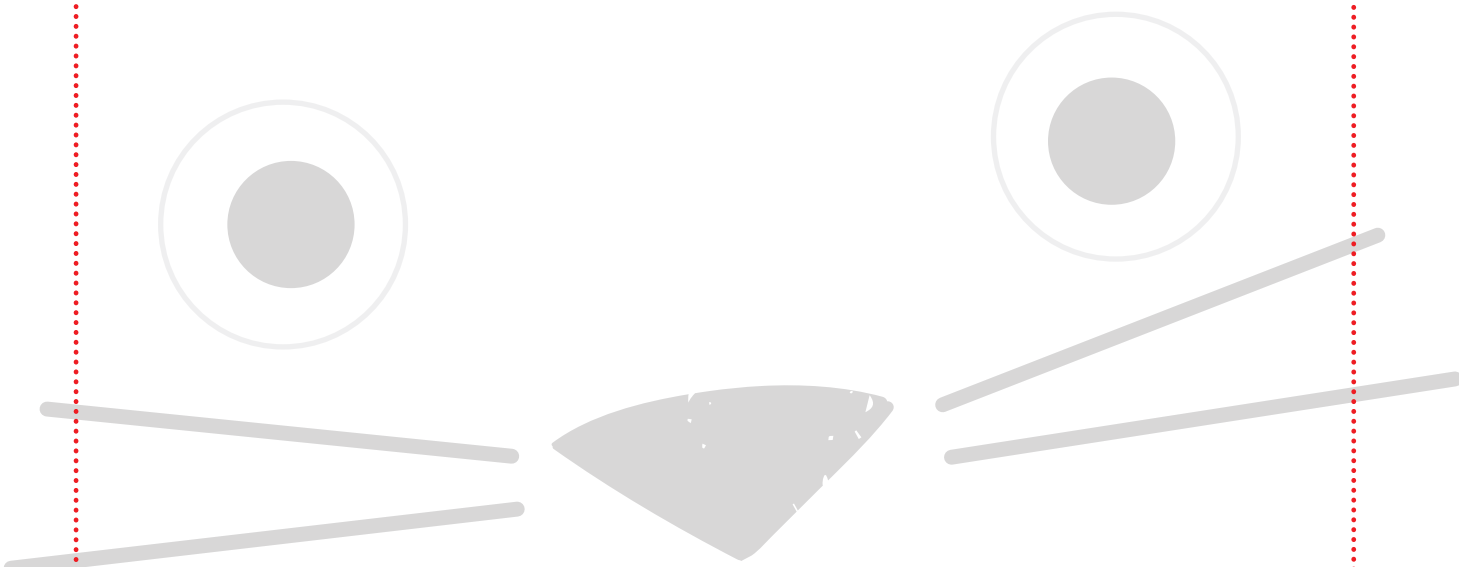
개념과 정리가 한번에 끝나는 기본서

개념풀

물리학 I

의구심이 남지 않는 완벽한

정답과 해설



1 »» 힘과 운동

01 여러가지 운동

개념POOL 013쪽

01 ㉠ 3 ㉡ 3 m **02** 2.5 m

02 0초부터 2초까지 2 m, 2초부터 3초까지 0.5 m이다.

탐구POOL 014쪽

01 4 m/s^2 **02** (1) × (2) ○

01 0.1초 간격으로 물체의 위치가 2칸(4 cm=0.04 m)씩 증가하므로 가속도는 $\frac{0.4\ m/s}{0.1\ s}=4\ m/s^2$이다.

02 (1) 시간당 위치 변화량은 일정하게 증가한다.

콕콕! 개념 확인하기 015쪽

✓ 잠깐 확인!

1 이동 거리 **2** 변위 **3** 속력, 운동 방향, 변위 **4** 등속 직선 **5** 속도 **6** 증가 **7** 변위, 가속도

01 이동 거리: 50 m, 변위: 서쪽으로 10 m
02 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○
03 (1) 서쪽, 5 m/s^2 (2) 서쪽, 10 m/s^2 (3) 동쪽, 3 m/s^2
04 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○
05 (1) — ㉠ (2) — ㉢ (3) — ㉣ (4) — ㉡

01 이동 거리는 운동 방향과 상관없이 이동한 경로의 전체 길이이고, 변위는 물체의 처음 위치에서 나중 위치까지의 위치 변화량이다.

02 (1) 출발점과 도착점이 같으면 변위는 이동 경로에 무관하게 같다.
(3) 속도—시간 그래프에서 접선의 기울기는 순간 가속도를 의미한다.

03 동쪽을 +, 서쪽을 −라고 하면,
(1) $a=\frac{0-(+10)}{2}=-5\ m/s^2$, (2) $a=\frac{-10-(+10)}{2}=-10\ m/s^2$, (3) $a=\frac{(+16)-(+10)}{2}=+3\ m/s^2$이다.

04 (3) 지하철역에서 일정한 속도로 운동하는 무빙워크는 등속 직선 운동을 한다.

탄탄! 내신 다지기 016쪽~017쪽

01 ② **02** ③ **03** ③ **04** ④ **05** 1 : 1 **06** ⑤ **07** ①
08 ⑤ **09** ④ **10** ③

01 변위는 처음 위치에서부터 나중 위치까지의 방향과 직선 거리로 나타낸다.

02 평균 속력은 전체 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이므로 $\frac{100}{2.5}=40\ km/h$이다.

03 | 선택지 분석 |
㉠ 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.
➡ 운동 경로가 곡선이므로 이동 거리가 변위의 크기보다 크다.
㉡ 평균 속력은 평균 속도의 크기보다 크다.
➡ 이동 거리가 변위의 크기보다 크므로 평균 속력이 평균 속도의 크기보다 크다.
✗ C점 이후 가속도의 방향이 오른쪽이면 비행기의 속력은 ~~감소한다~~ 증가한다.
➡ 가속도의 방향과 운동 방향이 같으면 속력은 증가한다.

04 A에서 C까지 이동 거리는 14 m이고, 변위의 크기는 10 m이다. A에서 C까지 이동하는 데 걸린 시간은 10초이므로 평균 속력은 $\frac{14}{10}=1.4\ m/s$이고, 평균 속도의 크기는 $\frac{10}{10}=1\ m/s$이다.

05 10초 동안 A, B, C가 이동한 거리를 각각 s_A, s_B, s_C라고 하면, $s_A=15\ m/s\times10\ s=150\ m$, $s_B=25\ m/s\times10\ s=250\ m$, $s_C=30\ m/s\times10\ s=300\ m$이다. $s_1=s_B-s_A+100=200\ m$이고, $s_2=s_C-s_B+150=200\ m$이다. 따라서 $s_1 : s_2=1 : 1$이다.

06 직선 컨베이어 벨트 위에 올려놓은 상자는 속력과 운동 방향이 모두 일정한 등속 직선 운동을 한다.

07 | 선택지 분석 |
㉠ 운동 방향이 변하는 운동이다.
➡ 등속 원운동 하는 물체의 운동 방향은 각 위치에서의 접선 방향이다.
✗ 속도는 ~~일정하다~~ 계속 변한다.
➡ 운동 방향이 변하므로 속도는 계속 변한다.
✗ 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
➡ 속도가 변하는 가속도 운동이므로 물체에는 원 궤도의 중심 방향으로 힘이 작용한다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. 0초부터 8초까지 이동 거리는 40 m이다.

➡ 0초부터 8초까지 가속도의 크기는 $\frac{5}{4}$ m/s²로 일정하므로 이동 거리는 $\frac{1}{2}\times\frac{5}{4}\times8^2=40$ m이다.

ㄴ. 가속도의 크기는 2초일 때가 10초일 때보다 크다.

➡ 8초부터 20초까지 가속도의 크기는 $\frac{5}{6}$ m/s²이므로 가속도의 크기는 2초일 때가 10초일 때보다 크다.

ㄷ. 출발선에 도착선까지 운동하는 동안 평균 속력은 5 m/s이다.

➡ 출발선에서부터 도착선까지 운동하는 데 걸린 시간은 20초이므로 평균 속력은 $\frac{100}{20}=5$ m/s이다.

09 | 선택지 분석 |

① 0초부터 15초까지 이동 거리는 ~~75 m~~ 62.5 m이다.

➡ 0초부터 15초까지 물체의 운동 방향은 바뀌지 않으므로 이동 거리는 변위의 크기와 같다. 속도−시간 그래프에서 변위는 속도와 시간이 이루는 넓이이므로 0초부터 15초까지 이동 거리는 62.5 m 이다.

② 운동 방향은 12초일 때가 17초일 때와 ~~같다~~ 반대이다.

➡ 15초일 때 물체의 운동 방향이 바뀐다.

③ 10초부터 20초까지 가속도의 크기는 ~~감소한다~~ 일정하다.

➡ 그래프의 기울기가 일정하므로 가속도의 크기는 일정하다.

④ 물체의 위치는 10초일 때가 20초일 때와 같다.

➡ 10초부터 20초까지 물체의 변위는 0이다.

⑤ 가속도의 방향은 12초일 때가 17초일 때와 ~~반대이다~~ 같다.

➡ 가속도의 방향은 속도−시간 그래프에서의 기울기의 부호이다. 물체는 10초 이후부터 등가속도 운동을 한다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)에서 공은 등가속도 운동을 한다.

➡ 포물선 운동 하는 공은 중력 가속도로 등가속도 운동을 한다.

ㄴ. (나)에서 회전 목마는 속도가 변하는 운동을 한다.

➡ 등속 원운동 하는 회전 목마는 속력은 일정하지만 운동 방향이 변하는 운동을 하므로 속도가 변하는 운동이다.

ㄷ. (다)에서 왕복 운동 하는 동안 그네의 속력은 일정하다.

➡ 그네는 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동을 한다.

더 알아보기 **여러 가지 운동**

운동	종류
속력과 운동 방향 모두 일정한 운동	등속 직선 운동
운동 방향은 일정하고 속력만 변하는 운동	등가속도 직선 운동
속력은 일정하고 운동 방향만 변하는 운동	등속 원운동
속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동	진자 운동, 포물선 운동

도전! 실력 올리기

018쪽~019쪽

01 ③ **02** ③ **03** ③ **04** ④ **05** ③ **06** ③

07 2.5 m/s

08 | 모범 답안 | 속력이 증가한다. 위치−시간 그래프에서 기울기는 속력을 나타낸다. 따라서 0초부터 2초까지 물체의 속력은 증가한다. (2) 2 : 1

09 | 모범 답안 | $5L$, 가속도의 크기는 $2aL=v^2$에서 $a=\frac{v^2}{2L}$이다. C와 D 사이의 거리를 x라고 하면, $9v^2-4v^2=2\left(\frac{v^2}{2L}\right)x$에서 $x=5L$이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 0초부터 6초까지 이동 거리는 ~~6 m~~ 10 m이다.

➡ 0초부터 4초까지 이동 거리가 8 m이고, 4초부터 6초까지 이동 거리가 2 m이므로 0초부터 6초까지 이동 거리는 10 m이다.

ㄴ. 운동 방향은 3초일 때와 5초일 때가 ~~같다~~ 반대이다.

➡ 3초일 때와 5초일 때 변위의 방향이 서로 반대이므로 운동 방향은 서로 반대이다.

ㄷ. 0초부터 6초까지 평균 속도의 크기는 1 m/s이다.

➡ 0초부터 6초까지 변위의 크기는 6 m이므로 평균 속도의 크기는 $\frac{6\text{ m}}{6\text{ s}}=1$ m/s이다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. A에서 물체의 속력은 감소한다.

➡ A에서 위치 사이의 간격이 줄어들고 있으므로 속력이 감소한다.

ㄴ. 평균 속력은 A에서와 B에서가 같다.

➡ A와 B에서 물체를 촬영한 개수가 같으므로 걸린 시간이 같다. 같은 시간 동안 이동한 거리가 A 구간과 B 구간에서 모두 15 cm로 같으므로 평균 속력은 서로 같다.

ㄷ. 평균 가속도의 크기는 ~~A에서가 B에서의~~ B에서가 A에서의 2배이다.

➡ 평균 속도 변화량이 B에서가 A에서의 2배이므로 평균 가속도의 크기는 B에서가 A에서의 2배이다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 고무마개에는 원의 중심 방향을 향하는 힘이 작용한다.

➡ 등속 원운동 하는 물체의 운동 방향에 대해 수직이고 원 궤도의 중심을 향하는 힘을 구심력이라고 한다.

ㄴ. 고무마개와 같은 운동을 하는 물체의 예로는 지구 주위를 도는 인공위성이 있다.

➡ 지구 주위를 도는 인공위성, 선풍기의 날개 등이 등속 원운동을 한다.

ㄷ. 운동하던 중에 갑자기 실이 끊어지면 고무마개는 원의 ~~중심 방향을 향해~~ 접선 방향으로 날아간다.

➡ 등속 원운동 하던 물체에 작용하는 힘이 갑자기 사라지면 물체는 원의 접선 방향으로 날아간다.

04 속도－시간 그래프에서 속력과 시간축이 이루는 넓이는 변위이다. 0초일 때 B가 A보다 10 m 앞서 있음을 고려해야 한다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. 0초부터 2초까지 이동 거리는 A가 B의 2배이다.
➡ 동일 직선상에서 운동하므로 변위의 크기는 이동 거리와 같다. 0초부터 2초까지 이동 거리는 A가 12 m이고, B가 6 m이다.

ㄴ. 0초부터 2초까지 A와 B 사이의 거리는 가까워진다.
➡ 0초일 때 A와 B 사이의 거리는 10 m이고, 2초일 때 A와 B 사이의 거리는 4 m이므로 A와 B 사이의 거리는 가까워진다.

✕ ~~3초~~ $\frac{10}{3}$초일 때 A와 B는 서로 만난다.
➡ 0초일 때 A가 B보다 10 m 앞서 있었으므로 A와 B가 만나는 시간을 t라 하면, $6t=10+3t$에서 $t=\frac{10}{3}$초이다.

05 등가속도 운동 하는 물체의 처음 속도가 v_0이고 나중 속도가 v일 때 평균 속력은 $\frac{v_0+v}{2}$이다. 철수가 등가속도 운동을 하는 구간에서 평균 속력은 $\frac{0+v}{2}=\frac{v}{2}$이므로 $t_1=\frac{2L}{v}$이다. 등속도 운동을 하는 구간에서 운동하는 시간은 $t_2=\frac{L}{v}$이다. 따라서 $t_1 : t_2=2 : 1$이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. A가 P에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간은 10초이다.
➡ P와 R 사이의 거리가 200 m이고, A는 20 m/s의 속력으로 등속도 운동 하므로 걸린 시간은 $\frac{200\text{ m}}{20\text{ m/s}}=10$ s이다.

ㄴ. B의 가속도의 크기는 2 m/s^{2}이다.
➡ A와 B는 같은 시간 동안 이동 거리가 같으므로 평균 속력이 같다. B는 등가속도 운동을 하므로 B가 P를 지날 때 속력을 v라고 하면, $\frac{10+v}{2}=20$ m/s에서 $v=30$ m/s이다.
따라서 B의 가속도 크기는 $\frac{30-10}{10}=2$ m/s^{2}이다.

✕ B가 R에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 ~~6초이다.~~ 6초보다 작다.
➡ A와 B가 기준선 Q를 동시에 통과하였으므로 출발한 순간부터 Q에 도달할때까지 A와 B가 이동한 거리의 합은 200 m이다. 6초 동안 A가 이동한 거리는 $20\times6=120$ m이고, B가 이동한 거리는 $10\times6+\frac{1}{2}\times2\times6^2=96$ m이다. A와 B가 이동한 거리의 합이 $200+96=216$ m이므로 A와 B는 6초 이전에 Q에 동시에 도달한다.

07 학교에서 집까지의 평균 속력은 전체 걸린 시간에 반비례하므로 뛰어갈 때의 평균 속력은 2.5 m/s이다.

08 (1) 위치－시간 그래프에서 기울기의 크기는 속력이다. 따라서 0초부터 2초까지 물체의 속력은 증가한다.

채점 기준	배점
위치－시간 그래프의 기울기 변화를 이용하여 속력의 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
속력의 변화만 옳은 경우	50 %

(2) 0초부터 2초까지 물체의 변위는 2 m이므로 $v_1=\frac{2}{2}=1$ m/s이고, 2초부터 4초까지 물체의 변위는 1 m이므로 $v_2=\frac{1}{2}=\frac{1}{2}$ m/s이다. 따라서 $v_1 : v_2=2 : 1$이다.

09 가속도의 크기는 $2aL=v^2$에서 $a=\frac{v^2}{2L}$이다. C와 D 사이의 거리를 x라 하면, $9v^2-4v^2=2\left(\frac{v^2}{2L}\right)x$에서 $x=5L$이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
풀이 과정만 옳게 쓴 경우	60 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

02 뉴턴 운동 제1, 2법칙

개념POOL 023쪽

01 7.5 m/s^2 **02** (1) ○ (2) ○ (3) ○

01 $a=\frac{3}{(3+1)}\times10=7.5$ m/s^2

탐구POOL 024쪽

01 $3a$ **02** $\frac{1}{2}a$

01 힘의 크기가 3배가 되면 가속도의 크기는 3배가 된다.

02 질량이 2배가 되면 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}$배가 된다.

콕콕! 개념 확인하기 025쪽

✓ 잠깐 확인!
1 힘 **2** 작용점 **3** 알짜힘 **4** 관성 **5** 등속 직선 운동 **6** 알짜힘, 질량

01 (1) ○ (2) × (3) × **02** 힘의 평형 **03** (1) ○ (2) ○ (3) × **04** A **05** (1) 1 : 2 (2) 2 : 1

01 (2) 물체에 작용하는 알짜힘과 운동 방향이 서로 수직이면 속력이 일정하고 운동 방향이 변하는 운동을 한다.
(3) 한 물체에 동시에 서로 반대 방향으로 힘이 작용하면 알짜힘의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 빼 준 것과 같다.

02 물체에 작용하는 알짜힘이 0이 되어 힘의 평형을 이루면 물체의 운동 상태가 변하지 않는다.

03 (3) 갈릴레이의 사고 실험에서 수평면을 운동하는 물체는 등속 직선 운동을 한다.

04 A에는 실을 당기는 힘과 추의 무게가 같이 작용하고, B에는 당기는 힘만 작용하므로 A가 끊어진다.

05 (1) A, B의 가속도의 비가 2:1이다. 힘의 크기가 같을 때 가속도는 질량에 반비례한다.
(2) A, B의 가속도의 비가 2:1이다. 질량이 같을 때 힘의 크기는 가속도의 크기에 비례한다.

탄탄! 내신 다지기 026쪽~027쪽

01 ② **02** ③ **03** ② **04** 알짜힘의 방향은 운동 방향과 같다. **05** ② **06** ㉠ 증가 ㉡ 감소 ㉢ 등속 직선 **07** ① **08** ④ **09** ⑤ **10** ④

01 힘의 3요소는 힘의 크기, 방향, 작용점이다.

02 물체에 작용하는 두 힘의 방향이 서로 반대 방향이므로 알짜힘의 크기는 10 N−4 N=6 N이고, 힘의 방향은 큰 힘의 방향인 오른쪽이다.

03 | 선택지 분석 |
✗ 수평면을 미끄러지며 속력이 감소하는 물체
➡ 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하고 있다.
㉡ 일정한 속도로 달리고 있는 자동차
➡ 등속도 운동 하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
✗ 일정한 속력으로 원운동하는 인공위성
➡ 등속 원운동은 속력은 일정하지만 운동 방향이 계속 바뀌는 운동이므로 힘이 작용한다.

04 알짜힘의 방향과 운동 방향이 같으면 물체의 속력은 증가한다.

더 알아보기

구분	운동 변화	예
알짜힘이 운동 방향과 같은 방향으로 작용	속력 증가	자유 낙하 운동
알짜힘이 운동 방향과 반대 방향으로 작용	속력 감소	연직 위로 던진 물체가 위로 올라가는 동안의 운동
알짜힘이 운동 방향과 수직으로 작용	속력 일정, 운동 방향 변화	등속 원운동
알짜힘이 운동 방향과 비스듬히 작용	속력과 운동 방향 모두 변화	진자의 운동
알짜힘이 작용하지 않음	속력과 운동 방향 모두 일정	등속 직선 운동

05 | 선택지 분석 |
✗ 정지한 물체는 관성이 ~~없다~~ 있다.
➡ 정지해 있는 물체도 관성이 있다.
㉡ 질량이 클수록 관성의 크기는 크다.
➡ 관성의 크기는 질량에 비례한다.
✗ 마찰이 없을 때 물체에 힘이 작용하지 않으면 운동하던 물체는 ~~점점 속력이 줄어들어 정지한다~~ 계속 등속 직선 운동 한다.
➡ 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체는 관성 때문에 운동 상태를 유지한다.

06 ㉠ 물체에 작용하는 힘의 방향과 운동 방향이 같으므로 물체의 속력이 증가한다.
㉡ 물체에 작용하는 힘의 방향과 운동 방향이 반대 방향이므로 물체의 속력이 감소한다.
㉢ 마찰이 없는 수평면에서 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 물체는 등속 직선 운동을 한다.

07 (가)에서 A의 질량은 $\frac{10\text{ N}}{5\text{ m/s}^2}=2\text{ kg}$이고, (나)에서 B의 질량은 $\frac{10\text{ N}}{2\text{ m/s}^2}=5\text{ kg}$이다. (다)에서 A, B의 가속도 크기는 $\frac{7\text{ N}}{7\text{ kg}}=1\text{ m/s}^2$이다.

08 | 선택지 분석 |
✗ 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 5초일 때와 15초일 때가 ~~반대이다~~ 같다.
➡ 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 가속도의 방향과 같다. 물체는 0초부터 20초까지 등가속도 운동을 하므로 알짜힘의 방향은 변하지 않는다.
㉡ 물체의 운동 방향은 5초일 때와 15초일 때가 반대이다.
➡ 물체의 운동 방향은 10초일 때 바뀐다.
㉢ 10초일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 1 N이다.
➡ 물체의 가속도는 일정하므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $5\text{ kg}\times\frac{1}{5}\text{ m/s}^2=1\text{ N}$이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

➡ 가속도의 크기는 A가 2 m/s²이고, B가 1 m/s²이다.

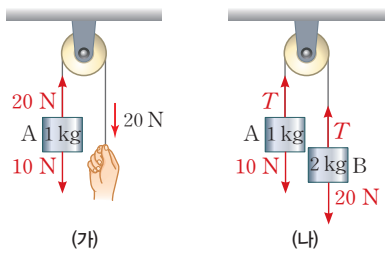
ㄴ. 질량은 A와 B가 같다.

➡ 질량$=\frac{\text{알짜힘}}{\text{가속도}}$이다. 물체에 작용하는 힘은 A가 B의 2배이고, 가속도는 A가 B의 2배이므로 질량은 A와 B가 같다.

ㄷ. 출발점으로부터 50 m를 이동하는데 걸린 시간은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.

➡ A, B는 등가속도 운동을 하므로 같은 거리를 이동하는 데 걸린 시간은 $t \propto \frac{1}{\sqrt{a}}$이다. 가속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 50 m를 이동하는 데 걸린 시간은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.

10 | 자료 분석 |



(가)에서 A에 작용하는 힘: $1\times a_{(가)}=20-10$

(나)에서 A에 작용하는 힘: $1\times a_{(나)}=T-10$

(나)에서 B에 작용하는 힘: $2\times a_{(나)}=20-T$

(가)에서 A에 작용하는 알짜힘은 20 N−10 N=10 N이므로 $a_{(가)}=10$ m/s²이다.

(나)에서 $a_{(나)}=\frac{2-1}{1+2}\times 10=\frac{10}{3}$ m/s²이다. 따라서 $a_{(가)}$: $a_{(나)}=3$: 1이다.

도전! 실력 올리기 028쪽~029쪽

01 ① **02** ⑤ **03** ⑤ **04** ② **05** ③ **06** ②

07 $-\frac{mv^2}{2L}$

08 | 모범 답안 | 승객이 넘어지는 까닭은 승객이 자신의 운동 상태를 유지하려는 관성 때문이다. 관성에 의한 현상으로는 달리던 사람이 돌부리에 걸려 넘어지는 현상 등이 있다.

09 | 모범 답안 | $\frac{1}{2}a$, A, B의 질량을 m이라고 하면, (가)에서 A의 가속도의 크기는 $a=\frac{F}{m}$이다. (나)에서 A와 B에 작용하는 힘은 $F+mg-mg=2ma_{(나)}$에서 $a_{(나)}=\frac{F}{2m}=\frac{1}{2}a$이다.

01 | 선택지 분석 |

철수: 정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이야.

➡ 정지해 있거나 등속도 운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

~~영희~~: 물체의 운동 방향은 물체에 작용하는 힘의 방향과 항상 같아.

➡ 운동 방향과 물체에 작용하는 알짜힘의 방향이 항상 같은 것은 아니다. 물체가 속력이 감소하는 경우 물체의 운동 방향과 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 서로 반대 방향이다.

~~민수~~: 물체에 작용하는 알짜힘이 감소하면, 물체의 속력도 항상 감소해.

➡ 물체에 작용하는 알짜힘이 감소하면 가속도가 감소한다. 가속도가 감소하면 속도의 변화량이 감소하는 것이지 속력이 감소하는 것은 아니다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

➡ 물체가 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄴ. 물체에 작용하는 탄성력의 크기는 20 N이다.

➡ 물체에 작용하는 아래 방향의 중력과 위 방향의 탄성력은 서로 크기가 같으므로 탄성력의 크기는 중력의 크기인 20 N과 같다.

ㄷ. 물체에 작용하는 힘들은 서로 평형을 이루고 있다.

➡ 물체에 작용하는 탄성력과 중력은 서로 평형을 이루고 있다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 N이다.

➡ 두 힘의 방향이 반대 방향이므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 8 N−6 N=2 N이다.

ㄴ. 가속도의 크기는 ~~2 m/s²~~ 1 m/s²이다.

➡ 물체의 가속도의 크기는 $\frac{2\text{ N}}{2\text{ kg}}=1$ m/s²이다.

ㄷ. 물체가 왼쪽으로 운동하는 동안 물체의 속력은 감소한다.

➡ 물체가 왼쪽 방향으로 운동하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 오른쪽이므로 물체의 속력은 감소한다.

04 A에 작용하는 힘은 아래 방향으로 크기가 10 N인 중력과 위 방향으로 3 N, 수평면이 떠받치는 힘 F이다. A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이고, $3+F=10$에서 $F=7$ N이다.

05 (나)에서 속도−시간 그래프에서 기울기는 가속도이다. 따라서 가속도의 크기는 A가 $\frac{10}{3}$ m/s²이고, B가 $\frac{20}{3}$ m/s²이다. A가 실에 매달렸을 때 가속도의 크기는 $\frac{m_A}{M+m_A}\times 10=\frac{10}{3}$에서 $m_A=\frac{1}{2}M$이다. B가 실에 매달렸을 때 가속도의 크기는 $\frac{m_B}{M+m_B}\times 10=\frac{20}{3}$에서 $m_B=2M$이다. 따라서 m_A : $m_B=1$: 4이다.

06 (가)에서 물체의 가속도의 크기는 $\frac{3-2}{3+2}g=2$ m/s²이다.

(나)에서 A의 질량을 m이라고 할 때, 물체의 가속도의 크기는 $\frac{m}{m+2}g$이다. 물체의 가속도의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 $2\ \mathrm{m/s^2}=\frac{m}{m+2}g$에서 $m=\frac{1}{2}\ \mathrm{kg}$이다.

07 일정한 크기의 힘을 받아 운동하므로 물체는 등가속도 직선 운동을 한다. $2as=v^2-v_0^2$에서 처음 속력이 v이고 나중 속력이 0이므로, $2aL=-v^2$으로부터 $a=-\frac{v^2}{2L}$이고, $F=ma$이므로 $F=-\frac{mv^2}{2L}$이다. (−)부호는 운동 방향과 힘의 방향이 반대임을 나타낸다.

08 정지해 있던 승객에게는 계속 정지해 있으려는 정지 관성이 작용하고, 달리던 승객에게는 계속 운동하려는 운동 관성이 작용한다.

채점 기준	배점
승객이 넘어지는 까닭을 관성과 연관 지어 옳게 서술하고, 예를 옳게 쓴 경우	100 %
두 가지 중 하나만 옳게 쓴 경우	50 %

09 A, B의 질량을 m이라 하면, (가)에서 A의 가속도의 크기는 $a=\frac{F}{m}$이다. (나)에서 A와 B에 작용하는 힘은 $F+mg-mg=2ma_{(나)}$에서 $a_{(나)}=\frac{F}{2m}=\frac{1}{2}a$이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 답을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
답만 옳게 쓴 경우	50 %

03 뉴턴 운동 제3법칙

개념POOL 032쪽

01 (1) F_1과 F_4, F_2과 F_3 (2) F_1과 F_2
02 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

02 (2) F_1과 F_2는 평형 관계에 있으므로 크기가 같다.
(3) 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 합성이 불가능하다.

콕콕! 개념 확인하기 033쪽

✓ 잠깐 확인!
1 작용 반작용 **2** 방향, 작용점 **3** 질량, 변위 **4** 땅, 발, 앞으로 **5** 크기, 방향

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ **02** (1) 30 N (2) 3 : 2
03 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ **04** F_2, F_3

01 (2) 작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 질량에 상관없이 같고 방향은 서로 반대이다.

02 (1) A가 줄을 잡아당기는 힘의 크기는 줄이 A를 잡아당기는 힘의 크기와 같다.
(2) A, B에 작용하는 힘의 크기가 같고 질량은 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이므로 가속도는 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이다. 따라서 $a_A : a_B = 3 : 2$이다.

03 (2) 책상 위에 놓여 있는 책의 무게와 책상이 책을 떠받치는 힘은 평형 관계에 있는 힘이다.

04 작용 반작용 관계인 두 힘은 크기가 같고 방향이 반대인 힘이다. 힘의 평형 관계인 두 힘은 동일한 물체에 작용하고 힘의 크기가 같고, 방향이 반대인 힘이다.

탄탄! 내신 다지기 034쪽~035쪽

01 ① **02** ① **03** ① **04** ⑤ **05** ② **06** ① **07** ③
08 16 N **09** ④ **10** ②

01 작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 같으므로 B가 A를 당기는 힘의 크기도 2 N이다.

02 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 크기는 같고, 방향은 반대이며, 동일한 작용선상에서 작용점이 서로 다른 물체에 있다.

03 | 선택지 분석 |
㉠ A에 작용하는 알짜힘의 크기
➡ (가)와 (나)에서 A와 B의 질량의 합이 같고, 힘의 크기가 같으므로 가속도의 크기가 같다. A에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
✕ B의 가속도의 방향
➡ 가속도의 방향은 알짜힘의 방향과 같다. B의 가속도의 방향은 (가)에서는 왼쪽 방향이고, (나)에서는 오른쪽 방향이다.
✕ B가 실을 당기는 힘의 크기
➡ B가 실을 당기는 힘의 반작용은 실이 B를 당기는 힘이다. (가)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘이다. (나)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 실이 A를 당기는 힘의 크기와 같다. 즉, (나)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다. A와 B의 질량은 같지 않으므로 실이 B를 당기는 힘도 같지 않다.

04 | 선택지 분석 |
㉠ A의 가속도의 크기는 $2\ \mathrm{m/s^2}$이다.
➡ $a=\frac{10\ \mathrm{N}}{5\ \mathrm{kg}}=2\ \mathrm{m/s^2}$이다

✗ 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 ~~A와 B가 같다.~~ A가 B보다 작다.

➡ A에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 kg×2 m/s²=4 N이고, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 3 kg×2 m/s²=6 N이다.

㉢ B가 A를 미는 힘의 크기는 6 N이다.

➡ B가 A를 미는 힘의 반작용은 A가 B를 미는 힘이다. A가 B를 미는 힘은 B에 작용하는 알짜힘인 6 N이다.

05 정지 상태에서 작용 반작용에 의해 움직이는 동안 두 물체의 가속도와 속력, 이동 거리는 서로의 질량에 반비례한다. 질량비가 2 : 3이므로 속력과 이동 거리의 비는 3:2이다.

06 | 선택지 분석 |

✓ ① 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 합성할 수 ~~있다.~~ 없다.

➡ 작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 작용점은 서로 다른 물체에 있으므로 두 힘은 합성할 수 없다.

② 로켓이 가스를 아래로 밀어낼 때 가스는 로켓을 위로 밀어낸다.

➡ 로켓이 가스를 밀어내는 힘에 대한 반작용은 가스가 로켓을 밀어내는 힘이다.

③ 작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 작용점은 서로 다른 물체에 있다.

➡ 작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 동일한 작용선상에서 작용점이 서로 다른 물체에 있다.

④ 사람이 걸어갈 때 발이 땅을 미는 힘을 작용이라고 하면 반작용은 땅이 발을 미는 힘이다.

➡ A가 B에 작용하는 힘의 반작용은 B가 A에 작용하는 힘이다.

⑤ 지구 주위를 도는 인공위성이 있을 때 지구가 인공위성에 작용하는 중력과 인공위성이 지구를 당기는 힘의 크기는 같다.

➡ 작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 서로 같다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ 철수에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

➡ 철수는 가만히 매달려 정지해 있으므로 철수에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

㉡ 철수가 철봉을 당기는 힘의 크기는 철수에게 작용하는 중력의 크기와 같다.

➡ 철수가 철봉을 당기는 힘은 철봉이 철수를 당기는 힘의 반작용이다. 철수에게 작용하는 중력은 철봉이 철수를 당기는 힘과 평형을 이룬다.

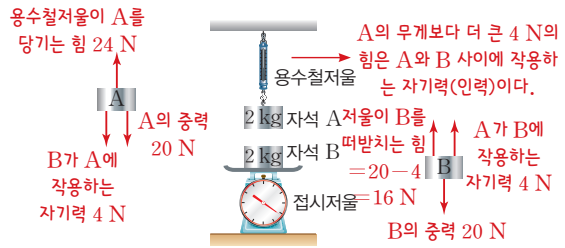
✗ 철수가 철봉을 당기는 힘과 수평면이 철봉을 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.

➡ 철수가 철봉을 당기는 힘의 반작용은 철봉이 철수를 당기는 힘이다.

08 A의 무게는 20 N이므로 A와 B 사이에 작용하는 자기력의 크기는 4 N이다. A가 B에 작용하는 자기력은 B가 A에 작용하는 자기력과 작용과 반작용의 관계이므로 B에 작용하는 자기력의 크기는 4 N이고 방향은 위 방향이다. 따라서 B의 무게보다 자기력의 크기인 4 N만큼 감소하게 되어 접시저울의 눈금은 16 N이다.

| 자료 분석 |

A와 B는 정지해 있으므로 A와 B에 각각에 작용하는 알짜힘은 0이다.



09 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 수영 선수가 벽을 미는 힘의 크기는 벽이 수영 선수를 미는 힘의 크기와 같다.

➡ 수영 선수가 벽을 미는 힘과 벽이 수영 선수를 미는 힘은 작용 반작용 관계이다.

✗ (나)에서 ~~A는 정지한 채로~~ A는 B쪽으로 B가 A쪽으로 끌려온다.

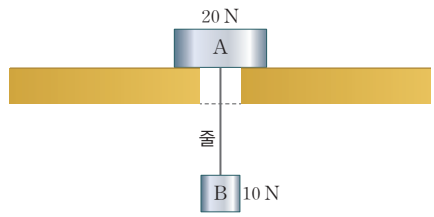
➡ A와 B는 서로를 향해 움직인다.

㉢ (다)에서 물체에 작용하는 중력과 용수철의 탄성력은 힘의 평형 관계이다.

➡ A에 작용하는 중력과 용수철의 탄성력은 동일한 물체에 작용하고 힘의 크기는 같으므로 두 힘은 평형 관계의 힘이다.

10 | 자료 분석 |

A에는 위 방향으로 책상이 A를 떠받치는 힘과 아래 방향으로 A의 중력, B가 실을 통해 A를 당기는 힘이 작용한다.



B에는 위 방향으로 A가 실을 통해 B를 당기는 힘, 아래 방향으로 중력이 작용한다.

| 선택지 분석 |

✗ A가 책상을 누르는 힘의 크기는 ~~20 N~~ 30 N이다.

➡ A는 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. 책상이 A를 떠받치는 힘은 A와 B의 중력의 합인 30 N이다.

㉡ B가 줄을 당기는 힘의 크기는 10 N이다.

➡ B가 줄을 당기는 힘의 크기는 줄이 B를 당기는 힘의 크기와 같으므로 B가 줄을 당기는 힘의 크기는 10 N이다.

✗ 줄이 A를 당기는 힘과 책상이 A를 떠받치는 힘은 평형 관계이다.

➡ 줄이 A를 당기는 힘의 크기는 10 N이고, 책상이 A를 떠받치는 힘의 크기는 30 N이다.

도전! 실력 올리기

036쪽~037쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ① **04** ④ **05** ① **06** ⑤

07 1 kg, 10 N

08 | **모범 답안** | 가속도의 크기는 감소하고 A가 B를 미는 힘의 크기는 증가한다. B의 질량이 증가하면 A와 B의 가속도의 크기는 감소하고 A에 작용하는 알짜힘은 감소한다. 따라서 B가 A를 미는 힘의 크기는 증가한다. A가 B를 미는 힘은 B가 A를 미는 힘의 반작용이므로 역시 크기가 증가한다.

09 | **모범 답안** | 3 : 2, A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 서로를 미는 힘의 크기는 같다. 힘을 받는 동안 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이므로, 질량은 B가 A의 $\frac{2}{3}$배이다.

01 수레 한 개의 질량을 M이라고 할 때, (가)에서 두 수레의 가속도는 $\frac{F}{2M}$이고, (나)에서 세 수레의 가속도는 $\frac{F}{3M}$이다. 수레 2가 A, B를 당기는 힘의 크기는 실 A, B가 수레 2를 당기는 힘과 작용 반작용 관계에 있으므로 수레 2가 A를 당기는 힘은 $M\times\left(\frac{F}{2M}\right)=\frac{F}{2}$, B를 당기는 힘은 $2M\times\frac{F}{3M}=\frac{2F}{3}$이다.

02 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.
➡ (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 반작용은 A가 p를 당기는 힘이다.

ㄴ (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{10}{3}$ m/s²이다.
➡ (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{2-1}{2+1}\times10=\frac{10}{3}$ m/s²이다.

ㄷ p가 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
➡ (가)에서 A는 정지해 있으므로 $20-T_1=0$에서 $T_1=20$ N이다. (나)에서 A에 작용하는 힘은 $20-T_2=2\times\frac{10}{3}$에서 $T_2=\frac{40}{3}$ N이다. 따라서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.
➡ A와 B에 작용하는 힘의 크기가 같고, 질량은 B가 A의 2배이므로 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

✗ A와 B가 만나기 직전 속력은 ~~A와 B가 같다.~~ A가 B의 2배이다.
➡ 속력은 가속도의 크기에 비례하므로 A와 B가 만나기 직전 속력은 A가 B의 2배이다.

✗ A가 줄을 당기는 힘과 ~~B가 줄을~~ 줄이 A를 당기는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.
➡ A가 줄을 당기는 힘의 반작용은 줄이 A를 당기는 힘이다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 용수철이 A를 잡아당기는 힘과 B가 A를 밀어내는 자기력은 작용과 반작용의 ~~관계이다~~ 관계가 아니다.
➡ 용수철이 A를 잡아당기는 힘과 반작용 관계에 있는 힘은 A가 용수철을 잡아당기는 힘이다.

ㄴ B에 작용하는 알짜힘은 0이다.
➡ B는 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄷ 지면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.
➡ A가 B를 밀어내는 자기력과 B에 작용하는 중력의 합은 지면이 B를 떠받치는 힘과 같다. 따라서 지면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 킥보드에 작용하는 알짜힘은 0이다.
➡ 킥보드는 등속도 운동을 하므로 킥보드에 작용하는 알짜힘은 0이다.

✗ 킥보드가 A에게 작용하는 힘과 ~~A가 받는 중력은~~ A가 킥보드에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다.
➡ 킥보드가 A에 작용하는 힘의 반작용은 A가 킥보드에 작용하는 힘이다.

✗ A가 킥보드에 작용하는 힘의 크기와 ~~수평면이~~ 는 킥보드에 작용하는 힘의 크기는 ~~같다~~ 보다 작다.
➡ A가 킥보드에 작용하는 힘은 A의 무게이다. 수평면이 킥보드에 작용하는 힘은 A와 킥보드의 무게의 합이다. 따라서 A가 킥보드에 작용하는 힘의 크기는 수평면이 킥보드에 작용하는 힘의 크기보다 작다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 B가 A를 떠받치는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다.
➡ (가)에서 A는 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 (가)에서 B가 A를 떠받치는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다.

✗ (가)에서 손이 B를 떠받치는 힘과 A가 B를 누르는 힘은 평형을 이룬다.
➡ 손이 B를 떠받치는 힘은 A가 B를 누르는 힘과 B에 작용하는 중력의 합과 같다.

ㄷ (나)에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 A와 B가 같다.
➡ A와 B의 질량이 같고, (나)에서 A와 B의 가속도가 같으므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 A와 B가 같다.

07 책상이 사과를 떠받치는 힘과 지구가 사과에 작용하는 중력은 서로 평형을 이루므로 사과의 질량은 1 kg이다. 사과가 지구를 당기는 힘은 사과에 작용하는 중력의 반작용이므로 10 N이다.

08 B의 질량이 증가하면 A와 B의 가속도의 크기는 감소하고 A에 작용하는 알짜힘은 감소한다. 따라서 B가 A를 미는 힘의 크기는 증가한다. B가 A를 미는 힘의 반작용은 A가 B를 미는 힘이다.

채점 기준	배점
A의 가속도, A가 B를 미는 힘의 변화와 까닭이 모두 옳은 경우	100 %
A의 가속도, A가 B를 미는 힘의 변화는 옳지만, 까닭은 옳지 않은 경우	50 %

09 A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 서로를 미는 힘의 크기는 같다. 힘을 받는 동안 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이므로, 질량은 B가 A의 $\frac{2}{3}$배이다.

채점 기준	배점
질량의 비를 옳게 구하고 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
질량의 비만 옳게 구한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

039쪽~041쪽

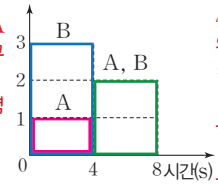
01 ① **02** ③ **03** ① **04** ④ **05** ① **06** ④
07 ② **08** ④ **09** ③ **10** ③ **11** ④ **12** ⑤

01 등가속도 운동을 하므로 $v^2-v_0^2=2as$이다. 이를 정리하면 $v=\sqrt{v_0^2+2as}$이므로 그래프는 ①이 가장 적절하다.

02 | 자료 분석 |

0초부터 4초까지 B의 속도 변화량의 크기 $=12$ m/s → 4초일 때 속력은 12 m/s

0초부터 4초까지 A의 속도 변화량의 크기 $=4$ m/s → 4초일 때 속력은 $v+4$ m/s



4초부터 8초까지 A, B의 속도 변화량의 크기 $=8$ m/s → 8초일 때 A의 속력은 $v+12$ m/s → 8초일 때 B의 속력은 20 m/s

| 선택지 분석 |

ㄱ. $L=88$ m이다.

➡ 4초일 때 A, B의 속력은 각각 $v+4$ m/s, 12 m/s이고 8초일 때 A, B의 속력은 $v+12$ m/s, 20 m/s이다. 0초부터 4초까지 B의 평균 속력은 $\frac{0+12}{2}=6$ m/s이고, 4초부터 8초까지 B의 평균 속력은 $\frac{12+20}{2}=16$ m/s이다. 따라서 8초 동안 B의 이동 거리는 $6\times4+16\times4=88$ m이다.

ㄴ. $v=6$ m/s이다.

➡ 0초부터 4초까지 A의 평균 속력은 $\frac{2v+4}{2}=v+2$이고, 4초부터 8초까지 A의 평균 속력은 $\frac{2v+16}{2}=v+8$이다. 0초부터 8초까지 A와 B의 이동 거리는 같으므로 $(v+2)\times4+(v+8)\times4=8v+40=88$에서 $v=6$ m/s이다.

✗ 4초일 때 속력은 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 4초일 때 A의 속력은 10 m/s이고, B의 속력은 12 m/s이므로 A가 B보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 두 자동차가 기준선을 통과한 순간부터 속력이 v로 같아질 때까지 걸린 시간은 4초이다.

➡ 같은 시간 t 동안 이동 거리는 A가 B보다 20 m 앞서고 있으므로 $\frac{10+v}{2}\times t-\frac{v}{2}\times t=20$이다. 따라서 4초이다.

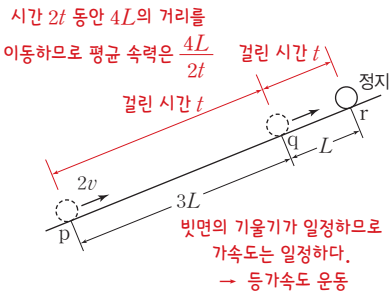
✗ $v=$ ~~30 m/s~~ 20 m/s이다.

➡ 같은 시간 동안 속도 변화량의 크기는 A가 $v-10$이고, B가 v이다. A, B의 가속도의 크기는 각각 a, $2a$이므로 $\frac{v-10}{a}=\frac{v}{2a}$에서 $v=20$ m/s이다.

✗ $a=$ ~~2 m/s²~~ 2.5 m/s²이다.

➡ A가 기준선에서 출발한 순간부터 속력이 v가 되기까지 걸린 시간은 4초이므로 가속도의 크기 $a=\frac{v-10}{4}$이고 $v=20$ m/s로부터 $a=2.5$ m/s²이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. p에서 r까지 걸린 시간은 $\frac{4L}{v}$이다.

➡ p에서 q까지 걸린 시간을 t라고 하면, p에서 r까지 걸린 시간은 $2t$이다. p에서 r까지 등가속도 운동 하므로 p에서 r까지 평균 속력은 $\frac{2v+0}{2}=v$이다. p에서 r까지 거리는 $v\times2t=4L$이므로 $t=\frac{2L}{v}$이고, p에서 r까지 걸린 시간은 $2t=\frac{4L}{v}$이다.

ㄴ. 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{2L}$이다.

➡ p에서 r까지 속도 변화량의 크기가 $2v$이고, 걸린 시간이 $2t$이므로 가속도의 크기는 $\frac{2v}{2t}=\frac{v^2}{2L}$이다.

✗ q에서의 속력은 $\frac{3}{2}v$ ~~v~~이다.

➡ p에서 q까지 걸린 시간은 t이므로 q에서의 속력은 $2v-at=2v-\left(\frac{v^2}{2L}\right)\left(\frac{2L}{v}\right)=v$이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. p와 q 사이의 거리는 v_0T이다.

➡ A, B의 가속도의 크기는 $\frac{3v_0}{T}$로 같다. T동안 B의 변위는 $s_B=\frac{1}{2}aT^2$이고, A의 변위는 $s_A=-v_0T+\frac{1}{2}aT^2$이므로 p와 q 사이의 거리는 $s_B-s_A=v_0T$이다.

✗ A가 최고점에 도달하는 순간, A와 B 사이의 거리는 $\frac{1}{4}v_0T$ → $\frac{2}{3}v_0T$이다.

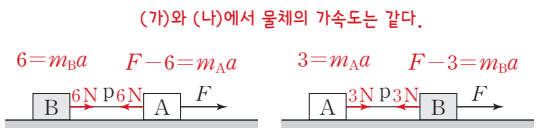
➡ 최고점에 도달하는 순간은 $\frac{1}{3}T$이고, 이 시간 동안 A는 $\frac{1}{6}v_0T$만큼 올라가고, B는 $\frac{1}{6}v_0T$만큼 내려간다. p와 q 사이의 거리는 v_0T이므로 A가 최고점에 도달하는 순간, 두 물체 사이의 거리는 $\frac{2}{3}v_0T$이다.

✗ A와 B가 만나는 순간, A의 속력은 v_0 → $2v_0$이다.

➡ A와 B의 가속도가 같으므로 속도 변화량의 크기도 같다. A와 B가 만나는 순간 A의 속력을 v라 하면, $v-(-v_0)=3v_0$에서 $v=2v_0$이다.

06 | 자료 분석 |

(가)와 (나)에서 물체의 가속도는 같다.



| 선택지 분석 |

ㄱ. A에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서와 같다.

➡ 물체의 가속도의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

✗ 질량은 A가 B의 → B가 A의 2배이다.

➡ A와 B의 가속도의 크기가 같고, 알짜힘의 크기는 B가 A의 2배이므로 질량은 B가 A의 2배이다.

ㄷ. $F=9$ N이다.

➡ A에 작용하는 힘의 크기는 3 N, B에 작용하는 힘의 크기는 6 N이므로 $F=9$ N이다.

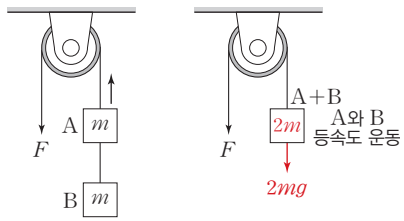
07 (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{m}{m+m}g=\frac{1}{2}g$이다. A의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로 (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{m_C-m}{m+m_C}g=\frac{1}{4}g$이다. 이를 정리하면 $m_C=\frac{5}{3}m$이다.

08 실이 끊어지기 전까지 가속도의 크기는 1 m/s^{2}이므로 $\frac{1}{2}\times1\times t^2=0.4$에서 $t=\frac{2}{\sqrt{5}}$초이다. A에 빗면 아래쪽 방향으로 작용하는 힘의 크기를 F라고 하고 A와 B를 하나의 물체로 취급하면 물체에 작용하는 힘은 $30-F=(m+3)\times1$, $-F=-4m$에서 $5m=27$이므로 $m=\frac{27}{5}$ kg이다.

09 (가)에서 A, B는 정지해 있으므로 실이 A 또는 B를 잡아당기는 힘의 크기 $F_1=mg$이다. (나)에서 A, B의 가속도의 크기는 $\frac{m}{m+m}g=\frac{1}{2}g$이므로 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}mg$이다. 따라서 $F_1:F_2=2:1$이다.

10 | 자료 분석 |

(가)에서 A와 B를 질량이 $2m$인 한 물체로 생각하면



(가)

(A+B)물체는 등속도 운동을 하므로 알짜힘이 0이다. 따라서 F는 (A+B)물체의 중력의 크기와 같은 $2mg$이다.

(가)에서 물체는 등속도 운동을 하므로 $F=2mg$이다. (나)에서 A와 C에 작용하는 힘에 대한 운동 방정식은 $F-(m+m_C)g=(m+m_C)\frac{1}{3}g$에서 $F=2mg$이므로 $m_C=\frac{1}{2}m$이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ. A의 가속도의 크기는 5 m/s^{2}이다.

➡ A의 가속도의 크기를 a라 하면, A, B, C에 작용하는 알짜힘은 $60-30=(3+2+1)\times a$에서 $a=5$ m/s^{2}이다.

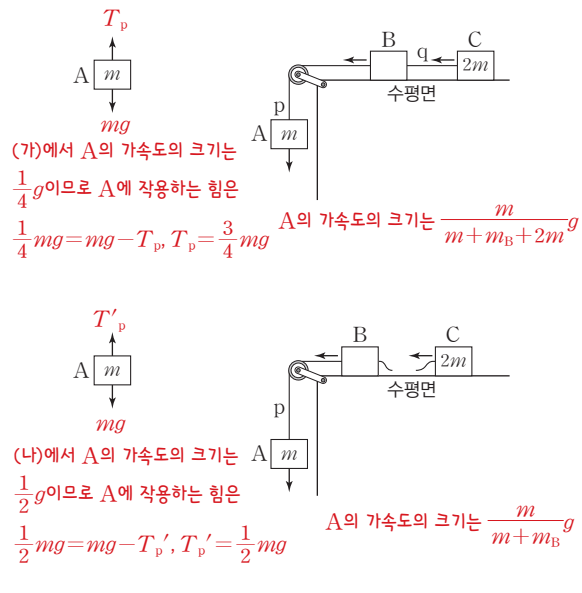
ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 45 N이다.

➡ A에 작용하는 힘 $T_p-30=3\times5$에서 $T_p=45$ N이다.

✗ q가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 C를 당기는 힘의 크기보다 작다 → 같다.

➡ q가 B를 당기는 힘의 크기를 T_B, q가 C를 당기는 힘의 크기를 T_C라 하면, C에 작용하는 힘은 $60-T_C=1\times5$에서 $T_C=55$ N이다. B에 작용하는 힘은 $T_B-T_p=2\times5$에서 $T_p=45$ N이므로 $T_B=55$ N이다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이다.
$\frac{1}{4}g$

➡ (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{m}{m+m_B+2m}g$이고, (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{m}{m+m_B}g$이다. $\frac{2m}{m+m_B+2m}g=\frac{m}{m+m_B}g$에서 $m_B=m$이다. 따라서 (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{4}g$이다.

ㄴ (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.

➡ p가 A를 당기는 힘의 크기는 p가 B를 당기는 힘의 크기와 같다. B는 왼쪽 방향으로 등가속도 운동을 하므로 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.

ㄷ p가 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

➡ (가)에서 $mg-T_p=\frac{1}{4}mg$이고, (나)에서 $mg-T_p'=\frac{1}{2}mg$이다. 따라서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서는 $T_p=\frac{3}{4}mg$이고, (나)에서는 $T_p'=\frac{1}{2}mg$이다.

04 운동량 보존 법칙

탐구POOL 044쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ **02** $\frac{2}{3}v$

01 (2) B의 질량과 처음 속력이 일정할 때 A의 질량이 작을수록 나중 속력이 커진다.

02 충돌 전과 충돌 후의 운동량의 총합은 보존되므로 $2mv=(2m+m)v'$에서 $v'=\frac{2}{3}v$이다.

콕콕! 개념 확인하기 045쪽

✔ 잠깐 확인!

1 운동량, 질량, 속도 **2** 방향 **3** 속도 **4** 운동량 보존 **5** 운동 에너지 **6** 완전 비탄성

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **02** (1) 15 kg·m/s (2) 50 kg·m/s **03** (1) × (2) × **04** 왼쪽 방향, $\frac{2}{3}$ m/s **05** $\frac{12}{5}$ m/s

01 (1) 운동량은 물체의 질량과 속도의 곱으로 정의된다.
(3) 속력이 같을 때 질량이 클수록 운동량의 크기는 크다.

02 (2) 지면에 닿기 직전의 속력은 $\sqrt{2\times10\times5}=10$ m/s이다. 질량은 5 kg이므로 운동량의 크기는 $5\times10=50$ kg·m/s이다.

03 (1) 외력이 작용하지 않는 물체 A, B가 충돌할 때 충돌 전후 두 물체의 운동량의 변화량은 같다.
(2) 운동량이 보존되기 위한 조건은 두 물체들 간의 상호 작용에서 외력이 작용하지 않는 것이다.

04 $(5\times1)-(3\times3)=-2+3v$에서 B의 속력 $v=-\frac{2}{3}$ m/s이고 운동 방향은 왼쪽 방향이다.

05 $(2\times3)+(3\times2)=5v$에서 $v=\frac{12}{5}$ m/s이다.

탄탄! 내신 다지기 046쪽~047쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ② **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ③ **07** 1 : 2 **08** ① **09** ④

01 | 선택지 분석 |

✗ 운동량은 ~~크기만을~~ 크기와 방향을 갖는 물리량이다.

➡ 운동량은 크기와 방향을 갖는 물리량이다.

ㄴ 물체에 힘이 작용하면 운동량이 변한다.

➡ 물체에 힘이 작용하면 속도가 변하므로 운동량이 변한다.

ㄷ 운동량의 방향은 물체의 운동 방향과 항상 같다.

➡ 운동량은 질량과 속도의 곱이다. 따라서 운동량의 방향은 물체의 운동 방향과 항상 같다.

02 | 선택지 분석 |

① 공의 운동량이 클수록 볼링핀이 더 많이 쓰러진다.
➡ 축구공보다 볼링공이, 속도가 느린 쪽보다 빠른 쪽이 운동량이 커서 볼링핀을 더 많이 쓰러뜨릴 수 있다.

② 속력이 같을 때 질량이 클수록 운동량이 크다.
➡ 운동량은 질량에 비례한다.

③ 질량이 같을 때 속력이 빠를수록 운동량이 크다.
➡ 운동량의 크기는 속력에 비례한다.

④ 볼링공과 축구공을 같은 속력으로 굴릴 때 축구공의 운동량이 더 크다.
➡ 볼링공을 굴릴 때 볼링핀이 더 많이 쓰러졌으므로 볼링공의 운동량이 더 크다.

⑤ 동일한 볼링공을 빠르게 굴릴 때 운동량이 크다.
➡ 운동량은 질량이 클수록, 속력이 빠를수록 크다.

03 A의 운동량의 크기는 $1\times2=2$ kg·m/s이고, B의 운동량의 크기는 $2\times3=6$ kg·m/s이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. A는 등속도 운동을 한다.
➡ 위치-시간 그래프에서 기울기는 속도이다. A는 2 m/s로 등속도 운동을 한다.

ㄴ. 2초일 때 A의 운동량의 크기는 4 kg·m/s이다.
➡ A는 2 m/s의 속력으로 운동하므로 운동량의 크기는 2 kg $\times$2 m/s=4 kg·m/s이다.

ㄷ. A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
➡ A는 등속도 운동을 하므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 충돌 과정에서 A가 B에 작용한 힘의 크기는 B가 A에 작용한 힘의 크기와 같다.
➡ A가 B에 작용한 힘과 B가 A에 작용한 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 힘의 크기가 같다.

ㄴ. 충돌 전후 운동량의 변화량의 크기는 A와 B가 같다.
➡ 충돌 과정에서 운동량의 변화량의 크기는 A와 B가 같다.

ㄷ. 충돌 전후 속도 변화량의 크기는 A가 B보다 작다.
➡ 질량은 A가 B보다 크므로 속도 변화량의 크기는 A가 B보다 작다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A를 던진 후 우주인의 속력은 v보다 ~~크다~~ 작다.
➡ A를 던지기 전 운동량은 0이고, 질량은 우주인이 A보다 크므로 우주인의 속력은 v보다 작다.

✗ A를 던진 후 운동량의 크기는 우주인이 ~~A보다 크다~~ A와 같다.
➡ A를 던지지 전 물체와 우주인의 운동량의 합은 0이므로 A를 던진 후 운동량의 크기는 A와 우주인이 같다.

ㄷ. 우주인이 A를 던질 때 우주인이 A에 작용하는 힘의 크기는 A가 우주인에 작용하는 힘의 크기와 같다.
➡ 두 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 힘의 크기가 서로 같다.

07 운동량 보존 법칙에 의해 $m_A\times3$ m/s$=(m_A+m_B)\times1$ m/s이므로 $m_A:m_B=1:2$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. 충돌 후 B의 운동량의 크기는 충돌 전 A의 운동량의 크기와 같다.
➡ 충돌 과정에서 운동량은 보존된다.

✗ 질량은 ~~A가 B의~~ B가 A의 2배이다.
➡ $m_Av=m_B\left(\frac{v}{2}\right)$에서 $m_B=2m_A$이다.

✗ 충돌 과정에서 운동량의 변화량의 크기는 ~~A가 B보다 크다~~ A와 B가 같다.
➡ 충돌 과정에서 A, B가 서로에게 작용한 힘의 크기는 같으므로 운동량의 변화량의 크기는 같다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. 평균 속력은 A가 B보다 작다.
➡ 타점의 개수가 A가 B보다 많으므로 s만큼 이동하는 데 걸린 시간은 A가 B보다 크다. 따라서 평균 속력은 A가 B보다 작다.

✗ 가속도의 크기는 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 같은 거리를 이동하는 데 걸린 시간은 A가 B보다 크므로 가속도의 크기는 A가 B보다 작다.

