하이라이트
지학사

개념풀 문제편

물리학 I

정답과 해설



정답과 해설 사용 설명서

+ 명쾌한 해설 +

문제에 대한 정답과 명쾌한 해설을 제공하여 문제를 풀면서 개념을 다질 수 있도록 하였어요.

+ 오답 풀이 +

선택지의 진술이 왜 그른지를 쉽고 명확하게 설명하여 학교 시험에서 실수를 줄일 수 있어요.

+ 자료 분석 +

제시된 자료를 심층 분석하여 개념을 완벽하게 이해할 수 있어요.

개념풀 문제편

물리학 I

정답과 해설

Ⅰ 역학과 에너지

01 여러 가지 물체의 운동

내신 완성 핵심Q

007쪽

01 ④ 02 ④ 03 ① 04 ④ 05 ① 06 ⑤ 07 ②
08 ⑤ 09 ③ 10 ④ 11 ④ 12 ① 13 ③ 14 ③
15 ③ 16 ④ 17 ⑤ 18 ③

19 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
20 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
21 해설 참조

01 이동 거리는 민호가 실제로 움직인 경로의 길이이고, 변위의 크기는 처음 위치와 나중 위치를 직선으로 연결한 길이이다. 따라서 이동 거리는 130 m, 변위의 크기는 70 m이다.

02 평균 속력$=\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}=\frac{210\text{ m}}{10\text{ s}}=21\text{ m/s}$

평균 속도의 크기$=\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}=\frac{150\text{ m}}{10\text{ s}}=15\text{ m/s}$

03 ㄱ. 0초부터 4초까지 일직선상에서 운동 방향이 변하지 않았으므로 평균 속력과 평균 속도의 크기는 같다.
ㄴ. 0초부터 6초까지 변위의 크기는 출발점에서 도착점까지의 거리이므로 16 m이다.
[오답 풀이] ㄷ. 0초부터 4초일 때와 4초부터 6초까지의 운동 방향은 반대이다. 즉, 4초일 때 운동 방향이 변하였다.
ㄹ. 0초부터 6초 동안의 평균 속력$=\frac{24\text{ m}}{6\text{ s}}=4\text{ m/s}$이다.

04 ㄴ. 일직선상에서 운동 방향이 변하지 않는 경우 출발점과 도착점이 같으면 이동 거리도 같다.
ㄷ. 일직선상에서 운동 방향이 변하는 경우 출발점과 도착점이 같을 때 평균 속도의 크기는 같지만 평균 속력은 운동 방향이 변한 경우가 더 빠르다.
[오답 풀이] ㄱ. A, B, C의 출발점과 도착점이 같으므로 변위의 크기는 A, B, C가 모두 같다.

05 철수: 운동 방향이 일정하면 이동 거리와 변위의 크기가 같으므로 속력과 속도의 크기가 같다.
[오답 풀이] 영희: 원형 트랙에서 운동하는 물체의 빠르기는 속력을 이용하여 비교한다.
민수: 운동 방향이 변할 때 변위의 크기는 이동 거리보다 작으므로 속도의 크기는 속력보다 작다.

06 ㄱ. 위치–시간 그래프에서 직선의 기울기는 속도이며, 5초일 때 직선의 기울기가 (+)에서 (−)로 변하므로 5초일 때 운동 방향이 바뀐다.
ㄴ. 0초부터 5초까지의 속력$=\frac{50\text{ m}}{5\text{ s}}=10\text{ m/s}$이고, 5초부터 15초까지의 속력$=\frac{50\text{ m}}{10\text{ s}}=5\text{ m/s}$이다.
ㄷ. 0초부터 10초까지 평균 속력$=\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}=\frac{75\text{ m}}{10\text{ s}}=7.5\text{ m/s}$이고, 0초부터 10초까지 평균 속도의 크기$=\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}=\frac{25\text{ m}}{10\text{ s}}=2.5\text{ m/s}$이다.

07 ② 0초부터 5초까지 평균 속도의 크기$=\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}=\frac{27.5\text{ m}}{5\text{ s}}=5.5\text{ m/s}$이다.
[오답 풀이] ① 속도–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 변위를 나타낸다. 0초부터 2초까지 변위의 크기(=이동 거리)는 5 m이다.
③ 2초부터 5초까지 이동한 거리=5초부터 7초까지 이동한 거리=22.5 m이다.
④ 0초부터 9초까지 속도는 (+)값이므로 운동 방향은 변하지 않았다.
⑤ 평균 가속도의 크기$=\frac{\text{속도 변화량의 크기}}{\text{걸린 시간}}$이므로 0초부터 9초까지 평균 가속도의 크기$=\frac{(15-0)\text{ m}}{(9-0)\text{ s}}=\frac{5}{3}\text{ m/s}^2$이고, 2초부터 5초까지 평균 가속도의 크기$=\frac{(10-5)\text{ m}}{(5-2)\text{ s}}=\frac{5}{3}\text{ m/s}^2$이다.

08 ㄱ. 0초부터 4초까지 변위의 크기는 2 m이고, 이동 거리는 6 m이다.
ㄴ. 4초부터 6초까지는 속도가 4 m/s로 일정하므로 등속 직선 운동을 한다.
ㄷ. 6초부터 8초까지 속도의 방향, 즉 운동 방향은 (+)이고, 가속도의 방향은 (−)이다.

09 ㄱ. 0초부터 20초까지 A의 이동 거리$=10\times10+\frac{1}{2}\times10\times(10+20)=250\text{ m}$이고, B의 이동 거리$=15\times20=300\text{ m}$이다.
ㄴ. 10초부터 20초까지 평균 속력은 A와 B가 15 m/s로 같다.
[오답 풀이] ㄷ. 15초부터 20초까지 속력은 A가 B보다 빠르지만 A는 B보다 항상 뒤에 있다.

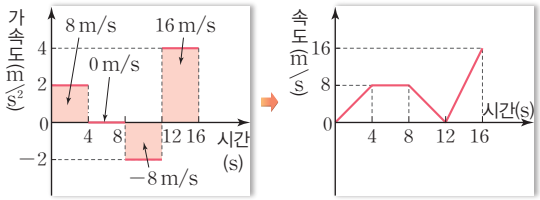
10 ㄱ. 위치–시간 그래프가 직선이므로 속력이 일정하다. A의 속력은 10 m/s이고, B의 속력은 5 m/s이다. 따라서 A와 B는 등속 직선 운동을 한다.
ㄷ. (나)에서 D는 B에 해당하므로 v는 5이다.
[오답 풀이] ㄴ. (나)에서 C는 A에 해당한다.

11 스쳐 지나갈 때 철수와 민호의 위치는 같다. 속력이 같아지는 순간은 8초이며, 8초 동안 철수와 민호가 이동한 거리를 합한 것이 L이다. 따라서 L=철수의 이동 거리+민호의 이동 거리=$\frac{1}{2}\times(6+8)\times4+\frac{1}{2}\times4\times8=44\,\text{m}$이다.

12

[자료 분석]

가속도-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 바꾸어 그린다. 가속도-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 속도 변화량을 나타낸다.



ㄱ. 정지 상태에서 출발하였으므로 2초일 때 속력=$2\,\text{m/s}^2\times2\,\text{s}=4\,\text{m/s}$이다. 6초일 때는 4초일 때의 속력으로 등속 직선 운동 하며, 속력=$2\,\text{m/s}^2\times4\,\text{s}=8\,\text{m/s}$이다.

ㄴ. 8초부터 12초까지 속도는 8 m/s에서 0 m/s로 일정하게 감소한다.

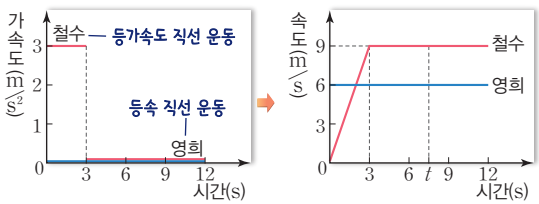
[오답 풀이] ㄷ. 운동 방향은 속도의 부호로 알 수 있다. 6초일 때의 속도는 8 m/s, 10초일 때의 속도는 4 m/s이며, 속도의 방향은 6초일 때와 10초일 때 모두 (+) 방향이다.

ㄹ. 16초일 때 속력=$4\,\text{m/s}^2\times4\,\text{s}=16\,\text{m/s}$이다.

13

[자료 분석]

가속도-시간 그래프를 속도-시간 그래프로 바꾸어 그린다.



속도-시간 그래프에서 철수와 영희가 이동한 거리가 같아지는 시간 t와 이동한 거리를 구한다.

철수의 이동 거리=$\frac{1}{2}\times3\times9+9\times(t-3)$ ……①

영희의 이동 거리=$6t$ ……②

①, ②에서 t=4.5초이고, 4.5초 동안 이동한 거리는 27 m이다.

14 자유 낙하 하는 물체는 $9.8\,\text{m/s}^2$의 가속도로 운동하므로 1초마다 속력이 9.8 m/s씩 증가한다. 따라서 2초일 때 물체의 속력은 19.6 m/s이다.

15 ㄱ. (가)는 등속 직선 운동이다. 컨베이어 벨트는 시간에 따라 위치가 일정하게 증가하는 등속 직선 운동을 한다.

ㄴ. (나)는 등가속도 직선 운동이다. 위로 똑바로 던져 올린 공이 최고점에 도달할 때까지는 속력이 일정하게 감소하는 등가속도 직선 운동을 한다.

[오답 풀이] ㄷ. (다)는 등가속도 직선 운동이며, 바이킹의 운동은 가속도가 변하는 운동이다.

16 매끄러운 빗면에서 아래로 운동하는 물체는 등가속도 직선 운동을 한다. 따라서 X는 속도이고, Y는 가속도이다.

17 ㄱ. X는 A에서 D까지 운동할 때 등속 직선 운동을 한다.

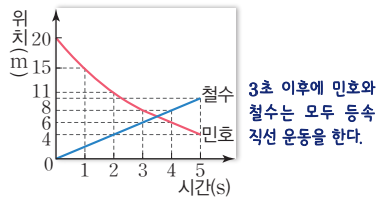
ㄴ. Y가 B에서 D까지 운동하는 동안 평균 속력=$\frac{5\,\text{cm}}{0.2\,\text{s}}=0.25\,\text{m/s}$이다.

ㄷ. X와 Y가 A에서 D까지 운동하는 동안 X의 평균 속력=$\frac{6\,\text{cm}}{0.3\,\text{s}}=0.2\,\text{m/s}$이고, Y의 평균 속력=$\frac{6\,\text{cm}}{0.3\,\text{s}}=0.2\,\text{m/s}$이다.

18

[자료 분석]

표를 위치-시간 그래프로 나타낸다.



ㄱ. 철수는 2 m/s의 속력으로 등속 직선 운동을 한다.

ㄴ. 위치가 같아지는 시간은 3.5초이다.

[오답 풀이] ㄷ. 민호는 0~3초 동안은 속력이 감소하다가 3~5초 동안은 속력이 일정한 운동을 한다.

19 (1) | 모범 답안 | A의 위치는 0 → 15 m → 10 m로 변하므로 이동 거리는 20 m이고, B의 위치는 0 → 10 m로 변하므로 이동 거리는 10 m이다. 따라서 s_A는 s_B의 2배이다.

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

(2) | 모범 답안 | 평균 속도의 크기=$\frac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}$이므로 $v_A=\frac{10\,\text{m}}{5\,\text{s}}=2\,\text{m/s}$이고, $v_B=\frac{10\,\text{m}}{5\,\text{s}}=2\,\text{m/s}$이다. 따라서 $\frac{v_A}{v_B}=1$이다.

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

20 (1) | 모범 답안 | 평균 속력=$\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}=\frac{0.18\,\text{m}}{0.6\,\text{s}}=0.3\,\text{m/s}$

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

(2) |모범 답안| AB 구간의 속력$=\frac{3}{20}$ m/s,

BC 구간의 속력$=\frac{6}{20}$ m/s, CD 구간의 속력$=\frac{9}{20}$ m/s이다.

따라서 가속도$=\frac{\frac{6}{20}\text{ m/s}-\frac{3}{20}\text{ m/s}}{0.2\text{ s}}=\frac{3}{4}$ m/s^{2}이다.

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

21 |모범 답안|

구분	속력 일정	속력 변함
운동 방향 일정	ㄷ	ㄴ
운동 방향 변함	ㄱ	ㄹ, ㅁ

채점 기준	배점(%)
5개를 모두 옳게 쓴 경우	100
5개 중 1개당	20

1등급 공략 핵심Q

011쪽

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ①

01 ㄱ. 평균 속력$=\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}=\frac{200\text{ m}}{10\text{ s}}=20$ m/s

ㄷ. 가속도의 크기$=\frac{\text{속도 변화량의 크기}}{\text{걸린 시간}}=\frac{(30-10)\text{ m/s}}{10\text{ s}}$

$=2$ m/s^{2}이다.

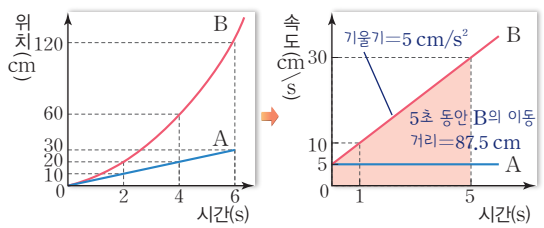
[오답 풀이] ㄴ. 평균 속력$=\frac{\text{처음 속력}+\text{나중 속력}}{2}$이므로

$\frac{10\text{ m/s}+\text{나중 속력}}{2}=20$ m/s에서 나중 속력$=30$ m/s이다.

02

[자료 분석]

표를 위치–시간 그래프로 나타내고, 속도–시간 그래프로 바꾸어 그린다.



ㄱ. 위치–시간 그래프에서 직선의 기울기는 속력이다. 따라서 A의 속력$=\frac{30\text{ cm}}{6\text{ s}}=5$ cm/s이다.

ㄴ. 속도–시간 그래프에서 직선의 기울기는 가속도를 나타내므로 B의 가속도의 크기는 5 cm/s^{2}이다.

[오답 풀이] ㄷ. 속도–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 이동 거리를 나타내므로 5초 동안 B가 이동한 거리는 87.5 cm이다.

03 ㄱ. 0~4초 동안 철수의 이동 거리는 20 m이고, 영희의 이동 거리$=\frac{1}{2}\times(v_0+v_4)\times4=12$ m이다. 12초 동안 영희의 이동 거리$=\frac{1}{2}\times(v_0+v_{12})\times12=60$ m이다. 두 식을 연립하면 $v_{12}-v_4=4$이고, 가속도$=\frac{\text{속도 변화량}}{\text{시간}}=\frac{4\text{ m/s}}{8\text{ s}}=0.5$ m/s^{2}이다.

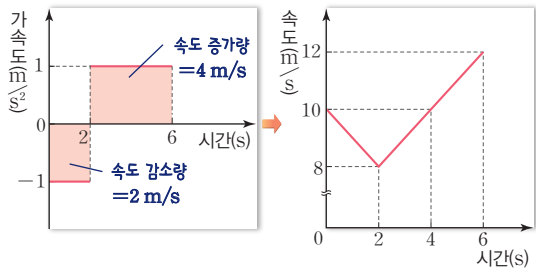
ㄴ. 가속도값을 이용하면 $v_{12}-v_0=6$이고, 위에서 세운 식으로부터 $v_{12}+v_0=10$을 연립하면 $v_0=2$ m/s를 얻을 수 있다. 따라서 6초일 때의 속력은 5 m/s이다. 따라서 0~6초 동안 영희의 평균 속력은 $\frac{2+5}{2}=3.5$ m/s이다.

[오답 풀이] ㄷ. 속도–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 이동 거리를 나타내므로 8초일 때 철수의 이동 거리는 40 m이다. 8초일 때 영희의 속력은 6 m/s이므로 영희의 이동 거리$=\frac{1}{2}\times(2+6)\times8=32$ m이다. 따라서 철수가 영희보다 8 m 앞에 있다.

04

[자료 분석]

가속도–시간 그래프를 속도–시간 그래프로 바꾸어 그린다.



ㄱ. 6초 동안 속도 변화량$=12$ m/s-10 m/s$=2$ m/s이므로 $2=(-2a)+4a$에서 $a=1$ m/s^{2}이다.

[오답 풀이] ㄴ. 2초일 때 속도 감소량이 2 m/s이므로 2초일 때의 속도는 8 m/s이고, 4초일 때 속도 증가량이 2 m/s이므로 4초일 때의 속도는 10 m/s이다.

ㄷ. 0~2초 동안 이동 거리$=\frac{1}{2}\times(10+8)\times2=18$ m이고, 4~6초 동안 이동 거리$=\frac{1}{2}\times(10+12)\times2=22$ m이다.

02 힘과 뉴턴 운동 법칙

내신 완성 핵심Q

014쪽

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ③ 06 ⑤ 07 ⑤
08 ① 09 ① 10 ④ 11 ⑤ 12 ④ 13 ② 14 ⑤
15 ④ 16 ④ 17 ③ 18 ③

19 0.8 m/s, 0 N 20 해설 참조 21 해설 참조

01 힘은 크기와 방향을 갖는 물리량으로, 힘을 합성할 때는 크기와 방향을 모두 고려해야 한다.

