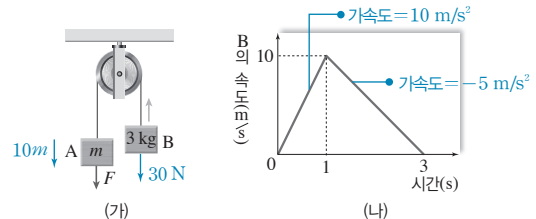
㉠. A의 질량을  $m_A$ 라고 할 때, A의 가속도의 크기는 (가)에서 (나)에서의 2배이므로  $\frac{F}{m_A + m} = 2 \times \frac{F}{m_A + 3m}$ 에 의해  $m_A = m$ 이 된다. 따라서 A의 질량은 B의 질량과 같다.

㉡. 두 물체가 함께 운동할 때 가속도가 같으므로 각 물체에 작용하는 알짜힘의 비는 질량의 비와 같다. 따라서 C에 작용하는 알짜힘은  $\frac{3}{4}F$ 이고, B에 작용하는 알짜힘은  $\frac{1}{2}F$ 이다. 따라서 C에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘의 크기의  $\frac{3}{2}$ 배이다.

㉢. (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로  $m \times \frac{F}{2m} = \frac{1}{2}F$ 이다. (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기는 실이 A를 당기는 힘의 크기와 같으므로  $m \times \frac{F}{2m} = \frac{1}{4}F$ 이다. 따라서 (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기의 2배이다.

#### 8 도르래에 연결된 물체의 운동

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㉠ A의 질량은 1 kg이다.
- ㉡ 2초일 때, 실이 B를 당기는 힘의 크기는 10 N이다. 15 N
- ㉢  $F = 60 \text{ N}$ 이다.



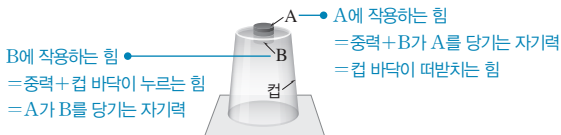
ㄱ. A의 질량을  $m(\text{kg})$ 이라고 할 때, 1초에서 3초까지 B가 움직이는 방향을 (+) 방향으로 하여 전체 운동 방정식을 세워 보면  $10 \times m - 30 = (m + 3) \times (-5)$ 에 의해  $m = 1 \text{ kg}$ 이다.

ㄷ. 힘  $F$ 가 작용하는 동안, 0초에서 1초까지 전체 운동 방정식을 세워 보면  $F + 10 - 30 = (1 + 3) \times 10$ 에 의해  $F = 60(\text{N})$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 실이 B를 당기는 힘을  $T$ 라고 하고, 2초일 때 B에 대한 운동 방정식을 세워 보면,  $T - 30 = 3 \times (-5)$ 에 의해  $T = 15 \text{ N}$ 이다.

## 9 작용과 반작용

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㄱ. A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 작용과 반작용의 관계이다.
- ㄴ. A가 컵을 누르는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.
- ㄷ. B를 제거하면 A가 컵을 누르는 힘의 크기는 감소한다.

ㄱ. A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 힘의 크기가 같고 반대 방향이며 서로 상대방 물체에 작용하므로 작용과 반작용의 관계이다.

ㄴ. A가 컵을 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력과 B가 A에 작용하는 자기력을 합한 힘과 크기가 같다.

ㄷ. B를 제거하면 A가 컵을 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력과 크기가 같다.

## 10 뉴턴 운동 법칙

### | 선택지 분석 |

- ☒ 철수
- ☒ 영희
- ☒ 철수, 민수
- ☒ 영희, 민수
- ☒ ⑤ 철수, 영희, 민수

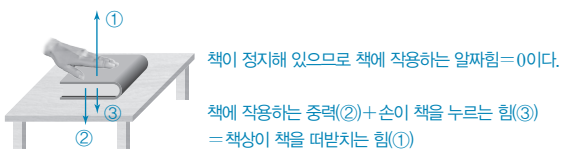
철수: 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)에 의해 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체의 운동 상태가 변하지 않으므로 속도가 변하지 않는다.

영희: 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙)에 의해 물체의 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘에 비례하고, 물체의 질량에 반비례한다.

민수: 작용과 반작용 관계에 있는 두 힘은 크기가 같고 방향이 반대이며 서로 다른 물체에 작용한다.

## 11 작용과 반작용

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 책이 책상을 누르는 힘과 책상이 책을 떠받치는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.
- ☒ 책상이 책을 떠받치는 힘의 크기는 책에 작용하는 중력의 크기와 같다. **보다 크다.**
- ☒ 손이 책을 누르는 힘과 책상이 책을 떠받치는 힘은 작용과 반작용의 관계이다. **가 아니다.**

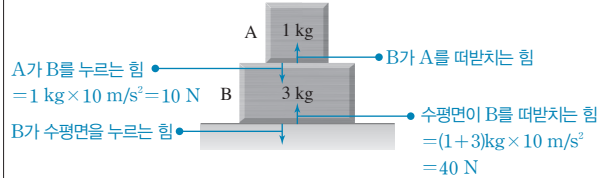
ㄱ. 책이 책상을 누르는 힘과 책상이 책을 떠받치는 힘은 책과 책상 사이에 작용하는 두 힘으로 작용과 반작용의 관계이다.

**바로알기** ㄴ. 책상이 책을 떠받치는 힘의 크기는 책에 작용하는 중력과 손이 책을 누르는 힘을 합한 것과 같다.

ㄷ. 손이 책을 누르는 힘과 책상이 책을 떠받치는 힘은 모두 책이 받는 힘이므로 작용점이 책에 있다. 따라서 작용과 반작용의 관계가 아니다.

## 12 작용 반작용과 힘의 평형

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ A가 B를 누르는 힘의 크기는 10 N이다.
- ☒ B가 수평면으로부터 받는 힘의 크기는 30 N이다. **40 N**
- ☒ A가 B를 누르는 힘과 B가 A를 떠받치는 힘은 **평형 관계**이다. **작용과 반작용의 관계**

ㄱ. A가 B를 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같은 10 N이다.

**바로알기** ㄴ. B가 수평면을 누르는 힘의 크기는 A가 B를 누르는 힘 10 N에 B에 작용하는 중력 30 N을 더한 값과 같다. 즉, B가 수평면을 40 N의 힘으로 누르고 이에 대한 반작용으로 수평면은 B를 40 N의 힘으로 떠받친다.

ㄷ. A가 B를 누르는 힘과 B가 A를 떠받치는 힘은 작용과 반작용의 관계이다. A가 B를 누르는 힘은 B에 작용하고, B가 A를 떠받치는 힘은 A에 작용한다.

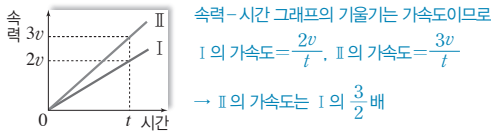
## 수능 3점 공부하기

본책 27쪽 ~ 29쪽

- |     |      |      |     |     |     |     |     |
|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 ⑤ | 2 ①  | 3 ⑤  | 4 ③ | 5 ③ | 6 ② | 7 ② | 8 ② |
| 9 ③ | 10 ① | 11 ③ |     |     |     |     |     |

## 1 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ I에서 추의 가속도의 크기는  $\frac{1}{2}g$ 이다.
- ㉡ ㉠은  $3m$ 이다.
- ㉢ II에서 실이 추를 당기는 힘의 크기는  $\frac{3}{4}mg$ 이다.

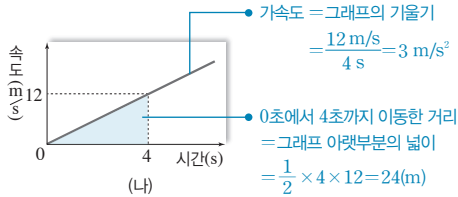
㉠. 실험 I에서 추의 무게에 의해 수레와 추가 함께 운동하므로  $mg = (m+m)a_1$ 에 의해 추의 가속도  $a_1 = \frac{1}{2}g$ 이다.

㉡. II의 가속도는 I의  $\frac{3}{2}$  배이므로 ㉠  $\times g = (m + \text{㉠}) \times a_1 = (m + \text{㉠}) \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{2}g$ 에 의해 ㉠ =  $3m$ 이다.

㉢. II에서 실이 추를 당기는 힘을  $T$ 라고 할 때 운동 방정식을 세워 보면  $3mg - T = 3m \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{2}g$ 에 의해  $T = \frac{3}{4}mg$ 이다.

## 2 알짜힘과 속도-시간 그래프

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 이동 거리는 24 m이다.
- ㉡ 가속도의 크기는  $2 \text{ m/s}^2$ 이다.  **$3 \text{ m/s}^2$**
- ㉢  $m = 3 \text{ kg}$ 이다.  **$2 \text{ kg}$**

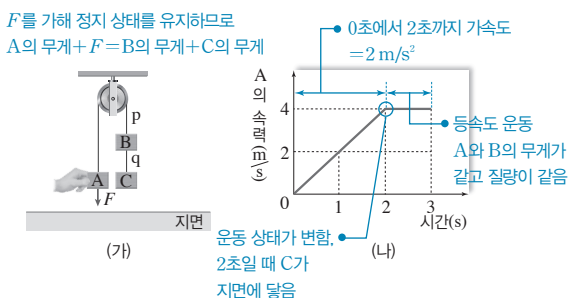
㉠. 0초에서 4초까지 이동한 거리는 속도-시간 그래프 아래부분의 넓이이다. 따라서  $\frac{1}{2} \times 4 \times 12 = 24 \text{ (m)}$ 이다.

**바로알기** ㉡. 0초에서 4초까지 가속도의 크기는 그래프의 기울기이므로  $3 \text{ m/s}^2$ 이다.

㉢. 물체의 질량은  $m = \frac{F}{a} = \frac{6}{3} = 2 \text{ (kg)}$ 이다.

## 3 도르래에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ F의 크기는 C에 작용하는 중력의 크기와 같다.
- ㉡ 질량은 A가 C의 2배이다.
- ㉢ 1초일 때, p가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.

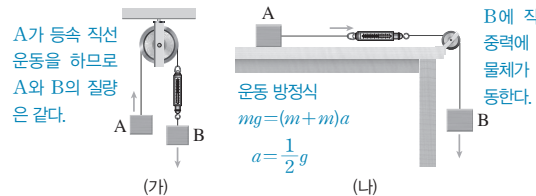
㉠. C가 지면에 닿은 후 A와 B는 등속도 운동을 하므로 A와 B의 질량은 같다. 따라서 F의 크기는 C의 무게와 같다.

㉡. A와 B의 질량을  $m$ , C의 질량을  $m_C$ 라고 하고, 0초에서 2초까지 전체 운동 방정식을 세워 보면,  $10 \times m_C = (2m + m_C) \times 2$ 에 의해  $m = 2m_C$ 가 된다. 따라서 질량은 A가 C의 2배이다.

㉢. 0초에서 2초까지 p가 B를 당기는 힘의 크기를  $T_p$ , q가 B를 당기는 힘의 크기를  $T_q$ 라 할 때 B에 대한 운동 방정식은  $m \times 10 + T_q - T_p = m \times 2$ 에 의해  $T_p = T_q + 8m$ 이 된다. 따라서 1초일 때  $T_p > T_q$ 이다.

## 4 용수철저울에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |



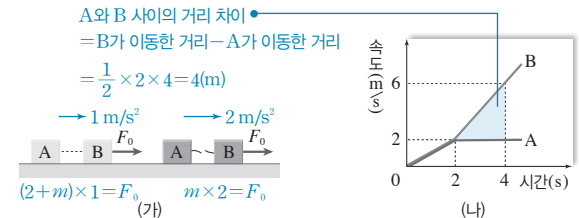
### | 선택지 분석 |

- ㉠ 1:1
- ㉡ 1:2
- ㉢ 2:1
- ㉣ 2:3
- ㉤ 3:1

용수철저울에 나타나는 힘의 크기는 줄의 장력과 같다. (가)에서 A와 B의 질량을 각각  $m$ 이라고 하면 B에 작용하는 알짜힘이 0이므로 용수철저울에 나타나는 힘의 크기는 B의 무게와 같은  $mg$ 이다. (나)에서 A와 B의 가속도 =  $\frac{mg}{2m} = \frac{1}{2}g$ 이다. 용수철저울에 나타나는 힘(실의 장력)의 크기가 A에 작용하는 알짜힘과 같으므로  $\frac{1}{2}mg$ 이다. 따라서  $F_{(가)} : F_{(나)} = mg : \frac{1}{2}mg = 2:1$ 이다.

## 5 실에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ B의 질량은 2 kg이다.
- ㉡  $F_0 = 4 \text{ N}$ 이다.
- ㉢ A와 B 사이의 거리는 4초일 때가 2초일 때보다  **$6 \text{ m}$**  크다.  **$4 \text{ m}$**

㉠. 힘의 크기는 일정한데 실이 끊어진 후의 가속도가 실이 끊어지기 전 가속도의 2배가 된 것은  $F = ma$ 에서 질량이 절반으로 줄어들었다는 것을 의미한다. 따라서 B의 질량은 A의 질량과 같은 2 kg이다.



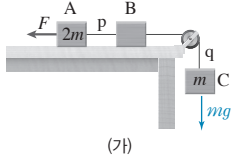
ㄴ. 0초에서 2초까지 가속도가  $1 \text{ m/s}^2$ 이므로  $F_0 = 4 \times 1 = 4(\text{N})$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 2초에서 4초까지 A와 B 사이의 거리 차이는 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이 차이와 같으므로  $4 \text{ m}$ 이다. 따라서 A와 B 사이의 거리 차이는 4초일 때가 2초일 때보다  $4 \text{ m}$  크다.

## 6 도르래에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |

(가)에서 물체들이 정지해 있으므로  $F$ 의 크기는 C의 무게와 같은  $mg$ 이다.



(가)

(나)에서 A와 C가 같은 크기의 가속도로 운동한다.

$$\begin{aligned} mg &= 2m \times a \\ \rightarrow a &= \frac{1}{2}g \\ (m + m_B) \times \frac{1}{2}g &= mg \\ \rightarrow m_B &= m \end{aligned}$$

(나)

### | 선택지 분석 |

☒ (나)에서 A의 가속도의 크기는  $\frac{1}{3}g$ 이다.  $\frac{1}{2}g$

☒ B의 질량은  $m$ 이다.

☒ q가 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

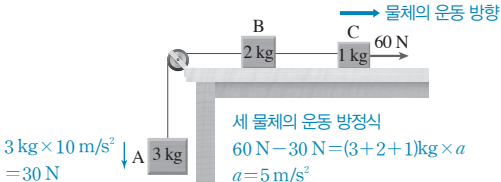
ㄴ. (가)에서  $F$ 의 크기가  $mg$ 이므로 (나)에서 A의 가속도는  $a = \frac{mg}{2m} = \frac{1}{2}g$ 이다. 따라서 B와 C의 가속도도  $\frac{1}{2}g$ 이다. B의 질량을  $m_B$ 라고 하면 (나)에서  $mg = (m_B + m) \times \frac{1}{2}g$ 에 의해  $m_B = m$ 이다.

**바로알기** ㄱ. (가)에서 물체가 정지해 있으므로  $F$ 의 크기는 C의 무게와 같은  $mg$ 이다. (나)에서 A의 가속도  $a_A = \frac{mg}{2m} = \frac{1}{2}g$ 이다.

ㄷ. (가)에서 C가 정지해 있으므로 q가 C를 당기는 힘의 크기는 C의 무게와 같은  $mg$ 이다. (나)에서 q가 C를 당기는 힘은 q가 B를 당기는 힘과 같고, q가 B를 당기는 힘이 B에 작용하는 알짜힘이므로  $\frac{1}{2}mg$ 이다. 따라서 q가 C를 당기는 힘의 크기는  $\frac{1}{2}mg$ 이다. 즉, q가 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

## 7 도르래에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

☒  $3 \text{ m/s}^2$

☒  $5 \text{ m/s}^2$

☒  $6 \text{ m/s}^2$

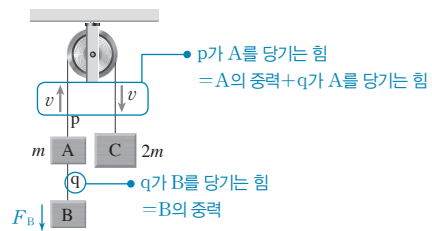
☒  $8 \text{ m/s}^2$

☒  $10 \text{ m/s}^2$

세 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 C에 작용하는  $60 \text{ N}$ 의 힘에서 A에 작용하는 중력  $30 \text{ N}$ 을 뺀  $30 \text{ N}$ 이다. 따라서 가속도의 크기  $a = \frac{30 \text{ N}}{(3 + 2 + 1)\text{kg}} = 5 \text{ m/s}^2$ 이다.

## 8 도르래에 연결된 물체의 운동

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

☒ p가 A를 당기는 힘은 q가 A를 당기는 힘과 크기가 같다. q가 A를 당기는 힘과 A의 중력을 합한 힘

☒ q가 B를 당기는 힘의 크기는  $2mg$ 이다.  $mg$

☒ q가 B를 당기는 힘과 지구가 B를 당기는 힘은 힘의 평형 관계이다.

ㄷ. q가 B를 당기는 힘의 반작용은 B가 q를 당기는 힘이다. q가 B를 당기는 힘과 지구가 B를 당기는 힘은 작용점이 모두 B에 있다. 크기가 같고 방향이 반대이므로 힘의 평형 관계이다.

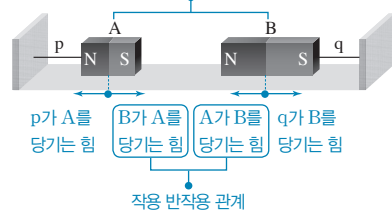
**바로알기** ㄱ. p가 A를 당기는 힘은 A의 중력과 q가 A를 당기는 힘을 합한 힘이다.

ㄴ. A, B, C가 일정한 속력으로 운동하므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이고, 질량은 A와 같은  $m$ 이다. 따라서 q가 B를 당기는 힘의 크기는 B의 무게와 같은  $mg$ 이다.

## 9 작용 반작용과 힘의 평형

### | 자료 분석 |

두 물체 모두 정지해 있으므로 힘의 평형을 이루고 있다.



### | 선택지 분석 |

☒ A에 작용하는 알짜힘은 0이다.

☒ p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 작다. 와 같다.

☒ A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.

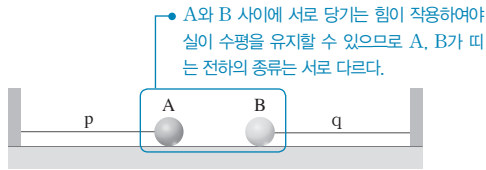
ㄱ. A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. 왼쪽으로 p가 A를 당기는 힘과 오른쪽으로 B가 A를 당기는 힘이 평형을 이루고 있다.

ㄷ. A와 B 사이에 작용하는 자기력은 크기가 같고, 방향이 반대이므로 작용과 반작용의 관계이다.

**바로알기** ㄴ. p가 A를 당기는 힘은 B가 A를 당기는 힘과 평형을 이루고, q가 B를 당기는 힘은 A가 B를 당기는 힘과 평형을 이룬다. A와 B 사이에 작용하는 두 힘이 작용과 반작용의 관계로 크기가 같기 때문에 p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘의 크기도 같다.

## 10 작용 반작용과 힘의 평형

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.
- ✕ A, B가 띠는 전하의 종류는 같다. 다르다.
- ✕ p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘은 힘의 평형 관계이다. B가 A를 당기는 힘

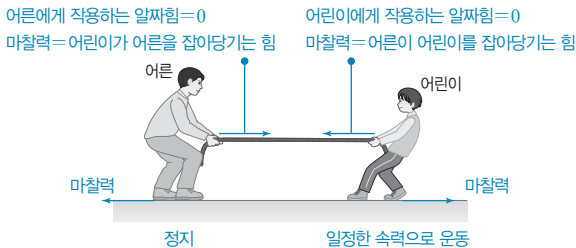
ㄱ. A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘은 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘으로, 작용과 반작용 관계이다.

바로알기 ㄴ. A, B 사이에 끌어당기는 힘이 작용하고 있으므로 A, B는 서로 다른 종류의 전하를 띠고 있다.

ㄷ. 힘의 평형 관계인 두 힘은 한 물체에 작용하고 크기가 같고 방향이 반대이다. p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘은 작용점이 서로 다른 물체에 있는 별개의 힘이므로 힘의 평형 관계가 아니다. p가 A를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘이 힘의 평형 관계이다.

## 11 작용 반작용

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ✕ 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기는 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기보다 크다. 와 같다.
- ✕ 어린이에게 왼쪽으로 알짜힘이 작용한다. 작용하는 알짜힘은 0이다.
- 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이에게 작용하는 마찰력의 크기와 같다.

ㄷ. 정지해 있는 어른과 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 알짜힘은 각각 0이다. 즉, 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기와 같고, 어린이에게 작용하는 마찰력은 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기와 같다. 따라서 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이에게 작용하는 마찰력의 크기와 같다.

바로알기 ㄱ. 어른이 어린이를 당기는 힘과 어린이가 어른을 당기는 힘은 작용과 반작용 관계이므로 크기가 같다.

ㄴ. 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

## 03 운동량과 충격량

### 개념 확인 문제

본책 31쪽, 33쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ×    2 운동량 보존 법칙    3  $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$   
 4  $2 \text{ m/s}$     5  $4 \text{ m/s}$     6 (1) ○ (2) × (3) ○    7  $100 \text{ N}$   
 8  $4 \text{ m/s}$     9 ㄱ, ㄴ

1 (3) 운동량-시간 그래프의 기울기는  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma$ 이므로 물체가 받은 알짜힘을 의미한다.

3  $p = mv = 0.2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

4 충돌 전 운동량의 총합은 충돌 후 운동량의 총합과 같으므로  $2 \times 3 + 1 \times 0 = (2+1) \times v$ 에서 충돌 후 속력  $v = 2 \text{ (m/s)}$ 이다.

5 충돌 전 운동량의 총합은 충돌 후 운동량의 총합과 같으므로  $2 \times 5 + 3 \times 2 = 2 \times 2 + 3v$ 에서 충돌 후 B의 속력  $v = 4 \text{ (m/s)}$ 이다.

6 (2) 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다.  
 (3) 같은 크기의 힘이 작용하더라도 힘이 작용하는 시간이 길수록 충격량이 커지므로 물체의 운동량이 크게 변한다.

7 평균 힘의 크기 =  $\frac{\text{운동량의 변화량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{0.5 \times 20}{0.1} = 100 \text{ (N)}$

8 물체가 받은 충격량은 운동량의 변화량과 같다. 힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 물체가 받은 충격량이고, 처음 운동량이 0이었으므로 나중 운동량-처음 운동량  $= 5 \times v = \frac{1}{2} \times 10 \times 4$ 에 의해 10초일 때 속력  $v = 4 \text{ m/s}$ 이다.

9 ㄱ. 자동차에 장착된 에어백과 범퍼는 충돌 시 충돌 시간을 길게 하여 충격력을 줄이는 역할을 한다.  
 ㄴ. 번지점프를 할 때 잘 늘어나는 줄을 사용하면 충돌 시간을 길게 하여 사람이 받는 힘을 줄일 수 있다.  
 ㄷ. 대포의 포신이 길수록 포탄이 힘을 받는 시간이 길어지므로 충격량이 커진다.

### 수능 자료 마스터

본책 34쪽

자료 ㉠ 1 ⑤    자료 ㉡ 2 ⑤

1 ㄱ. 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다. A가 B로부터 받은 충격량의 크기는  $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

ㄴ. 두 물체가 충돌할 때 작용하는 힘은 작용과 반작용 관계이므로 충격량은 크기가 같다. 따라서 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는  $2\text{ N}\cdot\text{s}$ 이다. 평균 힘 =  $\frac{\text{충격량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{2}{0.01} = 200(\text{N})$ 이다.

ㄷ. 충돌 후 A의 운동량 =  $2\text{ kg}\cdot\text{m/s} = 2\text{ kg}\times v_A$ 에 의해  $v_A = 1\text{ m/s}$ 이다. 충돌 후 B의 운동량 =  $2\text{ kg}\cdot\text{m/s} = 1\text{ kg}\times v_B$ 에 의해  $v_B = 2\text{ m/s}$ 이다. 따라서 충돌 후 속력은 B가 A의 2배이다.

2 ㄴ. 유리컵이 받은 평균 힘의 크기는 A에서 B에서보다 크다.  
ㄷ. 충격량은 운동량의 변화량이므로 유리컵의 운동량의 변화량은 A에서와 B에서가 같다.

바로알기 ㄱ. A, B의 그래프 아랫부분의 넓이가 같으므로 유리컵이 받은 충격량의 크기는 A와 B가 같다.

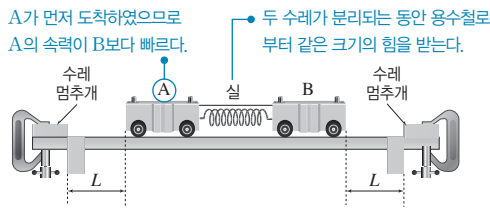
## 수능 2점 다지기

본책 35쪽~37쪽

1 ③ 2 ① 3 ⑤ 4 ② 5 ⑤ 6 ④ 7 ⑤ 8 ③  
9 ④ 10 ② 11 ② 12 ③

### 1 운동량 보존 법칙

#### 자료 분석



#### 선택지 분석

- ㄱ. A의 질량이 B보다 작다.
- ㄴ. A의 속력이 B보다 크다.
- ✗ 운동량의 크기는 A가 B보다 크다. A와 B가 같다.

ㄱ. A, B 모두 정지 상태에서 같은 크기의 힘을 받았으므로 속력이 빠른 A의 가속도가 B보다 크다. 가속도는 질량에 반비례하므로 A의 질량이 B보다 작다.

ㄴ. A가 먼저 도착하였으므로 A의 속력이 B보다 크다.

바로알기 ㄷ. A, B가 정지 상태에서 용수철로부터 같은 크기의 힘을 같은 시간 동안 받았으므로 충격량의 크기가 같다. 즉, 운동량의 변화량이 같으므로 A, B의 운동량의 크기는 같다.

### 2 운동량 보존 법칙의 적용

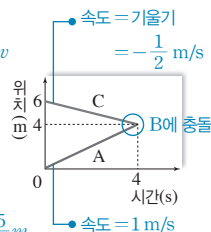
#### 자료 분석

충돌 전 운동량의 합 = 충돌 후 운동량의 합

$$2m \times 1 + 0 + m \times \left(-\frac{1}{2}\right) = (2m + m + m) \times v$$

$$\therefore v = \frac{3}{8}\text{ m/s}$$

- A가 받은 충격량 =  $2m \times \frac{3}{8} - 2m \times 1 = -\frac{5}{4}m$
- C가 받은 충격량 =  $m \times \frac{3}{8} - m \times \left(-\frac{1}{2}\right) = \frac{7}{8}m$



#### 선택지 분석

- ㄱ. 2초일 때, A의 속력은  $1\text{ m/s}$ 이다.
- ✗ 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 C가 받은 충격량의 크기와 같다. 보다 크다.
- ✗ 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력은 충돌 전 C의 속력보다 크다. 작다.

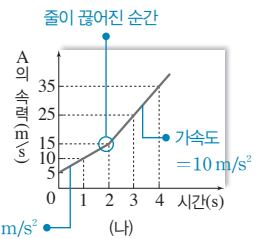
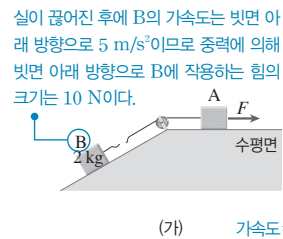
ㄱ. 0초에서 4초까지 속도가 일정한 운동을 하였으므로 2초일 때 A의 속력은  $1\text{ m/s}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 4초일 때 A와 C의 위치가 같아지므로 두 물체는 4초일 때 동시에 B에 충돌한다. 충격량은 운동량의 변화량이므로 A가 받은 충격량 = 나중 운동량 - 처음 운동량 =  $-\frac{5}{4}m$ 이고, C가 받은 충격량 =  $\frac{7}{8}m$ 이다. 따라서 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 C가 받은 충격량의 크기보다 크다.

ㄷ. 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력은  $\frac{3}{8}\text{ m/s}$ 이고, 충돌 전 C의 속력은  $\frac{1}{2}\text{ m/s}$ 이므로 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력은 충돌 전 C의 속력보다 작다.

### 3 가속도 법칙과 운동량

#### 자료 분석



#### 선택지 분석

- ㄱ. A의 질량은  $4\text{ kg}$ 이다.
- ㄴ. 1초일 때, B에 작용하는 알짜힘의 크기는  $10\text{ N}$ 이다.
- ㄷ. 3초일 때, B의 운동량의 크기는  $20\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.

ㄱ. A의 질량을  $m$ 이라고 할 때, 2초 이후 가속도가  $10\text{ m/s}^2$ 이므로  $F = 10m$ 이다. 0초에서 2초까지 운동 방정식을 세워 보면  $10m - 10 = (2 + m) \times 5$ 에 의해  $m = 4(\text{kg})$ 이다.

ㄴ. 1초일 때 가속도의 크기가  $5\text{ m/s}^2$ 이므로 B에 작용하는 알짜힘의 크기는  $2 \times 5 = 10(\text{N})$ 이다.

ㄷ. 줄이 끊어지기 전까지 A와 B가 같이 운동하므로 줄이 끊어지는 순간, 즉 2초일 때 B의 속력은 빗면 위쪽으로  $15\text{ m/s}$ 이다. 이후 B의 가속도는 빗면 아래 방향으로  $5\text{ m/s}^2$ 이므로 3초일 때 B의 속력은  $10\text{ m/s}$ 이다. 따라서 3초일 때 B의 운동량은  $2 \times 10 = 20(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ 이다.

### 4 운동량-시간 그래프

#### 선택지 분석

- ✗ 0초에서 3초까지 물체가 받은 충격량의 크기는  $\frac{15\text{ N}\cdot\text{s}}{2\text{ N}}$ 이다.
- ㄴ. 0초에서 3초까지 물체에 작용한 알짜힘의 크기는  $2\text{ N}$ 이다.
- ✗ 3초 이후 물체의 가속도의 크기는  $2\text{ m/s}^2$ 이다. 0

ㄴ. 운동량-시간 그래프의 기울기는 물체에 작용한 알짜힘과 같으므로 0초에서 3초까지 알짜힘의 크기는  $\frac{8-2}{3}=2(\text{N})$ 이다.

- 바로알기** ㄱ. 0초에서 3초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 운동량의 변화량과 같으므로  $8-2=6(\text{kg}\cdot\text{m/s})=6(\text{N}\cdot\text{s})$ 이다.  
 ㄷ. 3초 이후 그래프의 기울기가 0이므로 알짜힘이 0이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 0이다.

## 5 운동량과 충격량

### | 자료 분석 |

(가)에서 A, B가 충돌하기 위해서는 A의 운동량의 방향은 오른쪽이다. 세 물체의 운동량의 합이 0이 되어야 하므로 B와 C의 운동량의 방향은 왼쪽이다.



### | 선택지 분석 |

- ㉑ (가)에서 A, B, C의 운동량의 합은 0이다.  
 ㉒ (가)에서 충돌 전 C의 운동량의 방향은 왼쪽이다.  
 ㉓ (가)에서 (나)로 변하는 동안 받은 충격량의 크기는 A가 B의 2배이다.

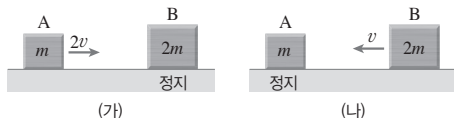
ㄱ, ㄴ. 충돌 후 전체 운동량이 0이므로 운동량 보존 법칙에 의해 충돌 전 세 물체의 운동량의 합도 0이다. (가)에서 A의 운동량이 오른쪽으로  $2p$ 이므로 B와 C의 운동량의 방향은 왼쪽이다.  
 ㄷ. (가)에서 (나)로 변하는 동안 A의 운동량의 변화량의 크기는  $2p$ 이고, B의 운동량의 변화량의 크기는  $p$ 이다. 물체의 운동량의 변화량은 물체가 받은 충격량과 같으므로 (가)에서 (나)로 변하는 동안 받은 충격량의 크기는 A가 B의 2배이다.

## 6 운동량 보존

### | 자료 분석 |

• 충돌 전 운동량 = 충돌 후 운동량

(가):  $2mv = 3mv_{\text{共}}$ 이므로  $v_{\text{共}} = \frac{2}{3}v$  (나):  $2mv = 3mv_{\text{共}}$ 이므로  $v_{\text{共}} = \frac{2}{3}v$



### | 선택지 분석 |

- ㉑ 1:3   ㉒ 1:2   ㉓ 1:1   ㉔ 2:1   ㉕ 3:1

④ A가 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기이므로  $I_{(가)} = \left| \frac{2}{3}mv - 2mv \right| = \frac{4}{3}mv$ ,  $I_{(나)} = \left| \frac{2}{3}mv - 0 \right| = \frac{2}{3}mv$ 이다.

## 7 운동 법칙과 충격량

### | 선택지 분석 |

- ㉑ 철수가 영희에 작용하는 힘과 영희가 철수에 작용하는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.  
 ㉒ 가속도의 방향은 철수와 영희가 서로 반대이다.  
 ㉓ 철수가 영희로부터 받은 충격량의 크기는 영희가 철수로부터 받은 충격량의 크기와 같다.

ㄱ. 철수가 영희에 작용하는 힘과 영희가 철수에 작용하는 힘은 철수와 영희 사이의 상호 작용이므로 작용과 반작용 관계이다.

ㄴ. 가속도의 방향은 힘의 방향과 같다. 철수가 받는 힘과 영희가 받는 힘의 방향이 반대이므로 철수와 영희의 가속도의 방향은 반대이다.

ㄷ. 충격량 = 힘 × 시간에서 철수와 영희가 받는 힘의 크기가 같고 힘을 받는 시간이 같으므로 철수와 영희가 받은 충격량의 크기는 같다.

## 8 운동량과 충격량의 관계

### | 선택지 분석 |

- ㉑ 충돌 전후 A의 운동량의 변화량의 크기는  $10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.  
 ㉒ 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는  $10 \text{ N}\cdot\text{s}$ 이다.  
 ㉓ 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 방향은 B가 A로부터 받은 충격량의 방향과 같다. **반대이다.**

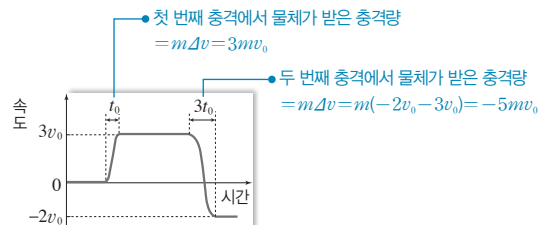
ㄱ. A가 B로부터 받은 충격량의 크기는  $10 \text{ N}\cdot\text{s}$ 이다. 운동량의 변화량은 충격량과 같으므로 A의 운동량의 변화량의 크기  $10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.

ㄴ. A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기와 같다. 따라서 A가 B로부터 받은 충격량의 크기도  $10 \text{ N}\cdot\text{s}$ 이다.

**바로알기** ㄷ. A가 B로부터 받는 힘과 B가 A로부터 받는 힘은 작용 반작용에 의해 서로 반대 방향이므로 충격량의 방향도 서로 반대이다.

## 9 속도-시간 그래프와 충격량

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉑ 5:9   ㉒ 3:5   ㉓ 2:3   ㉔ 9:5   ㉕ 3:1

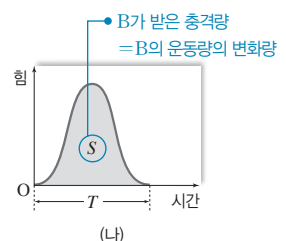
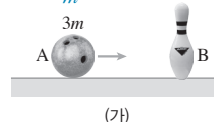
충격량 = 평균 힘 × 시간이므로 평균 힘 =  $\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}$ 이다. 물체의 질량을  $m$ 이라고 하면  $F_1 : F_2 = \frac{3mv_0}{t_0} : \frac{5mv_0}{3t_0} = 9 : 5$ 이다.

## 10 힘-시간 그래프와 충격량

### | 자료 분석 |

B가 받은 충격량 =  $S$   
 $mv - 0 = S$

∴ 나중 속력  $v = \frac{S}{m}$



| 선택지 분석 |

- ✗ 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기보다 크다. 와 같다.
- 충돌 직후 B의 속력은  $\frac{S}{m}$ 이다.
- ✗ 충돌하는 동안 A가 B에 작용한 평균 힘의 크기는  $\frac{S}{2T}$ 이다.

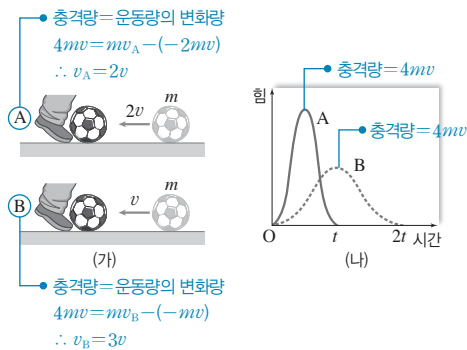
ㄴ. B가 처음에 정지 상태에 있었으므로 충돌 직후 B의 운동량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기 S와 같다. 따라서 충돌 직후 B의 속력 =  $\frac{\text{B가 받은 충격량}}{\text{B의 질량}} = \frac{S}{m}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 두 물체가 충돌하는 동안 서로에게 가하는 힘은 작용과 반작용 관계이므로 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기와 같다.

ㄷ. 평균 힘의 크기 =  $\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}$ 이다. 따라서 충돌하는 동안 A가 B에 작용한 평균 힘의 크기는  $\frac{S}{T}$ 이다.

## 11 충격력과 충돌 시간의 관계

| 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ 발로 차는 동안, 공이 받은 충격량의 크기는 A에서가 B에서보다 크다. A에서와 B에서가 같다.
- 발로 차는 동안, 공이 받은 평균 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.
- ✗ 공이 발을 떠나는 순간, 공의 속력은 A에서가 B에서의  $\frac{2}{3}$ 배이다.

ㄴ. 공이 받은 평균 힘의 크기는  $\frac{\text{충격량}}{\text{걸린 시간}}$ 이므로 충격량이 같을 때 걸린 시간에 반비례한다. 따라서 공이 받은 평균 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.

**바로알기** ㄱ. 힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량이다. A와 B는 그래프 아랫부분의 넓이가 같으므로 공이 받은 충격량의 크기는 A와 B에서 같다.

ㄷ. 공의 운동량의 변화량은 공이 받은 충격량과 같다. A와 B의 충돌 후 속도를 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 라고 할 때 A의 운동량의 변화량은  $4mv = mv_A - (-2mv)$ 이므로  $v_A = 2v$ 이고, B의 운동량의 변화량은  $4mv = mv_B - (-mv)$ 이므로  $v_B = 3v$ 이다.

## 12 충돌 완화

| 선택지 분석 |

- 야구공의 속력이 작아지는 동안 야구공의 운동량 크기는 점점 작아져.
- 야구공의 운동량의 변화량은 충돌하는 동안 야구공이 받은 충격량과 같아.
- ✗ 야구공과 야구 장갑의 충돌 시간을 짧게 하면 야구 장갑이 야구공에 작용하는 평균 힘의 크기도 작아질 거야. 증가한다.

A: 운동량의 크기는 질량×속력이므로 야구공의 속력이 작아지는 동안 야구공의 운동량 크기는 점점 작아진다.

B: 야구공의 운동량의 변화량은 충돌하는 동안 야구공이 받은 충격량과 같다.

**바로알기** C: 충격량은 힘×시간이므로 충격량이 같은 상태에서 야구공과 야구 장갑의 충돌 시간을 짧게 하면 야구 장갑이 야구공에 작용하는 평균 힘의 크기가 증가한다.

## 수능 3점 공부하기

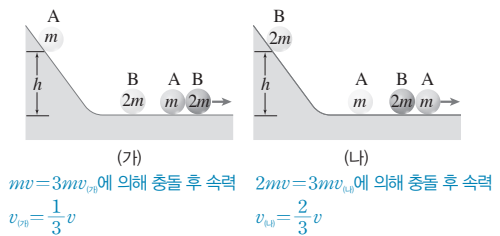
본책 38쪽~39쪽

1 ① 2 ① 3 ⑤ 4 ③ 5 ① 6 ⑤ 7 ③ 8 ②

## 1 운동량과 충격량의 관계

| 자료 분석 |

A, B의 높이가 같으므로 충돌 전 속력은  $v$ 로 같다.



| 선택지 분석 |

- 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력
- ✗ 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기
- ✗ 충돌하는 동안 A의 운동량의 변화량의 크기

ㄱ. 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

**바로알기** ㄴ. 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기는 B의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 충돌 전 B의 속력을  $v$ 라고 하면 (가)에서 B의 운동량의 변화량의 크기는  $\frac{2}{3}mv$ 이고, (나)에서 B의 운동량의 변화량의 크기는  $2mv - \frac{4}{3}mv = \frac{2}{3}mv$ 이다. 따라서 B가 받은 충격량의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.

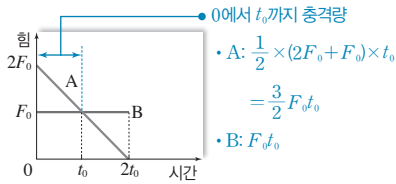
ㄷ. 충돌 전 A의 속력을  $v$ 라고 하면 충돌하는 동안 A의 운동량의 변화량의 크기는 (가)에서  $mv - \frac{1}{3}mv = \frac{2}{3}mv$ 이고, (나)에서  $\frac{2}{3}mv$ 이다. 따라서 충돌하는 동안 A의 운동량의 변화량의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.



## 2 힘-시간 그래프와 충격량

### | 자료 분석 |

힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량이고, 물체가 받은 충격량만큼 운동량이 변한다.



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 0에서  $t_0$ 까지 물체가 받은 충격량의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㉡  $t_0$ 일 때, 물체의 속력은 A가 B보다 크다. **작다.**
- ㉢  $2t_0$ 일 때, 물체의 운동량의 크기는 A가 B보다 크다. A와 B가 같다.

㉠. 충격량의 크기는 힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이와 같다. 0에서  $t_0$ 까지 충격량의 크기는 A가 B보다 크다.

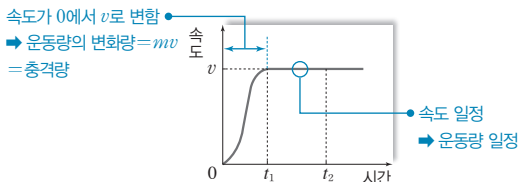
㉡. 0에서  $t_0$ 까지 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로  $t_0$ 일 때 A, B의 속력을 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 라고 하면  $2mv_A = \frac{3}{2}F_0t_0$ ,

$mv_B = F_0t_0$ 이 되어  $v_A = \frac{3F_0t_0}{4m}$ ,  $v_B = \frac{F_0t_0}{m}$ 이다. 따라서 물체의 속력은 A가 B보다 작다.

㉢. 0에서  $2t_0$ 까지 그래프 아랫부분의 넓이가 같으므로  $2t_0$ 일 때, 두 물체의 운동량은 같다.

## 3 속도-시간 그래프와 충격량

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 0에서  $t_1$ 까지 물체의 운동량의 변화량의 크기는  $mv$ 이다.
- ㉡ 0에서  $t_1$ 까지 물체가 받은 충격량의 크기는  $mv$ 이다.
- ㉢  $t_1$ 에서  $t_2$ 까지 물체가 받은 충격량은 0이다.

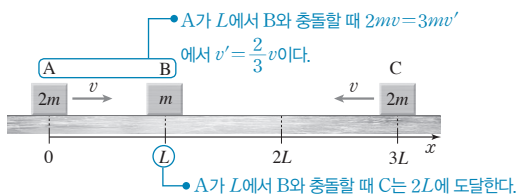
㉠. 운동량의 변화량은 질량  $\times$  속도 변화량이므로  $mv$ 이다.

㉡. 물체가 받은 충격량의 크기는 운동량의 변화량의 크기와 같으므로  $mv$ 이다.

㉢.  $t_1$ 에서  $t_2$ 까지 물체가 등속 직선 운동하므로 물체의 운동량 변화량이 0이다. 따라서 물체가 받은 충격량도 0이다.

## 4 운동량 보존

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 위치  $1.4L$ 에서 두 번째 충돌이 일어난다.
- ㉡ 두 번째 충돌 후 세 물체는 모두 정지한다.
- ㉢ 두 번째 충돌에서 운동량의 변화량은 C가 B의 2배이다. **3배**

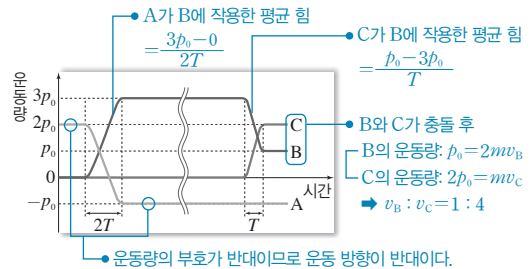
㉠. 첫 번째 충돌이  $x=L$ 에서 일어난 후 이때 한 덩어리가 된 A와 B의 속력  $v'$ 이  $\frac{2}{3}v$ 이다. 이 순간 C는  $x=2L$ 에 와 있고 속력은  $v$ 이다. 속력의 비가  $\frac{2}{3}v : v = 2 : 3$ 이므로 두 번째 충돌은  $L$ 과  $2L$  사이를  $2 : 3$ 으로 나눈 지점인  $1.4L$ 에서 일어난다.

㉡. 처음 A와 C의 운동량이 크기가 같고 방향이 반대이므로 전체 운동량은 0이다. 따라서 세 물체가 충돌한 후 전체 운동량도 0이 되어야 하므로 두 번째 충돌 후 세 물체는 모두 정지한다.

㉢. 두 번째 충돌 전 B의 운동량은  $\frac{2}{3}mv$ 이고, C의 운동량은  $2mv$ 이다. 두 번째 충돌 후 모두 정지하므로, 두 번째 충돌에서 B의 운동량의 변화량은  $\frac{2}{3}mv$ 이고, C의 운동량의 변화량은  $2mv$ 이다. 따라서 두 번째 충돌에서 운동량의 변화량은 C가 B의 3배이다.

## 5 운동량과 충격량의 관계

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 B와 충돌 후 충돌 전과 반대 방향으로 움직인다.
- ㉡ B가 C와 충돌한 후 C의 속력은 B의 속력의 2배이다. **4배**
- ㉢ B가 받은 평균 힘의 크기는 A와 충돌하는 동안 C와 충돌하는 동안보다 크다. **작다.**

㉠. 충돌 전과 후 A의 운동량은 각각  $2p_0$ ,  $-p_0$ 으로 방향이 반대이다. 따라서 운동 방향도 반대이다.

㉡. B, C가 충돌 후 운동량이 각각  $p_0$ ,  $2p_0$ 이고 질량은 B가 C의 2배이므로 속력은 C가 B의 4배이다.

㉢. B가 A와 충돌하는 동안 받은 평균 힘의 크기는  $\frac{3p_0}{2T}$ 이고, B가 C와 충돌하는 동안 받은 평균 힘의 크기는  $\frac{2p_0}{T}$ 이다.

## 6 힘-시간 그래프와 충격량

### | 선택지 분석 |

- ㉠ A, B가 등속 직선 운동하는 동안 운동량의 크기는 A가 B의 4배이다. **2배**
- ㉡ 질량은 A가 B의 2배이다.
- ㉢ 스틱으로 치는 동안 스틱으로부터 받은 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

ㄴ. A의 운동량이 B의 2배이고, 충돌 후 속력이 같으므로 A의 질량이 B의 2배이다.

ㄷ. 평균 힘 =  $\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}$  이므로 A, B의 운동량을 각각  $2p$ ,  $p$ 라고

하면 A가 받은 평균 힘 =  $\frac{2p}{2t}$ 이고, B가 받은 평균 힘 =  $\frac{p}{3t}$ 이다.

따라서 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

**바로알기** ㄱ. 처음에 정지 상태에 있었으므로 운동량의 크기는 물체가 받은 충격량의 크기와 같다. 따라서 등속 직선 운동하는 동안 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.

## 7 물체의 운동과 운동량

### | 자료 분석 |

시간(s) 0 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

속력(m/s)

자동차 A	10	8	5	2	0	0	0
자동차 B	10	9	7	4	1	0	0

• A, B의 처음 속력이 같다.

• A의 속력 변화량은 2, 3, 3, 2(m/s)이다. A, B는 나중 속력이 0이므로 운동량의 변화량이 같다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ A는 등가속도 직선 운동을 한다. **가속도 운동**
- ☒ 운동량의 변화량의 크기는 A가 B보다 크다. **A와 B가 같다.**
- ☒ 자동차에 작용하는 평균 힘의 크기는 A가 B보다 크다.

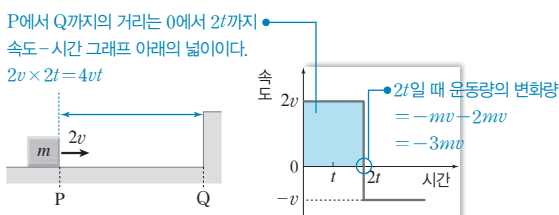
ㄷ. 운동량의 변화량이 같으므로 A와 B가 받은 충격량이 같다. 멈추는 데 걸린 시간이 A가 B보다 짧으므로 평균 힘의 크기는 A가 B보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 시간에 따른 속력 변화량이 일정하지 않으므로 A는 가속도가 변하는 가속도 운동을 한다.

ㄴ. A와 B의 질량이 같고 처음 속력이 같으므로 처음 운동량이 같고, 두 자동차 모두 멈추었으므로 운동량의 변화량이 같다.

## 8 속도-시간 그래프와 운동량

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ P에서 Q까지의 거리는  $2vt$ 이다.  **$4vt$**
- ☒  $t$ 일 때, 물체의 운동량의 크기는  $mv$ 이다.  **$2mv$**
- ☒ 충돌하는 동안 물체가 벽으로부터 받은 충격량의 크기는  $3mv$ 이다.

ㄷ. 물체가 벽으로부터 받은 충격량의 크기는 운동량의 변화량의 크기와 같다.  $2t$ 일 때 운동량의 변화량이  $-3mv$ 이므로 물체가 벽으로부터 받은 충격량의 크기는  $3mv$ 이다.

**바로알기** ㄱ. P에서 Q까지의 거리는 0에서  $2t$ 까지 속도-시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로  $2v \times 2t = 4vt$ 이다.