ㄷ. 운동량의 변화량의 크기는 A가 B보다 작다.
➡ 가속도의 크기가 B가 A보다 크므로 속력 변화는 B가 A보다 크다. 따라서 운동량의 변화량의 크기는 A가 B보다 작다.

도전! 실력 올리기

048쪽~049쪽

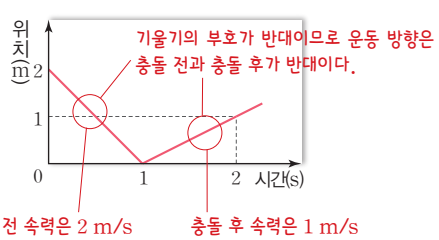
01 ④ **02** ③ **03** ③ **04** ① **05** ④ **06** ③ **07** ①

08 6 m/s

09 | 모범 답안 | 1 m/s, 3 m/s, A, B가 1초일 때 기준선으로부터 3 m인 위치에서 충돌하므로 충돌 전 A의 속력은 3 m/s이고, B의 속력은 1 m/s이다. 충돌 후 A의 속력이 1 m/s이므로 운동량 보존 법칙에 의해 B의 속력은 3 m/s이다.

10 | 모범 답안 | 2 : 3, A가 B와 한 덩어리가 되어 운동할 때 속력은 $\frac{1}{2}v$이므로 $t_1=\frac{2L}{v}$이다. A, B가 C와 한 덩어리가 되어 운동할 때 속력은 $\frac{1}{3}v$이므로 $t_2=\frac{3L}{v}$이다. 따라서 $t_1:t_2=2:3$이다.

01 | 자료 분석 |



충돌 후 A의 운동 방향은 충돌 전과 반대가 된다. 충돌 전 A의 운동 방향을 음(−)의 방향이라고 하면, $-2m+mv_B=2m\times1$에서 B의 속력은 4 m/s이다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 충돌 후 B의 속력은 0.8 m/s이다.
➡ 충돌 과정에서 운동량은 보존되므로 $1\times2=1\times0.4+2\times v_B$에서 $v_B=0.8$ m/s이다.

ㄴ 충돌 과정에서 운동량의 변화량의 크기는 B가 C보다 크다.
➡ (나)에서 충돌 후 A와 C는 한 덩어리가 되어 운동하므로 $1\times2=(1+2)\times v_C$에서 $v_C=\frac{2}{3}$ m/s이다. B의 운동량의 변화량의 크기는 $2\times0.8=1.6$ kg·m/s이고, C의 운동량의 변화량의 크기는 $2\times\frac{2}{3}=\frac{4}{3}$ kg·m/s이다.

✗ 충돌 후 A의 운동량의 크기는 ~~(가)에서와 (나)에서가 같다~~ (가)에서가 (나)에서보다 작다.
➡ 충돌 후에 A의 운동량의 크기는 (가)에서는 $1\times(0.4)=0.4$ kg·m/s이고, (나)에서는 $1\times\left(\frac{2}{3}\right)=\frac{2}{3}$ kg·m/s이다.

03 충돌 후, 물체의 속도를 각각 v_A, v_B라고 하면, $v_B=v_A+v$이다. 충돌 과정에서 운동량이 보존되므로 $2mv=mv_A+mv_B$에서 $v_A=\frac{1}{2}v$, $v_B=\frac{3}{2}v$이다. 따라서 A의 운동량의 변화량의 크기는 $\left|m\left(\frac{1}{2}v\right)-m(2v)\right|=\frac{3}{2}mv$이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ 수레 멈추개에 도달하기 직전 속력은 A가 B보다 크다.
➡ 같은 시간 동안 이동 거리가 A가 B보다 크다.

✗ 수레 멈추개에 도달하기 직전 운동량의 크기는 ~~A가 B보다 크다~~ A와 B가 같다.
➡ 용수철을 통기기 전 운동량의 총합은 0이므로 수레 멈추개에 도달하기 직전 운동량의 크기는 A와 B가 같다.

✗ 질량은 ~~A가 B의~~ B가 A의 2배이다.
➡ 운동량의 크기가 같고, 속력은 A가 B의 2배이므로 질량은 B가 A의 2배이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 철수가 영희를 미는 힘과 영희가 철수에게 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다.
➡ 반발 과정에서 서로에게 작용하는 힘은 작용 반작용 관계로 크기가 같고 방향이 서로 반대이다.

✗ 철수가 영희를 밀어 준 후 철수와 영희의 운동량의 크기의 비는 ~~3 : 2~~ 1 : 1이다.
➡ 철수와 영희가 처음에 정지하고 있었으므로 철수가 영희를 밀어 준 후 철수와 영희의 운동량의 크기는 같다.

ㄷ 영희의 질량은 50 kg이다.
➡ 철수가 영희를 밀어 준 후 속력의 비가 2 : 3이고, 운동량의 크기가 같으므로 철수와 영희의 질량비는 3 : 2이다.

06 B와 C의 충돌 과정에서 운동량 보존 법칙을 적용하면 $mv=-mv_B+2m(0.6v)$에서 $v_B=0.2v$이다. B가 A와 충돌할 때까지 이동 거리는 $2d$이므로 걸린 시간은 $\frac{2d}{0.2v}=\frac{10d}{v}$이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ 충돌 전 속력은 A가 B보다 크다.
➡ A와 B가 충돌했으므로 속력은 A가 B보다 크다.

✗ 질량은 ~~A가 B보다~~ B가 A보다 크다.
➡ 충돌 전 운동량의 크기는 A와 B가 같으므로 질량은 B가 A보다 크다.

✗ $p=\frac{p_A-p_B}{2}$ $\frac{p_A+p_B}{2}$이다.
➡ 충돌 전과 충돌 후의 운동량의 총합은 같으므로 $p=\frac{p_A+p_B}{2}$이다.

08 충돌 후 A, B의 운동량의 합은 $1.5\times2=3$ kg·m/s이므로 충돌 전 A의 속도는 $0.5\times v=3$ kg·m/s에서 $v=6$ m/s이다.

09 A, B가 1초일 때 기준선으로부터 3 m인 위치에서 충돌하므로 충돌 전 A의 속력은 3 m/s이고, B의 속력은 1 m/s이다. 그래프에서 충돌 후 A의 속력이 1 m/s이므로 운동량 보존 법칙에 의해 충돌 후 B의 속력은 3 m/s이다.

채점 기준	배점
A와 B의 속력과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
A와 B의 속력만 옳은 경우	50 %

10 A가 B와 한 덩어리가 되어 운동할 때 속력은 $\frac{1}{2}v$이므로 $t_1=\frac{2L}{v}$이다. A, B가 C와 한 덩어리가 되어 운동할 때 속력은 $\frac{1}{3}v$이므로 $t_2=\frac{3L}{v}$이다. 따라서 $t_1:t_2=2:3$이다.

채점 기준	배점
$t_1:t_2$를 옳게 구하고 풀이 과정이 옳은 경우	100 %
$t_1:t_2$만 옳은 경우	50 %

05 충격량

탐구POOL 052쪽

01 (1) ○ (2) × **02** ㄱ, ㄷ

01 (1) 힘－시간 그래프 아래의 넓이가 같으므로 충격량의 크기는 A와 B가 같다.
(2) 충격량은 A와 B가 같고, 힘을 받는 시간은 B가 A보다 크므로 충격력의 크기는 A가 B보다 크다.

02 골프채를 휘둘러 공과의 충돌 시간을 길게 하는 것은 힘이 일정할 때 시간을 길게 해서 충격량을 크게 하는 사례이다.

콕콕! 개념 확인하기 053쪽

✔ 잠깐 확인!
1 충격량 **2** 변화량, 힘 **3** 충격량 **4** 충격력
5 길수록 **6** 길게

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × **02** 5 N·s
03 2 m/s **04** 4 N **05** (1) ○ (2) × (3) ○ **06** ㄱ, ㄷ

01 (4) 운동량－시간 그래프에서 기울기는 알짜힘을 의미한다.

02 $I=Ft$에서 $I=50\times0.1=5$ N·s이다.

03 나중 운동량을 p라 하면, 충격량은 운동량의 변화량이므로 $p-(10\times5)=-30$에서 $p=20$ kg·m/s이다. 물체의 질량이 10 kg이므로 물체의 속력은 2 m/s이다.

04 물체가 받은 충격력의 크기는 충격량의 크기를 힘이 작용한 시간으로 나눠 준 값이다.

05 (2) 충격량이 일정할 때 충돌 시간과 충격력의 크기는 반비례한다.

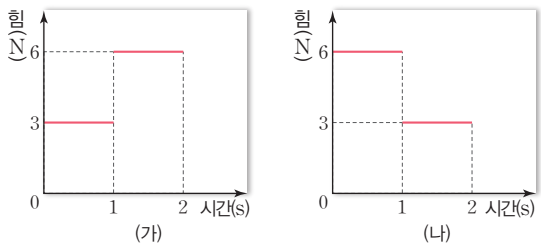
탄탄! 내신 다지기 054쪽~055쪽

01 ③ **02** ④ **03** ③ **04** ② **05** ⑤ **06** ② **07** ⑤
08 $\frac{3mv}{t}$ **09** ③ **10** ⑤

01 물체가 받은 충격량의 크기는 힘의 크기와 힘이 작용한 시간의 곱이다. 따라서 $2\times10=20$ N·s이다.

02 | 선택지 분석 |
✗ 철수: 충격량은 크기는 ~~있지만 방향은 없는~~ 물리량이다.
와 방향을 모두 갖는
➡ 충격량에서는 크기와 방향 모두 중요하다.
○ 영희: 충격량의 크기는 힘의 크기와 힘이 작용한 시간의 곱이다.
➡ 충격량의 정의는 힘과 힘이 작용한 시간의 곱으로 주어진다.
○ 민수: 힘－시간 그래프에서 그래프와 시간 축으로 둘러싸인 부분의 넓이는 충격량의 크기를 나타내.
➡ 힘－시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 충격량을, 운동량－시간 그래프에서 기울기는 알짜힘을 의미한다.

03 | 자료 분석 |
물체의 질량은 (가)와 (나)에서 같으므로 질량을 m이라 하면,



	(가)		(나)	
	0초~1초	1초~2초	0초~1초	1초~2초
가속도의 크기	$\frac{3}{m}$	$\frac{6}{m}$	$\frac{6}{m}$	$\frac{3}{m}$
속력	1초일 때 속력: $\frac{3}{m}$	2초일 때 속력: $\frac{9}{m}$	1초일 때 속력: $\frac{6}{m}$	2초일 때 속력: $\frac{9}{m}$
평균 속력	$\frac{3}{2m}$	$\frac{6}{m}$	$\frac{3}{m}$	$\frac{15}{2m}$
이동 거리	$\frac{3}{2m}$	$\frac{6}{m}$	$\frac{3}{m}$	$\frac{15}{2m}$
	$\frac{15}{2m}$		$\frac{21}{2m}$	

| 선택지 분석 |
○ ㄱ 0초부터 2초까지 물체가 받은 충격량의 크기
➡ 힘－시간 그래프에서 면적은 충격량이다. 0초부터 2초까지 (가)와 (나)에서 힘과 시간축이 이루는 면적은 같다.
○ ㄴ 2초일 때 속력
➡ 0초부터 2초까지 운동량의 변화량이 같다.
✗ 0초부터 2초까지 이동한 거리
➡ 0초부터 2초까지 이동 거리는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

04 | 선택지 분석 |
① 0초부터 2초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 5 N·s이다.
➡ 충격량의 크기는 $5\times2\times\frac{1}{2}=5$ N·s이다.
✓ ② 2초부터 4초까지 동안에 가속도의 크기는 ~~일정하다~~ 증가한다.
➡ 힘의 크기가 증가하므로 가속도의 크기도 증가한다.
③ 2초부터 4초까지 운동량의 변화량의 크기는 15 kg·m/s이다.

➡ 2초부터 4초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 $(5+10)\times2\times\frac{1}{2}=15$ N·s이므로 운동량의 변화량의 크기는 15 kg·m/s이다.

④ 4초일 때 가속도의 크기는 5 m/s²이다.

➡ 4초일 때 물체에 작용하는 힘의 크기가 10 N이고, 물체의 질량은 2 kg이므로 가속도의 크기는 $\frac{10}{2}=5$ m/s²이다.

⑤ 4초일 때 물체의 속력은 10 m/s이다.

➡ 4초일 때 운동량의 크기는 $10\times4\times\frac{1}{2}=20$ kg·m/s이고, 물체의 질량은 2 kg이므로 속력은 10 m/s이다.

05 | 선택지 분석 |

✕ 0초부터 1초까지 가속도의 크기는 ~~일정하다~~ 증가한다.

➡ 가속도의 크기는 힘의 크기에 비례한다. 힘의 크기가 증가하므로 가속도의 크기도 증가한다.

ㄴ 0초부터 2초까지 물체에 작용한 충격량의 크기는 6 N·s이다.

➡ 물체가 받은 충격량의 크기는 물체의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 2초일 때 물체의 속력은 3 m/s이므로 2초일 때 충격량의 크기는 6 N·s이다.

ㄷ $F=6$ N이다.

➡ 힘-시간 그래프에서 그래프 아래의 면적은 물체에 작용한 충격량이다. $F\times2\times\frac{1}{2}=6$ N·s이므로 $F=6$ N이다.

06 힘-시간 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량의 크기를 의미한다. 그래프 아래의 넓이가 같으므로 충격량의 크기가 12 N·s로 같다. 따라서 물체가 받은 충격력의 크기는 2 N이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ 0초부터 0.10초까지 물체가 이동한 거리는 1 m이다.

➡ 속도-시간 그래프의 면적은 변위이다. 직선 운동 하는 물체의 변위의 크기와 이동 거리는 같다.

ㄴ 벽에 닿기 전 물체의 운동량의 크기는 20 kg·m/s이다.

➡ 운동량은 질량과 속도의 곱으로 정의된다. 운동량$=2$ kg$\times$10 m/s$=20$ kg·m/s이다.

ㄷ 벽과 충돌하는 동안 벽이 물체에 작용한 힘의 크기는 2000 N이다.

➡ 물체에 작용한 충격력의 크기는 $\frac{2\times10}{0.01}=2000$ N이다.

08 방망이와 충돌 후 공의 운동 방향이 충돌 전과 반대 방향이므로 운동량의 변화량의 크기는 $3mv$이다. 물체에 작용한 충격력의 크기는 $\frac{3mv}{t}$이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ 면봉이 힘을 받는 시간은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

➡ 빨대를 벗어나기까지 걸린 시간이 (나)가 더 길므로 면봉이 힘을 받는 시간은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

ㄴ 빨대를 반으로 잘라서 실험해도 (가)와 같은 효과를 낼 수 있다.

➡ 빨대를 반으로 자르면 힘을 받는 시간이 짧아진다.

✕ 면봉이 받는 충격량의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ 충격력의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같고 힘을 받는 시간이 (나)에서 더 길므로 면봉이 받는 충격량의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ 공중 곡예사 밑에 그물을 설치한다.

➡ 그물을 설치하면 곡예사가 힘을 받는 시간이 길어져서 곡예사가 받는 충격력이 감소한다.

✕ 대포의 포신을 길게 한다.

➡ 포신을 길게 하면 포탄이 힘을 받는 시간이 길어져서 충격량이 커진다.

ㄷ 높이뛰기 선수가 착지하는 곳에 두꺼운 매트를 설치한다.

➡ 두꺼운 매트를 설치하면 높이뛰기 선수가 힘을 받는 시간이 길어져 선수가 받는 충격력이 감소한다.

도전! 실력 올리기

056쪽~057쪽

01 ⑤ **02** ③ **03** ② **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ④

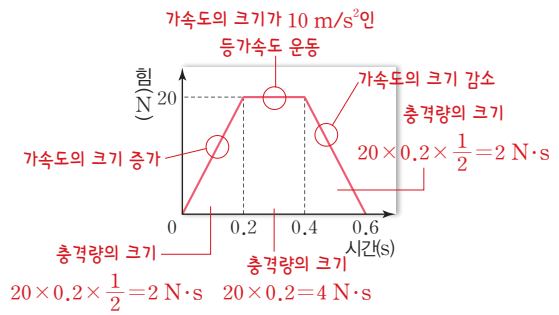
07 8 m/s

08 | 모범 답안 | 방망이가 공에 작용하는 힘을 작용하는 시간을 길게 하면 공에 작용하는 충격량이 증가하므로 공의 속력이 커져 공이 멀리 날아간다.

09 | 모범 답안 | $I_1<I_2<I_3$, A, B, C의 질량을 m이라고 하면, A가 받은 충격량은 $|3m-5m|=2m$, B가 받은 충격량은 $|0-5m|=5m$, C가 받은 충격량의 크기는 $|-2m-5m|=7m$이다. 따라서 $I_1<I_2<I_3$이다. P, Q, R가 받은 충격량은 각각 A, B, C가 받은 충격량과 같다.

01 운동량-시간 그래프에서 기울기는 물체에 작용한 알짜힘이다. 0초부터 2초까지 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 5 N으로 일정하고, 2초부터 4초까지 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 5 N으로 일정하다. 2초를 전후로 알짜힘의 방향은 반대이다. 가장 적절한 그래프는 ⑤번이다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 0초부터 0.2초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 2 N·s이다.
➡ 0초부터 0.2초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 $20\times0.2\times\frac{1}{2}=2$ N·s이다.

✗ 물체의 운동량의 크기는 0.2초일 ~~때와~~ 때가 0.4초일 ~~때가~~ 때보다 ~~같다~~ 작다.
➡ 0.2초부터 0.4초까지 등가속도 운동을 하므로 속력이 증가한다. 따라서 운동량의 크기는 증가한다. 0.2초일 때 운동량의 크기는 2 N·s이고, 0.4초일 때 운동량의 크기는 6 N·s이다.

ㄷ. 0.6초일 때 물체의 속력은 4 m/s이다.
➡ 0초부터 0.6초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 $(0.6+0.2)\times20\times\frac{1}{2}=8$ N·s이다. 물체의 질량은 2 kg이므로 물체의 속력은 $\frac{8}{2}=4$ m/s이다.

03 0초부터 3초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 6 N·s이다. 따라서 3초일 때 물체의 속력은 $\frac{6}{2}=3$ m/s이다.

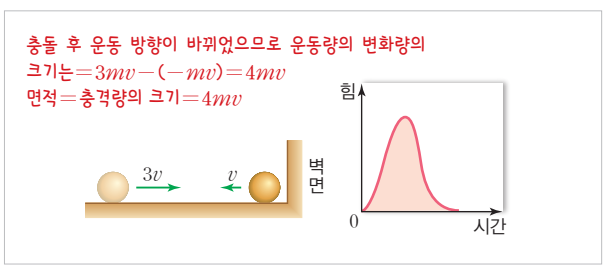
04 | 선택지 분석 |

✗ 물체가 벽에 작용한 충격량의 크기는 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 물체가 벽에 작용한 충격량의 크기는 벽이 물체에 작용한 충격량의 크기와 같으므로 A가 100 N·s이고, B가 150 N·s이다.

ㄴ. 벽과 충돌하기 전 운동량의 크기는 B가 A보다 크다.
➡ 충돌 후 A, B의 운동량의 크기는 0이고, 충격량의 크기는 B가 A보다 크므로 충돌 전 운동량의 크기는 B가 A보다 크다.

ㄷ. 질량은 B가 A의 $\frac{3}{2}$배이다.
➡ 충돌 과정에서 물체가 받은 충격량의 크기는 B가 A의 $\frac{3}{2}$배이고 속도의 변화량은 A와 B가 같으므로 질량은 B가 A의 $\frac{3}{2}$배이다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 물체가 벽면과 충돌하기 전 운동량의 크기는 $3mv$이다.
➡ 벽면과 충돌하기 전 물체의 운동량의 크기는 $3mv$이다.

ㄴ. 공이 충돌하는 동안 공이 벽에 작용한 힘의 크기는 벽이 공에 작용한 힘의 크기와 같다.
➡ 물체와 벽이 서로 작용하는 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 크기가 같다.

ㄷ. (나)에서 힘과 시간축이 이루는 면적은 $4mv$이다.
➡ 힘과 시간축이 이루는 면적은 물체가 받은 충격량의 크기이므로 $4mv$이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 충돌 과정에서 A의 운동량 변화량의 크기는 ~~$2mv$~~ $4mv$이다.
➡ A가 벽과 충돌하면서 운동 방향이 반대 방향으로 바뀌었으므로 A의 운동량의 변화량의 크기는 $3mv+mv=4mv$이다.

ㄴ. B가 벽과 충돌하는 동안 B가 벽에 작용한 힘의 방향은 벽이 B에 작용한 힘의 방향과 반대이다.
➡ B가 벽에 작용한 힘과 벽이 B에 작용한 힘은 작용과 반작용의 관계이므로 크기가 같고 방향이 반대이다.

ㄷ. 충돌하는 동안 벽이 물체에 작용하는 평균 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{5}{2}$배이다.
➡ A가 받은 충격량의 크기는 $4mv$이고, B가 받은 충격량의 크기는 $5mv$이다. A, B가 벽과 충돌하는 시간을 각각 $2t$, t이므로 물체가 받은 평균 힘의 크기는 A가 $\frac{4mv}{2t}$이고, B가 $\frac{5mv}{t}$이다.

07 물체에 가해진 충격량은 2 N×2 s=4 N·s이고, 이는 물체의 운동량 변화량과 같으므로 2초 후의 속력은 8 m/s이다.

08 방망이가 공에 작용하는 힘을 작용하는 시간을 길게 하면 공에 작용하는 충격량이 증가하므로 공의 속력이 커져 공이 멀리 날아간다.

채점 기준	배점
힘을 작용하는 시간을 길게 해 충격량이 커진다고 설명하는 경우	100 %
힘을 작용하는 시간에 대해 설명하지 않고, 충격량이 커진다고만 설명하는 경우	50 %

09 A, B, C의 질량을 m이라 하면, A가 받은 충격량은 $|3m-5m|=2m$, B가 받은 충격량은 $|0-5m|=5m$, C가 받은 충격량의 크기는 $|-2m-5m|=7m$이다. P, Q, R가 받은 충격량은 각각 A, B, C가 받은 충격량과 같다. 따라서 $I_1<I_2<I_3$이다.

채점 기준	배점
P, Q, R가 받은 충격량의 크기를 옳게 비교하고, 풀이 과정이 옳은 경우	100 %
P, Q, R가 받은 충격량의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기 059쪽~062쪽

01 ④	02 ③	03 ⑤	04 ①	05 ③	06 ⑤	07 ⑤
08 ④	09 ④	10 ⑤	11 ⑤	12 ④	13 ⑤	14 ③
15 ⑤	16 ④					

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. B의 질량은 1 kg이다.

➡ 충돌 전후 운동량은 보존되므로 $2\times1+m_B\times0=2\times\frac{1}{3}+m_B\times\frac{4}{3}$에서 $m_B=1$ kg이다.

✕ A와 B가 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 충돌 전후 A의 운동량 변화량의 크기~~보다 작다~~와 같다.

➡ A와 B가 충돌하는 동안에 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 충돌 전과 후 B의 운동량의 변화량의 크기와 같고, B의 운동량의 변화량의 크기는 A의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 따라서 A와 B가 충돌하는 동안에 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 충돌 전과 후 A의 운동량의 변화량의 크기와 같다.

ㄷ. 한 덩어리가 된 B와 C의 속력은 $\frac{2}{3}$ m/s이다.

➡ $1\times\frac{4}{3}=(1+1)\times V$에서 $V=\frac{2}{3}$ m/s이다.

02 | 자료 분석 |

충돌 후 운동 방향이 반대로 바뀌었으므로
A가 받은 충격량의 크기는 $mv+2mv=3mv$



B가 받은 충격량의 크기도 $3mv$이므로
충돌 후 속력은 $\frac{3}{2}mv$이다.

B가 받은 충격량의 크기는 B의 운동량의 변화량의 크기와 같다. 충돌 과정에서 운동량은 보존되므로 $m(2v)+0=-mv+2m(v_B)$에서 $v_B=\frac{3}{2}v$이다. 따라서 B의 운동량의 변화량은 $2m\times\frac{3}{2}v=3mv$이다.

03 운동량의 크기는 속력에 비례하므로 충돌 후 속력은 $0.8v$이다. 충격량의 크기는 물체의 운동량의 변화량의 크기와 같으므로 $|-0.8p-p|=1.8p$이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. 0부터 t_0까지 물체가 받은 충격량의 크기는 A가 B보다 작다.

➡ 충격량의 크기는 힘과 시간축이 이루는 넓이이다. 따라서 충격량의 크기는 A가 B보다 작다.

✕ t_0일 때, 물체의 속력은 ~~A가 B보다 작다~~ A와 B가 같다.

➡ t_0일 때 A의 운동량의 크기는 $\frac{1}{2}F_0t_0$이고, B의 운동량의 크기는 F_0t_0이다. t_0일 때 운동량의 크기는 B가 A의 2배이고, 질량은 B가 A의 2배이므로 속력은 A와 B가 같다.

✕ $2t_0$일 때, 물체의 운동량의 크기는 ~~A가 B보다 작다~~ A와 B가 같다.

➡ $2t_0$일 때 A의 운동량의 크기는 $2F_0t_0$이고, B의 운동량의 크기는 $2F_0t_0$이므로 서로 같다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 2 N·s이다.

➡A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기와 같다. 따라서 2 N·s이다.

ㄴ. 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 평균 힘의 크기는 200 N이다.

➡ $F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{2}{0.01}=200$ N이다.

✕ 충돌 후 A의 운동 방향은 충돌 전과 ~~반대이다~~ 같다.

➡ A가 받은 충격량의 크기가 2 N·s이므로 충돌 후 A의 운동량의 크기는 $4-2=2$ kg·m/s이다. 따라서 A는 충돌 전과 같은 방향으로 1 m/s의 속력으로 운동한다.

06 | 선택지 분석 |

✕ 달걀이 받은 충격량의 크기는 ~~(가)가 (나)보다 크다~~ (가)에서와 (나)에서가 같다.

➡ 같은 높이에서 떨어져 정지하였으므로 충격량의 크기는 같다.

ㄴ. 충돌 시간은 (가)가 (나)보다 작다.

➡ 충돌 시간은 마룻바닥에 떨어질 때가 방석에 떨어질 때보다 짧다.

ㄷ. 충격력의 크기는 (가)가 (나)보다 크다.

➡ 충격량은 같고 충돌 시간은 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 충격력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기는 $\frac{2}{3}mv_0$이다.

➡ B가 받은 충격량의 크기는 힘과 시간축이 이루는 면적이므로 $\frac{2}{3}mv_0$이다.

✕ 충돌 후 A의 속력은 ~~$\frac{2}{3}v_0$~~ $\frac{1}{3}v_0$이다.

➡ 충돌 과정에서 운동량은 보존되므로 $mv_0+0=mv_A+\frac{2}{3}mv_0$에서 $v_A=\frac{1}{3}v_0$이다.

ㄷ. 충돌 후 A와 B의 운동량의 합의 크기는 mv_0이다.

➡ 운동량은 보존되므로 충돌 후 A와 B의 운동량의 합의 크기는 mv_0이다.

08 정지 상태에서 출발하여 등가속도 운동 하는 물체의 속력은 $\sqrt{2as}$이므로 Q에서 속력은 $\sqrt{2aL}=v$, R에서 속력은 $\sqrt{2a(2L)}=\sqrt{2}v$이다. 물체의 질량을 m이라 하면, $I_1=mv$이고, $I_2=\sqrt{2}mv-mv=(\sqrt{2}-1)mv$이다. 따라서 $\frac{I_2}{I_1}=\sqrt{2}-1$이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. 0부터 t_1까지 공이 받은 충격량의 크기는 A가 B보다 크다.

➡ 0부터 t_1까지 운동량의 변화량이 A가 B보다 크므로 충격량

의 크기도 A가 B보다 크다.

ㄴ t_2일 때 공의 속력은 A가 B보다 크다.

➡ t_2일 때 운동량이 같고, 질량은 B가 A의 2배이므로 속력은 A가 B의 2배이다.

✗ 0부터 t_1까지 A가 받은 평균 힘의 크기는 0부터 t_2까지 B가 받은 평균 힘의 크기보다 ~~작다~~ 크다.

➡ 충격량의 크기는 A와 B가 같고, 충돌 시간이 A가 B보다 작으므로 평균 힘의 크기는 A가 B보다 크다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 충돌 전 운동량의 크기는 A가 B의 ~~4배~~ 8배이다.

➡ 충돌 전 A, B의 속력은 각각 2 m/s, $\frac{1}{2}$ m/s이므로 속력은 A가 B의 4배이다. 질량은 A가 B의 2배이므로 운동량의 크기는 A가 B의 8배이다.

ㄴ 충돌하는 동안 속도 변화량의 크기는 B가 A의 2배이다.

➡ 충돌 후 A, B의 속력은 $\frac{3}{2}$ m/s이다. 따라서 물체의 속도 변화량의 크기는 A가 $\frac{1}{2}$ m/s이고, B가 1 m/s이므로 B가 A의 2배이다.

ㄷ 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기와 같다.

➡ 충돌 과정에서 A와 B는 운동량의 변화량의 크기가 같으므로, A와 B가 받은 충격량의 크기는 같다.

11 | 선택지 분석 |

✗ 막대와 충돌 후 등속도 운동을 하는 동안 운동량의 크기는 ~~A와 B가 같다~~ A가 B의 2배이다.

➡ 힘과 시간축이 이루는 면적은 충격량이고, 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같으므로 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.

ㄴ 질량은 A가 B의 2배이다.

➡ 운동량의 크기는 A가 B의 2배이고, 속력은 A와 B가 같으므로 질량은 A가 B의 2배이다.

ㄷ 막대로 공을 치는 동안 공이 막대로부터 받은 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

➡ 충격량의 크기는 A가 B의 2배이고, 충돌 시간은 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이므로 막대로부터 받은 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

12 질량은 A가 B의 2배이므로 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다. s만큼 이동하는 데까지 걸린 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이므로 물체가 받은 충격량의 크기는 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

13 | 선택지 분석 |

✗ 충돌하는 동안, A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기~~보다 크다~~ 와 같다.

➡ 충돌하는 동안 A와 B가 서로 주고받은 충격량의 크기는 같다.

ㄴ 충돌 직후 B의 속력은 $\frac{S}{m}$이다.

➡ 힘과 시간축이 이루는 넓이는 B가 받은 충격량이다. 충돌 전 B는 정지해 있었으므로 $mv_B=S$에서 $v_B=\frac{S}{m}$이다.

ㄷ 충돌하는 동안, A가 B에 작용한 평균 힘의 크기는 $\frac{S}{T}$이다.

➡ 충돌 시간이 T이므로 평균 힘의 크기는 $\frac{S}{T}$이다.

14 | 선택지 분석 |

ㄱ A의 가속도의 크기는 2 m/s^{2}이다.

➡ (나)에서 그래프의 기울기는 A에 작용하는 알짜힘이다. A에 작용한 알짜힘의 크기는 6 N이므로 A의 가속도의 크기는 $\frac{6}{3}$=2 m/s^{2}이다.

✗ F=~~6 N~~ 8 N이다.

➡ A와 B의 질량의 합이 4 kg이므로 $F=(3+1)\times2=8$ N이다.

ㄷ B가 A를 미는 힘의 크기는 2 N이다.

➡ B가 A를 미는 힘은 B에 작용하는 알짜힘과 같으므로 2 N이다.

15 | 선택지 분석 |

ㄱ A의 질량은 4 kg이다.

➡ 3초일 때 A의 가속도의 크기는 10 m/s^{2}이므로 $F=10m_A$이고, 1초일 때 A와 B의 가속도의 크기는 5 m/s^{2}이다. 줄이 끊어진 후에도 B의 가속도의 크기는 실이 끊어지기 전과 같으므로 빗면 아래 방향으로 5 m/s^{2}이고 빗면 아래 방향의 힘의 크기는 2×5=10 N이다. 따라서 A와 B에 작용하는 힘은 $10m_A-10=(m_A+2)\times5$에서 $m_A=4$ kg이다.

ㄴ 1초일 때, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 10 N이다.

➡ 1초일 때 B의 가속도의 크기는 5 m/s^{2}이므로 B에 작용하는 알짜힘은 10 N이다.

ㄷ 3초일 때, B의 운동량의 크기는 20 kg·m/s이다.

➡ 줄이 끊어지는 순간 B의 속도는 빗면 위쪽 방향으로 15 m/s이고, B의 가속도는 빗면 아래 방향으로 5 m/s^{2}이므로 3초일 때 B의 속력은 10 m/s이다. 따라서 3초일 때 B의 운동량의 크기는 20 kg·m/s이다.

16 $F_1=\frac{3mv_0-0}{t_0}$, $F_2=\frac{3mv_0-(-2mv_0)}{2t_0}=\frac{5mv_0}{2t_0}$이므로 $F_1:F_2=6:5$이다.

2 >>> 에너지와 열

01 역학적 에너지 보존

개념POOL 067쪽

01 ㉠ 역학적 ㉡ 퍼텐셜
02 ㉠ 0 ㉡ 200 ㉢ 50 ㉣ 150 ㉤ 100 ㉥ 100 ㉦ 150 ㉧ 50 ㉨ 200

02 공기 저항 없이 자유 낙하 하는 동안 물체의 역학적 에너지가 보존된다. 따라서 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합은 항상 일정하다.

탐구POOL 068쪽

01 나무 도막에 작용하는 마찰력을 다르게 하기 위해서
02 열에너지

01 바닥면의 거칠기가 달라지면 나무 도막에 작용하는 마찰력도 달라진다.

02 나무 도막의 역학적 에너지가 바닥과의 마찰에 의해 열에너지로 전환된다.

콕콕! 개념 확인하기 069쪽

✔ 잠깐 확인!
1 에너지 **2** 운동 **3** 알짜힘 **4** 퍼텐셜 **5** 탄성 퍼텐셜 **6** 역학적

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○
02 (1) 100 J (2) 100J (3) 10 m/s **03** (1) ○ (2) ○ (3) ×
04 ㉠ 운동 에너지 ㉡ 보존 ㉢ 열에너지

02 알짜힘이 물체에 한 일(10 N×10 m=100 J)은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $\frac{1}{2}mv^2=100$ J이다. 따라서 물체의 속력은 10 m/s이다.

04 역학적 에너지는 공기 저항과 마찰이 없을 때 보존된다.

탄탄! 내신 다지기 070쪽~071쪽

01 ④ **02** ③ **03** ④ **04** ② **05** ⑤ **06** ⑤ **07** $4E$
08 ① **09** ② **10** ④ **11** ④ **12** ② **13** ③

01 운동 에너지 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$이므로 $\frac{1}{2}\times2\times5^2=25$(J)이다.

02 힘이 물체에 한 일 $W=Fs=30\times10=300$(J)이다.

03 중력이 물체에 한 일 $W=Fs=(-10)\times10=-100$(J)이다. 중력과 움직이는 방향이 반대 방향이면 힘이 한 일은 음(−)이다.

04 일·운동 에너지 정리에 의해 알짜힘이 한 일 $W=(30-10)\times10=200$ J은 운동 에너지 변화량과 같다. 즉, 200(J) $=\frac{1}{2}\times1\times v^2$이므로, 물체의 속력 $v=20$ m/s이다.

05 자동차에 작용하는 알짜힘의 크기를 F라 하면 일·운동 에너지 정리에 의해 $F\times45=\frac{1}{2}\times1000\times30^2$이므로 $F=10000$ N이다.

06 중력 퍼텐셜 에너지는 기준면으로부터의 높이를 h라 할 때 mgh로 나타낼 수 있다. 지면을 기준면으로 한 중력 퍼텐셜 에너지는 $5\times10\times10=500$(J)이고, 옥상 면을 기준면으로 한 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.

07 용수철이 가지는 탄성 퍼텐셜 에너지의 크기는 용수철의 변형된 길이의 제곱에 비례한다. 따라서 늘어난 길이가 2배가 되면 탄성 퍼텐셜 에너지의 크기는 4배가 된다.

08 (나)에서 물체에 작용하는 힘은 탄성력과 중력으로, 물체가 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다. 따라서 용수철이 물체에 작용하는 탄성력의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기와 같은 10 N이다. 탄성력의 크기 $F=kx$이므로 10 N$=k\times0.1$ m이고, 용수철 상수 $k=100$ N/m이다.

09 (나)에서 탄성 퍼텐셜 에너지 $E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}\times100\times(0.1)^2=0.5$(J)이다.

10 천장을 기준면으로 할 때 물체의 탄성 퍼텐셜 에너지는 $E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}\times100\times(0.1)^2=0.5$(J)이고, 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 $E_p=mgh=1\times10\times(-1.1)=-11$(J)이다. 따라서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 −10.5 J이다.

11 역학적 에너지 보존에 의해 던져지는 순간의 운동 에너지는 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다. 따라서 $\frac{1}{2}m\times 20^2=m\times 10\times h$이므로, $h=20(\mathrm{m})$이다.

12 역학적 에너지 보존에 의해 용수철이 가장 많이 늘어났을 때(진폭)의 탄성 퍼텐셜 에너지는 평형점에서의 운동 에너지와 같다. 따라서 $\frac{1}{2}\times 4\times 10^2=\frac{1}{2}\times 100\times x^2$이고, 물체의 진폭 $x=2(\mathrm{m})$이다.

13 | 선택지 분석 |

㉠ 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합이다.
➡ 역학적 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지나 탄성 퍼텐셜 에너지를 비롯한 모든 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합이다.

✕ 공기 저항을 받으며 낙하하는 물체의 역학적 에너지는 ~~보존된다~~. 보존되지 않는다.
➡ 공기 저항이나 마찰을 받으며 운동하는 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

㉢ 공기 저항이나 마찰에 의해 열에너지로 전환될 수 있다.
➡ 공기 저항과 마찰에 의해 역학적 에너지가 열에너지로 전환된다.

도전! 실력 올리기

072쪽~073쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ① **04** ① **05** ④ **06** ④

07 Fs

08 (1) | **모범 답안** | 물체를 처음 가만히 놓을 때의 역학적 에너지는 최고점에서의 역학적 에너지와 같다. 처음 가만히 놓을 때와 최고점에서 물체의 속력은 0이므로 운동 에너지는 0이다. 따라서 처음 가만히 놓을 때의 중력 퍼텐셜 에너지는 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지와 같으므로 $h=h'$이다.
(2) | **모범 답안** | 처음 가만히 놓을 때 물체의 속력은 0이지만 최고점에서 물체는 수평 방향의 속력을 가지고 있으므로 운동 에너지는 0이 아니다. 즉, 처음 위치에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 최고점에서 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합과 같으므로 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지는 처음 위치에서의 중력 퍼텐셜 에너지보다 작다. 따라서 $h>h''$이다.

01 | 선택지 분석 |

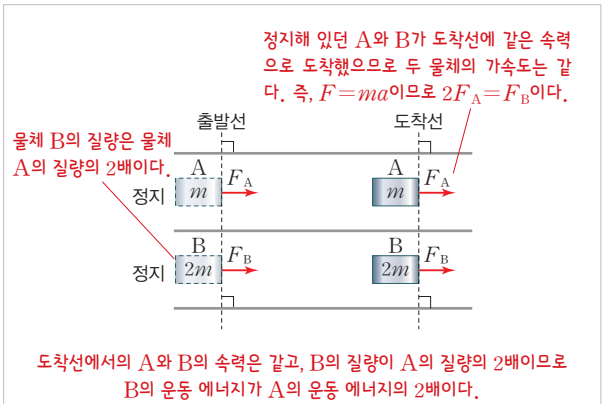
✕ 사과에 작용하는 알짜힘은 ~~0~~ mg이다.
➡ 떨어지고 있는 사과에 작용하는 알짜힘은 연직 아래 방향의 중력이다.

㉡ 사과의 운동 에너지는 증가한다.
➡ 운동 방향과 힘의 방향이 나란하기 때문에 사과의 속력은 증가하고 운동 에너지도 증가한다.

㉢ 중력이 사과에 하는 일과 사과의 운동 에너지 변화량은 같다.
➡ 일-운동 에너지 정리에 의해 중력이 사과에 하는 일만큼 사과의 운동 에너지는 증가한다.

02 철수: 물체가 힘이 작용하는 방향에 대해 수직 방향으로 움직이므로 철수가 물체에 한 일은 0이다.
영희: 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $\frac{1}{2}\times 1\times 10^2=50(\mathrm{J})$이다.
민수: 물체에 한 일은 $100\times 1=100(\mathrm{J})$이다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ $F_A<F_B$이다.
➡ 정지해 있던 A, B가 같은 거리만큼 이동했을 때 속력이 같으므로 가속도의 크기도 같다. 질량이 B가 A의 2배이므로 $2F_A=F_B$이다.

✕ 도착선에서 A와 B의 운동 에너지는 ~~같다~~. 다르다.
➡ 도착선에서의 속력은 같지만 질량은 B가 A의 2배이므로 운동 에너지도 B가 A의 2배이다.

✕ 출발선에서 도착선까지 A와 B에 작용하는 알짜힘이 각각 A와 B에 한 일은 ~~같다~~. 다르다.
➡ 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 A와 B에 작용하는 알짜힘이 각각 A와 B에 한 일은 다르다.

04 처음 던져질 때의 역학적 에너지가 동일하므로 지면에 닿을 때 역학적 에너지(운동 에너지)가 모두 같아야 한다. 따라서 $v_A=v_B=v_C$이다.

05 탄성 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지로 전환되어 빗면까지 이동한 후, 빗면을 올라가면서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 역학적 에너지 보존에 의해 (가)에서 $\frac{1}{2}kx^2=mgh$이고 (나)에서 $\frac{1}{2}k(2x)^2=2mgh'$이므로, $h'=2h$이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 물체의 운동 에너지는 ~~증가~~감소하였다.

➡ 물체의 운동 방향과 마찰력의 방향이 반대 방향이므로 물체의 속력은 감소하고 운동 에너지도 감소한다.

㉡ 물체의 역학적 에너지가 열에너지로 전환된다.

➡ 마찰에 의해 물체의 운동 에너지가 열에너지로 전환되기 때문에 물체의 속력이 감소한다.

㉢ 바닥면의 마찰력이 더 커지면 정지할 때까지 물체가 이동하는 거리가 줄어든다.

➡ 물체가 정지할 때까지 마찰력이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같고, 마찰력이 커지면 물체의 이동 거리는 감소한다.

07 마찰력이 한 일은 $-Fs$이고 이는 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 따라서 속력이 줄어들기 전 물체의 운동 에너지는 Fs이다.

08 공기 저항과 마찰이 없이 중력만을 받으며 운동하므로 역학적 에너지는 일정하게 보존된다.

문항	채점 기준	배점
(1)	역학적 에너지 보존을 이용해 h와 h'의 크기를 옳게 비교하고, 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
	h와 h'의 크기 비교만 옳은 경우	50 %
(2)	역학적 에너지 보존을 이용해 h와 h''의 크기를 옳게 비교하고, 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
	h와 h''의 크기 비교만 옳은 경우	50 %

02 열역학 제1법칙

개념POOL 078쪽

01 ㉠ 등압 ㉡ 등적 ㉢ 등온 ㉣ 단열

02 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

콕콕! 개념 확인하기 079쪽

✔ 잠깐 확인!

1 열 **2** 내부 **3** 일 **4** 열역학 **5** 이상 기체 **6** 단열

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** $2P_0V_0$ **03** 단열 팽창

04 ㉠ 흡수 ㉡ 감소 ㉢ 증가 **05** (1) – ㉢ (2) – ㉠ (3) – ㉡

02 기체가 한 일 $W=P\Delta V=P_0(3V_0-V_0)=2P_0V_0$이다.

03 지표면의 공기가 상승하면 주변의 기압이 낮아져 부피가 팽창한다. 한편 상승하는 동안 주변의 공기와 거의 열 교환을 하지 않기 때문에 이때 상승하는 공기에 일어나는 열역학 과정은 단열 팽창으로 근사할 수 있다.

04 기체가 외부에 일을 하는 경우는 부피가 증가하는 경우이다. 등압 과정에서 기체가 열을 흡수하거나 단열 과정에서는 기체의 내부 에너지가 감소하면 기체의 부피가 증가한다.

탄탄! 내신 다지기 080쪽~081쪽

01 ① **02** ① **03** ④ **04** ③ **05** ③ **06** 300 J **07** ②
08 ③ **09** ⑤ **10** (1) $6P_0V_0$ (2) 0

01 부피가 일정한 상태에서 열을 가하면 기체의 압력과 온도가 증가한다. 따라서 기체의 평균 속력, 내부 에너지, 평균 운동 에너지 등은 증가한다. 하지만 밀도는 전체 기체의 양이 변하지 않으므로 일정하다.

02 기체에 열을 가하더라도 압력이 일정하게 유지되려면 기체의 부피가 증가해야 한다. 부피가 증가하면 기체의 온도가 증가하고 내부 에너지와 평균 운동 에너지가 증가한다.

| 선택지 분석 |

✓ ① 외부에 일을 한다.

➡ 기체의 부피가 증가하므로 기체는 외부에 일을 한다.

② 내부 에너지는 ~~일정하다~~증가한다.

➡ 기체의 온도가 증가하므로 내부 에너지는 증가한다.

③ 평균 운동 에너지는 ~~감소~~증가한다.

➡ 기체의 온도가 증가하므로 기체의 평균 운동 에너지도 증가한다.

④ 부피는 ~~일정하다~~증가한다.

➡ 열을 가하는데도 압력이 일정하게 유지되기 위해서는 부피가 증가해야 한다.

⑤ 공급한 열은 모두 기체 분자의 운동 에너지로 전환된다.

➡ 공급한 열은 기체 분자의 운동 에너지 증가와 외부에 한 일과 같다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ 에너지 보존 법칙의 다른 표현이다.

➡ 열역학 제1법칙은 에너지 보존 법칙의 또 다른 표현이다.

✗ 반응의 방향성에 대한 법칙이다.

➡ 반응의 방향성과 관련 있는 법칙은 열역학 제2법칙이다.

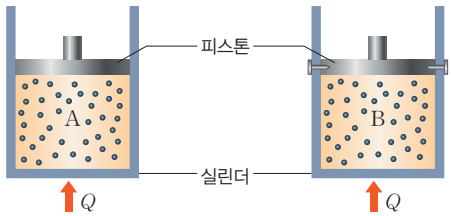
㉢ 기체가 흡수한 열은 기체의 내부 에너지 변화량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다.

➡ $Q=\Delta U+W$

04 | 자료 분석 |

부피가 증가하므로 기체가 외부에 일을 한다.
→ 가한 열이 기체의 내부 에너지 증가와 외부에 일을 하는 데 쓰인다.

부피가 변하지 않으므로 기체가 외부에 일을 하지 않는다.($W=0$)
→ 가한 열이 모두 기체의 내부 에너지 변화에 쓰인다.



(가) 압력이 일정하다. (나) 부피가 일정하다.

B가 들어 있는 실린더의 피스톤은 움직이지 않으므로 B의 부피 변화는 없고 B는 외부에 일을 하지 않는다. 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에 의해 B가 흡수한 Q는 모두 내부 에너지 증가로 사용된다. 따라서 B의 압력, 내부 에너지, 평균 운동 에너지, 피스톤에 가하는 평균 힘이 A보다 크다.

05 기체가 단열 압축 되면 기체의 압력과 온도가 증가한다. 따라서 내부 에너지와 평균 운동 에너지가 증가한다.

| 선택지 분석 |

① ~~외부에 일을 한다.~~ 외부로부터 일을 받는다.
➡ 기체의 부피가 감소하므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.

② 내부 에너지는 ~~일정하다.~~ 증가한다.
➡ 온도가 증가하므로 내부 에너지도 증가한다.

③ 평균 운동 에너지는 증가한다.
➡ 온도가 증가하므로 평균 운동 에너지는 증가한다.

④ 압력은 ~~일정하다.~~ 증가한다.
➡ 단열 압축 되면 압력은 증가한다.

⑤ 온도는 ~~감소~~ 증가한다.
➡ 단열 압축 하고 있으므로 온도는 증가한다.

06 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에 의해 $500\ \text{J}=\Delta U+200\ \text{J}$이므로 $\Delta U=300\ \text{J}$이다.

07 | 선택지 분석 |

① A → B 과정에서 외부에 일을 한다.
➡ 부피가 팽창하고 있으므로 외부에 일을 한다.

② B → C 과정에서 내부 에너지가 ~~증가~~ 감소한다.
➡ B → C 과정은 단열 과정으로 기체가 외부에 한 일은 내부 에너지 감소량과 같다. 부피가 늘어나 기체가 외부에 일을 하므로 내부 에너지는 감소한다.

③ C → D 과정에서 평균 운동 에너지는 감소한다.
➡ 압력이 일정하게 유지되며 부피가 감소하므로 기체의 온도는 감소하고 기체의 평균 운동 에너지도 감소한다.

④ D → A 과정에서 온도는 증가한다.
➡ 단열 압축 되고 있으므로 온도는 증가한다.

⑤ C → D 과정에서 외부로 열을 방출한다.
➡ 내부 에너지도 감소하고 외부로부터 일도 받고 있으므로 기체는 외부에 열을 방출한다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 기체는 외부로부터 일을 받는다.
➡ (가)에서 기체의 부피가 감소하고 있으므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.

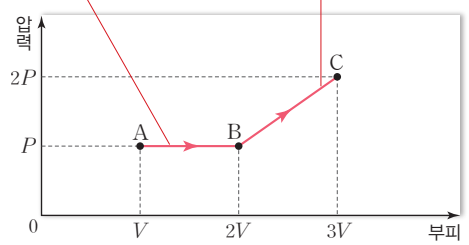
ㄴ (나)에서 기체의 압력은 증가한다.
➡ (나)에서 기체의 부피 변화가 없이 열을 흡수하고 있으므로 기체의 압력은 증가한다.

✗ (가)에서 기체의 온도는 ~~하강~~ 상승한다.
➡ (가)에서 기체는 단열 압축 하고 있으므로 기체의 온도는 상승한다.

09 | 자료 분석 |

압력 일정, 부피 증가(등압 팽창)
→ 기체가 열을 흡수하여 외부에 일을 한다.

압력, 부피 증가
→ 온도: C > A
내부 에너지: C > A



(그래프의 아랫부분의 넓이) = (기체가 외부에 한 일)
→ (B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일) $=\frac{3}{2}PV$

| 선택지 분석 |

ㄱ. A → B 과정에서 기체는 열을 흡수한다.
➡ A → B 과정은 등압 팽창 과정이므로 기체는 열을 흡수한다.

ㄴ. B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일은 $\frac{3}{2}PV$이다.
➡ 그래프의 아랫부분의 넓이가 기체가 외부에 한 일이므로 B → C 과정에서 기체가 한 일은 $\frac{3}{2}PV$이다.

ㄷ. 기체의 내부 에너지는 C에서가 A에서보다 크다.
➡ 압력과 부피가 모두 C에서가 A에서보다 더 크므로 온도는 C에서가 A에서보다 더 높고 내부 에너지도 C에서가 A에서보다 더 크다.

10 기체가 외부에 한 일 $W=P\Delta V$이므로 A → B 과정은 $3P_0(3V_0-V_0)=6P_0V_0$이고, A → C 과정은 부피 변화가 없으므로 0이다.

도전! 실력 올리기

082쪽~083쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ① **04** ② **05** ⑤ **06** ⑤ **07** PV

08 (1) | **모범 답안** | 압력－부피 그래프에서 아랫부분의 넓이가 기체가 외부에 한 일과 같으므로 넓이가 더 큰 A → B 과정에서가 A → C 과정에서보다 기체가 외부에 한 일이 더 크다.

(2) | **모범 답안** | A → B 과정에서 기체가 흡수한 열과 A → C 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 각각의 과정에서 기체가 외부에 한 일과 같다. 기체가 외부에 한 일은 A → B 과정에서가 A → C 과정에서보다 더 크므로, A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량이 A → C 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량보다 크다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. A의 압력은 증가한다.
➡ 피스톤이 자유롭게 움직일 수 있으므로 A와 B의 압력은 같다. B가 단열 압축 되며 압력이 증가하고 있으므로 A의 압력도 증가한다.

ㄴ. B는 외부로부터 일을 받는다.
➡ B의 부피가 감소하고 있으므로 B는 외부로부터 일을 받는다.

ㄷ. B의 내부 에너지는 증가량은 A가 외부에 한 일과 같다.
➡ A가 외부에 한 일은 B가 외부로부터 받은 일과 같다. B는 단열 압축 되고 있기 때문에 B의 내부 에너지 증가량은 B가 외부로부터 받은 일과 같다. 따라서 B의 내부 에너지 증가량은 A가 외부에 한 일과 같다.

02 | 선택지 분석 |

✗ A에서 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 변화량과 같다.
➡ A는 단열 과정이 아니므로 A에서 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 변화량과 같지 않다.

ㄴ. B와 C에서 기체의 내부 에너지 변화량은 같다.
➡ B와 C에서 온도 변화가 같으므로 기체의 내부 에너지 변화량은 같다.

ㄷ. D에서 기체는 외부로 열을 방출한다.
➡ D는 부피가 일정한 상태에서 압력이 감소하므로 기체는 외부로 열을 방출한다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 기체의 내부 에너지는 (가)가 (나)보다 크다.
➡ 압력이 일정할 때, 기체의 온도는 부피에 반비례하므로 기체의 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 더 높고 내부 에너지도 더 크다.

✗ (가) → (나) 과정에서 기체는 외부~~에 일을 한다~~로부터 일을 받는다.
➡ (가) → (나) 과정에서 기체의 부피가 감소하므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.

✗ (가) → (나) 과정에서 기체가 방출한 열은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.
➡ 열역학 제1법칙에 의해 (가) → (나) 과정에서 기체가 방출한 열은 기체의 내부 에너지 감소량과 기체가 외부로부터 받은 일의 합과 같다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. A → B 과정에서 기체의 부피는 증가한다.
➡ A → B 과정에서 기체의 온도는 증가하지만 압력은 감소하므로 부피는 증가한다.

ㄴ. B → C 과정에서 기체는 외부에 열을 방출한다.
➡ B → C 과정에서 기체의 내부 에너지가 감소하고 부피도 감소하므로 기체는 외부에 열을 방출한다.

✗ C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 0이~~다~~아니다.
➡ C → A 과정에서 기체의 부피가 감소하므로 기체가 외부로부터 받은 일은 0이 아니다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가) → (나) 과정에서 기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 같다.
➡ (가) → (나) 과정은 등온 과정이므로 기체의 내부 에너지 변화가 없다. 따라서 기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 같다.

ㄴ. (나)에서 기체의 압력은 $2P$이다.
➡ 온도가 일정할 때 기체의 압력은 부피에 반비례한다. 따라서 (나)에서 기체의 압력은 $2P$이다.

ㄷ. $P=\frac{mg}{S}$이다.
➡ (나)에서 기체의 압력이 $2P$이므로 모래의 무게에 의한 압력이 P이다. 따라서 $P=\frac{mg}{S}$이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A의 압력은 ~~증가~~감소한다.
➡ A는 단열 팽창하고 있으므로 압력은 감소한다.

ㄴ. A의 내부 에너지는 감소한다.
➡ A는 단열 팽창하고 있으므로 온도가 내려가고 내부 에너지도 감소한다.

ㄷ. B의 내부 에너지 증가량은 A가 B에 한 일과 같다.
➡ B가 외부로부터 받은 일은 B의 내부 에너지 증가량과 같다.

07 한 번의 순환 과정 동안 기체가 한 알짜일은 압력－부피 그래프에서 그래프 내부의 면적과 같다.

08 압력－부피 그래프에서 아랫부분의 넓이는 기체가 외부에 한 일을 나타낸다. 등온 과정에서 기체가 외부에 한 일은 기체가 흡수한 열과 같고, 단열 과정에서 기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.

문항	채점 기준	배점
(1)	그래프의 밑면적을 이용하여 기체가 외부에 한 일의 크기를 옳게 비교하고, 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
	기체가 외부에 한 일의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %
(2)	흡수한 열과 내부 에너지 감소량의 크기를 옳게 비교하고, 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
	흡수한 열과 내부 에너지 감소량의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

03 열역학 제2법칙

개념POOL 086쪽

01 ㉠ 고 ㉡ 저 ㉢ 작다 **02** (1) × (2) ○ (3) ×

콕콕! 개념 확인하기 087쪽

✔ 잠깐 확인!

1 가역 **2** 2 **3** 열, 열 **4** 열평형 **5** 카르노 **6** 영구

01 (1) ㄱ, ㄷ (2) ㄴ, ㄹ **02** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

03 엔트로피 **04** 20 % **05** $1-\frac{T_L}{T_H}$

03 무질서한 정도를 나타내는 엔트로피는 자연 현상의 방향성을 결정짓는 물리량이다.

04 열효율(%)$=\frac{\text{열기관이 한 일}}{\text{공급받은 열}}\times100=\frac{100}{500}\times100=20(\%)$

05 온도가 T_H인 고열원으로부터 공급받는 열을 Q_H, 온도가 T_L인 저열원으로 방출하는 열을 Q_L라 할 때 일반적인 열기관의 열효율은 $1-\frac{Q_L}{Q_H}$이고, 카르노 기관의 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$이다.

탄탄! 내신 다지기 088쪽~089쪽

01 ① **02** ㉠ 가역 ㉡ 비가역 **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ④
06 ① **07** ③ **08** ③ **09** ③ **10** 1 : 1

01 가역 과정이란 주변을 변화시키지 않고 처음 원래 상태로 되돌아갈 수 있는 과정을 말한다.

| 선택지 분석 |

㉠ 진공에서 진자가 진동 운동을 한다.
➡ 진공에서 진동하는 진자는 주변의 변화없이 원래 위치로 되돌아오므로 가역 과정이다.

✗ 뜨거운 물체와 차가운 물체를 접촉시켰더니 열평형 상태에 도달하였다.
➡ 열평형 상태에서 다시 온도가 차이나는 상태로 되돌아갈 수 없으므로 비가역 과정이다.

✗ 풍선이 터져 풍선 안에 있던 헬륨 기체가 사방으로 퍼졌다.
➡ 헬륨 기체가 다시 저절로 풍선 안으로 모일 수 없으므로 비가역 과정이다.

02 원래 상태로 되돌아갈 수 없거나, 되돌아가기 위해서 주변의 에너지 변화 등이 필요한 과정을 비가역 과정이라고 한다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 에너지 보존 법칙의 다른 표현이다.
➡ 에너지 보존 법칙의 또 다른 표현은 열역학 제1법칙이다.

✗ 일은 열로 모두 바꿀 수 ~~없지만~~ 있지만, 열은 일로 모두 바꿀 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 일은 열로 모두 바꿀 수 있지만 열은 일로 모두 바꿀 수 없다.

✗ 열효율이 100 %인 열기관이 ~~존재한다~~ 존재하지 않는다.
➡ 열효율이 100 %인 열기관은 존재하지 않는다.

04 | 선택지 분석 |

① 비가역 과정이다.
➡ 공기 저항을 받는 진자의 운동은 비가역 과정이다.

② 상자 안의 전체 에너지는 보존된다.
➡ 상자 안은 고립계이므로 상자 안의 전체 에너지는 보존된다.

③ 상자 안 기체의 내부 에너지는 증가한다.
➡ 추의 역학적 에너지가 기체의 내부 에너지로 전환된다.

④ 상자 안 물체의 전체 엔트로피가 증가하는 과정이다.
➡ 비가역 과정은 엔트로피가 증가하는 과정이다.