02 같은 방향의 두 힘의 합력의 크기는 두 힘을 더한 값이고, 반대 방향의 두 힘의 합력의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 뺀 값이다. 따라서 합력의 크기는 (가) 1 N＜(나) 2 N＜(다) 3 N이다.

03 철수: 힘의 평형 상태에서 알짜힘은 0이다.
영희: 두 힘의 작용선이 일직선상에 있고, 크기가 같고 방향이 반대이면 두 힘은 평형 상태이다.
[오답 풀이] 민수: 알짜힘이 0이어도 두 힘의 작용선이 일직선이 아니면 물체는 회전하게 된다.

04 ㄴ. 공에 작용하는 알짜힘이 0이므로 공은 등속 직선 운동을 한다.
[오답 풀이] ㄱ. 공에 작용하는 중력의 크기는 질량×중력 가속도이므로 0이 아니다.
ㄷ. 중력 가속도가 일정하므로 공의 속도는 공의 질량에 무관하다.

05 ㄱ. 종이를 재빠르게 당기면 동전에는 힘이 작용하지 않고 종이에만 힘이 작용한다. 따라서 종이만 빠져나오고, 동전은 제자리에 정지해 있으려고 하므로 컵 안으로 떨어진다.
ㄷ. 걷다가 돌부리에 걸리면 돌부리가 발에는 힘을 작용하지만 사람의 몸에는 힘을 작용하지 않는다. 따라서 사람의 몸은 계속 앞으로 움직이려고 하므로 넘어지게 된다.
[오답 풀이] ㄴ. 자유 낙하 하는 공에는 일정한 크기의 중력이 작용하므로 속력이 일정하게 증가하는 운동을 한다.

06 질량이 클수록 관성이 크다. 따라서 질량이 큰 물체는 질량이 작은 물체보다 움직이기 어렵다.

07 ㄱ. 일정한 타점(시간) 동안 이동한 거리는 평균 속력을 의미한다.
ㄴ. 용수철저울의 눈금은 물체에 작용한 힘으로, 질량이 일정할 때 힘이 커질수록 가속도가 커진다.
ㄷ. 용수철저울의 눈금은 물체에 작용한 힘으로, 힘이 커질수록 가속도가 커지고, 타점 사이의 간격이 증가하는 속도가 빠르다.

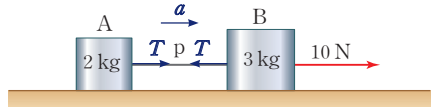
08 힘이 일정할 때 가속도는 질량에 반비례한다. 속도−시간 그래프에서 직선의 기울기는 가속도를 나타내고, A와 B의 가속도의 비가 2 : 1이므로 m_A : m_B는 1 : 2이다.

09 ㄱ. 중력은 질량×중력 가속도이므로 중력의 크기는 질량에 비례한다. A의 질량이 B의 10배이므로 A에 작용하는 중력은 B에 작용하는 중력의 10배이다.
[오답 풀이] ㄴ. 자유 낙하 하는 물체의 가속도는 질량에 관계없이 중력 가속도로 일정하다.
ㄷ. 등가속도 직선 운동의 식 $s=\frac{1}{2}at^2$에 의해 낙하하는 거리(높이)와 가속도가 같으면 낙하 시간이 같다.

10 물체가 등가속도 직선 운동을 하므로 가속도의 크기는 $a=\frac{5\text{ N}}{1\text{ kg}}=5\text{ m/s}^2$이고, 2초 동안 이동한 거리는 $L=\frac{1}{2}\times5\text{ m/s}^2\times(2\text{ s})^2=10\text{ m}$이다.

11

[자료 분석]



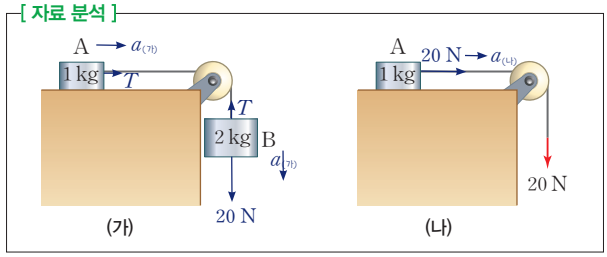
A: $T=2a$ ……① B: $10-T=3a$ ……②
①, ②에서 $a=2\text{ m/s}^2$, $T=4\text{ N}$이다.

ㄱ. A의 가속도의 크기는 $a=\frac{4\text{ N}}{2\text{ kg}}=2\text{ m/s}^2$이다.
ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기=p가 B를 당기는 힘의 크기=4 N
ㄷ. A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 $2\text{ kg}\times2\text{ m/s}^2=4\text{ N}$, $3\text{ kg}\times2\text{ m/s}^2=6\text{ N}$이다.

12 (가)에서 $a=\frac{F}{m}$이고, (나)에서 $\frac{a}{2}=\frac{2F}{M}$이므로 $M=4m$이다. 따라서 (다)에서 $a'=\frac{F}{5m}=\frac{1}{5}a$이다.

13

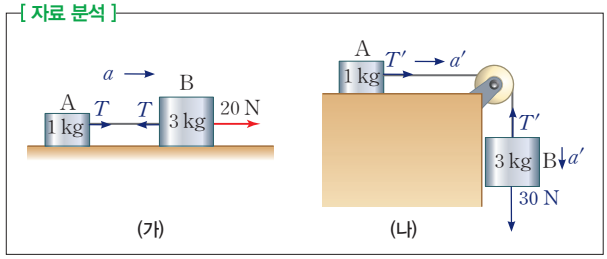
[자료 분석]



(가)에서 실이 물체를 당기는 힘을 T라고 하면 $20-T=2a_{(가)}$, $T=1\text{ kg}\times a_{(가)}$에서 $a_{(가)}=\frac{20}{3}\text{ m/s}^2$이다. (나)에서 $20\text{ N}=1\text{ kg}\times a_{(나)}$이므로 $a_{(나)}=20\text{ m/s}^2$이다. 따라서 $a_{(가)}:a_{(나)}=\frac{20}{3}:20=1:3$이다.

14

[자료 분석]



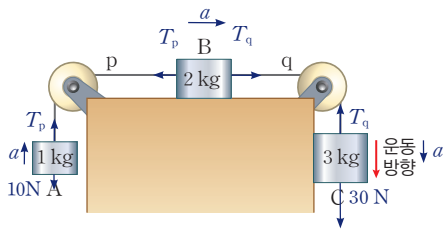
ㄴ. (가)에서 가속도를 a, 실이 물체를 당기는 힘을 T라고 하면 $T=a$, $20-T=3a$에서 $a=5\text{ m/s}^2$, $T=5\text{ N}$이다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 5 N이다.

ㄷ. (나)에서 가속도를 a', 실이 물체를 당기는 힘을 T'라고 하면 $T'=a'$, $30-T'=3a'$에서 $a'=7.5\,\mathrm{m/s^2}$, $T'=7.5\,\mathrm{N}$이다. 따라서 B의 가속도의 크기는 $7.5\,\mathrm{m/s^2}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서는 5 N이고, (나)에서는 7.5 N이다.

15

[자료 분석]



ㄱ, ㄴ. p와 q가 B에 작용하는 힘을 각각 T_p, T_q라고 할 때 $30-T_q=3a$, $T_q-T_p=2a$, $T_p-10=a$이다. 세 식을 연립하면 $a=\frac{10}{3}\,\mathrm{m/s^2}$, $T_p=\frac{40}{3}\,\mathrm{N}$, $T_q=20\,\mathrm{N}$이다.

[오답 풀이] ㄷ. $T_p:T_q=\frac{40}{3}\,\mathrm{N}:20\,\mathrm{N}=2:3$이다.

16

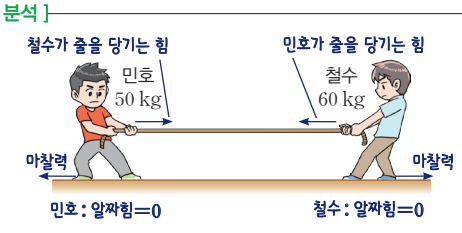
두 물체 사이의 상호 작용을 작용 반작용이라고 한다. 낙하하는 물체의 속력 변화는 가속도 법칙으로 설명할 수 있다.

17

작용 반작용 관계인 힘은 F_1과 F_2, F_3과 F_4이고, 평형 관계인 힘은 F_1과 F_4이다.

18

[자료 분석]



ㄷ. 철수와 민호는 정지 상태를 유지하고 있으므로 철수와 민호에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

[오답 풀이] ㄱ. 민호와 철수가 같은 줄을 서로 잡아당기고 있으므로 철수와 민호가 줄을 당기는 힘은 크기가 서로 같다.

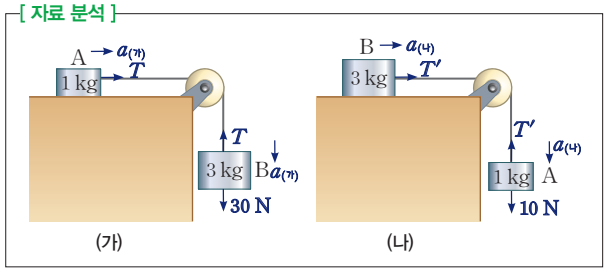
ㄴ. 마찰력과 철수가 줄을 당기는 힘의 합력, 마찰력과 민호가 줄을 당기는 힘의 합력이 0이므로 마찰력의 크기는 모두 같다.

19

공의 평균 속력 $=\frac{12\,\mathrm{cm}}{0.15\,\mathrm{s}}=0.8\,\mathrm{m/s}$이고, 등속 직선 운동을 하므로 공에 작용하는 힘의 크기는 0 N이다.

20

[자료 분석]



|모범 답안| (가)에서 실이 물체를 당기는 힘을 T라고 할 때 $30-T=3a_{(가)}$, $T=a_{(가)}$이고, (나)에서 실이 물체를 당기는 힘을 T'라고 할 때 $10-T'=a_{(나)}$, $T'=3a_{(나)}$이므로 $a_{(가)}:a_{(나)}=3:1$이다.

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

21

|모범 답안| A에 작용하는 힘에는 중력, p가 A를 당기는 힘, q가 A를 당기는 힘이 있다.

작용: 중력, 반작용: A가 지구를 당기는 힘

작용: p가 A를 당기는 힘, 반작용: A가 p를 당기는 힘

작용: q가 A를 당기는 힘, 반작용: A가 q를 당기는 힘

채점 기준	배점(%)
작용과 반작용 6개를 모두 옳게 쓴 경우	100
작용과 반작용을 옳게 쓴 경우(1개당)	15

1등급 공략 핵심Q

018쪽

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

01

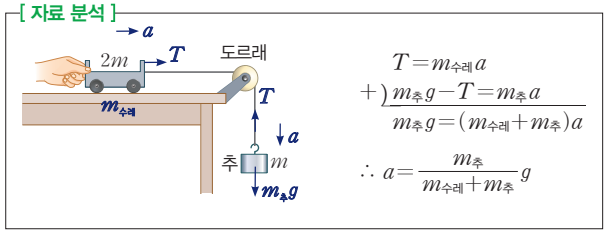
영희: 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 정지한 물체는 계속 정지해 있으려고 하는데, 이러한 성질이 관성이다.

[오답 풀이] 철수: 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 운동하는 물체는 등속 직선 운동을 계속 한다.

민수: 질량이 클수록 관성이 크다.

02

[자료 분석]



$T=m_{수레}a$

$+)\ m_{추}g-T=m_{추}a$

$m_{추}g=(m_{수레}+m_{추})a$

$\therefore a=\frac{m_{추}}{m_{수레}+m_{추}}g$

A의 가속도$=\frac{v}{t}=a=\frac{m}{2m+m}g=\frac{1}{3}g$

B의 가속도$=\frac{2v}{t}=2a=\frac{2}{3}g=\frac{m_{추}}{m_{수레}+m_{추}}g$

ㄱ. 가속도$=\frac{4m}{2m+4m}g=\frac{2}{3}g$(○)

ㄷ. 가속도$=\frac{6m}{3m+6m}g=\frac{2}{3}g$(○)

[오답 풀이] ㄴ. 가속도$=\frac{m}{3m+m}g=\frac{1}{4}g$(×)

03 ㄱ. (가)에서 동전에는 힘이 작용하지 않으므로 힘이 작용한 종이만 빠져나온다.

ㄷ. 버스가 급정거 할 때 승객의 몸이 앞으로 쏠리는 것은 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)으로 설명할 수 있다.

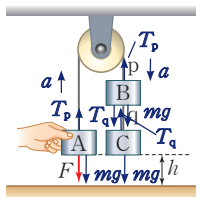
[오답 풀이] ㄴ. (나)에서 추에는 힘이 작용하지 않으므로 추는 정지해 있고, 아래쪽 실만 끊어진다.

04 (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{10\text{ N}}{1\text{ kg}}=10\text{ m/s}^2$이고, (나)에서 A, B의 가속도의 크기는 $\frac{20\text{ N}}{(1+2)\text{ kg}}=\frac{20}{3}\text{ m/s}^2$이다. (가)와 (나)에서 A에 작용하는 알짜힘의 크기의 비는 가속도의 크기의 비와 같으므로 $10:\frac{20}{3}=3:2$이다.

05

[자료 분석]

F를 작용하여 물체가 정지해 있는 상태, C가 지면에 닿기 직전까지의 운동 상태, C가 지면에 닿은 후 A와 B가 운동하고 있는 상태에서 각각 운동 방정식을 세운다.



• F를 작용하여 정지한 상태

$a=0$

A: $T_p-F-mg=0$

B: $T_q+mg-T_p=0$

C: $+)$ $mg-T_q=0$

$F=mg=10m=\frac{100}{3}\text{ N}$

• C가 지면에 닿기 직전의 상태

$a=\frac{2\text{ m/s}}{0.6\text{ s}}=\frac{10}{3}\text{ m/s}^2$

A: $T_p'-mg=\frac{10}{3}a$

B: $T_q'+mg-T_p'=\frac{10}{3}a$

C: $+)$ $mg-T_q'=\frac{10}{3}a$

$mg=10m=10\times\frac{10}{3}\text{ m/s}^2$

$\therefore m=\frac{10}{3}\text{ kg}$, $T_p'=\frac{400}{9}\text{ N}$

• C가 지면에 닿은 후의 상태

$a=0$

A: $T_p''-mg=0$

B: $-)$ $mg-T_p''=0$

$T_p''=mg=\frac{10}{3}\times10$

$=\frac{100}{3}\text{ N}$

ㄱ. 0.6초일 때 C가 바닥에 닿는다. C가 낙하한 거리와 B가 낙하한 거리는 같으므로 (나)의 속력–시간 그래프에서 0~0.6초 동안 B가 낙하한 거리를 구하면 된다. 따라서 $h=\frac{1}{2}\times0.6\text{ s}\times2\text{ m/s}=0.6\text{ m}$이다.

ㄴ. C가 지면에 닿기 직전까지의 상태에서 운동 방정식을 세워서 풀면 $F=\frac{100}{3}\text{ N}$이다.

ㄷ. 0.4초일 때 p가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{400}{9}\text{ N}$이고, 0.8초일 때 p가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{100}{3}\text{ N}$이다. 따라서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 0.4초일 때가 0.8초의 $\frac{4}{3}$배이다.

06 ㄱ. 철수가 벽을 미는 힘과 벽이 철수를 미는 힘은 상호 작용으로, 작용 반작용 관계이다.

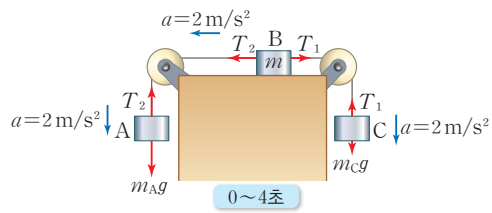
[오답 풀이] ㄴ. 작용 반작용 관계인 힘은 크기가 같고, 방향이 반대이다.

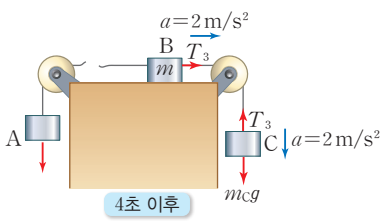
ㄷ. 철수가 벽을 미는 동안 힘을 받고 있으므로 철수의 속력은 변한다.

07

[자료 분석]

• 실이 끊어지기 전 A, B, C의 가속도는 2 m/s^2이다. 실이 끊어진 후 B와 C의 가속도는 -2 m/s^2이다. 각각의 운동 방정식을 세운 후 A와 C의 질량을 구한다.





• 실이 끊어지기 전

A: $m_Ag-T_2=2m_A$

B: $T_2-T_1=2m$

C: $+)$ $T_1-m_Cg=2m_C$

$10(m_A-m_C)=2(m_A+m+m_C)$ ……①

• 실이 끊어진 후

B: $T_3=2m$

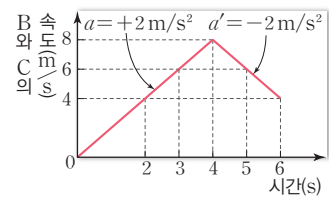
C: $+)$ $m_Cg-T_3=2m_C$

$10m_C=2m+2m_C$

$4m_C=m$ ……②

①과 ②에서 $m_A=\frac{5}{2}m_C$

• 가속도–시간 그래프를 속도–시간 그래프로 바꾸어 그리면 C의 속도를 알 수 있다.