ㄴ.  $t$ 일 때, 물체의 속도는  $2v$ 이므로 운동량은  $m \times 2v = 2mv$ 이다.

## 04 역학적에너지 보존

### 개념 확인 문제

본책 41쪽, 43쪽

- 1 (1)  $\times$  (2)  $\bigcirc$     2 200 J    3 (1) 100 (2) 50    4 100 J  
 5 (1)  $\bigcirc$  (2)  $\times$  (3)  $\bigcirc$     6 ④    7 (1)  $\bigcirc$  (2)  $\times$  (3)  $\times$   
 8 20 m/s    9 (1)  $mgH$  (2)  $\sqrt{2gH}$  (3) 3 : 1

1 (1) 힘과 이동 거리의 관계 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 일의 양을 나타낸다.

(2) 물체에 작용한 힘과 물체의 이동 방향이 수직이면 물체에 한 일은 0이다.

2 물체를 천천히 위로 들어 올릴 경우 물체에 작용해야 하는 힘은 물체의 무게와 같다. 따라서 물체에 해 준 일은 물체의 무게  $\times$  이동 거리 =  $10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 200 \text{ J}$ 이다.

3 (1) 지면을 기준으로 한 물체의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는  $5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 100 \text{ J}$ 이다.

(2) 지면으로부터 높이 1m인 책상면을 기준으로 한 물체의 퍼텐셜 에너지는  $5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 50 \text{ J}$ 이다.

4 물체에 해 준 알짜힘에 의한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가한다. 물체의 운동 에너지가  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (10 \text{ m/s})^2 = 100 \text{ J}$ 이므로 100 J의 일을 해 주어야 한다.

5 (1) 일·운동 에너지 정리에 의해 물체에 작용한 알짜힘에 의한 일은 물체의 운동 에너지 변화량으로 나타난다. 물체의 운동 방향으로 알짜힘이 작용하면 운동 에너지가 증가하고, 운동 반대 방향으로 알짜힘이 작용하면 운동 에너지가 감소한다.

(2) 물체가 일정한 속력으로 운동할 때 가속도가 0이므로 알짜힘도 0이다. 따라서 알짜힘에 의한 일은 0이다.

(3) 물체에 10 N의 힘을 주었을 때 물체가 등속으로 움직였으므로 물체에 작용한 마찰력은 운동 반대 방향으로 10 N이다. 따라서 마찰력이 물체에 한 일 =  $-10 \text{ N} \times 5 \text{ m} = -50 \text{ J}$ 이다.

6 용수철의 늘어난 길이  $x = 0.1 \text{ m}$ 이므로 탄성 퍼텐셜 에너지 =  $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 400 \text{ N/m} \times (0.1 \text{ m})^2 = 2 \text{ J}$ 이다.

7 (1) 물체의 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다.

(2) 마찰이나 공기 저항이 없으면 중력이나 탄성력을 받아 운동하는 물체의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. 이를 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

(3) 물체가 마찰이나 공기 저항을 받아 운동하는 경우 역학적 에너지는 보존되지 않지만 열에너지를 포함한 전체 에너지는 보존된다. 이를 에너지 보존 법칙이라고 한다.



8 20 m 높이에서의 중력 퍼텐셜 에너지가 지면에 닿는 순간 모두 운동 에너지로 전환되므로  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 에 의해  $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20(\text{m/s})$ 이다.

9 (1) 물체가 지면에 도달할 때까지 중력이 물체에 한 일=물체의 무게×낙하 거리= $mgH$ 이다.

(2) 지면에 도달할 때까지 중력이 한 일이 운동 에너지로 전환되므로  $mgH = \frac{1}{2}mv^2$ 에 의해  $v = \sqrt{2gH}$ 이다.

(3) 처음 높이  $H$ 에서  $\frac{1}{4}H$ 까지 낙하하는 동안 중력이 물체에 한 일이 운동 에너지가 되므로  $E_k = \frac{3}{4}mgH$ 이고, 지면을 기준으로 한 중력 퍼텐셜 에너지  $E_p = \frac{1}{4}mgH$ 이다. 따라서  $E_k : E_p = 3 : 1$ 이다.

## 수능 자료 마스터

본책 44쪽~45쪽

자료 A 1 ②

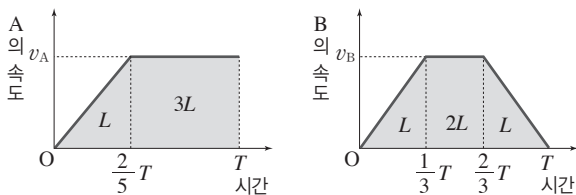
자료 B 2 ①

자료 C 3 ④

자료 D 4 ③

1 A와 B가 모두  $x=0$ 에서 정지해 있다가  $x=4L$ 까지 이동하는 데 걸린 시간이 같으므로 이 시간을  $T$ 이라 할 때 A는 정지 상태에서  $x=L$ 까지 등가속도 운동을 하고,  $x=L$ 에서  $v_A$ 의 속도로 나머지  $3L$  거리를 등속도 운동을 한다.

B는 정지 상태에서  $x=L$ 까지 등가속도 운동을 하고,  $x=L$ 에서  $v_B$ 의 속도로  $x=3L$ 까지 등속도 운동을 한 후  $x=3L$ 에서  $x=4L$ 까지 맨 처음 구간과 같은 크기의 가속도로 등가속도 운동을 하고 멈춘다. 따라서 A와 B의 속도-시간 그래프는 다음과 같다.



A가 등속도 운동을 하는 동안 이동한 거리  $3L = v_A \times \frac{3}{5}T \dots ①$

이고, B가 등속도 운동하는 동안 이동한 거리  $2L = v_B \times \frac{1}{3}T \dots ②$ 이다. ①, ②에 의해  $v_B = \frac{6}{5}v_A$ 이다.

$0 \leq x \leq L$ 에서 두 물체의 질량과 이동 거리가 같으므로  $\frac{W_A}{W_B} =$

$\frac{F_A}{F_B} = \frac{a_A}{a_B}$ 이다.  $a_A = \frac{v_A}{\frac{2}{5}T} = \frac{5v_A}{2T}$ 이고,  $a_B = \frac{v_B}{\frac{1}{3}T} = \frac{3v_B}{T} = \frac{3}{T} \times$

$\frac{6}{5}v_A = \frac{18v_A}{5T}$ 이므로  $\frac{W_A}{W_B} = \frac{a_A}{a_B} = \frac{\frac{5v_A}{2T}}{\frac{18v_A}{5T}} = \frac{25}{36}$ 이다.

2 물체의 질량을  $m$ 이라고 할 때, 높이  $h$ 인 곳에서 물체의 역학적 에너지는  $mgh$ 이다. 역학적 에너지가 보존되므로 P점에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지의 3배일 때 P점의 높이는  $\frac{3}{4}h$ 이다. Q점에서는 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지의 2배이

므로, Q점의 높이는  $\frac{2}{3}h$ 이다. 따라서 P점과 Q점 사이의 거리는  $\frac{3}{4}h - \frac{2}{3}h = \frac{h}{12}$ 이다.

3 높이  $h$ 인 곳에서 바닥까지의 구간에서 역학적 에너지 보존 법칙에 따라  $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \dots ①$ 이므로  $v = \sqrt{2gh} \dots ②$ 이다.

또한 q에서의 속력을  $V$ 라고 하고, p에서 q까지 구간에서의 총격량은 운동량의 변화량이므로  $Ft = mV - mv \dots ③$ 이 된다. 마지막으로 q에서 높이  $2h$ 인 곳까지의 구간에서 역학적 에너지 보존 법칙을 적용하면  $\frac{1}{2}mV^2 = 2mgh + 2 \times \frac{1}{2}mv^2 \dots ④$ 이 된다.

식 ④에 ①을 대입하면  $\frac{1}{2}mV^2 = 2 \times \frac{1}{2}mv^2 + 2 \times \frac{1}{2}mv^2$ 이므로  $V = 2v$ 이다. 또한 식 ③에서  $2mgt = 2mv - mv$ 이므로  $t = \frac{mv}{2mg}$ 이고, 식 ②를 대입하여  $t = \frac{mv}{2mg} = \frac{m\sqrt{2gh}}{2mg} = \sqrt{\frac{h}{2g}}$  같이 정리할 수 있다.

4 (가)에서 A와 B의 역학적 에너지의 합은 A의 중력 퍼텐셜 에너지인  $2mgh$ 뿐이고, (나)에서 A와 B의 역학적 에너지의 합은 A의 운동 에너지+B의 운동 에너지+B의 중력 퍼텐셜 에너지  $= \frac{1}{2} \times 2m \times v^2 + \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ 이다. 역학적 에너지가 보존되므로,  $mgh = \frac{3}{2}mv^2$ 에서  $v = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$ 이다.

## 수능 2점 다지기

본책 46쪽~47쪽

1 ⑤

2 ④

3 ⑤

4 ④

5 ④

6 ⑤

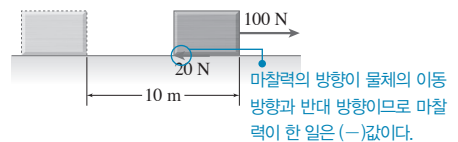
7 ②

8 ②

### 1 일

#### | 자료 분석 |

물체에 작용하는 알짜힘의 크기는  $100 - 20 = 80(\text{N})$ 이다.



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 80 N이다.
- ㉡ 100 N이 한 일의 양은 1000 J이다.
- ㉢ 마찰력이 한 일은 -200 J이다.

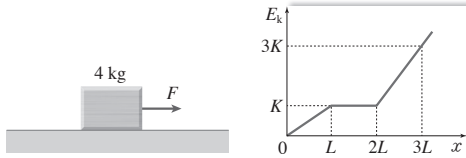
㉠. 물체에 오른쪽으로 100 N의 힘이, 왼쪽으로 20 N의 힘이 작용하므로, 알짜힘 =  $100 \text{ N} - 20 \text{ N} = 80 \text{ N}$ 이다.

- ㄴ.  $100 \text{ N}$ 이 한 일의 양  $= 100 \text{ N} \times 10 \text{ m} = 1000 \text{ J}$ 이다.  
 ㄷ. 마찰력과 물체의 이동 방향이 반대이므로 마찰력이 한 일  $= -20 \text{ N} \times 10 \text{ m} = -200 \text{ J}$ 이다.

## 2 일·운동 에너지 정리

### | 자료 분석 |

힘  $F$ 가 알짜힘이므로 일·운동 에너지 정리에 의해 알짜힘이 한 일만큼 운동 에너지가 증가한다.  $\rightarrow Fx = \Delta E_k$



- ① 0에서  $L$ 까지 운동 에너지가  $x$ 에 비례하여 증가하므로  $F$ 가 일정  
 ②  $L$ 에서  $2L$ 까지: 운동 에너지가 일정하므로  $F=0$   
 ③  $2L$ 부터: 다시 운동 에너지가  $x$ 에 비례하여 증가하므로  $F$ 가 일정

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 0에서  $L$ 까지  $F$ 의 크기는  $\frac{K}{L}$ 로 일정하다.  
 ✕  $F$ 가 물체에 한 일은  $2L$ 에서  $3L$ 까지가 0에서  $L$ 까지의 3배이다.  
 ㉡  $L$ 에서  $2L$ 까지  $F$ 가 물체에 한 일은 0이다.

ㄱ.  $F\Delta x = \Delta E_k$ 이므로  $F = \frac{\Delta E_k}{\Delta x}$ 이다. 즉, 운동 에너지-이동

거리 그래프의 기울기  $\frac{K}{L}$ 는 알짜힘을 의미한다.

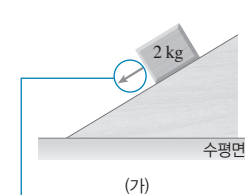
ㄷ.  $L$ 에서  $2L$ 까지 운동 에너지 변화가 없으므로  $F$ 가 물체에 한 일은 0이다.

**바로알기** ㄴ.  $2L$ 에서  $3L$ 까지 운동 에너지 변화량( $2K$ )은 0에서  $L$ 까지의 2배이므로  $F$ 가 물체에 한 일은  $2L$ 에서  $3L$ 까지가 0에서  $L$ 까지의 2배이다.

## 3 빗면에서의 일과 에너지

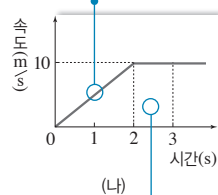
### | 자료 분석 |

물체에 작용한 알짜힘의 크기는 '질량  $\times$  가속도'이다.



물체가 중력의 빗면 방향으로의 분력에 의해 이동하였으므로 중력이 물체에 일을 한 것이다.

속도-시간 그래프의 기울기는 가속도이다.



물체가 이동한 거리는 속도-시간 그래프 아래부분의 넓이와 같다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 경사면에서 물체에 작용한 알짜힘의 크기는  $10 \text{ N}$ 이다.  
 ㉡ 경사면에서 중력이 물체에 한 일은  $100 \text{ J}$ 이다.  
 ㉢ 수평면에서 물체의 운동 에너지는  $100 \text{ J}$ 이다.

ㄱ. 물체에 작용한 알짜힘  $F = ma = 2 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ 이다.

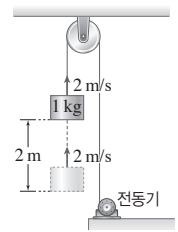
ㄴ. 0초에서 2초까지 물체가 이동한 거리는 속도-시간 그래프 아래부분의 넓이와 같으므로  $10 \text{ m}$ 이다. 따라서 중력이 물체에 한 일  $= 10 \text{ N} \times 10 \text{ m} = 100 \text{ J}$ 이다.

ㄷ. 수평면에서 물체의 운동 에너지  $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 = 100 \text{ (J)}$ 이다.

## 4 일과 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

### | 자료 분석 |

물체가 일정한 속력으로 올라갔으므로 물체의 가속도는 0이고 물체에 작용한 알짜힘은 0이다.  
 $\rightarrow$  전동기가 줄을 통해 물체에 작용하는 힘의 크기는 물체의 무게와 같은  $10 \text{ N}$ 이다.



### | 선택지 분석 |

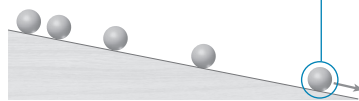
- ✕ 2 J   ✕ 4 J   ✕ 8 J   ㉠ 20 J   ✕ 22 J

물체가 등속도 운동을 하므로 전동기가 물체를 끌어올리는 힘은 물체에 작용하는 중력( $mg = 1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ )과 크기가 같은  $10 \text{ N}$ 이다. 따라서 전동기가 물체에 한 일  $= 10 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ J}$ 이다.

## 5 빗면에서의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

빗면 아래로 내려오면서 같은 시간 동안 이동한 거리가 점점 증가한다.  $\rightarrow$  공의 속력이 점점 증가한다.



물체가 아래로 내려올 때 중력이 물체에 한 일만큼 중력 퍼텐셜 에너지가 감소하고, 그만큼 운동 에너지가 증가한다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 운동 에너지는 점점 증가한다.  
 ㉡ 중력 퍼텐셜 에너지는 점점 감소한다.  
 ✕ 물체의 역학적 에너지는 점점 감소한다. **보존된다.**

ㄱ. 아래로 내려오면서 공의 속력이 점점 빨라지므로 운동 에너지가 증가한다.

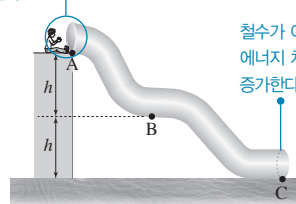
ㄴ. 물체가 빗면 아래로 내려오면서 중력 퍼텐셜 에너지가 점점 감소한다.

**바로알기** ㄷ. 마찰과 공기 저항이 없으므로 중력을 받아 운동하는 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

## 6 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

철수의 퍼텐셜 에너지는 기준점으로부터 높이에 비례한다.



철수가 아래로 내려오면 퍼텐셜 에너지 차이만큼 운동 에너지가 증가한다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ 철수의 속력은 C점에서 B점에서의 2배이다.  $\sqrt{2}$ 배
- ☐ 철수의 퍼텐셜 에너지는 A점에서 B점에서의 2배이다.
- ☐ C점까지 내려오는 동안 중력이 철수에게 한 일은 C점에서 철수의 운동 에너지와 같다.

ㄴ. C점을 기준으로 A점의 높이가 B점의 2배이므로 퍼텐셜 에너지는 A점이 B점의 2배이다.

ㄷ. 정지 상태에서 A점을 출발하였으므로 C점까지 내려오면서 중력이 철수에게 한 일은 C점에서 철수의 운동 에너지로 전환된다.

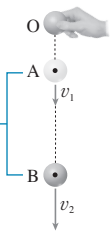
**바로알기** ㄱ. C점에서 철수의 운동 에너지가 B점에서의 2배이다. 따라서 C점에서 철수의 속력은 B점의  $\sqrt{2}$ 배이다.

## 7 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

모든 마찰을 무시하므로 공은 자유 낙하 운동을 한다. 자유 낙하 운동은 등가속도 운동이다.

등가속도 직선 운동의 식  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 에 의해  
낙하 거리  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ 이다.



### | 선택지 분석 |

- ☐ O점에서 A점까지 공의 낙하 거리는  $\frac{v_1^2}{2g}$ 이다.
- ☐ 중력이 공에 한 일만큼 공의 운동 에너지가 증가한다.
- ☒ A점에서 B점까지 공이 낙하하는 동안 중력이 공에 한 일은  $\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$ 이다.  $\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$

ㄱ. O에서 정지 상태에 있던 공이 A까지 등가속도 직선 운동을 하므로 공의 낙하 거리  $s = \frac{v_1^2 - 0}{2g} = \frac{v_1^2}{2g}$ 이다.

ㄴ. 일·운동 에너지 정리에 의해 중력이 공에 한 일만큼 공의 운동 에너지가 증가한다.

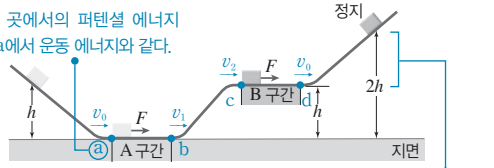
**바로알기** ㄷ. A점에서 B점까지 중력이 공에 한 일만큼 운동 에너지가 증가한다. 따라서 중력이 공에 한 일 = 운동 에너지 변화량 = 나중 운동 에너지 - 처음 운동 에너지 =  $\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$ 이다.

## 8 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

그림과 같이 A 구간의 시작과 끝 점을 각각 a, b라 하고, B 구간의 시작과 끝 점을 각각 c, d라고 하고, 각 점에서의 속력을  $v_0, v_1, v_2, v_3$ 라고 하자.

높이  $h$ 인 곳에서의 퍼텐셜 에너지 ( $mgh$ )는 a에서 운동 에너지와 같다.



d에서의 운동 에너지가 퍼텐셜 에너지  $mgh$ 로 전환되므로 a와 d에서 물체의 속력( $v_0$ )은 같다.

### | 선택지 분석 |

- ☒  $\frac{2}{3}$
- ☒  $\frac{7}{9}$
- ☒  $\frac{8}{9}$
- ☒ 1
- ☒  $\frac{10}{9}$

$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$ 이므로  $v_0 = \sqrt{2gh}$ 이다. A 구간과 B 구간에서 물체가 받은 충격량의 크기가 같으므로 속도 변화량의 크기도 같다. 따라서  $v_1 - v_0 = v_0 - v_2$ 가 되어  $v_1 + v_2 = 2v_0 \dots$  ①이다.

b점과 c점에서 운동 에너지 차이는 퍼텐셜 에너지 차이  $mgh$ 와 같으므로  $\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh$ 에 의해  $v_1^2 - v_2^2 = 2gh = v_0^2$ 이고, 이 식은  $(v_1 - v_2)(v_1 + v_2) = v_0^2$ 이므로 여기에 ①을 대입하면  $v_1 - v_2 = \frac{v_0}{2} \dots$  ②이다.

①, ②를 연립하여 풀면  $v_1 = \frac{5}{4}v_0, v_2 = \frac{3}{4}v_0$ 이다.  $W_A = Fs_A,$

$W_B = Fs_B$ 이므로  $\frac{W_B}{W_A} = \frac{S_B}{S_A}$ 이다. 두 구간의 이동 시간이 같으므로 이동 거리는 평균 속력에 비례한다. 두 구간에서 모두 등가속도 운동을 하므로 A 구간의 평균 속력  $= \frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{9}{8}v_0$ 이고,

B 구간의 평균 속력  $= \frac{v_2 + v_0}{2} = \frac{7}{8}v_0$ 이다.

따라서  $\frac{W_B}{W_A} = \frac{S_B}{S_A} = \frac{7}{9}$ 이다.

## 수능 3점 공부하기

본책 48쪽~49쪽

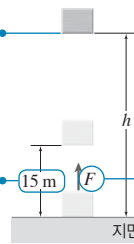
1 ③ 2 ⑤ 3 ② 4 ⑤ 5 ④ 6 ② 7 ③ 8 ⑤

## 1 일과 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

### | 자료 분석 |

15 m에서의 운동 에너지는  $h$ 까지 올라가는 동안 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

지면에서 15 m까지 물체에  $15m$ 의 힘  $F$ 가 물체에 한 일은 최종 작용하는 알짜힘이 한 일은 운동 에너지로 전환된다.



### | 선택지 분석 |

- ☐  $F$ 의 크기는 물체에 작용하는 중력의 4배이다.
- ☒  $h = 45$  m이다.  $60$  m
- ☐  $F$ 가 한 일은 높이  $h$ 에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다.

ㄱ. 물체의 질량을  $m$ 이라고 하면 물체에 작용하는 알짜힘은  $(F - 10m)$ 이다. 이 알짜힘에 의해 높이 15 m까지 1초에 올라가는 등가속도 운동을 하였으므로  $s = \frac{1}{2}at^2$ 에 의해 가속도  $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \times 15}{1^2} = 30(m/s^2)$ 이다. 뉴턴의 운동 방정식에 대입하면  $F - 10m = 30m$ 에 의해  $F = 40m$ 이다.

ㄷ. 중력의 반대 방향으로  $F$ 가 한 일은 최고점인 높이  $h$ 에서 모두 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

**바로알기** ㄴ.  $F$ 가 물체에 한 일이 모두 중력 퍼텐셜 에너지로 전환되므로  $40m \times 15 = 10mh$ 에 의해  $h = 60(m)$ 이다.

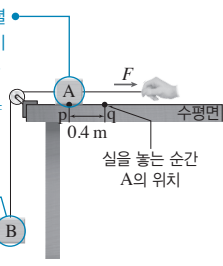
## 2 일·운동 에너지 정리

### | 자료 분석 |

A가 p에서 q까지 이동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량이 B의 운동 에너지 증가량의 2배이므로 A가 q에 도달하는 순간 A와 B의 속력을  $v$ 라

고 하면  $2 \times \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 = 1 \times 10 \times 0.4$ 에 의해  $v = 2(\text{m/s})$ 이다.

$F = 10 \text{ N}$ 일 때, A와 B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 중력의 크기는  $F$ 와 같은  $10 \text{ N}$ 이고 B의 질량은  $1 \text{ kg}$ 이다.



### | 선택지 분석 |

☒ 4 J   ☒ 5 J   ☒ 6 J   ☒ 8 J   ☒ 9 J

A가 p에서 q까지 이동하는 동안 두 물체에 작용한 알짜힘  $20 \text{ N}$ 이 한 일은 A와 B의 운동 에너지 변화량과 같으므로 A의 질량을  $m$ 이라 할 때,  $20 \times 0.4 = \frac{1}{2} (1 + m) \times 2^2$ 에서  $m = 3(\text{kg})$ 이다.

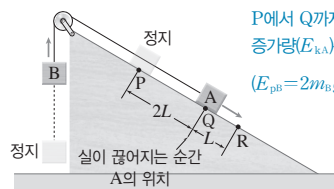
q에서 손을 놓은 후 두 물체에 작용하는 알짜힘은 B에 작용하는 중력의 크기  $10 \text{ N}$ 이다. q에서 두 물체가 정지할 때까지 이동한 거리가  $s$ 일 때, 알짜힘  $10 \text{ N}$ 이 두 물체에 한 일만큼 운동 에너지가 감소하므로  $10s = \frac{1}{2} \times 4 \times 2^2$ 에 의해  $s = 0.8(\text{m})$ 이다.

A가 정지한 지점부터 다시 p로 돌아가는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 두 물체의 운동 에너지 증가량과 같고, p에서 A의 운동 에너지를  $E_k$ 라고 하면 이때 B의 운동 에너지는  $\frac{1}{3} E_k$ 이므로  $10 \times 1.2 = E_k + \frac{1}{3} E_k$ 에 의해  $E_k = 9(\text{J})$ 이다.

## 3 줄로 연결된 두 물체의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

Q에서 A의 운동 에너지를  $E_{kA}$ 라고 하면, A가 P에서 Q까지 이동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량( $E_{kA}$ )은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량( $E_{pB} = 2m_B gL$ )의  $\frac{4}{5}$ 배이다.



Q에서 R까지 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량( $E_{pA}$ )은 A의 운동 에너지 증가량과 같다.

### | 선택지 분석 |

☒ 3   ☒ 4   ☒ 5   ☒ 6   ☒ 7

A가 P에서 Q까지 이동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량  $E_{kA} = \frac{4}{5} E_{pB} = \frac{8}{5} m_B gL \dots$  ①이고, R에서 A의 운동 에너지는 Q에서의  $\frac{9}{4}$  배이므로  $\Delta E_{pA} = \Delta E_{kA} = \frac{9}{4} E_{kA} - E_{kA} = \frac{5}{4} E_{kA} = \frac{5}{4} \times \frac{4}{5} E_{pB} = E_{pB} \dots$  ②이다.

A가 P에서 Q까지 이동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량  $E_{pA}$ 는 A가 Q에 있을 때 A와 B의 운동 에너지의 합과 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량( $E_{pB}$ )의 합과 같다.

즉,  $E_{pA} = E_{kA} + E_{kB} + E_{pB} \dots$  ③이다.

$E_{pA}$ 는 Q에서 R까지 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량( $\Delta E_{pA} = E_{pB}$ )의 2배이므로  $E_{pA} = 2\Delta E_{pA} = 2E_{pB} = 4m_B gL \dots$  ④이다.

A와 B의 속력이 같으므로 운동 에너지는 질량에 비례한다. 따라서  $E_{kB} = \frac{m_B}{m_A} E_{kA} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{8}{5} m_B gL \dots$  ⑤이다.

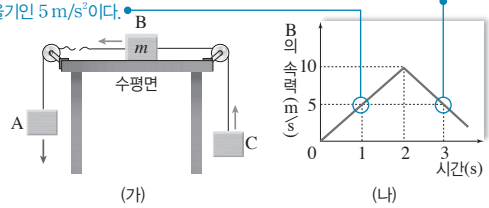
③에 ①, ④, ⑤와  $E_{pB} = 2m_B gL$ 을 대입하여 정리하면,  $\frac{m_B}{m_A} = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서  $\frac{m_A}{m_B} = 4$ 이다.

## 4 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

실이 끊어지기 전 0초에서 2초까지 세 물체의 가속도는 속도-시간 그래프의 기울기인  $5 \text{ m/s}^2$ 이다.

실이 끊어진 후 2초에서 3초까지 가속도의 크기도  $5 \text{ m/s}^2$ 이다.



### | 선택지 분석 |

- ☒ C의 운동 방향은 1초일 때와 3초일 때가 서로 반대이다. 같다.
- ☒ 질량은 A가 C의 4배이다.
- ☒ C의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 크다.

ㄴ. A의 질량을  $m_A$ , C의 질량을  $m_C$ 라 하고 실이 끊어지기 전 세 물체의 운동 방정식을 세워 보면 다음과 같다.

$$10m_A - 10m_C = 5(m_A + m + m_C) \dots \text{①}$$

실이 끊어진 후 B, C의 운동 방정식을 세워 보면 다음과 같다.

$$10m_C = 5(m + m_C) \dots \text{②}$$

식 ①, ②에서  $m_A = 4m$ ,  $m_C = m$ 임을 알 수 있다.

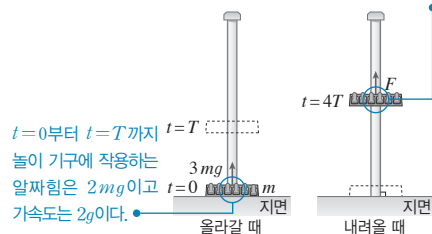
ㄷ. 줄이 끊어진 후 B와 C의 역학적 에너지는 보존된다. B의 역학적 에너지가 2초에서 3초까지 감소하므로 C의 역학적 에너지는 증가한다. 따라서 C의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 크다.

**바로알기** ㄱ. B와 C는 실로 연결되어 같은 속력으로 운동한다. 1초일 때 왼쪽으로 운동하는 B는 3초일 때도 왼쪽으로 운동한다. 따라서 C의 운동 방향은 1초일 때와 3초일 때 같다.

## 5 일과 에너지

### | 자료 분석 |

$t = T$ 부터  $t = 4T$ 까지 놀이 기구에 작용하는 알짜힘은  $-mg$ 이고 가속도는  $-g$ 이다. 놀이 기구의 속력은  $t = 3T$ 일 때 0이 된다.

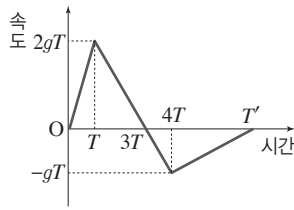


### | 선택지 분석 |

☒  $\frac{12}{11} mg$    ☒  $\frac{10}{9} mg$    ☒  $\frac{8}{7} mg$    ☒  $\frac{6}{5} mg$    ☒  $\frac{4}{3} mg$

놀이 기구의 속도를 시간에 따라 나타내면 그래프와 같다.  $3T$ 까지 위로 올라간 놀이 기구는  $3T$ 부터 낙하하기 시작하여  $T'$ 일 때 지면에 도달한다.

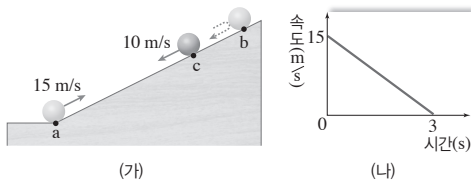
내려올 때 최고 속력이 올라갈 때의 절반이므로 내려오는 데 걸리는 시간은 올라가는 데 걸리는 시간의 2배가 되어야 한다. 따라서  $T'=9T$ 임을 알 수 있다.



3T부터 9T까지 가속도가  $\frac{1}{5}g$ 이므로 운동 방정식을 세워 보면  $F-mg=\frac{1}{5}mg$ 에 의해  $F=\frac{6}{5}mg$ 이다.

## 6 등가속도 운동과 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |



- ① 마찰이 없고 경사각이 일정한 빗면에서 물체가 운동하므로 빗면을 올라갈 때와 내려올 때 알짜힘이 같고 가속도도 같다.
- ② 물체가 a에서 b까지 올라가는 동안 가속도는  $a=\frac{(0-15)\text{ m/s}}{3\text{ s}}=-5\text{ m/s}^2$ 이다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ b에서 물체의 가속도 크기는  $5\text{ m/s}^2$ 이다.
- ㉡ a에서 b까지의 거리는  $22.5\text{ m}$ 이다.
- ㉢ c에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의  $1.5$ 배이다.

㉠. 물체가 빗면에서 운동하는 동안 가속도가 일정하므로 b에서 가속도의 크기는 (나)의 그래프의 기울기의 크기와 같은  $5\text{ m/s}^2$ 이다.

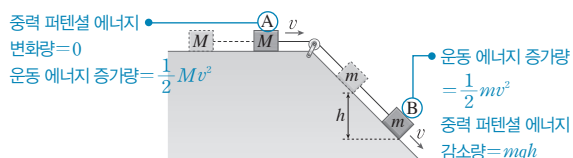
㉡. a에서 b까지 거리는 (나)의 속도-시간 그래프 아래부분의 넓이와 같으므로  $\frac{1}{2} \times 15 \times 3 = 22.5(\text{m})$ 이다.

㉢. 전체 역학적 에너지는 a에서 운동 에너지와 같으므로  $\frac{1}{2} \times 1 \times 15^2 = \frac{225}{2}(\text{J})$ 이다. c에서 운동 에너지는  $\frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 = 50(\text{J})$ 이고 역학적 에너지가 보존되므로 c에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지  $= \frac{225}{2} - 50 = \frac{125}{2}(\text{J})$ 이다. 따라서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의  $\frac{\frac{125}{2}}{50} = 1.25$ 배이다.

## 7 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 감소량은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 같다.



### | 선택지 분석 |

- ㉠ B의 높이가  $h$ 만큼 줄어드는 동안, A의 운동 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같다.
- ㉡  $h=\frac{2v^2}{g}$ 이다.
- ㉢  $M=2m$ 이다.

㉠. A와 B의 역학적 에너지는 보존되므로, A의 역학적 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같다. A는 높이 변화가 없으므로 A의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 0이고, A의 역학적 에너지 증가량은 A의 운동 에너지 증가량과 같다. 따라서 A의 운동 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같다.

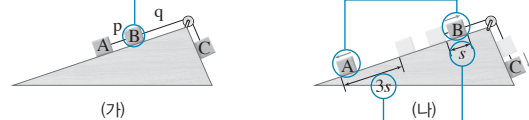
㉡. B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 감소량  $mgh$ 는 B의 운동 에너지 증가량인  $\frac{1}{2}mv^2$ 의 4배이므로,  $mgh=4 \times \frac{1}{2}mv^2$ 에서  $h=\frac{2v^2}{g}$ 이다.

㉢. A의 운동 에너지 증가량은 B의 역학적 에너지 감소량과 같으므로,  $\frac{1}{2}Mv^2 = -(\frac{1}{2}mv^2 - mgh)$ 가 성립한다. 이 식에  $mgh=4 \times \frac{1}{2}mv^2$ 을 대입하면  $M=3m$ 이다.

## 8 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

### | 자료 분석 |

- q가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기의 3배이므로 A의 질량을  $m$ 이라고 하면 B의 질량은  $2m$ 이다.
- A와 B가 정지 상태에서 출발하여 같은 시간 동안 이동한 거리는 A가 B의 3배이므로 가속도의 크기는 A가 B의 3배이다.



B와 C가  $s$ 만큼 이동한 순간의 속력을  $v$ 라고 하면, A가  $3s$ 만큼 이동한 순간의 속력은  $3v$ 이다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠  $\frac{2}{9}$
- ㉡  $\frac{1}{3}$
- ㉢  $\frac{2}{3}$
- ㉣  $\frac{7}{9}$
- ㉤  $\frac{8}{9}$

(나)에서 같은 경사면에서 같은 시간 동안 이동한 거리는 A가 B의 3배이므로 높이의 변화도 A가 B의 3배이다.

(나)에서 B와 C의 역학적 에너지의 합이 보존되므로 C의 역학적 에너지 감소량( $E_C$ )은 B의 역학적 에너지 증가량( $E_B$ )과 같다. B의 질량이 A의 2배이고, B의 속력이 A의  $\frac{1}{3}$ 배이므로 B의 운동 에너지 증가량( $E_{kB}$ )은 A의 운동 에너지 증가량( $E_A$ )의  $\frac{2}{9}$ 배가 되어  $\frac{2}{9}E_A$ 이다.

A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A의 운동 에너지 증가량과 같고, B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량( $E_{pB}$ )은 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의  $\frac{2}{3}$ 배이므로  $\frac{2}{3}E_A$ 이다.

결국  $E_B = E_{kB} + E_{pB} = \frac{2}{9}E_A + \frac{2}{3}E_A = \frac{8}{9}E_A = E_C$ 이므로  $\frac{E_C}{E_A} = \frac{8}{9}$ 이다.



## 05 열역학 제1법칙

### 개념 확인 문제

본책 51쪽, 53쪽

- 1 (1) 분자 (2) 온도    2 (1) ○ (2) ○ (3) ×    3 (1) ○ (2) × (3) ○  
 4 (1) ○ (2) × (3) ○    5 (1) ○ (2) ○ (3) ×    6 (1) 비례  
 (2) 반비례 (3) 비례    7 ㉠ 내부 에너지, ㉡ 일    8 (1) ○ (2) ×  
 (3) × (4) ○ (5) ○    9 ㉢    10 (1) × (2) ○ (3) ×

- 1 (1) 열에너지는 물체를 구성하는 내부 분자들의 열운동 때문에 나타난다.  
 (2) 온도는 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 기준을 정해 수치로 나타낸 것이다.
- 2 (1) 섭씨온도 = 절대 온도 + 273이므로 섭씨온도  $0^{\circ}\text{C}$ 는 절대 온도  $273\text{ K}$ 이다.  
 (2) 열평형 상태는 두 물체의 온도가 같은 상태이다.  
 (3) 열은 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 스스로 이동한다.
- 3 (1) 열은 온도가 높은 물체 A에서 온도가 낮은 물체 B로 이동한다.  
 (2) 열을 잃은 A의 온도가 낮아지므로 A의 평균 운동 에너지가 감소한다.  
 (3) 그래프를 보면 두 물체의 온도가  $30^{\circ}\text{C}$ 로 같아졌으므로 열평형 온도는  $30^{\circ}\text{C}$ 이다.
- 4 (1) 기체가 한 일  $W = P\Delta V$ 이다.  
 (2) 기체가 팽창하였을 때  $W > 0$ 이다.  
 (3) 압력-부피 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 기체가 한 일에 해당한다.
- 5 (1) 이상 기체는 분자들 사이의 인력이 없는 이상적인 기체이므로 이상 기체의 내부 에너지는 기체 분자의 운동 에너지의 총합과 같다.  
 (2) 이상 기체의 내부 에너지는 분자 수와 절대 온도에 비례한다.  
 (3) 절대 온도는 기체 분자의 평균 운동 에너지에 비례하는 온도 체계이다.
- 6 (1) 압력이 일정할 때, 일정량의 이상 기체의 부피는 절대 온도에 비례한다.  
 (2) 온도가 일정할 때, 일정량의 이상 기체의 부피는 압력에 반비례한다.  
 (3) 부피가 일정할 때, 일정량의 이상 기체의 압력은 온도에 비례한다.
- 7 기체에 열을 가하면 온도가 상승하여 내부 에너지가 증가하거나 부피가 팽창하여 외부에 일을 한다.
- 8 (1) 부피가 일정하게 유지되는 등적 과정에서는 일을 하지 않기 때문에 기체가 받은 열은 모두 내부 에너지 변화에 사용된다.

- (2) 등압 과정에서 기체가 받은 열은 일부 외부에 일을 하고 나머지는 내부 에너지 증가에 사용된다.  
 (3) 등온 과정에서는 기체의 온도가 일정하기 때문에 기체의 내부 에너지 변화는 없고 기체가 받은 열은 모두 외부에 일을 하는 데 사용된다.  
 (4) 단열 팽창 과정에서  $\Delta U = -W$ 이고  $W > 0$ 이므로 기체의 내부 에너지는 감소한다.  
 (5) 단열 압축 과정에서 기체의 내부 에너지가 증가하고 기체의 온도도 증가한다.

9 열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에 의해  $W = Q - \Delta U = 600 - 400 = 200(\text{J})$ 이다.

- 10 (1) A  $\rightarrow$  B 과정은 등온 과정이므로 내부 에너지의 변화는 없고, 외부에 한 일만큼 열을 흡수한다.  
 (2) B  $\rightarrow$  C 과정에서 압력이 일정한 상태로 부피가 감소하므로 내부 에너지가 감소하고 외부로부터 일을 받는다. 내부 에너지의 감소와 외부로부터 받는 일만큼 열을 방출한다.  
 (3) A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A 과정에서 기체가 한 일의 양은 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이와 같다.

### 수능 자료 마스터

본책 54쪽 ~ 55쪽

자료 ㉠ 1 ㉢    자료 ㉡ 2 ㉤    자료 ㉢ 3 ㉢    자료 ㉣ 4 ㉠

- 1 ㄱ. (가)에서 기체의 부피 변화가 없으므로, 기체가 한 일  $W = 0$ 이다. 따라서 열역학 제1법칙  $Q = W + \Delta U$ 에 의해 기체 내부 에너지 증가량  $\Delta U = Q$ 이다.  
 ㄴ. (나)에서 기체를 가열하면 부피가 증가하고 압력은 일정하다. 일정한 양의 이상 기체의 경우  $\frac{PV}{T}$  값이 일정하므로 기체의 온도는 높아진다. 따라서 기체의 내부 에너지가 증가하므로, 기체 분자의 평균 운동 에너지가 증가하여 기체 분자의 평균 속력은 증가한다.  
 바로알기 ㄷ. (가)와 (나)에서 가열 후 내부 에너지는 같다. 한편 (가)에서 내부 에너지는 가열 전에 비해  $Q$ 만큼 증가하고, (나)에서 내부 에너지는 가열 전에 비해  $Q - W$ 만큼 증가한다. 따라서 내부 에너지 증가량은 (가)가 (나)보다 크므로 가열 전 내부 에너지는 (가)가 (나)보다 작다.
- 2 ㄱ. ㄷ. 단열 과정에서  $\Delta U = -W$ 이고, 기체의 부피가 팽창하므로 기체가 외부에 일을 한 것이다. 따라서 기체의 내부 에너지가 감소하여 온도가 낮아진다.  
 ㄴ.  $\frac{PV}{T}$  값이 일정한데, 기체의 온도( $T$ )가 낮아지고 부피( $V$ )가 증가하므로, 기체의 압력( $P$ )은 감소한다.

3. A → B 과정은 부피가 일정한 등적 과정으로  $W=0$ 이고, 기체의 온도가  $T_1$ 에서  $T_2$ 로 증가하였다. 따라서  $Q=\Delta U+W$ 에서  $Q=\Delta U$ 이므로 기체가 받은 열( $Q$ )은 모두 내부 에너지 증가( $\Delta U$ )에 사용되었다.

나. B → C 과정은 온도가 일정하므로 내부 에너지 변화량은 0이다.  $Q=\Delta U+W$ 에서  $\Delta U=0$ 이므로 기체가 받은 열( $Q$ )은 모두 외부에 일( $W$ )을 하는 데 사용되었다.

**바로알기** 다. B → C 과정에서 내부 에너지 변화량은 0이므로 내부 에너지 변화량은 A → B 과정에서보다 작다.

4. 가. 압력이 일정할 때, 기체의 부피는 절대 온도에 비례한다. B의 부피가 A의 2배이므로 절대 온도는 B가 A의 2배이다.

**바로알기** 나. A → B 과정에서 기체가 외부에 한 일은 그래프 아래부분의 넓이이므로  $4P_0V_0(=4P_0 \times (2V_0 - V_0))$ 이다.

다. B → C 과정은 단열 과정이므로  $Q=0$ 이고, 부피가 팽창하였으므로 외부에 한 일  $W>0$ 이다. 따라서  $\Delta U=-W$ 에 의해 내부 에너지가 감소하였다. 내부 에너지가 감소하였으므로 온도가 감소한 것이고 기체 분자의 평균 운동 에너지가 감소하였다.

[다른 풀이] 일정량의 기체의 압력과 부피의 곱(PV)은 절대 온도에 비례한다. B에서 압력과 부피의 곱은  $4P_0 \times 2V_0=8P_0V_0$ 이고, C에서 압력과 부피의 곱은  $P_0 \times 4V_0=4P_0V_0$ 이다. 따라서 절대 온도는 C에서가 B에서보다 낮다. 절대 온도는 기체 분자의 평균 운동 에너지에 비례하므로 기체 분자의 평균 운동 에너지는 C에서가 B에서보다 작다.

## 수능 2점 다지기

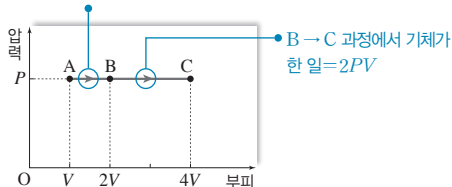
본책 56쪽~57쪽

1 ② 2 ③ 3 ③ 4 ② 5 ② 6 ③ 7 ⑤ 8 ③

### 1 열역학 제1법칙과 등압 과정

#### | 자료 분석 |

A → B 과정에서 기체가 한 일 = PV



- ① 압력이 일정한 상태에서 부피가 팽창하는 열역학 과정이다.
- ② 압력이 일정할 때 기체가 하는 일  $W=P\Delta V$ 이다.

#### | 선택지 분석 |

- ✗ 기체가 한 일은 A → B 과정에서의 가 B → C 과정에서의 보다 작다.
- 기체의 온도는 C에서가 A에서보다 높다.
- ✗ A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량은 Q와 같다.

나. 압력이 일정할 때, 일정량의 이상 기체의 온도는 부피에 비례한다. 따라서 기체의 온도는 C에서가 A에서보다 높다.

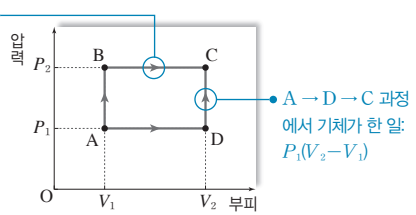
**바로알기** 가. 기체가 한 일은 압력-부피 그래프 아래부분의 넓이에 해당한다. A → B 과정에서 그래프 아래부분의 넓이가 B → C 과정에서보다 작으므로 기체가 한 일도 적다.

다. A → B 과정에서 기체는 열량  $Q$ 를 흡수하여 외부에 일을 하므로 내부 에너지 변화량은  $Q$ 에서 기체가 한 일을 뺀 값이다.

### 2 기체가 한 일

#### | 자료 분석 |

A → B → C 과정에서 기체가 한 일:  $P_2(V_2 - V_1)$



#### | 선택지 분석 |

- 기체가 한 일은 A → B → C 과정에서가 A → D → C 과정에서보다 크다.
- 기체의 내부 에너지 변화량은 A → B → C 과정에서와 A → D → C 과정에서가 같다.
- ✗ 기체의 온도는 A에서가 C에서보다 높다.

가.  $P_2 > P_1$ 이므로 기체가 한 일은 A → B → C 과정에서가 A → D → C 과정에서보다 크다.

나. 기체의 내부 에너지 변화량은 온도 변화량에 비례한다. 일정량의 기체의 온도는 압력과 부피에 비례하고, A → B → C 과정과 A → D → C 과정 모두 처음 상태 A와 마지막 상태 C가 같으므로 온도 변화가 같다. 따라서 기체의 내부 에너지 변화량도 같다.

**바로알기** 다. 일정량의 이상 기체의 온도는 압력이 클수록, 부피가 클수록 크다. C에서의 압력과 부피가 A에서보다 크므로 온도는 C에서가 A에서보다 높다.

### 3 열역학 법칙

#### | 선택지 분석 |

- ✗ 풍선 속 기체의 부피는 증가한다. 감소한다.
- ✗ 열은 얼음에서 풍선으로 이동한다.
- 풍선 속 기체 분자의 평균 운동 에너지가 감소한다.

다. 열이 풍선 속 기체에서 외부로 이동하기 때문에 풍선 속 기체의 온도가 낮아지므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 감소한다.

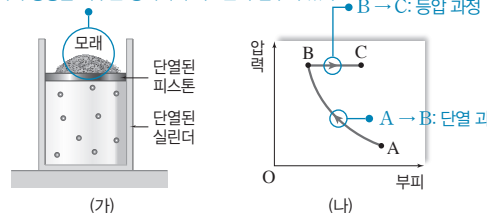
**바로알기** 가. 풍선 속 기체에서 외부로 열이 방출되어 기체의 온도가 낮아지고 기체의 부피는 감소한다.

나. 열은 스스로 고온에서 저온으로 이동한다. 온도가 높은 풍선 속 기체에서 온도가 낮은 얼음과 아이스박스 내부로 열이 이동한다.

### 4 열역학 과정

#### | 자료 분석 |

피스톤과 모래의 무게에 의한 압력 + 대기압과 실린더 내부 이상 기체의 압력이 평형을 이루는 상태에서 피스톤이 멈추어 있다.





### | 선택지 분석 |

- ☒ A → B 과정에서 기체의 온도는 변하지 않는다. 증가한다.
- ☒ B → C 과정에서 모래의 양을 감소시킨다. 은 일정하다.
- ☒ B → C 과정에서 기체는 열을 흡수한다.

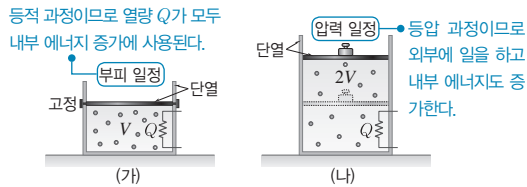
ㄷ. B → C 과정은 압력이 일정하고 부피가 팽창하는 열역학 과정이다. 등압 팽창 과정에서 기체는 외부에 일을 하고, 내부 에너지도 증가한다. 따라서 기체는 외부에 한 일과 내부 에너지 증가량의 합만큼 열을 흡수한다.

**바로알기** ㄱ. A → B 과정은 단열 과정이고, 부피가 감소하였으므로 외부로부터 일을 받았다. 외부에서 받은 일만큼 기체의 내부 에너지가 증가한다. 따라서 기체의 온도는 증가한다.

ㄴ. B → C 과정은 압력이 일정한 등압 과정이다. 따라서 모래의 양은 일정하다.

## 5 등적 과정과 등압 과정

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 가열 후 (나)에서 기체의 절대 온도는 T이다. 2T
- ☒ 가열 후 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ☒ (나)에서 기체가 외부에 한 일은 (가)에서 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 보다 작다.

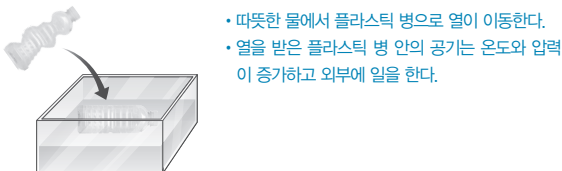
ㄴ. 가열 전 (가)와 (나)에서 기체의 절대 온도가 T로 같으므로 내부 에너지도 같다. 한편 (가)에서 기체가 한 일은 0이므로 열역학 제1법칙에 의해  $\Delta U_{(가)} = Q$ 이고, (나)에서 기체는 외부에 일을 하므로  $\Delta U_{(나)} = Q - W$ 이다. 따라서 가열 후 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 일정량의 이상 기체는  $\frac{PV}{T}$  값이 일정하므로, 압력이 일정하고 부피가 2V가 되면 절대 온도는 2T가 된다.

ㄷ. (나)에서 기체가 외부에 한 일은  $Q - \Delta U_{(나)}$ 이고, (가)에서 내부 에너지 증가량은 Q이다.