✓ ⑤ 정지해 있는 추가 공기와의 충돌에 의해 스스로 다시 진동하는 과정도 일어날 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 공기 분자의 운동 방향이 무질서하므로 정지한 추가 공기 분자와의 충돌로 다시 진동할 수는 없다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ 엔트로피는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
➡ 기체 분자가 어느 한쪽에만 존재할 확률도 존재하지만 기체 분자가 골고루 퍼져 있는 확률이 훨씬 크다. 따라서 (나)에서가 (가)에서보다 엔트로피가 더 크다.

✗ 기체가 (가)와 같이 분포할 확률이 (나)와 같이 분포할 확률보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 기체 분자가 어느 한쪽에만 존재할 확률도 존재하지만 기체 분자가 골고루 퍼져 있는 확률이 훨씬 크다.

㉢ (나)에서 (가)로 변하는 과정보다 (가)에서 (나)로 변하는 과정이 일어나기 쉽다.
➡ 자연에서 일어나는 자발적 반응들은 모두 엔트로피가 증가하는 방향으로 진행된다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ 엔트로피가 증가하고 있다.
➡ 잉크가 확산되는 현상은 엔트로피가 증가하는 현상이다.

✗ ~~가역~~ 비가역 과정이다.
➡ 확산된 잉크가 다시 한 지점으로 모이는 현상은 일어나지 않는다.

✗ 에너지 보존 법칙에 위배된다. → 이 성립한다.

➡ 엔트로피가 증가하는 비가역 과정이지만 에너지는 보존된다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 열효율은 $\frac{Q_L}{Q_H}$이다. → $1-\frac{Q_L}{Q_H}$

➡ $e=\frac{W}{Q_H}=\frac{Q_H-Q_L}{Q_H}=1-\frac{Q_L}{Q_H}$

✗ $Q_H=Q_L$일 때, 열효율은 최대이다. → 0이다.

➡ $Q_H=Q_L$일 때 열기관이 외부에 하는 일 W가 0이므로 열효율은 0이다.

ㄷ $Q_L=0$인 열기관은 만들 수 없다.

➡ $Q_L=0$이라는 것은 열효율이 100%인 가상의 영구 기관을 의미한다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 열효율이 100 %인 이상적인 열기관이다. → 이 아니다.

➡ 카르노 기관은 영구 기관이 아니다.

✗ 한 번 순환하는 동안 2번의 등온 과정과 2번의 등적 과정을 거친다. → 단열

➡ 카르노 기관의 순환 과정은 2번의 등온 과정(팽창, 수축)과 2번의 단열 과정(팽창, 수축)으로 이루어진다.

ㄷ 저열원의 온도가 낮을수록 열효율은 높다.

➡ 카르노 기관에서의 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$이므로 고열원의 온도가 높을수록, 저열원의 온도가 낮을수록 열효율이 높다.

09 카르노 기관의 순환 과정은 2번의 등온 과정과 2번의 단열 과정으로 이루어진다. A → B, C → D 과정은 등온 과정이고 B → C, D → A 과정은 단열 과정이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A와 B에서 기체의 내부 에너지는 같다.

➡ A → B 과정은 등온 과정이므로 내부 에너지 변화가 없다.

✗ B → C 과정에서 기체는 열을 흡수한다. → 흡수하지 않는다.

➡ B → C 과정은 단열 과정이므로 열을 흡수하지 않는다.

ㄷ D → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 내부 에너지 증가량과 같다.

➡ D → A 과정에서 기체는 단열 압축 되고 있으므로 기체가 외부로부터 받은 일은 내부 에너지 증가량과 같다.

10 $e=\frac{W}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$에서 e_A와 e_B 모두 0.4이다.

도전! 실력 올리기

090쪽~091쪽

01 ② **02** ⑤ **03** ① **04** ① **05** ① **06** ③

07 ㉠ 증가 ㉡ 열평형

08 | 모범 답안 | 열역학 제2법칙에 의해 자연에서 일어나는 모든 과정은 엔트로피, 즉 무질서도가 증가하는 방향으로 진행된다. 한편 잉크 분자와 물 분자가 골고루 퍼져 있는 상태가 잉크 분자 한 곳에 모여 있는 상태보다 무질서도가 더 큰 상태이므로 잉크가 퍼져 물 전체가 물드는 과정은 일어날 수 있지만 반대로 퍼진 잉크가 한 곳에 모여 물이 맑아 지는 과정은 일어나지 않는다.

09 | 모범 답안 | 카르노 기관에서 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$인데, 열효율이 100 %가 되기 위해서는 저열원의 온도가 0, 고열원의 온도가 무한대가 되어야만 가능하기 때문에 카르노 기관의 열효율이 100 %가 될 수 없다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 열은 손에서 얼음으로 이동한다.

➡ 열은 고온에서 저온으로 이동하기 때문에 열은 손에서 얼음으로 이동한다.

ㄴ 얼음이 녹는 과정에서 엔트로피는 증가한다.

➡ 얼음이 녹는 과정은 자발적으로 일어나는 자연 현상으로 엔트로피가 증가하는 비가역 과정이다.

✗ 가역 과정이다. → 비가역

02 | 선택지 분석 |

ㄱ 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

➡ (나)에서가 (가)에서보다 부피가 더 크므로 압력은 (나)에서가 (가)에서보다 더 작다.

ㄴ 엔트로피는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

➡ 무질서도가 (나)에서가 (가)에서보다 더 크므로 엔트로피도 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

ㄷ (가) → (나) 과정은 비가역 과정이다.

➡ (가) → (나) 과정은 엔트로피가 증가하는 비가역 과정이다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$이다.

➡ 카르노 기관에서의 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$이다.

✗ 한 번 순환하는 동안 기체의 엔트로피는 증가한다. → 일정하다.

➡ 카르노 기관에서의 순환 과정은 가역 과정이므로 한 번 순환하는 동안 기체의 엔트로피는 변하지 않는다.

✗ A → B 과정에서 흡수한 열량과 C → D 과정에서 방출한 열량은 같다. → 다르다.

➡ A → B 과정에서 흡수한 열량이 C → D 과정에서 방출한 열량보다 크다.

04 추가 공기와 충돌하며 추가 가지고 있는 역학적 에너지가 공기 분자의 운동 에너지로 전환된다. 하지만 상자 내부의 전체 에너지는 보존된다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 물체의 역학적 에너지가 열에너지로 전환되었다.
➡ 물체의 역학적 에너지가 모두 열에너지로 전환되어 물체는 정지한다.

✕ 열은 모두 일로 전환될 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 일은 모두 열로 전환될 수 있지만 열은 모두 일로 전환될 수 없다.

✕ 물체가 미끄러져 내려와 정지하는 과정은 ~~가역 과정~~ 비가역 과정이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. A → B 과정에서 기체의 온도는 T_1이다.
➡ A → B 과정에서가 C → D 과정에서보다 온도가 높다. 따라서 A → B 과정에서 기체의 온도는 T_1이고, C → D 과정에서 기체의 온도는 T_2이다.

✕ ~~A → B → C 과정~~ A → B → C → D → A 과정에서 기체가 한 일은 W이다.
➡ A → B → C → D → A 과정에서 기체가 한 알짜일이 W이다.

ㄷ 열효율은 $1-\frac{T_2}{T_1}$이다.
➡ 온도가 T_1인 고열원에서 Q_1의 열을 흡수한 후 온도가 T_2인 저열원으로 Q_2의 열을 방출하는 카르노 기관의 열효율은 $1-\frac{Q_2}{Q_1}$ 또는 $1-\frac{T_2}{T_1}$이다.

07 두 물체의 온도가 같아지는 과정은 엔트로피가 증가하는 비가역 과정이고, 두 물체의 온도가 같아져 열평형 상태에 도달하면 더 이상 열의 이동은 없다.

08 물속에서 잉크가 퍼지는 확산 현상은 비가역 과정이다. 열역학 제2법칙은 이러한 자연 현상의 비가역적인 방향성을 설명하는 법칙이다.

채점 기준	배점
열역학 제2법칙에서 무질서도가 증가하는 방향으로 반응이 진행된다는 것과 물 분자와 잉크가 골고루 섞여 있는 상태가 무질서도가 더 큰 상태라는 것을 2가지 모두 서술한 경우	100 %
열역학 제2법칙에서 무질서도가 증가하는 방향으로 반응이 진행된다는 것과 물 분자와 잉크가 골고루 섞여 있는 상태가 무질서도가 더 큰 상태라는 것 중 1가지만 서술한 경우	50 %

09 '열효율이 100 %인 열기관은 만들 수 없다.'는 열역학 제2법칙의 다양한 표현 중 하나이다.

채점 기준	배점
카르노 기관의 열효율을 온도로 나타내고, 저열원과 고열원의 온도와 연관지어 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
카르노 기관의 열효율을 온도로 나타내지 않거나 저열원과 고열원의 온도와 연관없이 까닭을 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

093쪽~096쪽

01 ② **02** ④ **03** ③ **04** ③ **05** ⑤ **06** ③ **07** ⑤
08 ③ **09** ① **10** ③ **11** ⑤ **12** ③ **13** ③ **14** ⑤
15 ② **16** ⑤

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 빗면이 물체를 떠받치는 힘이 한 일은 0이다.
➡ 0초부터 2초까지 빗면이 물체에 떠받치는 힘은 물체의 운동 방향과 수직이므로 물체에 일을 하지 못한다.

ㄴ 물체의 역학적 에너지는 보존된다.
➡ 물체가 운동하는 동안 중력만 물체에 일을 하므로 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

ㄷ 중력이 물체에 한 일은 100 J이다.
➡ 중력이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $W=\frac{1}{2}\times2\times(10)^2-0=100(\mathrm{J})$이다.

02 | 선택지 분석 |

✕ 역학적 에너지는 ~~보존된다~~ 되지 않는다.
➡ 종이 비행기가 낙하하는 동안 공기와의 마찰에 의해 열에너지가 발생하므로 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

ㄴ 중력이 일을 한다.
➡ 중력 방향으로의 이동 거리가 있으므로 중력은 종이 비행기에 일을 한다.

ㄷ 중력 퍼텐셜 에너지는 감소한다.
➡ 종이 비행기의 높이가 낮아지므로 중력 퍼텐셜 에너지는 감소한다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ s만큼 이동하는 동안 B의 역학적 에너지 감소량은 A의 역학적 에너지 증가량과 같다.
➡ 역학적 에너지 보존에 의해 B의 역학적 에너지 감소량은 A의 역학적 에너지 증가량과 같다.

✕ s만큼 이동하는 동안 중력이 B에 한 일은 ~~A~~ B의 운동 에너지 증가량과 같다.
➡ 중력이 B에 한 일은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 같다.

ㄷ A의 속력은 $2\sqrt{\frac{gs}{3}}$이다.
➡ $2mgs=\frac{1}{2}3mv^2$, 따라서 $v=2\sqrt{\frac{gs}{3}}$이다.

04 | 선택지 분석 |

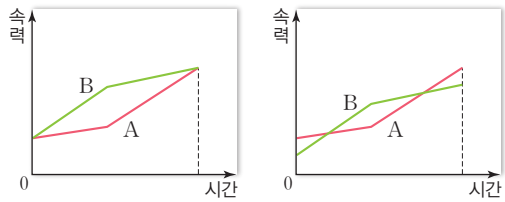
ㄱ 중력이 한 일은 A와 B가 서로 같다.
➡ 질량이 같은 물체가 같은 높이만큼 내려오므로 중력이 A와 B에 한 일은 같다.

ㄴ 운동 에너지 변화량은 A와 B가 서로 같다.
➡ 같은 높이만큼 내려오므로 운동 에너지 변화량은 같다.

✗ 역학적 에너지는 A와 B가 서로 ~~같다~~ 다르다.

➡ h인 지점에 두 물체를 가만히 놓으면 같은 거리만큼 이동하는 데 걸리는 시간은 A가 B보다 크다. 그런데 높이 h인 지점을 동시에 통과하고, 같은 거리만큼 이동하여 동시에 수평면에 도달하였으므로 h인 지점을 지나는 순간의 속력은 A가 B보다 커야 한다. 따라서 h인 지점에서 중력 퍼텐셜 에너지는 같으므로 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

더 알아보기



(가) (나)

만약, A와 B의 역학적 에너지가 서로 같다면 수평면에서 운동 에너지가 같으므로 수평면에서 A와 B의 속력이 같고, 빗면에서 높이 h를 내려오는 동안 A와 B의 운동 에너지 변화량이 같으므로 높이 h인 지점에서 A와 B의 속력이 같아야 한다. 경사면의 경사각이 클수록 가속도가 크므로, A와 B의 역학적 에너지가 서로 같다면 속력-시간 그래프는 그림 (가)와 같게 되어(이동 거리는 B가 A보다 크다.) A와 B의 이동 거리가 같다는 사실과 모순이 된다. 그림 (가)에서 A의 그래프를 위로 평행 이동시켜 A와 B의 이동 거리를 같게 만든 그림 (나)의 그래프가 주어진 조건을 모두 만족시키므로, 빗면에서 운동하는 동안역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 용수철이 압축되는 동안 물체에 작용하는 탄성력은 물체에 음(−)의 일을 한다.

➡ 용수철이 압축되는 동안 물체에 작용하는 탄성력과 물체의 운동 방향은 서로 반대이므로 탄성력은 물체에 음(−)의 일을 한다.

ㄴ (가)에서 물체의 운동 에너지는 (나)에서 물체의 탄성 퍼텐셜 에너지와 같다.

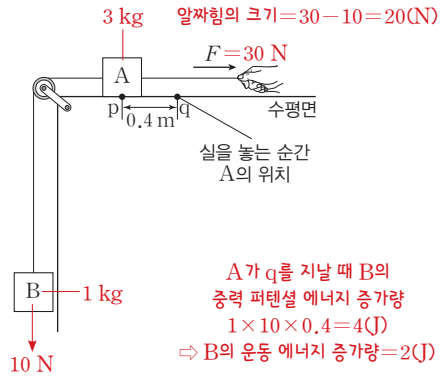
➡ 역학적 에너지 보존에 의해 물체의 운동 에너지가 물체의 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

ㄷ $x=\sqrt{\frac{m}{k}}v$이다.

➡ $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}kx^2$이므로 $x=\sqrt{\frac{m}{k}}v$이다.

06 탄성 퍼텐셜 에너지는 용수철에 연결되어 있는 물체의 질량과 무관하다. 용수철이 최대로 압축되거나 늘어날 때의 탄성 퍼텐셜 에너지가 진동하는 동안 물체의 전체 역학적 에너지와 같다. O에서 물체의 운동 에너지가 같으므로 속력은 질량이 작은 물체가 더 크다.

07 | 자료 분석 |



F가 10 N일 때 A, B가 정지 상태이므로 B의 질량은 1 kg이다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 알짜힘이 A와 B에 한 일은 20 N×0.4 m=8 J이다. 한편 A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 B의 운동 에너지 증가량의 2배이므로 A가 q를 지날 때 A의 운동 에너지는 6 J, B의 운동 에너지는 2 J이다. 따라서 A의 질량은 3 kg이다. A가 q를 지날 때의 전체 역학적 에너지는 운동 에너지 8 J, B의 중력 퍼텐셜 에너지 4 J을 합쳐 12 J이고 이는 다시 A가 p를 지날 때의 A와 B의 운동 에너지와 같다. 따라서 p를 지날 때 A의 운동 에너지는 9 J이다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 기체의 내부 에너지는 (나)가 (가)~~보다 크다~~ 와 같다.

➡ (가) → (나) 과정에서 온도가 일정하기 때문에 내부 에너지는 변화가 없다.

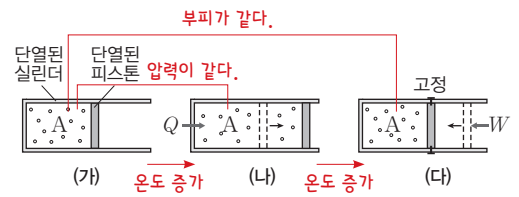
✗ 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 ~~크다~~ 작다.

➡ (가) → (나) 과정에서 기체의 온도가 일정한 상태에서 부피가 감소하므로 기체의 압력은 증가한다.

ㄷ (가) → (나) 과정에서 기체는 외부로 열을 방출한다.

➡ 기체의 내부 에너지는 변화가 없는데 외부로부터 일을 받으므로 기체는 열을 방출한다.

09 | 자료 분석 |



(가) → (나) 과정: 열을 흡수하여 A의 온도, 부피가 증가한다.
(나) → (다) 과정: 일을 받아 A의 온도, 압력이 증가한다.
(가) → (나) 과정에서 A의 부피 변화량과 (나) → (다) 과정에서 A의 부피 변화량이 같다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. A의 온도는 (가)에서가 (다)에서보다 낮다.
➡ A의 온도는 (다)>(나)>(가) 순으로 높다.

✕ (나) → (다) 과정에서 A의 압력은 ~~일정하다~~ 증가 한다.
➡ (나) → (다) 과정은 단열 압축 과정으로 A의 내부 에너지가 증가하므로 온도도 증가한다. 따라서 A의 압력은 증가해야 한다.

✕ (가) → (나) 과정에서 A가 한 일은 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량과 ~~같다~~ 다르다.
➡ 부피 변화는 같지만 (가) → (나) 과정에서의 평균 압력이 (나) → (다) 과정에서의 평균 압력보다 작다. 따라서 A가 외부에 한 일은 W보다 작다. 한편 (나) → (다) 과정은 단열 과정이므로 이때 A의 내부 에너지 변화량은 W이다. 따라서 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량이 (가) → (나) 과정에서 A가 한 일보다 크다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. A → B 과정에서 기체의 내부 에너지는 증가한다.
➡ A → B 과정에서 기체의 부피는 일정한 상태로 압력이 증가하므로 온도와 내부 에너지는 증가한다.

✕ $P_1V_1 \neq P_2V_2$이다.
➡ B → C 과정은 단열 과정이므로 $P_1V_1 \neq P_2V_2$이다.

ㄷ. C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 $P_2(V_2-V_1)$이다.
➡ C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 $P\Delta V = P_2(V_2-V_1)$이다.

11 | 선택지 분석 |

✕ 이 기관의 열효율은 ~~75 %~~ 25 %이다.
➡ 카르노 기관의 열효율은 $1-\frac{T_L}{T_H}$이므로 이 기관의 열효율은 25%이다.

ㄴ. $Q_1 = Q_2 + W$이다.
➡ 에너지 보존에 의해 $Q_1 = Q_2 + W$이다.

ㄷ. 한 번의 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일은 A이다.
➡ 순환 과정의 압력−부피 그래프에서 내부 면적은 기체가 외부에 한 일과 같다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ. 엔트로피는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
➡ (가) → (나) 과정은 비가역 과정으로 엔트로피가 증가하는 반응이다.

✕ (나) → (가) 과정도 자발적으로 일어날 수 ~~있다~~ 없다.
➡ (가) → (나) 과정은 비가역 과정이므로 역과정은 자발적으로 일어나지 않는다.

ㄷ. A 내부 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
➡ 기체의 부피가 증가하였으므로 기체의 압력은 감소한다.

13 | 선택지 분석 |

ㄱ. $T_1 > T_2$이다.
➡ 열은 고온에서 저온으로 흐르므로 $T_1 > T_2$이다.

ㄴ. $W = 4$ kJ이다.
➡ 에너지 보존에 의해 $10\ \text{kJ} = W + 6\ \text{kJ}$의 관계가 성립하므로 $W = 4$ kJ이다.

✕ 열기관의 열효율은 ~~0.6~~ 0.4이다.
➡ 열효율은 $\frac{4\ \text{kJ}}{10\ \text{kJ}} = 0.4$이다.

14 | 선택지 분석 |

ㄱ. A의 온도는 감소한다.
➡ A는 단열 팽창, B는 단열 압축 하므로 A의 온도는 감소하고 B의 온도는 증가한다.

ㄴ. B의 압력은 증가한다.
➡ B는 온도가 증가하며 부피가 감소하므로 압력은 증가한다.

ㄷ. A의 내부 에너지 감소량은 B의 내부 에너지 증가량과 같다.
➡ 단열 과정에서 A가 외부에 한 일과 B가 외부로부터 받은 일이 같으므로 A의 내부 에너지 감소량은 B의 내부 에너지 증가량과 같다.

15 | 선택지 분석 |

✕ A → B 과정에서 기체의 온도는 변하지 ~~않는다~~ 증가한다.
➡ A → B 과정은 단열 수축 과정이므로 기체의 온도는 증가한다.

✕ B → C 과정에서 모래의 양을 ~~감소시킨다~~ 은 일정하다.
➡ B → C 과정은 압력이 일정하므로 모래의 양이 일정하다.

ㄷ. B → C 과정에서 기체는 열을 흡수한다.
➡ B → C 과정에서 내부 에너지도 증가하고 외부에 일을 하므로 기체는 열을 흡수한다.

16 | 선택지 분석 |

ㄱ. A → B 과정에서 기체의 부피는 감소한다.
➡ A → B 과정은 온도는 일정한데 압력이 증가하고 있으므로 부피는 감소해야 한다.

ㄴ. B → C 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
➡ B → C 과정에서 기체의 온도는 증가하는데 압력은 일정하므로 부피는 증가해야 한다. 따라서 기체는 외부에 일을 한다.

ㄷ. D → A 과정에서 기체가 외부로 방출한 열은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.
➡ D → A 과정은 정적 과정이므로 기체는 외부에 일을 하지 않는다. 따라서 기체가 외부로 방출한 열은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.

3 ››› 시공간의 이해

01 특수 상대성 이론

개념POOL 101쪽

01 ㉠ 관성 ㉡ 등속도 **02** (1) c (2) c

02 진공에서의 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 운동 상태와 관계없이 항상 c이다.

개념POOL 102쪽

01 ㉠ 시간 지연 ㉡ 길이 수축 **02** (1) × (2) ○

콕콕! 개념 확인하기 103쪽

✔ 잠깐 확인!

1 관성 **2** 광속 불변 **3** 느리게 **4** 고유 시간
5 길이 수축 **6** 나란한 **7** 고유 길이

01 (1) ○ (2) × (3) × **02** 상대성 원리, 광속 불변 원리
03 A **04** (1) ○ (2) ○ (3) ×

02 동시성의 상대성은 상대성 원리와 광속 불변 원리로 설명할 수 있다.

03 길이 수축은 운동 방향에 대해 나란한 방향에 대해서만 일어나고 수직 방향에 대해서는 일어나지 않는다.

탄탄! 내신 다지기 104쪽~105쪽

01 ② **02** ②, ④ **03** 상대성 원리, 광속 불변 원리 **04** c
05 ② **06** ③ **07** ④ **08** ③ **09** ① **10** ⑤

01 같은 방향으로 움직이고 있으므로 철수가 관측할 때 영희의 상대 속도는 (영희의 속도)−(철수의 속도)=7−5=2(m/s)이다.

02 | 선택지 분석 |

① A가 측정한 B의 속력은 v이다.
➡ 상대성 원리에 의해 A와 B는 서로 상대방이 속력 v로 등속도 운동한다고 관측한다.

✓ ② 관성의 법칙은 B의 좌표계에서는 성립하지만 A의 좌표계~~에서는 성립하지 않는다~~에서도 성립한다.
➡ 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

③ 정지한 광원에서 나온 빛의 속력은 어느 관성 좌표계에서나 동일하다.
➡ 광속 불변 원리에 의해 모든 관성 좌표계에서 진공에서 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속도에 관계없이 항상 일정하다.

✓ ④ A는 자신이 등속도 운동을 하는지 정지해 있는지 물리 법칙의 차이에 의해 구별할 수 ~~있다~~없다.

⑤ A가 운동 방향으로 발사한 빛의 속력은 A와 B가 측정하였을 때 서로 같다.
➡ 광속 불변 원리

03 특수 상대성 이론의 2가지 기본 과정은 상대성 원리와 광속 불변 원리이다.

04 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 운동 상태에 관계없이 항상 일정하다.

05 | 선택지 분석 |

✗ (가)와 (나)는 동일한 좌표계~~이다~~가 아니다.
➡ (가)와 (나)는 모두 관성 좌표계이지만 속도가 다르므로 동일한 좌표계는 아니다.

㉠ (가)와 (나)에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.
➡ 관성 좌표계에서의 모든 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

✗ (나)에서 물체를 가만히 낙하시키면 ~~q점보다 왼쪽에 있는 거치위의 바닥에~~ q점에 떨어진다.
➡ p점에서 가만히 놓은 물체도 q점으로 낙하한다.

06 | 선택지 분석 |

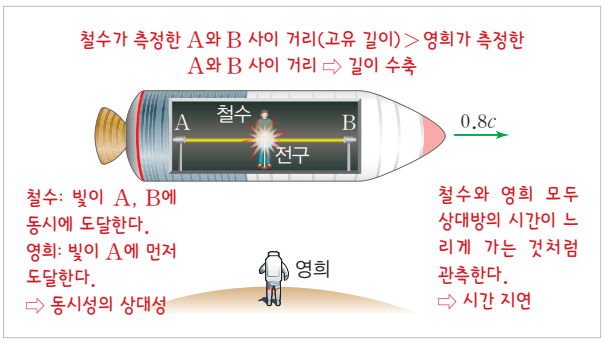
㉠ 어떤 관찰자에게 동시에 일어난 사건은 다른 관찰자에게는 동시에 일어나지 않을 수 있다.
➡ 특수 상대성 이론에 의하면 관찰자에 따라 동시성의 상대성이 나타날 수 있다.

✗ 빠르게 움직이는 물체의 운동 방향의 길이가 ~~늘어나~~ 줄어들어 보인다.
➡ 빠르게 움직이는 물체의 길이가 줄어들어 보인다.

㉢ 정지한 A에 대해 광속에 가까운 등속도로 B가 운동할 때, B는 A의 시간이 느리게 가는 것으로 관측한다.
➡ 광속에 가까운 일정한 속도로 서로 상대적인 운동을 할 때, 상대방의 시계가 느리게 가는 것으로 관찰된다.

07 정지해 있는 관찰자가 측정한 고유 길이가 가장 길고, 관찰자에 대한 물체의 운동 속력이 빠를수록 물체의 길이 수축은 크게 일어난다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① 전구에서 B를 향하는 빛의 속력은 ~~c보다 크다~~. c이다.

➡ 광속 불변 원리에 의해 진공에서 빛의 속력은 항상 c이다.

② A에서 B까지의 거리는 철수가 측정할 때보다 ~~길다~~. 짧다.

➡ A, B 사이의 거리는 철수가 측정할 때가 고유 길이이므로 철수가 측정할 때가 더 길다.

③ 전구에서 발생한 빛은 B보다 A에 먼저 도달한다.

➡ 빛이 광검출기를 향해 나아가는 동안 우주선이 오른쪽으로 이동하므로 전구에서 발생한 빛은 A에 먼저 도달한다.

④ 전구에서 A까지의 거리와 전구에서 B까지의 거리는 ~~다르다~~. 같다.

➡ 철수가 측정한 전구에서 A까지의 거리와 전구에서 B까지의 거리가 같으므로 영희가 측정할 때도 두 거리는 같은 비율로 길이 수축이 일어나기 때문에 같아야 한다.

⑤ 철수의 시계가 자신의 시계보다 더 ~~빠르게~~ 느리게 간다.

➡ 시간 지연에 의해 영희는 철수의 시계가 자신의 시계보다 느리게 가는 것으로 관측한다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ A에서 측정한 B의 길이는 L_0보다 짧다.

➡ A에서 측정할 때 B는 길이 수축이 일어나므로 B의 길이는 고유 길이보다 짧다.

✗ B에서 측정할 때 A와 B의 길이는 ~~같다~~. 다르다.

➡ B에서 측정한 B의 길이는 고유 길이이고 A의 길이는 고유 길이보다 짧다. 따라서 B가 측정할 때, B의 길이가 A의 길이보다 길다.

✗ B에서 측정할 때, B의 시간이 A의 시간보다 ~~느리게~~ 빠르게 간다.

➡ B에서 측정할 때, B는 정지해 있고 A가 빠르게 움직이므로 시간 지연이 일어나 A의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

10 | 선택지 분석 |

㉠ P에서 지면까지의 거리는 L보다 짧다.

➡ 뮤온의 좌표계에서 관측할 때 길이 수축에 의해 P에서 지면까지의 거리는 L보다 짧다.

㉡ 뮤온의 수명은 T보다 짧다.

➡ 뮤온의 수명은 뮤온 좌표계에서 측정할 때가 고유 수명이고, 이는 T보다 짧다.

㉢ 영희의 시계가 뮤온의 시계보다 느리게 간다.

➡ 뮤온 좌표계에서는 영희가 빠르게 운동하므로 영희의 시계가 뮤온의 시계보다 느리게 간다.

도전! 실력 올리기

106쪽~107쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ③ **04** ③ **05** ② **06** ④

07 ㉠ 관성 ㉡ 광속 불변

08 | 모범 답안 | 뮤온의 좌표계에서는 지표면이 뮤온에게 매우 빠른 속력으로 다가오므로 길이 수축에 의해 뮤온과 지표면 사이의 거리가 줄어들기 때문에 뮤온이 지표면에 도달할 수 있다. 지표면의 좌표계에서는 뮤온이 속력이 매우 빠르므로 시간 지연에 의해 뮤온의 시간이 느리게 흘러 뮤온이 고유 수명보다 더 오래 존재할 수 있기 때문에 지표면까지 도달할 수 있다.

09 | 모범 답안 | A와 B 사이의 거리는 영희가 측정할 때가 고유 길이이므로 다른 관성 좌표계인 철수가 측정한 거리보다 길다. 우주선이 A에서 B까지 이동하는 데 걸리는 시간은 철수가 측정한 시간이 고유 시간이므로 다른 관성 좌표계의 영희가 측정한 시간보다 짧다.

01 | 선택지 분석 |

✗ P에서 B를 향하는 빛의 속력이 P에서 A를 향하는 빛의 속력~~보다 크다~~. 과 같다.

➡ 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 운동 상태와 무관하다.

㉡ P에서 발생한 빛은 B보다 A에 먼저 도달한다.

➡ 영희가 측정할 때, 우주선이 오른쪽으로 움직이므로 P에서 발생한 빛은 B보다 A에 먼저 도달한다.

㉢ P에서 A까지의 거리와 P에서 B까지의 거리는 같다.

➡ 철수가 측정할 때 P에서 A까지의 거리와 P에서 B까지의 거리는 같으므로 영희가 측정할 때도 두 거리는 같다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ P에서 A까지의 거리와 P에서 B까지의 거리는 같다.

➡ 철수가 측정한 P에서 A까지의 거리와 P에서 B까지의 거리는 같으므로 영희가 측정할 때도 두 거리는 같은 비율로 길이 수축이 일어나기 때문에 같다.

㉡ 철수의 시간이 자신의 시간보다 느리게 간다.

➡ 영희가 측정할 때, 철수는 $0.5c$의 속력으로 운동하므로 시간 지연이 일어난다.

㉢ 빛은 A에서가 B에서보다 먼저 발생하였다.

➡ A에서 발생한 빛과 B에서 발생한 빛이 동시에 P에 도달하는 사건은 P라는 같은 장소에서 일어난 사건이기 때문에 어떠한 관찰자가 관찰하더라도 동시에 일어난다. 영희가 측정할 때 우주선이 오른쪽으로 이동하고 있으므로 빛은 A에서 먼저 발생하고 B에서 나중에 발생해야 A와 B에서 발생한 빛이 P에 동시에 도달한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ 철수가 측정할 때, 민수의 시간이 영희의 시간보다 느리게 간다.

➡ 철수가 측정할 때, 민수의 속력이 영희의 속력보다 더 빠르므로 민수의 시간이 영희의 시간보다 느리게 간다.

✕ 철수와 영희가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 서로 ~~같다~~ 다르다.

➡ 철수와 영희의 속력이 다르므로 둘이 측정한 P와 Q 사이의 거리는 서로 같지 않다.

㉢ 민수가 측정할 때, 철수가 탄 우주선의 길이가 영희가 탄 우주선의 길이보다 길다.

➡ 길이 수축은 속력이 빠를 때 더 크게 나타나므로, 민수가 측정할 때 철수가 탄 우주선의 길이가 영희가 탄 우주선의 길이보다 길다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ O에서 P까지의 거리

➡ O에서 P까지의 거리는 운동 방향에 대해 수직이므로 길이 수축이 일어나지 않는다.

✕ O에서 출발한 빛이 P에 도달하는 동안 이동한 거리

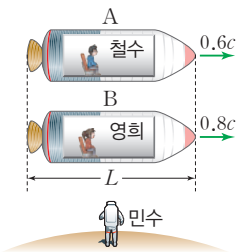
➡ 영희가 관측할 때 P에서 발생한 빛이 P를 향해 가는 동안 우주선도 이동하므로, 영희가 측정한 빛이 이동하는 거리는 O에서 P까지의 거리보다 더 길다.

㉢ O에서 P를 향하는 빛의 속력

➡ 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 일정하다.

05 | 자료 분석 |

속력이 빠를수록 시간 지연이 크게 일어난다.
⇨ 철수가 측정할 때 영희의 상대 속도$(0.2c)$ < 민수의 상대 속도$(-0.6c)$
⇨ 민수의 시간이 영희의 시간보다 더 느리게 간다.



속력이 빠를수록 길이 수축이 크게 일어난다.
⇨ 민수가 측정할 때 B에서 길이 수축이 더 크게 일어난다.

| 선택지 분석 |

㉠ B의 고유 길이가 A의 고유 길이보다 길다.

➡ 민수가 측정할 때, 속력이 상대적으로 더 빠른 B와 느린 A의 길이가 같게 측정되므로 고유 길이는 B가 A보다 길다.

㉡ 철수가 측정한 B의 길이는 L보다 길다.

➡ 철수가 측정할 때, B의 속력은 $0.8c$보다 작으므로 B의 길이는 L보다 길게 측정된다.

✕ 철수가 측정할 때 영희의 시간이 민수의 시간보다 ~~느리게~~ 빠르게 간다.

➡ 철수가 측정할 때, 민수의 속력이 영희의 속력보다 더 빠르므로 민수의 시간이 영희의 시간보다 더 느리게 간다.

06 영희가 측정할 때 광원에서 나온 빛이 A와 B에 동시에 도달하므로 광원에서 A, 광원에서 B까지의 고유 길이는 L로 같다. 길이 수축은 운동 방향과 나란한 방향으로 일어나고 수직 방향으로는 일어나지 않는다.

07 특수 상대성 이론은 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 동일하다는 상대성 원리와 빛의 속력은 진공에서 항상 일정하다는 광속 불변 원리를 기본 가정으로 하는 이론이다.

08 지상에서 뮤온 입자가 관측되는 것은 특수 상대성 이론의 시간 지연과 길이 수축으로 설명할 수 있다.

채점 기준	배점
뮤온의 좌표계와 지표면의 좌표계를 기준으로 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
뮤온의 좌표계와 지표면의 좌표계를 기준으로 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 고유 시간은 다른 광성 좌표계에 있는 관찰자가 측정하는 시간보다 항상 짧고, 고유 길이는 다른 관성 좌표계에 있는 관찰자가 측정하는 길이보다 항상 길다.

채점 기준	배점
A, B 사이의 거리와 걸리는 시간을 고유 물리량을 이용해 옳게 비교한 경우	100 %
A, B 사이의 거리와 걸리는 시간 중 1가지만 옳게 비교한 경우	50 %

02 ~ 질량과 에너지

개념POOL 110쪽

01 ㉠ 핵융합 ㉡ 핵분열 ㉢ 질량 결손
02 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

콕콕! 개념 확인하기 111쪽

✓ 잠깐 확인!

1 빛 **2** 동등성 **3** 정지 에너지 **4** 핵융합 **5** 핵분열 **6** 질량 결손

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × **02** m_0c^2
03 (1) × (2) × (3) ○ **04** 질량 결손 **05** 핵융합 발전

02 정지한 물체의 질량을 정지 질량 m_0이라고 할 때, 정지 질량에 해당하는 에너지는 m_0c^2이며 이를 정지 에너지라고 한다.

04 핵분열 과정에서는 생성 물질의 질량의 총합이 반응 물질의 질량의 총합보다 작아지는 질량 결손이 일어나는데, 질량 결손에 의해 질량이 에너지로 전환되어 방출된다.

05 핵융합 발전은 화석 연료를 이용하는 화력 발전이나 핵분열을 이용하는 발전에 비해 오염 물질의 배출 문제나 원료 부족 문제가 적은 발전 방식이다.

탄탄! 내신 다지기 112쪽~113쪽

01 ② **02** ③ **03** ③ **04** ② **05** ⑤ **06** ㉠ 양성자 ㉡ 중성자 **07** ② **08** ⑤ **09** 철 **10** ④ **11** ⑤

01

✗ 에너지는 질량으로 전환될 수 있지만, 질량은 에너지로 전환될 수 없다.
➡ 질량과 에너지는 서로 전환이 가능하다.

✗ 정지 상태에 있는 물체의 정지 에너지는 0이다
➡ 정지 상태의 물체도 정지 에너지를 가지고 있다.

㉢ 질량이 m에 해당하는 에너지의 양은 mc^2이다.
➡ 질량 에너지 동등성에 의해 질량 m에 해당하는 에너지의 양은 $E=mc^2$이다.

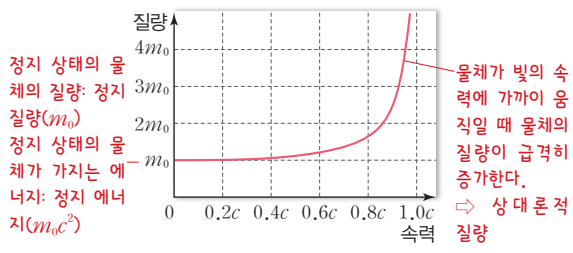
02 | 선택지 분석 |

㉠ 속력이 증가하면 물체의 질량은 증가한다.
➡ 속력이 증가할수록 물체의 상대론적 질량은 증가한다.

㉡ 관찰자의 속력에 따라 물체의 질량은 다르게 측정될 수 있다.
➡ 관찰자의 속력이 달라지면 측정되는 물체의 속력도 달라지므로, 물체의 질량도 다르게 측정된다.

✗ 주변의 빠르게 움직이는 자동차나 비행기 등에서 쉽게 질량 증가 현상을 관찰할 수 있다.
➡ 질량 증가 현상은 물체의 속력이 빛의 속력에 가까워질 때에 관찰할 수 있다.

더 알아보기



03 | 선택지 분석 |

㉠ 정지 에너지는 m_0c^2이다.
➡ 정지 질량이 m_0이므로 정지 에너지는 m_0c^2이다.

㉡ 질량이 m_0보다 크다.
➡ 물체의 속력이 $0.8c$이므로 질량은 m_0보다 크게 측정된다.

✗ 물체를 정지시키기 위해서는 m_0c^2의 일을 해 주어야 한다.
➡ 운동하고 있는 물체의 정지 에너지 차이만큼 일을 해 주어야 하므로, $W=mc^2-m_0c^2=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{(0.8c)^2}{c^2}}}m_0c^2-m_0c^2=\frac{2}{3}m_0c^2$의 만큼의 일을 해 주어야 한다.

04 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~양성자이다~~ 중성자이다.
➡ (가)는 중성자($_0^1\mathrm{n}$)로, 양성자보다 질량이 약간 크다.

㉡ (가)의 질량수는 1이다.
➡ 중성자의 질량수는 1이다.

✗ 헬륨 원자핵의 질량이 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵의 질량의 합보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 핵융합 과정에서 반응 후 질량 결손이 생기므로, 헬륨 원자핵과 중성자의 질량의 합이 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵의 질량의 합보다 작다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ 핵분열 반응이다.
➡ 우라늄이 중성자를 흡수해 붕괴하는 핵분열 과정이다.

㉡ 핵반응 전과 후에 질량수가 보존된다.
➡ 핵반응 과정에서 질량수는 보존된다.

㉢ 핵반응 과정에서 질량 결손이 일어난다.
➡ 질량 결손이 일어나기 때문에 질량은 보존되지 않는다.

06 동위 원소란 원자 번호는 같으나 질량수가 다른 원소들을 말한다.

07 | 선택지 분석 |

✗ ~~핵분열~~ 핵융합 반응이다.
➡ 태양의 중심부에서 일어나는 수소 핵융합 반응을 나타낸 것이다.

✗ (가)는 ~~중성자~~ 양전자이다.
➡ (가)는 양전자(e^+)이다.

㉢ 헬륨 원자핵($_2^4\mathrm{He}$) 1개의 질량이 수소 원자핵($_1^1\mathrm{He}$) 4개의 질량의 합보다 작다.
➡ 질량 결손이 일어나므로 헬륨 원자핵($_2^4\mathrm{He}$) 1개의 질량이 수소 원자핵($_1^1\mathrm{He}$) 4개의 질량의 합보다 작다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 중성자이다.
➡ 우라늄이 핵분열하는 과정을 나타낸 것으로, (가)는 중성자이다.

㉡ 핵반응 후 질량의 합이 반응 전보다 줄어든다.

㉢ 핵반응 과정에서 질량 결손이 일어난다.
➡ 핵반응 과정에서 질량 결손이 일어나기 때문에 에너지가 발생한다.

09 철 원자핵은 핵자당 평균 질량이 가장 작은 원자핵으로, 핵자 사이의 결합 에너지가 가장 크고 안정되어 있는 원자핵이다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 양성자의 질량이 중성자보다 크다.
➡ 중성자의 질량이 양성자의 질량보다 크다.

㉡ ${}_1^2\mathrm{H}$ 원자핵에는 양성자 1개가 있다.
➡ ${}_1^2\mathrm{H}$ 원자핵에는 양성자 1개와 중성자 1개가 있다.

㉢ ${}_1^2\mathrm{H}$ 원자핵 1개의 질량은 2.0160u보다 작다.
➡ 양성자 1개와 중성자 1개가 결합을 하면 에너지가 방출되므로 질량 결손에 의해 ${}_1^2\mathrm{H}$ 원자핵 1개의 질량은 2.0160u보다 작다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 핵분열 반응이다.
➡ (가)는 우라늄이 핵분열하는 과정이다.

㉡ 핵반응 전후에 전하량이 보존된다.
➡ 핵반응 전후에 질량수와 전하량이 보존된다.

㉢ 핵반응 과정에서 질량 결손은 (가)에서가 (나)에서보다 더 크다.
➡ (가)에서가 (나)에서보다 더 큰 에너지가 발생하고 있으므로 핵반응 과정에서 질량 결손은 (가)에서가 (나)에서보다 더 크다.

도전! 실력 올리기

114쪽~115쪽

01 ④ **02** ② **03** ② **04** ⑤ **05** ② **06** ③

07 ㉠ 수소 ㉡ 중수소

08 | **모범 답안** | 핵융합이나 핵분열 과정에서 반응 후의 질량이 반응 전의 질량보다 작아지는 질량 결손이 생기는데, 이때 감소한 질량이 에너지로 전환되어 방출된다.

09 (1) | **모범 답안** | A는 중성자(${}_0^1\mathrm{n}$)이다. 전하량 보존을 적용하면 A의 양성자는 0개이고, 질량수 보존을 적용하면 질량수는 1이기 때문이다.

(2) | **모범 답안** | 수소 원자핵과 입자 A의 질량의 합이 중수소 원자핵의 질량보다 크다. 핵반응 과정에서 에너지가 발생하므로 질량 결손이 일어나야 하기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

✗ 정지 질량은 m_0보다 작다 → 이다.
➡ 영희에 대해 물체가 정지해 있으므로 영희가 측정한 질량이 정지 질량이다.

㉡ 철수가 측정한 물체의 질량은 m_0보다 크다.
➡ 철수가 측정하면 물체는 빠른 속도로 운동하고 있으므로 질량은 정지 질량보다 크다.

㉢ 물체가 가지는 에너지는 철수가 측정할 때가 영희가 측정할 때보다 크다.
➡ 철수가 측정할 때가 영희가 측정할 때보다 물체의 속력이 더 빠르므로 물체가 가지는 에너지가 정지 에너지보다 크게 측정된다.

02 | 선택지 분석 |

✗ A는 전자 → 중성자이다.
➡ A는 중성자이다.

✗ 삼중수소 원자핵에 들어 있는 양성자 수는 2개 → 1개이다.
➡ 삼중수소 원자핵은 1개의 양성자와 2개의 중성자로 구성된다.

㉢ 반응 물질의 질량의 총합이 생성 물질의 질량의 총합보다 더 크다.
➡ 핵반응 과정에서는 질량 결손이 일어나므로 반응 물질의 총합이 생성 물질의 총합보다 더 크다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 핵변환 과정에서 질량은 보존된다 → 되지 않는다.
➡ 핵변환 과정에서 질량수는 보존되지만 질량은 보존되지 않는다.

㉡ (가)는 중수소 원자핵(${}_1^2\mathrm{H}$)이다.
➡ 전하량 보존과 질량수 보존을 적용하면 (가)는 중수소 원자핵(${}_1^2\mathrm{H}$)이고, (나)는 중성자(${}_0^1\mathrm{n}$)이다.

✗ (나)는 전자 → 중성자이다.

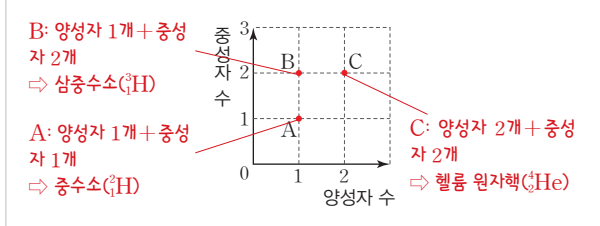
04 | 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 중성자이다.
➡ 우라늄 원자핵에 중성자가 결합하게 되면 핵분열이 일어나게 된다.

㉡ 크립톤의 중성자 수는 56개이다.
➡ 크립톤의 질량수는 92이고 양성자수는 36이므로 중성자수는 56이다.

㉢ 핵반응에서 방출된 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.
➡ 핵분열 과정에서 방출되는 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ 현재 원자로에서 원자력 발전에 이용되는 핵반응이다.
➡ A는 중소수(${}_1^2\mathrm{H}$), B는 삼중수소(${}_1^3\mathrm{H}$), C는 헬륨(${}_2^4\mathrm{He}$) 원자핵으로, 핵융합 반응이다. 현재 원자로에서는 핵분열을 이용하고 있다.

㉡ A와 B는 동위 원소 관계이다.
➡ A와 B는 양성자수는 같지만 중성자수가 다른 동위 원소 관계이다.

✗ (가)와 양성자는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다 → 작용하지 않는다.
➡ (가)는 중성자로 양성자와 전기적 상호 작용을 하지 않는다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. X는 헬륨 원자핵($^4_2$He)이다.
➡ 전하량과 질량수 보존을 적용하면 X는 헬륨 원자핵($^4_2$He)이다.

✗ 라듐(Ra)과 라돈(Rn)은 동위 원소 관계~~이다~~ 가 아니다.
➡ 라듐과 라돈은 원자 번호가 다르므로 동위 원소가 아니다.

ㄷ. $2M_1 > M_2 - M_3$이다.
➡ 반응 과정에서 질량 결손이 일어나기 때문에 $2M_1 > M_2 - M_3$이다.

07 태양의 중심부에서는 수소 원자핵이 융합해 헬륨 원자핵이 되고, 핵융합로에서는 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵이 융합해 헬륨 원자핵이 된다.

08 핵반응 후 질량 결손(Δm)이 생기며, 이 질량에 해당하는 에너지($E = \Delta mc^2$)가 방출된다.

채점 기준	배점
질량 결손과 질량이 에너지로 전환됨을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
질량 결손과 질량이 에너지로 전환됨 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 (1) 핵반응식에서 반응 전후의 질량수와 전하량은 보존된다.
(2) 에너지가 방출되는 핵반응은 모두 핵반응 전후 질량 결손이 생기고, 이 질량 결손이 에너지로 전환되어 방출된다.

문항	채점 기준	배점
(1)	A가 무엇인지 옳게 쓰고, 그 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
	A가 무엇인지만 옳게 서술한 경우	50 %
(2)	크기 비교와 까닭이 모두 옳은 경우	100 %
	크기 비교만 옳은 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

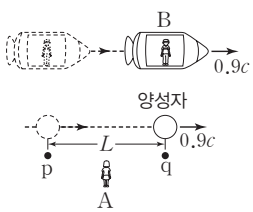
117쪽~119쪽

01 ① **02** ③ **03** ③ **04** ② **05** ④ **06** ② **07** ① **08** ③
09 ① **10** ③ **11** ④ **12** ①

01 | 자료 분석 |

A가 측정할 때: p, q는 A에 대해 정지해 있으므로 L은 고유 길이다.
B가 측정할 때: p, q는 B에 대해 $0.9c$의 속력으로 움직이므로 길이 수축이 일어난다.

A가 측정할 때: A에 대해 $0.9c$로 움직이는 B의 시간이 느리게 가므로 시간 지연이 일어난다.



B가 측정할 때: 자신이 위치한 곳에서 일어난 두 사건 사이의 시간 간격이므로 T는 고유 시간이다

| 선택지 분석 |

ㄱ. $L > 0.9cT$이다.
➡ B가 측정한 p와 q 사이의 거리는 $0.9cT$로, 이는 A가 측정한 p와 q 사이의 고유 길이인 L보다 작다.

✗ A가 측정한 p에서 q까지 양성자가 이동하는 데 걸린 시간은 T보다 ~~작다~~ 크다.
➡ B가 측정한 p에서 q까지 양성자가 이동하는 데 걸린 시간 T가 고유 시간이다. 따라서 A가 측정한 시간은 T보다 크다.

✗ B가 측정한 양성자의 정지 에너지는 0이~~다~~ 아니다.
➡ 정지 상태에서 양성자의 정지 질량이 0이 아니므로, B가 측정한 양성자의 정지 에너지는 0이 아니다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. O와 P 사이의 거리와 O와 R 사이의 거리는 같다.
➡ 길이 수축은 같은 비율로 일어나므로 철수가 측정할 때 O와 P 사이의 거리와 O와 R 사이의 거리는 같다.

✗ O에서 발생한 빛은 ~~P와 R에 동시에 도달한다.~~ P보다 R에 먼저 도달한다.
➡ 철수가 측정할 때, P는 빛이 진행하는 방향과 같은 방향으로 운동하고 R은 빛이 진행하는 방향과 반대 방향으로 운동한다. 따라서 O에서 발생한 빛은 P보다 R에 먼저 도달한다.

ㄷ. 빛이 O에서 Q 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 $\frac{2L}{c}$보다 크다.
➡ 철수가 측정할 때, 빛이 왕복하는 거리가 $2L$보다 크기 때문에 빛이 왕복하는 데 걸리는 시간은 $\frac{2L}{c}$보다 크다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 철수가 측정한 물체의 길이는 L이다.
➡ 물체는 철수에 대해 정지해 있으므로 철수가 측정한 물체의 길이는 고유 길이와 같다.

ㄴ. 민수가 측정한 물체의 길이가 영희가 측정한 물체의 길이보다 짧다.
➡ 운동 방향과 나란한 방향으로 길이 수축이 일어나므로 민수에 대해 물체의 길이는 길이 수축이 일어나지만, 영희에 대해서는 길이 수축이 일어나지 않는다.

✗ 철수가 측정할 때, 민수의 시계가 영희의 시계~~보다 느리게~~ 와 동일하게 간다.
➡ 철수가 측정할 때, 민수와 영희의 속력은 같으므로 시간 지연은 동일하게 일어난다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 관찰자가 측정할 때 A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸리는 시간은 t_0~~이다~~ 보다 크다.
➡ 뮤온의 고유 수명이 t_0이므로 관찰자가 측정한 뮤온의 수명은 t_0보다 크다.

ㄴ. 지표면에 도달하는 순간 붕괴하는 뮤온은 B이다.
➡ 속력이 빠르면 시간 지연이 더 크게 일어나므로 지면까지 도달하는 뮤온은 B이다.

✗ 관찰자가 측정할 때 h는 $0.99ct_0$~~이다~~. 보다 크다.

➡ 관찰자가 측정할 때 B가 지표면에 도달하는 데 걸리는 시간은 t_0보다 크다. 따라서 관찰자가 측정할 때 h는 $0.99ct_0$보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 전등과 A 사이의 거리와 전등과 B 사이의 거리는 ~~같다~~. 다르다.

➡ 영희가 측정할 때, 전등에서 발생한 빛이 A와 B에 동시에 도달하므로 전등과 A 사이의 거리가 전등과 B 사이의 거리보다 크다.

ㄴ A와 B 사이의 거리는 L보다 길다.

➡ A와 B 사이의 거리는 철수가 측정할 때가 고유 길이이고, 이는 L보다 길다.

ㄷ 기차가 플랫폼의 P, Q 지점을 지나가는 데 걸리는 시간은 T보다 작다.

➡ 기차가 플랫폼의 P, Q 지점을 지나가는 데 걸리는 시간은 철수가 측정할 때가 고유 시간이고, 이는 영희가 측정한 시간보다 작다.

06 진공에서 빛의 속력은 항상 일정하다. 철수가 측정할 때, 우주선의 길이는 길이 수축이 일어나 더 짧아지고 뮤온의 수명은 시간 지연이 일어나 더 길어진다.

07 | 선택지 분석 |

✗ A에서는 질량 결손이 ~~일어나지 않는다~~. 일어난다.

➡ 핵반응 과정에서 에너지가 발생하는 경우에는 항상 질량 결손이 일어난다.

ㄴ B는 원자력 발전소에서 일어나는 반응이다.

➡ B는 우라늄의 핵분열 반응으로 원자력 발전소에서 일어나는 반응이다.

✗ (가)의 질량수는 ~~2~~이다. 1

➡ (가)는 중성자($^1_0\mathrm{n}$), 질량수는 1이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ 핵자당 방출되는 에너지는 핵융합 반응에서가 핵분열 반응에서보다 크다.

➡ 우라늄 원자핵 1개가 분열할 때가 헬륨 원자핵 1개가 융합될 때보다 더 많은 에너지가 발생하지만 핵자당 방출되는 에너지는 핵융합에서가 핵분열에서보다 더 크다.

ㄴ ㉠의 질량수는 1이다.

➡ ㉠은 중성자($^1_0\mathrm{n}$)로, 질량수는 1이다.

✗ 핵분열 반응에서는 질량 결손이 ~~일어나지만~~ 일어나고 핵융합 반응에서는 질량 결손이 ~~일어나지 않는다~~. 일어난다.

➡ 핵분열과 핵융합 반응 모두에서 질량 결손이 일어나고, 이 질량 결손에 의해 에너지가 방출된다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ X는 $^2_1\mathrm{H}$ 원자핵이다.

➡ X는 중수소 원자핵($^2_1\mathrm{H}$)이고 Y는 중성자($^1_0\mathrm{n}$)이다.

✗ ~~$2M_2 = M_5$~~이다. $2M_2 > M_5$

➡ 핵융합 과정에서 질량 결손이 일어나므로 $2M_2 > M_5$이다.

✗ Y의 질량은 M_2보다 ~~크다~~. 작다

➡ 중성자의 질량은 중수소 원자핵의 질량보다 작다.

10 | 자료 분석 |

$^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + \alpha$ — $238 = 234 + x_1$에서 α의 질량수는 $x_1 = 4$이다. / $92 = 90 + y_1$에서 α의 양성자수는 $y_1 = 2$이다.

$^{12}_{5}\mathrm{B} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + \beta$ — $12 = 12 + x_2$에서 β의 질량수는 $x_2 = 0$이다. / $5 = 6 + y_2$에서 β의 양성자수는 $y_2 = -1$이다.

$^{12}_{6}\mathrm{C} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + \gamma$ — γ의 질량수와 양성자수가 모두 0이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A는 질량수가 4이다.

➡ A는 헬륨 원자핵($^4_2\mathrm{He}$)으로, 질량수는 4이다.

ㄴ 양성자와B의 전하량의 크기는 같다.

➡ B는 전자로, 전하량의 크기가 양성자와 같다.

✗ γ의 질량수는 ~~중성자와 같다~~. 0이다.

➡ γ는 질량수가 0이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 핵분열이다.

➡ 질량이 큰 원자핵이 질량이 작은 원자핵으로 쪼개지는 것을 핵분열이라고 한다.

✗ B에서 핵의 질량의 합은 반응 후가 반응 전보다 ~~크다~~. 작다

➡ 핵반응에서 질량 결손이 일어나기 때문에 반응 전보다 반응 후가 질량이 작다.

ㄷ C는 중성자이다.

➡ 우라늄에 중성자가 흡수되면 우라늄은 핵분열 과정을 거치게 된다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)는 핵분열 반응이다.

➡ (가)는 핵융합, (나)는 핵분열 반응이다.

✗ (가)에서 핵반응 전후 질량은 ~~보존~~된다. 감소

➡ 핵반응 전후 질량은 보존되지 않고 감소한다.

✗ 원자력 발전에 이용되는 핵반응은 ~~(가)~~이다. (나)

➡ 원자력 발전에는 핵분열이 이용되고 있다.

한번에 끝내는 대단원 문제 122쪽~125쪽

01 ① **02** ② **03** ⑤ **04** ③ **05** ④ **06** ⑤ **07** ⑤ **08** ③
09 ④ **10** ③ **11** ② **12** ⑤

13 A: 0.3 m/s^2 B: 0.15 m/s^2 C: 0.1 m/s^2
(2) | **모범 답안** | 물체에 작용하는 힘이 일정할 때 물체의 가속도의 크기는 질량에 반비례한다.

14 | **모범 답안** | 에어백은 충돌 시간을 증가시켜 운전자가 받는 충격력을 감소시킨다.

15 | **모범 답안** | 상대성 원리란 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다는 것이고, 광속 불변 원리는 모든 관성 좌표계에서 진공 중에서의 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 항상 같다는 것이다.

16 (1) 2개의 양전자(e^+)
(2) | **모범 답안** | 헬륨 원자핵($_2^4He$)과 (가)의 질량의 합이 4개의 수소 원자핵($_1^1H$)의 질량의 합보다 작다. 핵반응 과정에서 에너지가 발생하고 있으므로 질량 결손이 일어나야 하기 때문이다.

17 | **모범 답안** | 물속에서 잉크가 퍼진 상태가 한곳에 모인 상태보다 엔트로피, 즉 무질서도가 더 큰 상태이다. 열역학 제2법칙에 의하면 자연에서 일어나는 자발적인 자연 현상은 항상 엔트로피가 증가하는 방향으로 진행된다. 따라서 퍼졌던 잉크가 다시 한곳으로 모이는 현상은 저절로 일어나지 않는다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.
➡ 운동 방향이 바뀌므로 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

✗ 평균 속력과 평균 속도의 크기는 ~~같다~~. 평균 속력 > 평균 속도
➡ 이동 거리가 변위의 크기보다 크므로 평균 속력은 평균 속도의 크기보다 크다.

✗ ~~등속도~~ 운동이다. 속도가 변하는 가속도
➡ 운동 방향과 속력이 변하므로 등속도 운동이 아니다.

02 도착선에 A와 B가 동시에 도달하고, A가 10 m/s로 운동하여 100 m를 운동하는 데 걸린 시간은 10초이므로 B도 기준선에 도착선까지 10초 동안 등가속도 운동을 한다.

$\frac{1}{2}at^2=s$에서 $a=\frac{2s}{t^2}=\frac{2\times100}{100}=2(m/s^2)$이다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 3초일 때 가속도의 크기는 ~~2~~ $\frac{3}{2}$ m/s^2이다.
➡ 속도-시간 그래프에서 기울기가 가속도이므로, 3초일 때 가속도의 크기는 $\frac{4-1}{4-2}=\frac{3}{2}(m/s^2)$이다.

ㄴ. 3초일 때 자동차의 운동 방향과 자동차에 작용하는 알짜힘의 방향은 같다.
➡ 2초부터 4초까지 속력이 증가하므로 자동차의 운동 방향과 자동차에 작용하는 알짜힘의 방향은 같다.