ㄱ. 운동 방정식을 연립하여 풀면 $m_A=\frac{5}{2}m_C$이므로 A의 질량이 C의 질량의 $\frac{5}{2}$배이다.

ㄷ. 3초와 5초일 때 C의 속력은 6 m/s로 같다.

[오답 풀이] ㄴ. 4초일 때 실이 끊어진 후 가속도의 부호가 반대로 된다. 그러나 속도는 4초부터 8초까지 일정하게 감소하다가 8초 이후에 운동 방향이 반대가 된다.

08 ㄱ. (가)에서 나무판이 A를 떠받치는 힘의 크기는 중력의 크기와 같다. (나)에서 나무판이 A를 떠받치는 힘의 크기는 중력과 B가 A를 밀어내는 자기력의 합과 같다. 이때 자기력은 중력의 크기와 같다.

ㄴ. (가)에서 나무판이 B를 떠받치는 힘의 크기는 (나)에서 작용하는 자기력의 크기와 같고, 자기력의 크기는 B의 중력의 크기와 같다.

ㄷ. A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용 반작용 관계로, 크기가 같고 방향은 반대이다.

03 운동량과 충격량

내신 완성 핵심Q

021쪽

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

17 $\frac{v}{2}$ 18 해설 참조 19 해설 참조

01 ① 운동량의 방향은 속도의 방향과 같다.

② 운동하는 물체에 작용하는 힘이 0이면 등속 직선 운동을 하므로 운동량은 일정하다.

02 ㄴ. 운동량의 크기=질량×속도의 크기이므로 3초일 때 물체의 속도의 크기는 $7\,\text{kg·m/s}=0.5\,\text{kg}\times v$에서 $v=14\,\text{m/s}$이다.

ㄷ. 운동량-시간 그래프에서 직선의 기울기는 물체에 작용한 힘을 나타낸다. 따라서 물체에 작용한 힘$=\frac{(7-1)\,\text{N·s}}{3\,\text{s}}=2\,\text{N}$이고, 힘=질량×가속도이므로 가속도$=\frac{2\,\text{N}}{0.5\,\text{kg}}=4\,\text{m/s}^2$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 운동량이 시간에 따라 일정하게 증가하고 있다. 다라서 속도도 일정하게 증가하고 있으므로 가속도가 일정하고, 일정한 크기의 힘이 작용하고 있다.

03 ㄱ. 운동량=질량×속도이므로 t일 때의 속도(속력)$=\frac{\text{운동량}}{\text{질량}}=\frac{p}{2m}$이다.

ㄴ. 0~$2t$ 동안 운동량이 일정하게 증가하므로 물체에 일정한 크기의 힘이 운동 방향으로 작용하고 있다.

[오답 풀이] ㄷ. 운동량-시간 그래프에서 직선의 기울기는 물체에 작용한 힘을 나타낸다. 직선의 기울기가 0이므로 물체에 작용한 힘은 0이다.

04 $p_1=1\,\text{kg}\times\frac{0.2\,\text{m}}{0.2\,\text{s}}=1\,\text{kg·m/s}$이고,

$p_2=2\,\text{kg}\times\frac{0.09\,\text{m}}{0.2\,\text{s}}=0.9\,\text{kg·m/s}$이다. 따라서 $p_1=\frac{10}{9}p_2$이다.

05 ㄱ. (다)에서 A의 질량×이동 거리=B의 질량×이동 거리이므로 $2\,\text{kg}\times6\,\text{cm}=3\,\text{kg}\times x$에서 $x=4\,\text{cm}$이다.

ㄴ. $p_3=1\,\text{kg}\times\frac{0.18\,\text{m}}{0.2\,\text{s}}=0.9\,\text{kg·m/s}$이다.

ㄷ. 분열 전 운동량의 총합은 분열 후 운동량의 총합과 같으므로 $0=-p_2+p_3$에서 $\frac{p_2}{p_3}=1$이다.

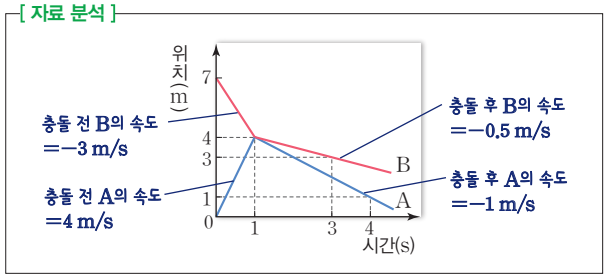
06 ㄱ. 충돌 전 운동량의 총합=충돌 후 운동량의 총합이므로 $14\,\text{kg·m/s}-6\,\text{kg·m/s}=5v$에서 $v=1.6\,\text{m/s}$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 충돌 전 운동량의 총합은 충돌 후 운동량의 총합과 같다.

ㄷ. 충돌할 때 A가 B를 미는 힘의 크기는 B가 A를 미는 힘의 크기와 같고, 방향은 반대이다 .

07

[자료 분석]



ㄱ. 위치-시간 그래프에서 직선의 기울기는 속도를 나타낸다. 충돌 후 A, B의 속도의 방향은 왼쪽 방향으로 서로 같다.

ㄴ. 충돌 전 운동량의 총합은 충돌 후 운동량의 총합과 같으므로 $m_A\times(4\,\text{m/s})+m_B\times(-3\,\text{m/s})=m_A\times(-1\,\text{m/s})+m_B\times(-0.5\,\text{m/s})$에서 $m_B=2m_A$이다. 따라서 $m_A:m_B=1:2$이다.

[오답 풀이] ㄷ. 충돌 전 A의 운동량의 크기는 $4m_A$이고, 충돌 후 A의 운동량의 크기는 m_A이다.

08 ㄱ. 어른과 어린이가 미는 동안 힘의 크기는 같다. 따라서 어른 질량×어른 가속도의 크기=어린이 질량×어린이 가속도의 크기이고, 어린이의 질량이 어른 질량의 $\frac{1}{2}$배이므로 가속도의 크기는 어린이가 어른의 2배이다.

ㄷ. 어른이 어린이를 미는 힘과 어린이가 어른을 미는 힘은 상호 작용으로, 작용 반작용 관계의 힘이다.

[오답 풀이] ㄴ. 충격량=힘×충돌 시간으로, 어른과 어린이 사이에 작용하는 힘의 크기가 같고, 충돌 시간도 같으므로 어른과 어린이가 받은 충격량의 크기는 같다.

09 힘–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량, 즉 운동량 변화량을 나타낸다. 충돌 후 A는 왼쪽으로 힘을 받는다.

오른쪽 방향을 (+)로 정하면 $-\frac{3}{5}mv_0=m(v_{나중}-v_0)$에서

$v_{나중}=\frac{2}{5}v_0$이다.

10 힘–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량을 나타낸다. 충돌하는 동안 충격량의 크기$=\frac{1}{2}\times30\,\mathrm{N}\times0.2\,\mathrm{s}=3\,\mathrm{N\cdot s}$이다.

ㄴ. 충돌 후 B가 받은 충격량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같고, B의 처음 속력이 0이므로 충돌 후 B의 운동량의 크기는 $3\,\mathrm{N\cdot s}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 충돌하는 동안 A에는 충돌 전 운동 방향과 반대 방향으로 0.2초 동안 힘이 작용한다.

ㄷ. 충돌하는 동안 A, B가 받는 충격력은 작용 반작용 관계인 힘으로, 충돌하는 동안 받는 힘의 크기는 A와 B가 같다.

11 오른쪽 방향을 (+)로 정하면 운동량 보존 법칙에 의해 $1\,\mathrm{kg}\times2\,\mathrm{m/s}=1\,\mathrm{kg}\times(-1\,\mathrm{m/s})+4\,\mathrm{kg}\times v$이므로 충돌 후 B의 속도는 $v=\frac{3}{4}\,\mathrm{m/s}$이다.

ㄴ.A가 받은 충격량의 크기=A의 운동량 변화량의 크기$=1\,\mathrm{kg}\times(2-(-1))\mathrm{m/s}=3\,\mathrm{kg\cdot m/s}=3\,\mathrm{N\cdot s}$이다.

ㄷ. B의 속도 변화량의 크기$=\frac{3}{4}\,\mathrm{m/s}-0=\frac{3}{4}\,\mathrm{m/s}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 충돌 후 B의 속력은 $\frac{3}{4}\,\mathrm{m/s}$이고, A의 속력은 $1\,\mathrm{m/s}$이다.

12 철수: 충격량은 크기와 방향을 갖는 물리량으로, 충격량의 방향은 힘의 방향과 같다.

영희: 충격량의 단위는 운동량의 단위와 같으며, kg·m/s, N·s를 사용한다.

[오답 풀이] 민수: 충격량은 운동량 변화량과 같은 물리량이다.

13 ㄴ. 힘–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량, 즉 운동량 변화량을 나타낸다. 2~4초 동안 힘–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 $20\,\mathrm{N\cdot s}$이다.

ㄷ. 0~4초 동안 충격량의 크기는 $30\,\mathrm{N\cdot s}$이다. $I=\Delta p=m\Delta v$이므로 $v_{4초}-0=\frac{30\,\mathrm{N\cdot s}}{2\,\mathrm{kg}}$에서 4초일 때의 속력은 $v_{4초}=15\,\mathrm{m/s}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 0~2초 동안 물체에 작용하는 힘의 크기가 일정하게 증가하므로 단위 시간 동안 운동량 변화량이 일정하게 증가한다. 따라서 운동량은 일정하게 증가하지 않는다.

14 야구공을 칠 때 야구 방망이를 끝까지 휘두르는 것은 충격력이 작용하는 시간을 길게 하여 운동량의 변화를 크게 하려는 것으로, 충격력을 줄이는 원리를 이용하는 것의 예가 아니다. 이때는 충격량이 커진다.

15 ㄴ. 동일한 질량의 두 달걀은 같은 높이에서 낙하하였으므로 지면에 닿을 때의 속력이 같고, 지면에 닿아 충돌하여 정지할 때까지의 운동량 변화량이 같다. 따라서 힘–시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이가 같다.

ㄷ. 운동량 변화량이 같으므로 충격량의 크기가 같다.

[오답 풀이] ㄱ. X는 힘이 작용하는 시간이 짧고, 평균 충격력이 큰 경우이므로 A에 해당된다.

16 ㄴ. 포신이 길수록 포탄이 힘을 받는 시간이 길어져 충격량이 커진다.

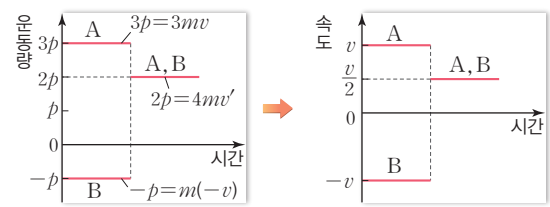
[오답 풀이] ㄱ. 범퍼는 충돌 시 충돌 시간을 길게 해 주어 충격력을 줄여 주어야 하므로 쉽게 찌그러질 수 있는 소재로 만들어야 한다.

ㄷ. (가)는 충격량이 일정할 때 충돌 시간을 길게 하여 충격력을 줄이는 원리를 이용한 것이고, (나)는 동일한 충격력을 받을 때 충돌 시간을 길게 하여 운동량 변화량을 크게 하는 원리를 이용한 것이다.

17

[자료 분석]

운동량–시간 그래프를 속도–시간 그래프로 바꾸어 그린다.



그래프에서 충돌 전 A의 운동량이 $3mv=3p$이므로 충돌 전 B의 운동량 $mv_B=-p$에서 충돌 전 B의 속도는 $v_B=-v$이다. 운동량 보존 법칙에 의해 $3mv-mv=4mv'$이므로 충돌 후 A와 B의 속도의 크기는 $v'=\frac{v}{2}$이다.

18 |모범 답안| 운동량 변화량=충격량이므로 $2m\left(v_B-\frac{v_0}{2}\right)=\frac{2}{5}mv_0$이고, $v_B=\frac{v_0}{5}+\frac{v_0}{2}=\frac{7}{10}v_0$이므로 B의 속도의 크기는 $\frac{7}{10}v_0$이다.

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

19 |모범 답안| 운동하던 물체가 정지할 때 충돌 시간을 길게 하여 물체가 받는 충격력을 줄여 준다.

채점 기준	배점(%)
충돌 시간과 충격력을 모두 사용하여 그 원리를 옳게 서술한 경우	100
충돌 시간만 언급하여 그 원리를 서술한 경우	50

1등급 공략 핵심Q

025쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ③

01 ㄴ. 1~4초 동안 물체는 1 m/s의 속력으로 등속 직선 운동을 한다. 따라서 이동 거리=1 m/s×3 s=3 m이다.

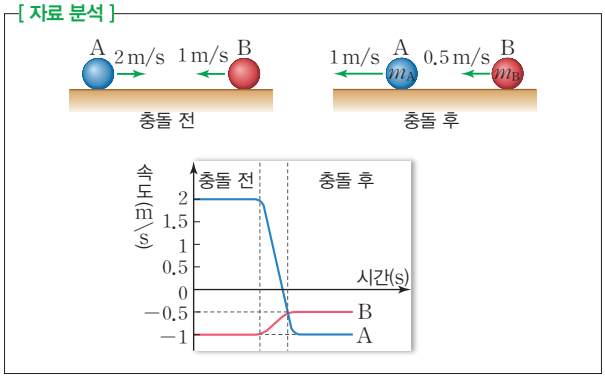
ㄷ. 4~6초 동안 속력이 일정하게 감소한다. 따라서 힘의 방향과 운동 방향은 반대이다.

[오답 풀이] ㄱ. 0~1초 동안 운동량이 일정하게 증가하고 있으므로 물체에는 일정한 힘이 작용하고 있다.

02 분열 전 운동량의 합은 0이고, 운동량은 보존되므로 분열 후 운동량의 합도 0이다. 각각의 경우 충돌한 상대편 수레의 운동량의 크기는 모두 p이므로 ㉠+㉡+㉢=3p이다.

03

[자료 분석]



ㄱ. 운동량 보존 법칙에 의해

$m_A \times 2\ m/s - m_B \times 1\ m/s = -m_A \times 1\ m/s - m_B \times 0.5\ m/s$이므로 $m_B = 6m_A$이다. 따라서 B의 질량이 A의 6배이다.

ㄴ. 충돌하는 동안 A와 B가 받은 충격량의 크기가 같으므로 운동량 변화량의 크기는 같다.

[오답 풀이] ㄷ. 충돌 시간 동안 A가 B를 미는 힘의 크기와 B도 A를 미는 힘의 크기가 같으므로 A와 B가 받은 충격량의 크기가 같다. 따라서 평균 충격력의 크기는 A와 B가 같다.

04 ㄱ. 질량이 같은 달걀 A, B가 같은 높이에서 낙하하였으므로 지면에 도달했을 때 A와 B의 운동량의 크기는 같다.

ㄷ. 달걀이 받는 평균 충격력의 크기는 A가 B보다 크므로 A의 경우에 달걀이 깨진다.

[오답 풀이] ㄴ. 운동량 변화량의 크기는 충격량의 크기이다. 그래프에서 두 넓이가 같으므로 운동량 변화량의 크기는 같다.

04 역학적 에너지 보존

내신 완성 핵심Q

028쪽

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

16 해설 참조 17 해설 참조

01 과학에서는 물체에 힘이 작용하여 힘의 방향으로 물체가 이동했을 때 힘이 일을 하였다고 한다.

민수: 낙하할 때 물체는 중력이 작용하는 방향으로 이동하므로 중력이 물체에 일을 한 것이다.

[오답 풀이] 철수: 일상에서의 일과 과학에서의 일은 다르다.

영희: 물체에 힘을 작용하였으나 힘의 방향으로 이동한 거리가 0이므로 힘이 한 일은 0이다.

02 ① 물체를 앞으로 끄는 힘에 의해 물체가 앞으로 이동하였을 때 힘은 물체에 양(+)의 일을 한다.

[오답 풀이] ② 힘이 작용하는 방향으로 이동한 거리가 0이므로 힘이 한 일은 0이다.

③ 물체의 이동 거리가 0이므로 힘이 한 일은 0이다.

④ 물체의 이동 방향과 반대 방향으로 마찰력이 작용하고 있으므로 마찰력 한 일은 음(−)의 일이다.

⑤ 원운동하는 물체에 작용하는 힘의 방향과 물체가 이동한 방향은 서로 수직이다. 따라서 힘의 방향으로 이동한 거리가 0이므로 힘이 한 일은 0이다.

03 ㄱ. 힘–이동 거리 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 힘이 한 일이다. 따라서 힘이 한 일$=\frac{1}{2}\times 10\ N\times 2\ m=10\ J$이다.

ㄷ. 이동하는 동안 수평면이 물체를 떠받치는 힘의 방향으로 물체가 이동한 거리가 0이므로 떠받치는 힘이 한 일은 0이다.

[오답 풀이] ㄴ. 물체에 작용하는 힘이 일정하게 증가하므로 물체의 가속도의 크기도 일정하게 증가한다.