## 6 열역학 제1법칙

### | 자료 분석 |



- 따뜻한 물에서 플라스틱 병으로 열이 이동한다.
- 열을 받은 플라스틱 병 안의 공기는 온도와 압력이 증가하고 외부에 일을 한다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ ① 외부에 일을 하였다.
- ☒ ② 온도가 상승하였다.
- ☒ ③ 압력이 감소하였다. 증가하였다.
- ☒ ④ 내부 에너지가 증가하였다.
- ☒ ⑤ 열을 흡수하였다.

① 플라스틱 병 안의 공기가 팽창하면서 찌그러진 플라스틱 병을 원래 모양으로 돌아가게 하였으므로, 플라스틱 병 안의 공기는 외부에 일을 하였다.

② 플라스틱 병 안 공기의 압력은 대기압보다 높거나 최소한 대기압과 같은 압력을 유지하면서 팽창한다. 일정량의 공기의 압력이 일정한 상태로 부피가 팽창하는 경우는 공기의 온도가 상승한 경우이다.

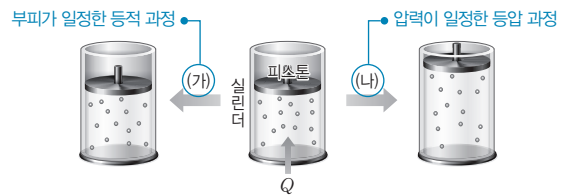
④ 온도가 상승하였으므로 내부 에너지가 증가하였다.

⑤ 플라스틱 병 안 공기는 따뜻한 물로부터 열을 흡수하였다.

**바로알기** ③ 따뜻한 물로부터 열을 흡수한 플라스틱 병 안 공기는 분자 운동이 활발해져 압력이 증가하여 외부에 일을 한다. 대기압과 평형을 유지하면서 팽창한다고 하더라도 압력이 감소한 것은 아니다.

## 7 등적 과정과 등압 과정

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ (가)에서 기체의 내부 에너지 증가량은 Q이다.
- ☒ ㄴ (나)에서 기체는 외부에 일을 한다.
- ☒ ㄷ 온도 증가는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

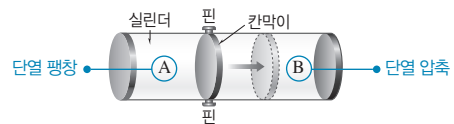
ㄱ. (가)에서 외부에 일을 하지 않으므로 흡수한 열량 Q는 모두 내부 에너지 증가에 쓰인다.

ㄴ. (나)에서 기체의 부피가 팽창하므로 외부에 일을 한 것이다.

ㄷ. (가)에서는 흡수한 열량 Q가 모두 내부 에너지 증가에 쓰이지만 (나)에서는 흡수한 열량 중에서 일부는 외부에 일을 하는 데 사용되고 나머지가 내부 에너지 증가에 사용된다. 따라서 내부 에너지 증가는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, 온도 증가도 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

## 8 단열 과정

### | 자료 분석 |



열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에서 단열 과정은  $Q = 0$ 이므로  $\Delta U = -W$ 가 된다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ A는 단열 팽창, B는 단열 압축하였다.
- ☒ ㉡ A의 내부 에너지는 증가하였다. 감소하였다.
- ☒ ㉢ B의 내부 에너지 증가량은 A가 B에 한 일과 같다.

ㄱ. 외부와 열의 출입이 없이 A는 단열 팽창, B는 단열 압축한다.

ㄷ. B는 단열 압축되므로 A가 B에 한 일만큼 내부 에너지가 증가한다.

**바로알기** ㄴ. A는 단열 팽창하므로 외부에 일을 한만큼 내부 에너지가 감소하고, 압력과 온도가 감소한다.

1 ① 2 ② 3 ① 4 ① 5 ① 6 ② 7 ④ 8 ⑤

## 1 열역학 과정

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 (나)로 변하는 동안 내부 에너지가 감소한다.
- ㉡ (가)에서 (나)로 변하는 동안 외부로 방출한 열은 내부 에너지 변화량과 같다. 내부 에너지 변화량과 외부에서 받은 일의 합
- ㉢ (가)에서 (다)로 변하는 동안 외부에 일을 한 만큼 내부 에너지가 감소한다. 외부에서 흡수한 열량은 외부에 한 일과 내부 에너지 증가량의 합이다.

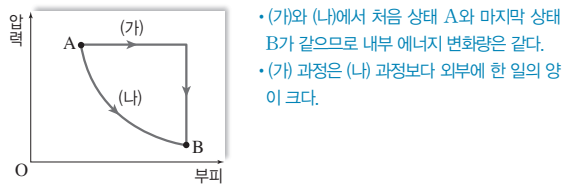
㉠. (가)에서 (나)로 변하는 동안 압력이 일정한 상태에서 부피가 감소하였으므로 온도가 감소하고, 내부 에너지가 감소한다.

㉡. (가)에서 (나)로 변하는 동안 내부 에너지가 감소하였고, 외부로부터 일을 받았다.  $Q = \Delta U + W$ 이므로 방출한 열( $Q$ )은 외부에서 받은 일( $W$ )과 내부 에너지 감소량( $\Delta U$ )의 합과 같다.

㉢. (가)에서 (다)로 변하는 동안 압력이 일정한 상태에서 부피가 증가하였으므로 온도가 증가하고, 내부 에너지가 증가한다. 외부에서 흡수한 열량 중 일부는 외부에 일을 하고 나머지는 내부 에너지 증가에 사용된 경우이다.

## 2 기체가 하는 일과 내부 에너지

### 자료 분석



### 선택지 분석

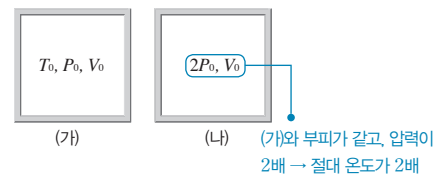
- ㉠  $\Delta U_{(가)} = \Delta U_{(나)}$ ,  $Q_{(가)} = Q_{(나)}$
- ㉡  $\Delta U_{(가)} = \Delta U_{(나)}$ ,  $Q_{(가)} > Q_{(나)}$
- ㉢  $\Delta U_{(가)} > \Delta U_{(나)}$ ,  $Q_{(가)} = Q_{(나)}$
- ㉣  $\Delta U_{(가)} > \Delta U_{(나)}$ ,  $Q_{(가)} > Q_{(나)}$
- ㉤  $\Delta U_{(가)} < \Delta U_{(나)}$ ,  $Q_{(가)} = Q_{(나)}$

(가)와 (나)에서 기체의 상태가 모두 A에서 B로 되었으므로 온도 변화가 같고 내부 에너지 변화량도 같다. 즉,  $\Delta U_{(가)} = \Delta U_{(나)}$ 이다.

압력-부피 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 기체가 한 일의 양이다. 따라서 기체가 한 일의 양은 (가)에서 (나)에서보다 크다. 열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에서  $\Delta U$ 가 같고, 기체가 외부에 한 일( $W$ )이 (가)에서 (나)에서보다 크므로 기체가 외부에서 받은 열량은  $Q_{(가)} > Q_{(나)} = 0$ 이다.

## 3 기체의 내부 에너지

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠ (나)에서 기체의 절대 온도는  $T_0$ 이다.  $2T_0$
- ㉡ 기체 분자 1개의 평균 운동 에너지는 (나)가 (가)의 2배이다.
- ㉢ 기체의 내부 에너지는 (나)가 (가)의 4배이다. 2배

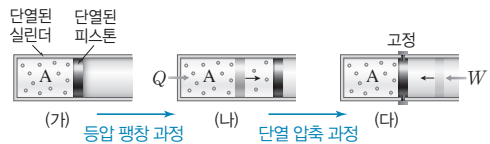
㉠. 기체 분자 1개의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다. 기체의 절대 온도는 (나)가 (가)의 2배이므로 평균 운동 에너지는 (나)가 (가)의 2배이다.

㉡. (가)와 (나)에서 기체의 부피가 같고 압력이 (나)에서 (가)에서의 2배이므로 온도는 (나)에서 (가)에서의 2배인  $2T_0$ 이다.

㉢. 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례하므로 내부 에너지는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

## 4 열역학 과정

### 자료 분석



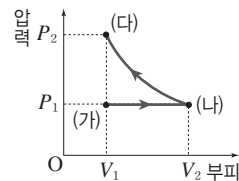
### 선택지 분석

- ㉠ A의 온도는 (가)에서 (다)에서보다 낮다.
- ㉡ (나) → (다) 과정에서 A의 압력은 일정하다. 증가한다.
- ㉢ (가) → (나) 과정에서 A가 한 일은 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량과 같다. 보다 작다.

㉠. A는 (가) → (나) 과정에서 열량  $Q$ 를 받아 등압 팽창하면서 외부에 일을 하고 내부 에너지가 증가하여 온도가 높아졌다. 다시 (나) → (다) 과정에서 단열 압축되어 내부 에너지가 증가하므로 온도가 높아졌다. 따라서 A의 온도는 (다)에서 가장 높다.

㉡. (나) → (다) 과정은 단열 압축 과정이므로 부피가 감소하고 압력과 온도는 증가한다.

㉢. (가) → (나) → (다) 과정을 압력-부피 그래프로 나타내면 다음과 같다.

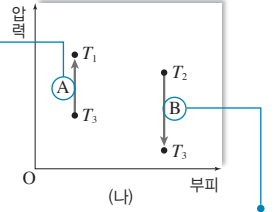
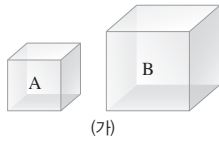


(가) → (나) 과정에서 A가 한 일은  $P_1(V_2 - V_1)$ 이다. (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량은 A가 받은 일과 같으므로 (나) → (다) 과정 그래프 아랫부분의 넓이와 같다. 따라서 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량은 (가) → (나) 과정에서 A가 한 일보다 크다.

## 5 등적 과정

### | 자료 분석 |

‘압력×부피’ 값 증가 → 온도 상승  
→ 기체의 내부 에너지 증가



부피 일정, 압력 감소 → ‘압력×부피’ 값 감소  
→ 내부 에너지 감소 →  $Q = \Delta U$ 에서  $Q < 0$   
→ 외부로 열 방출

### | 선택지 분석 |

- ㉠ A에 채워진 이상 기체의 내부 에너지는 증가하였다.
- ㉡ B에는 외부에서 열을 가하였다. 로 열을 방출하였다.
- ㉢ 기체가 한 일은 A가 B보다 크다. 0이다.

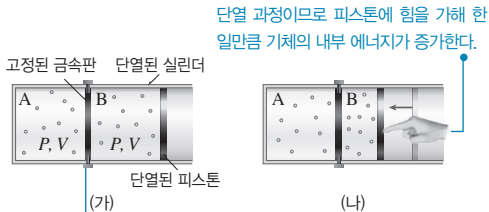
㉠. (나)에서 A의 ‘압력×부피’ 값이 커지므로 온도가 높아져 기체의 내부 에너지는 증가한다.

㉡. (나)에서 B의 부피는 일정하고 압력이 감소하였으므로, 기체가 한 일은 0이고, ‘압력×부피’ 값이 작아지므로 내부 에너지는 감소( $\Delta U < 0$ )한다. 따라서  $Q = \Delta U$ 에서  $Q < 0$ 이므로 B는 외부로 열을 방출한 것이다.

㉢. A와 B 모두 부피가 일정하므로 외부에 한 일이 0이다.

## 6 열역학 제1법칙

### | 자료 분석 |



단열 과정이므로 피스톤에 힘을 가해 한 일만큼 기체의 내부 에너지가 증가한다.

고정된 금속판을 통해 열전달이 일어나므로 A와 B의 온도가 같아진다. → 열평형 상태이다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ A의 온도는 (가)에서 (나)에서보다 높다. 낮다.
- ㉡ (나)에서 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
- ㉢ (가) → (나) 과정에서 B가 받은 일은 B의 내부 에너지 증가량과 같다. A의 내부 에너지 증가량 + B의 내부 에너지 증가량

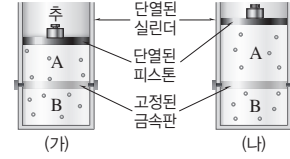
㉠. (나)에서 A, B는 열평형 상태이므로 온도가 같다. 기체의 온도가 일정할 때, 일정량의 이상 기체의 부피와 압력은 반비례한다. 기체의 부피는 A가 B보다 크므로 기체의 압력은 A가 B보다 작다.

㉡. (나)에서는 단열 압축이 일어나므로 열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에서  $Q = 0$ 이고, 부피가 감소하고 있으므로( $W < 0$ ), 내부 에너지는 증가한다. 따라서 B의 온도는 증가한다. A와 B를 막고 있는 금속판은 열을 전달하므로 A의 온도는 (가)에서 (나)에서보다 낮다.

㉢. (가) → (나) 과정에서 B가 외부로부터 일을 받아 A와 B의 온도가 상승하였다. 따라서 B가 받은 일은 A의 내부 에너지 증가량과 B의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.

## 7 열역학 과정

### | 자료 분석 |



- ① (나)에서 A와 B의 온도는 같다. → 온도가 같을 때 같은 양의 기체의 압력은 부피에 반비례한다.
- ② (나)에서 A와 B의 온도 변화가 같으므로 내부 에너지 변화량도 같다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ (나)에서 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
- ㉡ (나)에서 기체의 내부 에너지는 A가 B보다 크다. A와 B가 같다.
- ㉢ (가)에서 (나)로 되는 과정에서 A가 흡수한 열량은  $\frac{1}{2}Q$ 보다 크다.

㉠. (나)에서 A의 압력은 대기압과 추에 의한 압력과 평형을 이루므로 (가)에서와 같다. 그러나 (나)에서 B는 온도가 높아졌으나 부피의 변화가 없으므로 압력이 증가하였다. 따라서 (나)에서 압력은 A가 B보다 작다.

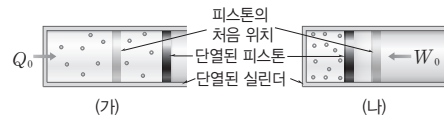
㉡. (가)에서 (나)로 되는 과정에서 A와 B의 온도 변화가 같으므로 내부 에너지 변화량( $\Delta U$ )이 같다. A는 부피가 팽창하면서 외부에 일( $W$ )을 하였다. (가)에서 (나)로 되는 과정에서 B에 가해진 열량은  $Q = 2\Delta U + W$ 이고 A가 흡수한 열량은  $Q_A = \Delta U + W$ 이므로  $\frac{1}{2}Q$ 보다 크다.

㉢. (나)에서 A와 B의 온도가 같고, 같은 양의 기체이기 때문에 내부 에너지는 같다.

## 8 단열 과정에서 기체가 외부에 한 일

### | 자료 분석 |

(가)와 (나)에서 온도 변화가 같으므로 내부 에너지 증가량이 같다.



### | 선택지 분석 |

- ㉠  $T_2 > T_1$ 이다.
- ㉡ (나)의 기체가 받은  $W_0$ 은 모두 내부 에너지 변화에 사용되었다.
- ㉢ (가)의 기체가  $Q_0$ 을 흡수하는 동안 외부에 한 일은  $Q_0 - W_0$ 이다.

㉠. (가)에서 기체가 열량  $Q$ 를 받아 외부에 일을 하고 내부 에너지가 증가하였으므로  $T_2 > T_1$ 이다.

㉡. (나)에서 기체는 단열 압축되었으므로 기체가 받은 일  $W_0$ 은 모두 내부 에너지 증가에 사용되고, 온도가 높아진다.

㉢. (가)의 기체가  $Q_0$ 을 흡수하는 동안 외부에 한 일은 공급받은 열  $Q_0$ 에서 내부 에너지 증가량을 뺀 값이다. 또, (가)와 (나)에서 기체의 처음 온도와 나중 온도가 같으므로 내부 에너지 변화량이 같다. (나)에서 내부 에너지 변화량이  $W_0$ 이므로 (가)의 내부 에너지 변화량도  $W_0$ 이다. 따라서 (가)에서 기체가 외부에 한 일  $W = Q_0 - W_0$ 이다.

## 06 열역학 제2법칙

### 개념 확인 문제

본책 61쪽

- 1 비가역 2 열역학 제2법칙 3 (1) ○ (2) × (3) ○ 4 (1) ○  
(2) ○ (3) × 5 (1) Q (2) 50 %

1 진자의 운동 에너지가 열에너지로 전환될 수는 있으나 열에너지가 다시 모여서 진자의 운동 에너지로 전환되지 않으므로 비가역 과정이다.

2 자연 현상의 비가역적인 흐름을 설명하는 법칙은 열역학 제2법칙이다.

- 3 (1) 열은 스스로 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동한다. 그러나 반대로는 스스로 일어나지 않는다.  
(2) 열이 저온의 물체에서 스스로 고온의 물체로 이동하는 일은 일어나지 않지만 외부에서 에너지를 투입하면 저온의 물체에서 고온의 물체로 열을 이동시킬 수 있다.  
(3) 온도가 같은 물체 사이에서 스스로 열이 이동하여 고온의 물체와 저온의 물체로 되돌아가는 일은 저절로 일어나지 않는다.

- 4 (1) 열기관은 열에너지를 일로 바꾸는 장치이다.  
(2) 열역학 제2법칙에 의해 열을 모두 일로 바꾸는 열기관은 만들 수 없다.  
(3) 열효율이 1(100%)인 영구 기관을 제2종 영구 기관이라고 하며, 열역학 제2법칙에 위배되므로 만들 수 없다.

5 (1) 열기관이 한 일( $W$ ) = 공급된 열량 - 방출한 열량 =  $2Q - Q = Q$ 이다.

(2) 열효율( $e$ ) =  $\frac{\text{열기관이 한 일}}{\text{공급된 열}} \times 100 = \frac{Q}{2Q} \times 100 = 50\%$ 이다.

### 수능 자료 마스터

본책 62쪽

자료 A 1 ⑤ 자료 B 2 ③

1 ㄱ. 열기관은 고열원( $T_1$ )에서 열을 흡수하여 일부는 외부에 일을 하고 일부는 저열원( $T_2$ )으로 방출하므로 항상  $T_1 > T_2$ 이다.  
ㄴ. 열효율은 공급한 열에 대해 열기관이 한 일의 비율이므로  $\frac{Q}{3Q} = \frac{1}{3}$ 이다.

ㄷ. 열기관은  $3Q$ 의 열을 공급받아  $Q$ 의 일을 하고 남은 열을  $T_2$ 인 열원으로 방출하므로 방출하는 열은  $3Q - Q = 2Q$ 이다.

2 ㄱ. 열기관이 외부에 한 일 = 흡수한 열량 - 방출한 열량 =  $10 \text{ kJ} - 7 \text{ kJ} = 3 \text{ kJ}$ 이다.

ㄴ. 열기관의 열효율( $e$ ) =  $\frac{\text{열기관이 한 일}}{\text{공급 받은 열}} = \frac{3 \text{ kJ}}{10 \text{ kJ}} = 0.3$ 이다.

바로알기 ㄷ.  $C \rightarrow D$  과정은 단열 팽창 과정으로  $Q=0$ 이고,  $W>0$ 이다. 열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에 의해  $\Delta U = -W$ 이므로  $\Delta U < 0$ 이다. 따라서 기체의 내부 에너지는 감소하였다.

### 수능 2점 다지기

본책 63쪽~64쪽

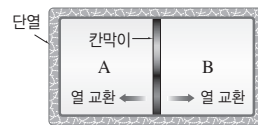
- 1 ③ 2 ⑤ 3 ⑤ 4 ① 5 ② 6 ② 7 ⑤ 8 ②

#### 1 비가역 과정

##### | 자료 분석 |

처음 상태에서 A의 온도가 B의 온도보다 높다.

→ A 분자의 평균 운동 에너지가 B보다 크고, 압력도 크다.



##### | 선택지 분석 |

- ① 처음 상태에서 A 분자의 평균 운동 에너지는 B 분자의 평균 운동 에너지보다 크다.  
② 처음 상태에서 A의 압력은 B의 압력보다 높다. **보존된다.**  
❌ 열 교환 과정에서 A와 B 전체의 에너지는 **보존되지 않는다.**  
④ A의 온도가 올라가고 B의 온도가 내려가는 일은 일어나지 않는다.  
⑤ 이 과정은 비가역 과정이다.

① 분자의 평균 운동 에너지는 온도에 비례하므로 A 분자의 평균 운동 에너지는 B보다 크다.

② 기체의 양과 부피가 같으므로 온도가 높을수록 압력이 크다. 따라서 온도가 높은 A의 압력이 B보다 높다.

④, ⑤ 열은 스스로 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르고 그 반대로는 저절로 일어나지 않는다. 따라서 A의 온도가 올라가고 B의 온도가 내려가는 현상은 일어날 수 없다. 이러한 과정을 비가역 과정이라고 한다.

바로알기 ③ 외부와 차단되어 있으므로 열역학 제1법칙에 따라 A와 B의 전체 에너지는 항상 보존된다.

#### 2 영구 기관과 열역학 법칙

##### | 선택지 분석 |

- ㄱ. ㉓는 에너지 보존 법칙에 위배된다.  
ㄴ. ㉔는 열효율이 100%인 기관이다.  
ㄷ. 영구 기관을 만드는 것은 불가능하다.

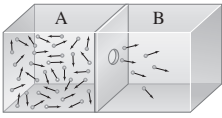
ㄱ. 일을 하기 위해서는 에너지가 필요하다. 에너지 공급 없이 계속 일을 하는 제1종 영구 기관은 에너지 보존 법칙에 위배되므로 제작할 수 없다.

ㄴ. 제2종 영구 기관은 공급받은 에너지를 모두 일로 바꾸는 열효율이 100%인 열기관이다.

ㄷ. 에너지 공급 없이 일을 하거나 공급받은 열을 모두 일로 전환하는 영구 기관은 열역학 법칙에 위배되므로 제작이 불가능하다.

### 3 열역학 법칙

#### | 자료 분석 |



A에서 B로 기체가 확산된 후 B에 있던 기체가 모두 A로 몰려들어 처음 상태로 되돌아가는 일은 일어나지 않는다.

→ 자연 현상의 비가역성을 설명하는 열역학 제 2법칙과 관련된 현상이다.

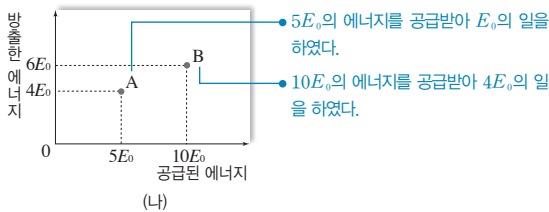
#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 열효율이 100 %인 열기관은 만들 수 없다.
- ㉡ 찬물 속에 뜨거운 금속 덩어리를 넣으면 미지근한 물이 된다.
- ㉢ 물이 들어 있는 컵에 잉크를 떨어뜨리면 잉크 분자는 점점 주위로 확산되어 퍼져 나간다.

- ㄱ. 열은 스스로 고온에서 저온으로 이동하기 때문에 공급받은 열을 100 % 일을 하는 데 사용하는 열기관은 만들 수 없다.
- ㄴ. 찬물 속에 뜨거운 금속 덩어리를 넣으면 미지근한 물이 되지만 스스로 처음 상태로 되돌아가는 일은 일어나지 않는다.
- ㄷ. 확산된 잉크 분자가 다시 처음 상태로 뭉치는 일은 스스로 일어나지 않는다.

### 4 열기관의 효율

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

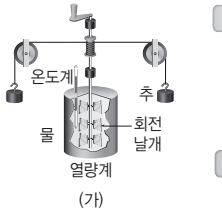
- ㉠ 1 : 2
- ㉡ 2 : 1
- ㉢ 2 : 3
- ㉣ 3 : 4
- ㉤ 4 : 3

- ①  $e_A = \frac{5E_0 - 4E_0}{5E_0} = 0.2$ 이고,  $e_B = \frac{10E_0 - 6E_0}{10E_0} = 0.4$ 이다.
- 따라서  $e_A : e_B = 1 : 2$ 이다.

### 5 열기관과 열효율

#### | 자료 분석 |

(가)는 추가 낙하하면서 회전 날개를 돌려 물과의 마찰에 의해 열이 발생하므로 일과 열의 관계를 알아보는 장치이다.



(나)에서 열기관의 열효율은 공급받은 열에 대한 일(W)의 비율이다.

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서 열이 모두 일로 전환된다.
- ㉡ (나)에서 열기관의 열효율은  $\frac{W}{Q_1}$ 이다.
- ㉢ (나)에서  $Q_2 = 0$ 인 열기관을 만들 수 있다. 없다.

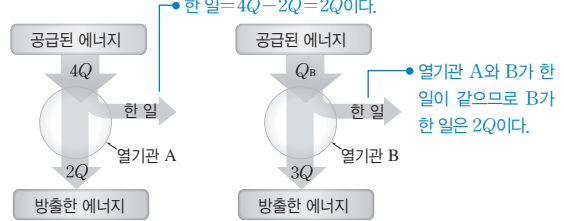
- ㄴ. 열기관의 열효율은 공급받은 열에 대한 일의 비율이므로  $\frac{W}{Q_1}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 일이 열로 전환되는 장치이다. 일은 열로 모두 전환될 수 있지만 열은 모두 일로 전환되지 않는다.

ㄷ. (나)에서  $Q_2 = 0$ 인 열기관은 제2종 영구 기관으로 열역학 제2법칙에 위배되므로 만들 수 없다.

### 6 열효율

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 45 %
- ㉡ 40 %
- ㉢ 35 %
- ㉣ 30 %
- ㉤ 25 %

- ② 열기관 B에서 한 일이 2Q이므로  $Q_B = 2Q + 3Q = 5Q$ 이다.
- 따라서 B의 열효율(%) =  $\frac{2Q}{5Q} \times 100 = 40$  %이다.

### 7 열기관과 열효율

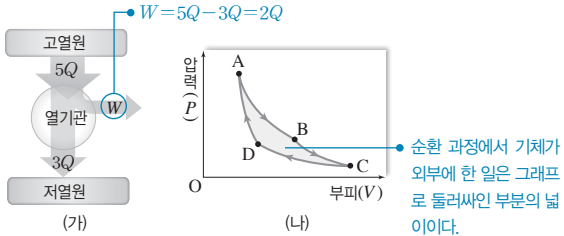
#### | 선택지 분석 |

- ㉠  $\frac{Q_2}{Q_1}$ 가 작을수록 열효율은 높다.
- ㉡  $Q_2 = W$ 이면 열효율은 50 %이다.
- ㉢  $Q_1 = W$ 이면 열역학 제2법칙에 위배된다.

- ㄱ. 열효율  $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$ 이다. 따라서  $\frac{Q_2}{Q_1}$ 가 작을수록 열효율이 높다.
- ㄴ.  $Q_2 = W$ 일 때,  $Q_1 = 2W$ 가 되므로 열효율은 50 %가 된다.
- ㄷ.  $Q_1 = W$ 일 때,  $Q_2 = 0$ 이 되어 저열원으로 이동한 열이 없게 된다. 따라서 열은 고열원에서 저열원으로 이동한다는 열역학 제2법칙에 위배된다.

### 8 열기관이 한 일과 열효율

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ A → B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일은 W이다.
- ㉡ C → D 과정에서 기체가 방출한 열량은 3Q이다. 보다 크다.
- ㉢ 열기관의 열효율은 60 %이다. 40 %

- ㄴ. A → B 과정은 등온 과정이므로 기체가 5Q의 열을 흡수하여 내부 에너지의 변화 없이 외부에 일을 하고, C → D 과정은 역시 내부 에너지의 변화 없이 3Q의 열을 방출한다. B → C 과정과 D → A 과정은 단열 과정이므로 열의 출입이 없다.



**바로알기** ㄱ. 열기관이 한 일  $W$ 는 한 번의 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일과 외부에서 받은 일의 총합이므로 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이이다.  $A \rightarrow B \rightarrow C$  과정에서 기체가 외부에 한 일은  $W$ 보다 크다.

ㄷ. 열기관의 열효율  $= \frac{2Q}{5Q} \times 100 = 40\%$ 이다.

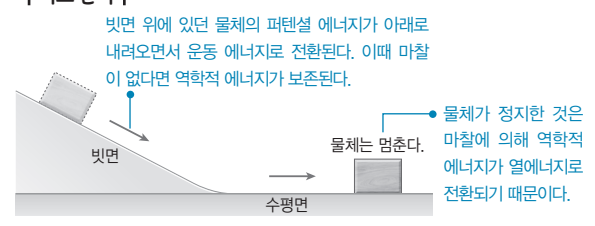
## 수능 3점 공부하기

본책 65쪽

1 ③    2 ③    3 ③    4 ④

### 1 비가역 과정에서 열역학 법칙

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 역학적 에너지가 마찰에 의해 모두 열로 전환되어 사방으로 흩어진다.
- ㉡ 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 일은 일어나지 않는다.
- ㉢ 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 것은 열역학 제1법칙에 위배된다. **열역학 제2법칙**

ㄱ. 마찰에 의해 역학적 에너지가 열로 전환되고 열은 사방으로 흩어진다.

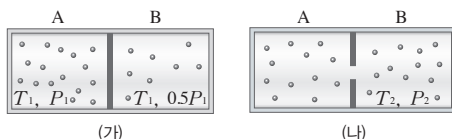
ㄴ. 흩어졌던 열에너지가 스스로 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 일은 일어나지 않는다.

**바로알기** ㄷ. 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 것은 에너지 보존 법칙인 열역학 제1법칙에 위배되지 않는다. 하지만 자연 현상의 비가역성을 설명하는 열역학 제2법칙에 위배된다.

### 2 열역학 제2법칙

#### | 자료 분석 |

(가)에서 A와 B의 온도가 같으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 같다. B의 압력이 작은 것은 기체 분자 수가 적기 때문이다.



#### | 선택지 분석 |

- ㉠  $T_1 = T_2$ 이다.
- ㉡  $P_1 = P_2$ 이다.  $P_1 > P_2$
- ㉢ 칸막이에 구멍을 낸 후 기체가 섞이는 현상은 비가역 현상이다.

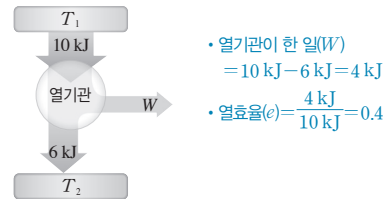
ㄱ. (가)에서 양쪽의 온도가 같았으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 같고, (나)에서 A와 B에 있던 분자가 골고루 확산되는 과정에서 외부에 한 일도 없고 열의 출입도 없으므로 (가)와 (나)에서 기체의 온도는 같다.

ㄷ. 칸막이에 구멍을 낸 후 기체가 섞인 후에 다시 처음 상태로 되돌아가지 않으므로 비가역 현상이다.

**바로알기** ㄴ. (가)에서 기체 분자 수는 B보다 A에 많았다가 (나)에서 양쪽에 같은 수의 기체가 존재하게 된다. 따라서 섞인 후의 압력  $P_2$ 는  $P_1$ 보다 작고  $0.5P_1$ 보다 크다.

### 3 열기관과 열효율

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠  $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉡  $W = 4 \text{ kJ}$ 이다.
- ㉢ 열기관의 열효율은 0.6이다. **0.4**

ㄱ. 열기관은 고열원에서 열을 흡수하여 일을 하고 저열원으로 열을 방출하므로  $T_1 > T_2$ 이다.

ㄴ. 고열원에서  $10 \text{ kJ}$ 의 열을 흡수하여 저열원으로  $6 \text{ kJ}$ 의 열을 방출하였으므로 열기관에서 한 일은  $W = 10 \text{ kJ} - 6 \text{ kJ} = 4 \text{ kJ}$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 열기관의 열효율  $= \frac{4 \text{ kJ}}{10 \text{ kJ}} = 0.4$ 이다.

### 4 열효율

#### | 자료 분석 |

A는  $4E$ 의 열을 공급받아  $E$ 의 일을 하고, B는  $3E$ 의 열을 공급받아  $E$ 의 일을 한다.

열기관	A	B
공급된 에너지	$4E$	$3E$
방출한 에너지	$3E$	$2E$
열기관이 한 일	$4E - 3E = E$	$3E - 2E = E$
열효율 = 열기관이 한 일 / 공급된 에너지	$e_A = \frac{E}{4E} = \frac{1}{4}$	$e_B = \frac{E}{3E} = \frac{1}{3}$

#### | 선택지 분석 |

- ㉠  $W_A > W_B$ ,  $e_A > e_B$
- ㉡  $W_A > W_B$ ,  $e_A < e_B$
- ㉢  $W_A = W_B$ ,  $e_A > e_B$
- ㉣  $W_A = W_B$ ,  $e_A < e_B$
- ㉤  $W_A < W_B$ ,  $e_A < e_B$

㉣  $W_A = 4E - 3E = E$ 이고,  $W_B = 3E - 2E = E$ 이므로  $W_A = W_B$ 이다.

$e_A = \frac{E}{4E} = \frac{1}{4}$ 이고,  $e_B = \frac{E}{3E} = \frac{1}{3}$ 이므로  $e_A < e_B$ 이다.

## 07 특수 상대성이론

### 개념 확인 문제

본책 67쪽, 69쪽

- 1 마이컬슨·몰리 실험      2 ㉠ 상대성, ㉡ 관성, ㉢ 광속 불변,  
㉣ 빛      3 c      4 ㉠ 기차 안, ㉡ 지면, ㉢ A      5  $\Delta t_{\text{고유}} < \Delta t$   
6 (1) ○ (2) ○ (3) ×      7  $\Delta mc^2$       8 (1) × (2) ○ (3) ×

1 마이컬슨·몰리 실험은 에테르를 통해 전달되는 빛의 속력 차이로부터 에테르의 존재를 확인하기 위한 실험이었다. 그러나 여러 차례의 실험에도 빛의 속력 차이를 관찰할 수 없어 에테르의 존재를 확인하지 못했다.

2 특수 상대성 이론은 모든 관성계에서 물리 법칙이 동일하게 성립한다는 상대성 원리와 빛의 속력이 광원이나 관찰자의 속도에 관계없이 일정하다는 광속 불변 원리를 바탕으로 한 사고 실험에 의해 완성되었다.

3 관성 좌표계에서 광원이나 관찰자의 속도에 상관없이 빛의 속력은  $c$ 로 일정하다.

4 기차 안의 관찰자는 O점에서 같은 거리에 있는 A, B에 빛이 동시에 도달하는 것으로 관측한다. 그러나 지면의 관찰자는 O에서 빛이 발생한 후 A는 빛 쪽으로 진행하고 B는 빛에서 멀어지는 방향으로 진행하기 때문에 A에 먼저 빛이 도달하는 것으로 관측한다.

5 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편의 시간이 느리게 가는 것으로 관측된다. 따라서 우주선의 관찰자의 시간이  $\Delta t_{\text{고유}}$ 일 때 정지해 있는 관찰자가 측정한 시간  $\Delta t$ 는  $\Delta t_{\text{고유}}$ 보다 큰 값으로 측정한다.

6 (1) 움직이는 B의 입장에서는 A가 뒤로 움직이는 것처럼 보이므로 A의 시계가 천천히 가는 것으로 보인다. 특수 상대성 이론에서 시간 지연은 상대방에 대해 똑같이 일어난다.  
(2) 정지한 관찰자가 빛의 속도에 가까운 속도로 날아가는 화살을 보면 화살의 길이가 원래의 고유 길이보다 짧아 보인다.  
(3) 같은 관성 좌표계에 속한 관측자에게는 상대성 효과가 나타나지 않으므로 화살과 함께 움직이는 관측자에게는 화살의 길이가 원래의 고유 길이로 보인다.

7 질량 에너지 동등성에 따라 핵반응의 질량 결손  $\Delta m$ 에 의해 발생하는 에너지는  $\Delta mc^2$ 이다.

8 (1) 핵반응에서 질량 결손에 의해 에너지를 방출하므로 반응 전 질량보다 반응 후 질량이 더 작다.  
(2) 가벼운 원자핵들이 융합하여 무거운 원자핵으로 변하는 반응은 핵융합 반응이다.  
(3) 태양에서는 핵융합 반응에 의해 에너지가 발생한다.

### 수능 자료 마스터

본책 70쪽~71쪽

자료 A 1 ③      자료 B 2 ①      자료 C 3 ③      자료 D 4 ①

1 ㄱ. 같은 빛 시계이므로 우주선과 우주 정거장에서 각각 측정한 고유 시간은 같다.

ㄴ. 다른 관성 좌표계의 시간은 고유 시간보다 느리게 간다.

바로알기 ㄷ. 우주선에서 관측하여도 우주 정거장의 시간은 고유 시간보다 느리게 간다.

2 ㄱ. 특수 상대성 이론의 길이 수축에 의하면 정지한 철수가 본 움직이는 우주선의 길이는 고유 길이  $L_0$ 보다 짧아 보인다.

바로알기 ㄴ. 특수 상대성 이론의 시간 지연에 따라 정지한 철수가 움직이는 영희를 보면 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 가는 것으로 관측한다.

ㄷ. 특수 상대성 이론의 광속 불변 원리에 따라 관성 좌표계에 있는 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 빛의 속력은 일정하므로 영희와 철수가 관측하는 빛의 속력은 모두  $c$ 이다.

3 ㄷ. 지표면에 정지해 있는 철수가  $0.9c$ 로 움직이는 우주선을 보면 길이 수축이 일어나고, 영희는 우주선과 함께 있으므로 고유 길이를 측정한다. 따라서 우주선의 길이는 영희가 측정했을 때와 철수가 측정했을 때보다 길다.

바로알기 ㄱ. 빛의 속력은 모든 관성 좌표계에서 똑같이 측정되므로 영희와 철수가 똑같이  $c$ 로 측정한다.

ㄴ. 서로 다른 좌표계의 시간은 느리게 가는 것으로 관측되므로 철수가 측정한 뮤온의 수명은 영희가 측정한 뮤온의 고유 수명보다 길다.

4 ㄴ. A는 태양에서 일어나는 핵융합 반응이고, B는 핵발전소에서 일어나는 핵분열 반응이다.

바로알기 ㄱ. A에서 방출된 에너지는 질량 결손에 의해 감소한 질량이 전환된 것이다.

ㄷ. (가)는 중성자이다. 따라서 질량수는 1이다.

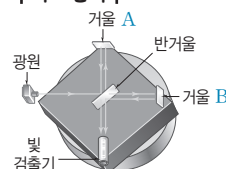
### 수능 2점 다지기

본책 72쪽~74쪽

1 ④      2 ②      3 ③      4 ⑤      5 ②      6 ②      7 ④      8 ①  
9 ⑤      10 ③      11 ①      12 ③

### 1 마이컬슨·몰리 실험

#### 자료 분석



에테르의 흐름이 있다면, 다음 두 경우에 속도 차이가 있을 것으로 예상하였다.

① 광원 → 반거울 → 거울 A → 검출기

② 광원 → 반거울 → 거울 B → 검출기

→ 실험 결과 속도 차이를 관찰할 수 없었다.

### | 선택지 분석 |

- ☐ Ⓐ 에테르의 존재 여부를 확인하기 위한 실험이다.
- ☒ Ⓑ 에테르의 흐름에 대한 빛의 진행 방향에 따른 빛의 속도 차이를 관찰할 수 있었다. 없었다.
- ☐ Ⓒ 빛을 전달하는 매질을 확인할 수 없었다.

ㄱ. 마이컬슨·몰리 실험은 빛을 전달하는 매질이라고 여겼던 에테르의 존재를 확인하기 위한 실험이다.

ㄴ. 실험을 통해 에테르의 흐름에 따른 빛의 속도 차이를 확인할 수 없었다. 따라서 에테르의 존재를 확인할 수 없었다.

**바로알기** ㄴ. 일정한 방향의 에테르 흐름이 있다고 가정했을 때, 빛의 진행 방향이 달라도 속도의 차이는 없었다.

## 2 특수 상대성 이론의 가정

### | 선택지 분석 |

- ☒ Ⓐ 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 사람의 시간이 빠르게 느리게 간다.
- ☐ Ⓑ 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 물체의 길이가 운동 방향으로 짧아진다.
- ☒ Ⓒ 질량은 에너지로 바뀔 수 있지만, 에너지는 질량으로 바뀔 수 없다. 있다.

ㄴ. 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 물체의 길이는 운동 방향으로 짧아진다.

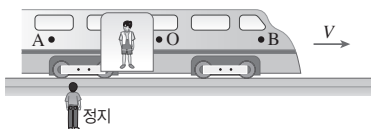
**바로알기** ㄱ. 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 사람의 시간이 천천히 가는 것으로 관측된다.

ㄴ. 질량 에너지 동등성( $E=mc^2$ )에 의해 질량이 에너지로, 에너지가 질량으로 전환될 수 있다.

## 3 특수 상대성 이론에서 나타나는 현상

### | 자료 분석 |

기차 안의 관찰자는 점 A, B가 O에서 같은 거리에 있고, 양쪽으로 진행하는 빛의 속력도 같은 것으로 관측한다.



정지에 있는 관찰자는 O에서 출발한 빛이 양쪽으로 같은 속력으로 진행하고 그 사이에 A, B가 오른쪽으로 진행하는 것으로 관측한다.

### | 선택지 분석 |

- ☐ Ⓐ 기차 안의 관찰자는 점 A, B에 빛이 동시에 도달하는 것으로 관측한다.
- ☐ Ⓑ 지면에 정지에 있는 관찰자는 점 A에 빛이 먼저 도달하는 것으로 관측한다.
- ☒ Ⓒ 지면에 정지에 있는 관찰자는 A로 가는 빛이 B로 가는 빛보다 빠른 것으로 관측한다. 과 이 일정

ㄱ. 기차 안의 관찰자는 같은 거리에 있는 점 A, B에 빛이 동시에 도달하는 것을 관측한다.

ㄴ. 정지에 있는 관찰자는 O에서 출발한 빛이 양쪽으로 같은 속력으로 진행되는 동안 점 A, B가 오른쪽으로 이동하기 때문에 A에 먼저 빛이 도달하는 것으로 관측한다.

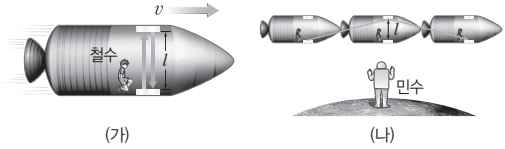
**바로알기** ㄴ. 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속도에 상관없이 일정한 것으로 관측된다.

## 4 시간 지연

### | 자료 분석 |

철수는 빛이 빛 거울 사이를 수직으로 진행하는 것으로 관찰한다.

우주선 밖에 있는 민수는 빛이 비스듬한 사선으로 진행하는 것으로 관찰한다.



### | 선택지 분석 |

- ☐ Ⓐ 철수와 민수가 관측한 빛의 속력은 모두  $c$ 이다.
- ☐ Ⓑ 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간을 철수가 측정한 값은  $\frac{2l}{c}$ 이다.
- ☒ Ⓒ 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간을 민수가 측정한 값은  $\frac{2l}{c}$ 보다 크다.

ㄱ. 광속 불변 원리에 따라 철수와 민수의 좌표계에서 빛의 속력은 모두  $c$ 이다.

ㄴ. 철수의 좌표계인 우주선 안에서 볼 때 빛 시계의 빛이 한 번 왕복하는 거리가  $2l$ 이므로, 빛의 왕복 시간은  $\frac{2l}{c}$ 로 관측된다.

ㄴ. 민수의 좌표계인 우주선 밖에서 볼 때 빛이 한 번 왕복하는 거리는  $2l$ 보다 길므로 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은  $\frac{2l}{c}$ 보다 큰 값으로 관측된다.

## 5 길이 수축과 시간 지연

### | 자료 분석 |

민수가 볼 때 영화가 점점 자신에게 가까워지고 있으므로 영화의 속력이 민수보다 빠르다.



철수가 관찰할 때 움직이는 물체의 길이는 운동 방향으로 짧아진다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ Ⓐ 민수가 측정한 레이저 광선의 속력은 영화가 측정한 레이저 광선의 속력보다 빠르다. 과 같다.
- ☒ Ⓑ  $L_1 = L_2$ 이다.  $L_1 < L_2$
- ☐ Ⓒ 철수가 측정할 때, 영화의 시간이 민수의 시간보다 느리게 간다.

ㄴ. 영화가 탄 우주선의 속력이 민수가 탄 우주선의 속력보다 빠르므로 철수가 측정할 때 영화의 시간이 민수의 시간보다 느리게 간다.

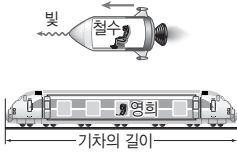
**바로알기** ㄱ. 광속 불변 원리에 의해 민수와 영화가 측정한 레이저 광선의 속력은  $c$ 로 같다.

ㄴ. 영화가 탄 우주선의 속력이 민수가 탄 우주선의 속력보다 빠르므로 길이 수축이 크게 일어나서 철수가 측정한 우주선의 길이는  $L_1 < L_2$ 이다.

## 6 광속 불변의 원리와 길이 수축

### | 자료 분석 |

- ① 빛의 속력은 광원이나 관찰자에 상관없이 일정하다.
- ② 영희가 측정한 기차의 길이는 고유 길이이다.



관찰자	철수	영희
빛의 속력	$v_1$	$v_2$
기차의 길이	$L_1$	$L_2$

### | 선택지 분석 |

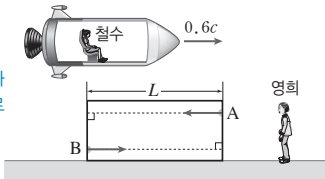
빛의 속력	기차의 길이
<input checked="" type="checkbox"/> $v_1 < v_2$	$L_1 < L_2$
<input checked="" type="checkbox"/> ② $v_1 = v_2$	$L_1 < L_2$
<input checked="" type="checkbox"/> $v_1 = v_2$	$L_1 = L_2$
<input checked="" type="checkbox"/> $v_1 = v_2$	$L_1 > L_2$
<input checked="" type="checkbox"/> $v_1 > v_2$	$L_1 > L_2$

- ② 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 진공에서 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속도에 관계없이  $c$ 로 같다. 따라서  $v_1 = v_2 = c$ 이다. 철수가 관찰한 기차의 길이는 고유 길이보다 짧으므로  $L_1 < L_2$ 이다.

## 7 특수 상대성 이론

### | 자료 분석 |

철수가 관찰할 때 상자가 왼쪽으로  $0.6c$ 의 속도로 이동한다.



### | 선택지 분석 |

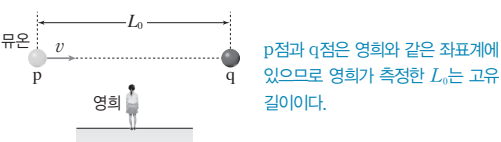
- ☒  $t_A > t_B$ 이다.
- ☒ 상자의 길이는  $L$ 보다 크다. 작다.
- ☒ A에서 나온 빛과 B에서 나온 빛의 속력은 같다.

- ㄱ. 철수가 관찰할 때 A는 빛에서 멀어지는 면에 도달하고, B는 빛에 가까워지는 면에 도달하므로  $t_A > t_B$ 이다.  
 ㄴ. 모든 관성계에서 광원이나 관찰자의 속도에 상관없이 빛의 속력은  $c$ 로 동일하게 관찰된다.  
 [바로알기] ㄴ. 철수가 볼 때 상자가 길이 방향으로 움직이므로 상자의 길이가 고유 길이인  $L$ 보다 작게 보인다.

## 8 특수 상대성 이론에 의한 현상

### | 자료 분석 |

뮤온의 좌표계에서 관찰하면 영희가 왼쪽으로 속력  $v$ 로 운동한다.



p점과 q점은 영희와 같은 좌표계에 있으므로 영희가 측정한  $L_0$ 는 고유 길이이다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. 뮤온의 좌표계에서 측정한 영희의 속력은  $v$ 이다. 짧다.
- ☒ ㄴ. 뮤온의 좌표계에서 측정한 p와 q 사이의 거리는  $L_0$ 보다 길다.
- ☒ ㄷ. 영희가 측정하였을 때 뮤온이 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은  $\frac{L_0}{v}$ 보다 길다. 이다.

- ㄱ. 속도는 서로 상대적이므로 뮤온의 좌표계에서 관찰하면 영희가 왼쪽으로 속력  $v$ 로 운동한다.

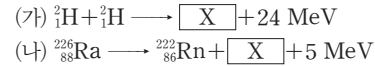
[바로알기] ㄴ. 뮤온의 좌표계에서 관찰하면 p와 q가 운동하므로 p와 q 사이의 거리는 고유 길이  $L_0$ 보다 짧다.

- ㄷ. 영희가 관찰할 때 뮤온이  $v$ 의 속력으로  $L_0$ 를 이동하므로 걸린 시간은  $\frac{L_0}{v}$ 이다.

## 9 질량 에너지 동등성

### | 자료 분석 |

- 핵반응 후에 발생한 질량 결손에 비례하여 에너지가 방출된다.
- 핵반응 전후 질량수의 합과 전하량의 합이 보존된다.



원자핵	$\text{}^2_1\text{H}$	$\text{}^{226}_{88}\text{Ra}$	$\text{}^{222}_{86}\text{Rn}$
질량	$M_1$	$M_2$	$M_3$

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. X의 중성자수는 2이다.
- ☒ ㄴ. (나)에서 핵반응 전후 질량수의 합은 같다.
- ☒ ㄷ.  $2M_1 > M_2 - M_3$ 이다.

- ㄱ. (가)에서 핵반응 전 질량수의 합이  $4 (=2+2)$ 이고, 전하량의 합이  $2 (=1+1)$ 이므로 X는 전하량이 2이고 질량수가 4인 헬륨 원자핵  $\text{}^4_2\text{He}$ 이다.  $\text{}^4_2\text{He}$ 은 양성자 2개, 중성자 2개로 이루어져 있다.

- ㄴ. 핵반응 전후 질량수의 합은 보존된다.

- ㄷ. X의 질량을  $M$ 이라고 하면, (가)에서 질량 결손은  $2M_1 - M$ 이고, (나)에서 질량 결손은  $M_2 - M_3 - M$ 이다. 질량 결손에 의한 에너지가 (가)에서  $24 \text{ MeV}$ 이고, (나)에서  $5 \text{ MeV}$ 이므로  $2M_1 - M > M_2 - M_3 - M$ 이다. 따라서  $2M_1 > M_2 - M_3$ 이다.

## 10 원자로에서의 핵반응

### | 선택지 분석 |

- ☒ A. 핵분열 반응에서 반응 전보다 반응 후의 질량이 작아.
- ☒ B. 줄어든 질량은 결국 열에너지로 전환돼!
- ☒ C. 원자로에서는 열에너지가 전기 에너지로 바뀌게 되지. 운동

- A: 핵이 분열할 때 반응 전보다 반응 후의 질량이 줄어드는데 이를 질량 결손이라고 한다. 질량 결손이  $\Delta m$ 일 때,  $E = \Delta mc^2$ 만큼 에너지가 발생한다.