ㄷ. 0부터 6초까지 평균 속도의 크기는 2 m/s이다.
➡ 0초부터 6초까지 변위의 크기는 속도와 시간축이 이루는 면적과 같으므로 12 m이다. 따라서 평균 속도의 크기는 $\frac{12}{6}=2$ (m/s)이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. 운동 방향은 1초일 때와 5초일 때가 같다.
➡ 2초일 때와 4초일 때 운동 방향이 바뀌므로 운동 방향은 1초일 때와 5초일 때가 같다.

ㄴ. 6초일 때 속도의 크기는 4 m/s이다.
➡ 0부터 3초까지 속력의 감소량과, 3초부터 6초까지 속력의 증가량이 같으므로 6초일 때의 속력은 0초일 때의 속력과 같은 4m/s이다.

✗ 0초부터 6초까지 이동 거리는 ~~6 m~~ 10 m이다.
➡ 물체는 2초일 때와 4초일 때 운동 방향이 바뀐다. 0초부터 3초까지 이동 거리는 5 m이고 3초부터 6초까지 이동 거리는 5 m이므로, 0초부터 6초까지 이동 거리는 10 m이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. A에 작용하는 중력의 크기는 20 N이다.
➡ A의 질량이 2 kg이므로 A에 작용하는 중력의 크기는 2×10=20 N이다.

✗ p가 B를 당기는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 ~~크다~~ 같다.
➡ B는 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기와 같다.

ㄷ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 10 N이다.
➡ p가 B를 당기는 힘의 크기는 10 N이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기는 10 N이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ B의 질량은 ~~2m~~ 3m이다.
➡ (가)에서 A에 작용하는 힘은 $\frac{mg}{2}=T-mg$이고, B에 작용하는 힘은 $\frac{m_Bg}{2}=m_Bg-T$이므로 $m_B=3m$이다.

ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
➡ (가)에서 $T=\frac{3}{2}mg$이고, (나)에서 A는 정지해 있으므로 p에 작용하는 힘은 mg이다.

ㄷ. (나)에서 B가 지면을 누르는 힘의 크기는 $2mg$이다.
➡ (나)에서 B에 작용하는 중력은 $3mg$이고, p가 B를 당기는 힘의 크기는 mg이므로 B가 지면을 누르는 힘의 크기는 $2mg$이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. 충돌 과정에서 A가 받은 충격량의 크기는 충돌 후 B의 운동량의 크기와 같다.
➡ 충돌 전 B는 정지해 있었으므로 충돌 후 B의 운동량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기와 같다. 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기와 B가 받은 충격량의 크기는 같다.

ㄴ. 충돌 후 속력은 A와 B가 같다.
➡ 위치−시간 그래프에서 기울기는 속도이다. 충돌 후 A와 B의 속력은 1 m/s로 같다.

ㄷ. 질량은 B가 A의 3배이다.
➡ 충돌 과정에서 운동량은 보존되므로 $2m_A=-m_A+m_B$에서 $m_B=3m_A$이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. 운동하는 동안 물체의 가속도 크기는 10 m/s^{2}이다.
➡ 물체에 중력이 연직 아래로 10 N 작용하므로 알짜힘은 연직 위로 10 N이다. 따라서 가속도의 크기는 10 m/s^{2}이다.

ㄴ. 10 m 이동하는 동안 중력이 물체에 한 일은 −100 J이다.
➡ 물체가 10 m 이동하는 동안 중력 10 N이 운동 방향과 반대 방향으로 작용하므로 중력이 물체에 한 일은 −100 J이다.

✗ 10 m 이동했을 때 물체의 속력은 ~~10 m/s~~ $10\sqrt{2}$ m/s이다.
➡ 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같으므로 100 J$=\frac{1}{2}\times1\times(v^2-0)$에서 속력 $v=5\sqrt{2}$ m/s이다.

09 역학적 에너지 보존에 의해 수평면에서의 탄성 퍼텐셜 에너지는 빗면의 최고점에서의 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다. $\frac{1}{2}\times100\times1^2=2\times10\times h$이므로 $h=2.5$ m이다.

10 부피가 일정하므로 기체가 받은 열은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 따라서 기체의 온도와 내부 에너지는 증가하고 기체의 압력도 증가한다. 부피 변화가 없으므로 기체는 외부에 일을 하지 않는다.

11 | 선택지 분석 |

✗ A → B 과정에서 온도는 일정하게 ~~유지된다~~ 유지되지 않는다.
➡ A와 B에서 기체의 온도가 다르므로 A → B 과정에서 온도는 일정하지 않다.

ㄴ. B → C 과정에서 내부 에너지는 감소한다.
➡ C 과정은 등압 수축 과정으로 내부 에너지가 감소한다.

✗ C → A 과정은 ~~단열과정~~ 등적 과정이다.
➡ C → A 과정은 등적 가열 과정으로 기체가 열을 흡수하여 온도와 압력이 모두 올라간다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ. 철수가 측정할 때 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 간다.
➡ 철수가 측정할 때 영희가 빠르게 움직이므로, 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 간다.

ㄴ. 영희가 측정할 때 철수의 시간이 자신의 시간보다 느리게 가는 것으로 관찰된다.
➡ 영희가 측정할 때 철수가 빠르게 움직이므로, 철수의 시간이 자신의 시간보다 느리게 가는 것으로 관찰된다.

ㄷ. 철수가 측정할 때 물체의 질량은 m_0보다 크다.
➡ 철수가 측정할 때 물체는 빠르게 움직이므로 물체의 질량은 정지 질량 m_0보다 크게 측정된다.

13 뉴턴 운동의 제2법칙(가속도의 법칙)을 알아보는 실험으로, 가속도의 크기는 작용하는 힘의 크기에 비례하고 질량에 반비례한다.

채점 기준	배점
용어 3개를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
용어 2개만 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %
용어 1개만 포함하여 옳게 서술한 경우	40 %

14 자동차의 처음 속력과 나중 속력은 에어백의 유무에 관계없이 일정하므로, 자동차의 운동량 변화량(충격량)도 일정하다. 충격량이 일정할 때, 충돌 시간이 클수록 충격력이 작아진다.

채점 기준	배점
충돌 시간의 변화와 충격력의 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100 %
충돌 시간의 변화와 충격력 변화 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50 %

15 특수 상대성 이론은 상대성 원리와 광속 불변 원리, 2가지 기본 가정으로 성립하는 이론이다.

채점 기준	배점
2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

16 태양 에너지의 근원은 태양 중심부에서 일어나는 핵융합 과정으로, 질량 결손에 의해 많은 에너지를 방출한다.

채점 기준	배점
핵반응 전후의 질량의 합의 크기 비교와 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
크기 비교만 옳게 서술한 경우	50 %

17 물속에 잉크가 퍼지는 현상은 비가역 과정 중 하나로, 비가역 과정은 스스로 처음 상태로 되돌아갈 수 없다.

채점 기준	배점
잉크가 퍼진 상태가 모인 상태보다 엔트로피가 더 큰 상태라는 것과 자연에서 저절로 일어나는 반응은 엔트로피가 증가하는 방향으로 진행된다는 것을 모두 서술한 경우	100 %
잉크가 퍼진 상태가 모인 상태보다 엔트로피가 더 큰 상태라는 것과 자연에서 저절로 일어나는 반응은 엔트로피가 증가하는 방향으로 진행된다는 것 중 1가지만 서술한 경우	50 %

1 ››› 물질의 구조와 전기적 성질

01 ~ 원자와 전기력

개념POOL 130쪽

01 원자핵과 전자 사이의 전기력
02 (1) ○ (2) ○ (3) ×
03 (1) 전자 (2) ㉠ A ㉡ B

01 원자핵과 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용하고, 전자는 이 전기력에 의해 원자핵 주위를 벗어나지 않고 돌 수 있다.

02 (3) 전자가 털가죽에서 유리 막대로 이동하여 털가죽은 (+)전하로, 유리 막대는 (−)전하로 대전된다.

03 (2) A~C를 대전열 순서로 나열하면 (+) A−C−B (−)이다. 따라서 A와 B를 마찰시키면 A는 (+)전하를 띠고, B는 (−)전하를 띤다.

콕콕! 개념 확인하기 131쪽

✔ 잠깐 확인!
1 원자핵, 전자 **2** 음극선 **3** 원자핵 **4** 전자 **5** 전하, 전하량 **6** 쿨롱 **7** 척력

01 (1) × (2) × (3) × (4) ○
02 (+), 원자핵
03 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
04 ㉠ 전하량 ㉡ 거리의 제곱 ㉢ $\frac{1}{4}F$

01 1897년 톰슨은 음극선에 대한 몇 가지 실험을 통해 음극선이 (−)전하를 띠는 입자임을 알아냈다.
(1) 음극선은 (−)극에서 (+)극을 향한다.
(2) 음극선은 전기장과 자기장의 영향을 받아 휘어진다.
(3) 음극선은 모든 물질에 공통적으로 들어 있다.
(4) 음극선은 질량을 가진 입자이다.

02 원자의 중심에는 (+)전하를 띤 원자핵이 존재하므로 알파(α) 입자와 전기적인 반발력 때문에 산란이 일어난다.

03 (2) 전자는 음(−)전하를 띠므로 전자를 잃은 물체는 (+)전하를 띠고, 전자를 얻은 물체는 (−)전하를 띤다.
(3) 같은 종류의 전하를 띤 대전체 사이에는 서로 밀어내는 척력이 작용한다.

04 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 거리가 2배가 되면 전기력은 $\frac{1}{4}$배로 감소한다.

탄탄! 내신 다지기 132쪽~133쪽

01 ① **02** ② **03** ⑤ **04** 원자핵 **05** ⑤ **06** ④
07 ② **08** ㉠ 2 ㉡ $\sqrt{2}d$ **09** r **10** ③ **11** ②

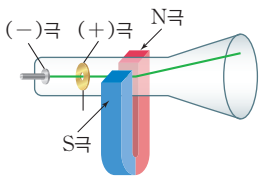
01 | 선택지 분석 |
① 전자를 잃은 원자는 (−)전하(+)전하를 띤다.
➡ 중성인 원자는 전자를 잃으면 (+)전하를 띤다.
② 원자는 원자핵과 전자로 이루어져 있다.
➡ 원자는 (+)전하를 띠는 원자핵과 (−)전하를 띠는 전자로 이루어져 있다.
③ 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지하며, (+)전하를 띤다.
➡ 원자의 중심에는 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 있으며, 원자핵은 (+)전하를 띤다.
④ 원자핵과 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.
➡ 원자핵은 (+)전하를 띠고, 전자는 (−)전하를 띠므로 원자핵과 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.
⑤ 원자에 비해 원자핵의 크기는 매우 작고, 원자의 내부는 대부분 빈 공간이다.
➡ 원자핵의 크기는 매우 작으며, 원자의 내부는 빈 공간이다.

02 톰슨은 음극선에 대한 몇 가지 실험에서 (−)극으로 사용한 금속의 종류와 방전관에 들어 있는 기체의 종류에 관계없이 음극선은 같은 특성을 보이므로 음극선의 구성 입자가 모든 물질에 공통적으로 들어 있는 입자라고 생각하였고, 이를 전자라고 명명하였다.

03 | 선택지 분석 |
㉠ (가)에서 음극선은 (+)극판 쪽으로 휘어진다.
➡ 음극선은(−)전하를 띠므로 (+)극판 쪽으로 힘을 받는다.
㉡ (나)에서 음극선은 질량이 있는 입자의 흐름이라는 것을 알 수 있다.
➡ 바람개비가 회전한다는 것은 음극선이 질량을 가지고 있음을 의미한다.
㉢ (다)에서 음극선의 진행 경로를 통해 음극선이 (−)전하를 띠고 있다는 것을 알 수 있다.
➡ 자기장 내에서 음극선이 받는 힘의 방향을 알면 전류의 방향을 알 수 있고, 전류의 방향과 음극선의 이동 방향이 반대이므로 음극선이 (−)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.

더 알아보기 **자기장 내에서 휘어지는 음극선의 진로**

음극선이 지나가는 부분에 자석을 가까이 하면 음극선의 진행 방향이 휘어진다. 이로부터 음극선이 (−)전하를 띠고 있음을 알 수 있다.



⇨ 자기장의 방향은 N극에서 S극 방향이고, 음극선은 위로 힘을 받으므로 전류의 방향은 오른쪽에서 왼쪽 방향이다. 즉, 전류의 방향과 음극선의 이동 방향이 반대이므로 음극선이 (−)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.

04 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자핵을 발견하였다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 제안되었다.
➡ 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자의 중심에 있는 원자핵의 존재를 밝혀냈다.

ㄴ. 원자핵의 크기는 원자의 크기에 비해 매우 작다.
➡ 대부분의 알파(α) 입자가 금박을 그대로 통과한 것으로 보아 원자의 대부분은 빈 공간이고, 원자핵은 원자 중심의 매우 작은 공간에 밀집되어 있다.

ㄷ. 전자의 질량은 매우 작고, 원자핵이 원자 질량의 대부분을 차지한다.
➡ 전자의 질량은 원자핵의 질량에 비해 매우 작다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. 마찰 전기는 서로 다른 두 물체를 마찰시킬 때 마찰에 의해 발생하는 전기이다.
➡ 마찰 전기는 마찰에 의해 한 물체에서 다른 물체로 전자가 이동하여 발생하는 전기이다.

✗ 마찰 전기에 의해 어떤 물체가 대전될 때 한 물체에서 다른 물체로 ~~원자핵이~~ 전자가 이동한다.
➡ 마찰 전기에 의해 물체가 대전되는 과정에서 이동하는 것은 전자이다.

ㄷ. 털가죽과 유리 막대를 마찰시키면 털가죽은 (+)전하로 대전되고, 유리 막대는 (−)전하로 대전된다.
➡ 털가죽이 유리 막대보다 전자를 잃기 쉬우므로 털가죽과 유리 막대를 마찰시키면 털가죽은 (+)전하를 띠고, 유리 막대는 (−)전하를 띤다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. A와 B의 전하의 종류는 다르다.
➡ A와 B 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용하므로 A와 B의 전하의 종류는 다르다.

ㄴ. A와 B에 작용하는 전기력의 방향은 서로 반대이다.
➡ A에 작용하는 전기력의 방향은 오른쪽이고, B에 작용하는 전기력의 방향은 왼쪽이다.

✗ A에 작용하는 전기력의 크기는 ~~$2F$~~ F이다.
➡ 작용 반작용 법칙에 의해 주고받는 힘의 크기는 같다. 따라서 A에 작용하는 전기력의 크기도 F이다.

08 | 자료 분석 |

A의 전하량	B의 전하량	거리	전기력의 크기
1 C	2 C	d	F
2 C	(㉠) C	d	$2F$
1 C	4 C	(㉡)	F

$F=k\frac{1\times 2}{d^2}=k\frac{2}{d^2}$

$2F=k\frac{2\times ㉠}{d^2}$ ⇨ ㉠$=2$

$F=k\frac{1\times 4}{㉡^2}=k\frac{4}{㉡^2}$ ⇨ ㉡$=\sqrt{2}d$

전하량의 곱이 2 C^2이고 거리가 d일 때 전기력이 F이다. 거리가 d, 전기력의 크기가 $2F$이면 전하량의 곱은 4 C^2이 되어야 한다. 따라서 ㉠은 2 C이다. 전하량의 곱이 4 C^2, 전기력의 크기가 F이면 거리는 $\sqrt{2}$배가 되어야 한다. 따라서 ㉡은 $\sqrt{2}d$이다.

09 C에 작용하는 전기력이 0이므로 A와 C 사이에 작용하는 힘과 B와 C 사이에 작용하는 힘의 크기는 같다. 따라서 $\frac{4Qq}{(d+r)^2}=\frac{Qq}{r^2}$이므로 $d=r$이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. B는 (+)전하이다.
➡ +1 C의 전하가 A로부터 받는 전기력의 방향은 $+x$ 방향인데, A와 B에 의한 전기력의 방향이 $-x$ 방향이므로 B로부터 받는 전기력의 방향이 $-x$ 방향이어야 한다. 따라서 B는 (+)전하이다.

✗ 전하량은 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.
➡ +1 C의 전하가 B로부터 받는 전기력이 크다. 따라서 전하량은 B가 A보다 크다.

ㄷ. A와 O 사이에 +1 C의 전하가 받는 전기력이 0인 지점이 있다.
➡ 전하량이 B가 A보다 크므로 A와 O 사이에 +1 C의 전하가 받는 전기력이 0인 지점이 있다.

11 | 선택지 분석 |

✗ 양성자와 전자 사이에는 서로 ~~밀어내는~~ 끌어당기는 전기력이 작용한다.
➡ 양성자는 (+)전하, 전자는 (−)전하를 띠므로 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.

ㄴ 양성자와 전자 사이에 작용하는 전기력의 크기는 쿨롱 법칙으로 계산할 수 있다.
➡ 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 이를 쿨롱 법칙이라고 한다.

✕ 양성자와 전자 사이의 거리가 멀어지면 전기력의 크기는 ~~커진다~~ 작아진다.
➡ 전기력은 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 양성자와 전자 사이의 거리가 멀어지면 전기력의 크기는 작아진다.

도전! 실력 올리기

134쪽~135쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ③ **04** ② **05** ④ **06** ④

07 | **모범 답안** | (1) C, 러더퍼드는 알파(α) 입자의 운동량이 크기 때문에 금박 속의 (+)전하를 통과한다고 생각하였다. (2) 원자에 비해 원자핵의 크기가 매우 작기 때문이다.

08 0

09 | **모범 답안** | (가)의 A와 B를 접촉시킨 후 분리하면 A와 B의 전하량은 $\frac{+4Q+(-2Q)}{2}=+Q$이므로 (나)의 A와 B 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 (나)의 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 크기가 $F=k\frac{8Q^2}{16d^2}=k\frac{Q^2}{2d^2}$이므로 (나)에서 B에 작용하는 전기력의 크기는 $F'=k\frac{Q^2}{4d^2}=\frac{1}{2}F$이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 톰슨의 원자 모형에 대한 설명이다.
➡ 톰슨은 (+)전하가 균일하게 분포되어 있는 구 속에 (−)전하인 전자들이 띄엄띄엄 박혀 있는 원자 모형을 제시하였다.

ㄴ 원자가 전기적으로 중성임을 설명할 수 있다.
➡ 원자 안의 (+)전하와 (−)전하의 양이 같으므로 원자가 전기적으로 중성임을 설명할 수 있다.

ㄷ ㉠은 음극선 실험을 통해 밝혀진 입자이다.
➡ 전자는 음극선 실험으로 발견하였다.

02 ㄱ, ㄴ은 음극선이 (−)전하를 띤다는 것을, ㄷ은 음극선이 질량이 있는 입자라는 것을 보여 주는 실험 결과이다.

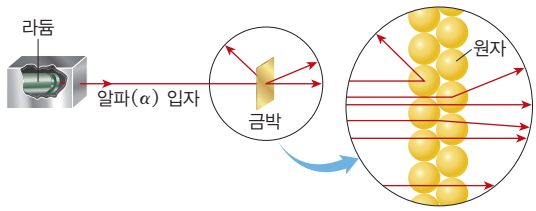
03 | 선택지 분석 |

ㄱ 알파(α) 입자는 (+)전하를 띠고 있다.
➡ 알파(α) 입자는 헬륨($^4_2$He) 원자핵이므로 (+)전하를 띠고 있다.

✕ 원자 질량의 대부분은 ~~전자~~ 원자핵의 질량이다.
➡ 원자 질량의 대부분은 원자핵의 질량이다.

ㄷ 원자의 중심에는 (+)전하를 띤 원자핵이 존재한다.
➡ 알파(α) 입자의 산란이 일어나는 것으로 보아 원자의 중심에 (+)전하를 띤 원자핵이 존재하는 것을 알 수 있다.

더 알아보기 **알파(α) 입자 산란 실험**
러더퍼드는 금박에 방사성 원소인 라듐에서 나오는 알파(α) 입자를 충돌시킨 후 알파(α) 입자의 진로를 관찰하여 원자핵의 존재를 알아냈다.



- 알파(α) 입자는 질량수가 4이고, 전하량이 $+2e$인 헬륨 원자핵($^4_2$He)이다.
- 대부분의 알파(α) 입자는 금박을 통과하여 직진한다. ⇨ 원자 내부의 대부분은 빈 공간이다.
- 소수의 알파(α) 입자가 큰 각도로 휘거나 튕겨 나온다. ⇨ 원자의 중심에는 (+)전하를 띠는 매우 작고 무거운 입자가 존재한다.

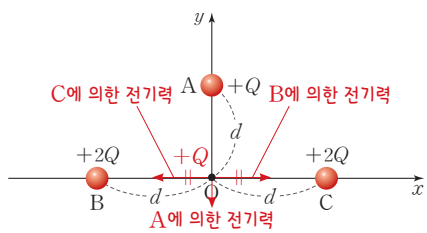
04 | 선택지 분석 |

ㄱ B는 (−)전하이다.
➡ A에 작용하는 전기력이 0이 되려면 A와 B, A와 D 사이에는 인력이 작용해야 한다. 따라서 B, D는 모두 (−)전하이다.

ㄴ C에 작용하는 전기력은 0이다.
➡ C는 A로부터 척력을 받고, B, D로부터 인력을 받으며, 작용하는 각 힘의 크기는 A의 경우와 같다. 따라서 C에 작용하는 전기력은 0이다.

✕ B가 A에 작용하는 전기력의 크기는 C가 A에 작용하는 전기력의 크기보다 ~~크다~~ 작다.
➡ B가 A에 작용하는 전기력과 D가 A에 작용하는 전기력의 합력은 C가 A에 작용하는 전기력과 크기가 같으므로 B가 A에 작용하는 전기력은 C가 A에 작용하는 전기력보다 작다.

05 | 자료 분석 |



- O에 놓인 $+Q$의 전하에 작용하는 힘은 A가 밀어내는 전기력뿐이다. ⇨ 전기력의 방향: $-y$ 방향
- B와 C 사이의 전기력 $F=k\frac{4Q^2}{4d^2}=k\frac{Q^2}{d^2}$
- O와 A 사이의 전기력 $F'=k\frac{Q^2}{d^2}=F$

O에 $+Q$의 전하를 고정시켜 놓으면 B와 C에 의한 전기력의 크기는 같고 방향이 반대이므로 B와 C에 의한 전기

력의 합력은 0이고, O의 $+Q$에는 A가 밀어내는 전기력만 작용하므로 $+Q$에 작용하는 전기력의 방향은 $-y$ 방향이다.

B와 C 사이에 작용하는 전기력은 $F=k\frac{4Q^2}{4d^2}=k\frac{Q^2}{d^2}$이다.

O에 있는 $+Q$와 A 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $F'=k\frac{Q^2}{d^2}=F$이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~(+)전하~~ (−)전하이다.

➡ C를 $x=d$에 놓을 때 전기력이 0이므로 A와 B의 전하의 종류는 같고, 전하량은 B가 A의 4배이다. C를 $x=4d$에 놓을 때 전기력의 방향이 $-x$ 방향이므로 A와 C, B와 C 사이에는 모두 인력이 작용한다. 따라서 A와 B는 (−)전하이다.

㉡ ㉠은 $+x$ 방향이다.

➡ C를 $x=2d$에 놓을 때 B에 의한 전기력이 A에 의한 전기력보다 크므로 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

㉢ ㉡은 $\frac{13}{12}F$이다.

➡ A의 전하량을 $-Q$라고 하면 B의 전하량은 $-4Q$이다. 오른쪽 방향을 (+)라고 하면 C를 $x=2d$에 놓을 때 전기력의 크기는 $F=k\frac{4Q^2}{d^2}-k\frac{Q^2}{4d^2}=k\frac{15Q^2}{4d^2}$이다. C를 $x=4d$에 놓을 때 전기력의 크기는 $F'=\left|-k\frac{4Q^2}{d^2}-k\frac{Q^2}{16d^2}\right|=k\frac{65Q^2}{16d^2}=\frac{13}{12}F$이다.

07 (1) 러더퍼드는 알파(α) 입자들의 운동량이 크기 때문에 금박 속의 (+)전하를 통과한다고 생각하였다.

(2) 원자에 비해 원자핵의 크기는 매우 작다. 원자의 대부분은 빈 공간이므로 산란되는 알파(α) 입자가 많지 않다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 옳게 서술한 경우	100 %
(1)과 (2) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

08 B는 A와 C로부터 각각 인력을 받으므로 두 힘의 방향은 서로 반대 방향이다. B가 A로부터 받는 전기력의 크기는 $k\frac{q^2}{d^2}$이고, B가 C로부터 받는 전기력의 크기도 $k\frac{4q^2}{4d^2}=k\frac{q^2}{d^2}$이므로 B에 작용하는 전기력의 합력은 0이다.

09 (가)의 A와 B를 접촉시킨 후 분리하면 A와 B의 전하량은 (+)전하와 (−)전하가 상쇄되고 남은 전하가 둘로 나누어지므로 $+Q$이다. 따라서 (나)의 A와 B 사이에는 척력이 작용하므로 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

(가)에서 A에 작용하는 전기력의 크기가 $F=k\frac{8Q^2}{16d^2}=k\frac{Q^2}{2d^2}$이므로 (나)에서 B에 작용하는 전기력의 크기는 $F'=k\frac{Q^2}{4d^2}=\frac{1}{2}F$이다.

채점 기준	배점
크기와 방향을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
크기와 방향 중 1가지만을 옳게 서술한 경우	50 %

02 선 스펙트럼과 보어의 원자 모형

개념POOL 139쪽

01 (1) ㉠ 4 ㉡ 0.66 (2) ㉢ > ㉣ > ㉤ <

02 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

01 (1) 광자 1개의 에너지는 두 궤도의 에너지 준위의 차이와 같다. 따라서 $n=4$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때는 $E_A=-0.85-(-3.40)=2.55(\text{eV})$이고, $n=4$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전이할 때는 $E_B=-0.85-(-1.51)=0.66(\text{eV})$이다.

02 (4) 광자의 에너지는 방출되는 빛의 파장에 반비례한다.

탐구POOL 140쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) ×

02 ㉠ 선 ㉡ 양자화

01 (3) 기체 내 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

02 전자의 에너지 준위가 양자화되어 있어 스펙트럼이 연속적이지 않고 선 스펙트럼의 형태를 보인다.

콕콕! 개념 확인하기 141쪽

✓ 잠깐 확인!

1 연속 **2** 흡수 **3** 보어 **4** 양자수 **5** 가시광선 **6** 라이먼

01 (1) — ㉠ (2) — ㉢ (3) — ㉡

02 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

03 ㉠ 바닥 ㉡ 흡수 ㉢ 들뜬 ㉣ 방출

04 A: 라이먼 계열 B: 발머 계열 C: 파셴 계열

01 여러 가지 파장의 빛이 연속적으로 나타나는 것은 연속 스펙트럼이고, 검은 바탕에 몇 개의 밝은 선이 나타나는 것은 방출 스펙트럼이며, 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 것은 흡스 스펙트럼이다.

02 ⑵ 원자 속의 전자는 불연속적인 에너지를 갖는 특정한 궤도에만 존재할 수 있고, 각 궤도의 중간 부분에는 존재할 수 없다.

04 A는 들뜬상태의 전자가 $n=1$인 궤도로 전이할 때 자외선을 방출하는 라이먼 계열이다. B는 들뜬상태의 전자가 $n=2$인 궤도로 전이할 때 가시광선을 방출하는 발머 계열이다. C는 들뜬상태의 전자가 $n=3$인 궤도로 전이할 때 적외선을 방출하는 파셴 계열이다.

탄탄! 내신 다지기 142쪽~143쪽

01 ⑤ **02** ③ **03** ㉠ 연속 ㉡ 선 **04** ② **05** ㉠ 파장 ㉡ 진동수(또는 에너지) **06** ③ **07** ① **08** ① **09** ① **10** ㉠ 라이먼 ㉡ 자외선

01 동일한 기체의 방출 스펙트럼과 흡수 스펙트럼에 나타나는 선의 위치는 일치한다.

02 A, B, C의 방출 스펙트럼과 (나)의 흡수 스펙트럼을 비교하면 A와 C의 방출 스펙트럼을 합한 선의 위치가 흡수 스펙트럼의 선의 위치와 일치하므로 용기 안에 들어 있는 기체의 종류는 A, C이다.

03 햇빛을 프리즘에 통과시키면 연속 스펙트럼이 나타나고, 가열된 기체에서 방출된 빛을 프리즘에 통과시키면 선 스펙트럼이 나타난다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼이다.
➡ (가)는 연속 스펙트럼이므로 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼이다.

㉡ (나)는 선 스펙트럼이다.
➡ (나)는 선 스펙트럼으로, 기체 방전관에 높은 전압을 걸어 줄 때 방출되는 빛의 스펙트럼이다.

✗ (나)는 전자의 에너지 준위가 ~~연속적인~~ 불연속적인 상태에서 나타난다.
➡ (나)의 선 스펙트럼은 전자의 에너지 준위가 불연속적인 상태에서 나타난다.

05 빛의 파장은 보라색에서 빨간색으로 갈수록 길어지며, 빛의 파장이 길어질수록 진동수와 에너지는 작아진다.

06 | 선택지 분석 |

① 전자가 가지는 에너지는 불연속적이다.
➡ 전자가 돌고 있는 궤도와 가질 수 있는 에너지는 양자수에 따라 결정되므로 불연속적이다.

② 양자수 $n=1$인 에너지 준위에 있을 때를 바닥상태라고 한다.
➡ 바닥상태는 원자 내 전자가 가장 낮은 에너지 준위를 갖는 상태로, 양자수 $n=1$인 궤도에 있을 때이다.

✓ ③ 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 에너지는 ~~파장~~ 진동수에 비례한다.
➡ 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 에너지는 진동수에 비례하고 파장에 반비례한다.

④ 전자가 가지는 에너지는 바닥상태일 때 가장 작고, 양자수 n이 커질수록 커진다.
➡ 바닥상태일 때 전자의 에너지가 가장 작아 안정되고, 양자수 n이 커질수록 전자의 에너지 준위가 커진다.

⑤ 전자의 에너지는 양자화되어 있어 원자의 스펙트럼은 선 스펙트럼으로 나타난다.
➡ 전자의 에너지는 양자화되어 있어 불연속적이다. 따라서 원자의 스펙트럼은 띄엄띄엄한 선으로 나타난다.

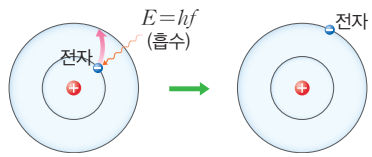
07 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 전자는 가장 안정한 상태이다.
➡ 전자는 양자수 $n=1$인 궤도에 있을 때 가장 안정하다.

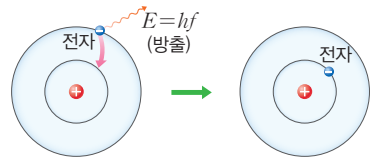
✗ 전자가 (가)에서 (나)로 전이할 때 빛을 ~~방출~~ 흡수한다.
➡ 전자가 에너지 준위가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전이하면 두 궤도의 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 가진 빛을 흡수한다.

✗ 전자의 에너지 준위는 (가)에서가 (나)에서보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 전자는 양자수가 커질수록 에너지 준위가 증가하므로 에너지 준위는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

더 알아보기 에너지의 흡수와 방출



• 바닥상태의 전자가 에너지를 흡수하면 높은 에너지 준윗값을 가지는 궤도로 옮겨간다.



• 들뜬상태의 전자가 에너지를 방출하면 낮은 에너지 준윗값을 가지는 궤도로 옮겨간다.

08 | 선택지 분석 |

✓ ① b는 눈으로 볼 수 ~~없다~~ 있다.
➡ 가시광선 영역이므로 눈으로 볼 수 있다.

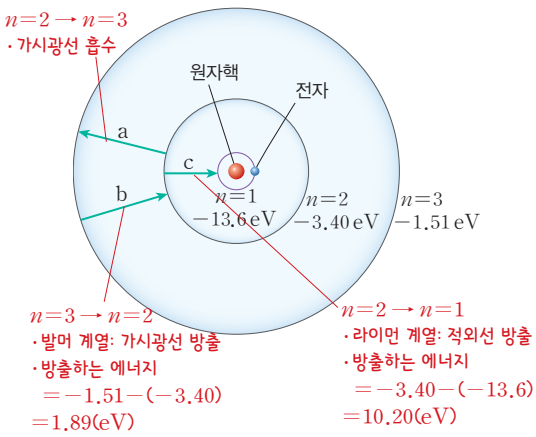
② 발머 계열의 스펙트럼이다.
➡ 양자수 $n=2$인 궤도로 전이하면서 방출하는 빛의 스펙트럼 계열은 발머 계열이다.

③ 광자 1개의 에너지는 b가 a보다 크다.
➡ 광자의 에너지는 진동수에 비례하므로 광자 1개의 에너지는 b가 a보다 크다.

④ 수소 원자의 에너지 준위는 양자화되어 있다.
➡ 수소 원자의 에너지 준위는 양자수에 따라 결정되는 특정한 값만을 가질 수 있으므로 양자화되어 있다.

⑤ a는 양자수 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이다.
➡ a는 발머 계열의 빛 중 진동수가 가장 작은 빛이므로 양자수 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① a일 때 흡수하는 빛은 ~~자외선~~ 가시광선 영역이다.
➡ 전자가 $n=2$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전이할 때 흡수하는 빛은 가시광선 영역이다.

② b일 때 방출하는 빛은 발머 계열이다.
➡ 전자가 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 스펙트럼은 발머 계열이다.

③ c일 때 방출하는 빛의 에너지는 10.2 eV이다.
➡ c일 때 방출하는 빛의 에너지는 $-3.40-(-13.6)=10.2(\mathrm{eV})$이다.

④ 전자는 $n=1$인 궤도에서 가장 안정하다.
➡ 전자가 가지는 에너지는 바닥상태일 때 가장 작으므로 전자는 $n=1$인 궤도에서 가장 안정하다.

⑤ 원자핵과 전자 사이에 작용하는 쿨롱 힘의 크기는 $n=1$인 궤도에서 가장 크다.
➡ $n=1$인 궤도에서 전자의 궤도 반지름이 가장 작으므로 원자핵과 전자 사이의 전기력이 가장 크다.

10 들뜬상태의 전자가 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 선 스펙트럼은 라이먼 계열로, 자외선 영역의 빛을 방출한다.

도전! 실력 올리기

144쪽~145쪽

01 ③ **02** ① **03** ④ **04** ③ **05** ③ **06** ④

07 연속 스펙트럼

08 | 모범 답안 | 기체 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문에 선 스펙트럼이 나타나고, 기체의 종류가 다르면 전자 궤도의 에너지 분포가 다르기 때문에 수소와 헬륨의 선 스펙트럼에서 선의 위치가 다르다.

09 | 모범 답안 | 12.1 eV, $E_a=-3.40-(-13.6)=10.2(\mathrm{eV})$이고, $E_b=-1.51-(-3.40)=1.89(\mathrm{eV})$이므로 $E_a+E_b=12.09\ \mathrm{eV}\fallingdotseq 12.1\ \mathrm{eV}$이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 흡수 스펙트럼이다.
➡ 백열등에서 나온 빛이 저온의 기체를 통과하면 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 흡수 스펙트럼이 생긴다.

ㄴ 태양의 성분에는 수소가 있음을 알 수 있다.
➡ 수소 기체의 흡수 스펙트럼과 태양의 스펙트럼의 위치가 일치하므로 태양의 성분에는 수소가 있음을 알 수 있다.

✗ 파장이 a인 광자 1개의 에너지와 같은 에너지 준위 차이가 수소 기체에 ~~있다~~ 없다.
➡ (가)의 스펙트럼에 파장 a에 해당하는 스펙트럼 선이 없으므로 수소 기체에는 파장이 a인 광자 1개의 에너지와 같은 에너지 준위 차이가 없다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ A와 B는 같은 종류의 기체이다.
➡ A의 흡수 스펙트럼과 B의 방출 스펙트럼의 선의 위치가 일치하므로 A와 B는 같은 종류의 기체이다.

✗ A의 에너지 준위는 ~~연속적~~ 불연속적이다.
➡ 백색광이 저온의 기체 A를 통과한 후 흡수 스펙트럼이 만들어지므로 A의 에너지 준위는 불연속적이다.

✗ B에서 전이하는 전자의 에너지 준위 차이는 b를 방출한 경우가 a를 방출한 경우보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 전이하는 전자의 에너지 준위 차이는 파장이 작을수록 크다. 따라서 B에서 전이하는 전자의 에너지 준위 차이는 b를 방출한 경우가 a를 방출한 경우보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

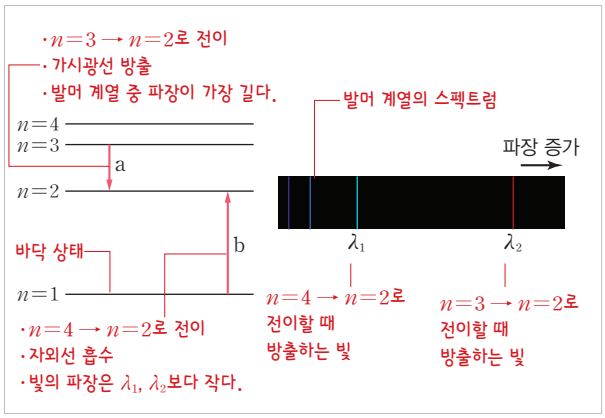
✗ $f_{(가)}$가 $f_{(나)}$보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 에너지 준위의 차이가 클수록 진동수가 큰 빛을 방출하므로 $f_{(가)}$가 $f_{(나)}$보다 작다.

ㄴ 전자의 에너지 준위는 양자화되어 있다.
➡ 수소 원자 모형에서 전자가 원자핵 주변을 돌 수 있는 거리는 정해져 있다. 즉, 전자가 갖는 에너지 준위는 특정한 값만을 가질 수 있으므로 양자화되어 있다.

ㄷ 전자가 $n=2$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수는 $f_{(나)}-f_{(가)}$이다.

➡ 전자가 $n=2$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수를 f라고 하면 $f_{(나)}=f_{(가)}+f$이므로 $f=f_{(나)}-f_{(가)}$이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ a 과정에서 방출하는 빛의 파장은 λ_2이다.

➡ $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 발머 계열에서 파장이 가장 길다.

✗ b 과정에서 흡수하는 빛의 파장은 λ_2보다 ~~길다~~ 짧다.

➡ b 과정에서 흡수하는 빛은 자외선 영역이고, λ_2는 가시광선 영역의 파장이므로 b 과정에서 흡수하는 빛의 파장은 λ_2보다 짧다.

㉢ 전자가 가지는 에너지는 $n=1$일 때가 가장 작다.

➡ 전자가 가지는 에너지는 바닥상태일 때가 가장 작다.

05 | 선택지 분석 |

① ㉠은 E_1이다.

➡ 바닥상태의 에너지는 E_1이고, 이때 전자의 에너지가 가장 작다.

② ㉡은 흡수이다.

➡ 에너지 준위가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전이할 때 에너지를 흡수한다.

✓ ③ ㉢이 가지는 에너지는 ~~13.6 eV~~ 10.2 eV이다.

➡ ㉢은 $-3.40\ \text{eV}-(-13.6\ \text{eV})=10.2\ \text{eV}$이다.

④ ㉣은 방출이다.

➡ 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이할 때 에너지를 방출한다.

⑤ ㉤은 짧다이다.

➡ 빛의 에너지는 파장에 반비례한다. 따라서 전자가 $n=1$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 흡수하는 빛의 파장은 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때보다 짧다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 광자 1개의 에너지는 B가 A보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 광자 1개의 에너지는 파장이 작을수록 크다.

㉡ λ_3은 전자가 $n=4$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 파장이다.

➡ λ_3은 발머 계열에서 파장이 두 번째로 긴 빛이므로 전자가 $n=4$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 파장이다.

㉢ $\frac{1}{\lambda_1}=\frac{1}{\lambda_2}+\frac{1}{\lambda_4}$이다.

➡ A는 $n=3 \rightarrow n=1$, B는 $n=2 \rightarrow n=1$, D는 $n=3 \rightarrow n=2$로 전이할 때 방출하는 빛이므로 각각의 에너지를 E_1, E_2, E_4라고 하면 $E_1=E_2+E_4$이다. 광자의 에너지는 파장에 반비례하므로 $\frac{1}{\lambda_1}=\frac{1}{\lambda_2}+\frac{1}{\lambda_4}$이다.

07 빛의 색이 연속적으로 나타나는 스펙트럼을 연속 스펙트럼이라고 한다.

08 기체 원자 내의 전자는 불연속적인 에너지 준위를 갖는다. 이때 기체의 종류가 다르면 전자 궤도의 에너지 분포가 다르므로 선 스펙트럼에서 선의 위치, 개수, 모양 등이 다르게 나타난다.

채점 기준	배점
선 스펙트럼이 만들어지는 까닭과 선 스펙트럼에서 선의 위치가 다른 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
선 스펙트럼이 만들어지는 까닭과 선 스펙트럼에서 선의 위치가 다른 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 전자가 에너지 준위가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전이할 때 두 에너지 준위의 차이에 해당하는 빛을 흡수한다.

채점 기준	배점
계산한 값과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
계산한 값만 옳은 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

147쪽~149쪽

01 ② **02** ② **03** ② **04** ② **05** ③ **06** ③ **07** ②
08 ③ **09** ③ **10** ② **11** ④ **12** ②

01 | 선택지 분석 |

✗ ~~(가)~~ (나)에서 발견된 입자는 원자 질량의 대부분을 차지한다.

➡ (나)에서 발견된 입자는 원자핵으로, 원자 질량의 대부분을 차지한다.

✗ (가)와 (나)에서 발견된 입자는 모두 (−)전하를 띤다.

➡ (가)에서 발견된 입자는 (−)전하를 띠는 전자이고, (나)에서 발견된 입자는 (+)전하를 띠는 원자핵이다.

㉢ (나)에서 A가 산란되도록 하는 입자는 원자의 중심에 존재한다.

➡ 알파(α) 입자의 산란은 원자 중심의 원자핵 때문에 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

✗ ㉠에 들어갈 과학자는 ~~보어~~ 톰슨이다.

➡ 음극선 실험을 통해 전자를 발견한 과학자는 톰슨이다.

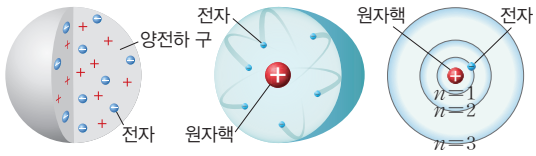
㉡ 알파(α) 입자가 산란되는 까닭은 ㉡ 때문이다.

➡ ㉡은 원자핵이다. (+)전하를 띠고 있는 원자핵 때문에 알파(α) 입자가 산란된다.

✗ ㉢은 수소 원자의 에너지 준위가 ~~연속적~~불연속적이기 때문에 만들어진다.

➡ 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문에 수소 원자에서 방출되는 빛은 선 스펙트럼의 형태로 나타난다.

더 알아보기 원자 모형의 발전



▲ 톰슨 ▲ 러더퍼드 ▲ 보어

- **톰슨의 원자 모형:** 원자 안에 (+)전하가 골고루 퍼져 있고, 전자들이 푸딩의 건포도처럼 듬성듬성 박혀 있다.
- **러더퍼드의 원자 모형:** 원자의 중심에는 (+)전하를 띠고 크기는 매우 작으나 원자 질량의 대부분을 차지하는 무거운 원자핵이 있으며, 그 주위를 (−)전하를 띠는 가벼운 전자가 돌고 있다.
- **보어의 원자 모형:** 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 가진 궤도를 돌고 있다.

03 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~(−)전하~~(+)전하이다.

➡ p에 놓인 +1 C의 전하가 A와 B로부터 받는 전기력의 방향은 같고, q에 있는 +1 C의 전하가 A와 B로부터 받는 전기력의 방향은 반대이므로 p에 있는 +1 C의 전하는 A와 B로부터 $-x$ 방향으로 전기력을 받는다. 따라서 A와 B는 모두 (+)전하이다.

㉡ 전하량은 B가 A보다 많다.

➡ q에 있는 +1 C의 전하는 A로부터 $+x$ 방향으로 전기력을 받고, B로부터 $-x$ 방향으로 전기력을 받는다. A와 B의 전기력의 합력의 방향이 $-x$ 방향이므로 전하량은 B가 A보다 많다.

✗ +1 C의 전하를 r에 놓았을 때 A와 B로부터 받는 전기력의 크기는 p에+1 C의 전하를 놓았을 때 A와 B로부터 받는 전기력의 ~~크기와 같다~~크기보다 크다.

➡ 전하량은 B가 A보다 많다. 따라서 +1 C의 전하를 r에 놓았을 때 A와 B로부터 받는 전기력의 크기는 +1 C의 전하를 p에 놓았을 때 A와 B로부터 받는 전기력의 크기보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~(+)전하~~(−)전하이다.

➡ A와 C는 다른 종류의 전하이고, A와 B도 다른 종류의 전하이므로 B와 C는 같은 종류의 전하이다. q에서 B와 C에 의한 전기장의 방향은 $+x$ 방향이고, 전기장의 방향은 (+)전하가 받는 전기력의 방향이므로 B와 C는 (+)전하, A는 (−)전하이다.

㉡ 전하량은 C가 B보다 많다.

➡ p에서 A와 C에 의한 전기장이 0이므로 A와 C는 다른 종류의 전하이며, 전하량은 C가 A보다 많다. q에서 A와 B에 의한 전기장이 0이므로 A와 B는 다른 종류의 전하이며, 전하량은 A가 B보다 많다. 따라서 전하량은 C가 B보다 많다.

✗ p에서 A, B, C에 의한 전기장의 방향은 ~~$+x$ 방향~~$-x$ 방향이다.

➡ p에서 A와 C에 의한 전기장이 0이므로 p에서의 전기장은 B에 의한 전기장이다. B는 (+)전하이므로 B에 의한 전기장의 방향은 $-x$ 방향이다.

05

A와 B가 각각 C에 작용하는 전기력의 크기는 같고, 방향은 반대이다. 따라서 A와 B는 다른 종류의 전하이고, A가 (+)전하이므로 B는 (−)전하이다. B의 전하량을 $-Q_B$, C의 전하량을 $+q$라고 하면 $k\frac{Q_0 q}{9d^2}=-k\frac{Q_B q}{d^2}$에서 $Q_B=-\frac{1}{9}Q_0$이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A와 B의 전하의 종류는 ~~같다~~다르다.

➡ A와 B 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용하므로 A, B의 전하의 종류는 다른 종류이다.

✗ A에 작용하는 전기력이 B에 작용하는 전기력보다 작다.

➡ 작용 반작용 법칙에 의해 A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기는 같다.

㉢ 질량은 A가 B보다 작다.

➡ θ_2가 θ_1보다 크므로 질량은 A가 B보다 작다.

07 | 선택지 분석 |

① LCD 화면에서 나오는 빛의 스펙트럼은 ~~A~~D이다.

➡ LCD 화면에서 나오는 빛은 빨강, 초록, 파랑에 해당하는 특정 영역이 나타나는 D이다.

✓ ② 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 C이다.

➡ 수소 기체 방전관에서 나오는 빛은 밝은 선이 띄엄띄엄 나타나는 선 스펙트럼이므로 C이다.

③ 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 ~~D~~A이다.

➡ 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 연속 스펙트럼이므로 A이다.

④ 저온 기체관에는 수소 기체가 들어 있다.

➡ 저온의 기체를 통과한 백열등 빛의 흡수 스펙트럼인 B는 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼인 C와 선의 위치가 다르므로 저온 기체관에 들어 있는 기체는 수소 기체가 아니다.

⑤ 수소 원자의 에너지 준위는 ~~연속적~~불연속적이다.

➡ C에서 밝은 선이 띄엄띄엄 나타나므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

08 | 선택지 분석 |

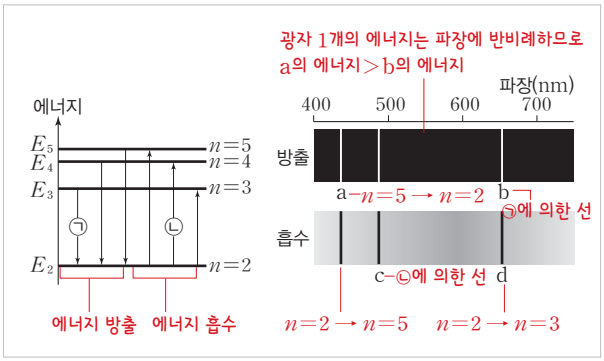
㉠ ㉠+㉢=4이다.

➡ 전자는 두 궤도의 에너지 준위 차이에 해당하는 빛을 흡수하므로 전자가 흡수한 빛의 에너지는 −1.51 eV−(−13.6 eV)=12.09 eV이다. 따라서 전자가 $n=1$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전이할 때이므로 ㉠은 1이고, ㉢은 3이다.

ㄴ. ㉡은 자외선 영역이다.
➡ 12.09 eV인 빛을 흡수하는 경우는 전자가 양자수 $n=1$인 궤도에 있을 때이다. 이때 전자가 전이하기 위해 흡수하는 빛은 자외선 영역이다.

✕ $n=2$인 궤도와 $n=3$인 궤도 사이에 전자가 존재할 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 전자는 특정한 궤도에만 존재하며, 궤도와 궤도 사이에는 존재할 수 없다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 크다.
➡ 광자의 에너지는 파장에 반비례하므로 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 크다.

ㄴ. c는 ㉡에 의해 나타난 스펙트럼 선이다.
➡ b에서 방출하는 에너지와 d에서 흡수하는 에너지는 같다. c는 d 다음으로 큰 에너지를 흡수하는 전이 과정이므로 ㉡에 의해 나타난 스펙트럼 선이다.

✕ d에서 광자의 진동수는 $\frac{E_5-E_2}{h}$이다.
➡ d에서 흡수하는 에너지는 b에서 방출하는 에너지와 같으므로 d에서 흡수하는 광자 1개의 에너지는 $E_3-E_2=hf$에서 $f=\frac{E_3-E_2}{h}$이다.

10 | 선택지 분석 |

✕ 수소 원자는 13.6 eV보다 큰 에너지를 갖는 광자를 방출할 수 있다.
➡ 수소 원자에서 방출하는 광자가 가지는 에너지의 최댓값은 13.6 eV이다.

ㄴ. 수소 원자에서 방출되는 빛 중 파장이 가장 짧은 것은 라이먼 계열에 속한다.
➡ 수소 원자에서 방출되는 빛 중 파장이 가장 짧은 빛, 즉 진동수가 가장 큰 빛은 라이먼 계열에 속한다.

✕ 파센 계열의 가장 큰 진동수는 발머 계열의 가장 작은 진동수보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 파센 계열에서 광자가 가지는 에너지의 최댓값은 1.51 eV이고, 발머 계열에서 광자가 가지는 에너지의 최솟값은 1.89 eV이므로 파센 계열의 가장 큰 진동수는 발머 계열의 가장 작은 진동수보다 작다.

11 | 선택지 분석 |

✕ $f_1+f_2=f_4$이다.
➡ f_1은 양자수 $n=3$에서 $n=2$로 전이할 때의 진동수이고, f_3, f_4는 각각 양자수 $n=2$에서 $n=1$로, $n=3$에서 $n=1$로 전이할 때의 진동수이다. 따라서 $f_1+f_3=f_4$이다.

ㄴ. 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
➡ 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이므로 선 스펙트럼이 나타난다.

ㄷ. f_4는 전자가 양자수 $n=3$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수이다.
➡ 라이먼 계열은 전자가 들뜬상태에서 양자수 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이므로 두 번째로 진동수가 작은 빛은 양자수 $n=3$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이다.

12 | 선택지 분석 |

✕ A는 ~~c 과정~~ a 과정에서 방출되는 빛이다.
➡ A는 발머 계열의 가장 긴 파장의 빛이므로 a 과정에서 방출되는 빛이다.

ㄴ. λ_2는 라이먼 계열의 빛의 파장이다.
➡ λ_2는 전자가 양자수 $n=2$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이므로 라이먼 계열이다.

✕ $\lambda_1+\lambda_2=\lambda_3$이다.
➡ λ_1, λ_2, λ_3의 광자 1개의 에너지를 각각 E_1, E_2, E_3이라고 하면 $E_3=E_1+E_2$이다. $E=\frac{hc}{\lambda}$이고, 광자 1개의 에너지는 파장에 반비례하므로 $\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_2}=\frac{1}{\lambda_3}$이다.

03 에너지띠와 전기 전도성

개념POOL 153쪽

01 (1) ㉠ 도체 ㉡ A ㉢ B (2) A: 원자가 띠 B: 전도띠
02 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

01 (1) 원자가 띠인 A와 전도띠인 B가 겹쳐 있으므로 이 고체는 도체이다.

02 (1) 에너지띠 사이의 띠 간격에는 전자가 존재하지 않는다.
(2) 기체의 에너지 준위는 불연속적인 선으로 존재한다.
(5) 양공은 (+)전하의 성질을 띤다.

탐구POOL 154쪽

01 약 1.3×10^5 $1/\Omega\cdot m$
02 띠 간격
03 ㉠ 도체 ㉡ 절연체 ㉢ 반도체

01 (1) 전기 전도도 $=\frac{1}{\rho}=\frac{1}{RS}=\frac{0.1}{1\times\pi(0.5\times10^{-3})^2}$
$\fallingdotseq1.3\times10^{5}(1/\Omega\cdot\mathrm{m})$

02 띠 간격이 없거나 붙어 있거나 겹쳐 있으면 전기 전도도가 큰 도체이고, 띠 간격이 넓으면 전기 전도도가 작은 절연체이다.

콕콕! 개념 확인하기

155쪽

✔ 잠깐 확인!

1 파울리 배타 **2** 에너지띠 **3** 원자가 띠 **4** 전도띠
5 띠 간격 **6** 양공 **7** 도체

01 ㉠ 파울리 배타 ㉡ 에너지띠
02 ㉠ 허용된 띠 ㉡ 띠 간격 ㉢ 원자가 띠 ㉣ 전도띠
03 A: 전자 B: 양공
04 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

01 원자가 많을수록 파울리 배타 원리에 의해 에너지 준위는 미세한 차이를 두면서 존재하여 에너지띠를 형성한다.

02 전자가 존재할 수 있는 허용된 띠는 원자가 띠와 전도띠이며, 전자가 존재할 수 없는 영역은 띠 간격이다.

04 (2) A는 띠 간격이므로 전자는 이 구간에 존재할 수 없다.
(4) 규소, 저마늄은 반도체이므로 (다)에 해당한다.

탄탄! 내신 다지기

156쪽~157쪽

01 ③ **02** ③ **03** ④ **04** ⑤ **05** ④ **06** 0.67 eV
07 ② **08** ② **09** ③ **10** ⑤ **11** ㉠ 절연체 ㉡ 전자 ㉢ 반도체

01 | 선택지 분석 |

① (가)에서 E_1은 E_2보다 작다.
➡ 양자수가 클수록 에너지 준위가 크므로 E_2가 E_1보다 크다.

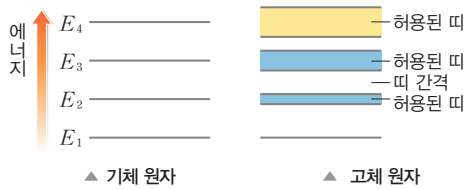
② (가)에서는 에너지 준위가 불연속적이다.
➡ (가)는 기체 원자의 에너지 준위이고, 기체 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

③ (나)는 ~~기체~~ 고체 원자의 에너지 준위이다.
➡ 에너지띠는 원자들이 매우 좁은 영역에 모여 있는 고체에서 만들어진다. 따라서 (나)는 고체 원자 에너지 준위이다.

④ (나)에서 전자는 허용된 띠에만 존재한다.
➡ 전자는 원자가 띠, 전도띠와 같은 허용된 띠에만 존재한다.

⑤ (나)에서 전자들의 에너지 준위가 겹쳐져서 에너지띠를 만든다.
➡ 고체에서 전자들의 에너지 준위가 미세하게 나누어져 겹쳐져서 에너지띠를 만든다.

더 알아보기 기체 원자와 고체 원자의 에너지 준위 분포 차이



- 기체는 원자들 사이의 거리가 멀기 때문에 서로 영향을 주지 않는다.
- 고체는 원자 사이의 간격이 가깝기 때문에 인접한 원자들이 모두 전자의 궤도에 영향을 준다. 원자들이 서로 가까워지면 원자의 에너지 준위는 서로 겹치지 않도록 미세한 차이를 두면서 분포하게 되고, 에너지 준위가 연속적인 띠(에너지띠)를 이루게 된다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 물질의 상태는 고체이다.
➡ 에너지띠는 고체 물질에 만들어진다.

× ㉠에는 하나의 전자만 존재할 수 있다.
➡ 기체 원자는 하나의 궤도에 하나의 전자만 존재할 수 있지만, 고체의 에너지띠는 무수히 많은 에너지 준위가 합쳐져서 만들어지므로 에너지띠에는 무수히 많은 전자가 분포한다.

㉢ ㉡은 띠 간격이다.
➡ 띠 간격은 에너지띠와 에너지띠 사이의 영역이다.

03 | 선택지 분석 |

① (가)는 전도띠이다.
➡ (가)는 원자가 띠 바로 위의 에너지띠이므로 전도띠이다.

② A가 좁은 고체일수록 전기 전도성이 좋다.
➡ 띠 간격이 좁은 고체일수록 전기 전도성이 좋다.

③ (나)에서 전자의 에너지 준위는 미세하게 겹쳐 있다.
➡ 에너지띠에서 전자의 에너지 준위는 미세하게 겹쳐 있다.

④ 원자가 띠의 전자가 에너지를 흡수하면 A에 존재할 수 있다.
~~있다~~ 없다.
➡ 에너지띠와 에너지띠 사이에는 전자가 존재할 수 없으므로 띠 간격인 A에는 전자가 존재할 수 없다.

⑤ 고체에 전류가 흐를 수 있도록 하는 자유 전자는 (가)에 분포한다.
➡ (가)는 전도띠이며, 자유 전자는 전도띠에 분포한다.

04 | 선택지 분석 |

① A는 전자이다.
➡ 원자가 띠에서 전도띠로 이동한 A는 전자이다.

② B는 (+)전하의 성질을 띤다.
➡ 원자가 띠에 생긴 전자의 빈 자리는 양공으로, (+)전하와 같은 성질을 가진다.

③ (가)는 전도띠이다.
➡ (가)는 원자가 띠 위쪽에 있으므로 전도띠이다.

④ (다)는 원자가 띠이다.
➡ (다)에는 전자가 존재하며, 에너지가 가장 높은 상태의 에너지띠인 원자가 띠이다.

⑤ A가 흡수한 에너지는 (나)보다 ~~작다~~ 크다.
➡ 전자는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 원자가 띠에서 전도띠로 올라갈 수 있으므로 A가 흡수한 에너지는 (나)보다 크다.

05 원자가 띠에 있는 전자가 에너지를 흡수하여 전도띠로 이동하므로 자유 전자는 전도띠, 양공은 원자가 띠에 존재한다.

06 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 0.67 eV이므로 원자가 띠에 있는 전자는 0.67 eV 이상의 에너지를 흡수해야 전도띠로 이동할 수 있다. 따라서 전자가 전도띠로 이동하기 위해 흡수해야 하는 에너지의 최솟값은 0.67 eV이다.

07 | 선택지 분석 |
① 규소(Si)는 (가)에 해당한다.
➡ (가)는 반도체의 에너지띠 구조이므로 규소(Si)는 (가)에 해당한다.

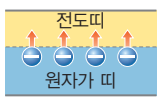
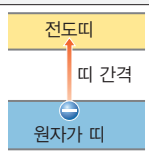
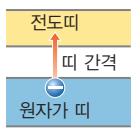
② (나)의 전도띠에는 전자가 ~~채워져 있다~~ 존재하지 않는다.
➡ (나)는 절연체로, 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하기 매우 어렵다. 따라서 (나)의 전도띠에는 전자가 존재하지 않는다.