04 ③ 일–에너지 정리에 의해 힘이 물체에 한 일은 운동 에너지 변화량(증가량)과 같다.

[오답 풀이] ① 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 증가량과 같다. 따라서 $F\times 10\ m=100\ J$에서 $F=10\ N$이다.

② 운동 에너지는 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$이고 10 m 이동하는 순간 운동 에너지가 100 J이므로 $v=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}=\sqrt{\frac{2\times 100\ J}{2\ kg}}=10\ m/s$이다.

④ 2 kg인 물체에 10 N의 힘이 작용하였으므로 가속도의 크기는 $5\ m/s^2$이다. 따라서 $s=\frac{1}{2}at^2$에서 10 m 이동하였을 때의 시간은 $t=\sqrt{\frac{2s}{a}}=\sqrt{\frac{2\times 10\ m}{5\ m/s^2}}=2$초이다.

⑤ 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=Fs$이다. 정지 상태에서 출발했으므로 이동 거리가 s일 때 속력은 $v=\sqrt{\frac{2Fs}{m}}$이다. 따라서 한 지점에서의 속력은 이동 거리의 제곱근에 비례하므로 이동 거리가 2배가 되면 속력은 $\sqrt{2}$배가 된다.

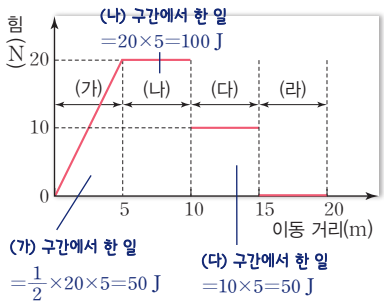
05 ㄱ. 운동 제2법칙 $F=ma$에서 $m=\frac{12\text{ N}}{3\text{ m/s}^2}=4\text{ kg}$이다.

ㄴ. 12 N인 힘이 작용할 때 물체의 가속도가 3 m/s^2이므로 2초까지 물체가 이동한 거리는 $s=\frac{1}{2}at^2$에서 $s=\frac{1}{2}\times3\text{ m/s}^2\times(2\text{ s})^2=6\text{ m}$이다. 따라서 2초까지 힘이 한 일은 $W=12\text{ N}\times6\text{ m}=72\text{ J}$이다.

[오답 풀이] ㄷ. 물체가 6 m 이동하는 동안 물체에 한 일은 72 J이고, 물체에 한 일은 운동 에너지 변화량과 같으므로 $72\text{ J}=\frac{1}{2}\times4\text{ kg}\times v^2$에서 $v=6\text{ m/s}$이다.

06

[자료 분석]



ㄱ. 힘–이동 거리 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 힘이 한 일이므로 (가) 구간에서 힘이 한 일은 50 J이다.

ㄷ. 물체가 15 m 지점까지 이동하는 동안 힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같으므로 $200\text{ J}=\frac{1}{2}\times1\text{ kg}\times v^2$에서 15 m 지점에서 물체의 속력은 $v=20\text{ m/s}$이다. (라) 구간에서 작용한 힘이 0이므로 물체는 등속 직선 운동을 하고, (라) 구간에서 물체는 20 m/s의 일정한 속력으로 5 m 이동하므로 (라) 구간을 이동하는 데 걸린 시간은 $\frac{5\text{ m}}{20\text{ m/s}}=0.25$초이다.

[오답 풀이] ㄴ. 힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. (나) 구간에서 힘이 물체에 한 일은 100 J이고, 이때 속도 변화량은 $10(\sqrt{3}-1)\text{ m/s}$이다. (다) 구간에서 힘이 물체에 한 일은 50 J이고, 이때 속도 변화량은 $10(2-\sqrt{3})\text{ m/s}$이다. 따라서 (나) 구간에서의 속도 변화량은 (다) 구간에서의 $(\sqrt{3}+1)$배이다.

07 ③ 물체가 일정한 속력으로 움직이기 위해서는 물체에 작용하는 중력과 손으로 잡아당기는 힘의 합력이 0이어야 한다. 따라서 두 힘의 크기는 mg로 같고 방향은 반대이다.

[오답 풀이] ① 물체에 작용한 중력과 물체의 이동 방향이 반대이므로 중력은 물체에 음(−)의 일을 한다.

② 물체의 높이가 h만큼 증가하였으므로 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 mgh이다.

④ 물체가 일정한 속력으로 운동하였으므로 실이 물체를 잡아당기는 힘의 크기는 중력의 크기와 같은 mg이다.

⑤ 손이 물체를 잡아당기는 힘의 크기는 중력의 크기와 같으므로 이 힘이 한 일은 mgh이다.

08 ㄴ. B의 이동 거리가 s이므로 F_2가 B에 한 일은 $W=F_2s$이다.

ㄷ. 질량이 같은 물체 A와 B는 같은 높이에서 같은 중력 퍼텐셜 에너지를 갖는다. 따라서 높이가 h인 지점에서 A와 B의 중력 퍼텐셜 에너지는 mgh이다.

[오답 풀이] ㄱ. $F_1h=F_2s=mgh$인데 $h<s$이므로 $F_1>F_2$이다.

09 $E_1=\frac{1}{2}\times40\text{ N/m}\times(0.4\text{ m})^2=\frac{16}{5}\text{ J}$

$E_2=\frac{1}{2}\times40\text{ N/m}\times((0.8\text{ m})^2-(0.4\text{ m})^2)=\frac{48}{5}\text{ J}$

따라서 $E_2-E_1=\frac{32}{5}\text{ J}$이다.

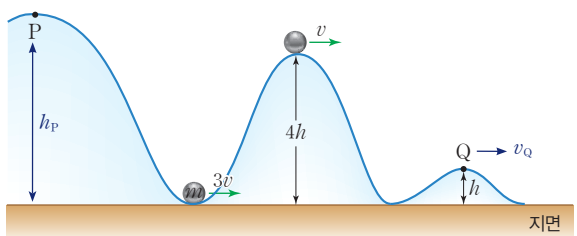
10 ㄱ. $E_k=\frac{1}{2}mv^2$이므로 2초일 때의 속력은 $36\text{ J}=\frac{1}{2}\times2\times v^2$에서 $v=6\text{ m/s}$이고, 가속도의 크기는 $\frac{6\text{ m/s}-0}{2\text{ s}}=3\text{ m/s}^2$이다.

ㄴ. $s=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times3\text{ m/s}^2\times(2\text{ s})^2=6\text{ m}$이다.

ㄷ. 운동 에너지 증가량은 중력 퍼텐셜 에너지 감소량과 같다. 따라서 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 36 J이다.

11

[자료 분석]



구분	P	최저점	높이 $4h$인 지점	Q
운동 에너지	0	$\frac{1}{2}m(3v)^2$	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}mv_Q^2$
퍼텐셜 에너지	mgh_P	0	$mg(4h)$	mgh
역학적 에너지	mgh_P	$\frac{9}{2}mv^2$	$4mgh+\frac{1}{2}mv^2$	$mgh+\frac{1}{2}mv_Q^2$

③ 어느 지점에서나 역학적 에너지는 보존되므로

$\frac{9}{2}mv^2=4mgh+\frac{1}{2}mv^2$이고, 이를 정리하면 $mv^2=mgh$이다.

따라서 Q점에서의 역학적 에너지는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$\frac{9}{2}mv^2=mgh+\frac{1}{2}mv_Q^2=mv^2+\frac{1}{2}mv_Q^2$

$\therefore v_Q=\sqrt{7}v$

[오답 풀이] ① 역학적 에너지 보존에 의해 $mgh_P=\frac{9}{2}mv^2$이므로 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{9}mgh_P$이다. 따라서 $mgh_P=4mgh+\frac{1}{9}mgh_P$이다. 여기서 $\frac{8}{9}mgh_P=4mgh$이므로 $h_P=\frac{9}{2}h$이다.

② 내려갈 때는 중력 퍼텐셜 에너지 감소량과 운동 에너지 증가량이 같다. 따라서 속력은 빨라진다.

④ 역학적 에너지는 모든 지점에서 보존되어 일정하다.

⑤ 올라갈 때 높이가 증가하므로 중력 퍼텐셜 에너지가 증가한다.

12 물체가 자유 낙하 하는 경우 $h=\frac{1}{2}gt^2$이므로 물체가 지면에 도달하는 시간 $T=\sqrt{\frac{2h}{g}}$이고, 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지가 증가하므로 물체의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지는 높이가 $\frac{1}{2}h$인 곳에서 같다. 높이가 $\frac{1}{2}h$인 곳까지 낙하하는 데 걸리는 시간은 $t=\sqrt{\frac{h}{g}}=\frac{\sqrt{2}}{2}T$이다.

13 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지=기준면에서의 탄성 퍼텐셜 에너지이다. 따라서 $\frac{1}{2}kx^2=mgh$, $\frac{1}{2}k(2x)^2=2mgh'$이므로 $h'=2h$이다.

14 철수: 낙하하는 물체가 공기 저항을 받으면 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 마찰에 의한 열에너지 발생량의 합과 같다. 따라서 중력 퍼텐셜 에너지 감소량이 운동 에너지 증가량보다 크다.

영희: 마찰이 있는 수평면 위에서 감소한 운동 에너지는 마찰에 의한 열에너지로 전환된다. 즉, 운동 에너지 감소량은 마찰에 의한 열에너지 증가량과 같다.

민수: 마찰력이 한 일=마찰력×이동 거리이므로 마찰력이 클수록 정지할 때까지 이동한 거리는 작아진다.

15 ㄴ. 마찰이 작은 면일수록 한 번 왕복 운동 할 때마다 운동 에너지가 열에너지로 전환되는 양이 작다. 따라서 왕복 운동 한 횟수가 많아진다.

ㄷ. 바닥면의 종류에 따라 마찰력이 달라진다. 따라서 한 번 왕복 운동 할 때마다 역학적 에너지 감소량은 바닥면의 거칠기가 클수록 크다.

[오답 풀이] ㄱ. 마찰이 큰 면일수록 역학적 에너지 감소량이 커서 빨리 정지하게 된다. 즉, 왕복 운동 한 횟수가 적어지고 정지할 때까지 걸리는 시간이 짧다.

16 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 A, B의 퍼텐셜 에너지는 수평면에서 모두 운동 에너지로 전환된다. 따라서 충돌하기 전 A와 B의 속력을 각각 v_A, v_B라고 하면 $2mgh=\frac{1}{2}(2m){v_A}^2$에서 $v_A=\sqrt{2gh}$이고, $3mg(4h)=\frac{1}{2}(3m){v_B}^2$에서 $v_B=\sqrt{8gh}$이다. 또한, 두 물체의 충돌 전후 운동량은 보존되므로 충돌 후 한 덩어리가 된 A, B의 속력을 v'라고 하면 $2m\sqrt{2gh}-3m\sqrt{8gh}=(2m+3m)v'$에서 $v'=-\frac{4}{5}\sqrt{2gh}$이다. 한 덩어리가 되어 경사면으로 올라가 정지할 때에도 역학적 에너지는 보존되므로 $\frac{1}{2}\times5m\times v'^2=5mgh'$에서 $h'=\frac{16}{25}h$이다.

|모범 답안| $\frac{16}{25}h$, 충돌하기 전 A와 B의 속력을 각각 v_A, v_B라고 하면 $2mgh=\frac{1}{2}(2m){v_A}^2$에서 $v_A=\sqrt{2gh}$이고, $3mg(4h)=\frac{1}{2}(3m){v_B}^2$에서 $v_B=\sqrt{8gh}$이다. 충돌 후 한 덩어리가 된 A, B의 속력을 v'라고 하면 $2m\sqrt{2gh}-3m\sqrt{8gh}=5mv'$에서 $v'=-\frac{4}{5}\sqrt{2gh}$이다. 따라서 역학적 에너지 보존에 의해 $\frac{1}{2}\times5m\times v'^2=5mgh'$에서 $h'=\frac{16}{25}h$이다.

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	50

17 마찰이 있는 수평면에서는 물체의 역학적 에너지가 마찰력에 대해 한 일로 전환되므로 마찰력을 f라고 하면 (가)에서는 $mg\frac{h}{4}=fs$가 성립한다.

(나)에서는 마찰이 있는 수평면을 왕복한 후 다시 경사면으로 올라가므로 $\frac{1}{2}mv^2=mgh-2fs=\frac{mgh}{2}$이 성립한다. 따라서 $v=\sqrt{gh}$이다.

|모범 답안| $\sqrt{gh}$, (가)에서 $mg\frac{h}{4}=fs$이고, (나)에서 $\frac{1}{2}mv^2=mgh-2fs=\frac{mgh}{2}$이다. 따라서 $v=\sqrt{gh}$이다.

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100
풀이 과정만 옳게 서술한 경우	50

1등급 공략 핵심Q

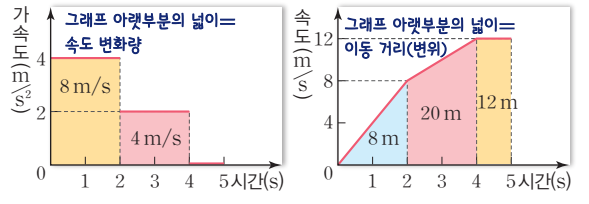
032쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ③ 05 ③ 06 ④ 07 ① 08 ⑤

01

[자료 분석]

힘–시간 그래프를 가속도–시간 그래프, 속도–시간 그래프로 변환한 후 일, 운동 에너지 변화량, 이동한 거리를 계산한다.



ㄱ. 0초부터 2초까지 속도 변화량이 8 m/s이므로 2초일 때 속도는 8 m/s이다. 따라서 0초부터 4초까지 F가 한 일=운동 에너지 변화량$=\frac{1}{2}\times 1\text{ kg}\times((8\text{ m/s})^2-0)=32\text{ J}$이다.

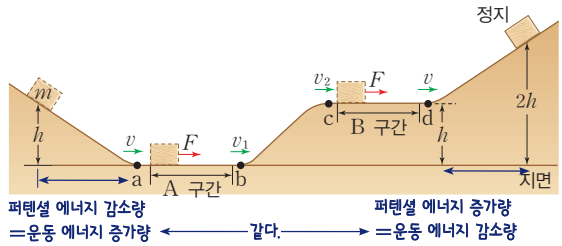
ㄴ. 0초부터 4초까지 속도 변화량이 8 m/s+4 m/s=12 m/s이므로 4초일때 속도는 12 m/s이다 따라서 2초부터 4초까지 운동 에너지 변화량$=\frac{1}{2}\times 1\text{ kg}\times((12\text{ m/s})^2-(8\text{ m/s})^2)=40\text{ J}$이다.

ㄷ. 0초부터 5초까지 물체가 이동한 거리는 속도–시간 그래프 아랫부분의 넓이와 같은 40 m이다.

02

[자료 분석]

충격량=힘×시간=운동량의 변화량 관계식과 일–운동 에너지 정리를 이용하여 식을 정리한다.



Ⅰ단계: 높이 h인 곳에서 a점까지의 역학적 에너지 변화량과 d점에서 높이 $2h$인 곳까지의 역학적 에너지 변화량은 같다. 두 경우 퍼텐셜 에너지 변화량이 같으므로 운동 에너지 변화량도 같다. 즉, a에서의 속력과 d에서의 속력은 v로 같다고 할 수 있다.

$mgh=\frac{1}{2}mv^2$이므로 $v=\sqrt{2gh}$이다.

Ⅱ단계: 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로 A 구간에서는 $Ft=m(v_1-v)$가 성립하고, B 구간에서는 $Ft=m(v-v_2)$가 성립한다. 따라서 $v_1+v_2=2v$……①이다.

일–에너지 정리에 의해 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 A 구간에서는 $W_A=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv^2$이 성립하고, B 구간에서는 $W_B=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_2^2$이 성립한다. 또한, 운동 에너지 변화량은 역학적 에너지 변화량과 같으므로 $W_A+W_B=mgh$이다. 따라서 $(v_1^2-v^2)+(v^2-v_2^2)=2gh=v^2$에서 $v_1^2-v_2^2=v^2$……②이다.

①, ② 식을 연립하면

$v_1=\frac{5}{4}v=\frac{5}{4}\sqrt{2gh}$, $v_2=\frac{3}{4}v=\frac{3}{4}\sqrt{2gh}$이다.

ㄴ. B 구간을 지나는 동안 운동 에너지 변화량은 $W_B=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{1}{2}m\left(2gh-\frac{9}{8}gh\right)=\frac{7}{16}mgh$이다.

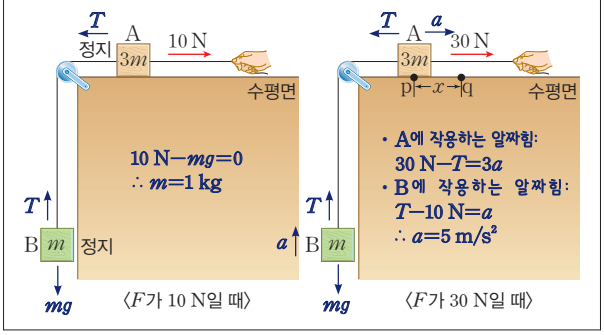
ㄷ. $Ft=m(v_1-v)=m\left(\frac{5}{4}v-v\right)=\frac{1}{4}mv$에서 $F=\frac{mv}{4t}=\frac{m\sqrt{2gh}}{4t}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. A 구간을 지난 후 속력은 $v_1=\frac{5}{4}\sqrt{2gh}$이다.