- B: 원자로에서는 핵에너지가 질량 결손에 의해 발생한 에너지에 의해 열에너지로 전환된다.

[바로알기] • C: 원자로에서 물을 끓여 발생한 열에너지로 터빈을 돌리면(운동 에너지) 터빈에 연결된 발전기에서 전자기 유도 원리에 의해 전기 에너지를 생산한다.

## 11 핵융합 반응

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠은 ㉡의 동위 원소이다.
- ☒ ㉢. (가)의 질량수는 2이다. 4
- ☒ ㉤. 핵반응 전과 후에 입자들의 질량의 합은 서로 같다. 보존되지 않는다.

ㄱ. 중수소( $^2\text{H}$ )와 삼중수소( $^3\text{H}$ )와 같이 원자 번호는 같고 질량수가 다른 원소를 동위 원소라고 한다.

**바로알기** ㄴ. (가)는  $^4\text{He}$ 이므로 질량수는 4이다.

ㄷ. 핵반응 전과 후 질량수는 보존되지만 질량은 보존되지 않는다. 핵반응 후의 질량이 핵반응 전보다 작다.

## 12 핵분열 반응과 핵융합 반응

### | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 핵융합 반응이다.

㉡ (가)에서 핵반응 전후 전하량의 합은 같다.

㉢ (나)에서 핵반응 전후 질량의 합은 같다. **다르다.**

ㄱ. (가)는 2개의 원자핵이 1개의 원자핵으로 합쳐지므로 핵융합 반응이고, (나)는 핵반응 후 원자핵이 2개로 분리되므로 핵분열 반응이다.

ㄴ. 핵반응 과정에서 전하량은 보존되므로 핵반응 전후 전하량의 합은 같다.

**바로알기** ㄷ. 핵반응 과정에서 질량 결손에 의해 에너지가 방출되므로 핵반응 후 질량이 감소한다.

## 수능 3점 공부하기

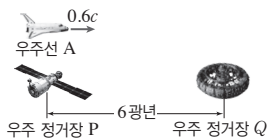
본책 75쪽 ~ 77쪽

1 ③    2 ②    3 ⑤    4 ②    5 ④    6 ①    7 ①    8 ①  
9 ①    10 ②    11 ④    12 ⑤

## 1 시간 지연과 길이 수축

### | 자료 분석 |

A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리는 6광년보다 짧다. 따라서 P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 10년( $\frac{6\text{광년}}{0.6c}$ )보다 짧게 걸린다.



### | 선택지 분석 |

㉠ A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리는 6광년보다 짧다.

㉡ A에서 관측할 때, P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 10년이 걸린다. **보다 짧게 걸린다.**

㉢ P에서 관측할 때, A가 P를 지나는 순간부터 Q의 빛 신호가 P에 도달하기까지 16년이 걸린다.

ㄱ. A에서 관측할 때, P와 Q가 빠르게 움직이므로 P와 Q 사이의 거리가 고유 길이인 6광년보다 짧다.

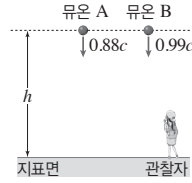
ㄷ. P에서 관측할 때, A가  $0.6c$ 의 속력으로 P에서 Q까지 6광년을 이동하므로 10년이 걸리고, Q에서 P로 빛이 오는 데 6년이 걸린다. 따라서 P에서 관측할 때, A가 P를 지나는 순간부터 Q의 빛 신호가 P에 도달할 때까지 걸린 시간은 16년이다.

**바로알기** ㄴ. A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리가 6광년보다 짧으므로 P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 걸린 시간은 10년보다 짧다.

## 2 특수 상대성 이론의 증거

### | 자료 분석 |

정지한 뮤온의 고유 수명이  $t_0$ 이다.



관찰자가 빠르게 움직이는 뮤온을 관측하면 뮤온의 수명이  $t_0$ 보다 길다.

### | 선택지 분석 |

㉠ 관찰자가 측정할 때, A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸리는 시간은  $t_0$ 이다. **보다 길다.**

㉡ 지표면에 도달하는 순간 붕괴하는 뮤온은 B이다.

㉢ 관찰자가 측정할 때,  $h$ 는  $0.99ct_0$ 이다. **보다 길다.**

ㄴ. 관찰자가 관측할 때, 속력이 상대적으로 빠른 뮤온 B의 수명이 A보다 길기 때문에 B가 지표면에 도달하는 순간 붕괴하고 A는 지표면에 도달하기 전에 붕괴한다.

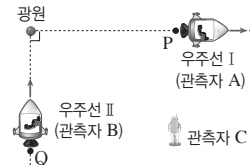
**바로알기** ㄱ. 관찰자가 측정할 때 A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸리는 시간은 고유 시간인  $t_0$ 보다 길다.

ㄷ.  $0.99ct_0$ 는  $0.99c$ 로 움직이는 뮤온 B의 좌표계에서 측정한 높이이다. 이 높이는 고유 길이인  $h$ 보다 짧다.

## 3 특수 상대성 이론

### | 자료 분석 |

광원과 P 사이의 고유 길이는  $L$ , 광원과 Q 사이의 고유 길이는  $0.8L$ 이다.



A가 관측한 광원과 P 사이의 거리와 B가 관측한 광원과 Q 사이의 거리가 같으므로 A의 속력이 B보다 빠르다.

### | 선택지 분석 |

㉠ 광원에서 나온 빛의 속력은 A가 측정할 때와 B가 측정할 때가 같다.

㉡ A가 측정할 때, 광원과 P 사이의 거리는  $L$ 보다 짧다.

㉢ C가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 더 느리게 간다.

ㄱ. 광속 불변 원리에 따라 빛의 속력은 A가 측정할 때와 B가 측정할 때가 같다.

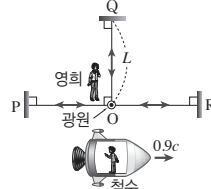
ㄴ. A가 측정할 때, 광원과 P가 빠르게 움직이므로 광원과 P 사이의 거리는 고유 길이인  $L$ 보다 짧다.

ㄷ. C가 측정할 때, A의 속력이 B보다 빠르므로 A의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

## 4 고유 길이와 광속 불변 원리

### | 자료 분석 |

철수가 측정할 때, 영희의 좌표계가 왼쪽으로  $0.9c$ 의 속력으로 움직인다. 이때 운동 방향의 길이가 수축된다.



철수가 관측할 때 O에서 빛이 출발한 후 P는 빛에서 멀어지는 방향으로 이동하고 R는 가까워지는 방향으로 이동한다.



| 선택지 분석 |

- ☒ P와 R 사이의 거리는 O와 Q 사이의 거리의 2배이다. 보다 작다.
- ☐ O에서 P와 R를 향해 동시에 출발한 빛은 P보다 R에 먼저 도착한다.
- ☒ O와 Q 사이를 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은  $\frac{2L}{c}$ 이다. 보다 크다.

ㄴ. 철수가 측정할 때, O에서 빛이 출발한 후 P는 빛에서 멀어지고, R는 빛에 가까워지므로 빛이 P보다 R에 먼저 도착한다.

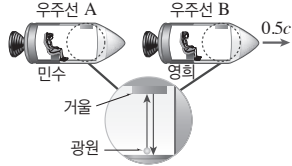
**바로알기** ㄱ. 다른 좌표계를 관찰하면 운동 방향으로 길이가 수축된다. 철수가 측정할 때, P와 R 사이의 거리가 수축되므로 P와 R 사이의 거리는  $2L$ 보다 작다.

ㄷ. 영희가 측정할 때, 빛은 O에서 Q를 수직으로 왕복하므로 빛의 이동 거리가  $2L$ 이다. 그러나 철수가 측정할 때는 빛이 대각선으로 진행하여 왕복하는 것으로 측정되므로 빛의 이동 거리가  $2L$ 보다 길다. 따라서 철수가 측정한 시간은  $\frac{2L}{c}$ 보다 크다.

## 5 고유 시간과 시간 지연

| 자료 분석 |

$t_A$ 와  $t_B$ 는 각각 같은 빛 시계로 측정한 고유 시간이므로 같다.



민수와 영희는 서로 상대적으로  $0.5c$ 의 속력으로 멀어진다.

| 선택지 분석 |

- ☐  $t_A = t_B$ 이다.
- ☐ 영희가 측정할 때, 민수의 시간은 영희의 시간보다 느리게 간다.
- ☒ 민수가 측정할 때,  $t_A$  동안 떨어진 A와 B 사이의 거리는 영희가 측정할 때  $t_B$  동안 떨어진 A와 B 사이의 거리보다 짧다. 와 같다.

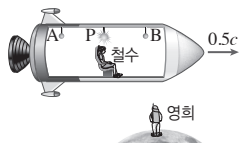
ㄱ.  $t_A$ 와  $t_B$ 는 각각 같은 빛 시계로 측정한 고유 시간이므로 같다.

ㄴ. 서로 상대적으로 움직이므로 영희가 측정할 때 민수의 시간은 영희의 시간보다 느리게 가고, 민수가 측정할 때 영희의 시간은 민수의 시간보다 느리게 간다.

**바로알기** ㄷ. 민수가 측정할 때 우주선 B의 속력과 영희가 측정할 때 우주선 A의 속력이 같고, 같은 시간 동안 같은 거리를 측정한 것이므로 영희가 측정한 값과 민수가 측정한 값은 같다.

## 6 특수 상대성 이론

| 자료 분석 |



- ① 영희가 측정할 때 빛이 P에서 발생한 후 A는 빛 쪽으로 접근하고, B는 빛에서 멀어진다.
- ② 영희가 측정하였을 때 빛이 점 A, B에 동시에 도달하였다.  
→ A에서 P 사이의 거리가 B에서 P 사이의 거리보다 크다.

| 선택지 분석 |

- ☐ 철수가 측정할 때, 영희의 시간은 철수의 시간보다 느리게 간다.
- ☒ 철수가 측정할 때, P에서 발생한 빛은  $\frac{B}{A}$ 보다  $\frac{A}{B}$ 에 먼저 도달한다.
- ☒ 영희가 측정할 때, P에서 A까지의 거리는 P에서 B까지의 거리와 같다. 보다 크다.

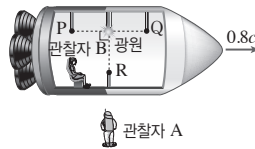
ㄱ. 철수가 측정할 때, 영희의 시간은 철수의 시간보다 느리게 간다.

**바로알기** ㄴ. 영희가 측정하였을 때, P에서 발생한 빛이 A, B에 동시에 도달하였으므로 실제 거리는 A와 P 사이가 B에서 P 사이의 거리보다 크다. 따라서 철수가 측정할 때 빛은 A보다 B에 먼저 도달한다.

ㄷ. 영희가 측정할 때, 철수가 측정한 거리보다 짧게 측정되지만 같은 비율로 축소되기 때문에 영희가 측정할 때도 A와 P 사이의 거리가 B와 P 사이의 거리보다 크다.

## 7 길이 수축과 시간 지연

| 자료 분석 |



B가 측정할 때, 광원으로부터 P, Q, R까지의 거리  $L_P, L_Q, L_R$ 은 고유 길이이다.

| 선택지 분석 |

- ☐ A가 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는  $L_P + L_Q$ 보다 작다.
- ☒ B가 측정할 때,  $L_P$ 가  $L_R$ 보다 작다. 크다.
- ☒ B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 빠르게 간다. 느리게

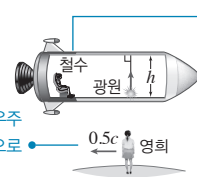
ㄱ. A가 측정할 때, P와 Q 사이의 거리가 수축되므로 P와 Q 사이의 거리는 B가 측정한 고유 길이인  $L_P + L_Q$ 보다 작다.

**바로알기** ㄴ. A가 측정할 때, 광원에서 발생한 빛이 P로 이동하는 동안 P는 광원 방향으로 이동하고, 광원에서 발생한 빛이 R로 이동하는 동안 R는 광원에서 멀어지는 방향으로 이동하는데, 광원에서 발생한 빛이 P와 R에 동시에 도달하므로  $L_P$ 가  $L_R$ 보다 크다.

ㄷ. B가 측정할 때, 특수 상대성 이론의 시간 지연에 의해 A의 시간이 느리게 간다.

## 8 길이 수축과 시간 지연

| 자료 분석 |



철수가 측정할 때 빛이 광원에서 나와 천정에 도달하는 데 걸린 시간은  $\frac{h}{c}$ 이다.

영희가 관찰할 때 우주선은  $0.5c$ 의 속력으로 오른쪽으로 운동한다.

| 선택지 분석 |

- ☐ 빛이 이동한 거리는  $h$ 보다 길다.
- ☒ 우주선이 이동한 거리는  $\frac{h}{2}$ 이다. 보다 크다.
- ☒ 우주선의 길이는 철수가 측정한 길이보다 길다. 짧다.

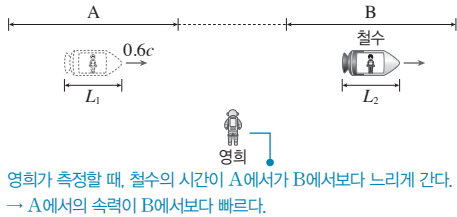
ㄱ. 영희가 측정할 때 빛은 오른쪽 위로 비스듬한 대각선 방향으로 이동하므로 빛이 이동한 거리는  $h$ 보다 길다.

**바로알기** ㄴ. 영희가 측정할 때, 빛이 천장에 도달하는 데 걸린 시간이  $\frac{h}{c}$ 보다 크므로 우주선이 이동한 거리도  $0.5c \times \frac{h}{c} = \frac{1}{2}h$ 보다 크다.

ㄷ. 철수가 측정할 우주선의 길이는 고유 길이이다. 따라서 영희가 측정할 우주선의 길이는 고유 길이보다 짧다.

## 9 특수 상대성 이론

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ✗ 영희가 측정할 때, B에서 우주선의 속력은  $0.6c$ 보다 크다.
- $L_1 < L_2$ 이다. 작다.
- ✗ 철수가 측정할 때, 영희의 시간은 A에서 측정할 때보다 B에서 측정할 때보다 빠르게 간다. 느리게 간다.

ㄴ. 철수의 속력이 A에서가 B에서보다 크므로 영희가 측정할 우주선의 길이 수축은 A에서가 B에서보다 더 크게 일어난다. 따라서  $L_1 < L_2$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 영희가 측정할 때, B에서 우주선의 속력은 A에서의 속력  $0.6c$ 보다 작다.

ㄷ. 철수가 측정할 때, 영희의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다. 따라서 철수가 측정할 영희의 시간은 A에서 측정할 때보다 B에서 측정할 때보다 느리게 간다.

## 10 길이 수축과 시간 지연

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ✗ p와 검출기 사이의 거리는 4광년이다. 보다 짧다.
- ✗ p가 B를 지나는 순간부터 검출기가 B에 도달할 때까지 걸리는 시간은 5년이다. 보다 짧다.
- 검출기의 속력은  $0.8c$ 이다.

ㄷ. 정지한 좌표계에서 측정할 p와 검출기 사이의 거리는  $4c = 5v$ 이므로  $v = 0.8c$ 이다.

**바로알기** ㄱ. B와 같은 속도로 움직이는 좌표계에서 측정할 p와 검출기 사이의 거리는 짧아진 거리이므로 4광년보다 짧다.

ㄴ. B와 같은 속도로 움직이는 좌표계에서 측정할 p가 B를 지나는 순간부터 검출기가 B에 도달하는 데까지 걸리는 시간은 고유 시간이므로 5년보다 짧다.

## 11 원자로에서 일어나는 핵반응

### | 자료 분석 |

원자로에서  $^{235}\text{U}$ 에 저속의 중성자( $^1_0\text{n}$ )가 충돌하여 분열한 후 질량수가 작은 원자핵과 2개~3개의 중성자를 방출하는 반응이 일어난다.

	양성자수	질량수
우라늄(U)	92	235
바륨(Ba)	56	141
크립톤(Kr)	36	92

(가) (나)

### | 선택지 분석 |

- ㉠에 해당하는 입자는 중성자이다.
- ✗ 핵분열 전과 후 질량의 합은 일정하게 보존된다. 보존되지 않는다.
- ㉡ (가)의 핵반응에서 방출된 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.

ㄱ. 핵반응 전과 후에 전하량의 합과 질량수의 합은 일정하게 보존되므로 3개의 ㉠은 전하량이 0이고, 질량수가 3이다. 따라서 1개의 ㉠은 전하량이 0이고, 질량수가 1인 중성자( $^1_0\text{n}$ )이다.

ㄷ. 핵분열 반응에서 방출되는 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.

**바로알기** ㄴ. 핵반응에서 질량수는 보존되지만 질량은 보존되지 않는다. 핵반응 전보다 핵반응 후의 질량이 감소하는데, 이를 질량 결손이라고 한다. 질량 결손( $\Delta m$ )은  $E = \Delta mc^2$ 에 의해 에너지로 전환된다.

## 12 원자로에서의 핵반응

### | 선택지 분석 |

- ㉠은 감속재이다.
- 제어봉은 핵반응에서 방출된 중성자를 흡수하는 역할을 한다.
- 우라늄( $^{235}\text{U}$ ) 원자핵이 분열할 때 방출되는 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.

ㄱ. ㉠은 고속의 중성자를 속력을 느리게 하여 연쇄 반응이 잘 일어나도록 하는 감속재이다.

ㄴ. 제어봉은 중성자를 흡수하여 연쇄 반응의 속도를 조절하는 역할을 한다.

ㄷ. 우라늄 핵분열 반응 시 방출되는 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.



# 물질과 전자기장

## 08 원자의 전기력, 스펙트럼

### 개념 확인 문제

본책 81쪽, 83쪽

1 (1) 전기력 (2) ㉠ 밀어내는, ㉡ 끌어당기는 (3) ㉠ 비례, ㉡ 반비례

2  $\frac{1}{2}F$  3 (1)  $\times$  (2)  $\bigcirc$  (3)  $\bigcirc$  (4)  $\times$  4 전기력 5 (1) 연속

(2) 흡수 (3) 선(방출) 6 (1)  $\bigcirc$  (2)  $\bigcirc$  (3)  $\times$  7 ㄱ, ㄴ

8 (1) 흡수 (2)  $>$

1 (1) 전기를 띤 두 물체 사이에 작용하는 힘을 전기력이라고 한다.

(2) 같은 종류의 전하 사이에는 서로 밀어내는 힘(척력)이 작용하고, 다른 종류의 전하 사이에는 서로 끌어당기는 힘(인력)이 작용한다.

(3) 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기( $F$ )는 두 전하의 전하량( $q_1, q_2$ )의 곱에 비례하고, 두 전하 사이 거리( $r$ )의 제곱에 반비례한다. 즉,  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이다.

2 (가)에서 두 전하  $q, q$ 가 거리  $r$ 만큼 떨어져 있을 때 작용하는 전기력의 크기  $F = k \frac{qq}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}$ 이다. 따라서 (나)에서 두 전하  $q, 2q$ 가 거리  $2r$ 만큼 떨어져 있을 때 작용하는 전기력의 크기는  $k \frac{q \times 2q}{(2r)^2} = k \frac{2q^2}{4r^2} = \frac{1}{2}F$ 이다.

3 (1) 원자핵의 존재는 러더퍼드의 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험에 의해 밝혀졌다. 그리고 전자는 톰슨의 음극선 실험에 의해 발견되었다.

(2) 원자핵이 띠는 전하의 종류는 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험에서 금 박에 투과시키는 (+)전하를 띠는 알파( $\alpha$ ) 입자가 큰 각도로 산란하는 현상으로부터 원자 중심에 (+)전하를 띠는 원자핵이 존재하는 것을 발견한 사실로부터 알게 되었다. 전자가 띠는 전하의 종류는 기체 방전관에서 나오는 음극선이 전기력과 자기력에 의해 방향이 휘어지는 현상으로부터 음극선이 (-)전하를 띤 입자의 흐름이며, 이를 전자라고 한 것으로부터 알게 되었다.

(3) 원자핵과 전자는 전하를 띤 입자이므로 전기력으로 서로 결합되어 있다.

(4) 쿨롱 법칙에 의해 전기력은 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로, 원자핵과 전자 사이에 작용하는 힘은 원자핵과 전자 사이의 거리가 작은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

4 원자핵 주위를 도는 전자가 원자핵을 벗어나지 않고 원자핵에 속박되어 있는 까닭은 전자와 원자핵 사이에 작용하는 전기력에 의해 전자가 안정된 궤도에서 돌기 때문이다.

5 (1) 모든 파장의 빛의 색이 연속적으로 나타나는 스펙트럼을 연속 스펙트럼이라고 한다.

(2) 특정 파장의 빛이 검은 선으로 나타나는 스펙트럼을 흡수 스펙트럼이라고 한다.

(3) 특정 파장의 빛이 밝은 선으로 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼을 선(방출) 스펙트럼이라고 한다.

6 (1) 러더퍼드 원자 모형에서 원자핵 주위를 원운동(가속 운동)하는 전자는 빛을 방출하면서 에너지를 잃게 된다.

(2) 에너지를 잃은 전자는 원자핵 쪽으로 끌리므로 원자가 안정성을 유지할 수 없다.

(3) 전자의 회전 반지름이 감소하면서 연속적인 파장의 빛을 방출하는 연속 스펙트럼이 나타나야 한다. 즉, 선 스펙트럼이 관찰되는 것을 설명할 수 없다.

7 ㄱ. 보어의 원자 모형에서 원자핵 주위의 특정한 궤도에서만 원운동하는 전자는 양자수  $n$ 에 따라 결정되는 불연속적인 값의 에너지를 갖는다.

ㄴ. 전자가 한 에너지 준위에서 다른 에너지 준위로 전이할 때, 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 방출하거나 흡수한다.

바로알기 ㄷ. 전자는 원자핵에 가장 가까운 궤도(양자수  $n=1$ 인 궤도)에 있을 때 가장 작은 에너지를 가지며, 원자핵에서 멀어질수록 전자가 갖는 에너지가 커진다.

8 (1) 양자수가 큰 궤도로 전이하는 과정 ㉠은 전자가 에너지를 흡수하는 과정이다.

(2) 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자(빛) 한 개의 에너지는 진동수  $f$ 에 비례한다. ㉠과 ㉡ 중 에너지 차이는 ㉠이 더 크므로 ㉠에서 흡수하는 빛의 진동수는 ㉡에서 방출하는 빛의 진동수보다 크다.

### 수능 자료 마스터

본책 84쪽~85쪽

자료 ㉠ 1 ㉡

자료 ㉢ 2 ㉠

자료 ㉣ 3 ㉢

1 철수: 톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하고, (+)전하 덩어리 속에 전자가 띄엄띄엄 박혀 있다는 원자 모형을 제안하였다.

민수: 러더퍼드는 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험을 통해서 원자 중심의 매우 좁은 영역에 (+)전하를 띤 원자핵이 있음을 알게 되었다.

바로알기 영희: 톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하고, 그 결과로부터 원자 모형을 제안하게 되었다.

2 ㄱ. (+)전하를 띠고 있는 원자핵과 (-)전하를 띠고 있는 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다. 쿨롱 법칙에 의하면 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고 두 전하 사이 거리의 제곱에 반비례한다.

**바로알기** ㄴ. 전자의 에너지는 양자수  $n$ 이 클수록 크다. 따라서 전자가  $n=1$ 인 궤도에 있을 때 전자의 에너지가 가장 작다.  
 ㄷ. 전자의 에너지는  $n=3$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도에서보다 크다. 따라서 전자가  $n=3$ 에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 원자가 빛을 방출한다.

**3** ㄱ. 광자 한 개의 에너지는  $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$ 이므로, 진동수( $f$ )에 비례하고 파장( $\lambda$ )에 반비례한다. 따라서 광자 한 개의 에너지는 파장이 짧은 a에서 파장이 긴 b에서보다 크다.

ㄴ. 수소에서 나타나는 방출 스펙트럼에서 밝은 선의 파장은 흡수 스펙트럼에서 검은 선의 파장과 일치한다. 따라서 b가 나타날 때 방출하는 에너지와 d가 나타날 때 흡수하는 에너지는 같다. c는 d 다음으로 파장이 짧아 더 큰 에너지를 흡수하는 전이 과정이므로 ㉠에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

**바로알기** ㄷ. d에서 흡수하는 광자의 진동수는 b에서 방출하는 광자의 진동수와 같다. 따라서  $E_3-E_2=hf$ 에서  $f=\frac{E_3-E_2}{h}$ 이다.

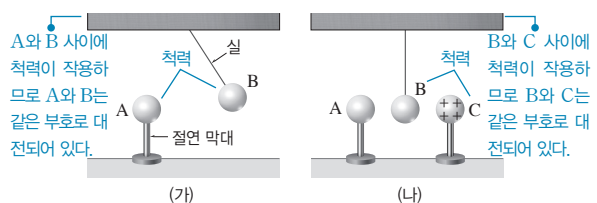
## 수능 2점 다지기

본책 86쪽~88쪽

1 ① 2 ① 3 ④ 4 ④ 5 ⑤ 6 ② 7 ⑤ 8 ⑤  
 9 ③ 10 ① 11 ③ 12 ②

### 1 전하 사이에 작용하는 전기력

#### 자료 분석



전기력은 두 전하 사이 거리의 제곱에 반비례하므로, A와 B 사이에 작용하는 전기력은 (가)에서 (나)에서보다 작다.

#### 선택지 분석

- ㉠ A와 B는 같은 부호의 전하로 대전되어 있다.
- ㉡ B는 음(-)으로 대전되어 있다. 옳(+)
- ㉢ A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 크다. 작다.

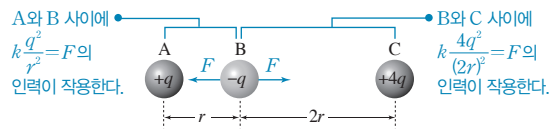
ㄱ. A와 B 사이에 척력이 작용하므로, A와 B는 서로 같은 부호의 전하로 대전되어 있다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 B는 힘의 평형 상태에 있으므로 B와 C 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 B는 C와 같이 양(+)으로 대전되어 있다.

ㄷ. A와 B 사이의 거리는 (가)에서 (나)에서보다 더 크다. 따라서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 작다.

### 2 전하에 작용하는 전기력의 크기

#### 자료 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ 0
- ㉡  $\frac{1}{4}F$
- ㉢  $\frac{1}{2}F$
- ㉣  $F$
- ㉤  $2F$

A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기가  $k\frac{q^2}{r^2}=F$ 일 때, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는  $k\frac{4q^2}{(2r)^2}=F$ 이다. A와 B 사이에 끌어당기는 힘이 작용하고 B와 C 사이에도 끌어당기는 힘이 작용하므로, B에 작용하는 전기력의 합력의 크기는 0이다.

### 3 원자 모형

#### 자료 분석

- **톰슨** 원자 모형은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하였고, (+)전하 덩어리 속에 전자가 띄엄띄엄 박혀 있다. → **전자 발견**
- **러더퍼드** 원자 모형은 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험을 통해 제안되었고, 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 원자 중앙에 존재하고 전자가 원자핵 주위를 돌고 있다. 그러나 이 모형으로는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없다. → **원자핵의 발견**

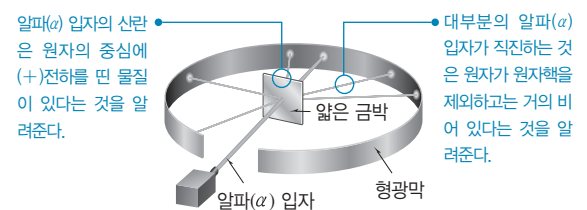
#### 선택지 분석

- |      |     |      |      |
|------|-----|------|------|
| (가)  | (나) | (가)  | (나)  |
| 보어   | 톰슨  | 보어   | 러더퍼드 |
| 톰슨   | 보어  | ④ 톰슨 | 러더퍼드 |
| 러더퍼드 | 톰슨  |      |      |

④ 음극선 실험을 통해 전자를 발견한 과학자는 톰슨이고, 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험을 통해 원자핵의 존재를 밝혀낸 과학자는 러더퍼드이다.

### 4 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험

#### 자료 분석



#### 선택지 분석

- ㉠: 알파( $\alpha$ ) 입자의 산란은 원자의 중심에 (+)전하를 띠는 원자핵이 존재하기 때문이다.
- ㉡: 대부분의 알파( $\alpha$ ) 입자가 직진하는 것으로 보아 원자는 원자핵을 제외하고는 거의 비어 있다는 것을 알 수 있어.
- ㉢: 이 실험 결과로부터 러더퍼드는 전자가 원자핵 주위의 특정한 원 궤도에서 원운동을 하는 원자 모형을 제안했어.

영희: (+)전하를 띠는 알파( $\alpha$ ) 입자의 산란은 전기적인 척력 때문에 일어나므로 원자의 중심에 (+)전하를 띤 원자핵이 존재한다는 것을 알 수 있다.

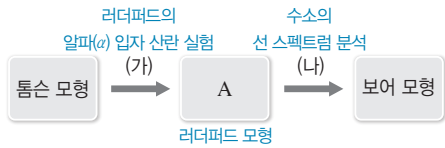


민수: 알파( $\alpha$ ) 입자를 금박에 투과시키는 실험에서 대부분의 알파( $\alpha$ ) 입자가 직진하고 일부 알파( $\alpha$ ) 입자들이 얇은 금박에서 튕겨 나오는 현상으로부터 원자 가운데의 좁은 공간에 원자핵이 있으며, 원자핵의 지름이 원자 지름에 비해 매우 작아 원자핵을 제외하고는 거의 비어 있다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** 철수: 러더퍼드는 (+)전하를 띤 원자핵 주위를 (-)전하를 띤 전자가 임의의 궤도에서 원운동하는 모형을 제안하였다. 전자가 원자핵 주위의 특정한 원 궤도에서 원운동하는 원자 모형을 제안한 과학자는 보어이다.

## 5 원자 모형의 변화 과정과 스펙트럼

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 러더퍼드 원자 모형이다.
- ㉡ (가)는 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험에서 일부 입자가 큰 각도로 산란되는 현상이다.
- ㉢ (나)는 수소 원자에서 선 스펙트럼이 나타난 현상이다.

㉠, ㉡, A는 러더퍼드 원자 모형을 나타낸다. 러더퍼드 원자 모형은 알파( $\alpha$ ) 입자 산란 실험을 통하여 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 존재한다는 것을 밝혀낸 후 제시되었다.

㉢. 러더퍼드 원자 모형은 원자의 안정성과 선 스펙트럼을 설명하지 못하였다. 이것을 해결하기 위해 보어는 새로운 원자 모형을 제시하였다.

## 6 원자 모형의 변천 과정

### | 자료 분석 |

- 러더퍼드는 라듐에서 나오는  $\alpha$  입자를 얇은 금박에 입사시켰더니  $\alpha$  입자의 일부가 큰 각도로 산란되는 것을 관찰하였고, 이를 통해 원자 중심에 원자핵이 있다는 것을 알게 되었다.
- 러더퍼드 원자 모형에서 가속 운동을 하는 전자는 전자기파를 방출하므로 에너지를 잃게 되고, 전자의 궤도 반지름은 점점 감소하여 원자핵과 충돌하므로 원자의 안정성을 설명할 수 없다.

### | 선택지 분석 |

- |   |           |   |      |
|---|-----------|---|------|
| (가)   | (나)       | (가)   | (나)  |
| <input checked="" type="checkbox"/> $\alpha$ 입자 | 음극선       | <input checked="" type="checkbox"/> $\alpha$ 입자 | 전자기파 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 중성자         | 음극선       | <input checked="" type="checkbox"/> 중성자         | 전자기파 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 중성자         | $\beta$ 선 |   |      |

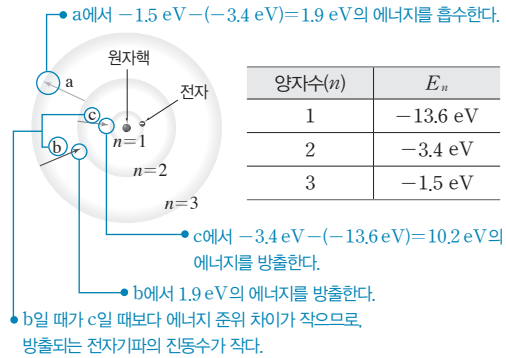
• (가): 러더퍼드는 얇은 금박에 입사시킨 알파( $\alpha$ ) 입자의 산란 실험을 통하여 원자핵의 존재를 밝혀내었다.

• (나): 가속 운동을 하는 전자는 전자기파를 방출하므로 원자 주위를 회전하는 전자가 에너지를 점점 잃게 되어 결국 원자핵과 충돌하게 된다는 것을 의미한다. 즉, 러더퍼드의 원자 모형은 원자의 안정성을 설명할 수 없기 때문에 보어가 새로운 원자 모형을 제시하였다.

## 7 전자의 전이 과정

### | 자료 분석 |

쿨롱 법칙  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 에 의해 쿨롱 힘은 원자핵과 전자 사이의 거리가 가장 작은  $n=1$ 인 궤도에서 가장 크다.



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 원자핵과 전자 사이에 작용하는 쿨롱 힘의 크기는  $n=1$ 인 궤도에서 가장 크다.
- ㉡ a일 때, 전자는 3.4 eV의 빛에너지를 흡수한다. 1.9 eV
- ㉢ 방출되는 전자기파의 진동수는 b일 때가 c일 때보다 작다.

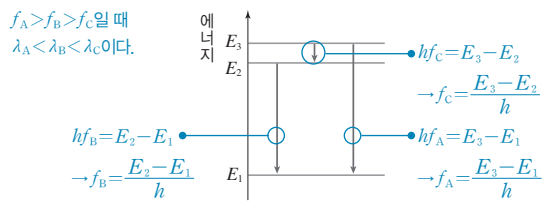
㉠. 쿨롱 법칙에 따르면 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다.  $n=1$ 인 궤도에서 원자핵과 전자 사이의 거리가 가장 작으므로 쿨롱 힘의 크기는  $n=1$ 인 궤도에서 가장 크다.

㉢. 방출되는 전자기파의 진동수는 전이하는 두 에너지 준위의 차가 클수록 크므로, b일 때가 c일 때보다 작다.

**바로알기** ㉡. a는 에너지 준위가  $E_2 = -3.4$  eV인 궤도에서 에너지 준위가  $E_3 = -1.5$  eV인 궤도로 전이하는 과정이므로 흡수하는 빛에너지는  $-1.5$  eV -  $(-3.4$  eV) = 1.9 eV이다.

## 8 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 전이

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 진공에서의 파장은 진동수가  $f_A$ 인 빛이 진동수가  $f_B$ 인 빛보다 길다. 짧다.
- ㉡  $f_B$ 는 에너지가  $E_2$ 인 준위에 있던 전자가 에너지가  $E_1$ 인 준위로 전이하는 과정에서 나오는 빛의 진동수이다.
- ㉢  $f_C = \frac{E_3 - E_2}{h}$ 이다.

㉡.  $f_B$ 는 두 번째로 큰 진동수이므로, 방출되는 에너지가 두 번째로 큰 전이 과정에서 방출되는 빛의 진동수이다. 따라서 전자가  $E_2$ 에서  $E_1$ 로 전이하는 과정에서 방출되는 빛의 진동수이다.

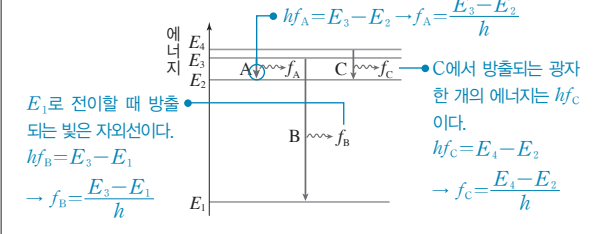
㉢.  $f_C$ 는 가장 작은 진동수이므로, 방출되는 에너지가 가장 작은 전이 과정에서 방출되는 빛의 진동수이다. 즉, 전자가  $E_3$ 에서  $E_2$ 로 전이하는 과정에서 방출되는 빛의 진동수이므로,  $E_3 - E_2 = hf_C$ 에서  $f_C = \frac{E_3 - E_2}{h}$ 이다.



**바로알기** ㄱ. 진공에서 빛의 속력은 진동수와 파장의 곱으로 일정하다. 따라서 파장은 진동수에 반비례하므로,  $f_A > f_B$ 이면 파장은 진동수가  $f_A$ 인 빛이 진동수가  $f_B$ 인 빛보다 짧다.

## 9 보어의 수소 원자 모형

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

㉠  $f_A = \frac{E_3 - E_2}{h}$ 이다.

㉡  $f_B$ 는 적외선 영역에 속하는 진동수이다. 자외선

㉢ C에서 방출되는 광자 1개의 에너지는  $hf_C$ 이다.

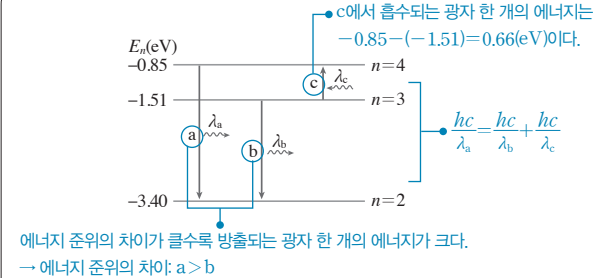
ㄱ. 전자가  $E_3$ 에서  $E_2$ 인 에너지 준위로 전이할 때 방출하는 광자의 에너지  $hf_A = E_3 - E_2$ 이므로  $f_A = \frac{E_3 - E_2}{h}$ 이다.

ㄴ. C에서 방출되는 광자 한 개의 에너지는  $f_C$ 에 비례하므로,  $hf_C$ 이다.

**바로알기** ㄴ. A에서 방출되는  $f_A$ 가 가시광선 영역에 속하는 진동수이므로, B에서 방출되는 빛의 진동수  $f_B$ 는 자외선 영역이다.  $E_1$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 자외선 영역(라이먼 계열)에 속한다.

## 10 에너지 준위와 전자의 전이

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

㉠ 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 크다.

㉡ c에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 0.85 eV이다. 0.66 eV

㉢  $\lambda_a = \lambda_b + \lambda_c$ 이다.  $\frac{1}{\lambda_a} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_c}$

ㄱ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자 한 개의 에너지는 두 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지이므로, 방출되는 광자 한 개의 에너지는 에너지 준위의 차이가 큰 a에서가 b에서보다 크다.

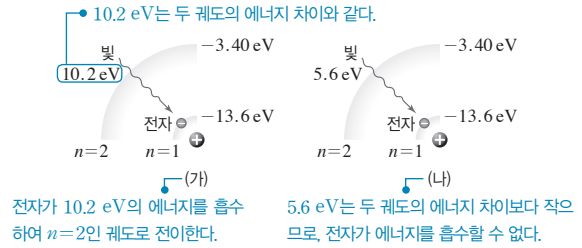
**바로알기** ㄴ. c에서 흡수되는 광자 한 개의 에너지는  $-0.85 \text{ eV} - (-1.51 \text{ eV}) = 0.66 \text{ eV}$ 이다.

ㄴ. 에너지 준위 차이의 관계는  $(E_4 - E_2) = (E_3 - E_2) + (E_4 - E_3)$ 이 성립하므로  $\frac{hc}{\lambda_a} = \frac{hc}{\lambda_b} + \frac{hc}{\lambda_c}$ 이다. 따라서  $\frac{1}{\lambda_a} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_c}$ 이다.

## 11 수소 원자의 에너지 준위

### | 자료 분석 |

전자가 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 빛을 흡수하거나 방출할 때 다른 궤도로 전이할 수 있다.



### | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 첫 번째 들뜬상태( $n=2$ )로 된다.

㉡ (나)에서 전자의 에너지는 증가하여 -8.0 eV가 된다.

계속 -13.6 eV이다.

㉢ (나)에서 전자는 바닥상태( $n=1$ )에 머물러 있다.

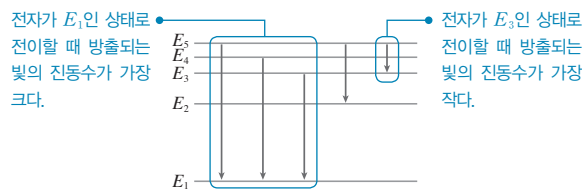
ㄱ.  $n=1$ 인 궤도와  $n=2$ 인 궤도의 에너지 차이는  $-3.40 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$ 이다. (가)에서 입사하는 빛에너지는 10.2 eV로, 두 궤도의 에너지 차이와 같으므로 전자가 10.2 eV의 에너지를 흡수하여  $n=2$ 인 궤도로 전이한다.

ㄴ. (나)에서 전자가 에너지를 흡수할 수 없으므로 전자는 계속 에너지가  $-13.6 \text{ eV}$ 인 바닥상태( $n=1$ )에 머물러 있다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 입사하는 빛에너지는 5.6 eV로, 두 궤도의 에너지 차이보다 작다. 따라서 전자가 에너지를 흡수할 수 없다.

## 12 에너지 준위와 선 스펙트럼

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |



㉠ 에너지 준위 차이가 클수록 진동수가 큰 빛이 방출되므로, 전자가  $E_1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 크고  $E_3$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 작다. 따라서 관찰되는 선 스펙트럼의 모양은 ㉡와 같다.

### 수능 3점 골라내기

본책 89쪽~91쪽

1 ②	2 ④	3 ②	4 ⑤	5 ①	6 ③	7 ④	8 ①
9 ⑤	10 ①	11 ③	12 ⑤				

## 1 전하와 전기장

### | 자료 분석 |

B는 (+)전하로 대전되어 있어 A에 작용하는 합력이 0이다.

B가 받는 합력  $= F_{BC} + F_{BA} = -(F_{AC} + F_{AB})$

A가 받는 합력  $= F_{AC} + F_{AB}$  (절연된 받침대)

C가 받는 합력  $= F_{CA} + F_{CB} = 0$

$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  이므로, 두 전하 사이의 거리는 A와 C 사이가 B와 C 사이의 2배이므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ B는 (-)전하로 대전되어 있다. (+)전하
- ☒ 전하량의 크기는 A가 B의 2배이다. 4배
- ☒ A가 받는 전기력의 합력의 크기는 B가 받는 전기력의 합력의 크기와 같다.

ㄷ. C가 A로부터 받는 힘  $F_{CA}$ 는 C가 B로부터 받는 힘  $F_{CB}$ 와 크기가 같고 방향이 반대이다( $F_{CA} = -F_{CB}$ ). 또 A가 B로부터 받는 힘  $F_{AB}$ 는 B가 A로부터 받는 힘  $F_{BA}$ 와 크기가 같고 방향이 반대이다( $F_{AB} = -F_{BA}$ ). A가 받는 전기력의 합력은  $F_{AC} + F_{AB}$ 이고 B가 받는 전기력의 합력은  $F_{BC} + F_{BA} = -F_{AC} - F_{AB} = -(F_{AC} + F_{AB})$ 이므로, 그 크기가 서로 같다.

▶ **바로알기** ㄱ. C에 작용하는 전기력의 합력은 0이므로, B가 떠는 전하의 종류는 A와 반대이다. 따라서 B는 (+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 쿨롱 법칙에 따르면 전기력의 크기는  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이다. C에 작용하는 전기력의 합력이 0일 때, 두 전하 사이의 거리는 A와 C 사이가 B와 C 사이의 2배이므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

## 2 스펙트럼 분석

### | 자료 분석 |

분광기

백열등 (A) 짧다. ← 파장 → 길다.

저온 기체관 (B)

수소 기체 방전관 (C)

(가) 연속 스펙트럼

(나) 흡수 스펙트럼

(다) 방출 스펙트럼

특정한 파장의 빛만 흡수한다.

특정한 파장의 빛만 방출한다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ B는 방출 스펙트럼이다. 흡수
- ☒ 수소 원자의 에너지 준위는 연속적이다. 불연속적
- ☒ 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 A이다. C
- ☒ 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼은 B이다.
- ☒ 기체의 종류가 달라져도 C에 나타나는 선의 위치는 같다. 다르다.

④ 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼은 특정한 파장의 빛만 흡수된 흡수 스펙트럼이므로 B이다.

▶ **바로알기** ① B는 특정한 파장의 빛만 흡수되어 검은 선으로 나타나므로 흡수 스펙트럼이다.

② 수소 기체 스펙트럼은 선 스펙트럼이므로, 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

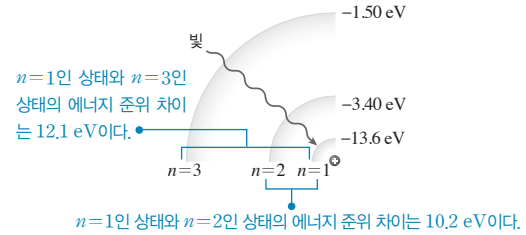
③ 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 방출 스펙트럼이므로 C이다.

⑤ 방출 스펙트럼에서 선의 위치는 고유하게 정해져 있으므로 기체의 종류가 달라지면 스펙트럼에 나타나는 선의 위치가 달라진다.

## 3 수소 원자의 에너지 준위

### | 자료 분석 |

그림과 같이 수소 원자에 빛을 입사시켰더니 전자가 양자수  $n=1$ 인 상태에서 에너지 12.1 eV인 빛을 흡수하여 양자수  $n=3$ 인 상태로 전이하였다.



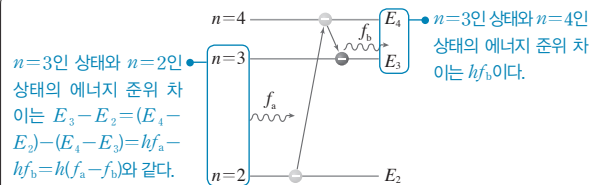
### | 선택지 분석 |

	(가)	(나)		(가)	(나)
<input checked="" type="checkbox"/>	13.6	3	<input checked="" type="checkbox"/>	12.1	3
<input checked="" type="checkbox"/>	11.2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	10.2	3
<input checked="" type="checkbox"/>	8.5	2			

② 전자가 한 에너지 준위에서 다른 에너지 준위로 전이할 때, 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 방출하거나 흡수한다. 따라서 양자수  $n=1$ 인 상태에서  $n=2$ 인 상태로 전이하기 위해서는 10.2 eV인 빛을 흡수해야 하고,  $n=1$ 인 상태에서  $n=3$ 인 상태로 전이하기 위해서는 12.1 eV인 빛을 흡수해야 한다.

## 4 에너지 준위 차이

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒  $n=3$ 인 상태에 있는 전자가 진동수  $f_b$ 인 빛을 흡수하면  $n=4$ 인 상태로 전이한다.
- ☒  $\frac{E_4 - E_2}{f_a} = \frac{E_4 - E_3}{f_b}$ 이다.
- ☒  $n=3$ 인 상태에 있는 전자가 진동수  $f_a - f_b$ 인 빛을 방출하면  $n=2$ 인 상태로 전이한다.

ㄱ.  $n=4$ 인 상태에 있던 전자가  $n=3$ 인 상태로 전이하는 과정에서 진동수  $f_b$ 인 빛을 방출하였으므로,  $n=3$ 인 상태에 있던 전자가 진동수  $f_b$ 인 빛을 흡수하면 다시  $n=4$ 인 상태로 전이한다.

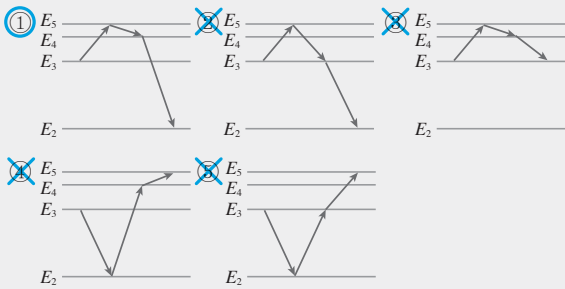
ㄴ.  $E_4 - E_2 = hf_a$ 이고,  $E_4 - E_3 = hf_b$ 이므로  $\frac{E_4 - E_2}{f_a} = \frac{E_4 - E_3}{f_b} = h$ 로 플랑크 상수와 같다.

ㄷ. 에너지 준위 사이의 에너지 차이 관계는  $E_3 - E_2 = (E_4 - E_2) - (E_4 - E_3) = hf_a - hf_b = h(f_a - f_b)$ 가 성립한다. 따라서  $n=3$ 인

상태에 있는 전자가 진동수  $f_a - f_b$ 인 빛을 방출하면  $n=2$ 인 상태로 전이한다.

## 5 전자의 전이 과정

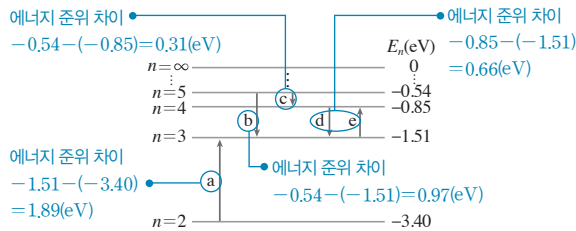
### | 선택지 분석 |



①  $n=3$ 인 상태의 전자가  $f_A$ 인 빛을 흡수하여 전이하였으므로 전자는 높은 에너지 준위로 전이하였고,  $f_B$ 와  $f_C$ 인 빛을 차례로 방출하며 전이하였으므로 전자는 차례로 낮은 에너지 준위로 전이한다. 진동수의 크기가  $f_B < f_A < f_C$ 이므로 ①번이 가장 적절하다.

## 6 전자의 전이

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
- ㉡ b에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 2.05 eV이다. 0.97 eV
- ㉢ a~e 중에서 방출되는 빛의 파장이 가장 긴 경우는 c이다.

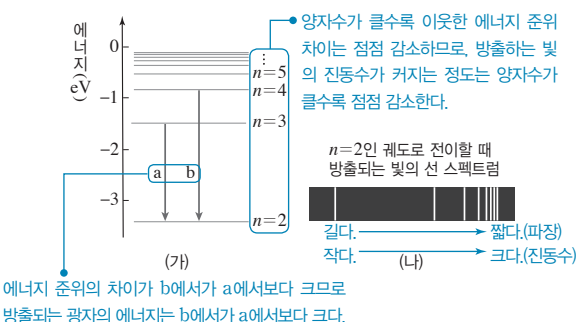
㉠. 수소 원자의 에너지 준위는 양자수와 관련된 특정한 값을 가지므로 불연속적이다.

㉡. 방출되는 빛의 파장은 진동수에 반비례하므로, 빛의 파장은 광자의 에너지가 작을수록 길다. 가장 작은 에너지를 방출하는 전자의 전이는 c이므로, c에서 방출되는 빛의 파장이 가장 길다.