③ 전기 전도성은 (가)가 (나)보다 좋다.
➡ 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 좋으므로 (가)의 전기 전도성이 (나)보다 좋다.

④ 띠 간격이 6 eV인 물체는 절연체이다.
➡ 띠 간격이 5.33 eV인 (나)가 절연체이므로 띠 간격이 6 eV인 물체도 절연체이다.

⑤ 원자가 띠에 있던 전자가 전도띠로 이동할 때 에너지를 흡수한다.
➡ 전자가 에너지 준위가 낮은 원자가 띠에서 에너지 준위가 높은 전도띠로 이동할 때에는 에너지를 흡수한다.

더 알아보기 도체, 절연체, 반도체의 특징

도체	절연체	반도체
		
원자가 띠에 전자가 일부만 채워져 있다.	띠 간격이 비교적 넓고, 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있다.	띠 간격이 비교적 좁고, 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있다.
원자가 띠의 전자가 전도띠로 쉽게 이동하여 자유 전자가 될 수 있다.	전자가 전도띠로 이동할 수 없기 때문에 전류가 거의 흐르지 않는다.	원자가 띠의 전자가 에너지를 흡수하면 전도띠로 이동하여 자유 전자가 될 수 있다.
전기 전도도가 크다.	전기 전도도가 매우 작다.	전기 전도도가 도체와 절연체의 중간이다.
은, 구리, 알루미늄	나무, 고무, 유리, 다이아몬드, 석영	규소(Si), 저마늄(Ge)

08 | 선택지 분석 |
✕ 에너지 준위는 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.
➡ A는 원자가 띠이고, B는 전도띠이므로 에너지 준위는 A가 B보다 작다.

① 이 물체의 전기 전도성은 반도체보다 좋다.
➡ 이 물체는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐진 도체이므로 전기 전도성은 반도체보다 좋다.

✕ B에 있는 전자들의 에너지 준위는 ~~모두 같다~~ 같지 않다.
➡ B는 에너지띠이므로 B에 있는 전자들의 에너지 준위는 미세하게 차이가 있다.

09 (가)는 절연체, (나)는 도체, (다)는 반도체의 에너지띠 구조이다. 구리는 도체, 석영은 절연체, 저마늄은 반도체이다.

10 | 선택지 분석 |
① B는 전도띠이다.
➡ A는 원자가 띠, B는 전도띠이다.

② 전기 전도성이 반도체보다 나쁘다.
➡ 절연체는 띠 간격이 넓고, 반도체는 절연체보다 띠 간격이 좁다. 따라서 전기 전도성은 절연체가 반도체보다 나쁘다.

③ 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.
➡ 띠 간격은 원자가 띠와 전도띠 사이의 간격으로, 전자가 존재할 수 없는 영역이다.

④ 원자가 띠에는 전자가 가득 차 있다.
➡ 절연체의 원자가 띠에는 전자가 가득 차 있어 전자가 움직일 수 없다.

⑤ 약간의 에너지만으로도 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이할 수 있다.
➡ 절연체는 띠 간격이 매우 넓어 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하기 어렵다.

11 ㉠은 전자가 전도띠로 갈 수 없으므로 절연체이고, ㉡은 전자가 외부에서 에너지를 흡수하면 전도띠로 올라갈 수 있으므로 반도체이다.

도전! 실력 올리기 158쪽~159쪽

01 ② **02** ④ **03** ② **04** ① **05** ⑤ **06** ④

07 규소, 저마늄

08 | 모범 답안 | n, 파울리 배타 원리에 의해 하나의 전자는 하나의 양자 상태를 가지므로 인접한 원자가 n개로 늘어나면 에너지 준위가 미세하게 차이를 두고 n개로 늘어난다.

09 | 모범 답안 | A, A는 띠 간격이 없어 원자가 띠의 전자들이 작은 에너지만 흡수해도 전도띠로 쉽게 이동할 수 있기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

✗ (나)에서 ~~A~~(원자가 띠)는 전자가 가득 채워진 가장 높은 상태의 에너지띠이다.

➡ A는 전도띠이다. 전자가 가득 채워진 가장 높은 상태의 에너지띠는 원자가 띠이다.

✗ (나)에서 에너지 준위가 증가할수록 에너지띠 사이의 간격이 ~~넓어진다~~(좁아진다).

ㄷ 인접한 원자의 수가 많아지면 원자 내의 전자의 에너지 준위는 (가)에서 (나)처럼 된다.

➡ 인접한 원자의 수가 많아지면 에너지 준위들이 밀집하여 하나의 넓은 띠와 같은 연속적인 에너지띠로 존재한다.

02 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 전자가 바닥상태에 머물러 있는 동안 일정한 진동수의 전자기파를 ~~방출한다~~(방출하지 않는다).

➡ 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 특정한 궤도에 머물러 있는 동안은 전자기파를 방출하지 않는다.

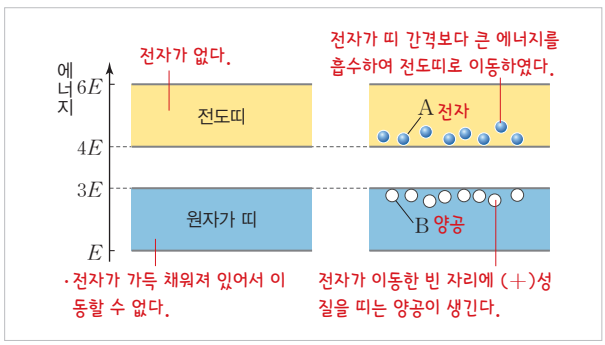
ㄴ (나)에서 A의 크기에 따라 고체의 전기 전도성이 달라진다.

➡ A는 띠 간격으로, 고체의 전기 전도성을 결정한다.

ㄷ (나)의 원자가 띠에서 전도띠로 이동한 전자는 자유 전자가 된다.

➡ 원자가 띠의 전자가 띠 간격보다 큰 에너지를 흡수하면 전자는 전도띠로 이동하여 자유 전자가 된다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ (가)에서 원자가 띠의 전자는 여러 원자 사이를 ~~자유롭게 이동한다~~(이동할 수 없다).

➡ (가)에서 원자가 띠에는 모든 에너지 준위에 전자들이 가득 채워져 있으므로 원자가 띠의 전자는 여러 원자 사이를 이동할 수 없다.

✗ (나)에서 A가 흡수한 에너지는 ~~$0.5E$이다~~($0.5E$보다 크다).

➡ (나)에서 전자가 흡수한 에너지는 띠 간격보다 커야 하므로 E보다 크다.

ㄷ 고체의 전기 전도성은 (나)가 (가)보다 크다.

➡ (가)는 전도띠에 전자가 없지만 (나)는 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하여 전도띠에 전자가 있으므로 전기 전도성은 (나)가 (가)보다 좋다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

➡ A는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있으므로 도체이고, B는 반도체이다. 따라서 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

✗ A에는 에너지가 E_3인 전자가 ~~존재한다~~(존재하지 않는다).

➡ A에서 에너지가 E_3인 곳은 띠 간격이므로 A에는 에너지가 E_3인 전자가 존재하지 않는다.

✗ 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 ~~같다~~(다르다).

➡ 원자가 띠의 전자들은 모두 에너지 준위가 다르므로 전자의 에너지는 모두 다르다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 전선의 에너지띠 구조는 A이다.

➡ 전선은 도체로, 전선 피복은 절연체로 만들어져 있으므로 전선의 에너지띠 구조는 A이다.

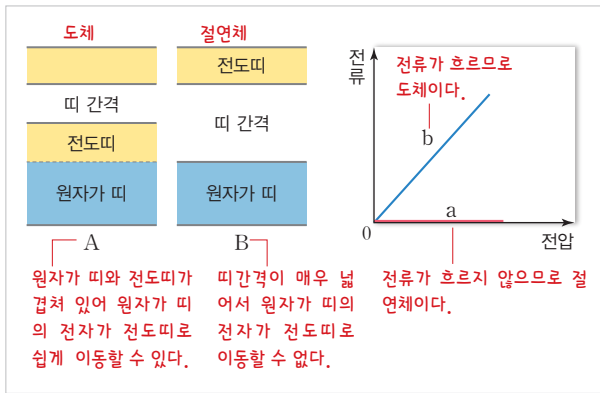
ㄴ 띠 간격이 넓을수록 전기 전도성이 나빠진다.

➡ 띠 간격이 넓을수록 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하기가 어려우므로 전기 전도성이 나빠진다.

ㄷ 전선에 전류가 흐를 때 전도띠에 있는 전자의 수는 A가 B보다 많다.

➡ 고체에 띠 간격 이상의 에너지가 공급되면 원자가 띠에 있던 전자들이 더 높은 에너지 준위인 전도띠로 이동하게 된다. 도체는 전도띠와 원자가 띠가 겹쳐 있으므로 전도띠로 다수의 전자가 쉽게 이동할 수 있다. 따라서 전도띠에 있는 전자의 수는 도체인 A가 절연체인 B보다 많다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ A는 도체이다.

➡ A는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있으므로 도체이다.

✗ B는 원자가 띠 일부에만 전자가 채워져 있다.

➡ B는 절연체이며, 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있어 전류가 흐를 수 없다.

ㄷ b는 A로 만들었다.

➡ a는 절연체, b는 도체이므로 b는 A로 만들었다.

07 원자가 띠에 있는 전자가 적당한 에너지를 흡수하여 전도띠로 올라가는 것은 반도체이다. 반도체로는 규소, 저마늄 등이 있다.

08 파울리 배타 원리에 의해 하나의 전자는 하나의 양자 상태를 가진다.

채점 기준	배점
빈칸에 들어갈 말을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
빈칸에 들어갈 말만 쓴 경우	50 %

09 A는 전도띠와 원자가 띠가 겹쳐 있어 띠 간격이 없다. 따라서 원자가 띠의 전자가 쉽게 전도띠로 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 좋다.

채점 기준	배점
전기 전도성이 좋은 물질을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
전기 전도성이 좋은 물질만 쓴 경우	50 %

04 반도체와 다이오드

개념POOL 163쪽

01 (1) ㉠ 첨가 ㉡ p형 반도체 ㉢ n형 반도체 (2) ㉡ 양공 ㉢ 전자
02 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

01 (1) 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하면 n형 반도체가 되고, 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하면 p형 반도체가 된다.
(2) n형 반도체의 전하 운반자는 전자이고, p형 반도체의 전하 운반자는 양공이다.

02 (4) 순수 반도체에 불순물을 첨가하면 전기 전도성이 좋아진다.
(5) 붕소를 첨가한 반도체는 p형 반도체이므로 양공이 증가한다.

탐구POOL 164쪽

01 b **02** p형 반도체 **03** 초록색 빛을 방출하는 발광 다이오드(LED)

01 전구에 불이 켜지기 위해서는 p형 반도체에 전원의 (+)극, n형 반도체에 전원의 (−)극이 연결되어야 한다.

02 긴 다리가 전지의 (+)극에 연결되면 LED에 불이 켜지므로 긴 다리와 연결된 반도체는 p형 반도체이다.

03 띠 간격이 넓은 LED일수록 파장이 짧은 빛을 방출한다.

콕콕! 개념 확인하기 165쪽

✔ 잠깐 확인!
1 첨가 **2** 양공 **3** 5, 3 **4** 전자, 양공 **5** 다이오드 **6** 정류 작용 **7** 발광

01 (1) ○ (2) ○ (3) ×
02 ㉠ 전자 ㉡ 양공
03 (1)—㉢ (2)—㉠ (3)—㉡
04 (1) +, − (2) 역방향 (3) R_B
05 ㉠ p−n 접합 다이오드 ㉡ 정류 작용

03 순수 반도체는 전자 수와 양공 수가 같고, n형 반도체는 전자 수가 양공 수보다 많으며, p형 반도체는 양공 수가 전자 수보다 많다.

05 p−n 접합 다이오드는 전류를 한 방향으로만 흐르게 하므로 교류를 직류로 전환시키는 정류 작용을 한다.

탄탄! 내신 다지기 166쪽~167쪽

01 ② **02** ② **03** ⑤ **04** (가) n형 반도체 (나) p형 반도체 **05** ㉠ 5 ㉡ 3 **06** ⑤ **07** ⑤ **08** ② **09** ① **10** ⑤ **11** 정류

01 | 선택지 분석 |
① 4개의 원자가 전자를 갖는다.
➡ 순수 반도체는 원자가 전자가 4개이다.
② 온도가 높아지면 전기 저항은 ~~커진다~~ 작아진다.
➡ 반도체는 매우 낮은 온도에서는 절연체처럼 동작하고, 상온에서는 낮은 전기 전도성을 갖는다. 온도가 높아지면 저항이 작아져서 전기 전도성이 좋아진다.
③ 규소(Si)나 저마늄(Ge)을 주로 사용한다.
➡ 순수 반도체로는 원자가 전자가 4개인 규소(Si)나 저마늄(Ge)을 사용한다.
④ 반도체 내부의 원자들은 공유 결합을 한다.
➡ 반도체 내부의 원자들은 고체 내에서 주위의 원자 4개와 전자쌍을 서로 공유하는 공유 결합을 한다.
⑤ 원자가 띠와 전도띠 사이의 간격은 절연체보다 좁다.
➡ 원자가 띠와 전도띠 사이의 간격인 띠 간격은 도체보다 넓고, 절연체보다 좁다.

02 n형 반도체이므로 ㉠에는 15족 원소인 인(P), 비소(As) 등이 들어갈 수 있다.

03 p형 반도체의 원자가 전자의 배열이므로 A에는 13족 원소인 붕소(B), 갈륨(Ga), 알루미늄(Al) 등이 들어갈 수 있다.

04 불순물을 첨가한 후에 전자가 남아 있으면 n형 반도체이고, 양공이 남아 있으면 p형 반도체이다.

05 n형 반도체는 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를, p형 반도체는 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하여 전기 전도성을 좋게 한다.

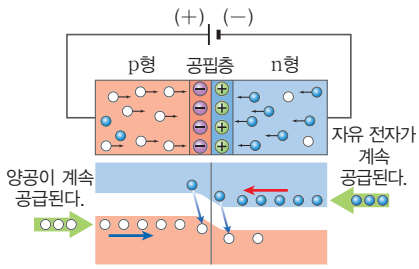
06 | 선택지 분석 |

㉠ X는 p형 반도체이다.
➡ X는 양공이 있으므로 p형 반도체이다.

㉡ a는 원자가 전자가 5개이다.
➡ Y는 남는 전자가 있으므로 n형 반도체이다. 따라서 a의 원자가 전자는 5개이다.

㉢ p−n 접합 다이오드에 순방향 전압을 걸어 주면 p형 반도체에 있는 양공은 접합면 쪽으로 이동한다.
➡ p−n 접합 다이오드에 순방향 전압을 걸어 주면 p형 반도체에는 (+)극이, n형 반도체에는 (−)극이 연결되므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 접합면 쪽으로 이동한다.

더 알아보기 순방향 전압



- p−n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸렸을 때에만 전류가 흐른다.
- p형 반도체에 전원의 (+)극, n형 반도체에 전원의 (−)극을 연결할 때 순방향 전압이 걸렸다고 한다.
- p−n 접합면에서 양공은 (−)극 쪽으로, 전자는 (+)극 쪽으로 서로 반대 방향으로 이동하고, 다이오드의 양 끝에서 양공과 전자를 계속 공급하므로 전류가 지속적으로 흐른다.

07 | 선택지 분석 |

① ㉠은 첨가이다.
➡ 순수 반도체에 불순물을 첨가하는 것을 첨가이라고 한다.

② ㉡은 p형 반도체이다.
➡ 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가한 반도체는 p형 반도체이다.

③ ㉢의 전하 운반자는 전자이다.
➡ 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가한 반도체는 n형 반도체이다. n형 반도체의 전하 운반자는 전자이다.

④ ㉣은 순방향이다.
➡ p−n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸려야 전류가 흐른다.

⑤ ㉤일 때 p형 반도체에 전원의 (+)극이 연결되어 있다.
➡ p−n 접합 다이오드에 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않는다. 이때 p형 반도체에 전원의 (−)극이 연결되어 있다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ p형 반도체에서 주된 전하 운반자는 ㉡이다.
➡ ㉠은 전자이고, ㉡은 양공이므로 p형 반도체의 주된 전하 운반자는 ㉡이다.

㉡ LED가 빛을 방출하려면 n형 반도체에 전원의 (−)극을 연결해야 한다.
➡ LED가 빛을 방출하려면 p형 반도체에 (+)극을, n형 반도체에 전원의 (−)극을 연결해야 한다.

✗ ㉢은 빨간색 빛이 파란색 빛보다 ~~넓다~~ 좁다.
➡ 띠 간격이 넓을수록 파장이 짧은 빛을 방출한다. 파장은 파란색 빛이 빨간색 빛보다 짧다.

09 | 선택지 분석 |

✓ ① X는 p형 반도체이다.
➡ 다이오드에 순방향 전압이 걸려야 하므로 p형 반도체에 전원의 (+)극이, n형 반도체에 (−)극이 연결되어야 한다. 따라서 X는 p형 반도체이다.

② 다이오드는 ~~직류를 교류로~~ 교류를 직류로 바꾼다.
➡ 다이오드는 교류를 직류로 바꾸는 정류 작용을 한다.

③ n형 반도체는 ~~양공이~~ 전자가 전하 운반자이다.
➡ n형 반도체는 전자가, p형 반도체는 양공이 전하 운반자이다.

④ 전원의 극을 바꾸어 연결~~해도 빛을 방출한다~~ 하면 빛을 방출하지 않는다.
➡ 전원의 극을 바꾸어 연결하면 역방향 전압이 걸리므로 빛을 방출하지 않는다.

⑤ 전자는 ~~n형~~ p형 반도체 쪽으로, 양공은 ~~p형~~ n형 반도체 쪽으로 이동한다.

10 | 선택지 분석 |

① 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.
➡ 빛이 방출되면 순방향 전압이 걸린 것이므로 p형 반도체는 전원의 (+)극에, n형 반도체는 전원의 (−)극에 연결되어 있다.

② p형 반도체에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
➡ p형 반도체의 전하 운반자는 양공이다.

③ n형 반도체는 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가한 것이다.
➡ n형 반도체는 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하여 만들며, 이때 공유 결합하고 남는 전자가 전하 운반자가 되어 전류를 흐르게 한다.

④ n형 반도체의 전도띠에 있던 전자가 접합면으로 이동한다.
➡ n형 반도체의 전도띠에 있던 전자가 p형 반도체의 원자가 띠로 이동하면서 빛을 방출한다.

✓ ⑤ 띠 간격이 더 넓은 발광 다이오드(LED)를 연결하면 파장이 더 ~~긴~~ 짧은 빛이 나온다.
➡ 띠 간격이 넓을수록 방출되는 빛의 파장은 짧아진다.

11 교류를 직류로 전환시키는 작용을 정류 작용이라고 한다.

도전! 실력 올리기

168쪽~169쪽

01 ③ **02** ③ **03** ③ **04** ④ **05** ④ **06** ③

07 | **모범 답안** | n형 반도체, 상온에서 전도띠에 전자 수가 양공 수보다 많기 때문이다.

08 다이오드

09 | **모범 답안** | 띠 간격은 B가 A보다 넓다. 파장이 짧은 빛일수록 띠 간격이 넓고, 파란색 빛의 파장이 빨간색 빛보다 짧으므로 B의 띠 간격이 A보다 넓다.

01 | 선택지 분석 |

① 순수 반도체이다.
➡ 순수 반도체로는 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge) 등을 사용한다.

② 원자가 전자가 4개이다.
➡ 순수 반도체는 원자가 전자가 4개이다.

③ 규소에 인(P)을 첨가하면 ~~p형~~ n형 반도체가 된다.

④ 규소에 붕소(B)를 첨가하면 전기 저항이 감소한다.
➡ 규소에 붕소(B)를 첨가하면 양공이 증가하므로 전기 저항이 감소한다.

⑤ 규소 원자들은 전자쌍을 공유하는 공유 결합을 한다.
➡ 규소 원자들은 전자를 내놓아 전자쌍을 만들고, 이 전자쌍을 서로 공유하는 공유 결합을 한다.

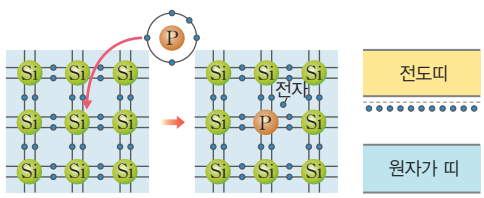
02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 인(P)의 원자가 전자는 5개이다.
➡ 인(P)은 원자가 전자가 5개인 원소이므로 순수 반도체에 인(P)을 첨가하면 남는 전자가 생긴다.

ㄴ. Y는 n형 반도체이다.
➡ Y 원자의 전자 배열에 남는 전자가 있으므로 Y는 n형 반도체이다.

ㄷ. X가 Y보다 전기 전도성이 ~~좋다~~ 나쁘다.
➡ 불순물 반도체 Y는 순수 반도체 X보다 전자가 많으므로 Y가 X보다 전기 전도성이 좋다.

더 알아보기 n형 반도체



- 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 5개인 비소(As), 인(P), 안티몬(Sb)등을 첨가하면 5개의 원자가 전자 중 4개는 규소와 결합하고, 남는 전자가 존재한다. 이 전자가 전하 운반자가 되어 전류가 흐르는 반도체이다.
- 규소(Si)에 불순물로 인(P)을 첨가하면 남는 전자에 의해 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지띠가 만들어져서 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라가 전류가 흐를 수 있다.

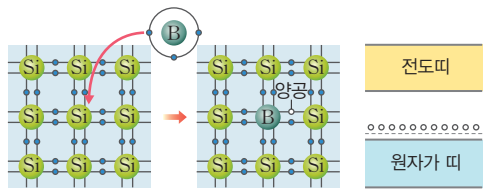
03 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 양공이다.
➡ p형 반도체는 양공에 의해 원자가 띠 바로 위에 새로운 에너지띠가 만들어진다.

ㄴ. X는 p형 반도체이다.
➡ 순수 반도체에 불순물을 첨가했을 때 양공에 의해 원자가 띠 바로 위에 새로운 에너지띠를 만드는 반도체는 p형 반도체이다.

ㄷ. 붕소는 규소보다 원자가 전자가 1개 ~~많다~~ 적다.
➡ 붕소(B)는 원자가 전자가 3개인 원소로, 규소(Si)보다 원자가 전자가 1개 적다.

더 알아보기 p형 반도체



- 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 3개인 붕소(B), 알루미늄(Al), 인듐(In), 갈륨(Ga)등을 첨가하면 규소 원자에 비해 전자 1개가 부족하여 전자가 비어 있는 자리인 양공이 생긴다. 이 양공이 전하 운반자가 되어 전류가 흐르는 반도체이다.
- 규소(Si)에 불순물로 붕소(B)를 첨가하면 원자가 띠 바로 위에 양공에 의한 새로운 에너지띠가 만들어져서 원자가 띠의 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라가 전류가 흐를 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. X는 p형 반도체이다.
➡ 스위치를 a에 연결하면 순방향 전압이 걸리므로 전원의 (+)극과 연결된 X는 p형 반도체이다.

ㄴ. 스위치를 a에 연결하면 X 내부의 ~~전자는~~ 양공은 접합면 쪽으로 이동한다.
➡ 순방향 전압이 걸리면 X 내부의 양공이 접합면 쪽으로 이동한다.

ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 전구에서 불이 켜지고 꺼지는 것이 반복된다.
➡ 스위치를 b에 연결하면 다이오드의 정류 작용에 의해 전구에는 불이 켜지고 꺼지는 것이 반복된다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. A는 전류를 흐르게 하는 ~~전자가~~ 양공이 많아지도록 도핑하였다.
➡ A는 p형 반도체이므로 양공이 많아지도록 도핑되어 있다.

ㄴ. B는 n형 반도체이다.
➡ p-n 접합 다이오드이므로 A는 p형 반도체, B는 n형 반도체이다.

ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 전구에서 빛이 방출되지 않는다.
➡ 스위치를 b에 연결하면 Q에 역방향 전압이 걸려 회로에 전류가 흐르지 않으므로 전구에서 빛이 방출되지 않는다.

06 | 선택지 분석 |

✗ ㉠이면 n형 반도체에는 전원의 ~~(+)극~~(−)극이, p형 반도체에는 전원의 ~~(−)극~~(+)극이 연결되어 있다.

➡ 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체에는 전원의 (−)극이, p형 반도체에는 전원의 (+)극이 연결된다.

✗ ㉡이 넓을수록 방출되는 빛의 파장은 ~~길다~~짧다.

➡ 띠 간격이 넓을수록 방출되는 빛의 진동수가 크므로 파장은 짧다.

㉢의 방향은 a이다.

➡ 전류는 (+)극에서 (−)극으로 흐르므로 회로에 흐르는 전류의 방향은 a이다.

07 원자가 띠의 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 올라가 전도띠에 있는 전자 수가 원자가 띠에 있는 양공 수보다 많아졌다.

채점 기준	배점
반도체의 종류를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
반도체의 종류만 쓴 경우	50 %

08 교류가 직류로 전환되므로 전기 소자 A는 다이오드이다.

09 발광 다이오드에서는 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다. 이때 띠 간격이 넓을수록 진동수가 큰 빛, 즉 파장이 짧은 빛을 방출한다. 파란색 빛의 파장이 빨간색 빛의 파장보다 짧으므로 B의 띠 간격이 A보다 넓다.

채점 기준	배점
띠 간격을 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
띠 간격만 옳게 비교한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

171쪽~174쪽

01 ① **02** ⑤ **03** ① **04** ① **05** ⑤ **06** ② **07** ④
08 ③ **09** ③ **10** ④ **11** ④ **12** ① **13** ③ **14** ①
15 ③ **16** ③

01 | 선택지 분석 |

철수: (가)는 기체의 에너지 준위를 나타내는 거야.

➡ 기체는 불연속적인 에너지 준위를 나타내고, 고체는 연속적인 에너지 분포에 의한 에너지띠를 나타낸다.

~~영희~~: ~~A~~원자가 띠에는 전자가 가득 채워져 있어.

➡ A는 전도띠이다. 전자가 가득 채워져 있는 에너지띠는 원자가 띠이다.

~~민수~~: 원자가 띠에 있는 전자의 에너지 준위는 모두 ~~같다~~다르다.

➡ 원자 사이의 간격이 매우 좁은 고체의 경우에는 전자의 에너지 준위가 미세하게 겹치게 되어 에너지띠로 나타나게 된다.

02 | 선택지 분석 |

㉠은 파울리 배타 원리로 설명할 수 있다.

➡ 고체의 에너지띠는 하나의 양자 상태에 1개의 전자만 채워질 수 있다는 원리인 파울리 배타 원리로 설명할 수 있다.

㉡은 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 크다.

➡ 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 큰 것은 원자가띠이다.

㉡과 ㉢의 에너지 준위의 차이가 클수록 전류가 흐르기 어려운 물질이다.

➡ ㉡과 ㉢의 에너지 준위의 차이인 띠 간격이 넓을수록 전류가 흐르기 어려운 물질이다.

03 | 선택지 분석 |

A의 원자가 띠에 있는 전자가 전도띠로 이동하기 위해서는 1.14 eV 이상의 에너지를 흡수해야 한다.

➡ A의 띠 간격이 1.14 eV이므로 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이한다.

✗ ㉠은 절연체이다.

➡ B는 띠 간격이 A(반도체)보다 작으므로 ㉠은 절연체는 아니다.

✗ ㉡은 0.67 eV보다 작다.

➡ C가 절연체이므로 ㉡은 1.14 eV보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

A는 절연체이다.

➡ A는 띠 간격이 가장 크므로 절연체이다.

✗ 상온에서 전기 전도성은 ~~B가 C보다~~ C가 B보다 좋다.

➡ B는 반도체이고, C는 도체이므로 전기 전도성은 C가 A보다 좋다.

✗ 온도가 높을수록 B에서 양공 수는 ~~줄어든다~~ 늘어난다.

➡ 온도가 높을수록 B의 원자가 띠에서 에너지를 얻어 전도띠로 전이되는 전자의 수가 증가하므로 B에서 양공 수는 늘어난다.

05 | 선택지 분석 |

(가)에서 전자는 허용된 띠의 에너지 준위만 가질 수 있다.

➡ 고체에서 전자는 허용된 띠의 에너지 준위만 가질 수 있다.

B에서 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하면 양공이 생긴다.

➡ 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하면 원자가 띠에는 양공이 생긴다.

원자가 띠에 있던 전자가 전도띠로 전이할 때 필요한 최소한의 에너지는 A가 B보다 크다.

➡ 띠 간격이 넓을수록 원자가 띠에 있던 전자가 전도띠로 전이할 때 필요한 에너지가 크다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A의 원자가 띠 일부에만 전자가 채워져 있다.

➡ A는 절연체이므로 A의 원자가 띠에는 전자가 가득 채워져 있다.

ㄴ. Y는 B의 에너지띠 구조를 나타낸다.
➡ B는 도체이므로 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있는 Y가 도체의 에너지띠 구조이다.

✕ B와 같은 물질로 규소(Si)가 있다.
➡ 규소(Si)는 반도체이므로 B가 아니다.

07 | 선택지 분석 |

✕ (가)에서 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 ~~같다~~ 다르다.
➡ 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 미세한 에너지 준위의 차이가 있으므로 에너지가 모두 다르다.

ㄴ. (나)에서 a의 원자가 전자는 5개이다.
➡ 규소(Si)에 불순물 a를 첨가한 반도체는 n형 반도체이므로 a의 원자가 전자는 5개이다.

ㄷ. (나)에서 p−n 접합 다이오드에 순방향 전압을 걸면 p형 반도체에 있는 양공은 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.
➡ 다이오드에 순방향 전압을 걸어 주면 다이오드에 전류가 흐르므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. a는 원자가 전자가 5개이다.
➡ Y는 n형 반도체이므로 a는 원자가 전자가 5개인 원소이다.

ㄴ. Y는 n형 반도체이다.
➡ 순수 반도체에 원소 a를 첨가하면 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지띠가 만들어져서 원자가 띠의 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라갈 수 있으므로 Y는 n형 반도체이다.

✕ ~~X는 Y보다~~ Y는 X보다 전기 전도성이 좋다.
➡ 순수 반도체에 불순물을 첨가하면 전자 또는 양공이 증가하므로 불순물 반도체는 순수 반도체보다 전기 전도성이 좋다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 다이오드이다.
➡ 한 방향으로만 전류를 흐르게 하는 전기 소자는 다이오드이다.

ㄴ. 전기 전도성은 ㉡이 순수 반도체보다 좋다.
➡ n형 반도체의 전기 전도성은 순수 반도체보다 좋다.

✕ ㉡의 방향은 ~~n형~~ p형 반도체→접합면→~~p형~~ n형 반도체이다.
➡ 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 p형 반도체의 양공은 p형 반도체에서 n형 반도체로 이동하므로 전류는 p형 반도체→접합면→n형 반도체로 흐른다.

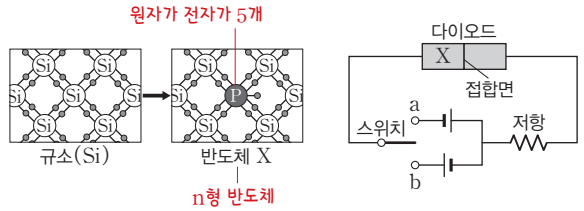
10 | 선택지 분석 |

✕ A는 ~~p형~~ n형 반도체이다.

ㄴ. B에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
➡ B는 p형 반도체이므로 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. (나)의 다이오드에 역방향 전압이 걸린다.
➡ n형 반도체인 A에 전원의 (+)극이, p형 반도체인 B에 전원의 (−)극이 연결되어 있으므로 다이오드에 역방향 전압이 걸린다.

11 | 자료 분석 |



- **스위치를 a에 연결:** 순방향 전압 ⇨ 전자와 양공은 접합면 쪽으로 이동한다.
- **스위치를 b에 연결:** 역방향 전압 ⇨ 전자와 양공은 접합면에서 멀어진다.

| 선택지 분석 |

✕ X는 ~~p형~~ n형 반도체이다.
➡ 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하였으므로 X는 n형 반도체이다.

ㄴ. 스위치를 a에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸린다.
➡ 스위치를 a에 연결하면 n형 반도체인 X에 (−)극이 연결되므로 순방향 전압이 걸린다.

ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 X 내부에서 전자는 접합면에서 멀어진다.
➡ 스위치를 b에 연결하면 역방향 전압이 걸리므로 X 내부의 전자는 접합면에서 멀어진다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)에서 A에는 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하였다.
➡ (나)에서 전도띠의 전자 수가 원자가 띠의 양공 수보다 많으므로 B는 n형 반도체이다. A는 p형 반도체이므로 A에는 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하였다.

✕ (가)에서 B 내부의 전자는 ~~접합면에서 멀어진다~~ 접합면 쪽으로 이동한다.
➡ (가)에서 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 n형 반도체 내부의 전자는 접합면 쪽으로 이동한다.

✕ (나)에서 원자가 띠에 있던 전자가 에너지를 ~~방출~~ 흡수하며 전도띠로 전이한다.
➡ (나)에서 원자가 띠에 있던 전자는 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이한다.

13 | 선택지 분석 |

ㄱ. 저항에는 a 방향으로 전류가 흐른다.
➡ A가 p형 반도체, B가 n형 반도체이므로 다이오드에 순방향 전압이 걸리고, a 방향으로 전류가 흐른다.

ㄴ. A와 B의 접합면에서 전도띠에 있던 전자와 원자가 띠에 있는 양공이 결합한다.
➡ 빛이 방출되므로 A와 B의 접합면에서 전도띠에 있던 전자와 원자가 띠에 있던 양공이 결합한다.

✕ 전원 장치의 두 단자를 바꾸어 연결해도 LED에서 빛이 방출된다.
➡ 전원 장치의 두 단자를 바꾸어 연결하면 역방향 전압이 걸리므로 LED에서 빛이 방출되지 않는다.

14 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)의 (+)극에는 X가 연결되어 있다.
➡ (나)에서 원자가 띠에 양공이 많은 X가 p형 반도체이고, 전도띠에 전자가 많은 Y가 n형 반도체이다. (가)에서 빛이 방출되므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 (+)극에는 p형 반도체인 X가 연결되어 있다.

✕ 원자가 띠 상단에 있는 양공이 전도띠 바닥에 있는 전자보다 에너지 준위가 ~~높다~~ 낮다.

✕ 띠 간격이 넓을수록 파장이 ~~긴~~ 짧은 빛이 방출된다.

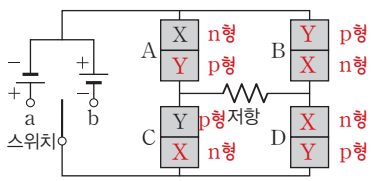
15 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)에서 a는 (+)극이다.
➡ 양공과 전자가 접합면으로 이동하므로 LED에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 양공이 많은 반도체가 p형 반도체이고, p형 반도체가 전원의 (+)극과 연결되어 있어야 하므로 a는 (+)극이다.

ㄴ (나)의 LED에 걸린 전압은 순방향 전압이다.
➡ 양공과 전자가 접합면으로 이동하므로 다이오드에 순방향 전압이 걸려 있다.

✕ ~~빨강~~ 파랑 LED가 ~~파랑~~ 빨강 LED보다 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 넓다.
➡ 파란색 빛이 빨간색 빛보다 파장이 짧다. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 넓을수록 파장이 짧은 빛이 방출된다.

16 | 자료 분석 |



- 스위치를 a에 연결: A, D가 켜짐 ➡ X: n형 반도체 ➡ 전류의 방향: D→저항→A
- 스위치를 b에 연결: B, C가 켜짐 ➡ Y: p형 반도체 ➡ 전류의 방향: B→저항→C

| 선택지 분석 |

ㄱ X는 n형 반도체이다.
➡ 스위치를 a에 연결했을 때 A가 켜졌으므로 A에는 순방향 전압이 걸린 것이다. 이때 X에 (−)극이 연결되므로 X는 n형 반도체이다.

ㄴ 스위치를 b에 연결했을 때 Y에서는 양공이 전류를 흐르게 한다.
➡ Y는 p형 반도체이다. C에 순방향 전압이 걸릴 때 Y에서는 양공이 전류를 흐르게 한다.

✕ 스위치를 a에 연결했을 때와 b에 연결했을 때 저항에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.
➡ 스위치를 a에 연결하면 저항에 흐르는 전류의 방향은 D→저항→A이고, b에 연결하면 저항에 흐르는 전류의 방향은 B→저항→C이므로 저항에는 모두 왼쪽 방향으로 전류가 흐른다.

2 물질의 자성과 전자기 유도

01 전류에 의한 자기장

탐구POOL 178쪽

01 A, D 02 ㉠ 비례 ㉡ 반비례

01 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 감아쥐는 방향이 자기장의 방향이다.

02 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

콕콕! 개념 확인하기 179쪽

✓ 잠깐 확인!
1 자성 2 자기장 3 N 4 전류 5 균일 6 전기, 운동 7 전자석

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 02 ㉠ 전류 ㉡ 자기장 ㉢ 전류 ㉣ 자기장 03 (1) × (2) × (3) ○ 04 B 05 A: 동쪽 B: 서쪽 C: 동쪽 D: 서쪽

01 (1) 자석은 N극과 S극을 분리할 수 없다.
(4) 자기장의 방향은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향이다.

03 (1) a에서 P에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
(2) b에서 P, Q에 의한 자기장의 방향이 같으므로 자기장은 0이 아니다.

04 원형 도선의 중심에서 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 따라서 전류의 세기가 2배, 원형 도선의 반지름이 2배가 되면 자기장의 세기는 변함없이 B이다.

탄탄! 내신 다지기 180쪽~181쪽

01 ⑤ 02 ② 03 (가), (라) 04 $\frac{1}{2}B$ 05 ④ 06 ④ 07 1 : 4 08 ② 09 N극 10 ② 11 ③

01 Q에 놓은 나침반 자침의 N극이 $+x$ 방향을 가리키므로 A의 오른쪽이 N극, B의 왼쪽이 S극이다. 따라서 A의 왼쪽은 S극, B의 오른쪽은 N극, C의 왼쪽은 S극, C의 오른쪽은 N극이므로 P, R, S에서 나침반 자침의 N극은 $+x$ 방향을 가리킨다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ 전류의 방향은 남 → 북 방향이다.
➡ 나침반이 놓여 있는 지점에서 전류에 의한 자기장의 방향이 동쪽이므로 도선에 흐르는 전류의 방향은 남쪽에서 북쪽 방향이다.

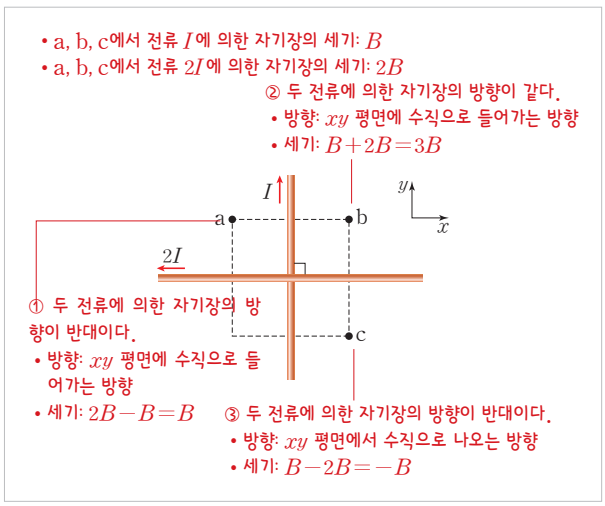
ㄴ 전류의 세기를 증가시키면 θ가 커진다.
➡ 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하므로 전류의 세기를 증가시키면 자침과 도선이 이루는 각 θ가 증가한다.

✗ 전류의 세기만 변화시켜서 나침반 자침의 N극이 북서 방향을 향하게 할 수 있다. → 없다.
➡ 전류의 세기만 변화시키면 나침반 자침의 N극의 방향은 북동쪽이나 동쪽을 가리킨다.

03 오른손을 이용하여 자기장의 방향을 찾으면 나침반 자침의 N극이 (가), (라)는 오른쪽으로, (나), (다)는 왼쪽으로 회전한다.

04 도선으로부터의 수직 거리가 2배가 되면 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}$배로 감소하므로 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B$이다.

05 | 자료 분석 |



a와 c에서는 두 전류에 의한 자기장의 방향이 반대이고, b에서는 두 전류에 의한 자기장의 방향이 같다. 따라서 a, b, c에서 두 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_b > B_a = B_c$이다.

06 (나)에서 두 원형 전류의 방향이 같으므로 Q에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 반지름이 r인 원형 전류에 의한 자기장의 세기를 B라고 하면 반지름이 $2r$인 원형 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B$이다. (가)에서는 두 전류에 의한 자기장의 방향이 반대이므로 P에서 자기장의 세기는 $B_0 = B - \frac{1}{2}B = \frac{1}{2}B$이고, (나)에서는 두 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로 Q에서 자기장의 세기는 $B + \frac{1}{2}B = \frac{3}{2}B = 3B_0$이다.

07 같은 길이의 도선을 두 바퀴 감으면 $2\pi r : r = \pi r : r'$에서 $r' = \frac{1}{2}r$이므로 반지름은 처음의 $\frac{1}{2}$배가 된다. 원형 전류의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 따라서 반지름이 $\frac{1}{2}$배인 원형 도선 2개가 겹쳐진 모양이 되므로 자기장의 세기는 4배가 된다.

08 | 선택지 분석 |

① 솔레노이드 내부에는 균일한 자기장이 생긴다.
➡ 솔레노이드 내부에는 중심축과 나란하고 균일한 자기장이 생긴다.

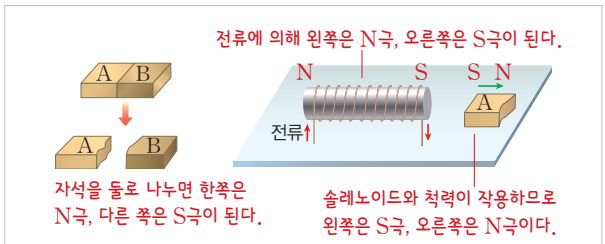
② 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 ~~B에서 A 방향~~ A에서 B 방향이다.
➡ 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 S극에서 N극을 향한다.

③ A에 나침반을 놓으면 나침반 자침의 N극이 동쪽을 가리킨다.
➡ 솔레노이드의 오른쪽이 N극, 왼쪽이 S극이 되므로 A에 놓은 나침반 자침의 N극은 인력이 작용하여 동쪽을 가리킨다.

④ 전원의 전압을 증가시키면 솔레노이드 내부의 자기장의 세기도 증가한다.
➡ 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다. 전원의 전압을 증가시키면 전류의 세기도 증가하므로 내부 자기장의 세기도 증가한다.

⑤ B에 막대자석의 N극을 가까이 하면 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
➡ 솔레노이드의 오른쪽은 N극이 되므로 B에 막대자석의 N극을 가까이 하면 척력이 작용한다.

09 | 자료 분석 |



솔레노이드의 왼쪽이 N극, 오른쪽이 S극이고, 솔레노이드와 A 사이에 척력이 작용하므로 A의 왼쪽이 S극, 오른쪽이 N극이다. 따라서 B의 왼쪽이 S극, 오른쪽이 N극이다.

10 | 선택지 분석 |

✗ ㉠은 세기와 방향이 ~~일정하다~~ 주기적으로 변한다.

➡ 소리 정보에 의해 코일에 흐르는 전류는 세기와 방향이 주기적으로 변하는 교류이다.

㉡ ㉡은 자기장이다.

➡ 코일에 흐르는 전류가 변하면 코일 내부에 생기는 자기장도 변한다.

✗ ㉢은 서로 당기는 ~~힘만 있다~~ 힘과 밀어내는 힘이 있다.

➡ 코일에 교류가 흐르면 코일을 통과하는 자기장이 변하여 코일과 자석 사이에 전류의 방향에 따라 당기는 힘과 밀어내는 힘이 작용하여 진동판이 진동한다.

11 | 선택지 분석 |

① 전자석은 자석의 세기를 조절할 수 있다.

➡ 전자석은 전류의 세기를 조절하여 자기장의 세기를 조절한다.

② 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 a이다.

➡ 솔레노이드의 오른쪽과 나침반 자침의 N극 사이에 척력이 작용하므로 솔레노이드의 오른쪽이 N극이 되도록 자기화되어야 한다. 따라서 전류의 방향은 a이다.

✗ ③ 철심을 빼면 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 ~~많이~~ 적게 회전한다.

➡ 자기장의 세기가 감소하므로 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 적게 회전한다.

④ 코일을 더 많이 감으면 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 많이 회전한다.

➡ 전류의 세기가 증가하므로 자기장의 세기도 증가하여 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 많이 회전한다.

⑤ 전류의 세기를 증가시키면 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 많이 회전한다.

➡ 자기장의 세기가 증가하므로 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 더 많이 회전한다.

도전! 실력 올리기

182쪽~183쪽

01 ④ **02** ④ **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ② **06** ④

07 종이면에 수직으로 들어가는 방향

08 | 모범 답안 | A에 의해 a에 만들어지는 자기장의 방향은 화살표와 반대 방향이므로 B에 의해 만들어지는 자기장의 방향이 화살표 방향이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 A와 같다. 또 B에 의한 자기장의 세기가 A에 의한 자기장의 세기보다 커야 하므로 I_B가 I_A보다 크다.

09 | 모범 답안 | 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기를 변화시킨다. 단위길이당 도선의 감은 수를 변화시킨다.

01 | 선택지 분석 |

✗ p에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 ~~들어가는~~ 나오는 방향이다.

➡ 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 감아쥐는 방향이 자기장의 방향이므로 p에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

㉡ p와 q에서 자기장의 방향은 반대이다.

➡ 자기장의 방향은 p에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, q에서는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 p와 q에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.

㉢ 도선에 흐르는 전류의 세기가 2배가 되면 q에서 자기장의 세기는 B가 된다.

➡ p에서 자기장의 세기가 B이므로 q에서 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B$인데, 도선에 흐르는 전류의 세기를 2배로 하면 q에서 자기장의 세기는 B가 된다.

02 | 선택지 분석 |

✗ A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 ~~반대이다~~ 같다.

➡ 두 도선으로부터 같은 거리만큼 떨어져 있는 b에서 자기장이 0이므로 A와 B에는 같은 방향으로 세기가 같은 전류가 흐른다.

㉡ a에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

➡ A와 B에 흐르는 전류의 방향이 같으므로 a에서 A와 B에 의한 자기장의 방향은 같다. 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락의 방향, 즉 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

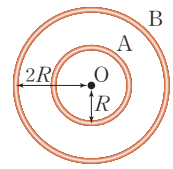
㉢ a와 c에서 자기장의 세기는 같다.

➡ A와 B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 a와 c에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 세기는 같고, 방향은 반대이다.

03 a에서 자기장이 0이므로 B에는 $+y$ 방향으로 세기가 A의 2배인 전류가 흐른다. 따라서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향은 b에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, c에서는 xy 평면에 수직을 들어가는 방향이므로 서로 반대 방향이다. b에서 B에 의한 자기장의 세기는 A에 의한 자기장의 세기의 2배이고 A와 B에 의한 자기장의 방향이 반대이며, c에서는 b에서와 자기장의 세기가 같고 A와 B에 의한 자기장의 방향이 같으므로 b와 c에서 자기장의 세기의 비는 1 : 3이다.

04 | 자료 분석 |

① A와 B에 흐르는 전류



구분	(가)	(나)	(다)
A	$+I$	$+I$	$-2I$
B	$-2I$	$+2I$	$+2I$

(+는 시계 방향, −는 반시계 방향)

② O에서의 자기장

- 전류 I에 의한 자기장의 세기: B
- 전류 $2I$에 의한 자기장의 세기: $2B$
- 종이면에 수직으로 들어가는 방향은 +, 종이면에서 수직으로 나가는 방향은 −로 한다.

구분	(가)	(나)	(다)
A에 의한 자기장	$+B$	$+B$	$-2B$
B에 의한 자기장	$-B$	$+B$	$+B$
A와 B의 합성 자기장	0	$+2B$	$-B$

| 선택지 분석 |

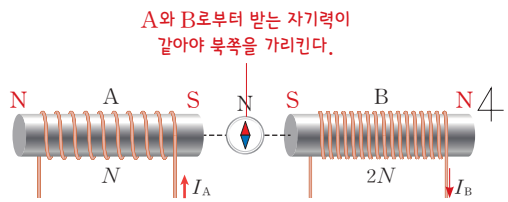
㉠ (가)에서 자기장은 0이다.
➡ (가)에서 A와 B에 의한 자기장의 세기는 같고 방향이 반대이므로 O에서의 자기장은 0이다.

㉡ 자기장의 세기는 (나)에서가 (가)에서보다 세다.
➡ (나)에서는 A와 B에 의한 자기장의 방향이 같고, (가)에서는 A와 B에 의한 자기장이 0이므로 O에서 자기장의 세기는 (나)에서가 (가)에서보다 세다.

㉢ (다)에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
➡ (다)에서 A에 의한 자기장이 B에 의한 자기장보다 세다. 따라서 A와 B에 의한 자기장의 방향은 A에 의한 자기장의 방향과 같으므로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

05 (나)에서 원형 전류와 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 모두 B_0으로 같고, 방향도 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 같다. (다)에서 원형 전류에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 B_0이고, 직선 전류에 의한 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 $\frac{1}{2}B_0$이다. 따라서 (다)에서 원의 중심에서 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 $\frac{1}{2}B_0$이다.

06 | 자료 분석 |



- I_A와 I_B의 세기: A의 감은 수가 B보다 적으므로 A에 흐르는 전류의 세기가 B에 흐르는 전류의 세기보다 세다.(∵A가 작용하는 힘=B가 작용하는 힘)
- I_B의 방향: B의 왼쪽에 S극이 생기도록 흐른다.

A와 B 사이에 서로 밀어내는 자기력이 작용하고, A와 B가 나침반 자침에 작용하는 힘은 서로 같다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이고, 감은 수가 적은 A에 흐르는 전류의 세기가 B에 흐르는 전류의 세기보다 세야 한다.

07 A와 B에 의한 자기장의 방향이 서로 반대이고, A에 의한 자기장의 세기가 더 세므로 O에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

08 두 직선 전류에 의한 자기장을 합성할 때에는 각각의 전류에 의한 자기장의 세기와 방향을 고려해야 한다.

채점 기준	배점
B에 흐르는 전류의 방향을 옳게 설명하고, I_A, I_B의 크기를 옳게 비교한 경우	100 %
B에 흐르는 전류의 방향만 설명하거나 I_A, I_B의 크기만 비교한 경우	50 %

09 전자석은 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기와 단위길이당 도선의 감은 수를 변화시켜 세기를 조절할 수 있다.

채점 기준	배점
자기장의 세기를 조절할 수 있는 방법을 2가지 이상 옳게 서술한 경우	100 %
자기장의 세기를 조절할 수 있는 방법을 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

02 물질의 자성

개념POOL 187쪽

01 ㉠ 시계 ㉡ b ㉢ 스핀 ㉣ 시계 ㉤ d **02** (1) × (2) ○

02 (1) 전자의 궤도 운동 방향과 반대 방향으로 전류가 흐르는 것과 같은 효과가 나타나므로 궤도 운동에 의한 전류의 방향은 시계 방향이다.
(2) 전류의 방향이 시계 방향이므로 O에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

탐구POOL 188쪽

01 ㉠ 강자성체 ㉡ 상자성체 ㉢ 반자성체
02 (1) — ㉡ (2) — ㉢ (3) — ㉠
03 (1) 약하게 (2) 오래 유지된다

01 강자성체는 자석에 잘 끌려오고, 상자성체는 자석에 약하게 끌려오며, 반자성체는 자석에 밀려난다.

콕콕! 개념 확인하기 189쪽

✓ 잠깐 확인!
1 전자 **2** 자기화 **3** 자성, 반자성 **4** 강자성체 **5** 상자성체 **6** 반자성체 **7** 반자성 **8** 강자성체

01 ㉠ 전자 ㉡ 스핀 ㉢ 자기장 **02** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **03** ㉠ 강자성체 ㉡ 상자성체 ㉢ 반자성체
04 (1) ○ (2) × (3) ×

01 자성이 나타나는 것은 물질을 구성하는 원자 안의 전자의 궤도 운동과 스핀으로 인해 자기장이 발생하기 때문이다.

04 초전도체가 자석 위에 뜨는 것은 반자성에 의해 나타나는 현상이다. 초전도체의 이러한 성질을 마이스너 효과라고 한다.

탄탄! 내신 다지기 190쪽~191쪽

01 ③ **02** ① **03** ⑤ **04** ② **05** A: 구리, 유리 B: 종이, 알루미늄 C: 철, 니켈 **06** ㉠ 강자성체 ㉡ 자기 구역 **07** ② **08** ⑤ **09** ① **10** ⑤

01 | 선택지 분석 |

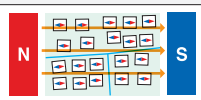
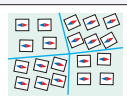
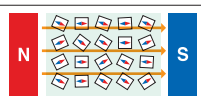
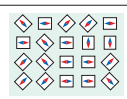
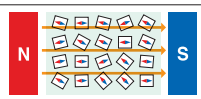
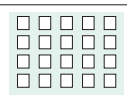
㉠ (가)와 (나)로 인해 물질에 자성이 나타난다.
➡ 원자 내의 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해 자성이 나타난다.

✕ A는 ~~N극~~ S극이다.
➡ (가)에서 전류가 시계 방향으로 흐르는 것과 같은 효과가 나타나므로 오른손을 이용하여 자극을 찾으면 A는 S극임을 알 수 있다.

㉢ A와 B는 같은 극이다.
➡ 전자의 운동 방향과 스핀 방향의 반대 방향으로 전류가 흐르는 것과 같은 효과가 나타나므로 A와 B는 S극이다.

02 ㉠은 외부 자기장을 제거하더라도 자성을 유지하므로 강자성이고, ㉡은 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라지므로 상자성이며, ㉢은 외부 자기장을 제거했을 때 원자 자석이 없는 상태이므로 반자성이다.

더 알아보기 자성체의 종류

종류	외부 자기장을 가했을 때	외부 자기장을 제거했을 때
강자성체		
	물질 내 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 강하게 자기화된다.	외부 자기장을 제거해도 자성이 오래 유지된다.
상자성체		
	물질 내 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 약하게 자기화된다.	외부 자기장을 제거하면 자성이 곧바로 사라진다.
반자성체		
	물질 내 원자 자석들이 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.	외부 자기장을 제거하면 원자 자석이 없는 상태가 된다.

03 | 선택지 분석 |

① 물질이 자석에 반응하는 성질이다.
➡ 물질이 자석이나 외부 자기장에 반응하는 성질을 자성이라고 한다.

② 물질을 구성하는 원자 내 전자의 운동 때문에 자성이 나타난다.
➡ 원자 내 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해 자성이 나타난다.

③ 상자성체에 외부 자기장을 가했다가 제거하면 자성이 없어진다.
➡ 상자성체는 외부 자기장을 가하면 외부 자기장의 방향으로 약하게 자기화되고, 외부 자기장을 제거하면 자성이 없어진다.

④ 반자성체는 외부 자기장을 가하면 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되는 물질이다.
➡ 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 반자성체에 자석을 가까이 하면 척력이 작용한다.

✓ ~~강자성체~~ 반자성체는 원자 내에서 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 대부분 짝을 이루고 있는 물체이다.
➡ 원자 내 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 대부분 짝을 이루고 있는 물체는 반자성체이다.

04 외부 자기장의 방향으로 자기화되었다가 외부 자기장을 제거하면 자성이 곧바로 사라지는 자성체는 상자성체이다. 철과 코발트는 강자성체이고, 구리와 유리는 반자성체이다.

05 A는 반자성체이므로 구리, 유리이고, B는 상자성체이므로 종이, 알루미늄이며, C는 강자성체이므로 철, 니켈이다.

06 자기 구역은 수많은 원자 자석들이 같은 방향으로 정렬되는 구역으로, 강자성체에만 있다.

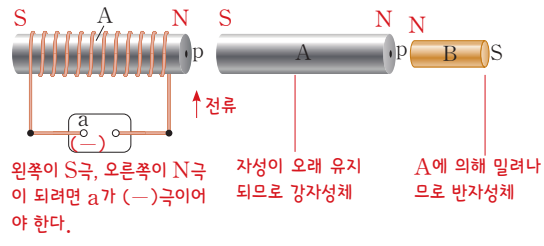
07 | 선택지 분석 |

㉠ 물체는 반자성체이다.
➡ 자석과 물체 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 물체는 반자성체이다.

㉡ 물체의 P 부분은 S극으로 자기화되어 있다.
➡ 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 P는 S극, 반대쪽은 N극으로 자기화되어 있다.

✕ 자석의 극을 반대로 하면 물체는 ~~자석에 달라붙는다.~~ 자석에서 밀려난다.
➡ 자석의 극을 반대로 해도 자석과 반자성체인 물체 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용한다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. a는 (−)극이다.
➡ B의 오른쪽이 S극으로 자기화되었으므로 A의 오른쪽은 N극이고, a는 (−)극이다.

ㄴ. A는 강자성체이다.
➡ (나)에서 A는 자기화 상태를 유지하고 있으므로 강자성체이다.

ㄷ. B는 구리와 같은 자기적 성질을 가진다.
➡ B는 반자성체이므로 구리와 같은 자기적 성질을 가진다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. A는 초전도체이다.
➡ 초전도체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 자석 위에 뜬다.

✗ ㉠에 들어갈 말은 '~~같은~~ 반대'이다.
➡ 초전도체는 반자성을 가지므로 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되려는 성질을 가지고 있다.

✗ 하드디스크의 정보 저장 물질은 A와 ~~동일한~~ 다른 자기적 성질을 갖는다.
➡ 하드디스크의 정보 저장 물질인 산화 철은 강자성체이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. 철심의 A는 N극이다.
➡ 철심의 A는 N극이고, 반대쪽은 S극으로 자기화된다.

ㄴ. 마그네틱선은 강자성체이다.
➡ 마그네틱선에 입힌 강자성체 분말이 자기화되어 정보가 저장된다.

ㄷ. 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸면 마그네틱선의 자기화 방향이 바뀐다.
➡ 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸면 자기장의 방향이 바뀌므로 마그네틱선의 자기화 방향도 바뀐다.

도전! 실력 올리기

192쪽~193쪽

01 ② **02** ① **03** ② **04** ② **05** ② **06** ③

07 반자성

08 | 모범 답안 | 구리, 유리, 구리와 유리는 반자성체이므로 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되어 네오디뮴 자석과 척력이 작용한다.

09 | 모범 답안 | 강자성. 헤드에 정보를 담은 전류가 흐르면 헤드에 자기장이 발생한다. 디스크(플래터)가 헤드를 지나가면 강자성체인 디스크의 정보 저장 물질이 자기력에 의해 자기화되어 정보가 저장된다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)의 원자핵이 있는 곳에서 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 생긴다.
➡ 전자의 회전 방향과 반대 방향으로 전류가 흐르는 것과 같은 효과가 나타나므로 원자핵이 있는 곳에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. ㉠은 스핀이다.
➡ 전자의 고유한 물리량인 스핀에 의해서도 자기장이 나타난다.

✗ 원자 내에서 전자의 회전 방향이 반대인 전자들이 모두 짝을 ~~이루기~~ 이루지 않기 때문에 자성이 나타난다.
➡ 원자 내에서 전자의 회전 방향이 반대인 전자들이 짝을 이루면 자성이 나타나지 않는다.