03

[자료 분석]

- 정지 상태일 때 운동 방정식으로부터 물체 B의 질량을 구한다.
- 운동 상태일 때 운동 방정식으로부터 두 물체의 가속도를 구하고, 가속도 값을 이용하여 속도와 이동 거리를 구한다.
- F가 한 일은 B의 퍼텐셜 에너지 증가량과 A와 B의 운동 에너지 증가량의 합과 같다.



ㄱ. 두 물체는 실로 연결되어 한 물체처럼 운동한다. 따라서 두 물체의 가속도의 크기는 5 m/s²이다.

ㄷ. A의 운동 에너지 증가량은 $\frac{1}{2}\times 3\text{ kg}\times(10\text{ m/s})^2=150\text{ J}$이고, B의 퍼텐셜 에너지 증가량은 $1\text{ kg}\times 10\text{ m/s}^2\times 10\text{ m}=100\text{ J}$이다. 따라서 B의 퍼텐셜 에너지 증가량은 A의 운동 에너지 증가량의 $\frac{2}{3}$배이다.

[오답 풀이] ㄴ. F가 한 일은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 B의 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다. 따라서 $30\text{ N}\times x=\frac{1}{2}\times(1\text{ kg}+3\text{ kg})\times(10\text{ m/s})^2+1\text{ kg}\times 10\text{ m/s}^2\times x$에서 $x=10\text{ m}$이므로 F가 물체에 한 일$=30\text{ N}\times 10\text{ m}=300\text{ J}$이다.

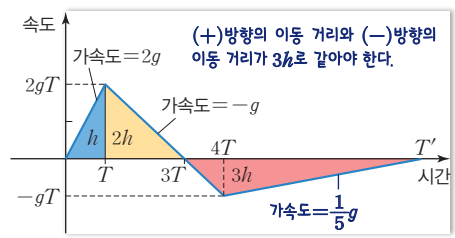
04

A의 퍼텐셜 에너지 감소량=C의 퍼텐셜 에너지 증가량 + A, B, C의 운동 에너지 증가량이다. 따라서 $2mgs=mgs+\frac{5}{2}mv^2$에서 $v=\sqrt{\frac{2}{5}gs}=\sqrt{\frac{2}{5}\times 10\times s}=2\sqrt{s}$이다.

05

[자료 분석]

$t=0$부터 $t=T$까지는 가속도가 위쪽으로 $2g$이고, $t=T$부터 $t=4T$까지는 가속도가 아래쪽으로 g이다. 따라서 $t=4T$부터 지면에 도달할 때까지 가속도는 위쪽으로 $\frac{1}{5}g$임을 알 수 있다. 가속도 값을 이용하여 속도–시간 그래프를 그리면 다음과 같다.



ㄱ. 속도–시간 그래프가 시간축과 이루는 넓이는 놀이 기구가 올라가거나 내려간 높이와 같다.

$0\sim T$ 동안 놀이 기구가 올라간 높이: $\frac{1}{2}\times T\times 2gT=h$

$0\sim 3T$ 동안 놀이 기구가 올라간 높이: $\frac{1}{2}\times 3T\times 2gT=3h$

$3T\sim T'$(지면에 도달하는 시간)까지 내려간 높이:

$\frac{1}{2}\times(T'-3T)\times gT=3h$

따라서 $T'=9T$이다.

ㄴ. 놀이 기구는 지면에 $t=9T$일 때 도달한다. $4T\sim 9T$ 동안 놀이 기구의 가속도는 $\frac{gT}{5T}=\frac{g}{5}$이다. $4T\sim 9T$ 동안 중력과 반대 방향으로 F의 힘이 작용할 때 가속도가 $\frac{g}{5}$이므로 $F-mg=\frac{mg}{5}$에서 $F=\frac{6}{5}mg$이다.

[오답 풀이] ㄷ. $4T\sim 9T$ 동안 $\frac{5}{2}h$만큼 놀이 기구의 높이가 변한다. 따라서 $4T\sim 9T$ 동안 F인 힘이 물체에 한 일은 $\frac{6}{5}mg\times\frac{5}{2}h=3mgh$이고, 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $mg\times\frac{5}{2}h=\frac{5}{2}mgh$이다. 따라서 F인 힘이 물체에 한 일은 중력 퍼텐셜 에너지 감소량보다 크다.

06 철수: 역학적 에너지는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합이다.
민수: 모든 마찰과 공기 저항을 무시할 때 역학적 에너지는 보존되므로 감소한 운동 에너지량과 증가한 퍼텐셜 에너지량은 같다.
[오답 풀이] 영희: 마찰이 작용하면 역학적 에너지의 일부가 열에너지로 전환되므로 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

07 $t=2T$일 때 $2h$만큼 낙하했으므로 $s=\frac{1}{2}gt^2$ 식을 이용하면 $2h=\frac{1}{2}g(2T)^2$에서 $h=gT^2$이다.

$t=T$일 때 물체의 낙하 거리는 $\frac{1}{2}gT^2=\frac{1}{2}h$이므로 이때의 높이는 $h'=\frac{7}{2}h$이다.

역학적 에너지는 보존되므로 $mg\frac{7}{2}h+\frac{1}{2}mv'^2=2mgh+\frac{1}{2}mv^2=4mgh$이다.

따라서 $\frac{1}{2}mv^2=2mgh$에서 $mgh=\frac{1}{4}mv^2$이므로 $\frac{1}{2}mv'^2=\frac{1}{2}mgh=\frac{1}{8}mv^2$이 성립한다.

위 식을 정리하면 $v'^2=\frac{1}{4}v^2$이므로 $v'=\frac{1}{2}v$이다.

08 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 B와 충돌 전 A의 속력 v_A를 구하면 다음과 같다.

$m_Agh=\frac{1}{2}m_Av_A^2$, $\therefore v_A=\sqrt{2gh}$

운동량 보존 법칙에 의해 충돌 후 한 덩어리가 된 A와 B의 속력 V를 구하면 다음과 같다.

$m_A\sqrt{2gh}=(m_A+m_B)V$ $\quad\therefore V=\frac{m_A}{m_A+m_B}\sqrt{2gh}$

A와 B의 역학적 에너지는 마찰력이 한 일과 같으므로 마찰력을 f라고 하면 $\frac{1}{2}\times(m_A+m_B)\times\left(\frac{m_A}{m_A+m_B}\sqrt{2gh}\right)^2=fx$에서 $x=\frac{m_A^2gh}{m_A+m_B}\times\frac{1}{f}=\frac{mgh}{2}\times\frac{1}{f}$이다. 따라서 A, B의 질량을 각각 3배, 2배로 하면 질량의 합이 $\frac{5}{2}$배 늘어나므로 $f'=\frac{5}{2}f$가 되고, $x'=\frac{9m^2gh}{5m}\frac{1}{f'}=\frac{9mgh}{5}\frac{2}{5f}=\frac{36}{25}x$이다.

05 열역학 제1, 2법칙

내신 완성 핵심Q

035쪽

01 ③	02 ⑤	03 ②	04 ③	05 ⑤	06 ④	07 ②
08 B	09 ④	10 ④	11 ③	12 ④	13 ③	14 ①
15 ③	16 ①	17 ⑤	18 ⑤			

19 해설 참조 20 (1) Q_1-Q_2 (2) 해설 참조
21 해설 참조

01 기체가 한 일 = 압력 × 부피 변화 = $P(2V-V)=PV$

02 ㄱ. 압력–부피 그래프 아래의 넓이는 기체가 한 일과 같으므로, A → B 과정에서 기체가 외부에 한 일은 $2\times10^5\,\mathrm{N/m^2}\times(4-2)\times10^{-3}\,\mathrm{m^3}=400\,\mathrm{J}$이다.

ㄴ. B → A 과정은 압력이 일정할 때 부피가 감소하는 과정으로 기체가 압축된다. 예를 들면 물이 약간 든 페트병을 냉장고에 넣으면 페트병이 찌그러드는 현상이다.

ㄷ. B → A 과정에서는 기체가 외부로부터 400 J의 일을 받으며 수축한다.

03 압력–부피 그래프에서 폐곡선 내의 넓이는 순환 과정에서 기체가 한 일과 같다.

04 철수: 이상 기체는 분자 사이의 인력과 분자의 크기를 무시할 수 있기 때문에 이상 기체의 퍼텐셜 에너지는 0이다.
영희: 이상 기체의 내부 에너지는 분자들의 운동 에너지 합과 같다.
[오답 풀이] 민수: 이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례한다.

05 철수: 내부 에너지는 기체 분자가 가지는 에너지로, 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합이다.
영희: 이상 기체는 분자 간의 인력을 무시할 수 있어 퍼텐셜 에너지가 0이므로, 내부 에너지는 분자들의 운동 에너지의 합이다.
민수: 이상 기체의 경우 내부 에너지는 분자들의 운동 에너지의 합이므로 절대 온도에 비례한다.

06 압력이 일정할 때 흡수된 열은 내부 에너지를 증가시키고, 외부에 일을 하는 데 사용된다.

ㄴ. 기체의 부피가 팽창하고 있으므로 기체는 외부에 일을 한다.

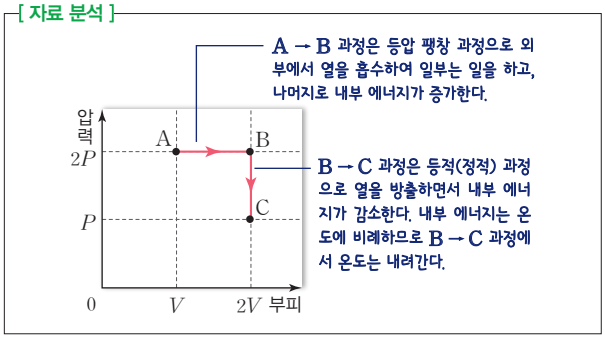
ㄷ. 기체 분자가 외부로부터 흡수한 열의 일부는 외부에 일을 하고, 나머지는 내부 에너지를 증가시킨다.

[오답 풀이] ㄱ. 피스톤을 일정한 속도로 밀어내고 있으므로 기체의 압력도 일정하게 유지된다.

07 $Q=W+\Delta U$이므로 $-2500\ \mathrm{J}=-1500\ \mathrm{J}+\Delta U$에서 $\Delta U=-1000\ \mathrm{J}$이다. 여기서 방출한 열은 (−), 흡수한 열은 (+)이고, 외부로부터 받은 일은 (−), 외부에 한 일은 (+)이다.

08

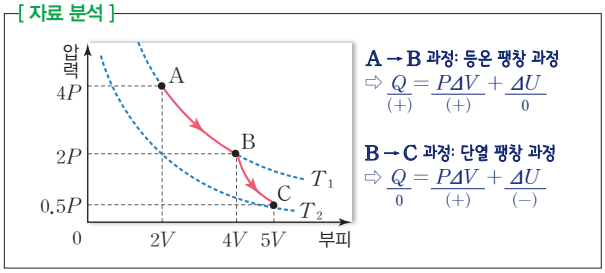
[자료 분석]



A → B 과정에서는 내부 에너지가 증가하고, B → C 과정에서는 내부 에너지가 감소한다. 따라서 B 상태일 때 내부 에너지가 가장 크다.

09

[자료 분석]



ㄱ. B → C 과정에서 내부 에너지가 감소하므로 $T_1>T_2$이다.

ㄷ. B → C 과정은 외부와의 열출입이 없으므로 외부에 한 일과 내부 에너지 감소량이 같다.

[오답 풀이] ㄴ. A → B 과정에서 흡수한 열의 양은 기체가 외부에 한 일과 같으므로 0이 아니다.

10 ㄱ. 등온 과정에서는 기체의 내부 에너지 변화량은 0이고, 단열 팽창 과정에서는 기체의 내부 에너지가 감소한다. 따라서 A는 등온 과정이고, B는 단열 팽창 과정이다.

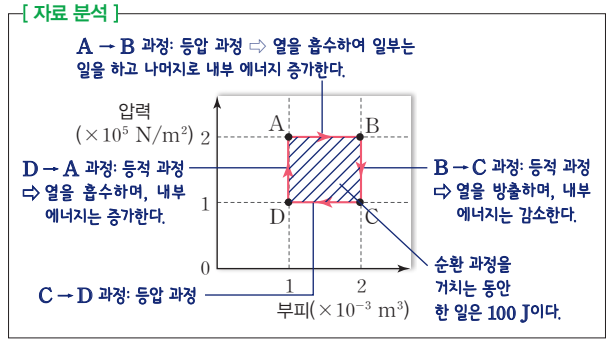
ㄷ. A, B 과정 모두 부피가 증가하므로 외부에 일을 한다.

[오답 풀이] ㄴ. B 과정은 단열 팽창 과정이므로 기체가 외부에 한 일과 내부 에너지 감소량은 같다.

11 열기관은 열을 일로 바꾸는 장치로, 고온의 열원에서 흡수한 열의 일부는 일로 전환되고 나머지는 저온의 열원으로 방출한다.

12

[자료 분석]



④ D → A 과정에서 기체는 외부로부터 열을 흡수한다.

[오답 풀이] ① A → B 과정에서 그래프 아래의 넓이는 기체가 외부에 한 일로 200 J이다.

② B → C 과정에서 부피 변화가 없으므로 기체가 한 일은 0이고, 외부로 열을 방출하므로 내부 에너지는 감소한다.

③ C → D 과정에서 기체는 외부로부터 일을 받아 기체가 압축된다. 이때 외부로부터 받은 일은 그래프 아래의 넓이인 100 J이다.

⑤ 한 순환 과정을 거치면서 원래 상태로 돌아오면 기체는 같은 상태가 된다. 즉, 압력, 부피, 온도가 처음과 같은 상태로 내부 에너지 변화량은 0이다.

13 ㄱ. A → B 과정은 등온 팽창 과정으로, 내부 에너지 변화가 없으므로 흡수한 열은 모두 기체가 한 일로 전환된다.

ㄷ. C → D 과정은 등온 과정으로, 온도가 변하지 않으므로 내부 에너지의 변화가 없다.

[오답 풀이] ㄴ. B → C 과정과 D → A 과정은 단열 과정이므로 출입한 열의 양은 0이다.

14 ㄱ. 고온의 열원에서 흡수한 열(Q_1)의 일부로 일(W)을 하고 나머지 열(Q_2)은 저온의 열원으로 방출한다. 따라서 열기관이 한 일 $W=Q_1-Q_2$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 열기관은 열을 일로 바꾼다.

ㄷ. 열기관의 열효율은 $\frac{W}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$이다.

15 열효율 $=\frac{\text{한 일}}{\text{흡수한 열}}=\frac{200\ \mathrm{J}}{800\ \mathrm{J}}=\frac{1}{4}=0.25$

16 ②, ③, ④ 에너지 흐름에는 방향성이 있다. 고온에서 저온으로는 저절로 열이 이동하지만 반대의 경우는 저절로 일어나지 않는다.

⑤ 열기관에서는 고온의 열원에서 흡수한 열의 일부로 일을 하고 나머지는 저온의 열원으로 스스로 열이 이동한다. 이러한 원리는 열역학 제2법칙으로 설명할 수 있다.

[오답 풀이] ① 저열원의 절대 온도가 0 K일 수 없으므로 이상적인 열기관인 카르노 기관의 열효율도 1이 될 수 없다.

17 ㄱ. 100 J$=W+80$ J이므로 $W=20$ J이다.
ㄴ. 150 J$=45$ J$+Q$이므로 $Q=105$ J이다.
ㄷ. (가)의 열효율$=\frac{20\text{ J}}{100\text{ J}}=0.2$이고, (나)의 열효율$=\frac{45\text{ J}}{150\text{ J}}=0.3$이므로 열효율은 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$배이다.

18 ㄴ. 제 1종 영구 기관은 에너지 공급 없이 지속적으로 작동하며 외부에 일을 할 수 있는 기관으로 열역학 제1법칙에 위배된다.
ㄷ. 제2종 영구 기관은 열효율이 100 %인 기관으로 열역학 제 2법칙에 위배된다.
[오답 풀이] ㄱ. 외부로부터 에너지를 공급받지 않아도 지속적으로 일을 할 수 있는 기관을 영구 기관이라고 한다.

19 |모범 답안| 풍선 속 기체가 뜨거운 물로부터 열을 흡수하여 온도가 올라가 내부 에너지가 증가하고, 부피가 팽창하면서 외부에 일을 한다.

채점 기준	배점(%)
내부 에너지와 기체가 외부에 한 일 모두 옳게 서술한 경우	100
내부 에너지와 기체가 외부에 한 일 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50

20 (1) Q_1의 열을 흡수하고 일을 한 다음 나머지 Q_2의 열을 방출한다. 따라서 이상 기체가 외부에 한 일은 Q_1-Q_2이다.
(2) |모범 답안| 내부 에너지 변화량과 출입한 열량은 같다. B → C 과정과 D → A 과정에서 온도 변화가 같기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
내부 에너지 변화량과 출입한 열량을 옳게 비교하고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100
비교만 옳게 한 경우	50

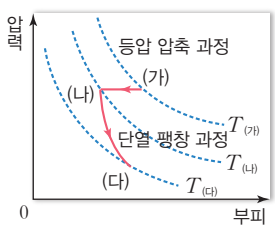
21 |모범 답안| 흡수한 열의 양이 무한대로 많아야 한다. 저열원의 온도가 0 K이어야 한다.