바로알기 ㉢. b와 같이 전자가 양자수  $n=5$ 인 준위에서  $n=3$ 인 준위로 전이할 때에는 두 에너지 준위의 차이에 해당하는  $\Delta E = -0.54 - (-1.51) = 0.97(\text{eV})$ 의 에너지를 갖는 광자를 방출한다.

## 7 보어의 수소 원자 모형과 선 스펙트럼

### | 자료 분석 |



에너지 준위의 차이가 b에서 a에서보다 크므로 방출되는 광자의 에너지는 b에서 a에서보다 크다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 전자가  $n=2$ 인 궤도에 머물러 있는 동안에는 빛이 방출되지 않는다.
- ㉡ 방출되는 광자의 에너지는 a에서 b에서보다 크다. 작다.
- ㉢ (나)에서 오른쪽으로 갈수록 파장이 짧다.

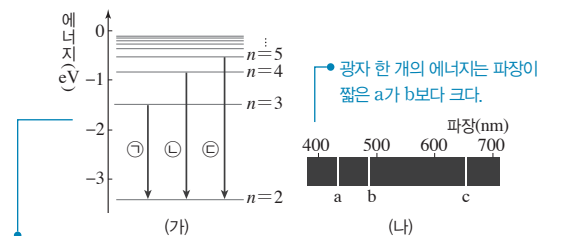
㉠. 전자가 한 궤도에 머물러 있는 동안에는 전자의 에너지가 변하지 않으므로 빛이 방출되지 않는다.

㉡. (가)에서 양자수가 클수록 이웃한 준위의 에너지 차이는 감소한다. 따라서  $n > 2$ 인 궤도에 있는 전자가  $n=2$ 인 궤도로 전이하면서 방출하는 빛의 진동수는 양자수가 클수록 커지지만, 진동수가 커지는 정도는 점점 감소하여 어떤 한계값에 수렴한다. 따라서 (나)에서 오른쪽으로 갈수록 진동수가 큰 빛이므로 파장이 짧다.

바로알기 ㉢. 에너지 준위의 차이가 b에서 a에서보다 크므로 전이 과정에서 방출되는 광자의 에너지는 b에서 a에서보다 크다.

## 8 에너지 준위와 전자의 전이

### | 자료 분석 |



에너지 준위의 차이가 클수록 진동수가 크고 파장이 짧은 빛이 방출되므로, a는 ㉢, b는 ㉠, c는 ㉡에 의해 나타나는 스펙트럼선이다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 광자 한 개의 에너지는 a가 b보다 크다.
- ㉡ a는 ㉠에 의해 나타나는 스펙트럼선이다. ㉢
- ㉢ b와 c의 진동수 차는 전자가  $n=5$ 에서  $n=4$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수와 같다.

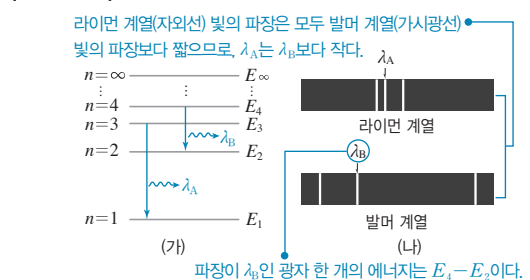
㉠. 광자 한 개의 에너지는  $E = hf$ 로 진동수에 비례한다. 진동수는 파장이 짧을수록 크므로, 광자 한 개의 에너지는 a가 b보다 크다.

바로알기 ㉢. 전자가 전이할 때 에너지 준위의 차이가 클수록 진동수가 큰 빛이 방출되므로, a는 ㉢에 의해 나타나는 스펙트럼선이다.

㉡. b는 ㉠에 의해 나타나는 스펙트럼선이고, c는 ㉡에 의해 나타나는 스펙트럼선이므로 b와 c의 진동수 차는 전자가  $n=4$ 에서  $n=3$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수와 같다.

## 9 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위

### | 자료 분석 |



파장이  $\lambda_B$ 인 광자 한 개의 에너지는  $E_4 - E_2$ 이다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠  $\lambda_A$ 는  $\lambda_B$ 보다 작다.
- ㉡ 파장이  $\lambda_B$ 인 광자 한 개의 에너지는  $E_4 - E_2$ 이다.
- ㉢ 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

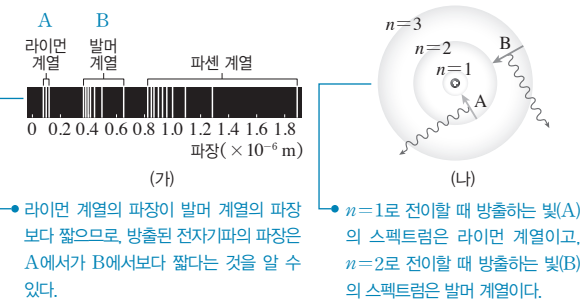
㉠. 라이먼 계열(자외선) 스펙트럼에 해당하는 빛의 파장은 발머 계열(가시광선) 스펙트럼에 해당하는 빛의 파장보다 짧으므로,  $\lambda_A$ 는  $\lambda_B$ 보다 작다.

㉡. 발머 계열에서 두 번째로 파장이 긴 빛의 파장  $\lambda_B$ 는  $n=4$ 에서  $n=2$ 로 전이하면서 방출하는 빛의 파장에 해당하므로 파장이  $\lambda_B$ 인 광자 한 개의 에너지는  $E_4 - E_2$ 이다.

㉢. (가)에서 전자의 에너지 준위가 띄엄띄엄 있으므로 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

## 10 선 스펙트럼과 에너지 준위

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 전자의 에너지는 양자화 되어 있다.
- ㉡ B에서 방출하는 전자기파는 라이먼 계열에 속한다. 발머
- ㉢ 방출된 전자기파의 파장은 A에서가 B에서보다 길다. 짧다.

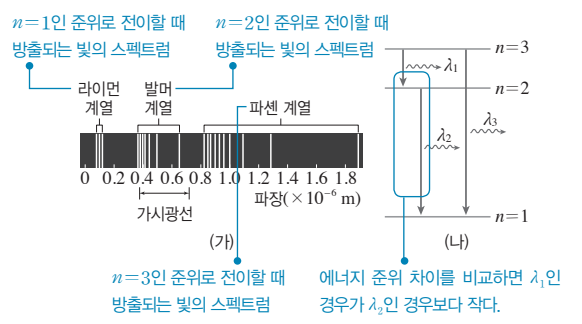
㉠. 수소 원자의 스펙트럼이 선 스펙트럼인 것은 전자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 따라서 전자의 에너지는 양자화 되어 있다.

㉡. 발머 계열은  $n=2$ 인 궤도로 전이하면서 방출하는 스펙트럼이다. 따라서 B에서 방출하는 전자기파는 발머 계열에 속한다.

㉢. A는 라이먼 계열(자외선)이고 B는 발머 계열(가시광선)이다. (가)에서 라이먼 계열의 파장이 발머 계열의 파장보다 짧으므로, 방출된 전자기파의 파장은 A에서가 B에서보다 짧다는 것을 알 수 있다.

## 11 수소 원자의 선 스펙트럼 계열과 에너지 준위

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠  $\lambda_1$ 은 (가)에서 가시광선 영역에 있다.
- ㉡  $\lambda_3$ 은 (가)의 라이먼 계열에 속한다.
- ㉢ 파장이  $\lambda_1$ 인 광자 한 개의 에너지는 파장이  $\lambda_2$ 인 광자 한 개의 에너지보다 크다. 작다.

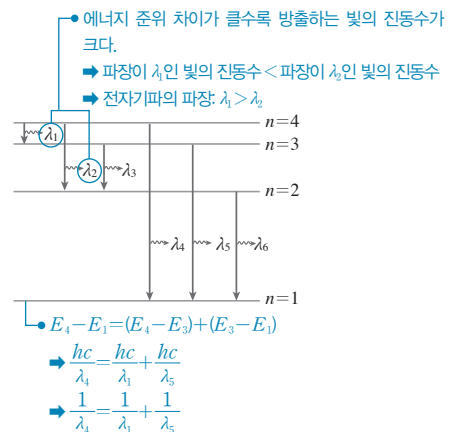
㉠. (나)의  $\lambda_1$ 은  $n=3$ 인 상태에서  $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장으로, (가)에서 발머 계열에 속하는 가시광선 영역에 있다.

㉡. (나)의  $\lambda_3$ 은  $n=3$ 인 상태에서  $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장으로, (가)에서 에너지가 가장 커서 파장이 가장 짧은 라이먼 계열에 속한다.

㉢. (나)에서 에너지 준위 사이의 에너지 차이가 클수록 파장이 짧은 광자가 방출되므로 파장이  $\lambda_1$ 인 광자 한 개의 에너지는 파장이  $\lambda_2$ 인 광자 한 개의 에너지보다 작다.

## 12 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 전이

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠  $\lambda_2 < \lambda_1$ 이다.
- ㉡ 파장이  $\lambda_1$ 인 전자기파의 진동수는 파장이  $\lambda_2$ 인 전자기파의 진동수보다 작다.
- ㉢  $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}$ 이다.

㉠. 에너지 준위의 차이가 클수록 방출하는 빛의 진동수가 크고, 진동수가 클수록 파장이 짧은 전자기파를 방출하므로,  $\lambda_2 < \lambda_1$ 이다.

㉡. 전자가 전이할 때 두 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 갖는 전자기파를 방출하므로, 에너지 준위 사이의 에너지 차이가 클수록 진동수가 큰 전자기파를 방출한다. 따라서 파장이  $\lambda_1$ 인 전자기파의 진동수는 파장이  $\lambda_2$ 인 전자기파의 진동수보다 작다.

㉢.  $E_4 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_1}$ ,  $E_4 - E_3 = \frac{hc}{\lambda_2}$ ,  $E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_3}$ 이므로,  $E_4 - E_1 = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_1)$ 에서  $\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_2} + \frac{hc}{\lambda_3}$ 이다. 따라서  $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}$ 이 성립한다.

## 09 에너지띠와 반도체

### 개념 확인 문제

본책 93쪽, 95쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×    2 A: 전도띠, B: 띠 간격, C: 원자가 띠  
 띠    3 ㄱ, ㄴ    4 ㉠ 절연체, ㉡ 반도체, ㉢ 도체    5 (1) ○  
 (2) × (3) ○ (4) ×    6 ㉠ p, ㉡ 양공    7 B, D    8 다이오드  
 9 (1) 발광 다이오드(LED) (2) 광 다이오드

- 1 (1) 에너지띠는 수많은 에너지 준위들이 촘촘하게 모여 연속적인 띠 형태의 에너지 준위를 이루게 된 것으로, 고체 원자에서 나타나는 에너지 준위이다.  
 (2) 한 에너지띠는 수많은 에너지 준위가 서로 일치하지 않도록 미세하게 차이를 두고 나뉘어져 거의 연속적이 된 것이므로, 한 에너지띠에 속하는 전자는 모두 같은 에너지를 갖지 않는다.  
 (3) 파울리 배타 원리에 의해 한 원자에서 같은 양자 상태에 2개 이상의 전자가 함께 있을 수 없다. 즉, 전자들은 각각 다른 양자수 조합을 가져야 한다.  
 (4) 고체 내의 전자들은 에너지띠에 해당하는 에너지는 가질 수 있지만, 띠 간격에 해당하는 에너지는 가질 수 없다.


- 2 A: 원자가 띠 바로 위의 전자가 채워지지 않은 띠를 전도띠라고 한다.  
 B: 원자가 띠의 가장 높은 에너지 준위와 전도띠의 가장 낮은 에너지 준위의 에너지 차이를 띠 간격이라고 한다.  
 C: 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 큰 띠를 원자가 띠라고 한다.

- 3 ㄱ. 전기 전도도는 비저항과 역수의 관계이므로, 전기 전도성은 물질의 비저항이 클수록 작다.  
 ㄴ. 전기 전도성의 크기는 도체 > 반도체 > 절연체 순이다.  
 [바로알기] ㄷ. 반도체는 온도가 높을수록 에너지를 얻은 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 이동하여 전류가 잘 흐르므로 전기 전도성이 크다.

- 4 띠 간격이 매우 큰 것은 절연체(부도체)이고, 띠 간격이 작은 것은 반도체이다. 그리고 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐진 것은 도체이다.

- 5 (1) 규소(Si) 원자의 원자가 전자 4개는 이웃한 원자와 공유 결합을 하여 안정한 구조를 이룬다.  
 (2) 원자가 전자가 5개인 인(P)을 도핑하여 원자가 전자 4쌍이 공유 결합하고 전자 1개가 남는 것은 n형 반도체이다.  
 (3) n형 반도체에서는 전자가 주로 전하를 운반한다.  
 (4) 불순물 반도체는 순수 반도체에 특정한 불순물을 도핑하여 순수 반도체보다 전기 전도성이 크다.

- 6 원자가 전자가 3개인 불순물을 도핑한 반도체는 p형 반도체이며, 주요 전하 나르개는 양공이다.

- 7 p-n 접합 다이오드에서 p형 반도체는 전원의 (+)극에, n형 반도체는 전원의 (-)극에 연결해야 전류가 흐르므로, A, B가 연결된 회로의 스위치를 닫으면 B에만 전류가 흐른다. 또한 다이오드에 전류가 흐를 수 있는 방향은 그림과  같으므로, C, D가 연결된 회로의 스위치를 모두 닫으면 D에만 전류가 흐른다.

- 8 다이오드는 전류가 한쪽 방향으로만 흐르므로 교류를 직류로 바꾸어 주는 정류 회로에 이용한다.

- 9 발광 다이오드(LED)는 전류가 흐를 때 빛을 방출하는 다이오드이고, 광 다이오드는 빛을 비추면 전류가 흐르는 다이오드이다.

### 수능 자료 마스터

본책 96쪽 ~ 97쪽

자료 ㉠ 1 ㉡    자료 ㉢ 2 ㉣    자료 ㉤ 3 ㉥

- 1 ㄱ. A는 띠 간격이 매우 크므로 절연체이다.  
 ㄴ. 절연체에서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 띠 간격 이상의 에너지를 얻어야 한다.  
 ㄷ. B는 도체이며, 원자가 띠의 일부만 전자로 채워져 있으므로 실온에서 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자들이 많다.

- 2 ㄴ. (나)에서 실리콘(Si)에 a를 첨가한 반도체는 공유 결합을 하고 전자가 1개 남았으므로, a의 원자가 전자는 5개이다.  
 ㄷ. 다이오드에 순방향 전압을 걸면 전류가 흐르므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동하여 결합한다.

- [바로알기] ㄱ. 고체를 구성하는 원자의 에너지 준위는 가까이 모여 있는 원자의 수만큼 미세하게 변한다. 따라서 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 거의 연속적으로 볼 수 있는 미세한 에너지 준위의 차이가 있으므로 (가)에서 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 다르다.

- 3 ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 A가 켜졌으므로 A에 순방향 전압이 걸린 것이다. 따라서 전원의 (-)극에 연결된 X는 n형 반도체이다.

- ㄴ. 스위치를 b에 연결했을 때 C가 켜졌으므로 Y는 (+)극에 순방향으로 연결된 p형 반도체이다. 따라서 Y에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

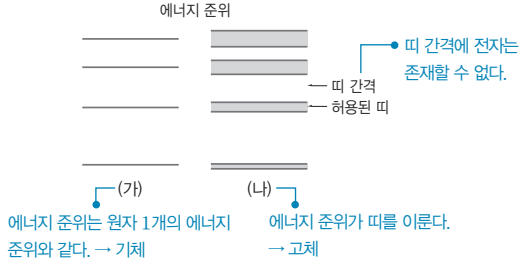
- [바로알기] ㄷ. 스위치를 a에 연결하면 저항에 흐르는 전류의 방향은 D → 저항 → A이므로 왼쪽이고, 스위치를 b에 연결하면 저항에 흐르는 전류의 방향은 B → 저항 → C이므로 왼쪽이다. 따라서 스위치를 a에 연결했을 때와 b에 연결했을 때에 저항에 흐르는 전류의 방향은 서로 같다.



1 ③ 2 ② 3 ① 4 ⑤ 5 ② 6 ⑤ 7 ④ 8 ③

## 1 기체와 고체의 에너지 준위

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠ (가)는 원자와 원자 사이가 매우 멀다.
- ㉡ (나)에서 전자는 허용된 띠에만 존재한다.
- ㉢ (나)는 기체 원자의 에너지 준위를 나타낸 것이다. **고체**

(가)는 기체 원자의 에너지 준위를 나타내고, (나)는 고체 원자의 에너지 준위를 나타낸다.

㉠. 기체와 같이 멀리 떨어져 있는 원자들의 경우, 다른 원자의 에너지 준위에 영향을 주지 않으므로 에너지 준위는 원자 1개의 에너지 준위와 같다. 따라서 (가)는 원자와 원자 사이가 매우 멀다.

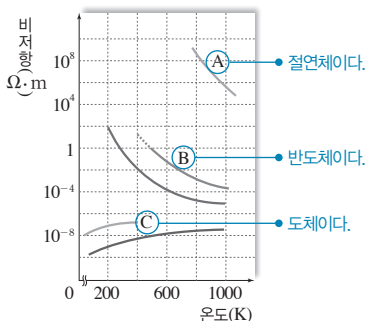
㉡. 고체 내의 전자들은 에너지띠에 해당하는 에너지는 가질 수 있지만, 띠 간격에 해당하는 에너지는 가질 수 없다. 따라서 (나)에서 전자는 허용된 띠에만 존재한다.

**바로알기** ㉢. 고체와 같이 원자 사이의 거리가 매우 가까운 경우, 인접한 원자들이 전자의 궤도에 영향을 주어 수많은 원자의 에너지 준위가 서로 일치하지 않도록 미세하게 차이를 두고 나누어져 거의 연속적인 띠를 이룬다. 따라서 (나)는 고체 원자의 에너지 준위를 나타낸 것이다.

## 2 고체의 전기 전도성

### 자료 분석

- 비저항이 클수록 전기 전도도는 작다.
- 전기 전도도가 클수록 전류가 잘 흐른다.



### 선택지 분석

- ㉠ A는 **도체**이다. **절연체**
- ㉡ B는 온도에 높아질수록 전기 전도도가 커진다.
- ㉢ 에너지띠의 띠 간격은 A가 B보다 **작다**. **크다**.
- ㉣ C는 자유 전자가 **없다**. **있다**.
- ㉤ C는 **도선의 피복으로** 사용된다. **도선으로**

물질의 저항은 물체의 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다. 이때 비례 상수를 비저항이라고 한다. 전기 전도도는 물질에 전류가 흐르는 정도를 나타내는 양으로, 비저항에 반비례한다.

㉡ B는 반도체이며, 온도가 높아질수록 비저항이 감소하므로 전기 전도도가 커진다.

**바로알기** ㉠ A는 비저항이 가장 커서 전기 전도도가 작은 절연체이다.

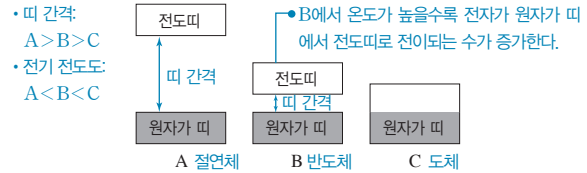
㉢ 에너지띠의 띠 간격은 절연체인 A가 반도체인 B보다 크다.

㉣ C는 도체이며, 원자가 띠의 일부뿐만 전자가 채워져 있거나 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있기 때문에 빈 에너지 준위로 자유롭게 옮겨 다니는 자유 전자가 있다.

㉤ C는 도체이므로 전류가 흐르는 도선으로 사용된다. 도선의 피복으로 사용되는 것은 비저항이 커서 전기 전도도가 작은 절연체이다.

## 3 고체의 에너지띠 구조

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠ A는 절연체이다.
- ㉡ 실온에서 전기 전도성은 B가 C보다 **좋다**. **나쁘다**
- ㉢ 온도가 높을수록 B에서 양공의 수는 **줄어든다**. **늘어난다**.

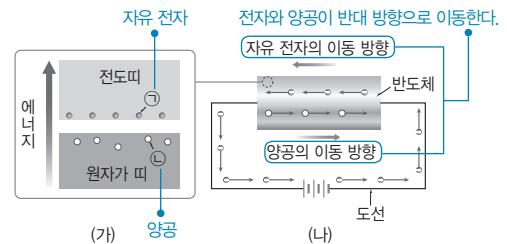
㉠. A는 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 가장 크므로 절연체이다.

**바로알기** ㉡. B는 반도체로, 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하면 전도띠로 이동하여 전류가 흐를 수 있다. C는 도체로, 띠 간격이 없으므로 전자가 약간의 에너지만 흡수해도 원자가 띠의 비어 있는 곳으로 이동하여 전류가 흐른다. 따라서 실온에서 전기 전도성은 C가 B보다 좋다.

㉢. 온도가 높을수록 B에서 에너지를 얻은 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이되는 수가 증가하므로 원자가 띠에서 양공의 수는 늘어난다.

## 4 순수 반도체의 에너지띠 구조

### 자료 분석



### 선택지 분석

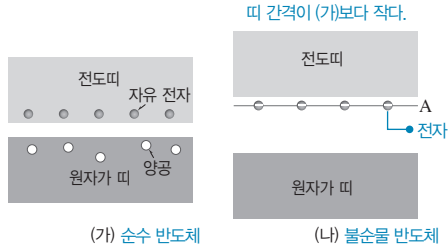
- ㉠ (가)에서 ㉠은 전자, ㉡는 양공을 나타낸다.
- ㉢ (나)의 도선에서 전자와 양공의 이동으로 전류가 흐른다. **전자의**
- ㉣ (나)의 반도체에서 전자와 양공이 서로 반대 방향으로 이동한다.

ㄱ. 원자가 띠에서 전도띠로 전이한  $\ominus$ 은 전자, 원자가 띠에 전자가 빠져나가 생긴  $\ominus$ 은 양공이다.  
 ㄴ. 반도체에서 전류가 흐를 때  $(-)$ 전하를 띤 전자와  $(+)$ 전하를 띤 양공이 서로 반대 방향으로 이동한다.

**바로알기** ㄴ. 도선에서는 자유 전자의 이동으로 전류가 흐른다.

## 5 순수 반도체와 불순물 반도체의 에너지띠 구조

### | 자료 분석 |



- 철수**: (나)는 p형 반도체의 에너지띠 구조야. **n형**  
**영희**: 띠 간격은 (가)보다 (나)가 작아.  
**민수**: (나)에서 A는 양공에 의한 에너지 준위를 나타낸 거야.  
**전자**

영희: (가)는 순수 반도체이고 (나)는 불순물 반도체이다. 순수 반도체의 전기 전도성보다 불순물 반도체의 전기 전도성이 더 크므로, 띠 간격은 (가)보다 (나)가 작다.

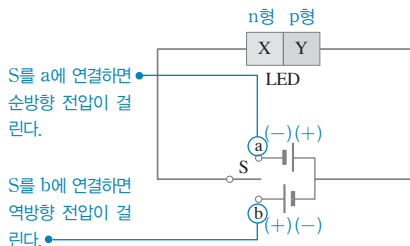
**바로알기** 철수: (나)에서 전도띠 아래 생긴 새로운 준위는 도핑에 의해 생긴 전자에 의한 준위이므로, (나)는 원자가 전자가 5개인 불순물로 도핑한 n형 반도체이다.

민수: (나)의 불순물 반도체에서 전도띠 아래 생긴 새로운 준위인 A는 전자에 의한 에너지 준위를 나타낸 것이다.

## 6 발광 다이오드(LED) 회로

### | 자료 분석 |

- p형을 (+)극에, n형을 (-)극에 연결 → 순방향 전압 → 전류가 흐른다.
- p형을 (-)극에, n형을 (+)극에 연결 → 역방향 전압 → 전류가 흐르지 않는다.



### | 선택지 분석 |

- X**는 p형 반도체이다. **n형**  
**Y**에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.  
**S**를 b에 연결할 때, n형 반도체에 있는 전자의 이동 방향은 p-n 접합면에서 멀어지는 방향이다.

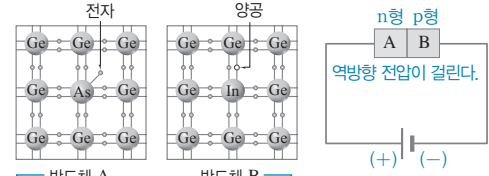
ㄴ. S를 a에 연결했을 때 발광 다이오드(LED)에서 빛이 방출되므로 순방향 전압이 걸렸다. 따라서 Y는 전원의 (+)극에 연결된 p형 반도체이다. p형 반도체에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. S를 b에 연결하면 발광 다이오드에 역방향 전압이 걸리게 되므로 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

**바로알기** ㄱ. S를 a에 연결했을 때 순방향 전압이 걸리게 되므로, X는 전원의 (-)극에 연결된 n형 반도체이다.

## 7 반도체와 다이오드

### | 자료 분석 |



- A는 공유 결합에 참여하지 못한 전자 1개가 남았으므로 n형 반도체이다.  
 B는 공유 결합할 전자가 부족하여 양공이 생겼으므로 p형 반도체이다.

### | 선택지 분석 |

- A**는 p형 반도체이다. **n형**  
**B**에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.  
**(나)**의 다이오드에 역방향 전압이 걸린다.

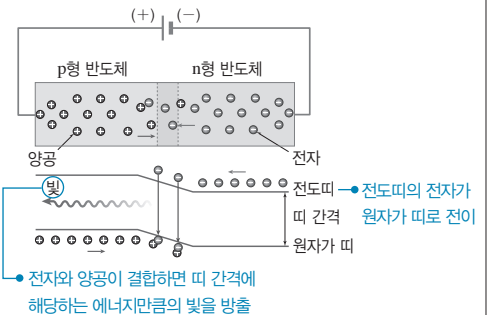
ㄴ. B는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 3개인 인듐(In)을 첨가한 p형 반도체로, 공유 결합할 전자가 부족하여 생긴 양공이 주로 전하를 운반하여 전류가 흐른다.

ㄷ. (나)에서 n형 반도체인 A를 (+)전극에 연결하고 p형 반도체인 B를 (-)전극에 연결하였으므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸렸다.

**바로알기** ㄱ. A는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 비소(As)를 첨가하여 공유 결합에 참여하지 못한 전자 1개가 남았으므로 n형 반도체이다.

## 8 발광 다이오드(LED)에서 빛이 방출되는 원리

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- 발광** 다이오드에서 방출되는 빛에너지는 반도체의 띠 간격과 같다.  
 띠 간격에 따라 다른 색깔의 빛이 방출된다.  
 빛이 방출될 때 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이한다.  
**원자가 띠**

ㄱ. 전도띠에 있던 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하므로, 발광 다이오드에서 방출되는 빛에너지는 반도체의 띠 간격과 같다.

ㄴ. 띠 간격에 따라 파장이 다른 빛이 방출되므로 다른 색깔의 빛이 방출된다.

**바로알기** ㄷ. 빛이 방출될 때 전도띠의 전자가 원자가 띠로 전이하여 양공과 결합한다.

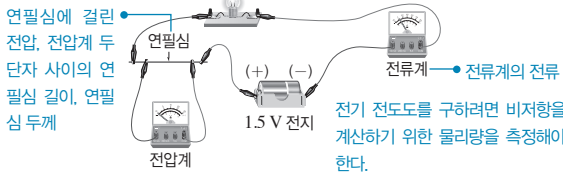
## 수능 3점 공부하기

본책 100쪽 ~ 101쪽

1 ④ 2 ④ 3 ② 4 ③ 5 ③ 6 ① 7 ⑤ 8 ②

### 1 고체의 전기 전도성

#### | 자료 분석 |



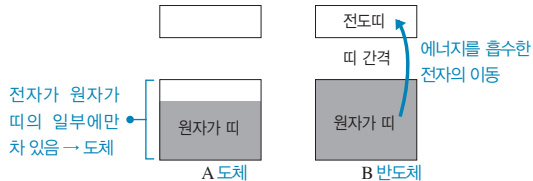
#### | 선택지 분석 |

- ☒ 전류의 세기
- ☒ 연필심의 두께
- ☒ 전전지의 전압
- ☒ 연필심의 전체 길이

물질의 저항  $R$ 는 물체의 길이  $l$ 에 비례하고 단면적( $S = \pi r^2$ )에 반비례한다. 이때 비례 상수  $\rho$ 를 비저항이라고 한다. 이를 식으로 나타내면  $R = \rho \frac{l}{S}$ 이며, 비저항  $\rho = R \frac{S}{l}$ 이다. 여기서 저항  $R = \frac{V}{I}$ 를 이용하면 비저항  $\rho = \left(\frac{V}{I}\right) \left(\frac{\pi r^2}{l}\right)$ 이다. 전기 전도도는 비저항의 역수이므로, 전기 전도도를 구하기 위해서는 비저항을 계산하기 위한 물리량을 측정해야 한다. 따라서 연필심의 지름(두께), 연필심에 흐르는 전류의 세기, 연필심에 걸린 전압, 연필심에 연결한 전압계의 두 단자 사이 연필심의 길이를 측정해야 한다.

### 2 고체의 에너지띠 구조

#### | 자료 분석 |



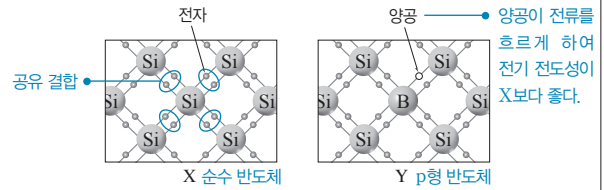
#### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. A는 도체이다.
- ☒ ㄴ. B에서 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하면 양공이 생긴다.
- ☒ ㄷ. B에서 원자가 띠에 있던 전자가 에너지를 방출하며 전도띠로 흡수 전이한다.

ㄱ. A는 원자가 띠의 일부만 전자로 차 있으므로 도체이다.  
 ㄴ. B에서 원자가 띠의 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 전이하면 원자가 띠에는 전자가 빈 자리인 양공이 생긴다.  
**바로알기** ㄷ. 전도띠의 에너지 준위는 원자가 띠보다 높으므로, B에서 원자가 띠에 있던 전자가 전도띠로 전이하기 위해서는 에너지를 흡수해야 한다.

### 3 순수 반도체와 불순물 반도체

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

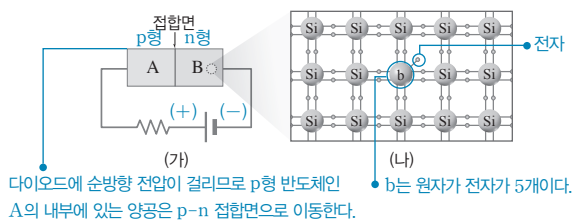
- ☒ ㄱ. 붕소의 원자가 전자는 5개이다. 3개
- ☒ ㄴ. Y는 n형 반도체이다. p형
- ☒ ㄷ. Y는 X보다 전기 전도성이 좋다.

ㄷ. X는 순수 반도체이고 Y는 불순물 반도체이다. 불순물 반도체의 전하 나르개는 순수 반도체보다 많아서 전기 전도성이 더 좋다.

**바로알기** ㄱ. 붕소(B)로 도핑한 반도체 Y에 양공이 생겼다. 즉, 붕소는 13족 원소로 원자가 전자가 3개인 원소이다.  
 ㄴ. 원자가 전자가 3개인 붕소를 도핑하여 양공이 생긴 반도체 Y는 p형 반도체이다.

### 4 p-n 접합 다이오드 회로

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. (가)의 회로에 전류가 흐른다.
- ☒ ㄴ. A의 내부에서 양공은 접합면에서 멀어진다. 접합면으로 이동한다.
- ☒ ㄷ. A에 첨가한 불순물 a의 원자가 전자는 4개보다 적다.

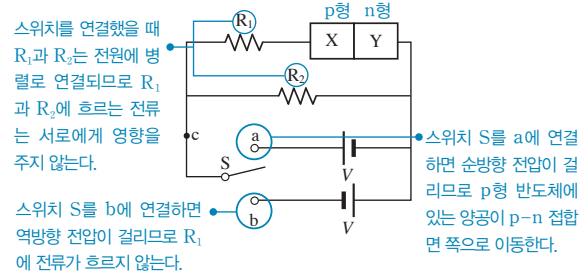
ㄱ. p형 반도체인 A가 전원의 (+)극에 연결되어 있고, n형 반도체인 B가 전원의 (-)극에 연결되어 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 (가)의 회로에 전류가 흐른다.

ㄷ. B가 규소(Si)에 원자가 전자가 5개인 원소를 도핑한 n형 반도체이므로, A는 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑한 p형 반도체이다. 따라서 a의 원자가 전자는 4개보다 적다.

**바로알기** ㄴ. p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸려 전류가 흐를 때 A의 내부에 있는 양공과 B의 내부에 있는 전자는 모두 p-n 접합면으로 이동한다.

### 5 p-n 접합 다이오드 회로 분석

#### | 자료 분석 |



스위치를 연결했을 때  $R_1$ 과  $R_2$ 는 전원에 병렬로 연결되므로  $R_1$ 과  $R_2$ 에 흐르는 전류는 서로에게 영향을 주지 않는다.  
 스위치 S를 b에 연결하면 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체에 있는 양공이 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.  
 스위치 S를 a에 연결하면 역방향 전압이 걸리므로  $R_1$ 에 전류가 흐르지 않는다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ X는 p형 반도체이다.
- ㉡ S를 a에 연결했을 때, p형 반도체에 있는 양공이 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.
- ㉢ S를 b에 연결했을 때,  $R_1$ 에 흐르는 전류의 세기는  $R_2$ 에 흐르는 전류의 세기보다 크다. **작다**.

㉠. 점 c에 흐르는 전류의 세기가 스위치 S를 a에 연결했을 때 a에 연결했을 때보다 크다는 것은 S를 a에 연결했을 때  $R_1$ ,  $R_2$ 에 모두 전류가 흐르고, S를 b에 연결했을 때에는  $R_2$ 에만 전류가 흘렀기 때문이다. 따라서 S를 a에 연결했을 때 다이오드에 순방향 전압이 걸린 것이므로 X는 p형 반도체이고, Y는 n형 반도체이다.

㉡. S를 a에 연결했을 때 순방향 전압이 걸린 것이므로, p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

㉢. S를 b에 연결하면 역방향 전압이 걸린 것이므로  $R_1$ 에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서  $R_1$ 에 흐르는 전류의 세기보다  $R_2$ 에 흐르는 전류의 세기가 더 크다.

## 6 발광 다이오드(LED)의 원리

### | 자료 분석 |

띠 간격이 클수록 파장이 더 짧은 빛이 방출된다.

전류가 흐를 때 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자는 p-n 접합면으로 이동하게 된다.

LED

• a는 p형 반도체 쪽에 연결되어 있으므로 (+)극이다.

전원 장치

• p-n 접합면

• 띠 간격이 클수록 파장이 더 짧은 빛이 방출된다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.
- ㉡ n형 반도체의 전도띠에 있는 전자가 p-n 접합면으로부터 멀어진다. 접합면으로 이동한다.
- ㉢ 띠 간격이 더 큰 발광 다이오드를 연결하면 파장이 더 긴 빛이 방출된다. **짧은**

㉠. 빛이 나오는 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸려 있으므로, p형 반도체에 연결된 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

㉡. 다이오드에 순방향 전압이 걸려 전류가 흐를 때 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자는 p-n 접합면으로 이동하게 된다.

㉢. 띠 간격이 클수록 전이하는 전자의 에너지 준위 차이가 크므로 파장이 더 짧은 빛이 방출된다.

## 7 다이오드를 이용한 정류 회로

### | 자료 분석 |

교류는 주기적으로 전류의 방향이 A 또는 B 방향으로 바뀐다.

다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때의 회로 기호

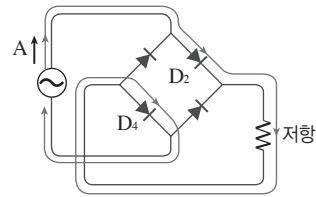
정류 회로

전류

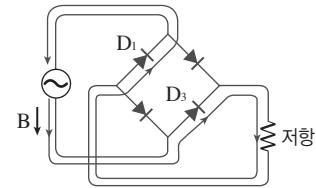
### | 선택지 분석 |

- ㉠ 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때  $D_2$ ,  $D_4$ 에 전류가 흐른다.
- ㉡ 저항에는 항상 같은 방향으로 전류가 흐른다.
- ㉢ 휴대폰 충전기에 사용된다.

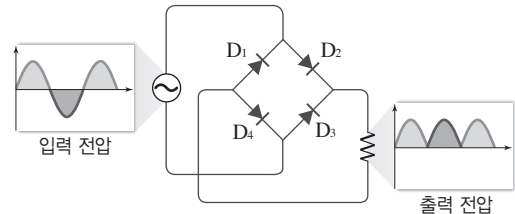
㉠. 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때 그림과 같이  $D_2$ ,  $D_4$ 에 전류가 흐른다.



㉡. 교류 전류가 B 방향으로 흐를 때 그림과 같이 저항에 흐르는 전류의 방향은 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때와 같이 아래쪽이므로, 저항에는 항상 같은 방향으로 전류가 흐른다.



㉢. 정류 회로는 교류를 직류로 바꾸는 정류 작용을 하므로, 직류를 사용하는 휴대폰 충전기에 사용된다.



## 8 발광 다이오드(LED) 회로

### | 자료 분석 |

A(초록)+B(빨강)=노랑

달린 스위치	a, b	b, c
색	노랑	빨강

B(빨강)+C(×)=빨강

• C는 불이 들어오지 않으므로 역방향 전압이 걸려 있다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 빨강 빛을 내는 발광 다이오드이다. **초록**
- ㉡ 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 A가 B보다 크다.
- ㉢ c를 닫았을 때, C에서 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다. 접합면에서 멀어진다.

A와 B에서 나온 빛이 합쳐진 색이 노랑이므로 A와 B는 각각 초록빛과 빨강 빛을 내는 발광 다이오드 중 하나이며 순방향 전압이 걸려 있다. B와 C에서 나온 빛이 합쳐진 색이 빨강이므로 B는 빨강 빛을 내는 발광 다이오드이다. 즉, C는 역방향 전압이 걸려 불이 들어오지 않았다.

㉡. 파장이 짧은 빛일수록 빛에너지가 크므로, 초록빛을 내는 발광 다이오드 A의 띠 간격은 빨강 빛을 내는 발광 다이오드 B의 띠 간격보다 크다.

㉢. A는 초록빛을 내는 발광 다이오드이다.

㉣. C는 역방향 전압이 걸려 있으므로 c를 닫았을 때 전자와 양공은 p-n 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

# 10 전류에 의한 자기장

## 개념 확인 문제

본책 103쪽

- 1 4B    2 A: 남쪽, B: 북쪽, C: 남쪽    3 (1) ○ (2) ○ (3) ×  
4 +y 방향    5 ㄱ, ㄴ, ㄹ

1 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 수직 거리에 반비례한다. 따라서 (가)에서  $B \propto \frac{I}{2r}$ 일 때 (나)에서  $B_b \propto \frac{2I}{r} = 4B$ 이다.

2 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락으로 전류의 방향을 가리키며 도선을 감아줄 때 나머지 네 손가락이 가리키는 방향이다. 따라서 도선의 중심 B에서 자기장의 방향은 북쪽이며, 원의 바깥쪽 A, C에서 자기장의 방향은 남쪽이다.

3 (1) 오른손의 네 손가락을 코일에 흐르는 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서의 자기장의 방향이다. 따라서 A의 내부에서 자기장의 방향은 왼쪽이다.  
(2) 솔레노이드에서 자기장의 세기는 단위 길이당 코일의 감은 수에 비례한다. 따라서 내부에서 자기장의 세기는 A가 B보다 작다.  
(3) 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향으로부터 A의 오른쪽은 S극, B의 왼쪽은 N극이 되는 자기장이 형성되므로, A와 B 사이에는 인력이 작용한다.

4 자기장 속에서 전류가 받는 자기력의 방향은 오른손의 네 손가락을 자기장의 방향, 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 손바닥이 향하는 방향이므로 +y 방향이다.

5 ㄱ. 전동기는 자석 사이의 코일에 전류가 흐르면 코일이 자기력을 받아 회전하는 장치이다.

ㄴ. 스피커는 코일에 흐르는 전류가 변할 때 자석과 코일 사이에 자기력의 크기와 방향이 바뀌어 진동판이 진동하므로 소리가 발생하는 장치이다.

ㄹ. MRI는 초전도체로 만든 솔레노이드의 강한 자기장을 이용해 인체 내부의 영상을 얻는 장치이다.

바로알기 ㄷ. 발전기는 전자기 유도 현상을 이용한 장치로, 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시킨다.

## 수능 자료 마스터

본책 104쪽~105쪽

- 자료 A 1 ⑤    자료 B 2 ④    자료 C 3 ③

1 ㄱ. p에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향이 -y 방향일 때, B에 의한 자기장의 방향은 +y 방향이므로 A에 의한 자기장

의 방향은 -y 방향이어야 한다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

ㄴ.  $t_1$ 일 때 p에서 A, B 각각에 의한 자기장의 방향은 서로 반대 방향이고 q에서 A, B 각각에 의한 자기장의 방향은 서로 같은 방향이므로,  $t_1$ 일 때 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서 q에서보다 작다.

ㄷ. r에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향은  $t_1$ 일 때 -y 방향이고  $t_2$ 일 때도 -y 방향이다.

2 점 p에서 자기장의 세기가 0이므로 Y에 흐르는 전류의 방향은 +y 방향이며, 전류의 세기는 X에 흐르는 전류의 세기와 같다. 그런데 Y에 흐르는 전류의 방향을 -y 방향으로 하면 2사분면과 4사분면에서 합성 자기장의 세기가 0인 지점이 나타난다. 이때 Y에 흐르는 전류의 세기가 X의 2배이므로, X와 Y로부터 떨어진 거리의 비가 1:2가 되는 d에서 자기장의 세기가 0이 된다.

3 ㄱ. P에서 A, B 각각에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이므로, C와의 합성 자기장이 0이 되려면 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이어야 한다.

ㄴ. C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)일 때, C에 흐르는 전류의 방향은 왼쪽으로, B에 흐르는 전류의 방향과 반대이다.

바로알기 ㄷ. 만약 P에서 B에 흐르는 전류와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같다면  $I = \frac{3}{2}I_0$ 이다. 그러나 P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기의 합과 같으므로  $I > \frac{3}{2}I_0$ 이다.

## 수능 2점 다지기

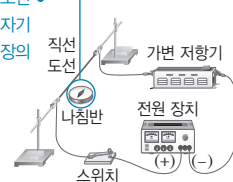
본책 106쪽~107쪽

- 1 ②    2 ④    3 ⑤    4 ③    5 ②    6 ①    7 ③    8 ④

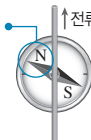
## 1 직선 전류에 의한 자기장 실험

### 자료 분석

나침반의 자침은 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 영향과 지구 자기장의 영향을 모두 받는다.



도선 아래쪽에서 전류에 의한 자기장의 방향은 왼쪽이다.



(나)의 결과

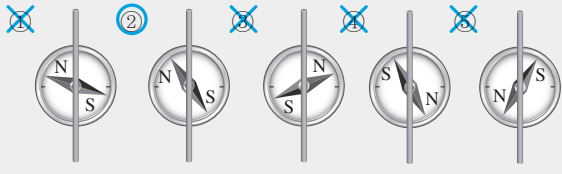
도선 아래쪽에서 전류에 의한 자기장의 방향은 오른쪽이다.



(다)의 결과



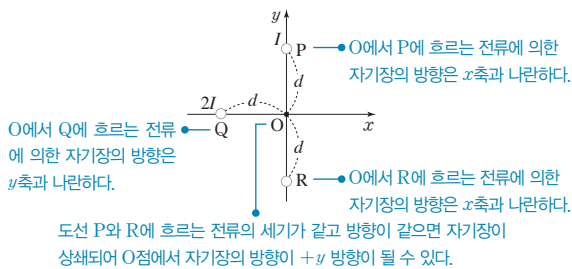
### | 선택지 분석 |



② (나)에서 전류의 세기가  $I$ 일 때 전류의 방향과 이루는 나침반 자침 사이의 각과 (다)에서 전류의 세기가  $2I$ 일 때 전류의 방향과 이루는 나침반 자침 사이의 각이 크기는 비슷하고 회전 방향이 반대인 것으로 보아, 전류가 흐르지 않을 때 나침반 자침의 방향은 전류의 방향에 대해 왼쪽으로 기울어져 있음을 알 수 있다.

## 2 직선 전류에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

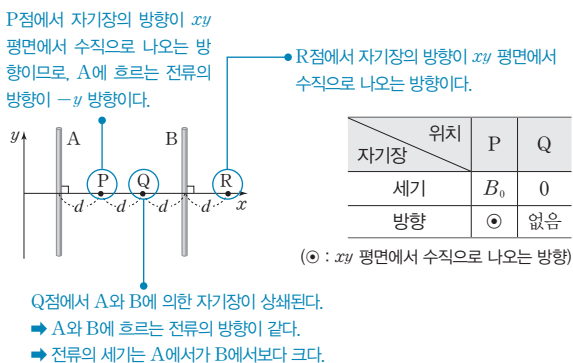
- ㉠ 도선에 흐르는 전류의 방향은 P에서와 R에서가 같다.
- ㉡ R에 흐르는 전류의 세기는  $I$ 이다.
- ㉢ O에서 R에 의한 자기장의 세기는  $B_0$ 이다.  $\frac{B_0}{2}$

㉠, ㉡. O에서 세 도선 P, Q, R에 의한 자기장의 합성 방향이  $+y$  방향이기 위해서는 도선 P와 R가 O에 만드는 자기장의 세기는 같고 방향이 반대가 되어 두 자기장이 상쇄되어야 한다. 따라서 도선 P와 R에 흐르는 전류의 방향은 같고 세기도 같으므로 R에 흐르는 전류의 세기는  $I$ 이다.

**바로알기** ㉢. O에서 합성 자기장의 세기  $B_0$ 은 도선 Q에 의한 자기장의 세기이다. O로부터 R은 O로부터 Q와 거리는 같지만 전류의 세기는 R에서가 Q에서의  $\frac{1}{2}$  배이므로, O에서 R에 의한 자기장의 세기는  $\frac{B_0}{2}$ 이다.

## 3 두 직선 도선에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ A에는  $-y$  방향으로 전류가 흐른다.
- ㉡ 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㉢ R에서 자기장의 방향은 P에서와 같다.

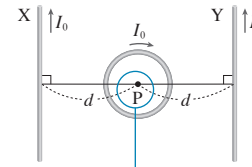
㉠. A와 B 사이에 있는 점 Q에서 합성 자기장의 세기가 0이고 A에 가까운 점 P에서 합성 자기장의 방향이  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이므로, A에 흐르는 전류의 방향은  $-y$  방향이다.

㉡. A와 B 사이에 합성 자기장의 세기가 0인 점 Q가 B에 가까이 있으므로, 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.

㉢. A와 B에 모두  $-y$  방향의 전류가 흐르므로 R에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향이  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다. 따라서 R에서 자기장의 방향은 P에서와 같다.

## 4 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



X와 Y에 흐르는 전류의 세기와 방향이 같으므로, P에서 두 도선에 의한 자기장이 상쇄된다. ➔ P에서의 자기장  $B_0$ 은 원형 도선에 의한 자기장으로, 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. ➔ 원형 도선에  $2I_0$ 의 전류가 흐르면 P에서 자기장의 세기는  $2B_0$ 이 된다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ X에 의한 자기장과 Y에 의한 자기장의 방향은 서로 같다. **반대이다.**
- ㉡ 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. **종이면에 수직으로 들어가는**
- ㉢ 다른 조건은 그대로 두고, 원형 도선에 흐르는 전류의 세기를  $2I_0$ 으로 하면 자기장의 세기는  $2B_0$ 이 된다.

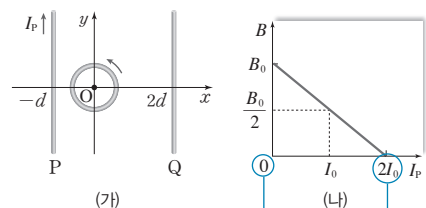
㉢. 두 직선 도선에 의한 자기장이 서로 상쇄되므로 P에서는 원형 도선에 의한 자기장만 존재한다. 그러므로 원형 전류가 2배이면 자기장의 세기도 2배가 된다.

**바로알기** ㉠. 두 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 모두 위쪽이므로 P에서 두 직선 도선에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다.

㉡. 원형 도선에 흐르는 전류의 방향이 시계 방향이므로 P에서 원형 도선에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

## 5 전류에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



P에 전류가 흐르지 않을 때의 O점에서의 자기장의 세기  $B_0$ 은 원형 도선에 의한 것이며, 자기장의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

P에  $2I_0$ 의 전류가 흐를 때 O점에서 P와 원형 도선에 의한 자기장이 상쇄되어 0이 된다.

➔ 전류가  $2I_0$ 이 흐를 때 O점에서 P에 의한 자기장은  $B_0$ (⊙)이다.

### | 선택지 분석 |

	세기	방향		세기	방향
<del>㉠</del>	$2I_0$	$+y$	㉡	$2I_0$	$-y$
<del>㉢</del>	$I_0$	$+y$	<del>㉣</del>	$I_0$	$-y$
<del>㉤</del>	$\frac{I_0}{2}$	$+y$			

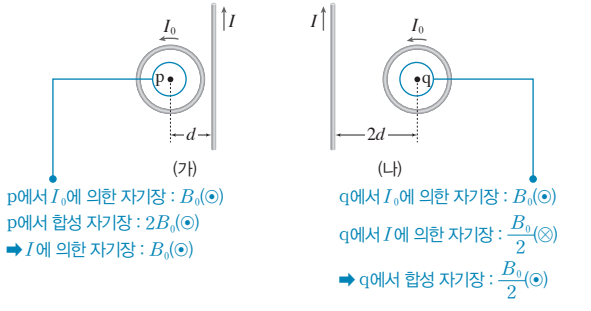
$I_P=0$ 일 때 O에서 원형 도선에 의한 자기장은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로  $B_0(\odot)$ 이다.

$I_P=2I_0$ 일 때 O에서 원형 도선과 직선 도선 P에 의한 자기장의 세기가 0이므로, 직선 도선 P에 의한 자기장은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로  $B_0(\otimes)$ 이다.