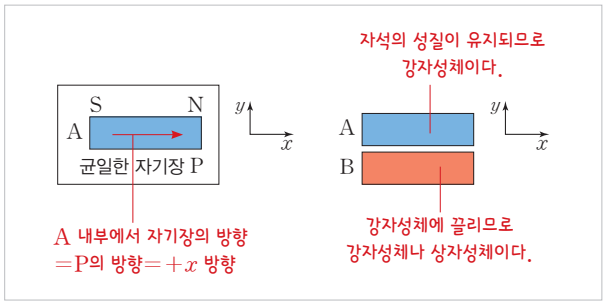
02 | 선택지 분석 |

✗ 철수: 전자의 궤도 운동과 스핀 때문에 자성이 나타나.
➡ 전자의 궤도 운동과 스핀 때문에 자기장이 발생하고 자성이 나타난다.

✗ 영희: 스핀이 서로 반대인 전자들이 짝을 이루면 자성은 더 강해져. 나타나지 않는다.
➡ 스핀이 반대인 전자들이 짝을 이루면 전자가 만드는 자기장이 상쇄되므로 자성이 나타나지 않는다.

✗ 민수: 반자성은 원자가 만드는 자기장의 방향이 외부 자기장의 ~~방향으로~~ 반대 방향으로 정렬될 때 나타나.
➡ 반자성은 원자가 만드는 자기장의 방향이 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화될 때 나타난다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. A는 강자성체이다.
➡ A는 외부 자기장을 제거해도 자석의 상태를 유지하므로 강자성체이다.

ㄴ. P의 방향은 $+x$ 방향이다.
➡ A는 강자성체이므로 외부 자기장의 방향으로 자기화된다. 따라서 A 내부에서 자기장의 방향이 $+x$ 방향이므로 P의 방향도 $+x$ 방향이다.

✗ B를 구성하는 원자 내에서 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 모두 짝을 이루고 있다.
➡ B는 A와 서로 당기는 힘이 작용하므로 강자성체나 상자성체이다. 따라서 B를 구성하는 원자 내에서 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 모두 짝을 이루고 있지는 않다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물체는 반자성체이다.
➡ 전류가 흐르는 솔레노이드와 물체 사이에 서로 밀어내는 힘이 작용하므로 물체는 반자성체이다.

ㄴ 물체 내에서 자기장의 방향은 Q에서 P 방향이다.
➡ 코일에 의한 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 P가 N극, Q가 S극이 된다. 따라서 물체 내에서 자기장의 방향은 Q에서 P 방향이다.

✕ 스위치를 열어도 수레는 가속도 운동을 한다.
➡ 스위치를 열면 물체가 코일로부터 받는 자기력이 0이 되므로 수레는 가속도 운동을 할 수 없다.

05 | 선택지 분석 |

✕ 철, 코발트, 니켈은 ~~A~~B에 해당한다.
➡ 철, 코발트, 니켈은 강자성체이므로 B에 해당한다.

ㄴ (가)에서 C는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.
➡ C는 반자성체이므로 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

✕ (나)에서 A는 강하게 자기화되어 있다.
➡ A는 상자성체이므로 자기장을 제거하면 자성이 곧바로 사라진다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ 디스크(플래터)에는 강자성체가 입혀져 있다.
➡ 하드디스크 표면에 입혀져 있는 정보 저장 물질은 강자성체이다.

✕ 하드디스크에 연결된 전원을 끄면 저장된 정보가 ~~사라진다~~.
사라지지 않는다.
➡ 하드디스크 표면에 입혀진 물질이 강자성체이므로 하드디스크에 연결된 전원을 꺼도 저장된 정보는 사라지지 않는다.

ㄷ 헤드에 발생한 자기장을 이용하여 정보를 저장한다.
➡ 헤드에서 발생한 자기장의 자기력을 이용하여 디스크(플래터)의 강자성 물질을 자기화시킨다.

07 특정 온도 이하에서 초전도체는 반자성을 띠므로 외부 자기장을 밀어내 자석 위에 떠 있을 수 있다.

08 네오디뮴 자석에 밀려나는 물질은 반자성체이다. 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되어 네오디뮴 자석과 척력이 작용한다. 반자성체로는 구리, 유리 등이 있다.

채점 기준	배점
물질을 2가지 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
물질 2가지만 쓴 경우	50 %

09 헤드에 정보를 담은 전류가 흐르면 헤드에 자기장이 발생하고, 이때 디스크(플래터)가 헤드를 지나가면 강자성체인 디스크의 정보 저장 물질(산화 철)이 자기화되어 정보가 저장된다.

채점 기준	배점
정보 저장 물질의 자성을 쓰고, 정보가 저장되는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
정보 저장 물질의 자성만 쓴 경우	50 %

03 전자기 유도

개념POOL 197쪽

01 ㉠ N ㉡ B ㉢ A ㉣ 척력
02 코일에서 멀어지는 방향

01 코일에는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 자석의 N극이 접근하면 척력이 작용하도록 코일의 위쪽에 N극이 생기게 유도 전류가 흐른다. 따라서 검류계에 흐르는 전류의 방향은 B→Ⓖ→A 방향이다.

02 자석과 코일 사이에 인력이 작용하므로 자석은 코일에서 멀어지는 방향으로 운동한다.

탐구POOL 198쪽

01 ㉠ 왼쪽 ㉡ 왼쪽 ㉢ 오른쪽
02 (1) — ㉡ (2) — ㉠ (3) — ㉠ (4) — ㉡

콕콕! 개념 확인하기 199쪽

✔ 잠깐 확인!
1 전자기 유도 **2** 유도 전류 **3** 렌츠 **4** 패러데이 **5** 발전기 **6** 자기장

01 전자기 유도 **02** ㉠ N ㉡ S ㉢ b ㉣ S ㉤ N ㉥ a
03 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × **04** ㉠ 전자기 유도 ㉡ 자석

02 코일에는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 코일에 자석이 접근하면 척력, 멀어지면 인력이 작용하도록 유도 전류가 흐른다.

04 발전기는 코일과 자석으로 이루어져 있으며, 코일이 회전할 때 코일을 통과하는 자기 선속이 변하는 원리를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 장치이다.

탄탄! 내신 다지기 200쪽~201쪽

01 ③ **02** ② **03** ㉠ a ㉡ b ㉢ 반대 **04** ③ **05** ③
06 ② **07** ② **08** ㉠ 증가 ㉡ b **09** ③ **10** ⑤

01 | 선택지 분석 |
① 코일을 지나는 자기 선속이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상이다.

➡ 코일과 자석의 상대적 운동으로 코일을 지나는 자기 선속이 변하여 코일에 전류가 흐르는 현상을 전자기 유도라고 한다.

② 코일 주위에서 자석이 움직이지 않으면 유도 전류가 흐르지 않는다.
➡ 코일 주위에서 자석이 움직이지 않으면 자기 선속이 변하지 않으므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

③ 자석을 코일에 가까이 할 때와 멀리 할 때 유도 전류의 방향은 ~~같다~~ 반대이다.

④ 자석을 빠르게 움직일수록 유도 전류의 세기는 세진다.
➡ 자석을 빠르게 움직이면 자기 선속의 변화가 커져 유도 전류의 세기가 세진다.

⑤ 코일의 감은 수가 많을수록 유도 전류의 세기는 세진다.
➡ 코일의 감은 수가 많을수록 자기 선속의 변화가 커져 유도 전류의 세기가 세진다.

02 | 선택지 분석 |

코일에 막대자석의 N극을 가까이 할 때 검류계의 바늘이 왼쪽으로 움직이는 것은 코일의 위쪽이 N극이 되도록 유도 전류가 흐르기 때문이다.

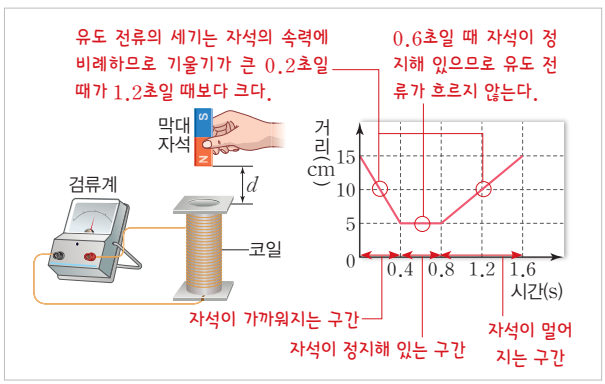
ㄱ 코일에서 막대자석의 N극을 멀리 한다.
➡ 코일의 위쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 검류계의 바늘은 오른쪽으로 움직인다.

ㄴ 코일에 막대자석의 S극을 가까이 한다.
➡ 코일의 위쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 검류계의 바늘은 오른쪽으로 움직인다.

✗ 코일에서 막대자석의 S극을 멀리 한다.
➡ 코일의 위쪽이 N극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 검류계의 바늘은 왼쪽으로 움직인다.

03 코일에 자석의 N극을 가까이 하면 코일의 위쪽은 N극, 코일의 아래쪽은 S극이 되도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 코일에 흐르는 전류의 방향은 a→Ⓖ→b 방향이고, 자석과 코일 사이에는 척력이 작용한다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ 0.2초일 때 막대자석이 코일로부터 받는 자기력의 방향은 운동 방향과 ~~같다~~ 반대이다.
➡ 0.2초일 때는 막대자석이 코일에 가까워지므로 막대자석은 코일로부터 척력을 받는다. 따라서 자석의 운동을 방해하는 방향인 운동 방향과 반대 방향으로 자기력이 작용한다.

✗ 0.6초일 때 코일에는 일정한 세기의 전류가 흐른다.
➡ 0.6초일 때 자석이 정지해 있으므로 코일에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 0.2초일 때가 1.2초일 때보다 세다.
➡ 자석의 속력이 0.2초일 때가 1.2초일 때보다 크므로 유도 전류의 세기도 0.2초일 때가 1.2초일 때보다 세다.

05 | 선택지 분석 |

① (가)에서 자석은 등가속도 직선 운동을 한다.
➡ 플라스틱관에는 유도 전류가 흐르지 않으므로 자석에는 중력만 작용하여 등가속도 직선 운동을 한다.

② (나)의 구리관에는 유도 전류가 흐른다.
➡ 구리관에는 전자기 유도에 의해 유도 전류가 흐른다.

③ (나)에서 자석이 구리관으로부터 받는 자기력의 방향은 ~~변한다~~ 운동 방향과 반대 방향이다.
➡ 자석이 구리관으로부터 받는 힘의 방향은 자석의 운동을 방해하는 방향이므로 항상 자석의 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받는다.

④ (나)에서 자석은 구리관으로부터 운동 반대 방향으로 힘을 받는다.
➡ 구리관에는 자석의 운동을 방해하는 자기력이 작용하므로 항상 자석의 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받는다.

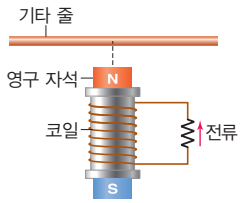
⑤ 바닥에 도달하는 데 걸리는 시간은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
➡ 구리관에는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석이 플라스틱관에서보다 천천히 떨어진다. 따라서 자석이 바닥에 도달하는 데 걸리는 시간은 구리관에서가 플라스틱관에서보다 크다.

06 직선 도선이 일정한 속력으로 움직이므로 회로를 통과하는 자기 선속의 변화율이 일정하다. 따라서 저항에는 일정한 크기의 전압이 걸린다. 종이면에 수직으로 들어가는 자기 선속이 증가하므로 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 전류가 흐른다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 방향은 b 방향이다.

07 태블릿 컴퓨터, 변압기, 교류 발전기, 금속 탐지기, 신용카드 단말기 등의 원리는 전자기 유도이고, 스피커는 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 자기력을 이용한 장치이다.

08 영구 자석에 의해 기타 줄의 아래쪽은 S극으로 자기화된다. 기타 줄의 P점이 코일에 가까워지면 코일을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 코일의 위쪽이 S극, 아래쪽이 N극이 되도록 유도 전류가 b 방향으로 흐른다.

더 알아보기 전기 기타의 원리



기타 줄 아래의 영구 자석에 의해 자기화된 기타 줄이 진동하면 코일을 통과하는 자기 선속이 변하기 때문에 코일에 유도 전류가 흘러 전기 신호가 발생한다. 이 전기 신호를 증폭하면 스피커에서 소리가 발생한다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠은 자기장이다.
➡ 코일을 감은 철심이 자석 주위를 회전하면 코일을 통과하는 자기장이 변한다.

✕ ㉡의 세기는 시간에 따라 ~~변하지 않는다~~ 변한다.
➡ 자기장의 변화에 의해 생기는 유도 전류는 세기와 방향이 계속 변한다.

ㄷ 발광 키보드에 불이 들어오는 원리는 전자기 유도로 설명할 수 있다.
➡ 전자기 유도의 원리에 의해 발광 키보드에 불이 들어온다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ 마이크는 전자기 유도에 의해 소리 신호가 전기 신호로 변환된다.
➡ 소리 신호가 전기 신호로 전환되는 마이크의 원리는 전자기 유도이다.

ㄴ 진동판이 진동하면 코일에는 세기와 방향이 변하는 전류가 흐른다.
➡ 소리가 진동판을 진동시키면 코일에는 세기와 방향이 변하는 전류가 흐른다.

ㄷ 소리가 클수록 코일에 흐르는 전류의 세기는 세다.
➡ 소리가 클수록 진동판을 크게 진동시키므로 코일에 흐르는 전류의 세기는 세다.

도전! 실력 올리기

202쪽~203쪽

01 ⑤ **02** ② **03** ① **04** ② **05** ⑤ **06** ④

07 | 모범 답안 | b 방향. 코일의 왼쪽이 S극, 오른쪽이 N극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 척력이 작용한다. 자석이 코일에 접근할 때 척력이 작용하므로 자석의 운동 방향은 b 방향이다.

08 | 모범 답안 | 증가. 원형 도선에 전류가 시계 방향으로 흐르는 경우는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장이 증가할 때이므로 직선 도선에 흐르는 전류의 세기가 증가할 때이다.

09 반시계 방향

01 | 선택지 분석 |

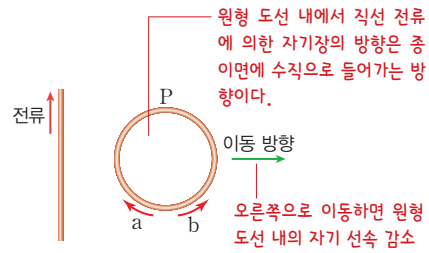
ㄱ (가)에서 금속 고리에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.
➡ 금속 고리에 막대자석의 N극을 가까이 하면 금속 고리의 오른쪽이 N극, 왼쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 전류의 방향은 a 방향이다.

ㄴ 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
➡ 자석을 빠르게 가까이 하면 금속 고리에 흐르는 전류의 세기는 세진다.

ㄷ (다)에서 금속 고리에는 전류가 흐르지 않는다.
➡ 자석을 금속 고리 속에 넣고 정지시키면 유도 전류가 흐르지 않는다.

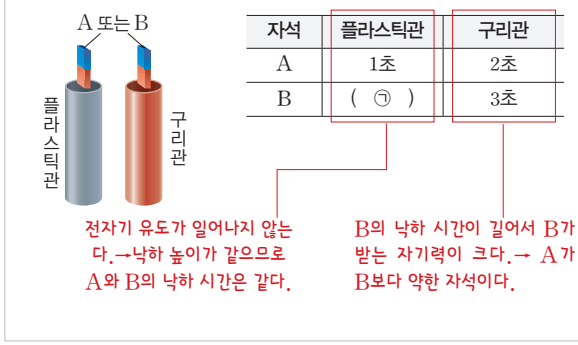
02 Ⅰ과 Ⅱ에서의 자기장의 세기는 같고, 방향이 반대이면 a와 b에서 세기와 방향이 같은 전류가 흐른다. b에 흐르는 유도 전류의 방향이 시계 방향이므로 Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, Ⅱ에서 자기장의 세기는 B_0이다.

03 | 자료 분석 |



P를 오른쪽으로 이동시키면 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하므로 P에는 a 방향으로 유도 전류가 흐른다. P가 직선 도선에서 멀어질수록 자기 선속의 변화율이 감소하므로 기전력의 크기는 감소한다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✕ ㉠은 ~~1초보다 크다~~ 1초이다.
➡ 플라스틱관에서는 전자기 유도가 일어나지 않으므로 A와 B의 낙하 시간은 같다.

ㄴ. A는 B보다 세기가 약한 자석이다.
➡ 자석의 세기가 셀수록 구리관을 통과하는 시간이 길다. 따라서 A가 B보다 약한 자석이다.

✗ 구리관에서 자석이 낙하하는 동안 자석의 역학적 에너지는 ~~보존된다~~ 보존되지 않는다.
➡ 구리관에서는 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되므로 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

05 | 선택지 분석 |

① (가)에서 B는 $-y$ 방향으로 자기화된다.
➡ B는 반자성체이므로 외부 자기장의 방향과 반대인 $-y$ 방향으로 자기화된다.

② (나)에서 A가 q를 지날 때 원형 도선과 A 사이에는 척력이 작용한다.
➡ A가 q를 지날 때는 원형 도선과 A 사이에 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

③ (나)에서 A가 원형 도선으로부터 받는 힘의 방향은 q와 r에서 같다.
➡ A가 원형 도선으로부터 받는 힘의 방향은 q와 r에서 운동 방향과 반대 방향으로 같다.

④ (나)에서 $d_1 > d_2$이다.
➡ q와 r에서 유도 전류의 세기가 같으므로 자기 선속의 변화가 같다. 따라서 자석으로부터 떨어진 거리는 속력이 빠른 q가 r보다 크다.

⑤ B를 (나)의 p에 가만히 놓을 때 r에서 B의 속력은 v보다 ~~작다~~ 크다.
➡ A가 강자성체이고, B가 반자성체이다. 따라서 B는 (나)에서 전자기 유도가 일어나지 않으므로 r를 통과할 때의 속력은 v보다 크다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 1차 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 ~~일정하다~~ 변한다.
➡ 2차 코일에 유도 기전력이 발생하기 위해서는 1차 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 변해야 한다.

ㄴ. 2차 코일에는 유도 기전력이 발생한다.
➡ 전원이 연결된 1차 코일에 흐르는 전류에 의해 2차 코일에 전자기 유도가 발생하여 2차 코일에 유도 기전력이 발생한다.

ㄷ. 휴대 전화의 배터리 충전은 전자기 유도를 이용한다.
➡ 휴대 전화의 배터리를 충전하는 원리는 전자기 유도이다.

07 유도 전류의 방향이 A→Ⓖ→B이므로 오른손을 이용하여 코일의 자극을 구하면 코일의 왼쪽이 S극, 오른쪽이 N극이다. 코일 왼쪽에서 자석의 S극이 움직이고, 자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 척력이 작용하므로 자석의 운동 방향은 b 방향이다.

채점 기준	배점
자석의 운동 방향을 쓰고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
자석의 운동 방향만 쓴 경우	50 %

08 원형 전류가 놓여 있는 지점에서 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 원형 도선에 전류가 시계 방향으로 흐르는 경우는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장이 증가할 때이다. 직선 도선에 흐르는 전류의 세기를 증가시키면 원형 도선이 놓여 있는 지점에서 수직으로 나오는 방향의 자기장의 세기가 증가하므로 이를 방해하려는 방향, 즉 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 유도되도록 원형 도선에 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
전류의 세기 변화를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
전류의 세기 변화만 쓴 경우	50 %

09 도선이 자기장 영역으로 들어가는 동안 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 증가하므로 이 자기장을 감소시키는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

실전! 수능 도전하기

205쪽~207쪽

01 ④ **02** ③ **03** ② **04** ③ **05** ② **06** ③ **07** ③
08 ③ **09** ③ **10** ② **11** ③ **12** ②

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 도선에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.
➡ P가 놓여 있는 지점에서 전류에 의한 자기장의 방향이 서쪽이므로 도선에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.

ㄴ. Q가 놓여 있는 지점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 북쪽이다.
➡ 도선에 흐르는 전류의 방향이 a 방향이므로 Q가 놓여 있는 지점에서 전류에 의한 자기장의 방향은 북쪽이다.

✗ P가 놓여 있는 지점에서 자기장의 세기는 Q가 놓여 있는 지점에서 자기장의 세기보다 ~~크다~~ 작다.
➡ P가 놓여 있는 지점에서 지구 자기장의 방향과 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 수직이고, Q가 놓여 있는 지점에서 지구 자기장의 방향과 전류에 의한 자기장의 방향은 같은 방향이다. 따라서 P가 놓여 있는 지점에서 자기장의 세기는 Q가 놓여 있는 지점에서 자기장의 세기보다 작다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전류의 방향은 P와 Q에서 서로 반대 방향이다.
➡ c에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 P와 Q에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.

ㄴ. 전류의 세기는 P에서가 Q에서보다 크다.
➡ c에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 c에서 멀리 떨어져 있는 P에 흐르는 전류의 세기가 c에 가까이 있는 Q에 흐르는 전류의 세기보다 크다.

✗ 전류에 의한 자기장의 세기는 a에서가 b에서보다 ~~크다~~ 작다.

➡ a에서는 P와 Q에 의한 자기장의 방향이 반대이고, b에서는 P와 Q에 의한 자기장의 방향이 같으므로 자기장의 세기는 a에서가 b에서보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

✗ B에 흐르는 전류의 세기는 ~~$2I$~~ $4I$이다.

➡ B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 2배가 되어야 하므로 B에 흐르는 전류의 세기는 $4I$이다.

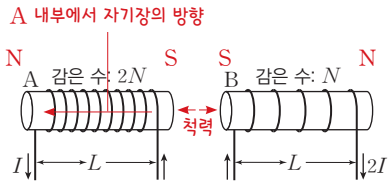
ㄴ Q에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

➡ P와 Q에서 자기장의 방향은 서로 반대이다. 따라서 Q에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

✗ B에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하면 Q에서 자기장의 세기는 ~~$2B_0$~~ $3B_0$이 된다.

➡ B에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하면 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로 Q점에서 자기장의 세기는 $B_0+2B_0=3B_0$이 된다.

04 | 자료 분석 |



- A의 자기장의 세기 $=k\cdot 2N\cdot I=2kNI$
- B의 자기장의 세기 $=k\cdot N\cdot 2I=2kNI$

| 선택지 분석 |

✗ A 내부에서 자기장의 방향은 ~~오른쪽~~ 왼쪽 방향이다.

➡ A의 왼쪽이 N극, 오른쪽이 S극이므로 A 내부에서 자기장의 방향은 왼쪽 방향이다.

✗ 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 A가 B의 2배이다.

➡ 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 전류의 세기와 단위길이당 감은 수에 비례하므로 A와 B 내부의 자기장의 세기는 같다.

ㄷ A와 B 사이에는 척력이 작용한다.

➡ A의 오른쪽이 S극, B의 왼쪽이 S극이므로 A와 B 사이에는 척력이 작용한다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 ~~a 방향~~ b 방향이다.

➡ 나침반 자침의 N극이 북쪽을 가리키므로 솔레노이드의 왼쪽이 N극이 되도록 전류가 흐른다. 따라서 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 b 방향이다.

✗ 솔레노이드 내부의 자기장의 방향은 ~~A→B 방향~~ B→A 방향이다.

➡ b 방향으로 전류가 흐르므로 솔레노이드의 왼쪽이 N극, 오른쪽이 S극이 된다. 따라서 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 B→A 방향이다.

ㄷ 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기를 감소시키면 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 회전한다.

➡ 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기를 감소시키면 솔레노이드에 의한 자기장의 세기가 감소하므로 막대자석의 N극이 작용하는 힘이 더 커진다. 따라서 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 회전한다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 반자성체이다.

➡ A는 반자성체이고, B는 강자성체이다.

ㄴ ㉠은 A이고, ㉡은 B이다.

➡ A는 반자성체이고, B는 강자성체이므로 A에는 클립이 붙지 않고, B에는 클립이 붙는다.

✗ ~~B~~ A의 원자 내에서 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 모두 짝을 이루고 있다.

➡ 원자 내에서 전자의 회전 방향과 스핀 방향이 반대인 전자들이 모두 짝을 이루고 있는 물체는 반자성체인 A이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 반자성 물체이다.

➡ A는 자석과 척력이 작용하므로 반자성체이다.

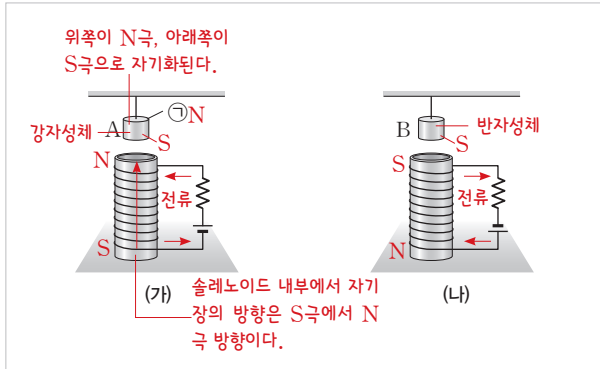
✗ B는 자석에 가까운 아랫면이 ~~N극~~ S극으로 자기화된다.

➡ B는 상자성 물체이므로 자석과 인력이 작용한다. 따라서 자석에 가까운 아랫면은 S극으로 자기화된다.

ㄷ 자석이 A에 작용하는 힘의 크기는 자석이 B에 작용하는 힘의 크기보다 작다.

➡ A와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는 0.001 N이고, B와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는 0.002 N이므로 A와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기는 B와 자석 사이에 작용하는 힘의 크기보다 작다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 A의 ㉠은 N극으로 자기화된다.

➡ A가 강자성체이므로 솔레노이드와 A 사이에는 인력이 작용한다. (가)의 솔레노이드는 위쪽이 N극, 아래쪽이 S극이므로 ㉠은 N극이다.

✕ (가)에서 솔레노이드 내부의 자기장의 방향은 ~~아래~~ 위 방향이다.

➡ (가)에서 솔레노이드 내부의 자기장의 방향은 S극에서 N극 쪽이므로 위 방향이다.

ㄷ 실이 천장을 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ (가)에서 솔레노이드와 A 사이에는 인력이, (나)에서 솔레노이드와 B 사이에는 척력이 작용하므로 실이 천장을 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ P는 강자성체이다.

➡ (나)에서 원형 도선에 시계 방향으로 유도 전류가 흐르므로 P는 강자성체이다.

ㄴ (가)에서 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.

➡ (나)에서 원형 도선에 시계 방향으로 유도 전류가 흐르므로 원형 도선의 위쪽은 S극이 되고, N극이 멀어지는 경우이다. 즉, P의 아래쪽은 N극이다. 따라서 (가)에서 자석의 아래쪽도 N극이고, N극이 원형 도선에 접근하므로 원형 도선의 위쪽에 N극이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.

✕ (나)에서 P의 위쪽은 ~~N극~~ S극이다.

➡ (나)에서 원형 도선에 시계 방향으로 유도 전류가 흐르므로 원형 도선의 위쪽이 S극이 되고, 원형 도선으로부터 멀어지는 P의 아래쪽은 N극, 위쪽은 S극이 된다.

10 금속 고리가 0에서 d까지 운동하는 동안 시계 방향으로 유도 전류가 흐르므로 Ⅰ에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, 금속 고리가 d에서 $2d$까지 운동하는 동안 유도 전류가 0이므로 Ⅱ에서 자기장은 Ⅰ에서와 세기와 방향이 같다. 금속 고리가 $2d$에서 $3d$까지 운동하는 동안 유도 전류가 반시계 방향으로 흐르고, 0에서 d까지 운동하는 동안 흐르는 전류의 세기의 2배이므로 Ⅲ에서의 자기장은 Ⅱ에서와 세기는 같고 방향은 반대이다.

11 금속 고리가 Ⅱ로 들어갈 때 금속 고리에 흐르는 전류의 방향이 같으므로 Ⅱ에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배가 되어야 하므로 $2B_0$이다.

12 p의 위치가 a에서 $2a$까지 이동할 때 흐르는 전류가 $-a$에서 0까지 이동할 때 흐르는 전류의 세기의 2배이고 방향이 같으므로 Ⅱ의 세기는 Ⅰ의 세기의 2배이고 방향은 반대이다. 따라서 Ⅰ에서의 자기장의 세기를 $+B_0$, Ⅱ에서의 자기장의 세기는 $-2B_0$이지만 Q가 자기장 영역을 들어갈 때 자기장이 변하는 면적은 P가 들어갈 때의 절반이다. 따라서 자기 선속의 변화율이 $\frac{1}{2}$이 되므로 Q에 흐르는 전류의 최댓값은 $\frac{1}{2}I_0$이다.

한번에 끝내는 대단원 문제 210쪽~213쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ② **04** ④ **05** ② **06** ⑤ **07** ②
08 ⑤ **09** ② **10** ① **11** ② **12** ②

13 | 모범 답안 | (1) (가) (2) 선 스펙트럼과 흡수 스펙트럼의 검은 선과 밝은 선의 위치는 에너지 준위에 의해 결정이 되므로 같은 원소의 방출 스펙트럼과 흡수 스펙트럼은 같다.

14 | 모범 답안 | (1) p형 반도체 (2) LED에 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자가 p형 반도체의 양공으로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다.

15 | 모범 답안 | (1) B (2) 반도체(B)는 온도가 높을수록 원자가 띠에서 전도띠로 전이하는 전자의 수가 많아지기 때문에 저항이 감소한다.

16 | 모범 답안 | (1) b (2) 직선 도선으로부터 멀어질수록 자기 선속의 변화율이 감소하므로 도선에 흐르는 전류의 세기도 감소한다.

01 | 선택지 분석 |

✕ (가)에서 발견된 입자의 질량이 (나)에서 발견된 입자의 질량보다 ~~크다~~ 작다.

➡ (가)는 전자를 발견한 실험이고, (나)는 원자핵을 발견한 실험이다. 원자핵이 원자 질량의 대부분을 차지하므로 원자핵의 질량이 전자의 질량보다 크다.

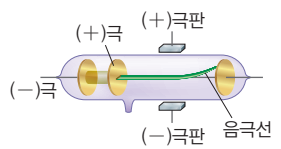
ㄴ (나)의 실험을 통해 전자가 원자핵 주변을 공전하는 원자 모형이 탄생하였다.

➡ 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 전자가 원자핵 주변을 공전하는 러더퍼드 원자 모형이 탄생하였다.

ㄷ (가)와 (나)에서 발견한 입자들 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.

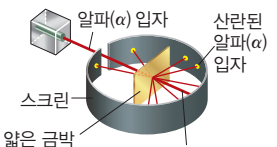
➡ 전자는 (−)전하를 띠고, 원재핵은 (+)전하를 띠므로 두 입자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.

더 알아보기 전자와 원자핵의 발견



(+)극판 쪽으로 휘어진다.

▲ 음극선 실험



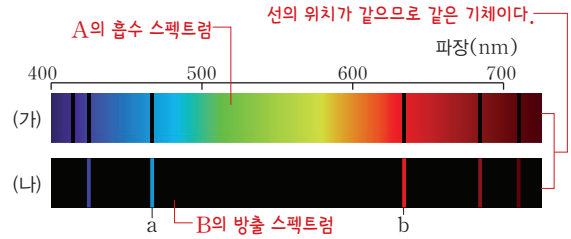
▲ 알파(α)입자 산란 실험

- 1897년 톰슨은 기체 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 (−)극에서 (+)극 쪽으로 음극선이 나오는 것을 발견하였고, 이 음극선이 (−)전하를 띠는 전자임을 알아냈다.
- 1910년 러더퍼드는 방사성 원소인 라듐에서 나오는 알파(α) 입자를 금박에 충돌시킨 후 입자의 진로를 관찰하여 원자핵의 존재를 알아냈다.

02 (가)에서 A와 B 사이의 거리를 $2d$라고 하면 B에 작용하

는 전기력의 크기는 $F=k\frac{2Q^2}{4d^2}=k\frac{Q^2}{2d^2}$이다. (나)에서 B에 작용하는 전기력의 크기는 $F'=k\frac{2Q^2}{d^2}-k\frac{Q^2}{2d^2}=k\frac{3Q^2}{2d^2}=3F$이고, C에 의한 전기력이 A에 의한 전기력보다 크므로 전기력의 방향은 오른쪽이다.

03 | 자료 분석 |



• 파장이 짧을수록 에너지가 크다. → a의 에너지 > b의 에너지

| 선택지 분석 |

✗ A와 B는 서로 ~~다른~~ 같은 종류의 기체이다.

➡ (가)와 (나)에서 A와 B에 의한 스펙트럼의 선의 위치가 동일하므로 A와 B는 같은 종류의 기체이다.

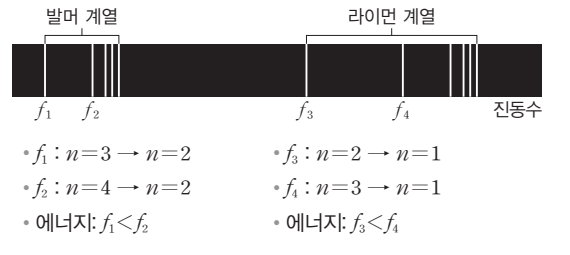
㉡ 원자는 특정한 파장의 빛을 방출하거나 흡수한다.

➡ 냉각된 기체가 백색광의 일부를 흡수하여 검은 선으로 나타난 스펙트럼과 가열된 기체가 특정한 파장의 빛을 방출하여 밝은 선으로 나타난 스펙트럼을 통해 원자는 특정한 파장의 빛을 방출하거나 흡수한다는 것을 알 수 있다.

✗ 광자 1개의 에너지는 b가 a보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 광자의 에너지는 파장에 반비례하므로 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 크다.

04 | 자료 분석 |



• f_1 : $n=3 \rightarrow n=2$ • f_3 : $n=2 \rightarrow n=1$

• f_2 : $n=4 \rightarrow n=2$ • f_4 : $n=3 \rightarrow n=1$

• 에너지: $f_1<f_2$ • 에너지: $f_3<f_4$

| 선택지 분석 |

✗ 광자 1개의 에너지는 f_1일 때가 f_2일 때보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 광자 1개의 에너지는 진동수에 비례하므로 f_2일 때가 f_1일 때보다 크다.

㉡ f_2는 전자가 $n=4$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수이다.

➡ f_1은 전자가 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수이고, f_2는 전자가 $n=4$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수이다.

㉢ $f_1+f_3=f_4$이다.

➡ f_4는 양자수가 $n=3$인 궤도에서 양자수가 $n=1$인 궤도로 전자가 전이할 때 방출하는 빛의 진동수이므로 $f_1+f_3=f_4$이다.

05 | 선택지 분석 |

✗ ~~n형~~ p형 반도체는 ㉠이 많아지도록 첨가한다.

➡ 양공인 ㉠이 많아지도록 첨가한 반도체는 p형 반도체이다.

✗ 원자가 띠에 있는 전자의 에너지 준위는 모두 ~~같다~~ 다르다.

➡ 원자가 띠에 있는 전자들은 모두 다른 에너지 준위를 갖는다.

㉢ 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하는 데 필요한 최소한의 에너지는 1.14 eV이다.

➡ 원자가 띠에 있는 전자는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 전도띠로 전이하므로 전이하는 데 필요한 최소한의 에너지는 1.14 eV이다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

➡ A는 도체, B는 반도체이므로 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

㉡ 규소(Si)와 저마늄(Ge)은 B에 해당한다.

➡ 규소(Si)와 저마늄(Ge)은 반도체이므로 B에 해당한다.

㉢ 온도가 높을수록 B에서 양공의 수는 늘어난다.

➡ 온도가 높을수록 B의 원자가 띠에서 에너지를 얻어 전도띠로 전이되는 전자의 수가 증가하므로 B에서 양공의 수는 늘어난다.

07 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~p형~~ n형 반도체이다.

➡ ㄱ. A는 전도띠에 전자가 많으므로 n형 반도체이다.

㉡ B에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

➡ B는 p형 반도체이므로 양공이 전류를 흐르게 한다.

✗ 순수 반도체는 B보다 전기 전도성이 ~~좋다~~ 나쁘다.

➡ B는 양공이 많아지도록 첨가한 p형 반도체이므로 순수 반도체보다 전기 전도성이 좋다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ A는 p형 반도체이다.

➡ A는 원자가 전자가 3개인 인듐(In)을 첨가하였으므로 p형 반도체이다.

㉡ S를 a에 연결하면 p형 반도체의 양공이 p−n 접합면으로 이동한다.

➡ S를 a에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체의 양공은 p−n 접합면으로 이동한다.

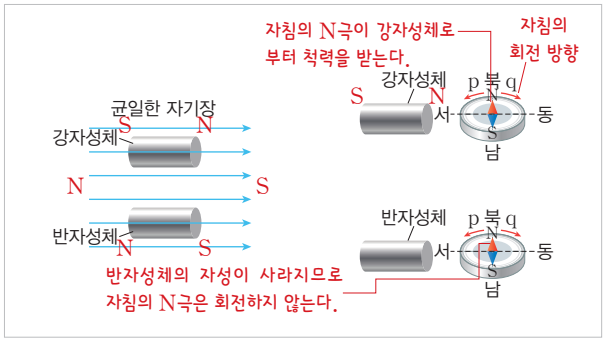
㉢ S를 b에 연결하면 정류 작용을 한다.

➡ S를 b에 연결하면 다이오드가 정류 작용을 하여 전류가 한 방향으로만 흐른다.

09 O에서 A와 B에 의한 자기장은 세기가 같고 방향이 반대이므로 O에서 자기장은 C에 의한 자기장이다. C에 흐르는 전류의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 O에서 자기장의 방향은 $+y$ 방향이다. O에서 A에 의

한 자기장의 세기가 B_0이고, 자기장의 세기는 도선으로부터의 거리에 반비례하므로 O에서 C에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B_0$이다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 자기화된 방향은 강자성체와 반자성체가 반대이다.

➡ 강자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 강자성체와 반자성체가 자기화된 방향은 반대이다.

✕ (나)에서 나침반 자침의 회전 방향은 ~~p 방향~~ q 방향이다.

➡ (가)에서 강자성체는 오른쪽이 N극이 되도록 자기화된다. (나)에서 나침반 자침의 N극은 강자성체와 척력이 작용하므로 q 방향으로 회전한다.

✕ (다)에서 나침반 자침의 회전 방향은 q 방향이다.

➡ 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라지므로 나침반 자침의 N극은 회전하지 않는다.

11 | 선택지 분석 |

✕ A는 ~~p형~~ n형 반도체이다.

➡ 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 전류가 흘러들어오는 B는 p형 반도체, 흘러나가는 A는 n형 반도체이다.

✕ 코일에 흐르는 유도 전류에 의한 코일 내부의 자기장의 방향은 자석의 운동 방향과 ~~같은~~ 반대 방향이다.

➡ 코일에는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 코일의 위쪽이 N극, 아래쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 유도 전류에 의한 코일 내부의 자기장의 방향은 자석의 운동 방향과 반대 방향이다.

ㄷ 자석의 극을 반대로 바꾸어 같은 방향으로 운동시키면 P점을 지날 때 전구에 불이 들어오지 않는다.

➡ 자석의 S극을 코일에 가까이 하면 코일의 위쪽이 S극, 아래쪽이 N극이 되도록 유도 전류가 흐르므로 다이오드에 역방향 전압이 걸려 전류가 흐르지 않아 전구에 불이 들어오지 않는다.

12 | 선택지 분석 |

✕ ㉠은 세기와 방향이 ~~일정하다~~ 변한다.

➡ 자기 선속의 변화에 의해 유도 전류는 세기와 방향이 변한다.

ㄴ 기타 줄이 코일에 접근하는 동안 a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

➡ 기타 줄의 아래쪽이 S극으로 자기화되므로 기타 줄이 접근하면 코일의 위쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 전류의 방향은 a 방향이다.

✕ 전기 기타의 원리로 하드디스크에 정보를 ~~저장~~ 재생하는 과정을 설명할 수 있다.

➡ 전기 기타와 하드디스크의 정보를 재생하는 과정의 원리는 같다.

13 (1) 저온의 수소 기체를 통과한 백열등의 스펙트럼은 저온의 기체가 백색광의 일부를 흡수한 부분이 검은 선으로 나타난다.

(2) 원자의 에너지 준위가 양자화되어 있으므로 원자 내에서 전자가 존재할 수 있는 에너지 궤도는 정해져 있다.

채점 기준	배점
저온의 수소 기체를 통과한 스펙트럼과을 쓰고, 검은 선과 밝은 선의 위치가 같은 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
검은 선과 밝은 선의 위치가 같은 까닭만 서술한 경우	50 %
저온의 수소 기체를 통과한 스펙트럼만 쓴 경우	30 %

14 (1) LED에 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체에는 전원의 (+)극이, n형 반도체에는 전원의 (−)극이 연결되어 있다.

(2) LED에 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자가 p형 반도체의 양공으로 전이한다.

채점 기준	배점
반도체의 종류와 빛을 방출하는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
빛을 방출하는 까닭만 서술한 경우	50 %
반도체의 종류만을 옳게 쓴 경우	30 %

15 (1) 도체는 온도가 올라가면 저항이 증가하고, 반도체는 온도가 올라가면 저항이 감소한다.

채점 기준	배점
반도체에 해당하는 고체를 쓰고, 온도가 올라가면 B의 저항이 감소하는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
온도가 올라가면 B의 저항이 감소하는 까닭만 서술한 경우	50 %
반도체에 해당하는 고체만 쓴 경우	30 %

16 (1) 직선 도선의 오른쪽에는 종이면에 수직으로 들어가는 자기 선속이 만들어진다. 원형 도선이 오른쪽으로 이동하면 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하므로 변화를 방해하는 방향인 b 방향으로 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
전류의 방향을 쓰고, 원형 도선에 흐르는 전류의 세기 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
전류의 세기 변화만 서술한 경우	50 %
전류의 방향만 쓴 경우	30 %

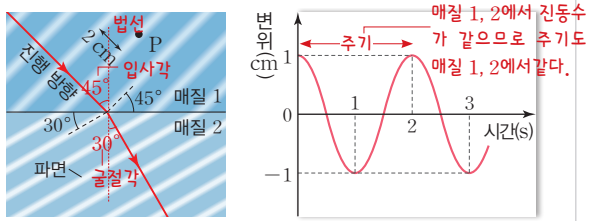
1 ››› 파동의 성질과 활용

01 파동의 속력과 굴절

개념POOL 219쪽

01 (1) 입사각: 45°, 굴절각 30° (2) 2초 (3) 1 cm/s
02 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

01 | 자료 분석 |



(가) (나)

(1) 입사각은 입사파와 법선이 이루는 각, 또는 입사파의 파면과 경계면이 이루는 각이므로 45°이고, 굴절각은 굴절파와 법선이 이루는 각, 또는 굴절파의 파면과 경계면이 이루는 각이므로 30°이다.

(2) 매질 1에서 주기가 2초이므로 매질 2에서 주기도 2초이다.

(3) 매질 1에서 파동의 속력은 $\frac{2\text{ cm}}{2\text{ s}}=1\text{ cm/s}$이다.

02 (3) 굴절각이 입사각보다 작으므로 매질의 절대 굴절률은 2에서가 1에서보다 크다.

(4) 매질 1에 대한 매질 2의 상대 굴절률 n_{12}는 $n_{12}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}>1$이다.

탐구POOL 220쪽

01 같다. **02** 물의 깊이가 달라졌기 때문이다.

01 물결파의 진동수는 나무 막대의 진동수에 의해 결정되고 매질(수심)에 의해 영향을 받지 않는다.

02 파동의 속력은 매질의 종류와 성질에 따라 달라진다. 파동이 다른 매질에 입사하여 파장이 짧아지면 파동의 속력이 느려지고, 반대로 파장이 길어지면 속력이 빨라져서 굴절이 일어난다.

콕콕! 개념 확인하기 221쪽

✔ 잠깐 확인!
1 파동 **2** 횡파, 종파 **3** 마루, 골, 진폭, 파장
4 주기, 진동수 **5** 파장, 진동수 **6** 사인 **7** 크, 작

01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **02** 위상 **03** 0.2 m/s
04 ㉠ 빠르고 ㉡ 느리다 ㉢ 느려진다
05 (1) C (2) C (3) 모두 같다. (4) 모두 같다. (5) C

01 (2) 파동이 진행할 때 에너지는 파동을 따라 이동하지만 매질은 제자리에서 진동만 한다.

(3) 횡파에서 이웃한 마루와 마루 사이, 또는 골과 골 사이의 거리를 파장이라고 한다.

(4) 동일한 용수철에서 파동의 속력은 같으므로 주기가 짧을수록 파장이 짧아진다. 따라서 파장을 의미하는 밀한 곳에서 이웃한 밀한 곳까지의 거리가 작아진다.

03 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.3\text{ m}}{1.5\text{ s}}=0.2\text{ m/s}$이다.

05 물결파는 물의 깊이가 깊을수록 빠르고 파장이 길며, 속력이 빠르다. 매질이 변해도 물결파의 주기와 진동수는 변하지 않는다. 파장이 C>B>A 순으로 길므로 물의 깊이도 C>B>A 순으로 깊다.

탄탄! 내신 다지기 222쪽~223쪽

01 ① **02** ㄱ **03** 2.5 Hz, 종파 **04** 2 m/s **05** ⑤
06 파장, 주기 **07** ③ **08** ④
09 $n_1:n_2=1:\sqrt{2}$, $v_1:v_2=\sqrt{2}:1$ **10** ② **11** ④

01 | 선택지 분석 |

① 파동의 진행 방향은 파면과 수직이다.
➡ 파면과 파동의 진행 방향은 항상 수직이다.

② 파동이 진행해도 진폭은 ~~변하지 않는다~~ 감소한다.
➡ 구면파에서 파면의 길이가 커지므로 진폭이 감소해야 전체 에너지가 일정하다.

③ 매질은 파동의 진행 방향으로 ~~이동한다~~ 이동하지 않고 제자리에서 진동한다.
➡ 파동이 진행할 때 매질은 제자리에서 진동하고 에너지가 이동한다.

④ 이웃한 두 파면 사이의 거리는 ~~반파장~~ 파장이다.
➡ 이웃한 두 파면 사이의 거리는 파장이다.

⑤ 파동이 진행할수록 파면과 파면 사이의 거리는 ~~멀어진다~~ 일정하다.
➡ 파동이 진행하더라도 매질이 변하지 않으면 속력이 일정하므로 파면과 이웃한 파면 사이의 거리인 파장은 일정하다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. A는 횡파이고, B는 종파이다.

➡ 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 A는 서로 수직이므로 횡파이고, B는 나란하므로 종파이다.

✗ A와 B의 파장은 ~~같다~~ 다르다.

➡ 파장은 A가 B의 2배이다.

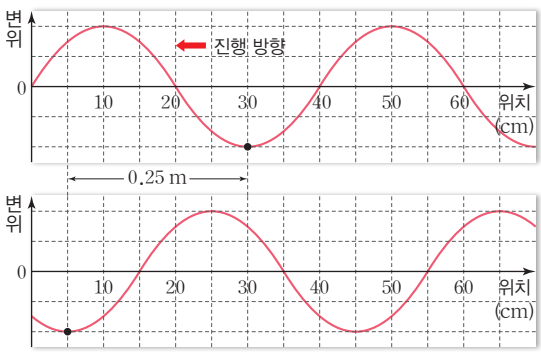
✗ A는 지진파의 ~~P파~~ S파, B는 지진파의 ~~S파~~ P파에 해당한다.

➡지진파의 P파는 종파, 지진파의 S파는 횡파이다.

03 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.4\text{ s}}=2.5$ Hz이고, 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 모두 x축 방향이므로 종파이다.

04 이 파동의 파장은 0.4 m이고, 주기는 0.2초이므로 속력은 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.4\text{ m}}{0.2\text{ s}}=2$ m/s이다.

05 | 자료 분석 |



0.5초 동안 0.25 m를 이동하였으므로 속력은 $\frac{0.25\text{ m}}{0.5\text{ s}}=0.5$ m/s이다.

0.4 m : T = 0.25 m : 0.5초이므로 T = 0.8초이다.

파동은 0.5초 동안 0.25 m를 왼쪽으로 이동하므로 주기는 0.8초이고, 속력은 0.5 m/s이다.

06 $v=\frac{\lambda}{T}=f\lambda$, $f=\frac{1}{T}$에서 v가 일정하고 f가 커지므로 주기 T와 파장 λ는 작아진다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. 진동수는 B에서가 A에서의 4배이다.

➡ A와 B에서의 진동수는 각각 2 Hz, 8 Hz이다.

ㄴ. 파장은 A에서가 B에서의 2배이다.

➡ A에서의 파장은 2 m, B에서의 파장은 1 m이므로 파장은 A가 B의 2배이다.

✗ 줄은 A가 B보다 ~~커늘다~~ 굵다.

➡ A에서 속력은 2 m×2 Hz=4 m/s, B에서의 속력은 1 m×8 Hz=8 m/s로 B에서가 A에서보다 빠르다. 줄이 가늘수록 파동의 속력이 빠르므로 줄은 A가 B보다 굵다.

08 | 선택지 분석 |

① 파장은 A보다 B에서 ~~길다~~ 짧다.

➡ 파장의 파면과 이웃한 파면 사이의 거리로 A보다 B에서 짧다.

② 진동수는 ~~B보다 A에서 크다~~ A와 B에서 같다.

➡ 매질이 변해도 진동수와 주기는 변하지 않는다.

③ 물의 깊이는 A보다 B에서 ~~깊다~~ 얕다.

➡ 물의 깊이가 깊을수록 파동의 파장이 길다.

✓ ④ 파동의 속력은 B보다 A에서 빠르다.

➡ 물의 깊이가 깊을수록 파동의 속력이 빠르다.

⑤ A와 B의 경계에서 파동의 진행 방향은 ~~바뀌지 않는다~~ 바뀐다.

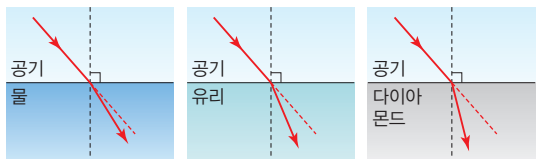
➡ A와 B의 경계면에 비스듬히 입사한 물결파는 굴절 현상이 일어나 파동의 진행 방향이 바뀐다.

09 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{n_2}{n_1}=\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}=\frac{v_1}{v_2}$이다.

따라서 $n_1 : n_2=1 : \sqrt{2}$, $v_1 : v_2=\sqrt{2} : 1$이다.

더 알아보기 굴절률 비교하기

매질 1의 물질이 동일하고 매질 2의 물질이 다르며, 매질 1에서 2로 진행할 때 입사각이 같은 경우



세 경우 모두 빛의 속력이 빠른 매질에서 느린 매질로 빛이 진행하므로 입사각이 굴절각보다 크다. 빛이 공기에서 다이아몬드로 진행할 때 가장 크게 굴절하는데, 이는 공기에서 다이아몬드로 진행할 때 빛의 속력 변화가 가장 크기 때문이다.

10 | 선택지 분석 |

유리에 대한 공기의 굴절률은 $\frac{n_{\text{공기}}}{n_{\text{유리}}}=\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{v_{\text{유리}}}{v_{\text{공기}}}$이다.

① 반사각은 30°이다.

➡ 입사각과 반사각은 항상 같다.

✓ ② 유리에 대한 공기의 굴절률은 ~~$\sqrt{3}$~~ $\frac{1}{\sqrt{3}}$이다.

➡ 유리에 대한 공기의 굴절률은 $\frac{n_{\text{공기}}}{n_{\text{유리}}}=\frac{1}{n_{\text{유리}}}=\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{1}{\sqrt{3}}$이다.

③ 공기에서의 단색광의 파장은 $\sqrt{3}\lambda$이다.

➡ $\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{\lambda_{\text{유리}}}{\lambda_{\text{공기}}}=\frac{\lambda}{\lambda_{\text{공기}}}$이므로 $\lambda_{\text{공기}}=\sqrt{3}\lambda$이다.

④ 단색광의 진동수는 유리와 공기에서가 같다.

➡ 굴절하는 동안 빛의 진동수는 변하지 않는다.

⑤ 빛의 속력은 입사 광선이 굴절 광선보다 작다.

➡ $\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{v_{\text{공기}}}{v_{\text{유리}}}=\frac{1}{\sqrt{3}}$이므로 $v_{\text{유리}}<v_{\text{공기}}$이다.

11 | 선택지 분석 |

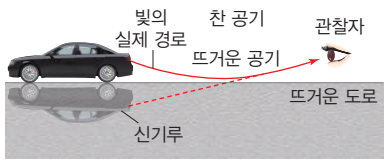
ㄱ. 두 경우 모두 빛이 굴절되어 생긴 현상이다.
➡ 신기루는 빛의 굴절에 의해 나타나는 현상이다.

✕ (가)는 지표면에 ~~찬 공기층~~ 뜨거운 공기층, 지표 상공에 ~~뜨거운 공기층~~ 찬 공기층이 형성되어 있다.
➡ 빛은 고온의 기체에서는 빠르고, 저온의 기체에서는 느리다. (가)는 지표면에 뜨거운 공기층, 지표 상공에 차가운 공기층이 형성되어 빛이 상공 쪽으로 굴절할 때 나타나는 현상이다.

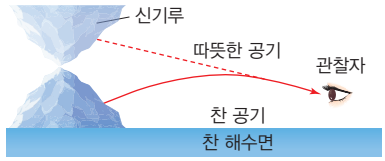
ㄷ. 맑은 날 밤에 지표면에서 먼 곳의 소리가 잘 들리는 현상은 소리가 (나)와 같은 경로로 진행하기 때문이다.
➡ (나)는 빛이 지표면으로 굴절하는 현상이다. 밤에 소리가 지표면으로 굴절하므로 지표면의 먼 곳까지 소리가 전달된다.

더 알아보기 신기루

- **지면 근처의 공기가 뜨거울 때의 신기루:** 물체에서 나온 빛은 도로 근처의 뜨거운 공기에 의해 굴절되어 관찰자의 눈으로 들어온다. 관찰자는 빛이 직진한 것으로 인식하므로 도로에 상이 보이게 된다.



- **지면 근처의 공기가 차가울 때의 신기루:** 빙산에서 나오는 빛은 해수면 위의 찬 공기에 비해 따뜻한 상층의 공기를 통과하면서 굴절되어 관찰자의 눈으로 들어온다. 관찰자는 빛이 직진한 것으로 인식하므로 공중에 상이 보이게 된다.



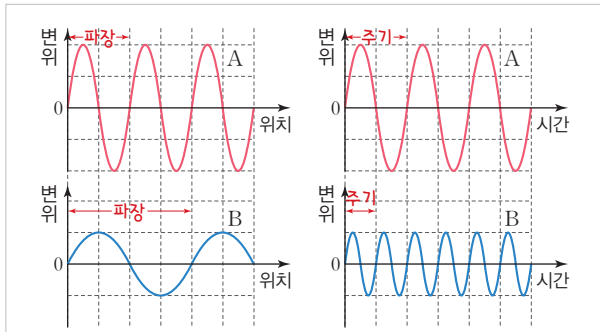
도전! 실력 올리기 224쪽~225쪽

01 ④ **02** ③ **03** ② **04** ② **05** ④ **06** ①

07 | 모범 답안 | 유리와 글리세린의 굴절률이 거의 같아 빛이 굴절하지 않고 직진하기 때문이다.

08 | 모범 답안 | 이산화 탄소 풍선을 지난 소리가 커졌으므로, 소리는 이산화 탄소 풍선을 지나면서 모였고, 헬륨 풍선을 지난 소리가 작아졌으므로, 소리는 헬륨 풍선을 지나면서 퍼졌다. 이는 소리가 굴절 되었기 때문이다. 소리가 굴절할 때 매질에 관계없이 소리의 진동수(높낮이)는 변하지 않는다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 파장은 B가 A의 2배이다.
➡ A의 파장은 두 칸, B의 파장은 네 칸이다.

✕ 진동수는 A가 B의 ~~2배~~ $\frac{1}{2}$배이다.
➡ 주기는 A가 두 칸, B는 한 칸이다. 주기와 진동수는 서로 역수 관계이므로 진동수는 B가 A의 2배이다.

ㄷ. 한 주기 동안 매질의 한 점의 평균 속력은 A와 B가 같다.
➡ 주기는 A가 B의 2배이고, 한 주기 동안 매질의 한 점의 이동거리는 A가 B의 2배이므로 한 주기 동안 매질의 한 점의 평균 속력은 A와 B가 서로 같다.

02 | 선택지 분석 |

✕ 파동의 진행 방향은 ~~$+x$~~ $-x$방향이다.
➡ 시간이 0일 때 P의 운동 방향이 $+y$방향이므로 파동의 진행 방향은 $-x$방향이다.

✕ 파동의 전파 속력은 $\frac{x_0}{t}$이다. $\frac{x_0}{2t}$
➡ 파장은 $2x_0$, 주기는 $4t$이므로 속력은 $\frac{x_0}{2t}$이다.

ㄷ. (나)에서 빗금 친 부분의 면적은 $2A_0$이다.
➡ (나)에서 빗금 친 부분의 면적은 P가 $-A_0$에서 A_0까지 이동한 거리인 $2A_0$이다.

03 물결파는 깊은 곳에서 속력이 더 빠르므로 깊은 곳에서 파면 사이의 간격이 더 넓다. 얕은 곳에서는 아래쪽이 위쪽보다 앞에서 진행하고 있으므로 얕은 곳에서 깊은 곳으로 진행할 때도 아래쪽이 위쪽보다 앞에서 진행해야 한다.

04 | 선택지 분석 |

원의 반지름을 d라고 하면 물에 대한 공기의 굴절률은

$$\frac{n_{\text{공기}}}{n_{\text{물}}}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\frac{\overline{AB}}{d}}{\frac{\overline{CD}}{d}}=\frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}<1$$이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물속의 다리가 짧아 보이는 까닭은 빛의 굴절 현상으로 설명할 수 있다.

➡ 빛이 물에서 공기로 비스듬히 진행할 때 빛의 진행 방향이 꺾이는 굴절 현상에 의해 다리가 짧아 보인다.

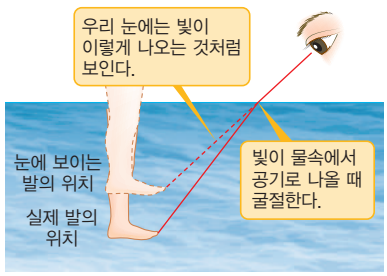
✕ 발바닥이 있는 곳의 깊이가 실제보다 ~~깊어~~ 얕아 보인다.

➡ 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 빠르다. 따라서 빛이 물에서 공기로 진행하다 굴절할 때 굴절각이 입사각보다 커서 발바닥이 있는 곳의 깊이가 실제보다 얕아 보인다.

ㄷ. 빛은 공기보다 물속에서 속력이 느리다.

➡ 빛의 굴절률이 공기보다 물속에서 크므로 빛의 속력은 공기보다 물속에서 느리다.

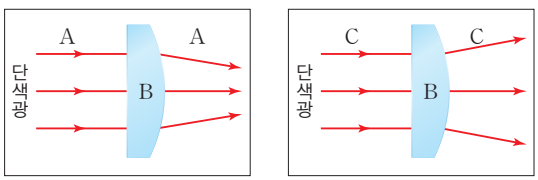
더 알아보기 수심이 얕아 보이는 까닭



빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각이 입사각보다 크게 굴절하기 때문에 나타나는 현상이다.
빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 빠르고 빛의 파장도 공기에서가 물에서보다 길다. 하지만 빛의 진동수는 공기에서와 물에서가 같다.