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

1등급 공략 핵심Q
039쪽

01 ① 02 ② 03 ④ 04 ④

01 (가) → (나) 과정은 등압 압축 과정이므로 기체의 온도가 내려가고, (나) → (다) 과정은 단열 팽창 과정이므로 기체의 온도가 내려간다. 따라서 $T_{(가)}>T_{(나)}>T_{(다)}$이다.



02 ㄴ. B → C 과정에서 그래프 아래의 넓이가 A → B 과정에서보다 크므로 한 일은 W보다 크다.
[오답 풀이] ㄱ. A → B 과정에서 흡수한 열은 일과 내부 에너지 증가로 전환된다. 반면 B → C 과정은 등온 과정으로, 온도 변화가 없으므로 내부 에너지 변화량은 0이다.
ㄷ. B → C 과정은 등온 과정으로, B와 C에서 온도는 같다.

03 ㄱ. 열효율$=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}=0.3$이다. 따라서 $\frac{Q_2}{Q_1}=0.7$이다.
ㄷ. B → C 과정은 압력이 감소하는 등적 과정이므로 기체의 온도는 내려간다.
[오답 풀이] ㄴ. A → B 과정은 단열 팽창 과정이다. 따라서 외부와의 열 출입 없이 부피가 증가하므로 내부 에너지는 감소한다.

04 철수: 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동하는 에너지를 열이라고 한다.
민수: 열역학 제2법칙에 의하면 고온의 물체에서 흡수한 열의 일부로 일을 하고 나머지는 저온의 물체로 방출하는 열기관의 열효율은 항상 1보다 작다. 즉, 열효율이 100 %인 열기관은 불가능하다.
[오답 풀이] 영희: 열역학 제1법칙은 넓은 의미의 에너지 보존 법칙이고, 열역학 제2법칙은 에너지 흐름의 방향성에 대한 것이다.

06 특수 상대성 이론

내신 완성 핵심Q
041쪽

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 c 05 ④ 06 ③ 07 ③
08 ③ 09 ① 10 ④ 11 ⑤ 12 L_0보다 짧다.
13 ① 14 ① 15 ③

16 해설 참조 17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01 ㄴ. 에테르가 존재한다면 빛의 속력이 광원의 운동에 영향을 받으므로 탐지기에 동시에 도달하지 못할 것이다.
[오답 풀이] ㄱ. 경로 1은 에테르의 흐름과 나란하고, 경로 2는 에테르의 흐름에 수직이다. 따라서 경로 1과 경로 2에서 빛의 속력이 다를 것이라고 생각했다.
ㄷ. 광원의 운동에 따라 에테르의 흐름과 빛의 경로가 이루는 방향이 달라지므로 빛의 속력은 광원의 운동에 영향을 받아 달라질 것이다.

02 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다는 것이 상대성 원리이다.

03 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 관측자의 속도나 광원의 속도와 관계없이 모든 관성 좌표계에서 동일한 값을 갖는다. 따라서 빛의 속력은 30만 km/s이다.

04 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 광원의 속도에 관계없이 동일한 값을 갖는다. 따라서 광원이 $0.7c$의 속력으로 움직이고 있어도 빛의 속력은 c로 동일하다.

05 ㄴ. 동시성은 관측자의 운동 상태에 따라 상대적이다. 우주선이 일정한 속력으로 오른쪽으로 운동할 때, 정지한 철수의 좌표계에서는 광원에서 나온 빛이 A보다 B에 먼저 도달한다.
ㄷ. 우주선 안에 있는 영희에 대해 빛 검출기는 정지해 있으므로 영희의 좌표계에서 광원에서 나온 빛은 A와 B에 동시에 도달한다.
[오답 풀이] ㄱ. 빛의 속력은 관측자의 운동 상태와 관계없이 동일하다. 따라서 정지한 좌표계에서 관측할 때나 움직이는 좌표계에서 관측할 때나 빛의 속력은 모두 c이다.

06 ③ 광속 불변 원리는 특수 상대성 이론의 가정이다. 따라서 움직이는 물체에서 나온 빛의 속력과 정지한 상태에서 나온 빛의 속력은 모두 동일하다.
[오답 풀이] ① 광속 불변 원리에 의해 빛의 속력은 관측자의 운동 상태에 관계없이 동일하다.
② 정지, 또는 일정한 속도로 움직이는 좌표계를 관성 좌표계라고 한다.
④ 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다는 것이 상대성 원리이다.
⑤ 한 관측자가 측정할 때 동시에 일어난 사건이 다른 관측자에게는 동시가 아닐 수 있다. 이를 동시성의 상대성이라고 한다.

07 ㄱ, ㄴ. 철수의 좌표계에서는 영희가 타고 있는 기차가 왼쪽으로 $0.8c$의 속력으로 움직이고 있는 것으로 관측된다. 따라서 왼쪽으로 움직일 때 광원에서 나온 빛이 빛 검출기 A, B에 동시에 도달했다는 것은 영희의 좌표계에서 광원에서 B까지의 거리가 광원에서 A까지의 거리보다 길다는 것을 의미한다.
[오답 풀이] ㄷ. 철수의 좌표계에서 관측할 때 빛의 속력은 기차의 속력에 관계없이 동일하다.

08 ㄱ. 길이 수축이 일어나므로 지면의 관측자가 측정한 우주선의 x 방향의 길이 a는 우주선에서 측정한 고유 길이보다 짧다.
ㄴ. 지면의 관측자에 대해 운동 방향과 나란한 방향으로만 길이 수축이 일어나므로, 우주선의 움직이는 방향과 수직한 방향인 y 방향의 길이 b는 우주선에서 측정한 고유 길이와 같다.
[오답 풀이] ㄷ.움직이는 우주선 안에 정지한 관측자가 측정한 고유 길이는 지면의 정지한 관측자가 측정한 x 방향 길이보다는 길고, y 방향 길이와는 같다.

09 두 우주선의 고유 길이는 같다. 따라서 철수가 측정한 길이가 짧을수록 철수에 대한 우주선의 속력이 빠르다.
ㄱ. 지면에 정지해 있는 철수가 관측할 때 A의 길이가 B의 길이보다 길었다는 것은 B의 속력이 A의 속력보다 빠르다는 것을 의미한다.
[오답 풀이] ㄴ.철수가 관측할 때 B의 속력이 A의 속력보다 빠르다. 따라서 B에서의 시간이 A에서의 시간보다 느리게 간다.
ㄷ. 움직이는 우주선 안의 관측자가 측정한 우주선의 길이가 고유 길이이다. 철수가 측정한 A, B의 길이는 고유 길이 L_0보다 짧다.

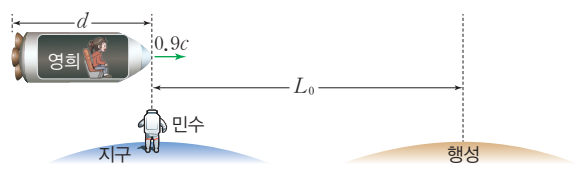
10 ④ 정지한 좌표계에서 측정한 운동하는 좌표계의 시간은 느리게 간다. 민수가 측정할 때는 상대적으로 철수가 운동하므로 철수의 시간이 민수의 시간보다 느리게 간다.
[오답 풀이] ① 정지한 철수에 대해 정지한 지구과 목성 사이의 거리는 고유 길이이다.
② 움직이는 우주선 안의 민수가 측정할 때 지구와 목성은 오른쪽으로 움직이고 있다. 따라서 민수가 측정한 지구와 목성 사이의 거리는 고유 길이보다 짧다.
③ 철수가 측정할 때 움직이는 민수의 시간은 정지한 철수의 시간보다 느리게 간다.
⑤ 민수가 측정한 우주선의 길이는 고유 길이로 철수가 측정한 측정 길이보다 길다.

11 ㄱ. 정지한 우주 정거장의 관측자가 측정할 때, 움직이는 우주선의 길이는 고유 길이 L_0보다 짧다.
ㄴ. 우주 정거장 B에서 관측할 때 동시인 사건이 우주선에서 측정할 때는 동시가 아닐 수 있다. B에서 관측할 때 오른쪽으로 운동하는 우주선 안의 빛 검출기 P, Q에서 동시에 빛이 검출되었다는 것은 광원으로부터 P까지의 거리가 광원으로부터 Q까지의 거리보다 길다는 것이다. 따라서 우주선에서 측정하면 P보다 Q에 빛이 먼저 도달한다.
ㄷ.우주선에서 측정한 우주 정거장 사이의 거리는 길이 수축에 의해 A에서 측정한 고유 길이보다 짧다.

12 정지한 철수가 측정한 정지한 막대의 길이는 고유 길이이다. 따라서 영희가 측정한 막대의 길이는 길이 수축에 의해 L_0보다 짧다.

13

[자료 분석]



	영희가 관측할 때	민수가 관측할 때
우주선의 길이	d'(고유 길이) ⇨ $d' > d$	d(측정 길이)
지구와 행성 사이의 거리	L'(측정 길이) ⇨ $L' < L_0$	L_0(고유 길이)
걸린 시간	$t' = \frac{L'}{0.9c}$ ⇨ $t' < t$	t(고유 시간) $= \frac{L_0}{0.9c}$

ㄱ. 영희가 측정한 우주선의 길이는 고유 길이로 민수가 측정한 길이보다 길다.

[오답 풀이] ㄴ. 민수가 측정할 때 영희가 지구에서 행성까지 가는 데 걸리는 시간은 $\frac{L_0}{0.9c}$이다.

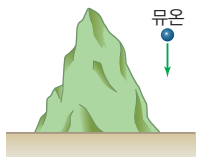
ㄷ. 영희가 측정할 때 지구에서 행성까지의 거리는 L_0보다 작다. 따라서 지구에서 행성까지 가는 데 걸리는 시간은 $\frac{L_0}{0.9c}$보다 작다.

14

[자료 분석]

지면의 정지 좌표계에서 볼 때

- 산의 높이: H(고유 길이)
- 뮤온이 산 정상에서 지면까지 도달하는 데 걸리는 시간: $t' \rightarrow t' > t$(고유 시간)
  ⇨ 시간 지연에 의해 뮤온의 수명이 길어지므로 뮤온이 지면에 도달할 수 있다.



뮤온과 함께 움직이는 좌표계에서 볼 때

- 산의 높이: $H' \rightarrow H' < H$
- 뮤온이 산 정상에서 지면까지 도달하는 데 걸리는 시간: $t = \frac{H'}{v}$(고유 시간)
  ⇨ 뮤온과 지면 사이의 길이 수축에 의해 뮤온이 지면에 도달할 수 있다.



정지 좌표계에서 관측할 때 움직이는 좌표계의 시간은 느리게 간다. 따라서 지면에 정지한 관찰자가 고유 수명이 매우 짧은 뮤온을 지면에서 관측할 수 있는 것은 움직이는 뮤온의 시간이 느리게 가기 때문이다.

15 ㄱ. 정지한 좌표계에서 측정한 정지한 두 지점 사이의 거리(L_0)는 고유 길이로 운동하는 좌표계에서 측정한 길이(L)보다 길다.

ㄴ. 움직이는 좌표계 안의 관측자 입장에서 볼 때 자신은 정지해 있으며 두 지점 A, B는 일정한 속력으로 움직이고 있다. 따라서 t 동안 이동한 거리 $L = 0.99ct$이다.

[오답 풀이] ㄷ. 정지해 있는 좌표계에서 측정한 t_0은 시간 지연에 의해 고유 시간 t보다 길다.

16 |모범 답안| $v_1 = v_2 = v_3$, 광속 불변 원리에 의해 광원이나 관측자의 운동 상태에 관계없이 빛이 속력은 모두 일정하다.

채점 기준	배점(%)
$v_1 = v_2 = v_3$를 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100
$v_1 = v_2 = v_3$만 쓴 경우	50

17 (1) |모범 답안| $v < 0.8c$, 정지한 관측자에 대해 움직이는 상대편의 시간은 느리게 가며, 속력이 빠를수록 더 느리게 간다.

채점 기준	배점(%)
$v < 0.8c$라고 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100
$v < 0.8c$라고만 쓴 경우	50

(2) |모범 답안| $v < 0.8c$, 정지한 관측자에 대해 움직이는 물체의 길이는 줄어들며, 속력이 빠를수록 더 많이 줄어든다.

채점 기준	배점(%)
$v < 0.8c$라고 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100
$v < 0.8c$라고만 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

045쪽

01 ③ 02 ② 03 ④ 04 ⑤

01 ㄱ. 철수가 측정할 때 움직이는 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 간다.

ㄷ. 영희가 측정할 때 움직이는 A와 B 사이의 거리는 고유 길이 L보다 짧다.

[오답 풀이] ㄴ. 우주선이 왼쪽으로 움직이고 있으므로 영희가 측정할 때 P에서 발생한 빛은 A보다 B에 먼저 도달한다.

02 ㄴ. 정지한 관측자 입장에서 볼 때, 즉 민수의 입장에서 볼 때 움직이는 우주선 안에 있는 영희의 시간은 민수의 시간보다 느리게 간다.

[오답 풀이] ㄱ. 움직이는 좌표계 안의 관측자가 측정한 시간은 고유 시간이다. 따라서 t_A, t_B 모두 고유 시간이다.

ㄷ. 영희가 측정할 때 민수는 일정한 속력($0.6c$)으로 오른쪽으로 멀어지고, 민수가 측정할 때 영희는 일정한 속력($0.6c$)으로 왼쪽으로 멀어진다. t_A와 t_B가 같으므로 같은 속력으로 같은 시간 동안 이동한 거리는 같다.

03 ㄴ. 운동하는 관측자가 측정한 정지한 물체 사이의 길이는 고유 길이 8광년보다 짧다.

ㄷ. Q에서 관측할 때, A가 Q를 지나는 순간부터 P를 지나는 순간까지의 시간$\left(\frac{8\text{광년}}{0.8c} = 10\text{년}\right)$과 P에서 Q까지 빛이 오는 데 걸리는 시간$\left(\frac{8\text{광년}}{c} = 8\text{년}\right)$이 걸린다. 따라서 A가 Q를 지나는 순간부터 P의 빛 신호가 Q에 도달할 때까지 걸리는 시간은 18년이다.

[오답 풀이] ㄱ. 광속 불변 원리에 의해 움직이는 관측자와 정지한 관측자가 측정한 빛의 속력은 같다.

04 ㄱ. 지표면의 정지한 관찰자 입장에서는 빠른 속력으로 움직이는 뮤온의 시간은 느리게 가므로 지표면까지 뮤온이 도달하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 속력이 더 빠른 뮤온 B는 지표면에 도달하여 붕괴하고, 뮤온 A는 지표면에 도달하기 전에 붕괴한다.

ㄴ. 관찰자 입장에서 볼 때 움직이는 뮤온의 시간은 느리게 간다. 정지한 좌표계에서 측정한 뮤온의 수명은 뮤온과 같이 움직이는 계에서 측정한 고유 수명보다 길다.

ㄷ. 관측자가 측정할 때 h는 $0.99c$의 속력으로 고유 시간 t_0보다 더 긴 시간을 움직여 지면에 도달하였으므로 $0.99ct_0$보다 크다.

07 질량과 에너지

내신 완성 핵심Q

047쪽

01 ①	02 ⑤	03 ⑤	04 ④	05 ③	06 ①	07 ③
08 ②	09 ③	10 ⑤	11 ③	12 ②	13 ③	14 ③
15 ①	16 ③	17 ④	18 ②	19 ③		

20 (1) A, B (2) B (3) 해설 참조

21 질량 에너지 동등성 **22** (가) $^4_2\mathrm{He}$ (나) $^1_0\mathrm{n}$ (다) $^1_0\mathrm{n}$

01 ㄱ. 질량 에너지 동등성에 의해 질량은 에너지로, 에너지는 질량으로 전환될 수 있다.

[오답 풀이] ㄴ. 정지 상태에 있는 물체의 질량이 m_0일 때 물체가 갖는 에너지는 m_0c^2(c: 빛의 속력)이다.

ㄷ. 운동 상태의 상대론적 질량은 정지 상태의 정지 질량보다 크다.

02 ㄱ. 정지한 물체의 질량, 즉 정지 질량을 m_0이라고 하면 정지 에너지는 m_0c^2이다. 따라서 정지 질량이 같은 A, B의 정지 에너지는 같다.

ㄴ. 움직이는 물체의 질량, 즉 상대론적 질량을 m이라고 하면 총 에너지는 mc^2이다. 따라서 상대론적 질량이 같은 B와 C의 총에너지는 같다.

ㄷ. 아주 빠르게 운동하는 물체의 질량은 속력이 빠를수록 커진다. 따라서 운동 상태에서 정지 질량에 대해 상대론적 질량의 증가량이 가장 큰 B의 속력이 가장 빠르다.

03 ㄴ. 핵융합 반응시 반응 물질의 질량의 총합은 생성 물질의 질량의 총합보다 항상 크다. 이때 감소한 질량은 에너지로 전환된다.