$I_P=I_0$ 일 때 O에서 직선 도선 P에 의한 자기장은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로  $\frac{B_0}{2}(\otimes)$ 이고 원형 도선에 의한 자기장은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로  $B_0(\odot)$ 이므로, O에서 합성 자기장은  $\frac{B_0}{2}(\otimes)+B_0(\odot)=\frac{B_0}{2}(\odot)$ 이다. 따라서 O에서 합성 자기장의 세기가 0이 되려면 직선 도선 Q에 의한 자기장이  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로  $\frac{B_0}{2}(\otimes)$ 이 되어야 한다. 따라서 직선 도선 Q는 O로부터 거리가 2배이므로  $2I_0$ 인 전류가  $-y$  방향으로 흘러야 한다.

## 6 두 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ p에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㉡ q에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.  
종이면에서 수직으로 나오는 방향
- ㉢ q에서 자기장의 세기는  $2B_0$ 이다.  $\frac{B_0}{2}$

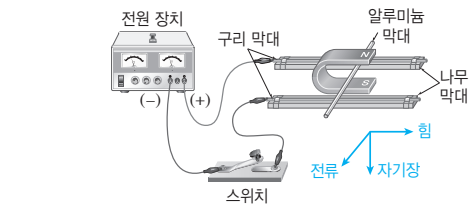
㉠. p에서  $I_0$ 에 의한 자기장이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로  $B_0(\odot)$ 이고 합성 자기장이 같은 방향으로  $2B_0(\odot)$ 이므로, I에 의한 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로  $B_0(\odot)$ 이다.

㉡. ㉢. q에서는 I가 p에 비해 2배 멀어서 I에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로  $\frac{B_0}{2}(\otimes)$ 이다. 따라서

합성 자기장은  $\frac{B_0}{2}(\otimes)+B_0(\odot)=\frac{B_0}{2}(\odot)$ 으로, 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

## 7 자기력의 활용

### | 자료 분석 |



말굽자석의 자기장의 방향 : 아래쪽(오른손 네 손가락으로 가리킨다.)  
전류의 방향 : 앞쪽(오른손 엄지손가락으로 가리킨다.)  
→ 자기력의 방향 : 오른쪽(오른손 손바닥이 향하는 방향)

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 이 상태에서 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 오른쪽으로 움직인다.
- ㉡ 이 상태에서 말굽자석의 S극이 위로 오도록 뒤집어 놓고 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 왼쪽으로 움직인다.
- ㉢ 이 상태에서 전원 장치의 (+), (-) 단자를 반대로 연결하고 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 오른쪽으로 움직인다.

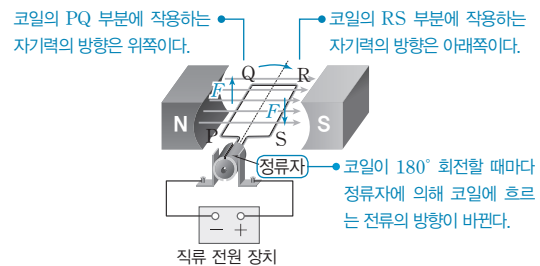
㉠. 오른손 네 손가락을 자기장의 방향, 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 손바닥이 향하는 방향이 자기력의 방향이므로, 알루미늄 막대는 오른쪽으로 힘을 받아 움직인다.

㉡. 말굽자석의 S극이 위로 오도록 하고 스위치를 닫으면, 자기력의 방향이 반대가 되어 알루미늄 막대가 왼쪽으로 힘을 받아 움직인다.

㉢. 전원 장치의 (+), (-) 단자를 반대로 연결하고 스위치를 닫으면, 자기력의 방향이 반대가 되어 알루미늄 막대가 왼쪽으로 힘을 받아 움직인다.

## 8 전동기의 구조와 원리

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 코일의 PQ 부분은 위쪽으로 힘을 받는다.
- ㉡ 코일의 RS 부분은 아래쪽으로 힘을 받는다.
- ㉢ 코일 전체는 시계 방향으로 회전한다.
- ㉣ 정류자는 코일이  $360^\circ$  회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾼다.  $180^\circ$
- ㉤ 전기 에너지를 역학적 일로 바꾸는 장치이다.

㉠, ㉡, ㉢ 오른손 네 손가락을 자기장의 방향을 향하게 하고, 엄지손가락을 전류의 방향으로 가리키게 할 때 손바닥이 향하는 방향이 자기력의 방향이다. 따라서 코일의 PQ 부분은 위쪽으로,

코일의 RS 부분은 아래쪽으로 힘을 받아 코일은 시계 방향으로 회전한다.

⑤ 전동기는 자기장 속에서 전류가 받는 힘을 이용하여 전기 에너지를 역학적인 일로 바꾸는 장치이다.

**바로알기** ④ 정류자는 코일이  $180^\circ$  회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 자석 사이에 있는 코일을 계속 한방향으로 회전할 수 있게 한다.

## 수능 3점 공부기

본책 108~109쪽

1 ① 2 ④ 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ① 7 ② 8 ⑤

### 1 직선 전류에 의한 자기장

#### | 자료 분석 |

p에서 자기장이 0이면, A와 B에 흐르는 전류의 방향과 세기가 같다.



q에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향은  $-y$  방향  
이므로, q에서 A, B, C에 의한 자기장의 세기가 0이 되려면 C에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이어야 한다.  
→ C에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 전류의 세기는 A와 B가 같다.
- ㉡ 전류의 방향은 B와 C가 같다. **반대이다.**
- ㉢ A와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 p와 q에서 서로 같다. **반대이다.**

㉠. p에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 세기가 0일 때, p에서 A에 의한 자기장의 방향이  $-y$  방향이므로 B에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)으로 A와 같으며, 전류의 세기도 A와 같다.

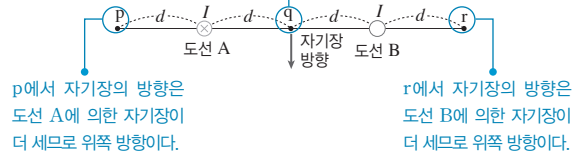
**바로알기** ㉡. A와 B에 흐르는 전류의 방향이 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이므로, q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은  $-y$  방향이다. q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 0이 되기 위해서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이어야 한다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)으로 B와 반대 방향이다.

㉢. p에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은  $-y$  방향이다. q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 세기가 0일 때, A, B 각각에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이고 C에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이다. 즉, q에서 A에 의한 자기장의 세기보다 C에 의한 자기장의 세기가 더 세므로, q에서 A와 C에 의한 합성 자기장의 방향은  $+y$  방향이다. 따라서 p와 q에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 서로 반대 방향이다.

### 2 두 직선 도선에 의한 자기장

#### | 자료 분석 |

q에서 자기장의 방향이 아래쪽이면, B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.



p에서 자기장의 방향은 도선 A에 의한 자기장이 더 세므로 위쪽 방향이다.

r에서 자기장의 방향은 도선 B에 의한 자기장이 더 세므로 위쪽 방향이다.

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㉡ A와 B 사이에 자기장의 세기가 0인 지점이 있다. **없다.**
- ㉢ p와 r에서 자기장의 방향은 같다.

㉠. 전류의 세기가 같은 도선 A와 B의 중간 지점인 q에서 합성 자기장의 방향이 아래쪽이므로 도선 B에 의한 자기장의 방향도 q에서 아래쪽이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이 된다.

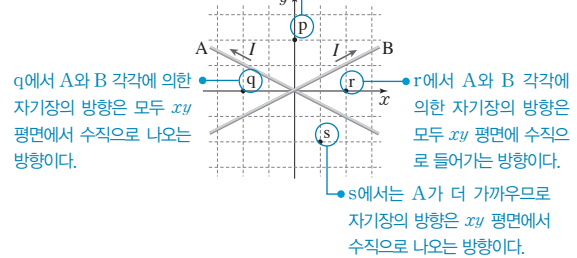
㉡. p는 도선 B보다 A에 더 가깝기 때문에 p에서 합성 자기장의 방향은 도선 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 되므로 위쪽이 된다. r는 도선 A보다 B에 더 가깝기 때문에 r에서 합성 자기장의 방향은 도선 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 되므로 위쪽이 된다. 따라서 p와 r에서 합성 자기장의 방향은 모두 위쪽으로 같다.

**바로알기** ㉢. A와 B 사이에는 A에 의한 자기장의 방향이 아래쪽으로 B에 의한 자기장의 방향과 항상 같으므로 합성 자기장의 세기가 0이 되는 지점이 없다.

### 3 교차하는 두 직선 도선에 의한 자기장

#### | 자료 분석 |

p에서 A와 B 각각에 의한 자기장의 방향은 반대이다.



q에서 A와 B 각각에 의한 자기장의 방향은 모두  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

r에서 A와 B 각각에 의한 자기장의 방향은 모두  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

s에서는 A가 더 가까우므로 자기장의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서 r에서보다 작다.
- ㉡ 전류에 의한 자기장의 방향은 q와 r에서 서로 반대이다.
- ㉢ s에서 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다. **나오는**

㉠. p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 반대 방향이고, r에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 같은 방향이다. 따라서 두 전류에 의한 합성 자기장의 세기는 p에서 r에서보다 작다.

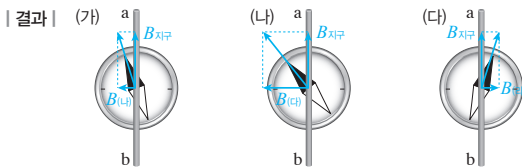
㉡. 두 전류에 의한 자기장의 방향은 q에서는  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이고, r에서는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)으로 서로 반대이다.

**바로알기** ㄷ. s에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 반대 방향이며 s는 B보다 A에서 더 가까우므로 s에서의 합성 자기장의 방향은 A에 의한 자기장의 방향과 같다. 따라서 s에서 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향( $\odot$ )이다.

#### 4 전류에 의한 자기장 실험

##### | 자료 분석 |

북쪽을 향하는 지구 자기장은 세기가 같지만 전류에 의한 자기장의 세기와 방향이 다음과 같으므로 나침반의 자침이 회전한 방향과 각도가 다른 것이다.



##### | 선택지 분석 |

- ✕ (나)에서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은  $a \rightarrow b$  방향이다.  $b \rightarrow a$  방향
- ㉠ 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다.
- ㉡ '전원 장치의 (+), (-) 단자에 연결된 집게를 서로 바꿔 연결한 후'는 ㉠으로 적절하다.

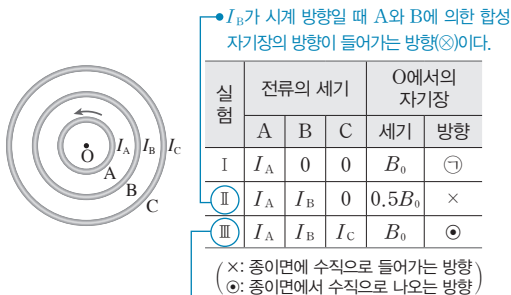
㉠. (나)에서 나침반의 자침이 돌아간 각도가 (다)에서 나침반의 자침이 돌아간 각도보다 작다는 것은 전류에 의한 자기장의 세기가 작기 때문이다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 세기가 작다는 것을 의미한다.

㉡. (라)에서 나침반의 자침이 회전한 방향이 (나)와 (다)의 경우와 반대 방향이라는 것은 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대인 것을 의미한다. 따라서 (라)는 전원 장치의 (+), (-) 단자에 연결된 집게를 서로 바꿔 연결하여 실험한 경우이다.

**바로알기** ㄱ. (나)에서 나침반의 자침이 서쪽으로 회전했으므로 북쪽을 향하는 지구 자기장과 서쪽을 향하는 전류에 의한 자기장이 합성되었다는 것을 의미한다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은  $b \rightarrow a$  방향이다.

#### 5 원형 전류에 의한 자기장

##### | 자료 분석 |



I과 III에서 합성 자기장이 같으므로,  $I_B$ 와  $I_C$ 에 의한 자기장의 세기는 같고 방향은 반대이다.  
→ 도선의 반지름은 C가 B보다 크므로  $I_B < I_C$ 이다.

##### | 선택지 분석 |

- ㉠ ㉠은 '㉡'이다.
- ㉡ 실험 II에서 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㉢  $I_B < I_C$ 이다.

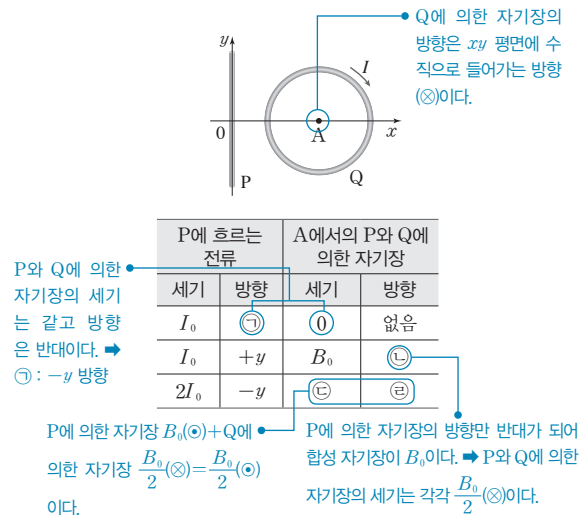
ㄱ. A에 시계 반대 방향으로 흐르는 전류에 의한 O에서의 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향( $\odot$ )이다.

ㄴ. II에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향(×)이므로 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

ㄷ. I과 III에서 합성 자기장이 같으므로 B에 흐르는 전류에 의한 O에서의 자기장의 세기와 C에 흐르는 전류에 의한 O에서의 자기장의 세기는  $1.5B_0$ 으로 같으나, 도선의 반지름은 C가 B보다 크므로  $I_B < I_C$ 이다.

#### 6 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㉠ ㉠은  $-y$ 이다.
- ✕ ㉠과 ㉢은 같다. 반대이다.
- ✕ ㉢은  $B_0$ 보다 크다. 작다.

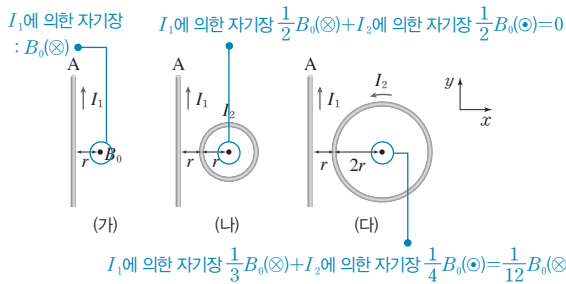
ㄱ. P에 흐르는 전류의 세기가  $I_0$ 일 때, A에서의 P와 Q에 의한 합성 자기장의 세기가 0이므로 P에 의한 자기장의 방향은 Q에 의한 자기장의 방향과 반대이고 세기는 같다. 따라서 P에 흐르는 전류의 방향 ㉠은  $-y$ 이다.

**바로알기** ㄴ, ㄷ. P에 전류  $I_0$ 이 +y 방향으로 흐를 때, A에서 P와 Q에 의한 합성 자기장의 방향 ㉡은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향(×)이며, 세기가  $B_0$ 이므로 P와 Q에 의한 자기장의 세기는 각각  $\frac{B_0}{2}$ (㉢)이다. P에 전류  $2I_0$ 이 -y 방향으로 흐를 때, A에서 P에 의한 자기장은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기는  $B_0$ (㉡)이며 Q에 의한 자기장은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로  $\frac{B_0}{2}$ (㉢)이므로, 합성 자기장의 세기 ㉣은  $B_0$ (㉡) +  $\frac{B_0}{2}$ (㉢) =  $\frac{B_0}{2}$ (㉡)이다. 따라서 방향 ㉣은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향( $\odot$ )이다.



## 7 전류에 의한 자기장

### | 자료 분석 |



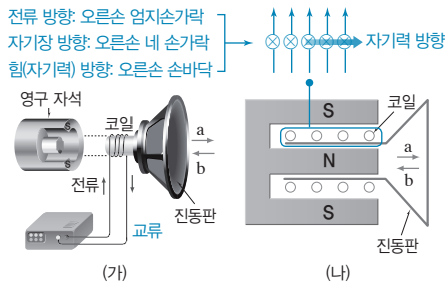
### | 선택지 분석 |

- ☒  $\frac{1}{24}B_0$    ☒  $\frac{1}{12}B_0$    ☒  $\frac{1}{8}B_0$    ☒  $\frac{4}{3}B_0$    ☒  $\frac{3}{2}B_0$

② (가)에서 거리  $r$ 인 지점에서  $I_1$ 에 의한 자기장의 세기는  $B_0(\otimes)$ 으로 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. (나)에서  $I_1$ 에 의한 자기장의 세기는  $\frac{1}{2}B_0(\otimes)$ 으로 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 이때 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기가 0이 되려면 원형 도선에 의한 자기장의 세기는  $\frac{1}{2}B_0(\odot)$ 으로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이어야 한다. (다)에서  $I_1$ 에 의한 자기장의 세기는  $\frac{1}{3}B_0(\otimes)$ 이며, 원형 도선에 의한 자기장의 세기는  $\frac{1}{4}B_0(\odot)$ 으로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서  $\frac{1}{3}B_0(\otimes) + \frac{1}{4}B_0(\odot) = \frac{1}{12}B_0(\otimes)$ 이다.

## 8 스피커의 구조

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 코일에 직류 전류가 흐를 때 진동판이 진동한다. 교류
- ☒ 코일에 흐르는 전류의 방향이 화살표 방향일 때 진동판에 작용하는 힘의 방향은 a이다.
- ☒ 코일에 흐르는 전류의 세기가 세면 진동판에 작용하는 힘은 커진다.

ㄴ. 코일에 흐르는 전류와 자석의 자기장의 방향으로부터 진동판에 작용하는 자기력의 방향은 a이다.

ㄷ. 코일에 흐르는 전류의 세기가 세면 코일과 자석 사이에 작용하는 자기력이 커진다.

**바로알기** ㄱ. 코일에 소리 정보에 의한 교류 전류가 흐르면 코일에 의한 자기장이 주기적으로 바뀌어 자석과 코일 사이에 작용하는 자기력의 방향과 세기가 바뀌게 되므로, 코일이 앞뒤로 움직이면서 진동하게 된다.

## 11 물질의 자성과 전자기유도

### 개념 확인 문제

본책 111쪽, 113쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○   2 ㄴ, ㄷ   3 (1) ㄷ, ㄹ, ㅁ (2) ㄴ, ○ (3) ㄱ, ㄴ, ㅅ   4 (가) 강자성체, (나) 강자성체, (다) 반자성체, (라) 강자성체   5 ㄱ, ㄴ, ㄷ   6 (1) × (2) ○ (3) ×   7 (1) (가) 시계 반대 방향, (나) 시계 방향 (2) (가) ↑, (나) ↑ (3) 자석의 역학적 에너지   8 ㄴ, ㄹ, ㅁ, ㅅ

- 1 (1) 전자의 궤도 운동이 서로 반대이거나 스핀이 서로 반대인 전자가 짝을 이루고 있는 원자의 경우에는 자기장이 상쇄된다.  
(2) 원자 내 전자의 운동에 의해 자기장이 형성되어 물질이 자성을 띤다.  
(3) 외부 자기장의 영향으로 원자 자석들이 자성을 띠는 현상을 자기화(자화)라고 한다.

- 2 ㄱ. 자기화된 강자성체는 외부 자기장을 제거하더라도 자기화된 상태가 오랫동안 유지된다.  
ㄴ. 상자성은 자석에 약하게 끌리는 성질이므로, 상자성체에 네오디뮴 자석을 가까이 가져가면 약하게 끌려온다.  
ㄷ. 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 약하게 자기화된다.

- 3 (1) 강자성체의 예로 철, 니켈, 코발트 등이 있다.  
(2) 상자성체의 예로 산소, 알루미늄, 종이, 마그네슘, 텅스텐, 아연 등이 있다.  
(3) 반자성체의 예로 물, 구리, 유리, 플라스틱, 금, 수소 등이 있다.

- 4 (가) 영구 자석은 강자성체가 자기화된 상태를 오래 유지하는 성질을 이용해 만든다.  
(나) 하드디스크는 강자성체가 자기화된 상태를 오래 유지하는 성질을 이용해 강자성체를 하드디스크의 표면에 입혀 정보를 기록하고 저장한다.  
(다) 초전도체는 임계 온도 이하에서 반자성을 띠므로 자석을 밀어내어 공중에 뜨는 마이스너 효과를 일으킨다.  
(라) 마그네틱 카드(자기 기록 카드)는 통장 뒷면이나 신용 카드에 주로 사용하는 장치로, 강자성체로 된 자기 테이프에 디지털 정보가 저장되어 있다.

- 5 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 코일 주위에서 자석을 움직일 때, 자석 주위에서 코일을 회전시킬 때, 코일 주위의 도선에 흐르는 전류의 세기가 변할 때 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 생기므로 유도 전류가 흐르는 전자기 유도 현상이 일어난다.

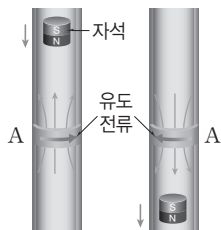
- 6 (1) 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향, 즉 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르므로, 코일의 위쪽에 N극의 자기장이 형성되는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 검류계에 흐르는 전류의 방향은 b → ㉠ → a이다.



(2) 자석을 빨리 움직이면 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율( $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ )이 커지므로, 유도 기전력이 커져서 유도 전류의 세기가 더 커진다.

(3) 코일의 감은 수를 증가시키면 유도 기전력이 커져서 유도 전류의 세기가 더 커진다.

**7** (1) 유도 전류는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르므로, (가)에서 A 부분의 위쪽에 N극의 자기장이 형성되는 방향으로, 즉 척력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 A 부분을 위에서 보았을 때 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. (나)에서는 A 부분의 아래쪽에 N극의 자기장이 형성되는 방향, 즉 인력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 A 부분을 위에서 보았을 때 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.



(2) (가)에서는 자석에 척력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석이 위쪽으로 힘을 받는다. (나)에서는 자석에 인력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석이 위쪽으로 힘을 받는다.

(3) 자석의 역학적 에너지의 일부가 전자기 유도 현상에 의해 전기 에너지로 전환된다.

**8** ㄱ, ㄴ, ㄷ. 스피커와 전동기는 자기력을 이용한 예이다.  
 ㄴ. 발전기: 자석 사이에 있는 코일을 회전시킬 때 코일을 통과하는 자기 선속에 변화가 생겨 코일에 유도 전류가 흐른다.  
 ㄷ. 교통 카드: 리더기에 흐르는 교류에 의해 방출하는 전자기파의 변하는 자기장에 의해 카드 내부의 코일에 유도 전류가 흘러 단말기와 통신이 이루어진다.  
 ㄹ. 하드디스크: 정보를 기록한 하드디스크 표면의 강자성 물질이 헤드 아래를 통과할 때, 헤드에 유도 전류가 흐른다.  
 ㅁ. 금속 탐지기: 코일에 교류가 흐를 때 발생하는 변하는 자기장에 의해 금속에 유도 전류가 흐르는 것을 감지한다.

## 수능 자료 마스터

본책 114쪽~115쪽

자료 A 1 ①

자료 B 2 ①

자료 C 3 ③

**1** ㄱ. 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아칠 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향이다. 따라서 상자성 막대의 오른쪽은 N극으로 자기화되고, 강자성 막대의 왼쪽은 S극으로 자기화되므로 두 막대 사이에는 인력이 작용한다.

**바로알기** ㄴ. 자기장의 방향은 N극에서 S극을 향하므로 a점에서 자기장의 방향은 오른쪽 방향이다.

ㄷ. 스위치 S를 열어 전류가 흐르지 않더라도 강자성 막대는 자기화된 상태를 유지하므로 두 막대 사이에는 인력이 작용한다.

**2** ㄱ. 자석이 p를 지날 때 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르므로, 유도 전류에 의한 자기장이 p쪽에 N극이 생기도록 유도 전류가 a → 저항 → b 방향으로 흐른다.

**바로알기** ㄴ. 자석이 p에서 q로 이동하는 동안 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환되므로, 자석의 속력은 p에서 q에서보다 크다.

ㄷ. 자석이 q를 지날 때, 솔레노이드에는 q쪽으로 N극이 되도록 유도 전류가 흐르므로, 솔레노이드 내부에서 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 p → q 방향이다.

**3** ㄱ. P가 운동할 때, P의 내부를 지나는 자기 선속의 변화가 없으므로 P에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. Q와 R가 같은 속력으로 운동할 때 Q의 내부를 지나는 자기장의 세기가 R의 내부를 지나는 자기장의 세기보다 작으므로, 단위 시간당 자기 선속의 변화는 Q에서 R에서보다 작다. 따라서 유도 전류의 세기는 Q에서 R에서보다 작다.

**바로알기** ㄴ. R가 운동할 때 R의 내부를 지나는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 감소하므로, 같은 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다.

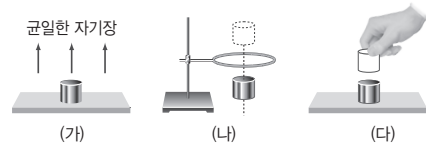
## 수능 2점 다지기

본책 116쪽~118쪽

1 ⑤    2 ①    3 ③    4 ②    5 ⑤    6 ⑤    7 ②    8 ④  
 9 ②    10 ④    11 ④

## 1 물질의 자성

### 자료 분석



상자성체 또는 반자성체로, 자기화 상태가 사라지므로 전류가 흐르지 않음

(나)의 결과

(다)의 결과

전류의 발생 유무		작용하는 자기력	
A	⊙ ×	A, B	⊙ 인력
B	⊙	B, C	척력
C	×	A, C	없음

자기화 상태가 오래 유지되는 강자성체

상자성체이므로 강자성체인 B와 인력이 작용

강자성체인 B와 척력이 작용하므로 C는 반자성체

### 선택지 분석

⊙ ⊙은 ×이다.

⊙ ⊙은 인력이다.

⊙ (가)에서 C는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

ㄱ. 유도 전류가 흐르는 B는 강자성체이다. A와 C는 각각 상자성체와 반자성체 중의 하나이므로 둘다 원형 도선에 유도 전류가 발생하지 않는다. 따라서 ㉠은 ×이다.

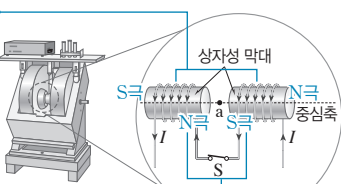
ㄴ. 강자성체인 B와 척력이 작용하는 C가 반자성체이므로, A는 상자성체이다. 상자성체인 A와 강자성체인 B를 가까이 하면, A는 B에 의한 자기장의 방향으로 자기화되어 A와 B 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 ㉡은 인력이다.

ㄷ. C는 반자성체이므로, (가)에서 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

## 2 자성체의 종류

### | 자료 분석 |

오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아 칠 때, 엄지손가락이 가리키는 오른쪽 방향이 자기장의 방향이다.



왼쪽 상자성 막대의 오른쪽 끝은 N극, 오른쪽 상자성 막대의 왼쪽 끝은 S극으로 자기화되므로 두 상자성 막대 사이에는 인력이 작용한다.

### | 선택지 분석 |

- ㉠ a점에서 자기장의 방향은 오른쪽 방향이다.
- × 두 상자성 막대 사이에 척력이 작용한다. 인력
- × 스위치 S를 열어도 a점에서 자기장 세기는 그대로 유지된다. 0이 된다.

ㄱ. 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아칠 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 코일 내부에서 자기장의 방향이므로, a점에서 자기장의 방향은 오른쪽이다.

바로알기 ㄴ. 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되므로 왼쪽 상자성 막대의 오른쪽 끝은 N극, 오른쪽 상자성 막대의 왼쪽 끝은 S극으로 자기화된다. 따라서 두 상자성 막대 사이에는 서로 끌어당기는 힘인 인력이 작용한다.

ㄷ. 상자성체는 외부 자기장이 제거되면 자기화된 상태가 곧바로 사라지므로, a점에서 자기장의 세기는 0이 된다.

## 3 자성체의 특성

### | 자료 분석 |



자석이 물체 B에 0.002 N의 인력을 작용

→ 물체 B는 상자성체  
→ 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로, 물체 B의 아래쪽이 S극으로 자기화

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 자석이 A에 작용하는 힘의 크기는 자석이 B에 작용하는 힘의 크기보다 작다.
- ㉡ A는 반자성 물체이다.
- × B는 자석에 가까운 아래면이 N극으로 자기화된다. S극

ㄱ. A와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는  $1.001 \text{ N} - 1.000 \text{ N} = 0.001 \text{ N}$ 이다. 또한 B와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는  $1.000 \text{ N} - 0.998 \text{ N} = 0.002 \text{ N}$ 이다. 따라서 A와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는 B와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기보다 작다.

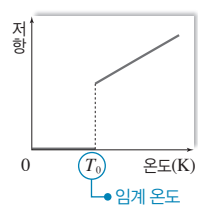
ㄴ. A에 의해 저울 측정값이 증가하는 것으로 보아 A와 자석 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하므로, A는 반자성 물체이다.

바로알기 ㄷ. B에 의해 저울 측정값이 감소하는 것으로 보아 B와 자석 사이에는 서로 끌어당기는 힘이 작용한다. 따라서 B는 상자성 물체로 자석의 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로, 자석에 가까운 아래면은 S극으로 자기화된다.

## 4 초전도체

### | 자료 분석 |

(가) 그림과 같이 A의 저항값은 온도가 낮아짐에 따라 감소하다가 온도  $T_0$ 에서 갑자기 0이 된다.



→ 임계 온도 이하의 온도  
(나) 온도  $T$ 인 A를 자석 위의 공중에 가만히 놓으면, A는 그대로 공중에 뜬 상태를 유지한다. 마이스너 효과

### | 선택지 분석 |

- ×  $T > T_0$ 이다.  $T < T_0$
- ㉠ (나)는 마이스너 효과에 의해 나타나는 현상이다.
- × (나)에서 A의 내부에는 외부 자기장과 같은 방향의 자기장이 형성된다. 반대

ㄴ. (나)와 같이 임계 온도보다 낮은 온도의 초전도체가 자석 위에 뜨는 현상을 마이스너 효과라고 한다.

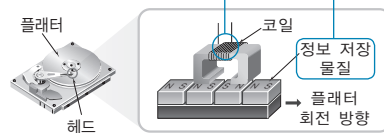
바로알기 ㄱ.  $T$ 에서 초전도체가 자석 위에 뜬 상태를 유지하므로  $T$ 는 초전도체의 임계 온도  $T_0$ 보다 낮다. 따라서  $T < T_0$ 이다.

ㄷ. (나)에서 마이스너 효과에 의한 현상을 보일 때 초전도체는 완전 반자성의 성질을 나타내므로, A의 내부에는 외부 자기장과 반대 방향의 자기장이 형성된다.

## 5 하드디스크의 구조

### | 자료 분석 |

코일의 전류 방향이 바뀌면 자기장의 방향이 바뀐다. → 정보 저장 물질의 자기화 방향이 바뀐다.



### | 선택지 분석 |

- × 하드디스크에 연결된 전원을 끄면 저장된 정보가 사라진다. 사라지지 않는다.
- ㉠ 헤드의 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸면 정보 저장 물질의 자기화 방향이 바뀐다.
- ㉡ 플래터의 정보 저장 물질은 강자성체이다.

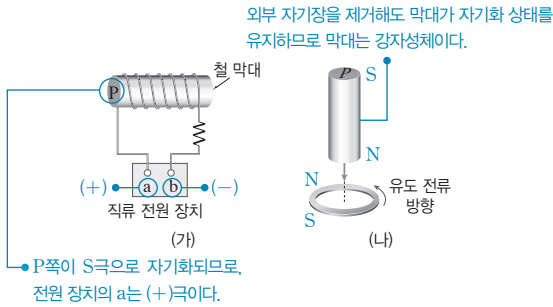
ㄴ. 헤드의 코일에 흐르는 전류의 방향에 따라 자기장의 방향이 바뀌므로 정보를 저장하는 물질의 자기화 방향도 바뀐다.

ㄷ. 플래터의 정보 저장 물질은 헤드의 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 자기화되고, 전류가 끊어져도 자기화된 상태를 유지하여 정보를 저장하므로 강자성체이다.

**바로알기** ㄱ. 플래터의 정보 저장 물질은 강자성체이므로 전원을 꺼도 자기화된 방향이 유지되기 때문에 정보가 사라지지 않는다.

## 6 자성체와 전자기 유도

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㄱ. 막대는 강자성체이다.
- ㄴ. (나)에서 막대의 P쪽이 S극이다.
- ㄷ. (가)에서 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

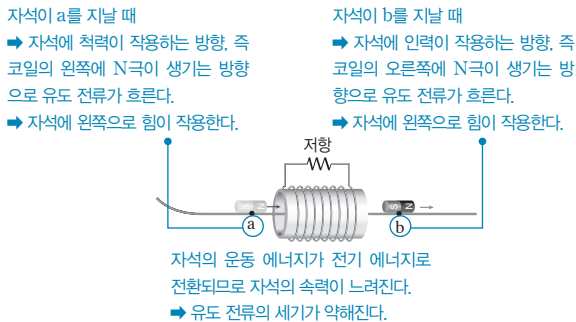
ㄱ. 막대가 (가)에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 자기화된 상태를 (나)에서 유지하여 원형 도선에 유도 전류가 흘렀으므로, 막대는 강자성체이다.

ㄴ. (나)에서 도선에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흘러 원형 도선의 위쪽은 N극, 아래쪽은 S극이 되므로 원형 도선으로 접근하고 있는 막대 쪽은 N극이다. 따라서 막대의 P쪽은 S극이다.

ㄷ. (가)에서 막대의 P쪽이 S극으로 자기화되기 위해서 솔레노이드에는 a → 저항 → b 방향으로 전류가 흘러야 하므로 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

## 7 코일과 전자기 유도

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ✗ 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때가 서로 같다. **반대이다.**
- ㄴ. 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 자석이 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 크다.
- ✗ 솔레노이드에 의해 자석이 받는 자기력의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때가 서로 **반대 방향이다.** 같다.

ㄴ. 솔레노이드를 통과하면서 자석의 운동 에너지는 전기 에너지로

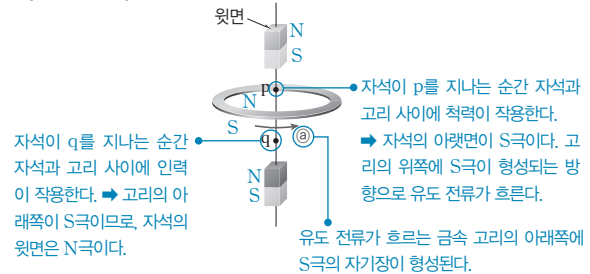
전환되므로 자석의 속력은 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 크다. 따라서 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 크므로, 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 자석이 a를 지날 때가 b를 지날 때보다 크다.

**바로알기** ㄱ. 솔레노이드에 흐르는 전류는 코일을 지나는 자기 선속의 변화를 방해하려는 방향으로 흐른다. 자석이 a를 지날 때 솔레노이드의 a쪽은 N극, b쪽은 S극이 되도록 유도 전류가 흐르고, 자석이 b를 지날 때 솔레노이드의 a쪽은 S극, b쪽은 N극이 되도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 반대이다.

ㄷ. 자석이 a에 있을 때에는 솔레노이드와 자석 사이에 척력이 작용하므로 자석이 솔레노이드로부터 받는 자기력의 방향은 왼쪽이고, 자석이 b에 있을 때에는 솔레노이드와 자석 사이에 인력이 작용하므로 자석이 솔레노이드로부터 받는 자기력의 방향은 왼쪽이다.

## 8 금속 고리를 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ✗ 막대자석의 윗면은 S극이다. **N극**
- ㄴ. 막대자석이 p를 지나는 순간, 고리에 유도되는 전류의 방향은 ㉠과 반대이다.
- ㄷ. 막대자석이 q를 지나는 순간, 막대자석과 고리 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.

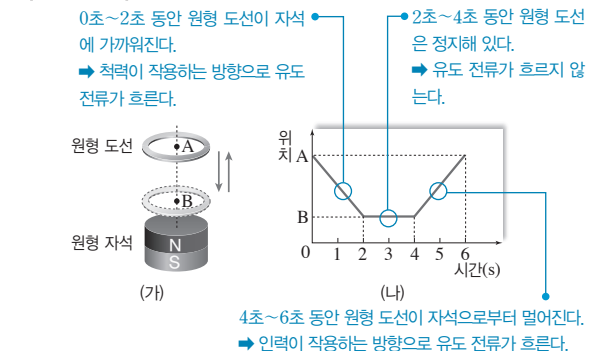
ㄴ. 막대자석의 아랫면이 S극이므로 p를 지나는 순간 고리의 위쪽이 S극이 되며, 이때 유도되는 전류의 방향은 ㉠과 반대이다.

ㄷ. 막대자석이 q를 지날 때 고리로부터 멀어지므로 렌츠 법칙에 의해 고리와 자석 사이에 인력이 작용한다.

**바로알기** ㄱ. 막대자석이 q를 지나는 순간 고리에 유도되는 전류의 방향이 ㉠라고 하면 고리의 아래쪽이 S극이다. 따라서 고리로부터 멀어져가는 막대자석의 윗면은 N극이다.

## 9 전자기 유도

### 자료 분석



### | 선택지 분석 |

- ☒ 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 1초일 때와 5초일 때가 서로 같다. **반대이다.**
- ☒ 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 3초일 때가 5초일 때보다 크다. **3초 3초**
- ☒ 5초일 때 원형 도선과 자석 사이에 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다.

ㄷ. 5초일 때 원형 도선이 자석으로부터 멀어지므로 렌츠 법칙에 의해 원형 도선이 멀어지는 것을 방해하려는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 이때 도선과 자석 사이에 서로 당기는 방향으로 자기력이 작용한다.

**바로알기** ㄱ. 1초일 때에는 원형 도선이 자석에 가까워지고 5초일 때에는 원형 도선이 자석으로부터 멀어지므로, 유도 전류의 방향은 1초일 때와 5초일 때가 서로 반대 방향이다.

ㄴ. 3초일 때에는 원형 도선이 B의 위치에 정지해 있으므로 원형 도선 내부를 지나는 자기 선속의 변화량은 0이어서 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 5초일 때가 3초일 때보다 크다.

## 10 발전기의 원리

### | 자료 분석 |



자석이 빨리 회전할수록 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율이 커진다.  
→ 유도 전류가 더 많이 흐른다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ 전조등에 흐르는 전류의 방향은 일정하다. **계속 변한다.**
- ☒ 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환된다.
- ☒ 자전거의 바퀴가 빠르게 회전할수록 전조등은 더 밝아진다.

ㄴ. 자전거 소형 발전기에서 바퀴의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

ㄷ. 자전거의 바퀴가 빠르게 회전할수록 유도 전류의 세기는 커지므로 전조등은 더 밝아진다.

**바로알기** ㄱ. 영구 자석이 회전할 때 코일에 흐르는 유도 전류는 방향이 계속 바뀌는 교류이므로, 전조등에 흐르는 전류의 방향은 일정하지 않고 계속 변한다.

## 11 휴대 전화의 충전 원리

### | 자료 분석 |

- 무선 충전기에서 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장이 발생하면, ㉠ 휴대 전화 내부 코일에 유도 전류가 흘러 휴대 전화가 충전된다. → **전자기 유도 현상에 의한 유도 기전력이 발생한다.**

- 그림과 같이 어느 순간 무선 충전기에서 발생한 자기장이 윗방향이고 자기 선속이 증가하고 있으면, 휴대 전화 내부 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 (가)이다. → **증가를 방해하는 방향으로, 즉 a 방향으로 유도 전류가 흐른다.**



### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠에는 유도 기전력이 발생한다.
- ☒ (가)는 b 방향이다. **a 방향**
- ☒ 휴대 전화 무선 충전은 전자기 유도 현상을 이용한다.

ㄱ, ㄷ. 무선 충전기에서 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장이 발생하면 휴대 전화 내부 코일(㉠)의 내부를 지나는 자기 선속이 변하면서 전자기 유도에 의해 코일에 유도 기전력이 발생하고, 유도 전류가 흐르면서 휴대 전화가 충전된다.

**바로알기** ㄴ. 휴대 전화 내부 코일의 내부를 지나는 자기 선속이 윗방향으로 증가하면, 자기 선속이 증가하는 것을 방해하는 방향인 a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

## 수능 3점 공부

본책 119쪽~121쪽

- |     |      |      |      |     |     |     |     |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 ③ | 2 ①  | 3 ①  | 4 ③  | 5 ⑤ | 6 ④ | 7 ② | 8 ④ |
| 9 ② | 10 ① | 11 ② | 12 ⑤ |     |     |     |     |

## 1 초전도체

### | 선택지 분석 |

- ☒ 초전도체 위에 자석이 뜨는 현상은 마이스너 효과와 관련이 있다.
- ☒ 상자성을 나타낸다. **반자성**
- ☒ 전기 저항은 0이다.

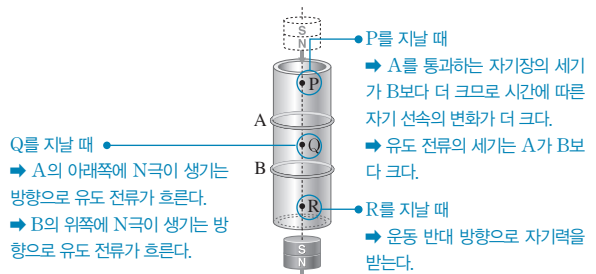
ㄱ. 초전도체는 임계 온도 이하에서 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화되어 자석과 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 초전도체 위에 자석이 뜨는 현상이 나타나는데, 이를 마이스너 효과라고 한다.

ㄷ. 임계 온도 이하에서 초전도체의 전기 저항은 0이다.

**바로알기** ㄴ. 초전도체는 임계 온도 이하에서 반자성을 나타낸다.

## 2 원형 도선이 고정된 관을 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 자석의 중심이 P를 지나는 순간, 유도 전류의 세기는 A가 B보다 작다. **크다.**
- ☒ 자석의 중심이 Q를 지나는 순간, 유도 전류의 방향은 A와 B가 반대이다.
- ☒ 자석의 중심이 R를 지나는 순간, 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 크다. **작다.**

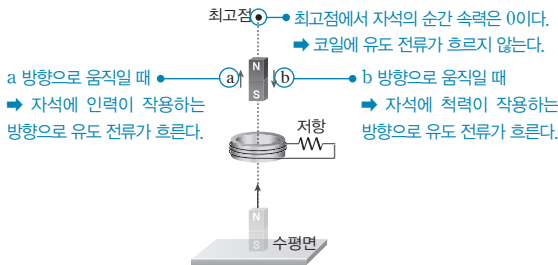


ㄴ. 자석이 Q를 지나는 순간 A의 아래쪽에 N극이 생기는 방향으로 유도 전류가 흐르므로, 위에서 보았을 때 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 한편 B의 위쪽에는 N극이 생기는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 위에서 보았을 때 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**바로알기** ㄱ. 자석이 P를 지나는 순간 자석에 더 가까이 있는 A를 통과하는 자기장의 세기가 B보다 더 크므로 시간에 따른 자기선속의 변화가 더 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 A가 B보다 크다.  
 ㄷ. 자석이 R를 지나는 순간 A와 B에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 되므로, 자석은 운동 방향과 반대 방향으로 자기력을 받게 된다. 따라서 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 작다.

### 3 원형 코일을 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 코일이 자석에 작용하는 자기력의 방향은 a와 b가 서로 반대이다.
- ✕ 저항에 흐르는 전류의 방향은 a와 b가 서로 같다. **반대이다.**
- ✕ 저항에 흐르는 전류의 세기는 자석이 최고점에 있을 때 **최대**이다. **0이다.**

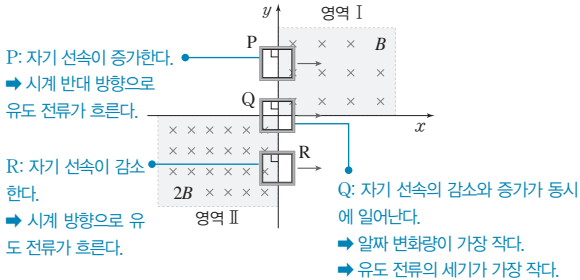
ㄱ. a일 때 자석이 코일로부터 멀어지므로 자석과 코일 사이에는 인력이 작용하고, b일 때 자석이 코일에 가까워지므로 자석과 코일 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 자기력의 방향은 a와 b가 서로 반대이다.

**바로알기** ㄴ. a일 때에는 코일의 위쪽이 N극, b일 때에는 코일의 위쪽이 S극이 되도록 코일에 유도 전류가 흐르므로 저항에 흐르는 전류의 방향은 a와 b가 서로 반대이다.

ㄷ. 자석이 최고점에 있을 때에는 순간 정지하므로, 코일을 지나는 자기 선속의 변화량이 0이 되어 저항에 흐르는 전류의 세기는 0이 된다.

### 4 자기장 영역에서의 전자기 유도

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ P와 R에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.
- ✕ Q에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. **시계 방향**
- ㉡ 유도 전류의 세기가 가장 작은 것은 Q이다.

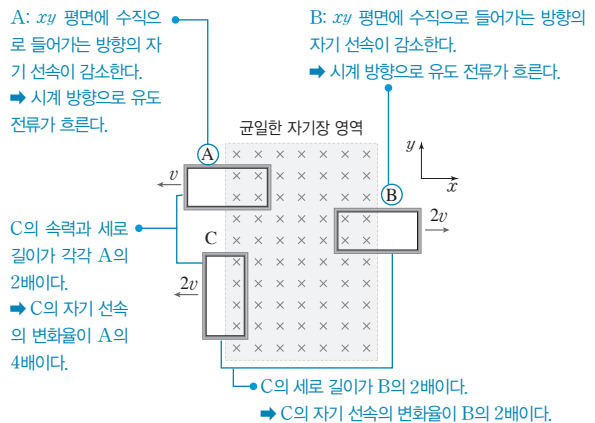
ㄱ. P는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 이를 방해하기 위해  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. R는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하므로 이를 방해하기 위해  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 P와 R에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.

ㄷ. Q는 시간에 따른 자기 선속의 증가량과 감소량이 동시에 존재하여 자기 선속의 변화가 가장 작으므로 유도 전류의 세기가 가장 작다.

**바로알기** ㄴ. Q에는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속의 증가량보다 감소량이 더 많으므로, 이를 방해하기 위해  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

### 5 운동하는 금속 고리에 흐르는 유도 전류

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ A와 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ✕ B와 C에 흐르는 전류의 세기는 서로 같다. **C가 B의 2배이다.**
- ㉡ C에 흐르는 전류의 세기는 A에 흐르는 전류의 세기의 4배이다.

ㄱ. A, B, C가 운동할 때, 모두  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하므로 A, B, C에는 모두 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

ㄷ. 금속 고리가 움직이는 속도가 C가 A의 2배이고 고리의 세로 길이도 C가 A의 2배이므로, 자기 선속의 시간에 따른 변화율은 C가 A의 4배이다. 따라서 C에 흐르는 전류의 세기는 A에 흐르는 전류의 세기의 4배이다.

**바로알기** ㄴ. 속력은 같으나 고리의 세로 길이는 C가 B의 2배이므로, 금속 고리가 운동할 때 시간에 따라 자기장이 지나는 면적이 변하는 정도는 C가 B의 2배이다. 따라서 자기 선속의 시간에 따른

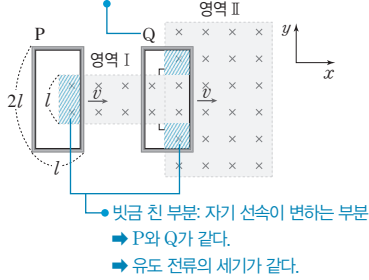


변화율은 C가 B의 2배이므로 C에 흐르는 전류의 세기는 B에 흐르는 전류의 세기의 2배이다.

## 6 균일한 자기장 영역에서의 전자기 유도

### 자료 분석

- Q: 자기 선속이 증가한다.  
 → 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.  
 → 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.  
 → 자기력이 도선의 움직임을 방해하는 방향, 즉  $-x$  방향으로 작용한다.



### 선택지 분석

- ㉠ Q에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.  
 ㉡ 유도 전류의 세기는 P와 Q가 같다.  
 ㉢ Q에 작용하는 자기력의 합력은 0이다.  
 →  $-x$  방향이다.

㉠. Q에는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 이를 방해하기 위해  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 Q에는 시계 반대 방향의 유도 전류가 흐른다.

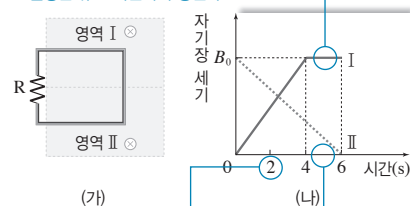
㉡. 유도 전류의 세기는 도선을 지나는 자기 선속의 시간적 변화율에 비례한다. P와 Q를 지나는 자기 선속의 시간적 변화율이 같기 때문에 유도 전류의 세기도 같다.

㉢. Q에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐를 때, 위쪽 변에는  $-y$  방향으로 자기력이 작용하고 아래쪽 변에는  $+y$  방향으로 자기력이 작용하므로 상쇄된다. 또 오른쪽 변에는  $-x$  방향으로 자기력이 작용하고 왼쪽 변에는  $+x$  방향으로 자기력이 작용하는데, 자기장 속에 놓인 길이가 오른쪽 변이 더 길기 때문에 자기력이 오른쪽 변에 더 크게 작용한다. 따라서 Q에 작용하는 자기력의 합력은  $-x$  방향이다. 유도 전류가 흐르는 도선에 작용하는 자기력의 방향은 도선이 움직이는 방향과 항상 반대이다.

## 7 세기가 변하는 자기장 영역에서의 전자기 유도

### 자료 분석

- 자기장의 변화율이 일정할 때, 자기 선속의 시간적 변화율이 일정하다.  
 → 일정한 유도 기전력이 생긴다.



- 2초일 때: 영역 I에서 자기장의 증가율 > 영역 II에서 자기장의 감소율  
 → 전체적으로 자기 선속이 증가한다.  
 → 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.  
 5초일 때: 영역 II에서만 자기장이 감소한다.  
 → 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.  
 → 자기장의 감소율이 2초일 때의 증가율보다 크다.

### 선택지 분석

- ㉠ R에 흐르는 전류의 방향은 2초일 때와 5초일 때가 같다.  
 → 반대이다.  
 ㉡ R에 흐르는 전류의 세기는 2초일 때가 5초일 때보다 작다.  
 ㉢ 4초부터 6초까지 R의 양단에 걸리는 전압은 감소한다.  
 → 일정하다.