06 | 자료 분석 |

매질의 굴절률 비교



B가 볼록 렌즈 형태이므로 (가)에서 A를 공기, B를 유리라고 하면 굴절률은 B가 A보다 크다.
(나)에서 B는 볼록 렌즈 형태인데 빛이 발산하므로 이것은 공기 중에 있는 오목 렌즈의 역할과 같다. 이 경우에는 굴절률이 B가 C보다 작아야 한다.

| 선택지 분석 |

✕ 굴절률은 A가 C보다 ~~크다~~ 작다.

➡ (가)에서 빛이 B에서 A로 진행할 때 입사각보다 굴절각이 크므로 굴절률은 B가 A보다 크다. (나)에서 빛이 B에서 C로 진행할 때 입사각보다 굴절각이 작으므로 굴절률은 C가 B보다 크다. 따라서 굴절률은 C가 가장 크고 A가 가장 작다.

ㄴ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

➡ 매질의 굴절률은 매질에서의 빛의 속력과 서로 반비례한다. 굴절률은 C가 가장 크고 A가 가장 작으므로 단색광의 속력은 A에서가 가장 빠르고, C에서가 가장 느리다.

✕ 단색광의 진동수는 ~~A에서가 C에서보다 크다.~~ A와 C에서가 같다.

➡ 빛이 굴절할 때 빛의 진동수는 변하지 않는다.

07 유리와 글리세린의 굴절률이 같으면 음료수에서 나오는 빛이 유리와 글리세린을 지나는 동안 직진하기 때문에 음료수의 실제 양 그대로 보인다.

채점 기준	배점
유리와 글리세린의 굴절률이 거의 같다고 쓰고, 빛이 굴절하지 않고 직진한다고 제시한 경우	100 %
빛이 굴절하지 않고 직진한다고만 제시한 경우	60 %
유리와 글리세린의 굴절률이 거의 같다고만 쓴 경우	40 %

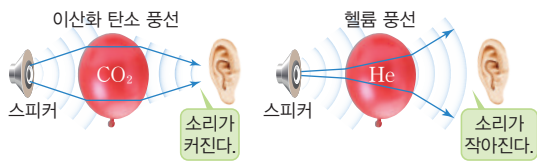
더 알아보기 글리세린이 들어 있는 유리병을 글리세린 속에 넣은 경우



글리세린이 들어 있는 유리병을 글리세린에 속에 넣으면 글리세린 속에 잠긴 병의 모습이 보이지 않는다. 이는 글리세린과 유리의 굴절률이 거의 같기 때문에 유리와 글리세린의 경계면에서 빛이 굴절하지 않고 직진하기 때문이다.

08 | 자료 분석 |

소리의 굴절



이산화 탄소 풍선은 빛을 모으는 볼록 렌즈와 같이 소리를 모이게 한다. 반면, 헬륨 풍선은 빛을 퍼뜨리는 오목 렌즈와 같이 소리를 퍼뜨린다.

이산화 탄소 풍선을 지난 소리가 굴절하여 한 곳에 모인 것이고, 헬륨 풍선을 지난 소리가 굴절하여 퍼진 것이다.

채점 기준	배점
소리의 크기 변화와 소리의 높낮이가 일정한 까닭 2가지를 옳게 서술한 경우	100 %
소리의 크기의 변화와 소리의 높낮이가 일정한 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

02 전반사와 광통신

탐구POOL

228쪽

01 임계각은 작아야 한다. 매질 1의 굴절률은 커야 한다.
02 전반사

01 빛이 매질 1에서 공기로 진행할 때 $\sin i_c = \frac{1}{n_1}$이므로 $\sin i_c$와 n_1은 반비례한다. 즉, n_1이 크면 $\sin i_c$는 작고 전반사를 일으킬 입사각의 범위가 넓어진다.

02 손가락으로 구멍을 막아 두 컵 사이에 공기층이 있을 때는 안쪽 컵 A에서 나온 빛이 물속으로 진행할 때 굴절하므로, 수면으로 입사하는 각이 B에서 나온 빛보다 커지게 된다. 이것을 수면 밖의 특정 각도에서 보면 B는 굴절하여 그림이 보이지만, A는 전반사하여 안쪽 컵의 그림이 보이지 않게 된다.

콕콕! 개념 확인하기

229쪽

✔ 잠깐 확인!

1 임계각 **2** 느린, 빠른 **3** 임계각 **4** 반비례 **5** 광섬유
6 코어, 클래딩 **7** 광통신

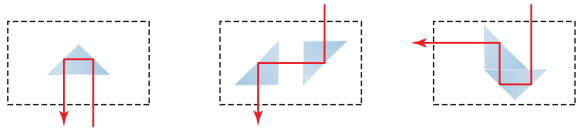
01 (1) × (2) ○ (3) × **02** $\frac{1}{n}$ **03** (1) 1개 (2) 2개 (3) 2개 **04** (1) × (2) ○ (3) ○ **05** (1) 수신기 (2) 광섬유

01 (1) 빛의 반사할 때 빛의 진동수, 파장, 속력은 변하지 않는다.
(3) 빛이 밀한 매질에서 소한 매질로 진행하면서 입사각이 임계각보다 큰 경우에만 전반사가 일어난다.

02 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{\sin i_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$이다. 따라서 $\sin i_c = \frac{1}{n}$이다.

03 직각 전반사 프리즘은 빛의 진행 방향을 90°나 180° 바꿀 수 있다.

(1) (2) (3)



04 (1) 전기 통신의 장점이다. 광통신은 전기 통신에 비해 설치 및 관리 비용이 많이 들며, 광섬유가 끊어졌을 때 연결하기 어렵다.

05 (1) 송신기는 전기 신호를 빛 신호로, 수신기는 빛 신호를 전기 신호로 바꾼다.
(2) 광섬유는 전반사를 이용하여 에너지 손실 없이 신호를 전달한다.

탄탄! 내신 다지기

230쪽~231쪽

01 ⑤ **02** ③ **03** ① **04** ② **05** 매질의 굴절률이 Ⅱ가 Ⅰ보다 커야 한다. 임계각이 45°보다 작아야 한다.
06 ① **07** ⑤ **08** $\frac{1}{2}$ **09** ⑤ **10** ④ **11** ㉠ 전기 ㉡ 빛

01 | 선택지 분석 |

임계각을 i_c라고 하면 $\sin i_c = \frac{n_A}{n_B}$이다. 임계각을 작게 하면 전반사를 일으킬 수 있다.

① 입사각을 60°보다 크게 한다.
➡ 임계각이 60°이므로 입사각을 60°보다 크게 하면 전반사가 일어난다.

② B를 굴절률이 더 큰 물질로 바꾼다.
➡ n_B를 크게 하면 임계각이 작아져 전반사가 일어난다.

③ B에 대한 A의 굴절률을 작게 한다.
➡ $\frac{n_A}{n_B}$를 작게 하면 임계각이 작아져 전반사가 일어난다.

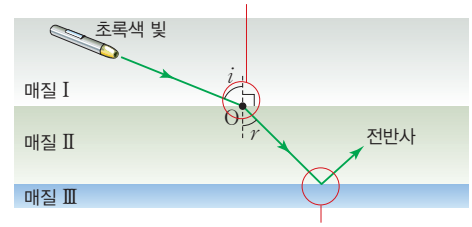
④ A를 굴절률이 더 작은 물질로 바꾼다.
➡ n_A를 작게 하면 임계각이 작아져 전반사가 일어난다.

⑤ 입사각이 60°가 되도록 빛을 A에서 B로 ~~입사시킨다.~~ 보다 크게 빛을 B에서 A로

➡ 소한 매질에서 밀한 매질로 빛이 진행할 경우에는 전반사가 일어나지 않는다.

02 | 자료 분석 |

입사각 > 굴절각이므로 소한 매질에서 밀한 매질로 진행한 경우이다.



전반사가 일어났으므로 밀한 매질에서 소한 매질로 진행한 경우이다.

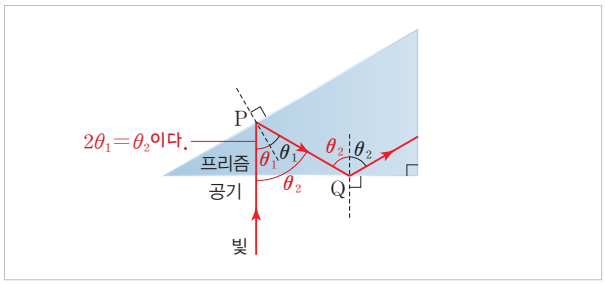
| 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ과 Ⅱ에서 빛의 진동수는 같다.
➡ 빛이 굴절해도 빛의 진동수는 변하지 않는다.

ㄴ. 세 매질 중에서 굴절률은 Ⅱ가 가장 크다.
➡ Ⅰ에서 Ⅱ로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크므로 굴절률은 Ⅱ가 Ⅰ보다 크고, Ⅱ에서 Ⅲ으로 진행할 때 전반사가 일어나므로 굴절률은 Ⅱ가 Ⅲ보다 크다. 따라서 세 매질 중 굴절률은 Ⅱ가 가장 크다.

✗ i가 커지면 O에서 전반사가 ~~일어날 수 있다~~ 일어나지 않는다.
➡ 입사각이 굴절각보다 크므로 전반사 조건을 만족하지 않는다. 따라서 아무리 입사각을 크게 해도 전반사는 일어나지 않는다.

03 | 자료 분석 |



프리즘의 굴절률을 $n_{프}$라고 하면, $2\theta_1=\theta_2$이므로 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{n_{프}}{1}=\frac{\sin 90^\circ}{\sin\theta_2}=\frac{1}{\sin 2\theta_1}$이다.

04 | 선택지 분석 |

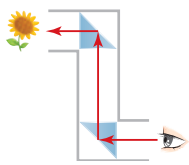
✗ 굴절률은 물이 공기보다 ~~작다~~ 크다.
➡ 전반사하는 빛은 굴절률이 큰 매질 내에서만 이동한다.

✗ 빛이 물에서 공기로 진행할 때 입사각은 임계각보다 ~~작다~~ 크다.
➡ 전반사는 입사각이 임계각보다 클 때 발생한다.

ㄷ. 전반사는 광섬유를 이용한 광통신에 활용된다.
➡ 광통신은 광섬유에서 빛의 전반사 현상을 활용한다.

05 전반사는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행해야 하고, 입사각이 임계각보다 커야 발생한다.

06 직각 프리즘은 빛의 진행 방향은 90° 또는 180° 바꾼다. 그림의 잠망경은 빛의 진행 방향을 90° 만큼 2번 바꾸어야 한다. 직각 프리즘의 긴 면에서 입사각이 45°일 때 반사각이 45°가 되어 빛의 진행 방향이 90° 만큼 바뀐다.



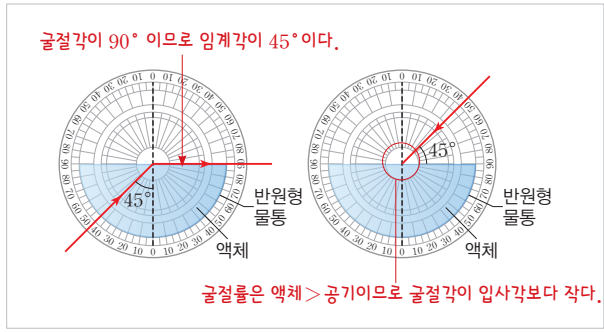
07 | 선택지 분석 |

ㄱ. A의 임계각은 60°보다 크다.
➡ A에서는 단색광이 굴절하였으므로 입사각 60°는 임계각보다 작다. 즉, A의 임계각은 60°보다 크다.

ㄴ. C의 굴절률은 A보다 크다.
➡ 같은 크기의 입사각 60°로 입사한 빛이 C에서만 전반사하였으므로, C의 굴절률이 A~C 중에서 가장 크다.

ㄷ. B의 굴절률은 $\frac{2}{\sqrt{3}}$이다.
➡ B의 굴절률을 n_B라고 하면 $\frac{1}{n_B}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 90^\circ}$이므로 $n_B=\frac{2}{\sqrt{3}}$이다.

08 | 자료 분석 |



액체의 굴절률을 n이라고 하면, 액체에서 공기로 진행할 때 임계각이 45°이므로 $\frac{\sin 45^\circ}{\sin 90^\circ}=\frac{1}{n}$이다. 따라서 $n=\sqrt{2}$이고, 굴절각을 θ라고 하면 $\sqrt{2}=\frac{\sin 45^\circ}{\sin\theta}$에서 $\sin\theta=\frac{1}{2}$이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. 굴절률은 코어가 클래딩보다 크다.
➡ 빛이 코어에서 클래딩으로 진행할 때 전반사가 일어나므로 굴절률은 코어가 클래딩보다 크다.

ㄴ. A와 B의 빛의 세기는 같다.
➡ 전반사하면 빛에너지의 손실이 없다.

ㄷ. 클래딩에서 코어로 단색광을 입사시키면 입사각에 관계없이 전반사가 일어나지 않는다.
➡ 클래딩에서 코어로 입사시키면 굴절률이 작은 매질에서 굴절률이 큰 매질로 빛이 진행하므로 전반사가 일어나지 않는다.

10 | 선택지 분석 |

① 굴절률은 A가 B보다 ~~작다~~ 크다.
➡ 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 발생한다.

② (가)에서 임계각은 θ보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 전반사가 일어나려면 입사각이 임계각보다 커야 한다.

③ 광통신은 설치 및 관리 비용이 ~~적게~~ 많이 든다.
➡ 광통신은 전기 통신이나 전파 통신에 비해 설치 및 관리 비용이 많이 든다.

④ 광통신은 전기 통신에 비해 도청이 어렵다.
➡ 광통신은 전기 통신이나 전파 통신에 비해 간섭을 받지 않으므로 도청이 어렵다.

⑤ 광섬유에 작은 틈이 생겨도 통신이 ~~잘 된다~~ 잘 되지 않는다.
➡ 광섬유에 작은 틈이 생기면 전반사 현상이 발생하지 않으므로 통신이 잘 되지 않는다.

11 송신기는 전기 신호를 빛 신호로 변환하고, 수신기는 빛 신호를 전기 신호로 변환한다.

도전! 실력 올리기

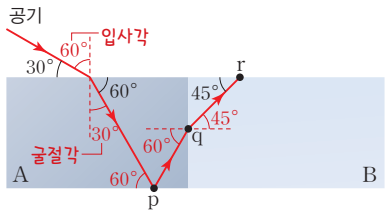
232쪽~233쪽

01 ④ **02** ④ **03** ⑤ **04** ③ **05** ② **06** ③ **07** ②

08 ㉠ 전반사 ㉡ 굴절

09 | **모범 답안** | 굴절률이 크면 빛이 다이아몬드에서 공기로 진행할 때 임계각이 작아 전반사할 수 있는 각의 범위가 크다. 따라서 다이아몬드에서는 외부에서 들어온 빛이 전반사를 통해 대부분 되돌아 나오기 때문에 반짝여 보인다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ A에서 단색광의 속력은 $\frac{c}{\sqrt{3}}$이다.

➡ A에서 단색광의 속력을 v_A라고 하면, 공기에서 A로 입사할 때 입사각이 60°, 굴절각이 30°이므로 A의 굴절률 n_A는 $n_A=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}=\frac{c}{v_A}$이다. 따라서 $v_A=\frac{c}{\sqrt{3}}$이다.

✕ B의 굴절률은 $\frac{\sqrt{6}}{2}$이다. → $\frac{3\sqrt{2}}{2}$

➡ B의 굴절률을 n_B라고 하면 A에 대한 B의 굴절률은 $\frac{n_B}{n_A}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$이다. 따라서 $n_B=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}n_A=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\times\sqrt{3}=\frac{3\sqrt{2}}{2}$이다.

㉢ r에서 전반사가 일어난다.

➡ B에서 공기로 진행할 때 빛의 임계각을 θ_c라고 하고 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{\sin\theta_c}{1}=\frac{1}{n_B}$이 되어 $\sin\theta_c=\frac{\sqrt{2}}{3}$이다. r에서의 입사각이 45°이므로 $\sin 45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}>\frac{\sqrt{2}}{3}=\sin\theta_c$이다. 따라서 $45^\circ>\theta_c$이므로 r에서 전반사가 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 물체의 굴절률은 $\sqrt{3}$이다.

➡ 굴절 법칙을 적용하면 물체의 굴절률 n은 $\frac{n}{n_{공기}}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}$이다. 따라서 $n=\sqrt{3}$이다.

✕ 물체 내에서 단색광의 파장은 $\sqrt{3}\lambda$이다. → $\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda$

➡ 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{n}{n_{공기}}=\frac{\lambda}{\lambda_{물체}}=\sqrt{3}$이므로 $\lambda_{물체}=\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda$이다.

㉢ (나)의 P점에서 전반사가 일어난다.

➡ (나)의 P점에서 입사각이 45°이므로 임계각을 i_c라고 하면 $\sin 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}}>\frac{1}{\sqrt{3}}=\sin i_c$이다. 따라서 입사각이 임계각보다 크므로 전반사가 일어난다.

03 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 빛이 진행할 때 일어난다. 임계각 i_c가 작을수록 전반사가 일어나는 입사각의 범위가 크다. 임계각의 sin값 $\sin i_c$는 두 매질의 굴절률 중 작은 값의 굴절률을 큰 값의 굴절률로 나눈 값이다. 각각의 경우 $\sin i_c$는 다음과 같다.

① 전반사가 일어나지 않는다.

② $\frac{1}{1.33}\simeq\frac{3}{4}$ ③ $\frac{1.33}{1.5}\simeq\frac{8}{9}$

④ $\frac{1.5}{2.4}=\frac{5}{8}$ ⑤ $\frac{1}{2.4}=\frac{5}{12}$

따라서 ⑤의 경우가 임계각이 가장 작고 빛의 전반사가 일어나는 입사각의 범위가 가장 크다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ i는 임계각보다 크다.

➡ 전반사하므로 입사각 i는 임계각보다 크다.

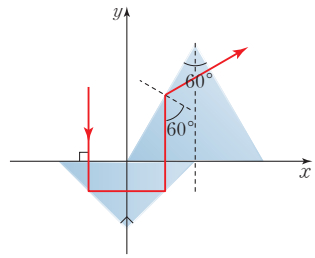
㉡ 굴절률은 A가 B보다 크다.

➡ 전반사하므로 입사 광선이 진행하는 매질 A의 굴절률이 B의 굴절률보다 크다.

✕ A와 B의 위치만 서로 바꾸면 경계면에서 ~~전반사한다~~. → 전반사하지 못한다.

➡ A와 B의 위치만 서로 바꾸면 전반사 조건을 만족하지 못하므로 경계면에서 전반사하지 않는다.

05 직각 삼각형 프리즘에서는 전반사가 2번 발생하고 정삼각형 프리즘에서는 전반사가 1번 발생하여 그림과 같이 빛이 진행한다.



따라서 프리즘에서 처음 빠져나오는 레이저 빛의 진행 방향은 x축과 30°의 각을 이룬다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 i와 r는 같다.

➡ 각 단계에서 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{n_A}{n_{공}}=\frac{\sin i}{\sin\theta_A}$, $\frac{n_B}{n_A}=\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}$, $\frac{n_{공}}{n_B}=\frac{\sin\theta_B}{\sin r}$이다. 따라서 $\sin i=\sin r$이 되어 $i=r$이다.

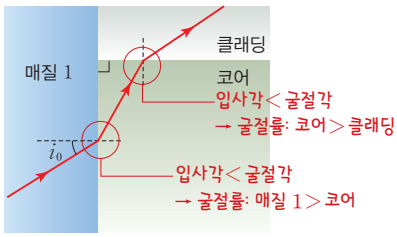
㉡ (가)에서 A의 두께를 두껍게 하고 B의 두께를 얇게 하면 x가 커진다.

➡ A가 두꺼울수록 오른쪽으로 빛이 많이 진행하므로 x가 커진다.

✕ (나)에서 코어는 ~~A~~로 만든다. → B

➡ 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르므로 코어는 B, 클래딩은 A로 만든다.

07 | 자료 분석 |



굴절률: 매질 1 > 코어 > 클래딩

→ 빛의 속력: 매질 1 < 코어 < 클래딩

| 선택지 분석 |

✕ 단색광의 속력은 매질 1에서가 코어에서보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 입사각보다 굴절각이 크므로 단색광의 속력은 코어에서가 매질 1에서보다 크다.

ㄴ 굴절률은 매질 1이 클래딩보다 크다.

➡ 단색광의 속력이 클래딩에서 가장 크고, 매질 1에서 가장 작으므로 굴절률은 매질 1이 클래딩보다 크다.

✕ 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사가 일어나려면 단색광의 입사각을 i_0보다 ~~크게~~ 작게 해야 한다.

➡ 입사각이 i_0보다 크면 코어와 클래딩의 경계면에서 입사각이 작아지므로 전반사가 일어나지 않는다.

08 공기와 유리의 굴절률의 차이가 물과 유리의 굴절률의 차이보다 커서 임계각이 작다. 따라서 이 기술은 공기와 유리에서는 전반사가, 물과 유리에서는 굴절 현상이 일어나는 것을 이용한다.

09 다이아몬드로 입사한 빛이 다이아몬드 내부로 굴절하지 않고 전반사하여 되돌아 나오기 때문에 반짝여 보이는 것이다.

채점 기준	배점
'임계각이 작다.' 또는 '전반사할 수 있는 각의 범위가 크다.' 중 1가지를 옳게 서술하고, '외부에서 들어온 빛이 다시 되돌아오기 때문이다.'라고 서술한 경우	100 %
'임계각이 작다.' 또는 '전반사할 수 있는 각의 범위가 크다.' 중 1가지를 옳게 서술하거나' 외부에서 들어온 빛이 다시 되돌아오기 때문이다.'라고 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

235쪽~237쪽

01 ④ **02** ① **03** ① **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ① **07** ④
08 ③ **09** ② **10** ③ **11** ⑤ **12** ③

01 | 선택지 분석 |

✕ 진동수는 A가 B의 ~~2배~~ $\frac{3}{2}$배이다.

➡ (가)는 변위-시간 그래프이므로 A, B의 주기는 각각 $\frac{2}{3}$초, 1초이다. 주기와 진동수는 역수 관계이므로 A의 진동수는 $\frac{1}{\frac{2}{3}\text{ s}}=\frac{3}{2}$ Hz이고, B의 진동수는 $\frac{1}{1\text{ s}}=1$ Hz이다. 따라서 A의 진동수는 B의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄴ B의 파장은 1 m이다.

➡ (나)에서 진폭이 3 cm이므로 (나)는 (가)의 B를 나타낸 것이다. (나)는 변위-위치 그래프이므로 B의 파장은 1 m이다.

ㄷ A의 진행 속력은 2 m/s이다.

➡ 파동의 진행 속력은 $v=\frac{\lambda}{T}$이므로 B의 진행 속력은 $v_B=\frac{\lambda_B}{T_B}=\frac{1\text{ m}}{1\text{ s}}=1$ m/s이다. 따라서 A의 진행 속력은 2 m/s이다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향에 따른 파동의 종류는 음파와 같다.

➡ 이 파동은 종파이다. 따라서 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향에 따른 파동의 종류는 종파인 음파와 같다.

✕ 파장은 ~~0.1 m~~ 0.2 m이다.

➡ 파장은 이웃한 밀한 곳에서 밀한 곳, 또는 소한 곳에서 소한 곳까지의 거리인 0.2 m이다.

✕ 진행 속력은 ~~0.2 m/s~~ 0.4 m/s 이다.

➡ 파동의 진행 속력은 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.2\text{ m}}{0.5\text{ s}}=0.4$ m/s이다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ A의 파장은 λ_1이다.

➡ 파동이 동일한 매질에서 진행할 때는 속력이 변하지 않으므로 파장이 변하지 않는다. 따라서 A의 파장은 λ_1이다.

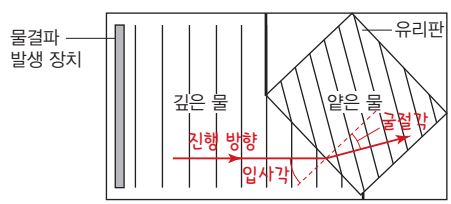
✕ Ⅰ에 대한 Ⅱ의 굴절률은 ~~$\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$~~ $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

➡ 굴절 법칙에 의해 매질 Ⅰ에 대한 Ⅱ의 굴절률은 $\frac{n_{Ⅱ}}{n_{Ⅰ}}=\frac{v_{Ⅰ}}{v_{Ⅱ}}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

✕ 진동수는 ~~B가 C보다 작다.~~ B와 C가 같다.

➡ 파동이 굴절률이 다른 매질로 투과하여 진행하더라도 진동수는 변하지 않는다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① 굴절각이 입사각보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 경계면이 파면과 이루는 각은 입사각 또는 굴절각과 같다. 경계면이 파면과 이루는 각은 깊은 물에서가 얕은 물에서보다 크므로 입사각이 굴절각보다 크다.

② 얕은 물에서 물결파의 주기는 ~~길어진다~~ 변하지 않는다.

➡ 매질이 변해도 주기는 변하지 않는다.

③ 입사각을 증가시키면 상대 굴절률은 ~~증가한다~~ 변하지 않는다.

➡ 입사각이 증가하면 굴절각도 증가하므로 상대 굴절률은 변하지 않는다. 즉, 매질이 변하지 않으면 상대 굴절률은 변하지 않는다.

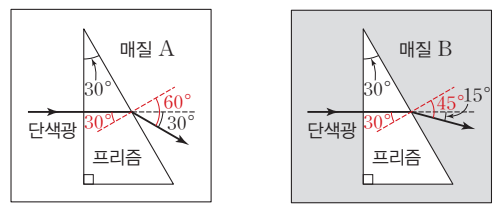
④ 물결파의 속력은 얕은 물에서가 깊은 물에서보다 더 ~~빠르다~~ 느리다.

➡ 물결파에서 파장과 속력은 비례한다. 이웃한 파면 사이의 거리인 물결파의 파장은 깊은 물에서가 얕은 물에서보다 길다. 따라서 물결파의 속력은 깊은 물에서가 얕은 물에서보다 빠르다.

⑤ 깊은 물에 대한 얕은 물의 상대 굴절률은 1보다 크다.

➡ 깊은 물에 대한 얕은 물의 상대 굴절률은 $\frac{n_{얕}}{n_{깊}}=\frac{v_{깊}}{v_{얕}}$이다. 물결파의 속력이 깊은 물에서가 얕은 물에서보다 빠르므로 깊은 물에 대한 얕은 물의 상대 굴절률은 1보다 크다.

05 | 자료 분석 |



(가) (나)

| 선택지 분석 |

ㄱ. (가)에서 단색광의 속력은 프리즘에서가 A에서보다 작다.

➡ (가)에서 프리즘에서 매질 A로 빛이 진행할 때 입사각은 30°이고 굴절각은 60°이다. 굴절시 빛의 속력은 법선과 이루는 각이 큰 매질에서 더 빠르다. 따라서 단색광의 속력은 프리즘에서가 A에서보다 작다.

ㄴ. (나)에서 단색광의 파장은 B에서가 프리즘에서의 $\sqrt{2}$배이다.

➡ (나)에서 단색광의 입사각은 30°이고, 굴절각은 45°이다. 따라서 프리즘에서 빛의 파장을 λ_0이라고 하고 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{\lambda_0}{\lambda_B}=\frac{\sin30^\circ}{\sin45^\circ}=\frac{1}{\sqrt{2}}$이다. 따라서 단색광의 파장은 B에서가 프리즘에서의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄷ. A에 대한 B의 굴절률은 $\sqrt{\frac{3}{2}}$이다.

➡ A에 대한 B의 굴절률은 프리즘에 대한 B의 굴절률을 프리즘에 대한 A의 굴절률로 나누어 준 값과 같다. 따라서 프리즘에 대한 A의 굴절률은 $\frac{\sin30^\circ}{\sin60^\circ}=\frac{1}{\sqrt{3}}$, 프리즘에 대한 B의 굴절률은 $\frac{\sin30^\circ}{\sin45^\circ}=\frac{1}{\sqrt{2}}$이므로, A에 대한 B의 굴절률은 $\sqrt{\frac{3}{2}}$이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. O에서 B의 입사각은 굴절각보다 작다.

➡ B의 속력은 공기에서가 물에서보다 더 빠르므로 B의 입사각은 굴절각보다 작다.

✗ B의 진동수는 ~~공기 중보다 물속에서 작다~~ 변하지 않는다.

➡ 굴절할 때 진동수는 변하지 않는다.

✗ 공기와 물의 경계면에서 임계각은 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.

➡ A는 전반사하므로 입사각이 임계각보다 크다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. 더운 날씨에 사막에 나타나는 신기루

➡ 한낮의 사막은 지면이 가열되어 지면 근처 공기의 온도가 매우 높아 상공과의 온도차가 발생한다. 이 온도 차이에 의해 빛의 속력차가 발생하고 굴절 현상에 의해 신기루가 발생한다.

ㄴ. 비온 뒤에 나타나는 무지개

➡ 무지개는 빛이 공기 중의 물방울을 통과할 때 파장에 따라 굴절되는 정도에 차이가 있기 때문에 발생하는 현상이다.

✗ 거울에 비치는 사람의 모습

➡ 사람의 모습이 거울에 비춰 보이는 것은 빛의 반사에 의한 현상이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. 플라스틱의 굴절률은 $\frac{1}{\sin40^\circ}$이다.

➡ 임계각 i_c와 플라스틱의 굴절률 n의 관계는 $\sin i_c=\frac{1}{n}$이고, 단색광이 플라스틱에서 공기로 입사할 때 임계각이 40°이므로 $n=\frac{1}{\sin i_c}=\frac{1}{\sin40^\circ}$이다.

ㄴ. 점광원에서 연직선에 대해 42°의 각을 이루며 나온 광선은 스크린에 도달할 수 없다.

➡ 점광원에서 연직선에 대해 42°의 각을 이루며 나온 광선은 입사각이 42°이며, 이것은 임계각보다 크므로 이러한 광선은 전반사한다. 따라서 광선은 스크린에 도달할 수 없다.

✗ P에 도달하는 단색광은 ~~없다~~ 있다.

➡ 임계각이 40°이므로 40°보다 작은 입사각으로 입사한 광선은 전반사되지 않으므로 광선의 일부가 굴절되어 P에 도달하게 된다.

09 | 선택지 분석 |

✗ A와 C 사이의 임계각은 θ보다 ~~크다~~ 작다.

➡ A에서 C로 빛이 진행하면서 전반사하므로 굴절률은 A가 C보다 크고 임계각은 입사각(θ)보다 작다.

ㄴ. 굴절률은 B가 C보다 크다.

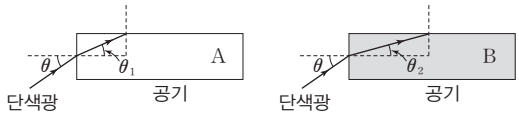
➡ A에서 B로 빛이 굴절할 때 입사각(θ)<굴절각이므로 굴절률은 A가 B보다 크다. 따라서 같은 입사각에서 A에서 B로 진행할 때는 굴절하고, A에서 C로 진행할 때는 전반사가 일어났으므로 굴절률은 A>B>C이다.

✕ (나)에서 코어는 ~~B로~~ A로 만들어졌다.

➡ 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 전반사가 일어나므로 코어는 A, 클래딩은 B로 만들어졌다.

더 알아보기 전반사와 임계각

그림과 같이 동일한 입사각 θ로 공기에서 매질 A, B로 진행할 때 굴절각을 각각 θ_1, θ_2라고 하면, A의 굴절률이 B의 굴절률보다 작은 경우 $\theta_1 > \theta_2$이다.



10 | 선택지 분석 |

㉠ $n_1 > n_2$이다.

➡ 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 일어날 수 있다. 코어에서 클래딩으로 진행할 때 경계면에서 전반사하므로 코어의 굴절률(n_1)은 클래딩의 굴절률(n_2)보다 크다.

㉡ 단색광의 속력은 공기에서가 코어에서보다 크다.

➡ 단색광이 공기에서 코어로 진행할 때 굴절각은 입사각보다 작으므로 단색광의 속력은 공기에서가 코어에서보다 크다.

✕ n_2를 작게 하면 i_m은 ~~작아진다~~ 커진다.

➡ n_2를 작게 하면 코어에서 클래딩으로 진행할 때의 임계각이 감소하므로 전반사가 일어날 수 있는 입사각의 범위가 증가하게 된다. 따라서 코어와 클래딩 사이에서 전반사가 일어나기 위해 공기에서 코어로 입사하는 각의 최댓값 i_m은 커진다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ 송신기는 전기 에너지를 빛에너지로 전환한다.

➡ 송신기에서는 전기 신호를 빛 신호로 변환시켜 광섬유에 보낸다. 따라서 송신기는 전기 에너지를 빛에너지로 전환한다.

㉡ 수신기는 빛 신호를 전기 신호로 바꾼다.

➡ 수신기의 광 검출기에서는 빛 신호를 전기 신호로 바꾼다.

㉢ 에너지 손실이 적어 먼 거리를 보내더라도 전기 통신에 비해 강도가 크게 떨어지지 않는다.

➡ 광통신의 장점은 전반사를 이용하여 먼 거리까지 신호를 전달할 수 있다는 것이다.

12 | 선택지 분석 |

㉠ 스피커는 전기 신호를 소리로 전환한다.

➡ 스피커는 전류의 자기 작용(자기력)을 이용한다. 스피커는 교류 전류가 흐르는 코일과 자석 사이 자기력이 작용하여 코일과 연결된 진동판이 진동하여 소리를 발생시킨다.

㉡ 광섬유는 빛의 전반사 현상을 이용하여 신호를 전달한다.

➡ 광섬유는 굴절률이 큰 코어를 굴절률이 작은 클래딩이 둘러싸고 있는 구조로, 빛을 코어에 입사시켜 코어와 클래딩의 경계면에서 빛의 입사각이 임계각보다 클 때 발생하는 전반사 현상을 이용하여 빛의 손실 없이 신호를 전달한다.

✕ 컴퓨터와 무선 공유기 사이의 통신에는 ~~초음파~~ 전자기파가 이용된다.

➡ 컴퓨터와 무선 공유기 사이에는 전자기파를 이용하여 정보를 주고받는다. 초음파는 초음파 진단 장치, 어군 탐지기, 자동차의 후방 감지기 등에 이용된다.

III

03 전자기파의 분류와 이용

개념POOL 240쪽

01 A: X선 B: 자외선 C: 적외선

02 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

02 (1) X선은 인체 내부를 볼 수 있는 X선 사진에 이용되며, 위성통신에 이용되는 것은 전파이다.

(3) 매질은 제자리에서 진동만 하며 에너지를 전달한다.

(4) 전기장과 자기장이 서로 수직으로 진동하면서 전자기파가 진행한다.

콕콕! 개념 확인하기 241쪽

✔ 잠깐 확인!

1 전자기파 **2** 자기장, 자기장 **3** 매질, 속력 **4** 빠르, 느려 **5** 감마선 **6** 자외선, 가시광선 **7** 길, 작

01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **02** 약 3×10^8 m/s **03** 라디오파 – 마이크로파 – 적외선 – 가시광선 – 자외선 – X선 – 감마(γ)선 **04** (1) ㉡ (2) ㉣ (3) ㉠ (4) ㉤ (5) ㉢ **05** 마이크로파

01 (2) 전자기파는 전기장과 자기장의 진동 방향과 진행 방향이 서로 수직인 횡파이다.

(3) 전자기파는 매질이 없는 공간에서도 진행한다.

02 전자기파의 진공 중에서의 속력은 파장에 관계없이 약 3.0×10^8 m/s로 일정하고, 매질이 달라지면 진행하는 매질의 굴절률에 반비례한다.

05 마이크로파는 파장이 약 1 mm~1 m로, 전기 기구에서 전자의 진동으로 발생하고 전자레인지, 휴대 전화, 레이더와 위성 통신 등에 이용된다.

탄탄! 내신 다지기

242쪽~243쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ④ **04** $f_A : \frac{c}{\lambda}$ $f_B : \frac{c}{2\lambda}$ **05** ② **06** ② **07** ③ **08** (가) 가시광선 (나) 적외선 (다) 자외선 **09** ⑤ **10** ②

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전자기파는 전기장과 자기장이 서로 진동하여 진행하는 파동이다.

➡ 전자기파는 전기장과 자기장이 서로 수직으로 진동하며 전기장과 자기장에 각각 수직인 방향으로 진행한다.

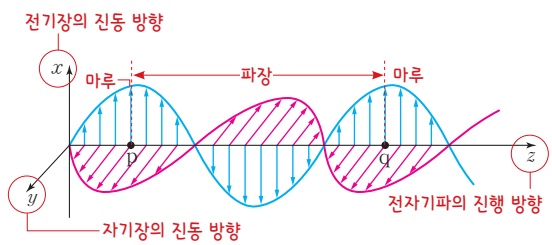
ㄴ. 전기장의 진동 방향과 전자기파의 진행 방향이 서로 ~~나란하다~~ 수직이다.

➡ 전기장의 진동 방향, 자기장의 진동 방향, 전자기파의 진행 방향은 각각 서로 수직이다.

ㄷ. 에너지를 전달할 수 있다.

➡ 전자기파는 매질이 없는 진공 중에서도 진행하며, 에너지를 전달한다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 자기장의 진동 방향은 전자기파의 진행 방향과 수직이다.

➡ 전기장의 진동 방향, 자기장의 진동 방향, 전자기파의 진행 방향은 각각 서로 수직이다.

ㄴ. 전자기파의 파장은 a이다.

➡ 이웃한 마루와 마루 사이의 거리는 파장이므로 전자기파의 파장은 a이다.

ㄷ. 전자기파의 진동수는 $\frac{c}{a}$이다.

➡ 속력=진동수×파장이므로 진동수는 속력을 파장으로 나눈 값이다.

03 전자기파는 시간에 따라 변하는 전기장과 자기장이 서로 유도되며, 전기장과 자기장의 진동 방향이 전자기파의 진행 방향에 수직인 횡파이다. 진공에서 전자기파의 속력은 일정하다.

04 빛의 진동수는 속력을 파장으로 나눈 값이다. 따라서 $f_A = \frac{c}{\lambda}$, $f_B = \frac{c}{2\lambda}$이다.

05 진동수는 파장에 반비례한다. 가시광선보다 진동수가 큰 전자기파는 가시광선보다 파장이 짧은 전자기파이고, 감마(γ)선을 제외하면 X선과 자외선이다. 이 중 식기 소독기에 사용되는 전자기파는 자외선이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전자기파의 진행 방향은 전기장과 자기장의 진동 방향에 모두 ~~나란하다~~ 수직이다.

➡ 전자기파의 진행 방향은 전기장과 자기장의 진동 방향에 수직이다.

ㄴ. A 영역의 전자기파의 파장은 B 영역의 전자기파의 파장보다 ~~짧다~~ 길다.

➡ 전자기파는 진동수가 크면 파장이 짧다. 따라서 B 영역의 전자기파의 파장보다 A 영역의 전자기파의 파장이 길다.

ㄷ. 의료 장비에 사용되는 X선은 C 영역에 속한다.

➡ X선은 감마(γ)과 자외선 사이에 존재한다. 따라서 C 영역에 속한다.

07 A는 자외선, B는 X선, C는 적외선이다. 이 중에서 진동수는 X선이 가장 크고, 적외선이 가장 작다.

08 디스플레이나 조명의 빛이 사람의 눈에 들어오므로 (가)는 가시광선, 열작용을 하므로 (나)는 적외선, 살균 및 소독 작용을 하므로 (다)는 자외선이다.

더 알아보기 전자기파의 이용

감마(γ)선	원자핵이 붕괴할 때 발생하며 투과력이 강하다. 암 치료, 물질의 구조 분석, 감마선 망원경 등에 이용된다.
X선	투과력의 차이에 따라 인체 내부의 이상을 알아볼 수 있으며 공항에서의 물품 검사 등에 이용된다.
자외선	살균 및 소독에 이용된다.
가시광선	사람의 눈으로 볼 수 있어 사물을 볼 때나 광학 현미경에 이용된다.
적외선	리모컨, 적외선 센서, 열화상 사진 등에 이용된다.
라디오파	휴대 전화, 라디오 방송, 텔레비전 방송 등에 이용된다.

09 | 선택지 분석 |

A, B, C는 각각 X선, 자외선, 적외선이다.

ㄱ. P는 A 영역의 전자기파이다.

➡ 전자기파 P는 X선이다.

ㄴ. 진동수는 B 영역의 전자기파가 전파보다 크다.

➡ 자외선은 전파보다 진동수가 크다.

ㄷ. 열화상 카메라에 이용되는 것은 C 영역의 전자기파이다.

➡ 열화상 카메라에는 적외선을 이용한다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. ~~마이크로파~~ 자외선는 위조지폐 감별기에 사용돼.

➡ 마이크로파는 전자레인지에, 자외선은 위조지폐 감별기에 이용한다.

Ⓑ 물 분자는 마이크로파를 잘 흡수해.

➡ 전자레인지는 마이크로파를 방출하며, 물 분자가 마이크로파를 흡수하여 진동하면 물의 온도가 올라간다.

✗ 물속에서 마이크로파의 전파 속력은 ~~공기에서와 같아~~ 공기에서보다 느리다.

➡ 전자기파의 전파 속력은 공기에서가 물에서보다 빠르다.

도전! 실력 올리기

244쪽~245쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ④ **06** ①

07 감마(γ)선

08 | **모범 답안** | 눈으로 관찰하면 리모컨의 불빛이 관찰되지 않고, 디지털카메라로 관찰하면 리모컨의 불빛이 관찰된다. 리모컨에서 방출되는 빛은 가시광선이 아니라 적외선이기 때문이다.

09 | **모범 답안** | 적외선, 밤에는 물체에서 반사되는 가시광선이 없기 때문에 CCTV에 장착된 적외선 LED에서 방출되는 적외선이 사물에서 반사되는 것을 이용한다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ B는 yz평면과 나란하다.

➡ 전기장은 x축과 나란하므로 자기장은 y축과 나란하다. 따라서 자기장 B는 yz평면과 나란하다.

ㄴ 이 전자기파의 진행 방향은 z축과 나란하다.

➡ 전자기파는 횡파로, 전기장과 자기장의 진동 방향 및 전자기파의 진행 방향이 각각 수직이다. 전기장과 자기장이 각각 x축, y축과 나란하므로 전자기파의 진행 방향은 z축과 나란해야 한다.

ㄷ 이 전자기파가 공기 중에서 물로 진행하면 $+x$방향의 이웃한 E의 최대값 사이의 거리가 짧아진다.

➡ $+x$방향의 이웃한 E의 최대값 사이의 거리는 파장으로 전자기파가 공기 중에서 물로 진행하면 속력이 느려지므로 파장이 짧아진다.

02 전기장이 자기장을 유도하고 자기장이 전기장을 유도하므로 시간에 따른 전기장과 자기장의 변화는 같아야 한다.

03 | 선택지 분석 |

A는 마이크로파, B는 자외선, C는 감마(γ)선이다.

✗ A는 사람의 뼈 사진 촬영에 사용된다.

➡ 사람의 뼈 사진 촬영에는 X선이 사용된다.

ㄴ B는 치과 치료에서 치아 레진을 굳히는 데 사용된다.

➡ 자외선은 치아 레진을 굳히는 데 사용된다.

ㄷ C는 감마(γ)선이다.

➡ 마이크로파는 가시광선보다 파장이 길다. 따라서 A는 마이크로파이고 피부 속에 비타민 D를 합성하는 B는 자외선이다. 따라서 C는 감마(γ)선이다.

04 | 선택지 분석 |

A, B, C는 각각 마이크로파, 전파(마이크로파), 자외선이다.

✗ A는 C보다 진동수가 ~~크다~~ 작다.

➡ 진동수는 자외선이 마이크로파보다 크다.

ㄴ B는 전리층에서 반사된다.

➡ 전파는 전리층에서 반사된다.

ㄷ C를 형광 물질에 비추면 가시광선이 방출된다.

➡ 자외선을 형광 물질에 비추면 가시광선이 방출된다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 A 영역에 해당한다.

➡ (가)는 암 치료용 의료 기기에서 사용되므로 감마(γ)선이다.

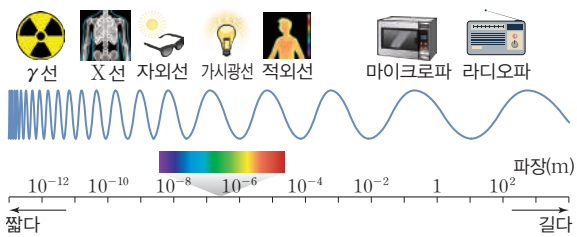
✗ B 영역의 전자기파의 진동수는 C 영역의 전자기파의 진동수보다 ~~작다~~ 크다.

➡ (나)는 X선, B, C, D는 각각 자외선, 적외선, 전파이다. 자외선의 진동수가 적외선보다 크다.

ㄷ (나)는 투과력이 D 영역의 전자기파보다 크므로 X선에 해당한다.

➡ (나)는 X선으로 D 영역의 전자기파인 전파보다 파장이 짧아 투과력이 크다.

더 알아보기 파장에 따른 전자기파의 구분



06 | 선택지 분석 |

Ⓐ 광섬유는 적외선의 전반사 현상을 이용해

➡ 광섬유는 빛(적외선)의 전반사 현상을 이용한다.

✗ 파장이 30 m인 라디오파의 진동수는 ~~3×10^7 Hz~~ 10^7 Hz이야.

➡ 진동수는 광속을 파장으로 나눈 값이므로 $f=\frac{3\times10^8\ \text{m/s}}{30\ \text{m}}=10^7\ \text{Hz}$이다.

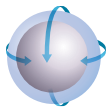
✗ a는 뼈 사진 촬영이나 공항에서 수하물 검사에 ~~사용돼~~ 사용되지 않는다.

➡ a는 마이크로파이다.
뼈 사진 촬영이나 공항에서 수하물 검사에 사용되는 것은 X선이다.

07 감마(γ)선은 전자기파 중 파장이 가장 짧고 진동수가 가장 커 전자기파 중에서 에너지와 투과력이 가장 크다.

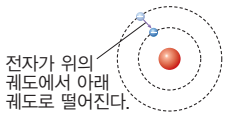
더 알아보기 **전자기파의 발생 원리**

- 분자가 진동하거나 회전할 때 적외선이 발생한다.

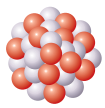


진동 · 회전하는 분자

- 원자 속의 전자가 전이할 때 가시광선, 자외선, X선이 발생한다.



- 불안정한 원자핵이 안정한 상태로 되면서 파장이 매우 짧은 감마(γ)선이 발생한다.



원자핵

08 리모컨에서는 적외선이 방출되며, 디지털 카메라로는 적외선을 촬영할 수 있다.

채점 기준	배점
결과와 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
결과만 옳게 서술한 경우	50 %

09 낮에는 가시광선을 이용하므로 컬러로 녹화되고, 밤에는 적외선을 이용하므로 흑백으로 녹화된다.

채점 기준	배점
적외선을 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
적외선만 쓴 경우	50 %

04 파동의 간섭과 이용

개념POOL 249쪽

01 ㉠ 같은 ㉡ 반대 ㉢ 보강 ㉣ 상쇄
02 (1) ○ (2) ○ (3) ×

01 두 파동이 같은 위상으로 만나면 보강 간섭이 일어나고, 두 파동이 반대 위상으로 만나면 상쇄 간섭이 일어난다.

02 (3) 파동의 독립성에 의해 두 파동이 중첩된 후 두 파동은 중첩되기 전의 파형을 그대로 유지하면서 원래 방향으로 계속 진행한다.

탐구POOL 250쪽

01 위상차가 없다. **02** 상쇄 간섭

01 마루와 마루가 중첩되면 보강 간섭이 일어나므로 두 파동의 위상차는 없다.

02 마루와 골이 만날 때는 상쇄 간섭, 골과 골 또는 마루와 마루가 만날 때는 보강 간섭이 일어난다.

콕콕! 개념 확인하기 251쪽

✔ **잠깐 확인!**

1 중첩 **2** 독립성 **3** 보강 **4** 짝수, 홀수 **5** 간섭
6 상쇄, 보강

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** 골과 골이 중첩되는 경우
03 마디선 **04** 간섭 **05** ㄱ, ㄷ, ㅁ

01 (3) 파동의 종류와 상관없이 상쇄 간섭과 보강 간섭이 모두 나타난다.
(4) 진폭이 각각 2 cm, 3 cm인 두 파동이 만나 상쇄 간섭하였을 때 진폭은 3 cm − 2 cm = 1 cm이다.

02 골과 골이 중첩되면 물의 두께가 오목 렌즈 역할을 하여 빛을 분산시키므로 스크린에 가장 어두운 부분으로 나타난다.

03 마디선은 같은 경로차이고 상쇄 간섭을 일으키는 점들을 연결한 선이다.

04 소리의 세기가 가장 큰 곳은 보강 간섭을, 가장 작은 곳은 상쇄 간섭을 일으키는 지점이다.

탄탄! 내신 다지기 252쪽~253쪽

01 ④ **02** ① **03** 파동의 독립성 **04** ③ **05** ① **06** ④
07 ② **08** 반파장의 짝수 배 **09** ⑤ **10** 간섭

01 두 파동이 중첩되었을 때 최대 변위의 크기는 3 cm+2 cm=5 cm이다.

02 파동의 독립성에 의해 중첩 후 두 파동은 원래 상태를 유지한다.

03 중첩 후 두 파동이 원래 상태를 유지하는 것을 파동의 독립성이라고 한다.

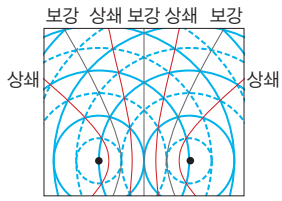
04 | 선택지 분석 |

ㄱ. P점에서는 보강 간섭이 일어난다.
➡ 마루와 마루가 만나는 P와 골과 골이 만나는 R에서는 보강 간섭이 일어나고, Q에서는 마루와 골이 만나므로 상쇄 간섭이 일어난다.

✗ Q에서 수면의 높이가 가장 낮다. (Q → R)
➡ 수면의 높이는 P에서 가장 높고, R에서 가장 낮다.

ㄷ. 밝기는 P에서가 R에서보다 더 밝다.
➡ 수면이 높은 곳이 밝기가 밝으므로 P에서가 R에서보다 밝다.

더 알아보기 물결파의 간섭



- **보강 간섭:** 두 점파원으로부터의 경로차가 반 파장의 짝수 배인 곳에서 두 파동이 같은 위상으로 중첩되어 보강 간섭이 일어난다.

  경로차 $=\frac{\lambda}{2}(2m)=0,\ \lambda,\ 2\lambda,\ \cdots\ (m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$

- **상쇄 간섭:** 두 점파원으로부터의 경로차가 반 파장의 홀수배인 곳에서 두 파동이 반대 위상으로 중첩하여 상쇄 간섭이 일어난다.

  경로차 $=\frac{\lambda}{2}(2m+1)=\frac{\lambda}{2},\ \frac{3\lambda}{2},\ \cdots\ (m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 소리의 크기가 증가하다가 감소하는 것이 반복된다.
➡ 보강 간섭과 상쇄 간섭이 반복적으로 일어나므로 소리의 크기도 증가하다가 감소하는 것이 반복된다.

✗ 소음 측정기에 측정되는 소리의 진동수가 ~~변한다~~ 변하지 않는다.
➡ 중첩이 되어도 합성파의 진동수는 변하지 않는다.

✗ 소리의 크기가 0인 지점은 ~~보강 간섭~~ 상쇄 간섭이 발생하였다.
➡ 소리의 크기가 0인 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

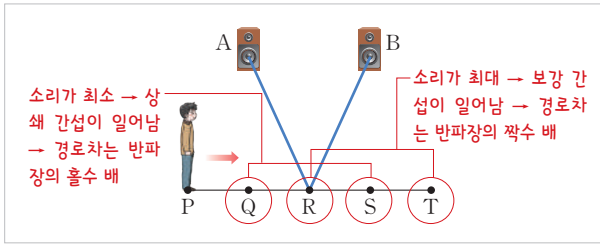
06 | 선택지 분석 |

ㄱ. R는 P와 Q로부터 경로차가 0이다.
➡ R는 P와 Q로부터 같은 거리에 있으므로 경로차가 0이다.

ㄴ. R에서 합성파의 진폭은 $2A$이다.
➡ R에서는 보강 간섭이 일어나므로 합성파의 진폭은 $2A$이다.

✗ P와 Q를 잇는 직선 사이에서는 소리의 세기가 항상 일정하게 측정된다.
➡ P와 Q를 잇는 직선 사이에서는 보강 간섭과 상쇄 간섭이 번갈아 일어나므로 소리가 작게 들리다 크게 들리는 것이 반복된다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ 두 스피커에서 Q까지 경로차는 ~~한 파장~~ 반파장이다.
➡ Q에서 소리의 세기가 최소이므로 두 스피커에서 Q까지 경로차는 반파장이다.

ㄴ. R에서 두 스피커에서 발생한 소리는 보강 간섭을 한다.
➡ R에서는 소리의 세기가 최대이므로 두 스피커에서 발생한 소리는 보강 간섭 한다.

✗ T에서 두 스피커에서 발생한 소리는 서로 ~~반대~~ 같은 위상으로 중첩된다.
➡ T에서는 두 소리가 보강 간섭 하므로 두 소리는 위상이 같은 상태에서 중첩한다.

08 같은 위상의 소리가 발생하는 두 스피커로부터의 경로차가 반파장의 짝수 배이면 보강 간섭, 반파장의 홀수 배이면 상쇄 간섭이 발생한다.

09 냉장고에서 발생하는 소음을 상쇄 간섭을 이용해서 제거한다.

| 선택지 분석 |

① 빛이 거울에 반사된다.
➡ 빛의 반사는 파동의 반사에 해당한다.

② 수영장 물의 깊이는 실제보다 더 얕게 보였다.
➡ 물과 공기에서 빛의 속력이 변하여 빛의 진행 방향이 꺾이는 굴절 현상 때문에 수심이 얕게 보이다.

③ 공사장 소음이 낮에는 밤보다 멀리 전달되지 않았다.
➡ 낮에는 지표면이 상공보다 온도가 높아 소리의 속력이 빠르다. 따라서 공사장 소음은 지표면으로 전달되지 않고 상공으로 굴절한다.

④ 세로 방향으로 긴 스피커에서 나오는 소리가 위아래 방향으로 잘 퍼지지 않았다.
➡ 소리가 좁은 틈을 지나면 회절 현상이 나타난다.

✓ ⑤ 동일한 소리가 나오는 두 스피커 주위에 소리가 잘 들리지 않는 지점이 있었다.
➡ 동일한 소리가 만나서 상쇄 간섭을 일으키면 합성파의 진폭은 0이다.

10 이중 슬릿을 각각 지난 두 빛이 만나 보강 간섭 하면 밝은 무늬가 나타나고, 상쇄 간섭 하면 어두운 무늬가 나타난다.

도전! 실력 올리기

254쪽~255쪽

01 ① **02** ⑤ **03** ④ **04** ② **05** ④ **06** ⑤

07 0.34 m

08 | **모범 답안** | 마디선이 나타나는 지점에서는 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배이기 때문에 상쇄 간섭이 일어나 파동이 상쇄된다.

09 | **모범 답안** | 렌즈 위에 코팅을 하면 코팅면 위쪽과 아래쪽 경계면에서 반사된 빛이 서로 반대 위상으로 만나게 되어 상쇄 간섭을 일으켜 반사되지 않는 것으로 보이게 한다.

01 | **선택지 분석** |

㉠ 2초가 지난 순간 P의 변위는 1 m이다.
➡ 2초가 지난 순간 P에는 B의 마루와 A의 골이 지나므로 P의 변위는 1 m이다.

✗ 3초가 지난 순간 Q의 변위는 ~~1 m이다.~~ 3 m이다.
➡ 3초가 지난 순간 Q에는 A와 B의 골이 지나므로 Q의 변위는 3 m이다.

✗ 파동의 진동수는 ~~B가 A보다 크다.~~ A와 B가 같다.
➡ A와 B는 속력과 파장이 같으므로 진동수도 같다.

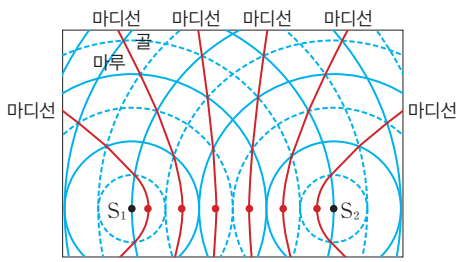
02 | **선택지 분석** |

✗ 음파의 파장은 ~~0.34 m~~ 0.68 m이다.
➡ $v=f\lambda$에서 340 m/s=500 Hz×λ이므로 $\lambda=0.68$ m이다.

㉡ S_1, S_2에서 B_1까지 경로차는 0.34 m이다.
➡ B_1은 첫 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점이므로 경로차가 반파장이어야 한다. 한 파장이 0.68 m이므로 경로차는 $|\overline{S_1B_1}-\overline{S_2B_1}|=0.5\lambda=0.34$ m이다.

㉢ 두 스피커 사이의 거리를 더 가깝게 하면 A_1과 B_1 사이의 간격이 더 커진다.
➡ 두 스피커 사이의 거리를 더 가깝게 하면 A_1과 A_2 사이의 간격이 더 커지므로 A_1과 B_1 사이의 간격도 더 커진다.

03 | **자료 분석** |



마디선은 상쇄 간섭이 일어나는 점들을 이은 선이다 두 파원으로부터의 경로차가 반파장인 것 2개, 1.5파장인 것 2개, 2.5파장인 것 2개를 합하면 두 점 파원 사이의 직선에 만들어지는 상쇄 간섭 점은 6개이다.

04 경로차가 반파장의 짝수 배(ㄴ)이면 보강 간섭, 반파장의 홀수 배(ㄱ, ㄷ)이면 상쇄 간섭을 일으킨다. 빛의 파장을 λ라고 할 때, ㄱ, ㄴ, ㄷ의 경우 두 빛의 경로차는 각각 $\frac{\lambda}{2}$, λ, $\frac{3}{2}\lambda$이다.

05 정상파는 간섭에 의한 현상이다. 기타 소리와 리코더 소리는 간섭에 의해 만들어지는 소리이고, 담장 너머로 들려오는 소리는 소리의 회절 현상으로 설명할 수 있다.

06 | **선택지 분석** |

㉠ 기름 막의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛이 보강 간섭하면 빛을 볼 수 있다.
➡ 두 빛이 보강 간섭 하면 합성파의 진폭이 커져 사람의 눈에 보인다.

㉡ 기름 막에서 여러 색이 보이는 것은 기름 막의 두께가 다르기 때문이다.
➡ 기름 막의 두께에 따라 보강 간섭 하는 빛의 파장이 다르므로 여러 색이 보인다.

㉢ 홀로그램 이미지나 스티커에서 빛을 비추는 각도에 따라 서로 다른 색이 보이는 것은 빛의 간섭 때문이다.
➡ 홀로그램도 빛의 간섭 현상으로 설명할 수 있다.

07 A와 B에서 발생한 소리가 중첩하여 정상파를 만들며, 정상파의 배에서는 소리의 세기가 커지다가 작아진다. 정상파에서 배와 배 사이의 거리는 반파장이므로 두 지점 사이의 거리는 $\frac{\lambda}{2}=\frac{v}{2f}=\frac{340\text{ m/s}}{2\times500\text{ Hz}}=0.34$ m이다.

08 마디선은 상쇄 간섭이 일어나는 점들을 이은 선이다. 상쇄 간섭은 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배일 때 일어난다.

채점 기준	배점
마디선이 나타나는 지점은 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배라고 쓰고, 상쇄 간섭이 일어난다는 것을 모두 쓴 경우	100 %
2가지 중 1가지만 쓴 경우	50 %

09 코팅면에서 반사된 두 빛은 간섭한다.