ㄷ. 핵반응 전후 질량 결손만큼의 에너지가 발생한다.

[오답 풀이] ㄱ. 핵분열 반응 전보다 후의 질량은 감소하고, 감소한 질량은 에너지로 전환된다.

04 철수: 원자핵을 구성하는 양성자와 중성자는 원자 질량의 대부분을 차지한다.

민수: 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되어 있다.

[오답 풀이] 영희: 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되므로 양(+) 전하를 띠고 있다.

05 ㄷ. 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다. 따라서 중성자수=질량수−양성자수이다.

[오답 풀이] ㄱ. 양성자수는 원자 번호를 의미한다. 따라서 A는 원자 번호가 2인 헬륨 원자핵이다.

ㄴ. 양성자수는 원자 번호를 의미한다. 따라서 양성자수가 같으면 같은 원자핵이다.

06 핵반응 전후 질량은 감소하며, 이때 결손된 질량은 에너지로 전환된다.

07

[자료 분석]

$^{235}_{92}\mathrm{U}+^1_0\mathrm{n} \longrightarrow {}^{140}_{54}\mathrm{Xe}+{}^{94}_{38}\mathrm{Sr}+\textcircled{ㄱ}\,^1_0\mathrm{n}+$에너지

구분	양성자수	질량수	중성자수
핵반응 전	92+0=92	235+1=236	236−92=144
핵반응 후	54+38+㉠×0=92	140+94+㉠×1=236	142+㉠×1

∴ ㉠=236−234=144−142=2

반응 전 질량의 합은 반응 후보다 크며, 감소된 질량은 에너지로 전환된다. 반응 전후 양성자수, 질량수, 중성자수는 보존된다.

③ 반응 전 중성자수의 합=질량수의 합−양성자수의 합=236−92=144이다.

08 ㄴ. 전하량 보존 법칙에 의해 반응 전후 양성자수의 합은 92로 일정하다.

[오답 풀이] ㄱ. 반응 전후 질량수는 보존되며, 결손된 질량만큼이 에너지로 전환된다.

ㄷ. 핵반응 후 원자핵은 더 안정한 상태로 된다.

09 헬륨 3 원자핵($^3_2\mathrm{He}$) 2개가 핵융합하여 헬륨 원자핵($^4_2\mathrm{He}$) 1개, 수소 원자핵($^1_1\mathrm{H}$) 2개와 에너지를 방출한다.

10 ㄱ. 양성자수가 2이므로 헬륨 원자핵이다.

ㄴ. 질량수가 4이어야 하므로 중성자수는 2이다.

ㄷ. 핵융합 반응으로 반응 전보다 안정적인 원자핵인 헬륨 원자핵이 생성된다.

11 ㄷ. A는 핵융합 반응이고, B는 핵분열 반응이다.

[오답 풀이] ㄱ. A는 반응 전과 후의 질량수의 합이 5이고, 양성자수의 합이 2이다. 따라서 (가)는 중수소 원자핵($^2_1\mathrm{H}$)이다.

B는 반응 전과 후의 질량수의 합이 92+141+3×1=236이고, 양성자수의 합이 56+36=92이다. 따라서 (나)는 중성자($^1_0\mathrm{n}$)이다.

ㄴ. 핵융합 반응은 초고온 상태에서 일어난다.

12 ㄷ. 핵분열 반응으로 원자력 발전소에서 일어나는 핵반응이다.

[오답 풀이] ㄱ. (가)는 중성자로, 전기적으로 중성이다.

ㄴ. 핵분열 전후 질량수의 합은 보존된다.

13 ㄱ. 핵융합 과정을 나타낸 것이다.

ㄴ. 핵반응 후 원자핵은 더 안정한 상태가 된다.

[오답 풀이] ㄷ. 반응 전 질량수의 합은 2+3=5이고, 반응 후 양성자수의 합은 0+2=2이다.

14 ③ 헬륨 원자핵은 전기적으로 양(+)전하를 띠고 있다.

[오답 풀이] ①, ② 헬륨 원자핵을 구성하는 입자는 양성자 2개, 중성자 2개이므로 양성자수는 2이고, 질량수는 4이다.

④ 결합 전보다 결합 후의 질량이 감소하고, 감소된 질량은 에너지로 전환된다.

⑤ 양성자 2개와 중성자 2개가 결합하여 만들어진 헬륨 원자핵은 반응 전보다 질량이 작다.

15 ㄱ. (가)는 중성자로, 전기적으로 중성이다.

[오답 풀이] ㄴ. 반응 전후 질량수는 보존된다. 반응 후 감소된 질량만큼의 에너지를 방출한다.

ㄷ. 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵은 모두 전기적으로 양(+)전하를 띠고 있어 전기적 척력이 작용한다.

16 $\Delta m = 4 \times 1.007825\ \mathrm{u} - 4.002603\ \mathrm{u} = 0.028697\ \mathrm{u}$
$= 0.028697 \times 1.66 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg} \fallingdotseq 4.76 \times 10^{-29}\ \mathrm{kg}$이다.

17 ④ 핵반응시 생성된 에너지는 질량 결손(Δm)에 의한 것으로, 그 양은 Δmc^2이다.

[오답 풀이] ① (가)는 중성자로, 질량이 0이 아니다.

② 우라늄의 질량수는 235이다.

③ 헬륨 원자핵은 전기적으로 양(+)전하를 띠고 있다.

⑤ 같은 양의 반응 물질이 핵반응을 할 때, 가벼운 수소 원자핵이 반응하여 헬륨 원자핵이 생성되는 핵융합 반응에서 더 많은 에너지가 발생한다.

18

[자료 분석]

$^{235}_{92}\mathrm{U} + \boxed{\text{(가)}} \longrightarrow {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + 3\boxed{\text{(가)}} + \text{약 } 200\ \mathrm{MeV}$

(가)를 ${}^{a}_{b}\mathrm{X}$라고 하면

구분	양성자수	질량수	중성자수
핵반응 전	$92+b$	$235+a$	$(235+a)-(92+b)$
핵반응 후	$36+56+3\times b$	$92+141+3\times a$	$(233+3a)-(92+3b)$

반응 전후 양성자수와 질량수의 합은 보존된다.

양성자수: $92+b=92+3b$ $\therefore b=0$

질량수: $235+a=233+3a$ $\therefore a=1$

따라서 X는 중성자(${}^{1}_{0}\mathrm{n}$)이다.

우라늄 원자핵에 중성자를 충돌시키면 불안정한 우라늄 원자핵이 안정된 원자핵으로 변환된다. 따라서 (가)는 중성자이다.

19 ㄱ. (가)는 핵분열 반응이고, (나)는 핵융합 반응이다.

ㄴ. 핵융합 반응은 태양 중심부에서의 에너지 생성 과정과 같은 초고온 상태에서 일어난다.

[오답 풀이] ㄷ. 뉴턴 역학에서 물체의 질량은 고유한 양으로 변하지 않는다. 따라서 운동하는 물체의 질량이 증가하는 것을 설명할 수 없다. 이러한 질량 에너지 동등성은 특수 상대성 이론으로 설명이 가능하다.

20 (1) 정지 에너지가 같으면 정지 질량이 같다.

(2) 총에너지와 정지 에너지의 차이가 클수록 속력이 빠르다. B와 D는 운동할 때의 총에너지가 같지만 정지 에너지는 D가 더 크므로 속력은 B가 더 빠르다.

(3) [모범 답안] $v_A > v_C$, 총에너지는 A와 C가 같지만 정지 에너지는 A가 C보다 작으므로, 속력은 A가 C보다 빠르다.

채점 기준	배점(%)
$v_A > v_C$라고 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100
$v_A > v_C$라고만 쓴 경우	50

21 질량과 에너지는 서로 전환되며, 핵융합 반응시 감소한 질량(Δm)에 광속(c)의 제곱을 곱한 만큼의 에너지가 방출된다.

22 핵반응 전후 질량수와 전하량은 보존된다. 따라서 (가)는 질량수가 4, 양성자수가 2인 헬륨 원자핵(${}^{4}_{2}\mathrm{He}$)이고, (나)와 (다)는 질량수가 1, 양성자수가 0인 중성자 (${}^{1}_{0}\mathrm{n}$)이다.

1등급 공략 핵심Q

051쪽

01 ② 02 ① 03 ③ 04 ③

01 영희: 물체의 속력이 빨라지면 물체의 질량은 증가한다.

[오답 풀이] 철수: 정지하고 있을 때의 질량을 정지 질량(m_0)이라고 하고, 이때 물체가 갖는 에너지를 정지 에너지(m_0c^2)라고 한다. 따라서 정지하고 있는 물체의 에너지는 0이 아니다.

민수: 질량은 에너지로, 에너지는 질량으로 변환될 수 있는 것을 질량 에너지 동등성이라고 한다.

02 ㄱ. 인공 핵융합 과정은 초고온 상태에서 일어난다.

[오답 풀이] ㄴ.핵융합 반응에 의해 불안정한 원자핵은 안정한 원자핵으로 변환된다.

ㄷ. 질량 결손으로 인해 총 질량은 감소하지만 질량수는 보존된다.

03 ㄱ. (가)에서 반응 전 양성자수의 합이 2, 질량수의 합이 4이므로 반응 후 원자핵은 헬륨 원자핵(${}^{4}_{2}\mathrm{He}$)이다.

ㄷ. 질량 결손에 의한 에너지가 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 질량 결손은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

[오답 풀이] ㄴ. 핵반응 전후 질량수는 보존된다.

04 ㄱ. (가)는 질량수가 1, 양성자수가 0이므로 중성자(${}^{1}_{0}\mathrm{n}$)이다.

ㄴ. 핵반응 후 생성된 중성자의 속력을 낮추면 다른 우라늄 원자핵과 충돌하면서 핵분열 반응을 연쇄적으로 일으킨다.

[오답 풀이] ㄷ. 반응 전보다 반응 후 질량이 감소하며, 감소한 질량은 에너지로 전환된다.

Ⅱ 물질과 전자기장

08 원자의 구조와 에너지 준위

내신 완성 핵심Q

053쪽

01 ②	02 ③	03 ②	04 ⑤	05 ⑤	06 ③	07 ③
08 ④	09 ②	10 ①	11 ②	12 ②	13 ③	14 ⑤
15 해설 참조		16 7 : 16 : 9		17 해설 참조		

01 톰슨은 진공 방전 실험으로 전자를 발견하였고, 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험으로 원자핵을 발견하였다.

02 ㄱ, ㄴ. 알파(α) 입자는 원자핵에 가깝게 입사할수록 전기적인 척력을 크게 받아 산란각이 커진다.

[오답 풀이] ㄷ. 알파(α) 입자는 원자핵과 충돌하여 산란되므로 질량은 원자핵이 알파(α) 입자보다 크다.

03 ② 원자핵은 양(+)전하를 띠고, 전자는 음(−)전하를 띠므로 원자핵과 전자 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

[오답 풀이] ① 원자핵은 양(+)전하를 띠고, 전자는 음(−)전하를 띤다.

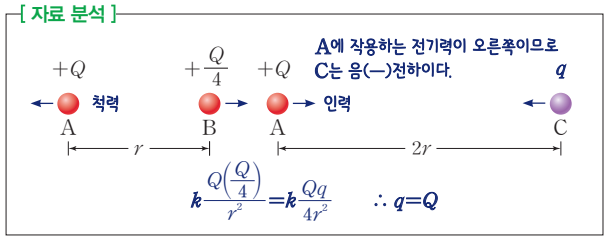
③ 같은 종류의 전하 사이에는 서로 밀어내는 척력이 작용한다.

④ 두 물체를 마찰시키면 한 물체에서 다른 물체로 전자가 이동하여 두 물체가 대전된다.

⑤ 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 두 전하 사이의 거리가 멀수록 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 작다.

04

[자료 분석]



$k\frac{Q\left(\frac{Q}{4}\right)}{r^2}=k\frac{Qq}{4r^2}$ $\therefore q=Q$

ㄱ. A와 B는 모두 양(+)전하이므로 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.

ㄴ. A에 작용하는 전기력의 방향이 (가)에서와 (나)에서가 반대이므로 C는 음(−)전하이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기가 같다. 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. A와 C 사이의 거리는 $2r$이고, A와 B 사이의 거리는 r이므로 C의 전하량의 크기는 B의 4배인 Q이다.

05 ㄱ. B는 A로부터 멀어지는 방향으로 운동하므로 전하의 종류는 A와 B가 같다.

ㄷ. A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기는 p에서가 q에서보다 크다.

[오답 풀이] ㄴ. 두 전하 사이의 거리가 멀어질수록 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 작아지므로 B의 가속도의 크기도 작아진다.

06 ㄷ. A와 B는 같은 종류의 전하이므로 A가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고, C는 양(+)전하이므로 B가 C에 작용하는 전기력의 방향도 $+x$ 방향이다.

[오답 풀이] ㄱ. B에 작용하는 전기력은 0이므로 C는 양(+)전하이다.

ㄴ. B와 C 사이의 거리는 A와 B 사이의 거리의 2배이므로 전하량은 C가 A의 4배이다.

07 ㄱ. (나)는 고온의 기체에서 방출되는 빛의 스펙트럼이다.

ㄴ. 선 스펙트럼은 원자의 에너지 준위가 양자화되어 있다는 증거이다.

[오답 풀이] ㄷ. 빛의 파장이 길수록 광자 1개의 에너지는 작다. 파장은 a가 b보다 길므로 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 작다.

08 방전관 속에 기체를 넣고 방전시키면 각 원소에 따라 특유한 색깔의 빛을 방출한다. 이 빛을 분광기로 관찰할 때 특정한 위치에 밝은 색의 선이 띄엄띄엄 나타나는데, 이 선의 위치를 각 원소의 스펙트럼과 비교하여 일치하는 것을 찾아보면 (나)의 기체에는 A와 C가 포함되어 있음을 알 수 있다.

09 ② 전자의 전이 과정에서는 선 스펙트럼이 나타난다.

[오답 풀이] ① 양자수가 클수록 전자의 에너지 준위가 크다.

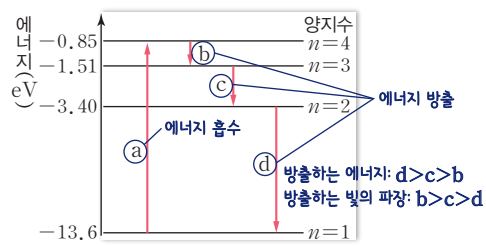
③ 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때 빛을 방출하고, 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때 빛을 흡수한다.

④ 양자수가 클수록 인접하는 에너지 준위 사이의 에너지 차이는 작다.

⑤ $n=5$인 상태의 전자가 $n=2$인 상태로 전이할 때가 $n=4$인 상태로 전이할 때보다 방출하는 빛의 파장이 짧다.

10

[자료 분석]



ㄱ. 전자가 전이하면서 흡수하는 에너지는 에너지 준위의 차이이므로 a에서 흡수하는 빛의 에너지는 13.6 eV−0.85 eV=12.75 eV이다.

[오답 풀이] ㄴ. 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지가 클수록 빛의 파장은 짧다. 방출하는 빛의 에너지는 c가 b보다 크므로 방출하는 빛의 파장은 b가 c보다 길다.

ㄷ. A는 가시광선 영역에서 파장이 가장 긴 빛이므로 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때, 즉 c에서 방출하는 빛이다.

11 ㄴ. 방출되는 빛의 에너지가 클수록 방출되는 광자 1개의 에너지가 크다.

[오답 풀이] ㄱ. 방출되는 빛의 진동수는 에너지에 비례한다. 따라서 진동수는 b가 a보다 크다.

ㄷ. a, b, c의 파장을 각각 λ_a, λ_b, λ_c라고 하면 $\frac{hc}{\lambda_a}+\frac{hc}{\lambda_c}=\frac{hc}{\lambda_b}$이므로 $\frac{1}{\lambda_a}+\frac{1}{\lambda_c}=\frac{1}{\lambda_b}$이다.

12 ㄴ. $n=3$인 궤도에 있던 전자가 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수가 f_2이므로 $n=1$인 궤도에서 있던 전자가 $n=3$인 궤도로 전이하기 위해서는 진동수가 f_2인 빛을 흡수해야 한다.

[오답 풀이] ㄱ. 전자의 전이 과정에서 에너지 준위의 차이가 클수록 빛의 진동수는 크다.

ㄷ. $n=3$인 궤도에 있던 전자가 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수는 f_2-f_1이다.

13 ㄱ. 방출되는 전자기파의 에너지는 a가 b보다 작으므로 파장은 a가 b보다 길다.

ㄴ. 쿨롱 힘의 크기는 전하 사이의 거리가 가까울수록 크므로 원자핵과 전자 사이에 작용하는 쿨롱 힘은 $n=1$인 궤도에서 가장 크다.

[오답 풀이] ㄷ. 들뜬상태에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 가시광선 영역에 속하는 전자기파가 방출된다. 들뜬상태에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛은 라이먼 계열로, 자외선 영역에 속하는 전자기파가 방출된다.

14 ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 수소 원자의 에너지는 불연속적이다.

ㄴ. 에너지 준위의 차이가 클수록 방출되는 빛의 에너지는 크다.