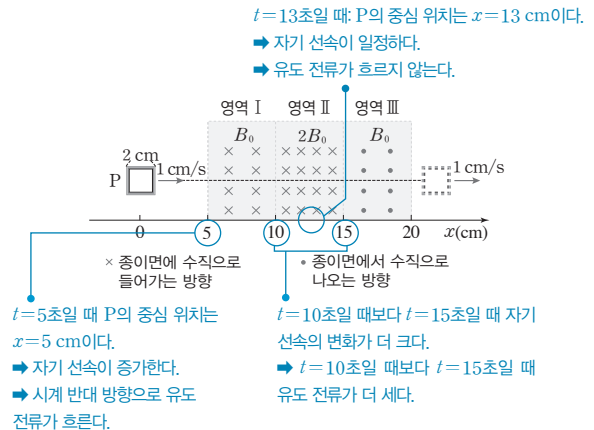
㉠. 영역 II에서 자기장의 감소율은 2초일 때나 5초일 때 같지만 2초일 때에는 증가하는 자기장이 있으므로 알짜 자기 선속의 변화는 2초일 때가 5초일 때보다 작다. 따라서 R에 흐르는 전류의 세기는 2초일 때가 5초일 때보다 작다.

㉡. 2초일 때에는 영역 I에서 자기장의 증가율이 영역 II에서 자기장의 감소율보다 크므로 회로 전체로 보아 자기 선속이 증가한다. 5초일 때에는 영역 II에서의 자기장만 감소하므로 회로 전체로 보아 자기 선속이 감소한다. 따라서 R에 흐르는 유도 전류의 방향은 2초일 때와 5초일 때 서로 반대이다.

㉢. 4초~6초 사이에 영역 II에서 자기장의 감소에 의한 유도 기전력이 발생하는데, 이때 감소율이 일정하므로 일정한 유도 기전력이 발생하여 R의 양단에 걸리는 전압이 일정하게 된다.

## 8 자기장 영역에서 운동하는 금속 고리

### 자료 분석



### 선택지 분석

- ㉠  $t=5$ 초일 때, P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.  
 → 시계 반대 방향  
 ㉡  $t=13$ 초일 때, P에 흐르는 유도 전류는 0이다.  
 ㉢ P에 흐르는 유도 전류의 세기는  $t=10$ 초일 때가  $t=15$ 초일 때보다 작다.

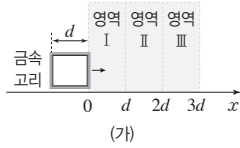
㉠.  $t=13$ 초일 때, P의 중심은 영역 II의  $x=13$  cm인 위치에 있으므로 P를 지나는 자기 선속의 변화가 없어 P에 흐르는 유도 전류는 0이다.

㉢.  $t=10$ 초일 때 자기 선속의 시간에 따른 변화율은  $\Delta B_0$ 에 비례하고  $t=15$ 초일 때에는  $3\Delta B_0$ 에 비례하므로, P에 흐르는 유도 전류의 세기는  $t=10$ 초일 때가  $t=15$ 초일 때보다 작다.

㉠.  $t=5$ 초일 때, P를 지나는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 이를 방해하기 위해 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 P에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

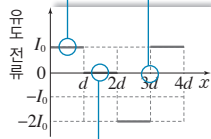
## 9 자기장 영역을 통과하는 금속 고리의 운동

### | 자료 분석 |



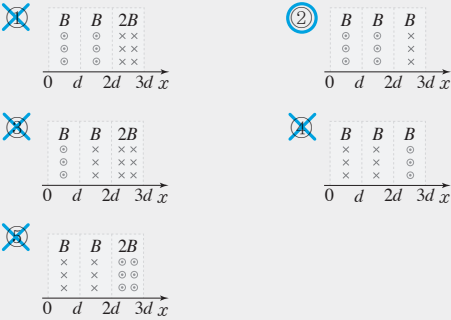
영역 I 을 통과할 때 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.  
 → 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향인  $B(\odot)$ 이다.

영역 III 을 빠져나올 때 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.  
 → 영역 III 의 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향인  $B(\otimes)$ 이다.



영역 II 를 통과할 때 유도 전류가 0이다.  
 → 영역 II 의 자기장은 영역 I 의 자기장과 같은  $B(\odot)$ 이다.

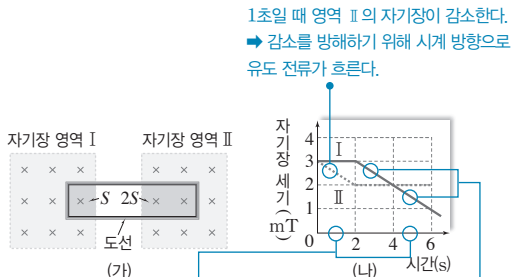
### | 선택지 분석 |



② 금속 고리가 영역 I 로 들어가는 동안 고리에 시계 방향의 유도 전류가 흐르므로 영역 I 에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향인  $B(\odot)$ 이다. 고리가 영역 I 에서 II 로 이동하는 동안 유도 전류가 흐르지 않으므로 영역 II 의 자기장의 방향과 세기는 영역 I 과 같은  $B(\odot)$ 이다. 고리가 영역 II 에서 III 으로 이동하는 동안 고리에 시계 반대 방향의 유도 전류가 2배의 세기로 흐르므로, 영역 III 의 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향인  $B(\otimes)$ 이다.

## 10 도선에 흐르는 유도 전류

### | 자료 분석 |



1초일 때와 5초일 때 자기장의 변화율은 같지만, 면적은 1초일 때 영역 II 에서 더 크다. → 유도 전류는 1초일 때가 더 크다.

3초일 때와 5초일 때 영역 I 의 자기장이 감소한다. → 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 1초일 때 전류는 시계 방향으로 흐른다.
- ㄴ. 전류의 방향은 3초일 때와 5초일 때가 서로 반대이다. 같다.
- ㄷ. 전류의 세기는 1초일 때가 5초일 때보다 작다. 크다.

ㄱ. 0초부터 2초까지 영역 II 에서의 자기장의 세기만 감소하므로, 1초일 때 유도 전류는 시계 방향으로 흐른다.

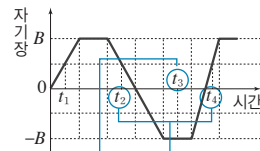
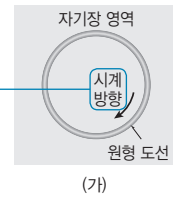
ㄴ. 2초 이후부터 영역 I 에서의 자기장의 세기만 일정하게 감소하므로, 전류의 방향은 3초일 때와 5초일 때가 같다.

ㄷ. 자기장의 세기의 변화율이 1초일 때 영역 II 에서와 5초일 때 영역 I 에서가 같지만 자기장이 지나는 면적은 영역 II 에서가 I 에서의 2배이다. 따라서 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 1초일 때가 5초일 때보다 크므로, 유도 전류의 세기도 1초일 때가 5초일 때보다 크다.

## 11 전자기 유도

### | 자료 분석 |

$t_1$ 일 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향이 시계 방향  
 → 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향  
 → 그래프에서 (+)방향



$t_3$ 일 때 자기장이  $B < 0$   
 → 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향

자기장의 변화량/시간에 따른 변화율:  $t_2 < t_4$   
 → 유도 전류의 세기:  $t_2 < t_4$

### | 선택지 분석 |

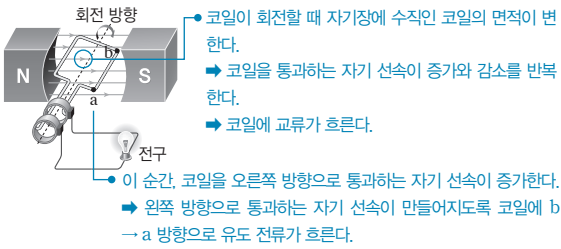
- ㄱ.  $t_2$ 일 때, 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. 시계 반대 방향
- ㄴ.  $t_3$ 일 때, 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 종이면에 수직으로 들어가는 방향
- ㄷ. 유도 전류의 세기는  $t_2$ 일 때가  $t_4$ 일 때보다 작다.

ㄷ. 그래프의 기울기는 자기장의 변화량을 뜻하는데, 기울기가  $t_4$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다. 따라서 유도 전류의 세기는  $t_2$ 일 때가  $t_4$ 일 때보다 작다.

ㄴ.  $t_3$ 일 때, 자기장이  $-B$ 이므로 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

## 12 발전기의 원리

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

✕ 코일이 회전할 때 코일에 직류가 흐른다.  
교류

㉠ 코일이 회전할 때 코일을 통과하는 자기 선속이 변한다.

㉡ 그림과 같은 순간에 코일에 b → a 방향으로 전류가 흐른다.

㉢. 코일이 회전할 때 자기장에 수직인 코일의 면적이 변하면서 자기 선속이 변한다.

㉣. 코일을 오른쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가하고 있으므로, 왼쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 만들어지도록 코일에 b → a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**바로알기** ㉢. 코일이 회전할 때 코일을 통과하는 자기 선속이 증가와 감소를 반복하여 유도 전류의 방향이 계속 바뀌므로 코일에 교류가 흐른다.

## III 파동과 정보 통신

## 12 파동의 진행과 굴절

### 개념 확인 문제

본책 125쪽, 127쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ×    2 3 m/s    3 (1) ㉠ A, ㉡ B (2) C (3) E  
4 680 Hz    5 (1) > (2) > (3) > (4) < (5) =    6 신기루  
7 (1) × (2) ○    8  $\sqrt{2}\lambda$

1 (2) 파동이 퍼져 나갈 때 실제로 이동하는 것은 에너지이다. 매질은 제자리에서 진동할 뿐이다.

(3) 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 수직인 파동은 횡파이고, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 나란한 파동은 종파이다.

2 A에서 B까지는 4파장에 해당하므로 주기는 1초이고, 파장은 3 m이다. 따라서 파동의 속력은  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{3\text{m}}{1\text{s}} = 3\text{ m/s}$ 이다.

3 A는 마루, B는 골, C는 진폭, D는 파장, E는 주기이다.

(1) 파동의 진동 중심에서 가장 먼 곳은 마루와 골이다. 마루는 가장 높은 곳, 골은 가장 낮은 곳이다.

(2) 매질의 진동 중심에서 마루 또는 골까지의 거리를 진폭이라고 한다.

(3) 주기는 파동이 한 번 진동하는 데 걸린 시간이다.

4 파동의 속력은  $v = f\lambda$ 에서  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0.5} = 680(\text{Hz})$ 이다.

5 (1), (2) 입사각이 굴절각보다 크므로 빛의 속력과 파장은 공기에서가 물에서보다 크다.

(3) 법선과 이루는 각은 각각 입사각과 굴절각에 해당하므로 공기에서가 물에서보다 크다.

(4) 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크므로 굴절률은 물에서가 공기에서보다 크다.

(5) 진동수는 파원에 의해 결정되므로 매질이 변하더라도 진동수는 일정하다.

6 지표면이 뜨거워지면 상대적으로 위쪽 공기보다 지표 근처의 공기 밀도가 작아져 파동의 속력이 커진다. 따라서 빛이 꺾여 진행하기 때문에 물체가 다른 곳에 있는 것처럼 보인다.

7 (1) 단색광의 진동수는 매질 1에서와 매질 2에서가 같다.

(2) 입사각 < 굴절각이므로 단색광의 속력은 매질 2에서가 매질 1에서보다 빠르다.

8 입사각과 굴절각이 각각  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ 일 때, 매질 2에서의 파장을  $\lambda_2$ 라고 하면  $\frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\lambda}{\lambda_2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 에서  $\lambda_2 = \sqrt{2}\lambda$ 이다.

## 수능 자료 마스터

본책 128쪽 ~ 129쪽

자료 A 1 ④

자료 B 2 ③

자료 C 3 ③

1 ㄱ. (나)에서 0초 이후 위치 P의 변위가 (+)이다. (가)에서 제시한 파형을 오른쪽으로 약간 이동시키면 P의 변위는 (+)가 되므로 파동의 진행 방향은  $+x$  방향임을 알 수 있다.

ㄷ. (가)에서 파장은 4 m이고, (나)에서 주기는 4초이므로 파동의 진행 속력은  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{4} = 1(\text{m/s})$ 이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 주기는 4초이므로 진동수는  $\frac{1}{4}$  Hz이다.

2 ㄱ. A의 파장은 반사파의 파장과 같으므로  $\lambda_1$ 이다.

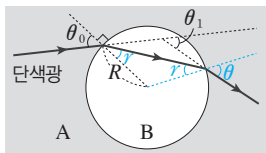
ㄴ. I에 대한 II의 굴절률은 I에서의 속력을 II에서의 속력으로 나눈 값이므로  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 과 같다.

바로알기 ㄷ. 진동수는 파원에 의해 결정되므로 B와 C의 진동수는 서로 같다.

3 ㄱ. 단색광이 A에서 B로 진행할 때 입사각 > 굴절각이므로 속력은 A에서가 B에서보다 크다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 작다.

ㄴ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르므로 단색광의 파장은 A에서가 B에서보다 크다.

바로알기 ㄷ. 그림과 같이 단색광이 A에서 B로 진행할 때 입사각  $\theta_0$ 이 감소하면 굴절각( $r$ )도 감소하게 되고, 단색광이 B에서 A로 진행할 때의 입사각( $r$ )이 감소하므로 B에서 A로 나올 때의 굴절각( $\theta$ )도 감소한다. 따라서 단색광의 진행 경로는 직선에 가까워지므로  $\theta_1$ 은 감소한다.



## 수능 2점 다지기

본책 130쪽 ~ 131쪽

1 ②

2 ④

3 ⑤

4 ⑤

5 ④

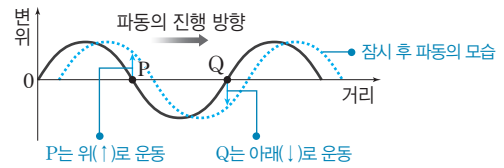
6 ⑤

7 ③

8 ②

## 1 파동의 진행

### | 자료 분석 |



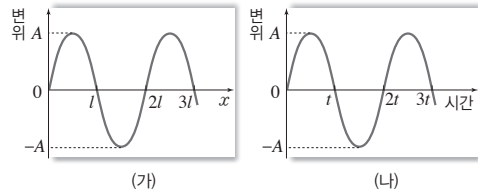
### | 선택지 분석 |

P점	Q점	P점	Q점
<input checked="" type="checkbox"/> ↑	<input checked="" type="checkbox"/> ↑	<input checked="" type="checkbox"/> ↑	<input checked="" type="checkbox"/> ↓
<input checked="" type="checkbox"/> ↓	<input checked="" type="checkbox"/> ↓	<input checked="" type="checkbox"/> ↓	<input checked="" type="checkbox"/> ↓
<input checked="" type="checkbox"/> ←	<input checked="" type="checkbox"/> ←	<input checked="" type="checkbox"/> →	<input checked="" type="checkbox"/> →

② 제시한 파형을 파동의 진행 방향으로 오른쪽으로 약간 이동시키면 P점은 위(↑)쪽으로, Q점은 아래(↓)쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다.

## 2 파동의 진행

### | 자료 분석 |



• (가)에서 알 수 있는 것: 진폭은 A, 파장은  $2l$ 이다.

• (나)에서 알 수 있는 것: 진폭은 A, 주기는  $2t$ , 진동수는  $\frac{1}{2t}$ 이다.

➔ (가), (나)에서는 모두 파동의 진폭을 알 수 있다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ 진폭은  $2A$ 이다. A
- ☒ 파장은  $2l$ 이다.
- ☒ 진행 속력은  $\frac{l}{t}$ 이다.

ㄴ. 파장은 마루에서 다음 마루 또는 골에서 다음 골까지의 거리이므로 (가)에서 파장은  $2l$ 이다.

ㄷ. 주기는 (나)에서  $2t$ 이므로 파동의 속력은  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2l}{2t} = \frac{l}{t}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 파동의 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 진폭은 A이다.

## 3 횡파의 성질

### | 선택지 분석 |

- ☒ 용수철의 각 부분은 제자리에서 진동만 한다.
- ☒ 파동의 진행 방향은 매질의 진동 방향과 수직을 이룬다.
- ☒ 이와 같은 파동의 예로는 지진파의 S파가 있다.

ㄱ. 파동은 매질이 이동하는 것이 아니라, 매질의 진동 상태가 이동하는 것이다. 매질은 제자리에서 진동만 한다.

ㄴ. 주어진 파동은 횡파로, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 수직이다.

ㄷ. 지진파의 S파는 횡파이다.

#### 4 파동의 변위-위치 그래프

##### | 선택지 분석 |

- ☒ 진동수 A와 B가 같다.
- ☐ 파장
- ☐ 파동의 속력

ㄴ. 마루에서 다음 마루 또는 골에서 다음 골까지의 거리가 파장이다. 파장은 A가 2칸, B는 4칸이므로 B가 A의 2배이다.

ㄷ. 파동의 속력은  $v=f\lambda$ 이다. 진동수  $f$ 가 같고, 파장  $\lambda$ 가 B가 A의 2배이므로 파동의 속력은 B가 A의 2배이다.

**바로알기** ㄱ. 진동수는 주기의 역수이다. 두 파동의 주기가 같으므로 진동수도 같다.

#### 5 파동의 굴절

##### | 선택지 분석 |

- ☐ 물의 깊이는 I에서가 II에서보다 깊다.
- ☒ 진동수는 I에서가 II에서보다 크다. 같다.
- ☐ I에 대한 II의 굴절률은  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 이다.

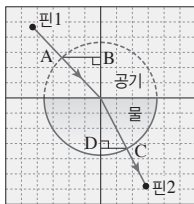
ㄱ. 파동의 진동수는 일정하므로 파동의 속력은 파장에 비례한다. 파장은  $\lambda_1 > \lambda_2$ 이므로 속력은 파장이 긴 I에서가 II에서보다 크다. 따라서 물의 깊이는 I에서가 II에서보다 깊다.

ㄷ. I에 대한 II의 굴절률은 I에서의 속력을 II에서의 속력으로 나눈 값이므로 파장의 비로 구할 수 있다. 따라서  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 진동수는 파원에 의해 결정된다. 매질이 달라져도 진동수는 변하지 않으므로 I에서와 II에서 같다.

#### 6 굴절 실험

##### | 자료 분석 |



$$\frac{\sin \text{입사각}}{\sin \text{굴절각}} = \frac{\frac{AB}{r}}{\frac{CD}{r}} = \frac{AB}{CD} = \frac{n_{\text{물}}}{n_{\text{공기}}} \quad (n_{\text{공기}} = 1)$$

##### | 선택지 분석 |

- ☐ 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크다.
- ☐ 공기에 대한 물의 굴절률은  $\frac{AB}{CD}$ 이다.
- ☒ 반원통을 사용한 까닭은 점 C에서 빛이 물에서 공기로 나올 때 빛의 진행 방향이 꺾이는 것을 막기 위해서이다.

ㄱ.  $\overline{AB}$ 의 길이가  $\overline{CD}$ 의 길이보다 길므로 입사각 > 굴절각이다. 따라서 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크다.

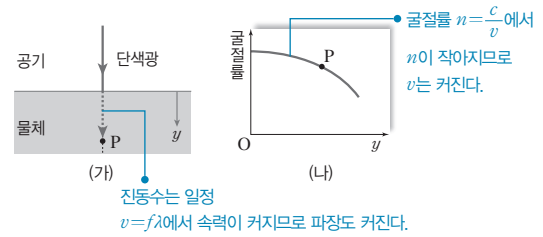
ㄴ. 반원통의 반지름을  $r$ 라고 하면

$$\frac{\sin \text{입사각}}{\sin \text{굴절각}} = \frac{\frac{AB}{r}}{\frac{CD}{r}} = \frac{AB}{CD} = \frac{n_{\text{물}}}{n_{\text{공기}}} \text{이므로 } n_{\text{물}} = \frac{AB}{CD} \text{이다.}$$

ㄷ. 반원통을 사용하면 빛이 물에서 공기로 나올 때 반원통의 접선 방향에 수직으로 진행하므로 빛의 진행 방향이 꺾이지 않는다.

#### 7 굴절을

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ☐ 진동수는 일정하다.
- ☐ 속력은 점점 증가한다.
- ☒ 파장은 점점 감소한다. 증가한다.

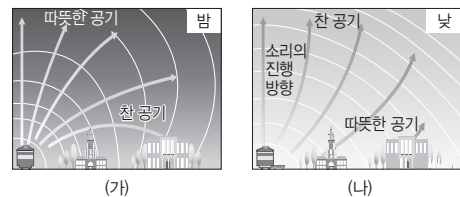
ㄱ. 진동수는 파원에 의해 결정된다. 매질의 굴절률이 달라져도 진동수는 변하지 않는다.

ㄴ. 굴절률은  $n = \frac{c}{v}$ 에서 점 P까지 진행하는 동안 굴절률( $n$ )이 점점 작아지므로 파동의 속력( $v$ )은 빨라진다.

**바로알기** ㄷ. 진동수는 일정하고, 속력이 빨라지므로  $v = f\lambda$ 에서 파장은 점점 증가한다.

#### 8 소리의 굴절

##### | 자료 분석 |



- 밤: 지면의 온도가 상층의 기온보다 빨리 내려간다. → 소리는 아래쪽으로 굴절
- 낮: 지면의 온도가 상층의 기온보다 빨리 올라간다. → 소리는 위쪽으로 굴절

##### | 선택지 분석 |

- ☒ (가)는 낮에. (나)는 밤에 소리가 굴절하는 모습이다.
- ☒ (가)에서 소리의 속력은 지면에 가까울수록 빠르다. 느리다.
- ☐ 같은 매질에서도 매질의 특성이 달라져서 생기는 현상이다.

ㄷ. 지면과 상층의 공기의 온도가 달라 소리의 진행 속력에 차이가 생긴다. 즉, 같은 매질에서도 매질의 특성이 달라져서 소리가 굴절하여 나타나는 현상이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 소리가 아래로 굴절하므로 밤에, (나)는 소리가 위로 굴절하므로 낮에 소리가 굴절하는 모습이다.

ㄴ. (가)에서는 지면에 가까울수록 공기의 온도가 낮아 소리의 속력이 느려지므로 소리가 지면을 향해 굴절한다.

#### 수능 3점 끝하기

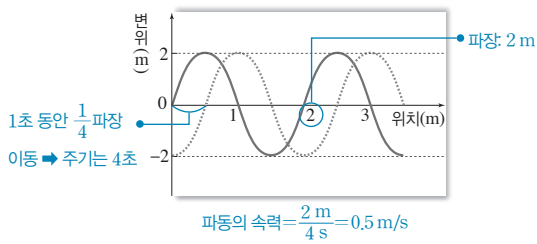
본책 132쪽~133쪽

1 ④ 2 ① 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ① 7 ④ 8 ②



## 1 파동의 진행

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 주기는 2초이다. 4초
- ☐ 파장은 2 m이다.
- ☐ 파동의 진행 속력은 0.5 m/s이다.

ㄴ. 파장은 마루에서 다음 마루 또는 골에서 다음 골까지의 거리이므로 2 m이다.

ㄷ. 파동의 주기는 4초, 파장은 2 m이므로 속력은  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{4} = 0.5\text{ (m/s)}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 파동은 1초 동안  $\frac{1}{4}$  파장 이동하였으므로 한 파장 이동하는 데 걸리는 시간인 주기는 4초이다.

## 2 물결파의 진행

### | 자료 분석 |



- 물의 깊이 비교:  $B > A = C$
- 물결파의 속력 비교:  $B > A = C$
- 물결파의 진동수 비교:  $A = B = C$

### | 선택지 분석 |

- ☐ 물결파의 파장은 A에서보다 B에서 길다.
- ☒ 물결파의 주기는 B에서보다 A에서 길다. 같다.
- ☒ 물결파의 속력은 B에서보다 C에서 크다. 작다.

ㄱ. 물의 깊이가 다르면 물결파의 속력이 다르다. 깊이가 깊은 곳을 지나는 파동의 속력이 얇은 곳을 지날 때보다 빠르므로 파장은 B에서가 A에서보다 길다.

**바로알기** ㄴ. 물의 깊이는 변하더라도 파동의 진동수는 파원에 의해 결정되므로 A, B, C에서 모두 같다. 따라서 주기는 진동수의 역수이므로 A, B, C에서 모두 같다.

ㄷ. 물결파의 속력은 깊이가 깊은 B에서 가장 빠르고, 깊이가 얇은 A와 C에서는 같다.

## 3 파동의 변위-위치 그래프

### | 선택지 분석 |

- ☐ 진동수는 0.5 Hz이다.
- ☒ 1.5초 후 P점의 변위는 0이다. 0.2 m
- ☐ 2.3초 후 P점의 운동 방향은 아랫방향이다.

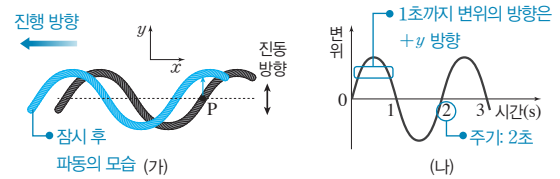
ㄱ. 이 파동은 파장이 1 m, 진행 속력은 0.5 m/s이다.  $v = f\lambda$ 에서 진동수  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{0.5}{1} = 0.5\text{ (Hz)}$ 이다.

ㄷ. 2초일 때 P점의 변위는 0이고, 2.5초일 때 변위는  $-0.2\text{ m}$ 이다. 따라서 2.3초일 때 P점은 아랫방향으로 운동한다.

**바로알기** ㄴ. 진동수가 0.5 Hz이므로 주기는  $\frac{1}{0.5\text{ Hz}} = 2\text{ 초}$ 이다. 따라서 P점의 변위는 0.5초( $\frac{1}{4}$ 주기)일 때  $-0.2\text{ m}$ , 1초( $\frac{1}{2}$ 주기)일 때 0, 1.5초( $\frac{3}{4}$ 주기)일 때  $0.2\text{ m}$ 이다.

## 4 파동의 변위-시간 그래프

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☐ 횡파이다.
- ☒ 진동수는 2 Hz이다. 0.5 Hz
- ☐ 파동의 진행 방향은  $-x$  방향이다.

ㄱ. 줄의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 수직이므로 횡파이다.

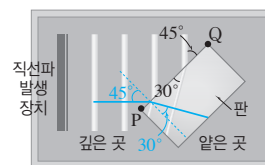
ㄷ. 0초에서 1초까지 P의 변위의 방향은  $+y$  방향이다. 따라서 이 파동의 진행 방향은  $-x$  방향이다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 파동의 주기가 2초임을 알 수 있다. 따라서 진동수는 주기의 역수이므로  $\frac{1}{2\text{ s}} = 0.5\text{ Hz}$ 이다.

## 5 파동의 굴절 실험

### | 자료 분석 |

파면에 수직하게 파동의 진행 방향을 먼저 그려 본다.



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

입사각:  $45^\circ$   
굴절각:  $30^\circ$

### | 선택지 분석 |

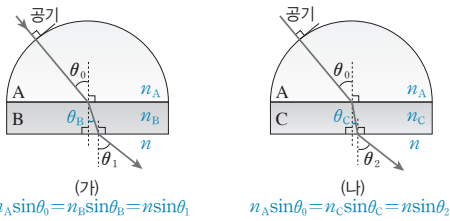
- ☒  $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- ☒  $\sqrt{\frac{2}{3}}$
- ☒ 1
- ☒  $\sqrt{\frac{3}{2}}$
- ☐  $\sqrt{2}$

PQ와 파면이 교차하는 곳에 수직으로 법선을 그린 다음, 파면에 수직으로 입사 광선과 굴절 광선을 그려 본다. PQ선에 수직인 법선을 그어 보면 입사각이  $45^\circ$ , 굴절각이  $30^\circ$ 가 된다. 따라서  $\frac{v_1}{v_2} =$

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}\text{이다.}$$

## 6 굴절률

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ 굴절률은 A가 B보다 작다.
- ☒ 단색광의 속력은 B에서가 C에서보다 작다. 크다.
- ☒  $\theta_1 > \theta_2$ 이다.  $\theta_1 = \theta_2$

ㄱ. (가)에서 A의 입사각이 B에서의 굴절각보다 크므로 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 크다. 따라서  $n_A < n_B$ 이다.

**바로알기** ㄴ. A → B, A → C로 진행할 때 입사각은 굴절각보다 크므로 B, C의 속력은 A보다 작다. 입사각이 같을 때 C에서의 굴절각이 B에서보다 작으므로 속력은 B에서가 C에서보다 크다.  
ㄷ. A, B, C, 공기에서 굴절률을 각각  $n_A, n_B, n_C, n$ 이라 하고, A에서 B로 진행할 때 굴절각을  $\theta_B$ , A에서 C로 진행할 때 굴절각을  $\theta_C$ 라고 하자. (가)에서  $n_A \sin \theta_0 = n_B \sin \theta_B = n \sin \theta_1$ , (나)에서  $n_A \sin \theta_0 = n_C \sin \theta_C = n \sin \theta_2$ 이다. 따라서  $\theta_1 = \theta_2$ 이다.

## 7 파동의 굴절

### | 선택지 분석 |

- ☒ I과 III은 같은 물질이다.
- ☒  $\theta$ 가 2배가 되면  $\theta'$ 도 2배가 된다.
- ☒ 빛이 I에서 II로 진행할 때 속력은 감소한다.

ㄱ. II에 대한 I의 굴절률은  $\frac{\sin \theta'}{\sin \theta}$ , II에 대한 III의 굴절률은  $\frac{\sin \theta'}{\sin \theta}$ 로 서로 같다. 굴절률은 물질의 고유한 값이므로 I과 III은 같은 물질이다.

ㄷ. 빛이 I에서 II로 진행할 때 입사각 > 굴절각이므로 I에서의 속력이 II에서보다 크다.

**바로알기** ㄴ.  $\theta$ 가 2배가 되면  $\theta'$ 이 2배가 되는 것이 아니라  $\sin \theta$ 값이 2배가 되면  $\sin \theta'$ 이 2배가 된다.

## 8 빛의 파장에 따른 굴절률

### | 선택지 분석 |

- ☒ 파장은 A가 B보다 더 길다. 짧다.
- ☒ 두 빛은 물방울 속으로 들어갈 때 속력이 느려진다.
- ☒ 물방울 안에서 두 빛의 속력은 A가 B보다 더 빠르다. 느리다.

ㄴ. 빛이 물방울 속으로 들어갈 때 입사각이 굴절각보다 크므로 빛의 속력이 느려진다.

**바로알기** ㄱ. (나)에서 빛이 물방울로 입사할 때 A가 B보다 법선에 가깝게 꺾였으므로 A의 굴절률이 B보다 크다. (가)에서 굴절률과 파장은 반비례하므로, 파장은 A가 B보다 더 짧다.

ㄷ. 빛이 공기에서 물방울로 입사할 때 굴절각은  $A < B$ 이므로 물방울에서의 속력은  $A < B$ 이다.

# 13 전반사와 전자기파

## 개념 확인 문제

본책 135쪽, 137쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○      2 ㉠ 느린, ㉡ 빠른, ㉢ 임계각  
3 2      4 광섬유      5 ㉠ 자기장, ㉡ 수직, ㉢ 횡파  
6 ㉠ 마이크로파, ㉡ 자외선, ㉢ 감마(γ)선      7 A: 자외선, B: 적외선  
8 (1) ㄷ (2) ㄱ (3) ㄹ (4) ㄴ      9 (다) → (나) → (가)

1 (1) 매질의 경계면에서 더 이상 굴절되는 빛이 없고 전부 반사만 되는 현상을 전반사라고 한다.

(2) 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 일어난다. 굴절률이 작은 진공에서 굴절률이 큰 매질인 물로 빛이 입사할 때는 전반사가 일어날 수 없다.

(3) 휘어지는 광섬유를 이용한 빛의 전반사로 예술품이나 장식품을 만들 수 있다.

2 전반사가 일어나려면 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행해야 하고, 입사각이 임계각보다 커야 한다.

3 매질 A의 굴절률을  $n_A$ 라고 하면  $\sin \theta_c = \frac{1}{n}$ 에서  $\sin 30^\circ = \frac{1}{n_A}$ 이므로 A의 굴절률  $n_A = 2$ 이다.

4 광섬유는 전반사를 이용해서 빛을 멀리까지 전송시킬 수 있는 섬유 모양의 관이다.

5 전자기파는 전기장과 ㉠ 자기장이 시간에 따라 진동하면서 공간을 퍼져 나가는 파동을 말한다. 전기장과 ㉠ 자기장의 진동 방향은 서로 ㉡ 수직이고 진동 방향과 진행 방향이 서로 수직인 ㉢ 횡파이다.

6 ㉠ 라디오파보다 진동수가 크고 적외선보다 진동수가 작은 것은 마이크로파이며 전자레인지에 이용된다.  
㉡ 가시광선보다 진동수가 크고 X선보다 진동수가 작은 것은 자외선이며 살균 소독에 이용된다.  
㉢ 진동수가 가장 큰 것은 감마(γ)선이며 암 치료, 망원경 등에 이용된다.

7 전자기파의 파장은 감마(γ)선 < X선 < 자외선 < 가시광선 < 적외선 < 전파 순으로 길다.

8 (1) 살균 소독에 이용하는 것은 자외선이다.  
(2) TV 리모컨이나 열화상 카메라에 이용되는 것은 적외선이다.  
(3) X선은 투과성이 좋아서 인체 내부를 진단하는데 이용된다.  
(4) 전자레인지에 이용되는 전자기파는 마이크로파이다.

9 (가)는 라디오파, (나)는 적외선, (다)는 자외선이므로 진동수는 (다) > (나) > (가) 순으로 길다.

자료 A 1 ④

자료 B 2 ③

1. I에서 진행하던 빛이 II와의 경계에서 전반사했으므로 굴절률은 I이 II보다 크다. 빛의 속력은 굴절률과 반비례하므로 A의 속력은 I에서가 II에서보다 작다.

ㄷ. III의 굴절률은 II의 굴절률보다 작으므로 매질 I과 III의 굴절률 차이가 더 커지고 A의 임계각은 더 작아지게 된다. 따라서 A는 I과 III의 경계에서 전반사한다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 매질 I로 입사하는 A의 입사각이 0보다 크고  $\theta_c$ 보다 작으면 공기에서 I로 입사할 때 굴절각이 작아진다. 따라서 I에서 II로 입사하는 A의 입사각이 커져서 이 각은 여전히 임계각보다 크므로 A는 I과 II의 경계에서 전반사한다.

2. ㄱ. A는 마이크로파로, 전자레인지나 통신에 이용된다.  
ㄴ. B는 적외선으로 TV 리모컨이나 야간 투시경에 이용된다.

바로알기 ㄷ. 진공에서 전자기파의 속력은 모두 같다.

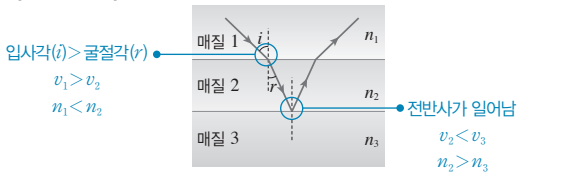
## 수능 2점 다지기

본책 140쪽~141쪽

1 ② 2 ⑤ 3 ④ 4 ② 5 ① 6 ② 7 ④ 8 ③

### 1 전반사와 굴절률

자료 분석



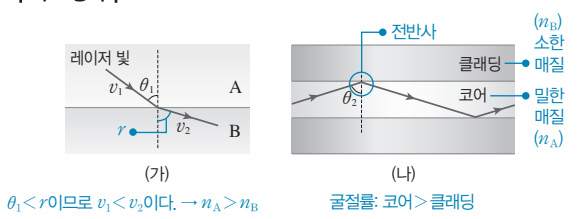
선택지 분석

- ☒ ①  $v_1 > v_2, n_1 > n_2$
- ☒ ②  $v_1 > v_2, n_2 > n_3$
- ☒ ③  $v_2 > v_1, n_1 > n_2$
- ☒ ④  $v_2 > v_1, n_2 > n_3$
- ☒ ⑤  $v_1 = v_2, n_2 > n_1$

② 매질 1에서 매질 2로 빛이 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크므로 매질 1의 속력이 매질 2에서의 속력보다 빠르다. 따라서  $v_1 > v_2$ 이고, 굴절률은  $n_1 < n_2$ 이다. 또 매질 2와 매질 3의 경계면에서 전반사가 일어났으므로 매질 2의 굴절률이 매질 3의 굴절률보다 크다. 따라서  $n_2 > n_3$ 이다.

### 2 광섬유

자료 분석



선택지 분석

- ☒ ㄴ.  $v_1 > v_2$ 이다.  $v_1 < v_2$
- ☒ ㄷ. 코어를 구성하는 물질은 A이다.
- ☒ ㄹ.  $\theta_1 < \theta_2$ 이다.

ㄴ. 코어는 굴절률이 큰 매질로 만들어야 하므로 A로 만들어야 한다.

ㄷ. (가)에서는 전반사가 일어나지 않았으므로  $\theta_1$ 은 임계각보다 작은 각이고, (나)에서는 전반사가 일어났으므로  $\theta_2$ 는 임계각보다 큰 각이다. 따라서  $\theta_1 < \theta_2$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 입사각이 굴절각보다 작으므로 속력은  $v_1 < v_2$ 이다. A는 속력이 느린(굴절률이 큰) 매질이고, B는 속력이 빠른(굴절률이 큰) 매질이다.

### 3 빛의 굴절

선택지 분석

- ☒ ㄴ. 빛의 진동수는 매질 1에서보다 매질 2에서 크다. 같다.
- ☒ ㄷ. 레이저 빛의 입사각을 크게 하면 전반사가 일어날 수 있다.
- ☒ ㄹ. 매질 2만 굴절률이 더 작은 물질로 바꾸어 실험을 하면  $\theta_c$ 가 커진다.

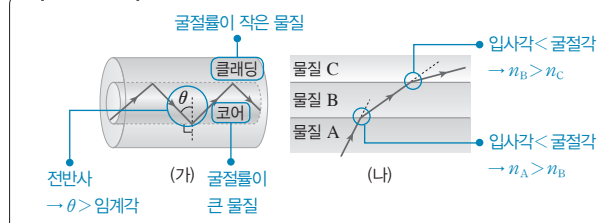
ㄴ. 입사각보다 굴절각  $\theta_r$ 이 더 크므로 매질 1에서의 속력이 매질 2에서보다 작다. 따라서 매질 1이 굴절률이 큰 매질, 매질 2가 굴절률이 작은 매질이므로 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 입사각을 임계각보다 크게 하면 전반사가 일어날 수 있다.

ㄷ. 매질 2만 굴절률이 더 작은 물질로 바꾸면 매질 1에서의 입사각을  $\theta_c$ 라고 할 때  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_i}$ 에 의해 굴절각  $\theta_r$ 가 더 커진다.

바로알기 ㄱ. 진동수는 파원과 관계가 있으므로 빛의 진동수는 매질에 관계없이 일정하다.

### 4 전반사의 원리

자료 분석



선택지 분석

- ☒ ㄴ.  $\theta$ 는 클래딩과 코어 사이의 임계각보다 작다. 크다.
- ☒ ㄷ. 굴절률은 A가 B보다 크다.
- ☒ ㄹ. 클래딩을 B로 만들었을 때, 코어는 C로 만들어야 한다. A

ㄴ. (나)에서 A에서 B로 진행하는 빛의 경로를 보면 입사각보다 굴절각이 크다. 따라서 빛의 속력은  $v_A < v_B$ 이므로 굴절률은 A가 B보다 크다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 코어와 클래딩 사이에 전반사가 일어났으므로  $\theta$ 는 임계각보다 크다.

ㄷ. (나)에서 빛이 B에서 C로 진행할 때 입사각 < 굴절각이므로 속력은  $v_B < v_C$ 이고 굴절률은  $n_B > n_C$ 이다. 코어는 굴절률이 큰 물질로, 클래딩은 굴절률이 작은 물질로 만들어야 하므로 클래딩을 B로 만들면 코어는 B보다 굴절률이 큰 A로 만들어야 한다.

## 5 전자기파의 활용

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 진동수는 적외선보다 작다.
- ㉡ 진공에서의 속력은 X선보다 작다. 과 같다.
- ㉢ 진공에서의 파장은 가시광선보다 짧다. 길다.

ㄱ. 전자레인지에 사용되는 전자기파는 마이크로파이다. 마이크로파의 진동수는 적외선보다 작다.

**바로알기** ㄴ. 진공에서 모든 전자기파의 속력은 같다.

ㄷ. 마이크로파의 진동수는 가시광선보다 작다. 파장은 진동수에 반비례하므로 마이크로파의 파장은 가시광선보다 길다.

## 6 전자기파의 활용

### | 자료 분석 |



▲ 열화상 카메라

- 물체에서 방출되는 적외선을 이용
- 열화상 카메라는 물의 온도에 따라 다르게 방출되는 A의 양을 측정하여 체온을 나타낸다. 적외선
- A의 파장은 가시광선보다 길고, 마이크로파보다 짧다. 진동수: 마이크로파 < A < 가시광선

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 라디오파
- ㉡ 적외선
- ㉢ 자외선
- ㉣ X선
- ㉤ 감마(γ)선

㉡ 파장이 가시광선보다 길고, 마이크로파보다 짧은 전자기파는 적외선이다. 적외선은 물의 온도에 따라 방출되는 양을 측정하여 체온을 나타내는 열화상 카메라에 이용된다.

## 7 진동수에 따른 전자기파의 분류

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ 진공에서의 속력은 A보다 B가 크다. 같다.
- ㉡ C는 의료 장비나 공항 검색대에서 이용된다.
- ㉢ 전자기파는 전기장과 자기장의 진동으로 전파된다.

ㄴ. C는 X선으로, 의료 장비나 공항 검색대에서 이용된다.

ㄷ. 전자기파는 전기장과 자기장의 진동에 의해 퍼져 나간다.

**바로알기** ㄱ. 진공에서 전자기파의 속력은 모두 같다.

## 8 전자기파의 활용

### | 선택지 분석 |

- ㉠ A는 X선이다.
- ㉡ A의 진동수는 마이크로파의 진동수보다 작다.
- ㉢ A는 공항에서 가방 속 물품을 검색하는 데 사용된다.

ㄱ. 병원에서 의료 진단용으로 쓰이는 전자기파는 X선이다.

ㄷ. X선은 투과성이 좋아 공항에서 가방 속 물품을 검색하는 데 사용한다.

**바로알기** ㄴ. X선의 진동수는 마이크로파의 진동수보다 크다.

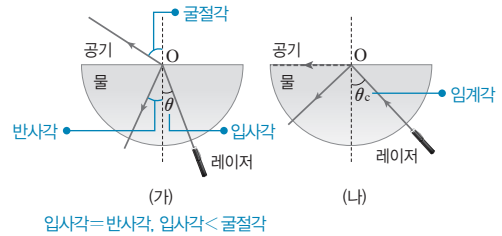
## 수능 3점 공부하기

본책 142쪽~143쪽

1 ㉠ 2 ㉡ 3 ㉢ 4 ㉢ 5 ㉠ 6 ㉡ 7 ㉡ 8 ㉤

## 1 전반사

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서 반사각은 굴절각과 같다. 보다 작다.
- ㉡ (나)에서 입사각을  $\theta_c$ 보다 크게 하면 굴절각도 커진다. 굴절하는 빛이 없어진다.
- ㉢ 물의 굴절률은  $\frac{1}{\sin \theta_c}$ 이다.

ㄷ. 물의 굴절률을  $n$ 이라고 하면  $\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$ ,  $\sin \theta_c = \frac{1}{n}$ 에서  $n = \frac{1}{\sin \theta_c}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 반사각은 입사각과 같다. (가)에서 입사각은 굴절각보다 작으므로 반사각은 굴절각보다 작다.

ㄴ. (나)에서  $\theta_c$ 는 임계각이므로 입사각이  $\theta_c$ 보다 커지면 굴절하는 빛이 없어진다.

## 2 전반사와 광섬유

### | 선택지 분석 |

- ㉠ 굴절률은 A가 B보다 크다. 작다.
- ㉡ (나)에서 클래딩은 A, 코어는 B이다.
- ㉢ (나)에서  $0^\circ < \theta_3 < 73.5^\circ$ 이다.  $\theta_3 > 73.5^\circ$

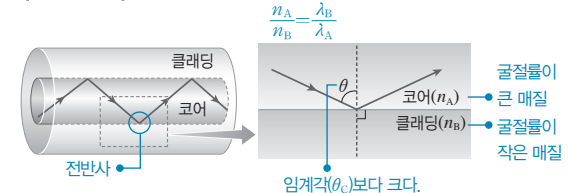
ㄴ. 광섬유에서 코어는 굴절률이 큰 물질로, 클래딩은 굴절률이 작은 물질로 만든다. 따라서 클래딩은 A, 코어는 B이다.

**바로알기** ㄱ. 입사각이 굴절각보다 항상 작으므로 A에서의 속력이 B에서의 속력보다 크다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 작다.

ㄷ. 굴절각이  $90^\circ$ 일 때의 입사각이 임계각이다. (나)에서는 전반사가 일어나므로  $\theta_3$ 은 임계각보다 크다. 따라서  $\theta_3 > 73.5^\circ$ 이다.

## 3 빛의 전반사와 광섬유

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㉠  $n_A > n_B$ 이다.
- ㉡  $\sin \theta > \frac{n_B}{n_A}$ 이다.
- ㉢ 이 레이저 빛을 클래딩에 입사시키면, 파장은 코어에서 진행할 때와 같다. 다르다.

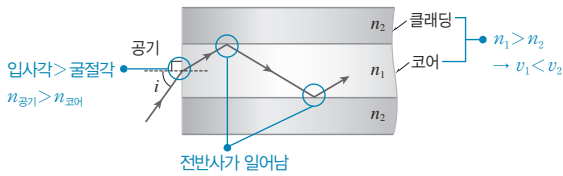
ㄱ. 전반사가 일어나려면 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행해야 하므로, 코어의 굴절률( $n_A$ )이 클래딩의 굴절률( $n_B$ )보다 크다.

ㄴ. 빛이 코어에서 클래딩으로 임계각으로 진행할 때  $\frac{n_B}{n_A} = \frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \sin \theta_c$ 이다. 한편 전반사가 일어나기 위해서는  $\theta > \theta_c$ 이어야 하므로,  $\sin \theta > \frac{n_B}{n_A}$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 코어와 클래딩에서 레이저 빛의 파장을 각각  $\lambda_A$ ,  $\lambda_B$ 라 하면,  $\frac{n_B}{n_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ 이다. 이때  $n_A > n_B$ 이므로  $\lambda_A < \lambda_B$ 이다.

#### 4 전반사와 광섬유

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㄱ.  $n_1 > n_2$ 이다.
- ㄴ. 단색광의 속력은 공기에서가 코어에서보다 크다.
- ㄷ.  $n_2$ 를 작게 하면  $i_m$ 은 작아진다. **커진다.**

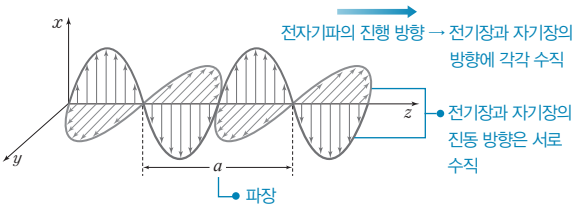
ㄱ. 코어에서 입사한 빛이 전반사하므로 코어는 굴절률이 큰 매질이고 클래딩은 굴절률이 작은 매질이다. 따라서  $n_1 > n_2$ 이다.

ㄴ. 공기에서 코어로 입사할 때 입사각이 굴절각보다 크므로 공기에서의 속력이 코어에서의 속력보다 크다.

**바로알기** ㄷ. 코어의 굴절률은 그대로 두고 클래딩의 굴절률  $n_2$ 만 작게 하면  $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$ 에서  $\frac{n_2}{n_1}$ 가 작아진다. 따라서 임계각이 작아지므로 전반사가 일어날 수 있는 입사각의 범위가 증가한다. 코어와 클래딩 사이에서 전반사가 일어나기 위해 공기에서 코어로 입사하는 각의 최댓값  $i_m$ 도 커진다.

#### 5 전자기파의 진행

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 전자기파의 파장은  $a$ 이다.
- ㄴ. 전기장과 자기장의 진동 방향은 같다. **서로 수직이다.**
- ㄷ. 한 지점에서 전기장의 세기가 0일 때 자기장의 세기가 **최대**이다.

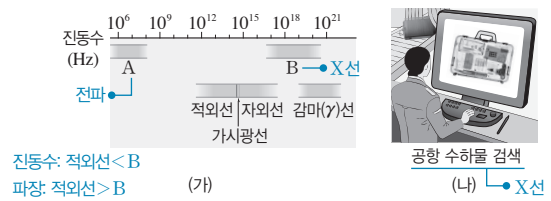
ㄱ. 전자기파의 파장은 전기장 또는 자기장의 파장과 같다.

**바로알기** ㄴ. 전기장과 자기장은  $x$ 축 또는  $y$ 축 방향으로 진동하므로 진동 방향은 서로 수직이다.

ㄷ. 전기장의 세기가 0일 때 자기장의 세기도 0이다.

#### 6 전자기파의 활용

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

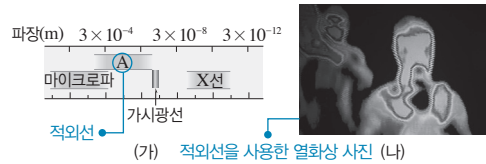
- ㄱ. (나)에서 이용되는 전자기파는 A에 속한다. **B**
- ㄴ. 감마( $\gamma$ )선은 TV 리모컨에 이용된다. **적외선**
- ㄷ. 진공에서 파장은 B가 적외선보다 짧다.

ㄷ. 전자기파의 파장은 진동수에 반비례한다. 진동수는 B가 적외선보다 크므로 파장은 B가 적외선보다 짧다.

**바로알기** ㄱ. (나)에 이용되는 전자기파는 X선이므로 B에 속한다. ㄴ. TV 리모컨에 이용되는 것은 적외선이다.

#### 7 전자기파의 활용

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 감마( $\gamma$ )선보다 파장이 짧다. **같다.**
- ㄴ. 진공에서의 속력은 마이크로파보다 크다. **와 같다.**
- ㄷ. 야간 투시경이나 TV 리모컨에 이용된다.

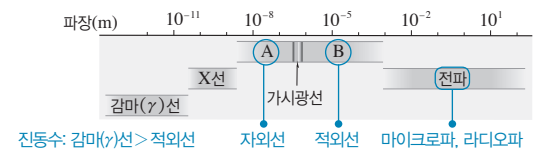
ㄷ. A는 적외선이다. 적외선은 열선으로, 야간 투시경이나 TV 리모컨 등에 이용된다.

**바로알기** ㄱ. 전자기파 중 파장이 가장 짧은 것은 감마( $\gamma$ )선이다. 따라서 A는 감마( $\gamma$ )선보다 파장이 길다.

ㄴ. 진공에서 전자기파의 속력은 모두 같다.