채점 기준	배점
반사된 두 빛을 언급하고 상쇄 간섭을 언급한 경우	100 %
반사된 두 빛과 상쇄 간섭 중 1가지만 언급한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

257쪽~260쪽

01 ⑤	02 ④	03 ①	04 ⑤	05 ①	06 ③	07 ①
08 ①	09 ③	10 ③	11 ①	12 ④	13 ⑤	14 ②
15 ④	16 ①	17 ⑤				

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 한 지점에서 전기장의 세기가 최대일 때 자기장의 세기가 최대이다.
➡ 전기장과 자기장이 서로를 유도하면서 전자기파가 진행하므로 전기장의 세기가 최대일 때 자기장의 세기도 최대이다.

ㄴ. 전자기파의 파장은 a이다.
➡ 전자기파의 파장은 전기장과 자기장의 파장과 같은 a이다.

ㄷ. 전자기파의 속력은 물속에서가 진공 중에서보다 느리다.
➡ 전자기파의 속력은 진공 중에서 가장 빠르다.

02 | 선택지 분석 |

✗ A 영역의 전자기파의 파장은 B 영역의 전자기파의 파장보다 ~~짧다~~ 길다.
➡ 전자기파의 파장과 진동수는 서로 반비례한다. 따라서 전자기파의 파장은 진동수가 작은 A 영역에서가 B 영역에서보다 길다.

ㄴ. B영역에 속하는 f_0의 진동수로 송출되는 FM 방송 전파의 파장은 $\frac{c}{f_0}$이다.
➡ $c=f_0\lambda$이므로 파장은 $\lambda=\frac{c}{f_0}$이다.

ㄷ. 의료 장비에 사용되는 X선은 C 영역에 속한다.
➡ C 영역은 자외선과 감마(γ)선 사이의 전자기파이므로 X선이 속하는 영역이다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 무선 공유기와 휴대 전화 사이에 사용하는 전자기파는 적외선보다 진동수가 ~~커~~ 작아.
➡ 무선 공유기와 휴대 전화 사이에 사용하는 전자기파는 전파로 적외선보다 파장이 길고 진동수가 작다.

ㅂ. 전자기파는 전기장과 자기장이 진동하면서 전파돼.
➡ 변하는 전기장에 의해 변하는 자기장이 유도되는 현상이 반복되면서 전자기파가 발생하여 전파된다.

✗ 전자기파는 매질이 없을 때는 전파가 안 돼.
➡ 전자기파는 매질이 없는 진공 상태에서도 전파된다.

04 파장은 감마(γ)선이 가장 짧고, 라디오파가 가장 길다. 따라서 $\lambda_C<\lambda_B<\lambda_A$이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 진동수는 가시광선보다 작다.
➡ 마이크로파는 가시광선보다 파장이 길고 진동수가 작다.

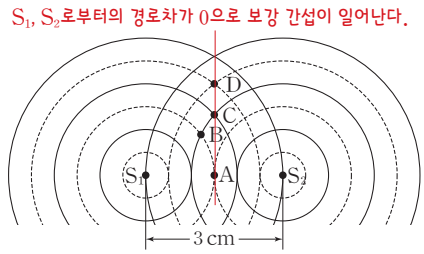
✗ 진공에서의 파장은 X선보다 ~~작다~~ 길다.
➡ 마이크로파는 X선보다 파장이 길다.

✗ 진공에서의 속력은 자외선보다 ~~크다~~ 같다.
➡ 진공에서 모든 전자기파의 속력은 같다. 따라서 진공에서 마이크로파와 자외선의 속력은 같다.

06 ㄱ은 0.5초 동안 두 파동이 각각 5 cm씩 이동하여 중첩 직전의 모습이다. ㄴ은 1초 동안 두 파동이 각각 10 cm씩 이동하여 −5 cm와 5 cm 사이에서 상쇄 간섭 한 모습이다. ㄷ은 2초 동안 이동하여 −10 cm와 10 cm 사이에서 상쇄 간섭 한 모습이다.

07 서로 반대 방향으로 진행하는 두 파동이므로 $\frac{T}{4}$마다 보강 간섭과 상쇄 간섭을 반복한다. 또 $\frac{T}{8}$ 동안 $\frac{\lambda}{8}$만큼 진행한다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. B는 시간이 지나도 수면의 높이가 변하지 않는다.
➡ 마루와 골이 만나는 B점에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 수면의 높이가 변하지 않는다.

✗ A에서는 ~~상쇄~~ 보강 간섭이 일어나고, B에서는 ~~보강~~ 상쇄 간섭이 일어난다.
➡ 마루와 마루가 만나는 C점, 골과 골이 만나는 A와 D점에서는 보강 간섭이 일어난다.

✗ C에 도달하는 두 파동의 경로차는 D에서보다 작다.
➡ C와 D점은 모두 경로차가 0인 지점이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. A에서는 B에서보다 소리가 크게 들린다.
➡ 보강 간섭이 일어나는 지점인 A에서는 상쇄 간섭이 일어나는 B에서보다 소리가 크게 들린다.

✗ S_1, S_2로부터 B까지의 경로차는 ~~λ의 정수 배~~ $\frac{\lambda}{2}$의 홀수 배이다.
➡ 상쇄 간섭은 경로차가 $\frac{\lambda}{2}$의 홀수 배일 때 생긴다.

ㄷ. d만을 감소시키면 A와 B 사이의 거리는 증가한다.
➡ 보강 간섭과 상쇄 간섭이 생기는 지점 사이의 거리는 d가 작을수록, λ가 클수록 크다.

10 • 보강 간섭이 일어날 조건: 두 점파원으로부터의 경로차가 반파장의 짝수 배인 지점에서는 두 소리가 보강 간섭을 한다. → 소리가 크게 들린다.
• 상쇄 간섭이 일어날 조건: 두 점파원으로부터의 경로차

가 반파장의 홀수 배인 지점에서는 두 소리가 상쇄 간섭을 한다. → 소리가 작게 들린다.

따라서 경로차와 파장을 알면 보강 간섭, 상쇄 간섭을 일으키는 지점을 찾을 수 있다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)에서 해저에 입사된 초음파와 반사된 초음파의 진동수는 같다.

➡ 파동의 반사에서 입사파와 반사파는 같은 매질에서 진행하므로 속력, 파장, 진동수는 각각 서로 같다.

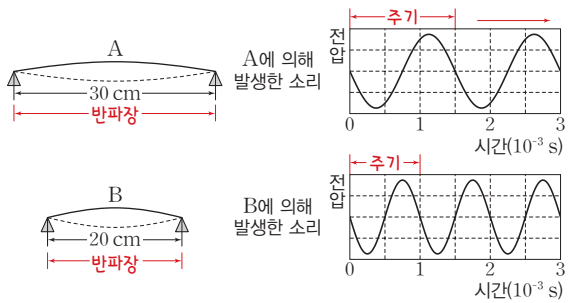
✗ (가)의 초음파 속력은 공기 중에서가 바닷물 속에서보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 초음파는 소리이므로 초음파의 속력은 매질이 고체>액체>기체의 순으로 크다. 따라서 (가)의 초음파 속력은 공기 중에서가 바닷물 속에서보다 작다.

✗ (나)는 파동의 ~~보강~~ 상쇄 간섭 현상을 이용한다.

➡ (나)의 소음 제거 원리는 진폭이 같고 위상이 반대인 마루와 골이 만나 합성파의 진폭이 0이 되는 파동의 상쇄 간섭 현상을 이용한 것이다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ A의 파장은 ~~30 cm~~ 60 cm이다.

➡ A의 파장은 60 cm, B의 파장은 40 cm이다.

ㄴ. B의 진동수는 1000 Hz이다.

➡ B에 의해 발생한 소리의 주기가 0.001초이므로, 진동수는 $\frac{1}{10^{-3}\text{ s}}$=1000 Hz이다.

ㄷ. B가 A보다 높은 소리를 발생시킨다.

➡ 주기는 A가 1.5×10^{-3}초, B가 1×10^{-3}초로 A가 B보다 크다. 따라서 진동수는 B가 A보다 크므로 B가 A보다 높은 소리를 발생시킨다.

13 | 선택지 분석 |

그림 (가)의 상황에서 각 θ를 0°에서부터 증가시키면 보강 간섭이 일어나는 지점과 상쇄 간섭이 일어나는 지점을 번갈아가면서 지나게 된다.

✗ S_1과 S_2 사이의 거리는 ~~파장의 정수 배~~ 반파장의 홀수 배이다.

➡ θ=0°에서 소음의 크기가 0이므로 상쇄 간섭이 일어난다. θ=0°에서 두 파원으로부터의 경로차는 두 파원 사이의 거리와 같으므로, 두 파원 사이의 거리는 반파장의 홀수 배이다.

ㄴ. $\theta=\theta_0$인 지점은 S_1과 S_2로부터의 경로차가 파장의 $\frac{1}{2}$인 지점이다.

➡ θ_0는 θ=90°에서 각을 줄였을 때 처음으로 나타나는 상쇄 간섭 지점이므로 S_1과 S_2로부터의 경로차가 파장의 $\frac{1}{2}$인 지점이다.

ㄷ. S_1과 S_2 사이를 지나는 마디선은 2개이다.

➡ O점과 S_2 사이를 지나는 마디선은 $\theta=\theta_0$인 지점을 지나므로 O점과 S_1 사이를 지나는 마디선도 있다. 따라서 마디선은 총 2개이다.

14 간섭무늬의 간격은 파장이 길수록 이중 슬릿 사이의 간격이 좁을수록 크다. 따라서 간섭무늬의 간격이 최대일 때는 파장이 λ_1인 빛을 사용하고 슬릿의 간격은 작은 B를 사용할 때이다. 반대로 간섭무늬의 간격이 최소일 때는 파장 λ_2인 빛을 사용하고 슬릿의 간격이 큰 A를 사용할 때이다.

15 | 선택지 분석 |

ㄱ. 스크린에 생긴 간섭무늬의 밝은 부분은 빛의 보강 간섭에 의해 생긴다.

➡ 이중 슬릿을 통과한 빛이 스크린에서 보강 간섭하여 밝은 무늬가 나타난다.

✗ 슬릿 간격은 P가 Q보다 ~~넓다~~ 좁다.

➡ 결과 (나)에서 간섭무늬의 간격은 슬릿 P일 때가 Q일 때보다 크므로 슬릿 간격은 P가 Q보다 좁다.

ㄷ. $\lambda_1>\lambda_2$이다.

➡ 결과 (다)에서 간섭무늬의 간격은 빛의 파장이 λ_1일 때가 λ_2일 때보다 크므로 $\lambda_1>\lambda_2$이다.

16 | 선택지 분석 |

✗ R에서 입사파와 반사파의 위상은 ~~반대이다~~ 같다.

➡ R에서 보강 간섭 하므로 입사파와 반사파의 위상은 같다.

ㄴ. 마이크로파의 파장은 $2d$이다.

➡ R, S, T에서 마이크로파 검출기의 반응이 최대이므로 이 지점은 정상파의 배에 해당한다. 마이크로파의 파장은 이웃한 배와 배 사이의 거리의 2배인 $2d$이다.

✗ R과 T 사이에 있는 정상파의 마디는 ~~3개~~ 2개이다.

➡ R, S, T는 정상파의 배에 해당한다. 따라서 R과 S, S와 T 사이에 마디가 각각 1개씩 있다.

17 | 선택지 분석 |

ㄱ. 단색광의 진동수는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

➡ 빛의 진동수는 매질에 관계없이 일정하다. 따라서 (가)와 (나)에서 빛의 진동수는 같다.

ㄴ. 단색광의 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ 빛의 파장은 물속에서 짧아지므로 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄷ. 간섭무늬 사이의 간격은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ 간섭무늬 사이의 간격은 파장이 클수록 크므로 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

2 »» 빛과 물질의 이중성

01 빛의 이중성과 CCD

탐구POOL 264쪽

01 ㉠ > ㉡ > ㉢ 약한 ㉣ 센 **02** (1) × (2) ×

01 광자 1개의 에너지가 일함수보다 클 때 광전자가 방출되는 광전 효과가 나타난다. 빛의 세기가 셀수록 광자 수가 많아 방출되는 광전자 수도 많아진다.

02 (1), (2) 문턱 진동수보다 빛의 진동수가 크면 광자의 에너지가 일함수보다 크기 때문에 전자가 금속 표면을 벗어날 수 있다.

콕콕! 개념 확인하기 265쪽

✓ 잠깐 확인!

1 입자설, 파동설 **2** 파동설 **3** 광전 효과, 입자설 **4** 진동수, 광양자설 **5** 광 다이오드 **6** 광전 효과

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **02** ㉠ 진동수 ㉡ 세기 **03** 전자 **04** (1) ○ (2) × (3) ○ **05** ㉠ 빛 ㉡ 전기 ㉢ 입자성 ㉣ 셀 **06** 아날로그 신호

01 (1) 뉴턴은 빛이 입자라는 입자설을 주장했다.
(4) 전자기파는 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.

02 광전 효과의 발생 여부는 빛의 세기와 무관하고 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 커야 한다. 광전자는 광자 수가 많을수록 많이 방출되므로 빛의 세기에 비례한다.

03 아연판의 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추면 광전 효과에 의해 광전자가 방출된다.

04 (2) 광 다이오드에 빛을 비추면 전자—양공 쌍이 생성된다.

05 CCD는 빛의 입자성으로 설명할 수 있는 광전 효과를 통해 빛에너지를 전기 에너지로 전환한다. 광전 효과가 발생하면 빛의 세기가 셀수록 광자 수가 많아 광전자가 많이 발생한다.

06 CCD에서 발생한 아날로그 전기 신호를 아날로그·디지털 변환기를 통해 디지털 신호로 전환하여 메모리에 저장한다.

탄탄! 내신 다지기 266쪽~267쪽

01 ④ **02** ④ **03** 문턱 진동수(한계 진동수) **04** ④
05 ⑤ **06** 광 다이오드 **07** ② **08** ⑤ **09** ③ **10** ⑤

01 금속에 X선을 쪼여 주면 전자가 방출되면서 산란된 X선의 파장이 길어지는 콤프턴 산란은 입자설로 설명이 가능하다.

02 | 선택지 분석 |

① 철수: 광전 효과는 금속 표면에 빛을 비추면 광전자가 튀어 나오는 현상이야.
➡ 광전 효과는 금속 표면에 금속의 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추면 광전자가 튀어 나오는 현상을 말한다.

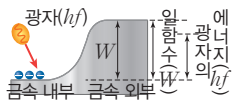
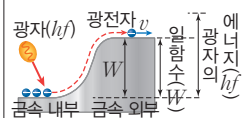
② 영희: 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 작아도(으면) 빛의 세기를 세게 하면(해도) 광전자가 방출돼(방출되지 않아).
➡ 빛의 진동수가 문턱 진동수보다 작으면 광자 1개의 에너지가 작으므로 빛의 세기를 세게 하여도 광전자를 금속으로부터 방출시킬 수 없다.

③ 민수: 금속 표면에 비춰진 빛의 진동수에 따라 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 달라져.
➡ 광전 효과가 발생할 때 빛의 진동수를 증가시키면 광전자의 최대 운동 에너지도 증가한다.

03 광전 효과는 금속 표면에 문턱 진동수 이상의 진동수를 가진 빛을 비출 때 금속에서 전자가 튀어 나오는 현상이다.

04 (가)에서 광전자의 운동 에너지를 E라 하고, 에너지 보존 법칙을 (가)와 (나)에서 각각 적용하면 $E=h\times 2f-W$, $4E=h\times 3f-W$이다. 두 식을 연립하고 $W=hf_0$를 대입하면 한계 진동수는 $f_0=\frac{5}{3}f$이다.

05 | 자료 분석 |

빛의 진동수	문턱 진동수보다 작을 때	문턱 진동수 이상일 때
광자의 에너지	$hf<W$	$hf\geq W$
광전자의 방출 여부	광자의 에너지가 금속의 일함수보다 작으므로, 광전자가 방출되지 않는다. 	광자의 에너지가 금속의 일함수 이상일 때 광자의 에너지를 흡수한 전자가 즉시 방출된다. 
빛의 세기와의 관계	빛의 세기에 관계없이 광전자는 방출되지 않는다.	빛의 세기가 셀수록 광자의 수가 많으므로, 방출되는 광전자의 수도 많다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. 빛의 진동수는 b가 a보다 크다.
➡ 광전 효과가 나타나는 b가 광전 효과가 나타나지 않는 a보다 진동수가 크다.

ㄴ. (가)에서 a의 세기를 증가시켜도 금속박이 벌어지지 않는다.
➡ 광전 효과는 빛의 세기와 무관하다.

ㄷ. (나)에서 금속박은 양(+)전하로 대전되어 있다.
➡ 광전 효과에 의해 전자가 계속 방출되므로 검전기에 양(+)전하량은 점점 커진다. 따라서 금속박은 양(+)전하를 띠며 벌어진다.

06 광 다이오드에 빛을 비추면 광전 효과에 의해 전류와 전압이 발생한다.

07 CCD는 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

08 | 선택지 분석 |

✕ ~~색 필터~~는 광전 효과를 이용해서 빛에너지를 전기 에너지로 바꾼다. (~~색 필터~~ → 광 다이오드)
➡ 색 필터는 특정 파장의 빛만 통과시키는 역할을 한다. 광전 효과를 이용해서 빛에너지를 전기 에너지로 바꾸는 것은 광 다이오드이다.

ㄴ. 각 화소에 저장된 광전자를 인접한 화소로 전달하여 측정 장치까지 순차적으로 이동시킨다.
➡ 각 화소에 저장된 광전자의 전하량을 측정하기 위해 광전자를 인접한 화소로 전달하여 측정 장치까지 순차적으로 이동시킨다.

ㄷ. CCD는 일반 필름보다 감도가 높다.
➡ CCD는 일반 필름보다 감도가 약 100배 이상 높기 때문에 CCD를 활용한 카메라는 어두운 장소에서도 잘 찍을 수 있다.

09 | 선택지 분석 |

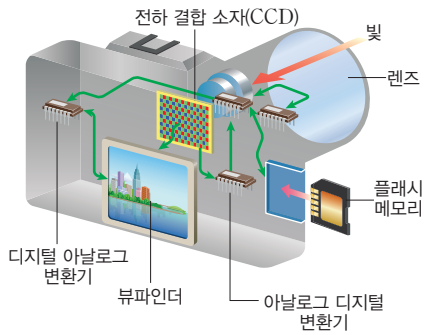
ㄱ. A는 p형 반도체이다.
➡ 접합면에서 생성된 양공이 왼쪽으로 이동하므로 A는 p형 반도체이다.

ㄴ. CCD에 빛을 비추면 A와 B의 경계면에서 전자-양공 쌍이 생성된다.
➡ 광자 1개의 에너지가 반도체의 띠 간격보다 클 때 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하여 원자가 띠에 양공이, 전도띠에 전자가 생긴다.

✕ CCD의 원리는 빛의 ~~파동성~~(입자성)으로 설명할 수 있다.
➡ CCD는 빛의 입자성을 이용한 것이다.

10 ㄱ. 대형 전광판은 여러 가지 색의 발광 다이오드(LED)를 이용하여 정보를 표시한다. ㄴ, ㄷ. 스캐너는 반사된 빛을 전기 신호로 전환시켜 그림의 이미지를 읽고, 우주 천체 망원경은 CCD를 통해 천체에서 나온 빛의 정보를 수신한다.

더 알아보기 디지털 카메라의 구조



① **렌즈:** 피사체의 반사광을 이용하여 이미지 센서에 상을 맺는다.
② **이미지 센서:** 수백만 개의 화소로 이루어져 있으며, 빛의 세기 분포를 아날로그 전기 신호로 바꾼다.
③ **아날로그 디지털 변환기:** 이미지 센서에서 얻은 아날로그 전기 신호를 디지털 신호로 변환한다.
④ **플래시 메모리:** 디지털 신호로 변환된 이미지 정보를 저장한다.
⑤ **디지털 아날로그 변환기:** 스크린과 같은 화면으로 보기 위해 디지털화된 이미지 정보를 다시 아날로그 신호로 변환한다.
⑥ **뷰파인더:** 작은 화면을 통해 촬영한 이미지 등을 보여 준다.

도전! 실력 올리기

268쪽~269쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ② **04** ④ **05** ④ **06** ④

07 $E_A > E_0 > E_B$

08 해설 참조

09 | 모범 답안 | 빛을 파동으로 보면 빛의 세기가 약할 때에는 전자를 방출시키기 위해 필요한 에너지가 모여야 하므로 시간이 걸려야 한다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 빛의 파장은 A가 B보다 길다.
➡ 빛의 진동수와 광자 1개의 에너지는 비례한다. (가)에서는 A에 의해 광전 효과가 발생하지 않았고 (나)에서는 B에 의해 광전 효과가 발생하였다. 따라서 빛의 진동수는 B가 A보다 크고, 빛의 파장은 A가 B보다 길다.

ㄴ. 금속의 일함수는 Q가 P보다 크다.
➡ 금속의 일함수가 작을수록, 빛의 진동수가 클수록 광전 효과가 잘 발생한다. (나)에서는 B에 의해 P에서 광전 효과가 발생하였고, (다)에서는 B에 의해 광전 효과가 Q에서 발생하지 않았다. 따라서 금속의 일함수는 Q가 P보다 크다.

ㄷ. (가)에서 B보다 진동수가 큰 빛을 P에 비추면 금속박은 벌어진다.
➡ (나)에서 B에 의해 P에서 광전 효과가 발생하였으므로 B보다 진동수가 큰 빛을 P에 비추면 광전 효과가 발생하여 금속박은 벌어진다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 자외선의 세기가 증가하면 전자석에 의한 자기력의 크기도 커진다.

➡ 광자 한 개의 에너지가 일함수보다 클 때 발생하는 광전 효과에서 빛의 세기가 증가하면 광전류의 세기도 증가한다. 따라서 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 증가하므로 전자석에 의한 자기력의 크기도 커진다.

ㄴ. 자외선 광자 한 개의 에너지는 광전관 내 금속의 일함수보다 크다.

➡ 자외선에 의해 광전 효과가 발생하므로 자외선 광자 한 개의 에너지는 광전관 내 금속의 일함수보다 크다.

ㄷ. X선을 광전관에 비추어도 부저가 울리지 않는다.

➡ X선은 자외선보다 진동수가 큰 빛이므로 광전 효과를 일으켜 솔레노이드에 전류가 흐르게 할 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

✕ 빛의 진동수는 A가 B보다 ~~작다~~ 크다.

➡ 파장은 B가 A보다 길어 진동수는 A가 B보다 크다.

✕ C의 세기를 증가시~~키면 광전자의 최대 운동 에너지가 증가한다~~ 켜도 광전자는 발생하지 않는다.

➡ C의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작으므로 C의 세기를 증가시켜도 광전자는 발생하지 않는다.

ㄷ. A와 B를 동시에 비추면 B만 비추었을 때보다 광전관에 흐르는 전류의 세기가 세다.

➡ A에 의해서도 광전 효과가 일어나므로 A와 B를 동시에 비추면 빛의 세기가 세지는 효과가 있다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. 각 전극에 걸린 전압을 조정하여 광전자를 이동시킨다.

➡ 인접한 전극에(+)전압을 걸어 주어 전자를 이동시킨다.

✕ 전송단이 아닌 열에서도 는 수직 방향으로 이동이 ~~가능하다~~ 불가능하다.

➡ 각 화소에 저장된 전자는 수평 방향으로 전극을 따라 이동한 후 수직 방향으로 전송단을 따라 전하량 측정 장치로 이동한다.

ㄷ. 전하량 측정 장치에서는 축적된 전하량의 세기를 측정하여 CCD에 입사한 빛의 세기를 측정한다.

➡ 광전 효과에서 방출된 광전자의 수는 빛의 세기에 비례하기 때문에 광전자의 축적된 전하량의 세기를 측정하면 빛의 세기를 측정할 수 있다.

05 | 선택지 분석 |

✕ 광자 1개의 에너지는 적외선이 파랑 빛보다 ~~크다~~ 작다.

➡ 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례한다. 진동수는 파랑 빛이 적외선보다 크므로 광자 1개의 에너지도 파랑 빛이 적외선보다 크다.

ㄴ. (나)에서 빛을 전기 신호로 바꾸는 것은 광전 효과로 설명할 수 있다.

➡ 광전 효과는 빛을 전기 신호로 바꾸는 현상이다.

ㄷ. 플래시 메모리는 정보 저장 물질로 강자성체를 이용한다.

➡ 플래시 메모리는 자기장을 제거해도 오랫동안 자성을 유지하는 물질을 정보 저장 물질로 사용한다.

06 | 선택지 분석 |

✕ A는 ~~p형~~ n형 반도체이다.

➡ A쪽으로 전자가 이동하고 있으므로 A는 n형 반도체이다.

ㄴ. CCD에서 측정되는 전자의 수는 쪼여지는 빛의 세기에 비례한다.

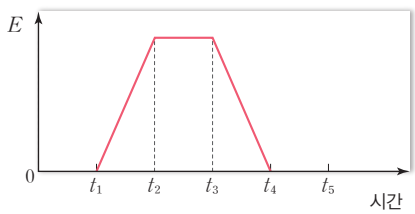
➡ 광전 효과가 발생하면 빛의 세기는 광자 수에 비례하고 광자 수는 광전자 수와 같다. 따라서 CCD에서 측정되는 전자의 수는 쪼여지는 빛의 세기에 비례한다.

ㄷ. 금속 전극은 전자를 모으는 역할을 한다.

➡ 금속 전극은 양(+)극이 걸려 있으므로 전자를 모으는 역할을 한다.

07 광전 효과를 일으키는 빛의 광자 1개의 에너지는 광 다이오드의 띠틈보다 크다.

08



진동수가 f_0보다 작은 빛을 비추면 광전 효과가 발생하지 않는다. 광전 효과가 발생하면 빛의 진동수가 커질수록 광전자의 최대 운동 에너지도 커진다.

채점 기준	배점
5개의 시간 구간의 그래프가 모두 옳게 그린 경우	100 %
1개의 시간 구간이 오답이면 20 %씩 감점	

09 빛을 파동으로 보면 빛의 세기가 약하면 전자를 방출시키기 위해 필요한 에너지가 모여야 하므로 시간이 걸려야 한다.

채점 기준	배점
에너지가 모인다는 의미와 시간이 걸린다는 의미가 모두 포함된 경우	100 %
에너지가 모인다는 의미와 시간이 걸린다는 의미 중 하나만 포함된 경우	50 %

02 물질의 이중성과 전자 현미경

개념POOL 272쪽

01 ㉠ 전자총 ㉡ 자기렌즈 ㉢ 대물렌즈 ㉣ 증폭기
02 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×

02 (1) (가)는 투과 전자 현미경의 구조이다.
(6) 투과 전자 현미경의 분해능은 약 0.05 nm, 주사 전자 현미경의 분해능은 약 0.7 nm 정도로 투과 전자 현미경의 분해능이 주사 전자 현미경의 분해능보다 좋다.

콕콕! 개념 확인하기 273쪽

✔ 잠깐 확인!
1 물질파 **2** 질량, 속력 **3** 이중성 **4** 파동 **5** 분해능 **6** 자기렌즈 **7** 짧 **8** 주사

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** 파동성 **03** (나) **04** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **05** ㉠ 빨라져서 ㉡ 커지고 ㉢ 짧아진다.
06 투과 전자 현미경

01 (3) 질량이 m이고 속력이 v인 물체의 물질파 파장은 $\frac{h}{mv}$로 주어진다.
(4) 전자가 바람개비를 회전시킬 수 있는 것은 전자가 질량을 가진 입자이기 때문이다.

02 회절은 파동성을 나타내는 현상이다. 전자선이 회절 무늬를 나타내는 것은 전자가 파동성을 가지고 있기 때문이다.

03 (가)는 전자가 입자처럼 행동하였으므로 이중 슬릿을 통과한 전자가 스크린에 두 줄로 나타난 것이고,(나)는 전자가 이중 슬릿을 통과할 때 전자가 파동처럼 행동하여 스크린에 간섭무늬를 만든 것이다.

04 (1) 바이러스의 크기는 광학 현미경의 분해능보다 작다.
(3) 렌즈의 크기가 같을 때 빛의 파장이 짧을수록 분해능이 우수하다.

05 가속 전압을 높이면 전자의 운동 에너지가 커져서 전자의 속력이 빨라진다. 전자의 속력이 빨라지면 전자의 운동량의 크기가 커지고, 전자의 물질파 파장은 전자의 운동량의 크기에 반비례하므로 전자의 물질파 파장은 짧아진다.

탄탄! 내신 다지기 274쪽~275쪽

01 ④ **02** ⑤ **03** ④ **04** ③ **05** ② **06** 3.32×10^{-34} J·s
07 ⑤ **08** 자기렌즈 **09** ③ **10** ⑤ **11** ③ **12** ㉠ 얇아 ㉡ 전기 전도성

01 | 선택지 분석 |
철수: 빛이 입자의 성질을 갖는 것처럼 물질도 파동의 성질을 가져,
➡ 드브로이는 빛의 이중성에 착안하여 물질도 파동의 성질을 갖는다고 주장하였다.
영희: 물질파의 파장은 물질의 운동량이 클수록 ~~길어져~~ 짧아져.
➡ 물질파의 파장은 운동량이 클수록 짧아진다.
민수: 물질이 파동적 성질을 갖는 것은 전자빔 회절 실험 등에서 확인할 수 있어.
➡ 전자빔 회절 실험에서 회절 무늬가 나타나는 것은 전자의 파동성 때문이다.

02 $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 $m=\frac{h}{\lambda v}$이다. 따라서 $m_A : m_B=\frac{h}{\lambda v} : \frac{h}{4\lambda v}$ $=4 : 1$이다.

03 $\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$이다. 따라서 $\lambda_A : \lambda_B=2 : 1$이다.

04 | 선택지 분석 |
㉠ (나)의 무늬는 전자의 회절 무늬이다.
➡ (가)는 X선, (나)는 전자의 회절 무늬이다.
㉡ (나)의 무늬는 전자가 파동성을 갖기 때문에 나타난다.
➡ 전자의 회절 무늬는 전자가 파동성을 갖기 때문에 나타난다.
✕ 전자의 속력이 커지면 전자의 물질파 파장이 ~~길어진다~~ 짧아진다.
➡ 전자의 속력이 커지면 운동량의 크기가 커져 물질파 파장이 짧아진다.

05 $mgH=\frac{1}{2}mv^2$이므로 $v=\sqrt{2gH}$(h: 처음 높이)이다. 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 물질파의 파장은 $m\sqrt{H}$에 반비례한다. 따라서 $\lambda_A : \lambda_B=1 : \sqrt{2}$이다.

06 물질의 드브로이 파장 $\lambda=\frac{h}{mv}$로 주어지므로
$\lambda=\frac{6.63\times10^{-34}}{0.1\times20}=3.32\times10^{-34}$ m이다.

07 빛이 회절하기 때문에 두 점의 사의 가장자리에 원 모양의 고리가 생긴다. 두 점의 상을 구분할 수 있는 파장이 짧은 빛이 분해능이 좋다.

08 자기렌즈는 코일로 만든 원통형 전자석으로, 전자가 자기장에 의해 힘을 받아 경로가 휘어지는 성질을 사용하여 전자빔을 한 점에 모아 주는 장치이다.

09 태양 전지는 빛의 입자성을 보여 주는 광전 효과를 이용한 것이고 전자 현미경은 빛의 파동성을 이용한 것이다.

10 | 선택지 분석 |

① 물질의 파동성을 이용하여 상을 얻는다.
➡ 전자 현미경은 전자의 파동성을 이용하여 상을 얻는다.

② 전자가 물체를 통과하면서 회절한다.
➡ 전자가 파동의 성질을 나타내므로 물체를 통과한 후 회절한다.

③ 전자의 속력이 빠를수록 물질파 파장은 짧아진다.
➡ 전자의 속력이 빠를수록 전자의 물질파 파장이 짧아지므로 회절이 덜 일어나 더 작은 물체까지 볼 수 있다.

④ 전자의 속력이 빠를수록 더 작은 물체까지 볼 수 있다.
➡ 전자의 속력이 빠를수록 물질파 파장이 짧아지므로 더 작은 물체까지 볼 수 있다.

⑤ 전압이 ~~낮을수록~~ 높을수록 더 작은 물체까지 볼 수 있다.
➡ 전압이 낮을수록 전자의 속력이 느려져 물질파 파장이 길어지므로 분해능이 나빠져 배율이 작아진다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ (나)는 전자의 파동성을 이용한다.
➡ 전자 현미경은 전자의 파동성을 이용하여 확대한 상을 볼 수 있다.

✕ 전자 현미경에서 전자의 운동량의 크기를 더 작게 하면 분해능이 ~~커진다~~ 짧아진다.
➡ 전자의 운동량의 크기가 커져야 물질파 파장이 짧아지고 분해능이 커진다.

㉢ 전자 현미경은 광학 현미경보다 더 높은 배율로 볼 수 있다.
➡ 전자 현미경이 사용하는 물질파의 파장이 광학 현미경에서 사용하는 가시광선의 파장보다 짧다. 따라서 전자 현미경이 광학 현미경보다 더 높은 배율로 볼 수 있다.

12 투과 전자 현미경은 전자가 시료를 투과하는 동안 속력이 느려져서 드브로이 파장이 커지면 분해능이 떨어지므로 시료를 얇게 만들어야 한다. 주사 전자 현미경은 전기 전도성이 좋은 물질로 코팅하지 않으면 전자가 시료 표면에 쌓여 측정을 방해한다.

도전! 실력 올리기

276쪽~277쪽

01 ① **02** ③ **03** ④ **04** ① **05** ⑤ **06** ③ **07** ①

08 ㉠ 투과 전자 현미경 ㉡ 주사 전자 현미경

09 | 모범 답안 | 전자총에서 방출된 전자들은 파동성을 나타내므로 이중 슬릿을 통과하여 간섭을 일으켜 스크린에 간섭무늬를 나타낸다.

10 | 모범 답안 | $\lambda=\frac{h}{mv}$에서 플랑크 상수 h가 물체의 질량 m에 비해 매우 작기 때문에 물질파 파장 λ가 매우 짧아 눈으로 파동성을 관찰하기 어렵다.

01 | 선택지 분석 |

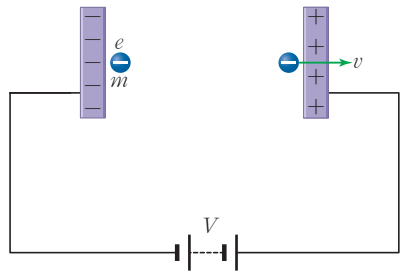
㉠ 입자의 속력이 v_0일 때, 질량
➡ 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 v가 일정할 때 λ는 m에 반비례한다.

✕ 물질파의 파장이 λ_0일 때, 운동량의 크기
➡ 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 λ가 일정할 때 mv도 일정하다.

✕ 물질파의 파장이 λ_0일 때, 운동 에너지
➡ 입자의 운동 에너지는 $E=\frac{(mv)^2}{2m}$이다. λ가 일정할 때 mv도 일정하므로 E는 m에 반비례한다.

02 A, B의 운동 에너지는 각각 W_0, $4W_0$이다. 따라서 광전자의 물질파 파장은 운동 에너지의 제곱근에 반비례하므로 $\left(\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}\right)$ 광전자의 물질파 파장은 A일 때가 B일 때의 2배이다.

더 알아보기 전자의 물질파 파장



정지 상태에 있는 전자를 전압 V로 가속시켜 속력이 v가 되었다면 이 전자의 운동 에너지는 전기력이 전자에 한 일과 같으므로 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{(mv)^2}{2m}=eV=E_k$이다. 따라서 전자의 운동량은 $mv=\sqrt{2mE_k}$가 되므로 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}=\frac{h}{\sqrt{2meV}}$이다. V가 100 V정도이면 전자의 물질파 파장은 1.23 Å정도로 파동성을 관찰할 수 있다.

03 A의 속력을 v_A라고 하면 $\frac{h}{mv_A}=\lambda$이므로 $v_A=v$이다. 운동량 보존 법칙을 적용하면 충돌 후 B의 속력도 v이다. 따라서 충돌 후 A와 B의 운동 에너지 합은 $mv^2=\frac{(mv)^2}{m}$ $=\frac{h^2}{m\lambda^2}$이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전자의 운동량은 $\frac{h}{\lambda}$이다.

➡ 전자의 물질파 파장과 X선의 파장이 같으므로 $p=\frac{h}{\lambda}$이다.

✗ 이 실험의 결과로 광전 효과를 설명할 수 있다. 없다.

➡ 광전 효과는 빛의 입자성을 보여 주는 실험이다.

✗ 전자의 속력이 빠를수록 회절 무늬 사이의 간격이 ~~넓어진다~~. 좁아진다.

➡ 전자의 속력이 빠를수록 전자의 파동성이 작아지므로 회절 무늬 사이의 간격이 좁아진다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물질의 파동성을 입증하는 실험이다.

➡ 산란된 전자가 특정 각도에서 많이 검출되는 것을 통해 전자의 파동성을 확인할 수 있다.

ㄴ. 반사되어 나온 전자의 수는 각도에 따라 달라진다.

➡ $\phi=50°$에서 전자가 가장 많이 검출된다.

ㄷ. 이러한 실험 결과가 나타나는 까닭은 물질파가 특정한 각도에서 보강 간섭 하기 때문이다.

➡ 전자의 물질파가 반사되어 나올 때 특정한 각도에서 보강 간섭 하기 때문에 이러한 실험 결과가 나타난다.

06 | 선택지 분석 |

Ⓐ 전자도 파동성을 가지고 있어.

➡ 빛이 이중성을 가지듯 전자도 이중성을 가진다. 따라서 전자의 물질파는 전자의 파동성을 나타낸다.

Ⓑ 전자의 속력이 빠를수록 더 작은 물체까지 관찰할 수 있어.

➡ 전자의 속력이 빠를수록 물질파 파장이 짧아 현미경의 분해능이 좋아진다.

✗ 전자 현미경에서 전자의 물질파는 가시광선보다 회절이 잘 돼. 되지 않아.

➡ 전자 현미경이 광학 현미경보다 분해능이 좋은 것은 전자의 물질파 파장이 가시광선보다 짧고 회절이 잘 되지 않기 때문이다.

07 광학 현미경은 빛의 굴절 현상을 이용하고, 투과 전자 현미경은 현미경 중에서 배율이 가장 큰 전자 현미경이며, 주사 전자 현미경은 전자의 물질파를 이용하여 시료의 입체적인 상을 촬영한다.

08 투과 전자 현미경은 시료를 투과한 전자가 형광 물질에 부딪혀 나오는 빛을 촬영하고, 주사 전자 현미경은 가속된 전자빔을 시료의 표면에 부딪혀 방출된 2차 전자로 영상을 촬영한다.

09 스크린에 밝고 어두운 무늬가 나타난 까닭은 이중 슬릿을 통과한 전자가 서로 간섭하기 때문이다.

채점 기준	배점
전자가 파동성을 갖는 것과 간섭을 일으킨다는 사실을 모두 포함하여 서술한 경우	100 %
두 가지 중 하나만 서술한 경우	50 %

10 $\lambda=\frac{h}{mv}$에서 플랑크 상수 h는 매우 작고, 물질의 질량 m이 매우 크기 때문에 물질파 파장 λ가 매우 짧아 눈으로 파동성을 관찰하기 어렵다.

채점 기준	배점
플랑크 상수가 물체의 질량에 비해 매우 작고 물질파 파장이 매우 짧다는 사실을 모두 포함하여 서술한 경우	100 %
두 가지 중 하나만 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

279쪽~281쪽

01 ⑤ **02** ① **03** ② **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ③ **07** ②
08 ② **09** ① **10** ④ **11** ⑤ **12** ④ **13** ④

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. 진동수가 f이고 세기가 $2I$인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 E이다.

➡ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와 무관하다.

ㄴ. 진동수가 $2f$이고 세기가 I인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 E보다 크다.

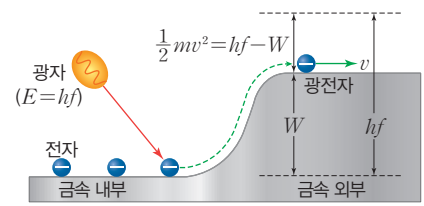
➡ 광전 효과가 발생할 때 빛의 진동수가 커지면 광전자의 최대 운동 에너지도 커진다.

ㄷ. 빛의 입자성을 보여주는 현상이다.

➡ 광전 효과는 빛이 광자의 흐름이라는 빛의 입자성을 확인할 수 있는 현상이다.

더 알아보기

광전 효과: 금속에 금속의 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추면 금속에서 광전자가 방출되는 현상으로, 빛이 입자성을 가지고 있다는 증거이다.



02 | 선택지 분석 |

ㄱ. P의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크다.
➡ P를 비출 때 광전자가 발생하므로 P의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크다.

✗ 빛의 세기는 P가 Q보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 빛의 세기는 단위 시간당 금속판에 도달하는 광자 수에 비례하고 광전 효과가 발생할 때 광자 수는 광전자 수와 비례하며, 광전자 수는 광전류의 세기에 비례한다. 따라서 빛의 세기는 광전류의 세기가 큰 Q가 P보다 크다.

✗ P를 금속판에 비출 때 빛을 비추는 시간을 길게 ~~하면~~ 해도 Q와 같은 그래프를 얻을 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 빛을 비추는 시간을 길게 해도 단위 시간당 금속판에 도달하는 광자 수가 변하지 않으므로 광전류의 세기도 변하지 않는다.

더 알아보기 광전 효과 실험의 결과
① 광전자의 방출은 빛의 세기와 무관하고, 진동수에만 관계가 있다.
② 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비춰 준 빛의 진동수 f가 클수록 크고, 빛의 세기와는 무관하다.
③ 방출되는 광전자의 수는 빛의 세기가 강할수록 많고, 빛의 진동수와는 무관하다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 진동수는 A가 B보다 ~~작다~~ 크다.
➡ A는 광전 효과를 일으키고, B는 광전 효과를 일으키지 못하므로 A의 진동수는 B의 진동수보다 크다.

ㄴ. A의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.
➡ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_k = hf - W$로 주어진다.

✗ B의 세기를 세게 ~~하면~~ 해도 광전자가 ~~방출된다~~ 방출되지 않는다.
➡ 광전 효과는 빛의 진동수에만 관계있고 빛의 세기와 무관하다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. (다)에서 자외선등으로 바꾸어 주는 것은 아연판에 비추는 빛의 진동수를 바꾸기 위해서이다.
➡ 네온등과 자외선등은 방출하는 빛의 진동수가 다르다. (다) 과정에서 빛을 네온등에서 자외선등으로 바꾸는 것은 빛의 진동수를 바꾸기 위한 것이다.

ㄴ. 금속박이 오므라드는 것은 아연판에서 광전자가 방출되기 때문이다.
➡ 금속박이 오므라들기 위해서는 검전기의 (−)전하가 감소해야 하므로, 광전 효과에 의해 검전기에서 광전자가 아연판을 통해 방출된다.

ㄷ. 자외선등을 가까이 비추어 빛의 세기를 크게 하면 단위 시간당 방출되는 광전자의 수가 증가한다.
➡ 금속박이 더 빨리 오므라드는 것은 (−)전하가 더 빨리 줄어들기 때문이다. 따라서 (라)에서 자외선등을 가까이 하였을 때 빛의 세기가 증가하였다.

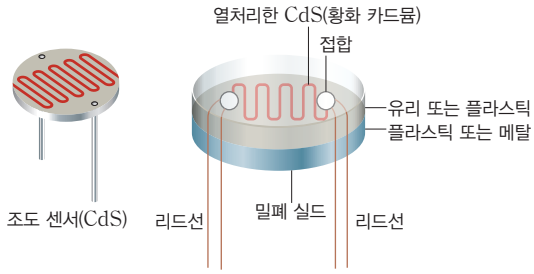
05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전하 결합 소자에는 수많은 광 다이오드가 배열되어 있다.
➡ 전하 결합 소자는 수많은 광 다이오드가 배열되어 있고 각 광 다이오드는 화소를 의미한다.

ㄴ. 단위 면적당 화소 수가 클수록 세밀한 상을 얻을 수 있다.
➡ 단위 면적당 광 다이오드 수가 많으면 화소 수가 크고 세밀한 상을 얻는다.

ㄷ. 전하 결합 소자에서 전기 신호를 만드는 광전자의 수는 입사하는 빛의 세기가 셀수록 많아진다.
➡ 광전 효과에 의해 빛의 세기가 셀수록 광자 수가 많아 전기 신호를 만드는 광전자 수도 많아진다.

더 알아보기 조도 센서
① 빛의 양에 따라 저항값이 변하는 광센서로, 황화 카드뮴(CdS)을 사용한다.



② 조도 센서는 주위의 밝기에 따라 저항값의 변화가 매우 크다.
③ 조도 센서 주위가 밝을수록 저항값이 작아지고, 회로에 전류가 잘 흐르게 된다.
④ 가로등, 자동차의 전조등, CCTV 카메라 등에 사용되어 자동으로 등이 켜지거나 꺼지게 한다.

06 힘−이동 거리 그래프에서 넓이는 힘이 입자에 한 일이고 힘이 입자에 한 일은 입자의 운동 에너지 변화량과 같다. 따라서 d일 때와 $2d$일 때 입자의 운동 에너지의 비는 2 : 3이고 드브로이 파장 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이므로 $\lambda_1 : \lambda_2$은 $\sqrt{3} : \sqrt{2}$이다.

07 전자의 물질파 파장은 전자의 속력에 반비례하므로 $v_A : v_B = 1 : 2$이고, 운동 에너지는 속력의 제곱에 비례하므로 $E_A : E_B = 1 : 4$이다. 따라서 $\frac{v_B}{v_A} : \frac{E_B}{E_A} = 1 : 2$이다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 금속판 A의 일함수는 hf보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 진동수 f에서 광전자가 발생하므로 빛의 진동수는 문턱 진동수보다 크다. 따라서 일함수는 광자 한 개의 에너지인 hf보다 작다.

ㄴ. f를 더 크게 하면 A에서 나오는 광전자의 물질파 파장은 더 짧아진다.

➡ 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판에 쪼여 준 빛의 진동수가 클수록 크다. 따라서 f가 더 커지면 A에서 나오는 광전자의 속력이 더 빨라지면서 물질파 파장은 더 짧아진다.

✗ 광전자의 물질파 파장은 광전자가 A에서 B로 가면서 점점 ~~짧아진다~~ 길어진다.

➡ 금속판 A에 양극이 연결되어 있으므로 광전자에는 금속판 A 방향으로 전기력이 작용한다. 따라서 광전자는 B로 가면서 속력이 점점 느려지므로 물질파 파장은 점점 길어진다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ 양극판의 틈을 통과하는 순간 전자의 운동량

➡ V가 커지면 전자의 속력이 커지고 전자의 운동 에너지와 운동량이 커진다.

✗ 양극판의 틈을 통과하는 순간 전자의 드브로이 파장

➡ 운동량이 커지면 드브로이 파장은 짧아진다.

✗ 전자가 나타내는 회절 무늬 사이의 간격

➡ 파장이 짧아지면 회절 무늬 사이의 간격은 좁아진다.

10 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 54 V의 전압으로 가속된 전자빔을 입사시켰을 때 전자가 가장 많이 발견된 산란각 50°가 전자기파의 회절에 의한 보강 간섭이 일어나는 조건과 일치함을 보임으로써 드브로이의 물질파 이론을 검증하였다.

11 | 선택지 분석 |

철수: 속력이 같은 경우 전자의 드브로이 파장은 야구공의 드브로이 파장보다 길어

➡ 드브로이 파장 $\lambda=\frac{h}{mv}$이다. 속력(v)이 같은 경우 질량(m)이 작은 전자의 드브로이 파장이 질량이 큰 야구공의 드브로이 파장보다 길다.

영희: 전자의 운동량이 증가할수록 전자의 드브로이 파장은 감소해.

➡ $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 운동량(mv)이 증가할수록 드브로이 파장은 감소한다.

민수: 전자의 파동적 성질을 이용한 예로는 전자 현미경이 있어.

➡ 전자 현미경은 전자의 드브로이 파장이 가시광선보다 짧기 때문에 분해능이 높아 광학 현미경보다 더 미세하게 볼 수 있는 것으로 전자의 파동성을 이용한 것이다.

12 | 선택지 분석 |

㉠ (가) 현미경은 시료의 두께가 얇아야 한다.

➡ (가) 현미경은 투과 주사 현미경으로 시료의 두께가 얇아야 분해능에 영향을 미치지 않는다.

✗ 분해능은 (가)보다 (나) 현미경이 더 ~~좋다~~ 좋지 않다.

➡ 주사 전자 현미경은 분해능이 투과 전자 현미경보다는 다소 떨어진다.

㉢ (나) 현미경은 살아 있는 시료는 관찰할 수 없다.

➡ 주사 전자 현미경은 시료의 표면에 전자를 쪼여 주기 때문에 살아 있는 시료는 관찰할 수 없다.

13 | 선택지 분석 |

㉠ 전자의 드브로이 파장은 가시광선의 파장보다 짧다.

➡ 파장이 짧을수록 분해능이 높다. 전자 현미경이 광학 현미경보다 분해능이 높으므로 전자의 드브로이 파장은 가시광선의 파장보다 짧다.

✗ 분해능을 증가시키기 위해서는 전자의 속력을 감소시켜 증가 한다.

➡ 분해능을 증가시키기 위해서는 파장을 짧게 해야 한다.

㉢ 전자의 드브로이 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다.

➡ $E_k=\frac{p^2}{2m}$에서 $p=\sqrt{2mE_k}$이다. 따라서 드브로이 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다.

한번에 끝내는 대단원 문제 284쪽~287쪽

01 ② **02** ④ **03** ⑤ **04** ② **05** ③ **06** ④ **07** ④
08 ③ **09** ① **10** ⑤ **11** ② **12** ⑤ **13** ④ **14** ⑤

15 (1) | **모범 답안** | 빛이 물속에서 공기 중으로 진행할 때 속력이 달라지기 때문에 굴절이 일어난다.
(2) | **모범 답안** | 물속에서 공기 중으로 빛이 나올 때 굴절각이 커지는 방향으로 굴절하기 때문에 물속에 있는 물고기는 실제 크기보다 커 보인다.

16 | **모범 답안** | 고양이, 물고기에서 나온 빛이 물속에서 공기 중으로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 작으므로 각도에 따라 전반사가 일어난다. 전반사가 일어나면 물고기에서 나온 빛이 고양이에 도달하지 않는다.

17 (1) 상쇄 간섭 (2) | **모범 답안** | 외부 소음과 발생시키는 소음은 상쇄 간섭을 일으키므로 위상이 서로 반대이다.

18 (1) 나타나지 않는다. (2) | **모범 답안** | 자외선을 비추면 자외선 광자 1개와 형광 물질의 전자 1개가 충돌하여 전자가 광자의 에너지를 흡수한다. 형광 물질의 전자가 빛을 흡수하여 들뜬상태가 되었다가 아주 짧은 시간 후에 고유한 색깔의 빛을 방출하면서 이 에너지를 방출한다.

01 | 선택지 분석 |

✗ A와 B의 파장은 같다. 서로 다르다.

➡ (가)에서 파장은 A가 B의 2배이다.

㉡ 진동수는 B가 A의 2배이다.

➡ (나)에서 주기도 A가 B의 2배이므로 진동수는 B가 A의 2배이다.

✗ 전파 속력은 ~~B가 A의 2배이다~~ A와 B가 같다.

➡ 파장은 A가 B의 2배이고 진동수는 B가 A의 2배이다. 전파 속력은 파장과 진동수의 곱이므로 A와 B가 같다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물의 깊이는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 깊다.

➡ 물의 깊이가 깊을수록 속력이 빠르다. Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 파면과 파면 사이의 거리가 크므로 속력이 빠르다. 따라서 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 물의 깊이가 깊다.

✕ 진동수는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서~~보다 크다~~ 와 같다.

➡ 굴절에서 진동수는 변하지 않는다. 따라서 파동의 진동수는 Ⅰ과 Ⅱ에서 같다.

ㄷ. 파장은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 짧다.

➡ 파면과 파면 사이의 거리인 파장은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 짧다.

03 (가)에서 A의 굴절률은 $n_A=\frac{3}{2}$,(나)에서 B의 굴절률은 $n_B=\frac{4}{3}$이다. $\frac{n_B}{n_A}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{8}{9}$이므로 $\frac{\sin 45^\circ}{\sin r}=\frac{8}{9}$이 되어 $\sin r=\frac{9}{8}\times\frac{\sqrt{2}}{2}=\frac{9\sqrt{2}}{16}$이다.

04 빛이 프리즘과 공기의 경계면에서 전반사하기 위해서는 입사각이 임계각보다 커야 한다. 입사각이 45°이므로 $45^\circ>i_C$(임계각)이다. 굴절 법칙을 적용하면 $\frac{1}{n}=\frac{\sin i_C}{\sin 90^\circ}$이 되어 $n>\sqrt{2}$이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ. 물의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크다.

➡ 전반사가 일어나므로 물의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크다.

✕ i는 임계각보다 ~~작다~~ 크다.

➡ i가 임계각보다 클 때 전반사가 일어난다.

ㄷ. 전반사는 광섬유를 이용한 광통신에 활용된다.

➡ 광통신은 전반사의 원리를 이용한다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

➡ B에서 A로 빛이 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크므로 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

ㄴ. B의 굴절률이 C의 굴절률보다 작다.

➡ B에서 A로 입사할 때는 전반사하지 않지만 C에서 A로 입사할 때는 전반사하므로 C와 A의 굴절률이 더 크게 차이난다. 따라서 B의 굴절률은 C의 굴절률보다 작다.

✕ 코어는 B로, 클래딩은 C로 만들면 빛은 전반사할 수 ~~있다~~ 없다.

➡ 코어는 굴절률이 큰 물질로, 클래딩은 굴절률이 작은 물질로 만든다.

07 전자기파는 파장이 긴 순서로 전파, 적외선, 가시광선, 자외선, X선, γ선이다. X선은 고속의 전자가 금속과 충돌할 때 전자의 감속 때문에 발생한다. γ선은 원자핵이 붕괴할 때 나오는 방사선의 일종으로 파장이 가장 짧으며 진동수와 에너지가 가장 크다.

08 식기 소독기는 살균 작용을 하므로 자외선을 이용한다. 귀 체온계와 열화상 카메라는 모두 체온을 측정하는 장치로 적외선을 이용한다. 그림에서 자외선은 B영역, 적외선은 A영역이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.

➡ P는 골과 골이 만나는 지점이므로 보강 간섭이 일어난다.

✕ 수면파의 진폭은 Q에서와 R에서가 ~~같다~~ 서로 다르다.

➡ Q는 상쇄 간섭, R는 보강 간섭이 발생하므로 수면파의 진폭은 서로 다르다.

✕ S_1에서 S_2까지 거리는 ~~3λ~~ $\frac{3}{2}\lambda$이다.

➡ S_1에서 S_2까지 거리는 이웃한 마루와 골 사이의 거리의 3배이므로 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. 기름 막 표면과 아래에서 반사하는 빛이 간섭을 일으킨다.

➡ 기름 막 표면과 아래에서 반사하는 빛의 위상차 때문에 두 빛이 서로 만나면 간섭을 일으킨다.

ㄴ. 기름 막의 두께에 따라 얇은 기름 막에서 보강 간섭 하는 빛의 파장이 달라진다.

➡ 경로차가 파장의 정수 배에 해당할 때 빛이 보강 간섭 한다.

ㄷ. 보는 각도가 달라지면 보이는 색도 달라진다.

➡ 빛의 경로가 달라지면 경로차도 달라지기 때문에 보강 간섭 조건도 달라진다.

11 일함수가 다른 금속판으로 바꿔 실험하거나 진동수가 다른 빛으로 쪼여 주더라도 그래프의 기울기는 항상 플랑크 상수와 같아야 한다. 주어진 자료에서 그래프의 기울기는 $\frac{W_0}{f_2-f_1}$이다. 이러한 기울기를 가지면서 그래프가 원점을 통과하지 않는 것은 ②뿐이다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ. B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.

➡ A, B에서 광전류의 세기가 같으므로 B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.

ㄴ. 빛의 세기는 A가 C보다 크다.

➡ B, C에 의한 광전류의 세기가 100 μA이므로 C에 의해 광전류의 세기가 100 μA이다. 따라서 빛의 세기는 광전류의 세기가 센 A가 C보다 크다

ㄷ. A와 C를 금속판에 비추면 광전류는 300 μA가 된다.

➡ A와 C를 비추면 광전류의 세기는 300 μA이 된다.

13 입자의 운동 에너지를 $E=\frac{1}{2}mv^2=\frac{(mv)^2}{2m}$이고, 물질파

파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$이다. A와 B의 질량의 비는 4 : 1이므로 $\lambda_A : \lambda_B = 1 : 2$이다.

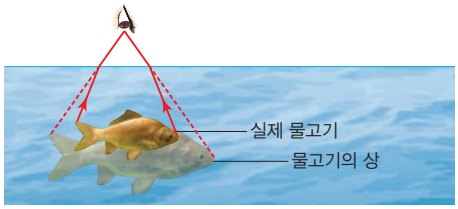
14 | 선택지 분석 |

㉠ 이 실험을 통해 전자의 파동성을 입증할 수 있다.
➡ 전자의 파동성 때문에 이중 슬릿을 통과할 때 간섭이 일어나 간섭무늬를 만든다.

㉡ 스크린에서 밝은 지점은 보강 간섭이 일어난 지점이다.
➡ 밝은 지점은 보강 간섭, 어두운 지점은 상쇄 간섭이 일어난 지점이다.

㉢ 가속 전압을 높이면 전자의 운동량의 크기가 증가한다.
➡ 가속 전압을 높이면 전자의 속력이 빨라져 운동량의 크기가 증가한다.

15 (1) 빛의 굴절은 빛이 한 매질에서 다른 매질로 진행하면서 속력이 달라질 때 일어난다.
(2) 물속에서 공기 중으로 빛이 나올 때 굴절각이 커지는 방향으로 굴절하기 때문에 물속에 있는 물고기는 실제 크기보다 커 보인다.



채점 기준		배점
(1)	빛이 물속에서 공기 중으로 진행할 때 속력이 달라진다는 것과 굴절을 모두 서술한 경우	100 %
	빛의 굴절만 서술한 경우	50 %
(2)	물속에서 공기 중으로 빛이 나오는 것과 굴절각이 커지는 방향으로 굴절하는 것을 모두 포함하여 서술한 경우	100 %
	물속에서 공기 중으로 빛이 나오는 것과 굴절각이 커지는 방향으로 굴절하는 것 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

16 전반사 현상은 입사각이 굴절각보다 크고 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 입사할 때 일어난다.

채점 기준	배점
정답과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
정답만 옳게 쓴 경우	50 %

17 (1) 헤드폰에 마이크를 달아 마이크로 입력된 소음과 상쇄 간섭을 일으킬 수 있는 소리를 발생시키면 원래 소음과 헤드폰에서 발생시킨 소리가 서로 상쇄되어 소음이 줄어든다.
(2) 마루와 골이 서로 만나는 상쇄 간섭을 일으키므로 위상이 서로 반대이다.

채점 기준	배점
'상쇄 간섭', '위상이 반대이다.'를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

18 (1) 자외선은 형광 물질을 자극하여 가시광선을 방출하지만, 가시광선은 에너지가 자외선보다 작아 형광 물질을 충분히 자극하지 못한다.
(2) 전자가 광자의 에너지를 흡수하여 들뜬상태가 되었다가 다시 바닥상태로 돌아오면서 형광 빛을 방출한다.

채점 기준	배점
(1)과 (2)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(2)만 옳게 서술한 경우	60 %
(1)만 옳게 쓴 경우	40 %