#### 8 파장에 따른 전자기파의 분류

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㄱ. A는 가시광선보다 파장이 짧으며 살균이나 소독에 이용된다.
- ㄴ. 전자레인지에 이용되는 마이크로파는 A에 속한다. **전파**
- ㄷ. 감마( $\gamma$ )선은 B보다 진동수가 크다.

ㄱ. A는 X선보다 파장이 길고, 가시광선보다 파장이 짧다. 따라서 자외선이다. 자외선은 살균이나 소독에 이용된다.

ㄷ. 감마( $\gamma$ )선은 전자기파 중 파장이 가장 짧으므로 진동수가 가장 크다.

**바로알기** ㄴ. 마이크로파는 파장이 긴 파동으로, 전파에 속한다.



# 14 파동의 간섭

## 개념 확인 문제

본책 145쪽, 147쪽

- 1 (1) 20 cm (2) 30 cm (3) 50 cm      2 (가) ㄱ, (나) ㄷ  
3 (1) 중첩 (2) 합성파 (3) 독립성 (4) 보강 간섭 (5) 상쇄 간섭  
4 850 Hz    5 (1) 보강 (2) 보강 (3) 상쇄    6 (1) × (2) ○ (3) ○  
7 (1) R (2) P, Q    8 상쇄

1 (1), (2) 파동의 최대 변위는 바닥으로부터 마루까지의 거리이므로 A는 20 cm, B는 30 cm이다.  
(3) 두 파동이 중첩된 합성파의 최대 변위는 각각의 파동의 최대 변위를 더한 것이므로  $20 + 30 = 50(\text{cm})$ 이다.

2 (가) 파동의 마루와 마루, 골과 골끼리 중첩하면 합성파의 진폭이 커지는 보강 간섭이 일어난다.  
(나) 한 파동의 마루와 다른 파동의 골이 중첩하면 합성파의 진폭이 작아지거나 0이 되는 상쇄 간섭이 일어난다.

3 (1) 두 개의 파동이 만나서 파동의 모양이 변하는 현상을 파동의 중첩이라고 한다. 두 파동이 서로 중첩될 때, 합쳐진 파동의 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다.  
(4) 보강 간섭은 두 파동이 같은 위상으로 중첩되어 합성파의 진폭이 커지는 간섭이다. 파동의 마루와 마루 또는 골과 골이 겹쳐져서 중첩되기 전의 각각 파동의 진폭보다 커진다.  
(5) 상쇄 간섭은 두 파동이 반대 위상으로 중첩되어 합성파의 진폭이 작아지는 간섭이다. 파동의 마루와 골이 겹쳐져서 파동의 진폭이 상쇄되거나 작아진다.

4 두 스피커로부터의 경로 차이는  $\sqrt{2} - 1 = 0.4(\text{m})$ 이다. 소리가 아주 크게 들린 지점은 보강 간섭이 일어난 지점이므로 경로 차이가 반파장의 짝수 배( $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$ )이다. 따라서  $\lambda = 0.4, \frac{0.4}{2}, \frac{0.4}{3}, \dots$  이고, 조건을 만족하는  $\lambda$ 는 0.4 m가 가장 큰 값이므로  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ m/s}}{0.4 \text{ m}} = 850 \text{ Hz}$ 이다.

5 (1) 가장 밝은 부분은 두 점파원  $S_1, S_2$ 에서 발생한 물결파의 마루와 마루가 만나 물결파의 높이가 가장 높은 곳이다. 따라서 가장 밝은 부분은 보강 간섭이 일어나는 곳이다.  
(2) 가장 어두운 부분은 두 점파원  $S_1, S_2$ 에서 발생한 물결파의 골과 골이 만나 물결파의 높이가 가장 낮은 곳이다. 따라서 가장 어두운 부분은 보강 간섭이 일어나는 곳이다.  
(3)  $S_1$ 에서 발생한 물결파의 마루와  $S_2$ 에서 발생한 물결파의 골이 만나는 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다.  $\frac{1}{2}$  주기 후 이 지점에서는  $S_1$ 에서 발생한 물결파의 골과  $S_2$ 에서 발생한 물결파의 마루가 만나 상쇄 간섭이 일어난다. 즉, 상쇄 간섭이 일어나는 지점에서는 두 점파원에 의한 물결파가 항상 반대 위상으로 만나 수면이 진동하지 않는다. 따라서 밝기 변화가 없다.

6 (1) 두 파원으로부터 경로차가 0인 곳은 보강 간섭하는 지점이다.

(2) 두 파원으로부터 상쇄 간섭이 일어나는 곳의 경로차는 반파장의 홀수 배( $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots$ )이다.

(3) 자동차 배기구에서는 소음이 상쇄 간섭을 하도록 하여 소음을 줄인다.

7 (1) 두 점파원에서 동일한 물결파를 같은 위상으로 발생시켰을 때, 두 점파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배인 곳에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 마루와 골이 만나 상쇄 간섭이 일어나는 지점인 R가 경로차가 반파장의 홀수 배인 곳이다.

(2) P에서는 마루와 마루, Q에서는 골과 골이 만나 보강 간섭이 일어난다.

8 무반사 코팅 렌즈는 빛의 상쇄 간섭을 이용한다.

## 수능 자료 마스터

본책 148쪽~149쪽

자료 ㉠ 1 ②      자료 ㉡ 2 ②

1 ㄴ. 합성파의 변위가 최대가 될 때는 두 파동의 최대 변위가 중첩될 때이다. 오른쪽으로 진행하는 파동의 최대 변위는 2초일 때  $x = 3 \text{ m}$  위치에 오게 되고, 그 순간 왼쪽으로 진행하는 파동의 최대 변위는  $x = 3 \text{ m}$  위치에 있게 되므로 합성파의 변위가 최대가 되는 위치는  $x = 3 \text{ m}$ 일 때이다.

바로알기 ㄱ. 1초 동안 속력이 1 m/s인 파동은 1 m를 이동하고 속력이 2 m/s인 파동은 2 m 이동한다. 현재 두 파동이 4 m만큼 떨어져 있으므로  $t = 1$ 초일 때 두 파동은 만나지 않으므로 중첩되지 않는다.

ㄷ. 2초일 때 두 파동의 최대 변위가 중첩되므로 합성파의 변위가 최대가 될 때는 2초일 때이다.

2 ㄴ.  $S_1, S_2$ 에서 반대 위상으로 파동이 발생하였으므로 R에서는 골과 마루가 만나 상쇄 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄱ.  $S_1, S_2$ 로부터 P까지의 경로차는  $2\lambda - \lambda = \lambda$ 이다.

ㄷ.  $S_1, S_2$ 에서 반대 위상으로 파동이 발생하였으므로 Q에서는 골과 골 또는 마루와 마루가 만나 보강 간섭이 일어난다. 보강 간섭이 일어나는 지점에서는 물결파가 가장 크게 진동한다.

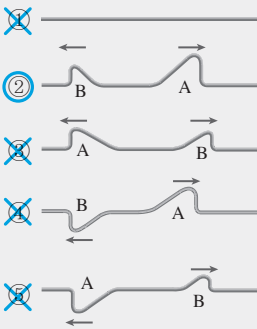
## 수능 2점 다지기

본책 150쪽~151쪽

1 ②    2 ④    3 ②    4 ④    5 ②    6 ④    7 ④    8 ②

## 1 파동의 독립성

### | 선택지 분석 |



㉔ 두 파동은 반대 방향으로 진행하다가 중첩된 후 원래 파동의 모양을 유지한 채 계속 진행하게 된다. 이것을 파동의 독립성이라고 한다.

## 2 소리의 간섭

### | 자료 분석 |



- 큰 소리가 나는 곳(보강 간섭): 경로차가 반파장의 짝수 배
- 작은 소리가 나는 곳(상쇄 간섭): 경로차가 반파장의 홀수 배

### | 선택지 분석 |

- ☒ 반사
- ☒ 굴절
- ☒ 회절
- ☒ 간섭
- ☒ 산란

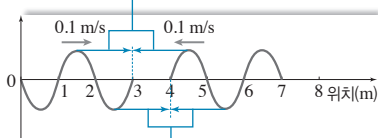
㉔ 스피커에서 나오는 소리의 세기가 양쪽 스피커로부터 떨어진 위치에 따라 달라지는 것은 스피커에서 나온 소리가 서로 중첩하여 간섭하기 때문이다. 소리가 크게 들리는 지점은 마루와 마루 또는 골과 골이 만나 보강 간섭, 소리가 작게 들리는 지점은 마루와 골이 만나 상쇄 간섭하는 곳이다.

## 3 파동의 중첩

### | 자료 분석 |

두 파동이 서로 반대 방향으로 진행하다가 중첩하면 3 m 위치와 4 m 위치에서의 간섭의 종류를 알 수 있다.

두 파동의 마루가 같은 시간에 도달



두 파동의 골이 같은 시간에 도달

### | 선택지 분석 |

- ☒ 두 파동의 진동수는 0.25 Hz이다. 0.05 Hz
- ☒ 3 m 지점에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ☒ 4 m 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 보강

ㄴ. 3 m인 곳에는 왼쪽에서 오는 파동과 오른쪽에서 오는 파동의 마루가 같은 시간에 도달하므로 보강 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄱ. 속력이 0.1 m/s이고 파장은 2 m이므로 진동수  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{0.1 \text{ m/s}}{2 \text{ m}} = 0.05 \text{ Hz}$ 이다.

ㄷ. 4 m인 곳에는 왼쪽에서 오는 파동과 오른쪽에서 오는 파동의 골이 같은 시간에 도달하므로 보강 간섭이 일어난다.

## 4 보강 간섭과 상쇄 간섭

### | 자료 분석 |



• P점 마루+마루 → 보강 간섭 • Q점 골+골 → 보강 간섭 • R점 마루+골 → 상쇄 간섭

### | 선택지 분석 |

- ☒ P에서 보강 간섭이 일어난다.
- ☒ Q에서 상쇄 간섭이 일어난다. 보강
- ☒ P와 R 사이의 거리는 1.5λ이다.

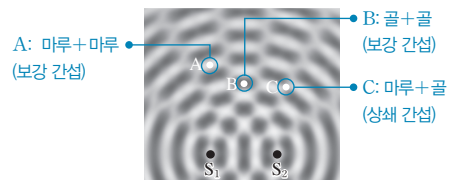
ㄱ. P에서는 실선과 실선, 즉 마루와 마루가 만났으므로 보강 간섭이 일어난다.

ㄷ. 실선에서 이웃한 점선까지의 거리가  $\frac{\lambda}{2}$ 이므로 P와 R 사이의 거리는  $3 \times \frac{\lambda}{2} = 1.5\lambda$ 이다.

바로알기 ㄴ. Q에서는 점선과 점선, 즉 골과 골이 만났으므로 보강 간섭이 일어난다.

## 5 물결파의 간섭

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ A점은 항상 밝은 무늬를 만든다. 무늬의 밝기가 주기적으로 변한다.
- ☒ B점은 상쇄 간섭을 일으키는 곳이다. 보강
- ☒ C점에서는 수면이 거의 진동하지 않는다.

ㄷ. C점은 마루와 골이 만나는 지점으로 진폭이 작아지는 상쇄 간섭이 일어나므로 수면이 거의 진동하지 않는다.

바로알기 ㄱ. A점은 마루와 마루 또는 골과 골이 만나 보강 간섭이 일어나는 지점으로 수면의 높이가 계속 변하므로 무늬의 밝기가 변한다. 따라서 밝은 무늬와 어두운 무늬가 주기적으로 반복해서 나타난다.

ㄴ. B점은 어두운 무늬이지만 골과 골이 만나 보강 간섭을 하는 곳이다.

## 6 물결파의 간섭

### | 선택지 분석 |

- ☒ A에서의 진폭은 B에서의 진폭보다 작다. A와 B의 진폭은 0이다.
- ☒ A와 B는 점파원 S1, S2로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배가 되는 곳이다.
- ☒ A와 B는 마루와 골이 만나는 점들을 연결한 선이다.

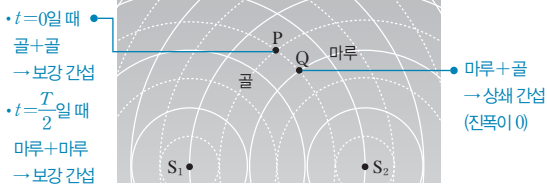
ㄴ. 마디선은 상쇄 간섭이 일어나는 곳으로 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배가 되는 곳이다.

ㄷ. 마디선은 두 점파원에서 마루와 골이 만나는 점들을 연결한 선이다.

**바로알기** ㄱ. A와 B는 밝기가 일정한 부분을 나타내는 지점을 이은 선으로 마디선이다. 마디선은 마루와 골이 만난 곳으로 진폭이 0이다.

## 7 물결파의 간섭

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㄱ.  $S_1, S_2$ 에서 P까지의 두 수면파의 경로차는 0이다.  
~~ㄴ.  $t=0$ 일 때, 수면의 높이는 P에서 Q에서보다 높다. 낮다.~~  
 ㄷ. P에서 수면의 높이는  $t=\frac{T}{2}$ 초일 때가  $t=0$ 일 때보다 높다.

ㄱ.  $S_1$ 로부터 P까지의 거리와  $S_2$ 로부터 P까지의 거리는  $\frac{5}{2}\lambda$ 로 서로 같다. 따라서 경로차는 0이다.

ㄷ. P에서는  $t=\frac{T}{2}$ 초일 때 두 수면파의 마루와 마루가 만나게 되므로 수면의 높이가 최대가 된다.

**바로알기** ㄴ. P는 골과 골이 만나 보강 간섭을 하므로 수면의 높이가 가장 낮은 곳이다. Q는 마루와 골이 만나 상쇄 간섭을 하므로 진폭이 0이지만 P보다는 높다.

## 8 간섭에 의한 현상

### | 선택지 분석 |



기름막의 알록달록한 무늬는 기름막의 위쪽에서 반사한 빛과 아래쪽에서 반사한 빛이 간섭을 일으켜 만든 것이다.

② 두 점파원에서 발생한 파동이 간섭하였다.

**바로알기** ① 프리즘을 통과한 빛이 분산되었다.

③ 빛이 굴절되어 빨대가 꺾여 보인다.

④ 광섬유에서 빛이 전반사되고 있다.

⑤ 굴절과 분산에 의해 무지개가 보인다.

## 수능 3점 공부하기

본책 152쪽~153쪽

1 ⑤ 2 ⑤ 3 ① 4 ① 5 ③ 6 ④ 7 ① 8 ①

## 1 소리의 간섭

### | 선택지 분석 |

- ㄱ. b에서 두 스피커에서 발생한 소리는 상쇄 간섭을 한다.  
 ㄴ. c에서 두 스피커에서 발생한 소리는 보강 간섭을 한다.  
 ㄷ. e에서 두 스피커에서 발생한 소리는 같은 위상으로 중첩된다.

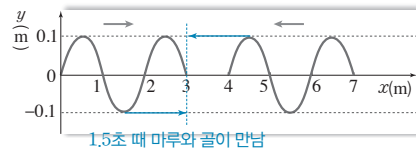
ㄱ. b에서 소리가 작게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 소리는 상쇄 간섭을 한다.

ㄴ. c에서 소리가 크게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 소리가 보강 간섭을 한다.

ㄷ. e에서 소리가 크게 들렸으므로 보강 간섭을 하였고, 두 스피커에서 발생한 소리는 같은 위상으로 중첩된다.

## 2 파동의 중첩

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ㄱ. 파동의 속력은 1 m/s이다.  
 ㄴ. 1.5초일 때, 3 m 지점에서 진폭은 0이다.  
 ㄷ. 3.5 m 지점에서는 항상 보강 간섭이 일어난다.

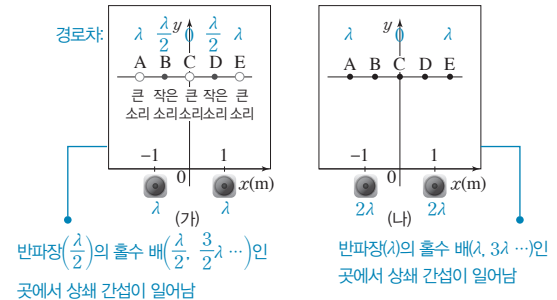
ㄱ. 진동수가 0.5 Hz이고, 파장이 2 m이므로 파동의 속력  $v = f\lambda = 0.5 \times 2 = 1$  (m/s)이다.

ㄴ. 1.5초일 때 3 m 지점에는 왼쪽에서 오는 파동의 첫 번째 골과 오른쪽에서 오는 첫 번째 마루가 도달하므로 합성파의 진폭은 0이다.

ㄷ. 두 파동은 3.5 m 지점을 중심으로 좌우에서 대칭이 되어 다가온다. 따라서 3.5 m 지점에서는 항상 보강 간섭이 일어난다.

## 3 소리의 간섭

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ① A, E      ~~② B, D~~      ~~③ A, C, E~~  
~~④ A, B, D, E~~      ~~⑤ A, B, C, D, E~~

진동수가  $f$ 일 때의 소리의 파장을  $\lambda$ 라고 하면, 큰 소리가 들린 곳에서의 소리의 경로차는  $0, \lambda$ 이다. 하지만 진동수가  $0.5f$ 가 되면 파장은  $2\lambda$ 가 되고, 경로차가  $2\lambda$ 의 반파장인  $\lambda$ 인 곳에서 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 소리가 작게 들리는 곳은 A와 E이다.

#### 4 파동의 중첩

##### | 선택지 분석 |

- ㉠ A의 속력은  $4 \text{ m/s}$ 이다.
- ㉡ A의 주기는 2초이다. 1초
- ㉢  $t=2$ 초일 때, 위치가  $8 \text{ m}$ 인 지점에서 중첩된 파동의 변위는 2 cm이다. 0

㉠. A와 B 모두 1초 동안  $4 \text{ m}$  이동하였으므로 속력은  $4 \text{ m/s}$ 이다.

㉡. 파동의 속력  $v = \frac{\lambda}{T}$ 에서 두 파동의 파장은  $4 \text{ m}$ , 파동의 속력은  $4 \text{ m/s}$ 이므로 주기는  $\frac{4 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 1 \text{ 초}$ 이다.

㉢. 2초 후  $8 \text{ m}$ 인 지점에서는 두 파동의 변위가 0이므로 합성파의 변위도 0이다.

#### 5 소리의 간섭

##### | 선택지 분석 |

- ㉠ P에서는 소리의 보강 간섭이 일어난다.
- ㉡ Q에서  $L_1$ 과  $L_2$ 의 차이는 반파장의 홀수 배이다.
- ㉢ Q에서 소리의 진폭은 스피커 하나에서 발생한 소리와 진폭이 같다. 진폭보다 작다.

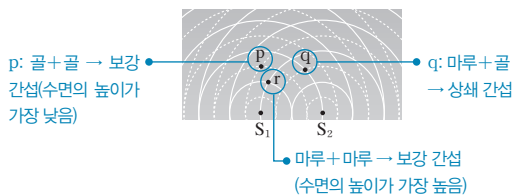
㉠. P는 소리가 가장 크게 들리는 지점이므로, P에서 합성파의 진폭이 가장 크다. 따라서 P에서는 두 소리의 보강 간섭이 일어난다.

㉡. Q는 소리가 가장 작게 들리는 지점이므로, Q에서 합성파의 진폭이 가장 작다. 따라서 Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배이다.

㉢. Q에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 합성파의 진폭이 원래 파동, 즉 스피커 하나에서 발생한 소리의 진폭보다 작다.

#### 6 물결파의 간섭

##### | 자료 분석 |



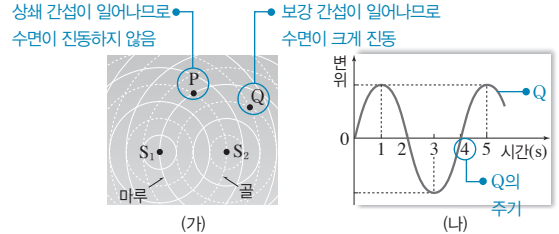
##### | 선택지 분석 |

- ㉠ p에서 보강 간섭이 일어난다.
- ㉡ p, q, r 중 수면의 높이가 가장 낮은 곳은 q이다. p
- ㉢  $S_1, S_2$ 에서 r까지의 경로차는  $\lambda$ 이다.

㉠. p는 골과 골이 만난 지점이므로 보강 간섭이 일어난다.  
 ㉡.  $S_1$ 로부터 r까지의 거리는 한 파장( $\lambda$ ),  $S_2$ 로부터 r까지의 거리는 두 파장( $2\lambda$ )이므로 경로차는  $2\lambda - \lambda = \lambda$ 이다.  
 ㉢. 수면의 높이가 가장 높은 곳은 마루와 마루가 만난 r, 수면의 높이가 가장 낮은 곳은 골과 골이 만난 p이다.

#### 7 물결파의 간섭

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㉠ (나)는 Q의 변위를 나타낸 것이다.
- ㉡ 수면파의 속력은  $0.25 \text{ m/s}$ 이다.  $0.125 \text{ m/s}$
- ㉢  $S_1, S_2$ 로부터의 경로차는 P에서 Q에서보다 크다. 작다.

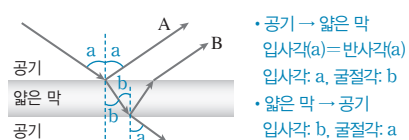
㉠. (가)의 순간 Q에서는 두 수면파의 골이 중첩되므로 Q에서는 보강 간섭이 일어나 크게 진동하게 된다. 따라서 (나)는 Q의 변위를 나타낸 것이다.

㉡. Q의 진동 주기는 4초이고,  $S_1$ 과  $S_2$  사이의 거리는 2파장에 해당하므로 수면파의 파장은  $0.5 \text{ m}$ 이다. 따라서 수면파의 속력은  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.5 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0.125 \text{ m/s}$ 이다.

㉢. P에서 경로차는 0이고, Q에서 경로차는  $\frac{3}{2}\lambda = \frac{3}{2} \times 0.5 \text{ m} = 0.75 \text{ m}$ 이므로 P에서 Q에서보다 작다.

#### 8 얇은 막에서의 간섭

##### | 자료 분석 |



##### | 선택지 분석 |

- ㉠ 두 빛 A, B는 공기 중에서 나란하다.
- ㉡ 비누막의 두께에 관계없이 A, B는 상쇄 간섭한다. 두께에 따라 상쇄 간섭 또는 보강 간섭한다.
- ㉢ 빛 B의 속력은 비눗방울 속에서가 공기에서보다 크다. 작다.

㉠. 빛 A는 반사 법칙에 따라 입사각과 굴절각이 같다. B가 비눗방울로 굴절하면서 각이 변하지만 비눗방울에서 공기로 나올 때 입사각은 A의 굴절각과 같다. 따라서 A의 반사각과 같은 크기의 굴절각으로 공기를 빠져나오므로 A, B는 공기 중에서 나란히 진행한다.

㉡. 막의 두께에 따라 두 빛 A, B의 경로차가 달라진다. 따라서 막의 두께에 따라 A, B는 보강 간섭을 하기도 하고, 상쇄 간섭을 하기도 한다.

㉢. B가 비눗방울에서 공기로 굴절할 때 입사각 < 굴절각이므로 속력은 비눗방울 속에서보다 공기에서 더 크다.

# 15 빛과 물질의 이중성

## 개념 확인 문제

본책 155쪽, 157쪽

- 1 (1) ㄴ (2) ㄱ (3) ㄷ    2 (1) ○ (2) × (3) ×    3 ㉠ 입자성,  
㉡ 진동수, ㉢ 광양자설    4 ㄱ, ㄴ    5 (1) ○ (2) ○ (3) ×  
(4) ×    6 3:2    7 파동성    8 (1) 전자 (2) 광학 (3) 전자

1 (1) 금속에 빛을 비추면 표면에서 전자가 튀어나오는 현상은 광전 효과이다.

(2) 광전 효과로 방출되는 전자를 광전자라고 한다.

(3) 금속에 빛을 비추었을 때 전자를 방출시킬 수 있는 빛의 최소 진동수를 한계 진동수라고 한다.

2 (1) 한계 진동수 이상의 빛을 금속에 쏘이면 빛을 비추는 즉시 광전자가 방출된다.

(2) 한계 진동수 이상의 빛을 비추면 세기가 약해도 광전자는 튀어나오고, 이때 방출되는 광전자의 개수가 감소한다.

(3) 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수와 관계 있다.

3 광전 효과는 빛이 입자의 성질을 갖는다는 '입자성'의 증거가 되는 현상이다. 아인슈타인은 이 현상을 '빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 입자인 광자들의 흐름이다.'라는 광양자설을 도입하여 설명하였다.

4 ㄱ. CCD에는 광 다이오드가 들어 있으므로 광전 효과를 이용하여 영상을 기록한다.

ㄴ. 광 다이오드는 빛 신호를 전기 신호로 전환시키므로 CCD는 빛에너지를 전기 에너지로 전환시킨다.

ㄷ. CCD는 광전 효과를 이용한 것이므로 빛의 입자성을 이용한다.

5 (1) 드브로이 파장은  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 이다.

(2) 야구공은 전자에 비해 질량이 매우 크다. 따라서 파장이 매우 짧아 파동성을 관측하기 어렵다.

(3) 전자의 물질파 파장이 증가하려면 속력이 작아져야 한다.

(4) 전자선 회절 무늬는 전자의 파동성으로 해석할 수 있다.

6 파장의 비  $\lambda_A : \lambda_B = \frac{1}{2m \times v} : \frac{1}{m \times 3v} = 3 : 2$ 이다.

7 전자선의 회절 무늬는 전자의 파동성으로 해석할 수 있다.

8 (1) 전자 현미경은 광원으로 전자선을 사용하고, 광학 현미경은 빛을 사용한다.

(2) 광학 현미경은 유리 렌즈를 사용하고, 전자 현미경은 자기렌즈를 사용한다.

(3) 전자 현미경의 내부는 진공이고, 광학 현미경 내부에는 공기가 들어 있다.

## 수능 자료 마스터

본책 158쪽~159쪽

자료 1 ④

자료 2 ④

1 ㄴ. 광전류의 세기는 빛의 세기에 비례한다. 빛의 세기는 2초일 때가 6초일 때보다 작으므로 광전류는 2초일 때가 6초일 때보다 적게 흐른다.

ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 진동수가 클수록 크다. 따라서 3초일 때가 7초일 때보다 크다.

바로알기 ㄱ. 단색광의 진동수가  $2f_0$ 보다 작은 빛을 비출 때 A에서 광전 효과가 일어나지 않았다. 따라서 A의 한계 진동수는  $2f_0$ 이다.

2 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 54 V의 전압으로 가속된 전자선을 입사시켰을 때 전자가 가장 많이 발견된  $50^\circ$  각으로 산란된 전자가 (가)보강 간섭을 하였다고 생각하여 드브로이의 (나)물질파 이론을 검증하였다.

## 수능 2점 다지기

본책 160쪽~162쪽

- 1 ②    2 ①    3 ④    4 ④    5 ②    6 ①    7 ③    8 ③  
9 ①    10 ②    11 ②    12 ⑤

## 1 광전 효과

### | 선택지 분석 |

☒ 금속판의 일함수가 2배가 된다. **변함 없다.**

☒ 방출되는 광전자의 개수가 2배가 된다.

☒ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 2배가 된다. **변함 없다.**

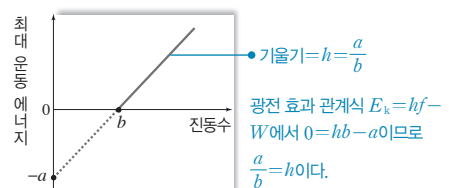
ㄴ. 광자의 수를 2배로 하면 빛의 세기가 2배가 된다. 따라서 방출되는 광전자의 개수도 2배가 된다.

바로알기 ㄱ. 금속판의 일함수는 금속의 고유한 성질이므로 쏘여주는 빛의 세기나 진동수와는 무관하다.

ㄷ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 2배가 되기 위해서는 쏘여주는 빛의 진동수를 증가시켜야 한다.

## 2 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

☒  $\frac{a}{b} = h$

☒  $\frac{a}{b} = \frac{1}{h}$

☒  $b = af$

☒  $b = \frac{1}{a} f$

☒  $a = \frac{1}{b}$



① 최대 운동 에너지  $E_k$ 와 진동수  $f$ , 일함수  $W$ 의 관계식  $E_k = hf - W$ 에서 그래프의 기울기는  $h$ 이다. 따라서 기울기  $\frac{a}{b} = h$ 이다.

### 3 광전 효과 실험

#### | 선택지 분석 |

- ☒ 빛의 세기를 증가시킨다. **광전자는 튀어나오지 않는다.**
- ☐ 빛의 진동수를 증가시킨다.
- ☐ 일함수가 더 작은 금속을 사용한다.

ㄴ. 빛의 진동수를 한계 진동수 이상이 되도록 증가시키면 광전자가 튀어나온다.

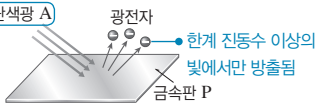
ㄷ. 일함수는 전자를 튀어나오게 하는 데 필요한 최소한의 에너지이다. 따라서 일함수가 작은 금속을 사용하면 빛에너지는 일정하더라도 광전자를 방출하는 에너지로 쓰일 수 있으므로 광전자가 튀어나올 수 있다.

**바로알기** ㄱ. 빛의 세기를 증가시키는 것은 광전자의 개수와 관계가 있다. 광전자가 방출되지 않은 상태에서는 빛의 세기를 증가시키더라도 광전자가 튀어나오지 않는다.

### 4 광전 효과와 빛의 세기 및 진동수의 관계

#### | 자료 분석 |

빛의 속력을  $c$ 라 하면, 단색광 A  
 $c = f\lambda$ 에서 파장이 짧아  
 지면 진동수가 커진다.



#### | 선택지 분석 |

- ☐ 광전자가 방출되지 않는다.
- ☐ 방출되는 광전자의 개수가 감소한다. (가)
- ☐ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 더 커진다. (나)

(가) 단색광 A를 비추었을 때 광전자가 방출되므로, A의 진동수는 한계 진동수보다 크다. 따라서 단색광 A의 세기가 약해져도 광전자가 방출되지만, 방출되는 광전자의 개수는 감소한다.

(나) 광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로, 빛의 파장이 짧을수록 광자의 에너지가 크다. 금속에 비춘 빛의 에너지 중 일부는 전자를 금속에서 떼어내는 일로 전환되고, 나머지는 광전자의 운동 에너지로 전환된다. 따라서 파장이 짧은 빛 B는 A보다 에너지가 커서, B를 비출 때 방출된 광전자가 가지는 최대 운동 에너지는 A의 경우보다 크다.

### 5 일함수와 광자의 에너지

#### | 선택지 분석 |

- ☒ 일함수가 큰 금속으로 바꾼다. **광전자는 튀어나오지 않는다.**
- ☒ 빛의 세기를 (나)보다 더 세게 한다. **광전자는 튀어나오지 않는다.**
- ☐ 광자의 에너지가 일함수보다 큰 빛을 사용한다.

ㄷ. 일함수는 전자를 튀어나오게 하는 데 필요한 최소한의 에너지이므로 광자의 에너지가 일함수보다 큰 빛을 사용하면 광전자가 튀어나온다.

**바로알기** ㄱ. 일함수가 큰 금속으로 바꾸면 전자를 튀어나오게 하기 위한 에너지가 더 커져야 하므로 광전자는 튀어나올 수 없다.

ㄴ. 금속에서 광전자가 방출되지 않는 빛은 빛의 세기를 아무리 세게 하여도 광전자가 방출되지 않는다.

### 6 광전 효과 실험

#### | 선택지 분석 |

- ☐ 파장은 A가 B보다 길다.
- ☒ 빛의 세기는 B가 A보다 세다. **비교할 수 없다.**
- ☒ 광자 1개가 갖는 에너지는 A가 B보다 크다. **작다.**

ㄱ. A를 비추었을 때는 금속박의 변화가 없으므로 광전 효과가 일어나지 않았고, B를 비추었을 때는 금속박이 단혔으므로 광전 효과가 일어났다. 따라서 B가 A보다 진동수가 크고, 파장이 짧은 빛이다.

**바로알기** ㄴ. 광전 효과가 일어났는지의 여부는 빛의 세기와는 관계가 없다. 따라서 빛의 세기는 이 실험 결과로는 비교할 수 없다. ㄷ. 광자 1개의 에너지는  $E = hf$ 이므로 진동수에 비례한다. 따라서 진동수가 큰 B의 광자 1개의 에너지가 A보다 크다.

### 7 광전 효과 실험

#### | 자료 분석 |

	과정	단색광	전류의 세기
빛의 세기를 세게 해도 광전 효과가 일어나지 않음	(가)	A	0
	(나)	B	$I_0$
			$2I_0$

#### | 선택지 분석 |

- ☐ 진동수는 B가 A보다 크다.
- ☐ B의 세기는 (나)에서가 (가)에서보다 세다.
- ☒ (가)에서 A의 세기를 계속 증가시키다 보면 전류계에 전류가 흐를 때가 있다. **흐르지 않는다.**

ㄱ. (가)에서 A를 비추었을 때는 전류가 흐르지 않고, B를 비추었을 때 전류가 흘렀다는 것은 진동수가 B가 A보다 크다는 것을 의미한다.

ㄴ. (나)에서 B를 비추었을 때 전류의 세기는 (가)에서 B를 비추었을 때 전류의 세기의 2배이므로 빛의 세기는 (나)에서가 더 세다.

**바로알기** ㄷ. (가)에서는 A에 의해 광전 효과가 일어나지 않고 있으므로 빛의 진동수가 금속의 일함수보다 작은 경우이다. 이때는 아무리 빛의 세기를 세게 해도 광전자가 방출되지 않아 전류가 흐르지 않는다.

### 8 디지털카메라의 원리

#### | 선택지 분석 |

- ☐ 디지털카메라에 있는 CCD가 필름 카메라의 필름 역할을 한다.
- ☐ 디지털카메라에 있는 CCD에 저장되는 전자의 수는 화소에 도달하는 빛의 세기에 비례한다.
- ☒ 디지털카메라에서는 렌즈가 필요 없다. **필요하다.**

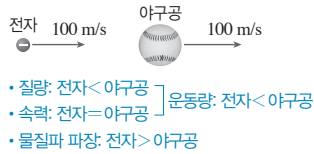
ㄱ. 디지털카메라에서는 필름 대신 이미지 센서인 CCD를 이용하여 영상을 저장한다.

ㄴ. 화소에서 발생하는 광전자의 수는 입사하는 광자의 수에 비례하므로 화소에 도달하는 빛의 세기에 비례한다.

**바로알기** ㄷ. 디지털카메라에서 렌즈는 빛을 굴절시켜 CCD에 상을 맺게 하므로 필요하다.

## 9 물질의 이중성

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. 운동량의 크기는 야구공이 전자보다 크다.
- ☒ ㄴ. 야구공의 물질파 파장은 전자의 물질파 파장보다 길다. 짧다.
- ☒ ㄷ. 야구공의 물질파 파장은 너무 길어서 측정하기 어렵다. 짧아서

ㄱ. 야구공의 질량이 전자의 질량보다 크고, 속력은 같으므로 운동량의 크기는 야구공이 전자보다 크다.

**바로알기** ㄴ. 물질파 파장  $\lambda = \frac{h}{mv}$ 에서 야구공과 전자의 속력은 같으므로 물질파 파장은 질량에 반비례한다. 따라서 질량이 작은 전자의 물질파 파장이 길다.  
 ㄷ. 야구공은 질량이 크기 때문에 물질파 파장은 너무 짧아서 측정하기 어렵다.

## 10 전자선과 X선에 의한 회절 무늬

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. X선은 전자들로 이루어져 있다. 결과만으로는 알 수 없다.
- ☒ ㄴ. 전자선과 X선의 속력은 서로 같다. 같지 않다.
- ☒ ㄷ. 전자선은 X선과 마찬가지로 파동성을 가지고 있다.

ㄷ. 전자선도 X선과 마찬가지로 회절 무늬를 나타내므로 전자선이 파동성을 가진다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. 주어진 실험 결과만으로는 X선이 전자로 이루어져 있다는 것을 알 수 없다.  
 ㄴ. X선은 전자기파이므로 빛의 속력과 같다. 따라서 전자선과 X선의 속력은 서로 같지 않다.

## 11 전자의 물질파 파장 구하기

### | 선택지 분석 |

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ㄱ. $\frac{2h}{mv}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ㉡. $\frac{h}{mv}$  | <input checked="" type="checkbox"/> ㄷ. $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ |
| <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{mv}$  | <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{\sqrt{4meV}}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{2mv}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ㄷ. $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ |
| <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{2mv}$ | <input checked="" type="checkbox"/> ㄴ. $\frac{h}{\sqrt{4meV}}$ |  |  |

㉡. 운동량이  $mv$ 인 입자의 물질파 파장은  $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이다. 또한 에너지와 일의 전환 관계에서  $eV = \frac{1}{2}mv^2$ 이므로  $\frac{(mv)^2}{2m} = eV$ 에서  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ 이다.

## 12 전자 현미경의 원리

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. 빛의 이중성
- ☒ ㄴ. 빛의 입자성
- ☒ ㄷ. 빛의 파동성
- ☒ ㄴ. 전자의 입자성
- ☒ ㉡. 전자의 파동성

㉡. 광학 현미경에서 사용하는 빛의 파장은 한정되어 있다. 전자 현미경은 빛의 파장보다 더 작은 물체를 관찰하기 위해서 전자선으로 파장이 훨씬 짧은 파동을 만들어 사용한다. 전자 현미경은 전자의 파동성, 즉 물질파를 이용한 예이다.

### 수능 3점 공부하기

본책 163쪽~165쪽

- |     |      |      |      |     |     |     |     |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 ① | 2 ⑤  | 3 ⑤  | 4 ③  | 5 ④ | 6 ① | 7 ② | 8 ⑤ |
| 9 ③ | 10 ① | 11 ④ | 12 ⑤ |     |     |     |     |

## 1 광전 효과 실험

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. 진동수는 A가 B보다 작다.
- ☒ ㄴ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 작다.  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때가 같다.
- ☒ ㄷ.  $t_4$ 일 때 광전자가 방출된다. 되지 않는다.

ㄱ.  $t_1$ 일 때에는 A만 비추었는데 광전자가 방출되지 않았으므로 광전 효과가 일어나지 않았고 이때 A의 진동수  $f_A$ 는 금속의 문턱 진동수( $f_0$ )보다 작다.  $t_2$ 일 때에는 A와 B를 동시에 비추었고 광전자가 방출되었다. A에 의해서는 광전 효과가 일어나지 않으므로 단색광 B에 의해 광전 효과가 일어난다는 것을 알 수 있다. 이때 B의 진동수  $f_B$ 는 금속의 문턱 진동수( $f_0$ )보다 크므로  $f_A < f_0 < f_B$ 이다. 따라서 진동수는 A가 B보다 작다.

**바로알기** ㄴ.  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때 A와 B를 비쳤고 B의 빛의 세기가 달라졌지만 광전자의 최대 운동 에너지는 B의 진동수에 의해서만 결정되므로  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 같다.  
 ㄷ.  $t_4$ 일 때는 B는 비추지 않고, A만 비추었으므로 광전자는 방출되지 않는다.

## 2 광전 효과

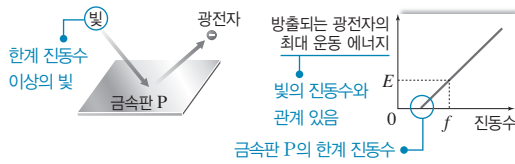
### | 선택지 분석 |

- ☒ ㄱ. 진동수는 A가 B보다 크다.
- ☒ ㄴ. A의 세기가 클수록 방출되는 광전자의 개수가 많다.
- ☒ ㄷ. A의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

ㄱ. A를 비추었을 때 광전자가 방출되었고, B를 비추었을 때에는 광전자가 방출되지 않았으므로 진동수는 A가 B보다 크다.  
 ㄴ. 광전 효과가 일어나는 A의 빛의 세기를 더 세게 하면 방출되는 광전자의 개수가 많아진다.  
 ㄷ. 일함수는 금속에 따라 결정되는 값이므로 금속을 바꾸지 않으면 변하지 않는다. A의 진동수가 커지면 A의 에너지가 증가한다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지도 커진다.

### 3 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 진동수가  $f$ 이고 세기가  $2I$ 인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E$ 이다.
- ㉡ 진동수가  $2f$ 이고 세기가  $I$ 인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E$ 보다 크다.
- ㉢ 빛의 입자성을 보여주는 현상이다.

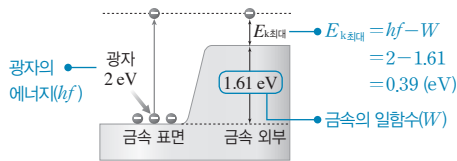
㉠. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비춰 준 빛의 진동수에 의해 결정된다. 진동수가  $f$ 로 변하지 않았으므로 광전자의 최대 운동 에너지는  $E$ 이다. 이때 빛의 세기는 광전자의 최대 운동 에너지에 영향을 주지 않는다.

㉡. 진동수가  $2f$ 인 빛을 비추면 광전자의 최대 운동 에너지는  $E$ 보다 커진다.

㉢. 광전 효과는 빛을 입자들의 흐름으로 설명하므로, 빛의 입자성을 입증하는 현상이다.

### 4 광전 효과의 해석

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 금속의 일함수는 1.61 eV이다.
- ㉡ 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 0.39 eV이다.
- ㉢ 이 빛을 일함수가 3.21 eV인 금속에 비추면 전자가 방출된다. 방출되지 않는다.

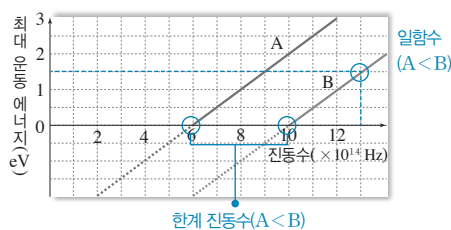
㉠. 1.61 eV 이상에서 전자의 운동 에너지가 생기므로 이 금속의 일함수는 1.61 eV이다.

㉡. 금속 표면의 전자에 2 eV에 해당하는 에너지가 공급되므로 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는  $2 \text{ eV} - 1.61 \text{ eV} = 0.39 \text{ eV}$ 이다.

㉢. 일함수가 광자의 에너지보다 크므로 전자가 방출되지 않는다.

### 5 광전 효과 실험의 해석

#### | 자료 분석 |



#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 금속 A에서 광전자를 방출시키는 데 필요한 빛의 최소 진동수는  $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 이다.
- ㉡ 빛의 진동수가 같으면 금속 A와 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 같다. A > B이다.
- ㉢ 금속 B에서 나오는 광전자의 최대 운동 에너지가 1.5 eV가 되도록 하려면 진동수  $1.3 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 인 빛을 쬌어 주어야 한다.

㉠. 금속 A의 한계 진동수는  $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 이다. 따라서 A에서 광전자를 방출시키는 데 필요한 빛의 최소 진동수는  $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 이다.

㉡. 그래프를 보면 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 1.5 eV가 되는 빛의 진동수는  $1.3 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 이다.

㉢. 바로알기 ㉡. 한계 진동수는 B가 A보다 크므로 금속의 일함수( $W$ )는 B가 A보다 크다. 최대 운동 에너지  $E_k = hf - W$ 에서 같은 진동수의 빛을 쬌어 주었을 때  $W$ 가 클수록  $E_k$ 가 작다. 따라서 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 A에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지보다 작다.

### 6 광전 효과

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 금속의 종류에 따라 다르다.
- ㉡ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $W$ 에 비례한다. 비례 관계가 아니다.
- ㉢ 금속 내 원자의 바닥 상태에 있는 전자를 금속 외부로 방출하는데 필요한 최소 에너지이다. 자유 전자

㉠.  $W$ 는 전자를 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지이므로, 일함수이다. 일함수는 금속의 종류에 따라 다르다.

㉡. 바로알기 ㉡. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = hf - W$ 에서  $W$ 가 작을수록 크다. 따라서  $E_k$ 와  $W$ 는 비례 관계가 아니다.

㉢. 일함수는 금속 내 원자의 바닥 상태에 있는 전자가 아닌 자유 전자를 금속 외부로 방출하는 데 필요한 최소 에너지이다.

### 7 진동수에 따른 빛의 세기 관계

#### | 자료 분석 |

빛	진동수	세기
A	$0.5f_0$	$2I_0$
B	$2f_0$	$I_0$
C	$2f_0$	$0.5I_0$

한계 진동수( $f_0$ )보다 작은 빛

광전류의 세기:  $B > C$

한계 진동수( $f_0$ )보다 큰 빛

#### | 선택지 분석 |

- ㉠ 광전류는 A, B, C에서 모두 흐른다. B, C에서만
- ㉡ 광전류의 세기는 B에서가 C에서보다 작다. 크다.
- ㉢ 광전자의 최대 운동 에너지는 B와 C가 같다.

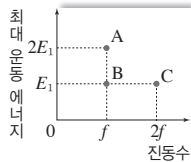
㉡. 금속판의 일함수는 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수가 클수록 커진다. 따라서 B와 C에서 광전자의 최대 운동 에너지는 같다.

**바로알기** ㄱ. 한계 진동수보다 작은 진동수의 빛에서는 광전자가 튀어나오지 않는다. A는 진동수가 한계 진동수보다 작으므로 광전 효과가 일어나지 않아 광전류가 흐르지 않는다.

ㄴ. 광전류의 세기는 빛의 세기가 셀수록 크므로 B에서가 C에서보다 크다.

## 8 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

### | 자료 분석 |



$W = hf - E_k$ 이므로  
 $W_A = hf - 2E_1$   
 $W_B = hf - E_1$   
 $W_C = 2hf - E_1$   
 이다.

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ C의 일함수가 가장 크다.
- ☒ ㉡  $hf = 3E_1$ 이다.
- ☒ ㉢ C에 진동수가  $f$ 인 빛을 비추면 광전자가 튀어나오지 않는다.

ㄱ. 금속 A, B, C의 일함수를 각각  $W_A, W_B, W_C$ 라고 하면  $W_A = hf - 2E_1, W_B = hf - E_1, W_C = 2hf - E_1$ 이다. 따라서 C의 일함수가 가장 크다.

ㄴ. B의 일함수는 A의 2배이므로  $W_B = 2W_A$ 에서  $hf - E_1 = 2(hf - 2E_1), hf = 3E_1$ 이다.

ㄷ. C에 진동수가  $f$ 인 빛을 비추면 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = hf - W_C = hf - (2hf - E_1) = -hf + E_1 = -3E_1 + E_1 = -2E_1 < 0$ 이다. 따라서 광전자는 튀어나오지 않는다.

## 9 전자선 회절 실험

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ 전자들은 서로 간섭을 한다.
- ☒ ㉡ 전자선의 파동성을 나타내고 있다.
- ☒ ㉢ 전자선의 속력은 빛의 속력과 같다. **알 수 없다.**

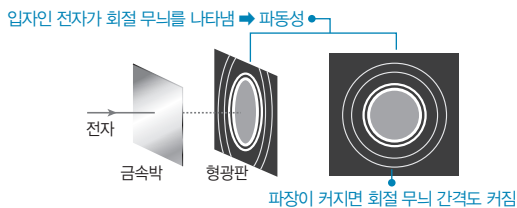
ㄱ. 스크린에 나타나는 무늬의 형태는 전자들이 서로 간섭하여 만든 무늬로 해석할 수 있다.

ㄴ. 전자들이 서로 간섭한 것으로 전자선이 파동성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

**바로알기** ㄷ. 전자선의 속력은 이 실험으로는 확인할 수가 없다.

## 10 전자선 회절 실험

### | 자료 분석 |



### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ 전자가 파동의 성질을 갖는다는 것을 알 수 있다.
- ☒ ㉡ 전자의 속력을 증가시키면 무늬의 간격이 커진다. **작아진다.**
- ☒ ㉢ 무늬가 생긴 까닭을 광전 효과의 원리로 설명할 수 없다. **없다.**

ㄱ. 회절은 파동만의 특성이므로 전자가 파동성을 갖는다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄴ. 물질파의 파장  $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이므로 전자의 속력이 증가하면 파장이 짧아진다. 따라서 회절이 좁은 범위에서 일어나므로 무늬의 간격도 작아진다.

ㄷ. 광전 효과는 빛의 입자성을 나타낸 실험이다. 이 실험에서 생긴 무늬는 전자의 회절 무늬로 전자의 파동성을 의미한다.

## 11 전자 현미경

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ 전자의 물질파 파장은 가시광선의 파장보다 짧다.
- ☒ ㉡ 분해능을 증가시키기 위해서는 전자의 속력을 **감소**시켜야 한다. **증가**
- ☒ ㉢ 전압  $V$ 로 가속된 전자의 드브로이 파장은  $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ 이다.

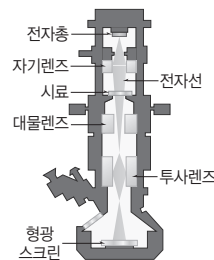
ㄱ. 전자 현미경의 분해능이 광학 현미경보다 좋고, 파장이 짧을수록 분해능이 좋다고 하였으므로 전자 현미경에서 사용하는 전자의 드브로이 파장은 광학 현미경에서 사용하는 가시광선의 파장보다 짧다.

ㄷ.  $eV = \frac{1}{2}mv^2$ 에서  $\frac{(mv)^2}{2m} = eV$ 이다. 따라서 전자의 드브로이 파장은  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 분해능은 파장이 짧아야 증가하므로  $\lambda = \frac{h}{mv}$ 에서 속력  $v$ 를 증가시켜야 물질파 파장이 짧아진다.

## 12 전자 현미경의 구조

### | 자료 분석 |



**전자 현미경의 특징**

- 전자의 물질파를 이용
- 전자의 물질파 파장이 가시광선보다 짧아 분해능이 우수함
- 전자선과 자기렌즈를 이용

### | 선택지 분석 |

- ☒ ㉠ 전자는 물체를 통과하면서 회절한다.
- ☒ ㉡ 물질의 파동성을 이용하여 상을 얻는다.
- ☒ ㉢ 전자의 속력이 빠를수록 더 작은 물체까지 볼 수 있다.

ㄱ. 전자가 파동의 성질을 나타내므로 물체를 통과한 후 회절한다.

ㄴ. 전자 현미경은 전자의 파동성을 이용하여 상을 얻는 장치이다.

ㄷ. 전자의 속력이 빠를수록 물질파의 파장이 짧아지므로 회절이 덜 일어나 분해능이 좋아진다. 따라서 더 작은 물체까지 볼 수 있다.

# Memo\*



A series of horizontal dashed lines for writing, spanning the width of the page.