ㄷ. 전자가 에너지를 흡수하여 전이하기 위해서는 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 흡수해야 한다. b에서 흡수하는 빛의 에너지는 E_4-E_3이므로 이때 흡수하는 빛의 진동수는 $\frac{E_4-E_3}{h}$이다.

15 |모범 답안| 원자핵 주위를 원운동하는 전자는 가속 운동을 하면서 전자기파를 방출하는데, 이로 인해 전자가 가진 에너지가 점차 감소하여 핵과 충돌하여 소멸해야 한다. 전자의 에너지가 감소하면서 전자기파를 방출하므로 연속 스펙트럼이 나타나야 하는데, 선 스펙트럼이 관찰된다.

채점 기준	배점(%)
러더퍼드 원자 모형의 문제점 2가지를 옳게 서술한 경우	100
러더퍼드 원자 모형의 문제점을 1가지만 옳게 서술한 경우	50

16 $F_A=\left|k\frac{2Q^2}{d^2}-k\frac{Q^2}{4d^2}\right|=k\frac{7Q^2}{4d^2}$,

$F_B=\left|k\frac{2Q^2}{d^2}+k\frac{2Q^2}{d^2}\right|=k\frac{4Q^2}{d^2}$,

$F_C=\left|-k\frac{Q^2}{4d^2}-k\frac{2Q^2}{d^2}\right|=k\frac{9Q^2}{4d^2}$이다.

따라서 $F_A:F_B:F_C=\frac{7}{4}:4:\frac{9}{4}=7:16:9$이다.

17 |모범 답안| 에너지 준위가 높을수록 $n=2$인 궤도로 전이할 때의 에너지가 크므로 빛의 파장이 짧다. 스펙트럼 선 사이의 간격이 좁을수록 파장이 짧으므로 a의 파장이 b보다 짧다.

채점 기준	배점(%)
파장을 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
파장만 옳게 비교한 경우	50

1등급 공략 핵심Q

057쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ①

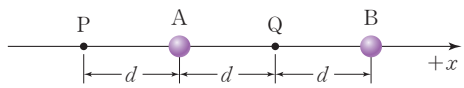
01 ㄴ. (나)는 러더퍼드 알파(α) 입자 산란 실험으로, 원자 속에서 원자핵은 매우 작은 부피를 차지한다는 사실을 알아내었다.

[오답 풀이] ㄱ. (가)는 톰슨의 음극선 실험으로 음극선이 음(−)전하를 띠는 입자의 흐름이라는 것을 알아내었다.

ㄷ. (가)에서 음극선은 전자의 흐름이므로 음(−)전하를 띠고, (나)에서 알파(α) 입자는 원자핵과 척력이 작용하므로 양(+)전하를 띤다는 것을 알아내었다.

02

[자료 분석]



양(+)전하인 C를 각각 P에 놓을 때와 Q에 놓을 때 C에 작용하는 전기력의 크기는 P에서가 Q에서보다 크고, 전기력의 방향은 모두 $-x$ 방향이다.

B	A	Q에 놓인 양(+)전하에 작용하는 전기력의 방향	P에 놓인 양(+)전하에 작용하는 전기력의 방향	P에서와 Q에서 양(+) 전하에 작용하는 전기력의 크기 비교	문제 조건
음(−) 전하	양(+)전하	$+x$ 방향	−		불일치
	음(−)전하	$q_A>q_B$이어야 $-x$ 방향	$+x$ 방향		불일치
양(+) 전하	양(+)전하	$q_A>q_B$이어야 $-x$ 방향	$-x$ 방향	P에서가 Q에서보다 크다.	일치
	음(−)전하	$-x$ 방향		P에서가 Q에서보다 작다.	불일치

ㄴ. B가 음(−)전하이면 P와 Q에 놓인 양(+)전하에 작용하는 전기력의 크기는 P에 놓았을 때가 Q에 놓았을 때보다 작다. 따라서 B는 양(+)전하이고, A와 B 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.

ㄷ. Q는 A와 B로부터 같은 거리만큼 떨어져 있고 Q에 놓인 양(+)전하에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이므로 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.

[오답 풀이] ㄱ. P와 Q에 놓인 양(+)전하에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이고, 전기력의 크기는 P에서가 Q에서보다 크므로 A는 양(+)전하이다.

03 ㄱ. 수소 기체가 방전하면서 빛을 방출하므로 방출 스펙트럼이 나타난다.

ㄴ. 수소 원자 내 에너지 준위는 불연속적이므로 선 스펙트럼이 나타난다.

ㄷ. 파장이 짧을수록 빛의 에너지가 크므로 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 크다.

04 ㄱ. 양자수 n이 클수록 전자의 에너지가 크다.

[오답 풀이] ㄴ. 방출되는 빛의 에너지가 가장 큰 것은 c이다. 따라서 f_1은 c에서, f_2는 b에서, f_3은 a에서 방출되는 빛의 진동수이다.

ㄷ. $n=5$인 궤도와 $n=3$인 궤도의 에너지 준위 차이는 c에서 방출된 빛의 에너지와 a에서 방출된 빛의 에너지와의 차이다. 따라서 $h(f_1-f_3)$이다.

09 에너지띠와 전기 전도성

내신 완성 핵심Q

059쪽

01 ②	02 ③	03 ③	04 ②	05 ④	06 ①, ③	07 ⑤
08 ②	09 ②	10 ③	11 ④	12 ③	13 ④	14 ⑤
15 ⑤	16 ④	17 ③				

18 해설 참조　19 허용된 띠　20 해설 참조

01 ② 허용된 띠 사이의 에너지 간격을 띠 간격이라고 하며, 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.

[오답 풀이] ① 금지된 띠에는 전자가 존재할 수 없다.

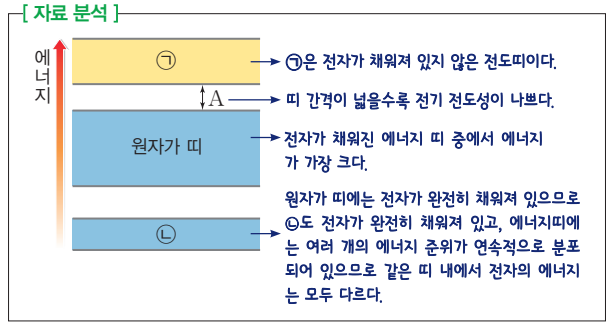
③ 전자의 에너지 준위는 불연속적으로 존재한다.

④ 원자핵으로부터의 거리가 멀수록 전자의 에너지 준위는 높다.

⑤ 전자가 에너지를 잃으면 전자는 에너지 준위가 높은 상태에서 낮은 상태로 이동한다.

02

[자료 분석]



ㄱ. ㉠은 원자가 띠 바로 위의 에너지띠로, 전도띠이다.

ㄴ. A는 원자가 띠와 전도띠 사이의 에너지 간격으로, 띠 간격이다.

[오답 풀이] ㄷ. 에너지띠에는 여러 개의 에너지 준위가 불연속적으로 분포한다. 따라서 전자의 에너지는 모두 다르다.

03 ㄷ. 띠 간격은 전자가 존재할 수 없는 영역이다.

[오답 풀이] ㄱ. 기체는 원자 사이의 거리가 멀기 때문에 에너지띠 구조를 갖지 않는다. 따라서 A는 고체이다.

ㄴ. 전도띠는 전자가 존재할 수 있는 영역이지만, 전자가 가득 차 있지는 않다.

04 ㄴ. 고체의 에너지띠는 전자의 에너지 준위가 매우 가까워 거의 연속적인 띠 모양을 이룬다.

[오답 풀이] ㄱ. 전자는 띠 간격에 존재할 수 없다.

ㄷ. 고체의 에너지 준위는 겹쳐지지 않도록 미세한 차이를 두면서 분포한다.

05 ㄱ. A는 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하면서 만들어진 빈 자리로, 양(+)전하의 성질을 띠는 양공이다.

ㄷ. A는 전자가 전이하면서 만들어진 빈 자리이므로 A와 B의 개수는 같다.

[오답 풀이] ㄴ. 띠 간격이 1.14 eV이므로 원자가 띠의 전자가 흡수한 에너지가 1.14 eV보다 작으면 전도띠로 전이할 수 없다.

06 ① 도체는 자유 전자가 많아 전류가 잘 흐른다.

③ 전기 전도도가 클수록 전기가 잘 통한다. 따라서 전기 전도도는 도체가 절연체보다 크다.

[오답 풀이] ② 띠 간격이 클수록 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하기 어렵다. 띠 간격은 절연체가 도체보다 크다.

④ 도체는 온도가 올라가면 전기 저항이 커진다.

⑤ 반도체는 온도가 올라가면 전기 저항이 작아진다.

07 ㄱ. ㉠은 원자가 띠이다.

ㄷ. 절연체는 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있어서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 쉽게 전이할 수 없다.

[오답 풀이] ㄴ. 도체는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있거나 붙어 있어서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 쉽게 전이할 수 있다.

08 ② 반도체는 절연체보다 띠 간격이 작다. 따라서 전기 전도성은 반도체가 절연체보다 좋다.

[오답 풀이] ① A는 원자가 띠, B는 전도띠이다.

③ 띠 간격은 원자가 띠와 전도띠 사이의 간격으로, 전자가 존재할 수 없는 영역이다.

④ 반도체의 원자가 띠에는 전자가 가득 차 있어 전자가 움직일 수 없다.

⑤ 반도체는 띠 간격 이상의 에너지를 얻으면 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이할 수 있다.

09 도체는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있거나 붙어 있어서 띠 간격이 없고, 절연체는 띠 간격이 매우 크며, 반도체는 띠 간격이 비교적 작다.

10 ㄱ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 작을수록 전기 전도성이 좋다. 따라서 띠 간격은 절연체 > 반도체 > 도체이다.

ㄴ. 전도띠 내의 전자는 자유 전자로, 고체 내에서 이동이 자유롭다.

[오답 풀이] ㄷ. 원자가 띠 내의 에너지 준위는 불연속적으로 분포하므로 전자의 에너지 준위는 모두 다르다.

11 원자가 띠와 전도띠가 붙어 있는 구조이므로 도체의 에너지띠 구조이다. 규소는 반도체이고, 유리, 나무, 다이아몬드는 절연체이며, 알루미늄은 도체이다.

12 ㄱ. C는 띠 간격이 가장 크므로 절연체이다.

ㄴ. A는 도체이고, B는 반도체이다. 띠 간격이 작을수록 전기 전도성이 좋으므로 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

[오답 풀이] ㄷ. 반도체인 B는 온도가 낮을수록 전자가 얻을 수 있는 에너지가 작으므로 전도띠에 있는 전자의 수가 감소한다.

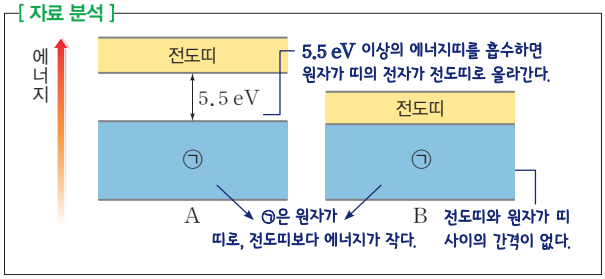
13 ㄴ. 띠 간격이 작을수록 전기 전도성이 좋으므로 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

ㄷ. 고체의 에너지띠는 인접한 원자의 에너지 준위가 겹쳐진 것이다. 따라서 고체의 에너지 준위는 불연속적이다.

[오답 풀이] ㄱ. 저마늄(Ge)은 반도체이고, 석영은 절연체이다. 띠 간격은 절연체가 반도체보다 크므로 A는 저마늄(Ge)이고, B는 석영이다.

14

[자료 분석]



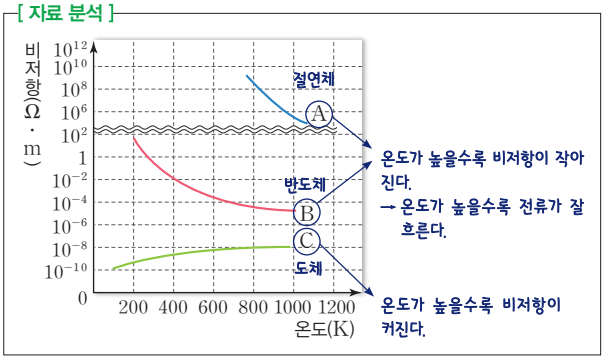
ㄱ. 전도띠 아래에 있는 에너지띠 ㉠은 원자가 띠이다.

ㄷ. 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 한다.

[오답 풀이] ㄴ. B는 원자가 띠의 일부가 비어 있으므로 상온에서 전자가 비어 있는 에너지 준위로 쉽게 올라가 자유 전자가 된다. 따라서 상온에서 자유 전자는 B가 A보다 많다.

15

[자료 분석]



ㄴ. A는 절연체, B는 반도체, C는 도체이다. 따라서 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 A가 C보다 크다.

ㄷ. 전도띠로 전이한 전자는 원자의 구속에서 벗어난 자유 전자이다. 자유 전자의 수가 많을수록 전기 전도성이 좋으므로 비저항이 작아진다. 따라서 B는 온도가 높을수록 전도띠로 전이하는 전자의 수가 많아진다.

[오답 풀이] ㄱ. A는 온도가 높을수록 비저항이 작아지므로 자유 전자의 이동을 방해하는 정도가 작아진다.

16 A. 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하면 원자가 띠에 양(+)전하의 성질을 가진 양공이 만들어진다.

B. 전도띠에 전자가 많을수록 전기 전도성이 좋으므로 전도띠의 전자는 반도체가 절연체보다 많다.

[오답 풀이] C. 띠 간격이 크면 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이할 때 많은 에너지가 필요하므로 전기 전도성이 나쁘다.

17 ㄱ. 집게 도선에 클립을 연결하였을 때에는 전구에 불이 켜졌고, 고무줄을 연결하였을 때에는 전구에 불이 켜지지 않았으므로 전기 전도성은 클립이 고무줄보다 좋다.

ㄴ. 전도띠의 전자는 고체에서 자유롭게 움직일 수 있는 자유 전자이다. 자유 전자가 많을수록 전기 전도성이 좋으므로 전도띠의 전자는 클립이 고무줄보다 많다.

[오답 풀이] ㄷ. 클립은 도체이고, 고무줄은 절연체이므로 띠 간격은 클립이 고무줄보다 작다.

18 |모범 답안| (나), 고체는 수많은 원자가 인접해 있으므로 미세한 차이로 갈라진 에너지 준위가 겹쳐져서 에너지 준위가 띠 모양으로 나타난다.

채점 기준	배점(%)
고체의 에너지띠인 것을 옳게 쓰고, 고체에서 에너지띠 구조가 나타나는 까닭을 옳게 서술한 경우	100
고체에서 에너지띠 구조가 나타나는 까닭을 수많은 원자가 인접해 있기 때문이라고만 쓴 경우	60
고체의 에너지띠인 것만 옳게 쓴 경우	30

19 고체의 에너지띠 중에서 전자가 존재할 수 있는 영역을 허용된 띠라 하고, 전자가 존재할 수 없는 영역을 띠 간격 또는 금지된 띠라고 한다.

20 |모범 답안| B, 띠 간격은 반도체가 도체보다 크기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
반도체인 것을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
반도체인 것만 옳게 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

063쪽

01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤

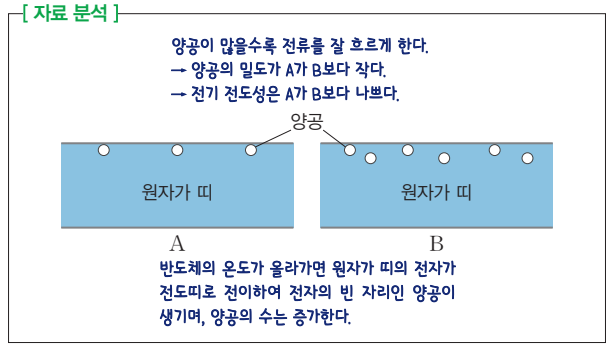
01 ㄱ. A는 전자가 채워진 띠 중에서 에너지가 가장 높은 원자가 띠이고, B는 전도띠이다.
ㄴ. 에너지는 B가 A보다 크므로 A에 있는 전자가 B로 전이하려면 에너지를 흡수해야 한다.
[오답 풀이] ㄷ. A와 B 사이는 띠 간격으로, 전자가 존재할 수 없는 영역이다.

02 ㄱ. 전도띠의 에너지가 원자가 띠의 에너지보다 크므로 A가 원자가 띠에서 전도띠로 이동할 때 에너지가 증가한다. 따라서 A가 원자가 띠에서 전도띠로 이동할 때 에너지를 흡수한다.
ㄴ. A는 자유 전자이고, B는 양공이다. 양공은 양(+)전하의 성질을 갖는다.
[오답 풀이] ㄷ. B는 전자가 없는 빈 자리이므로 다른 전자가 채워지면 또 다른 빈 자리가 생긴다. 따라서 양공의 이동 방향은 전자의 이동 방향과 반대이다.

03 ㄱ. 스위치를 닫을 때에만 전구가 켜졌으므로 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.
ㄴ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 작을수록 전기 전도성이 좋으므로 $E_A < E_B$이다.
[오답 풀이] ㄷ. 전자의 이동 방향은 전류의 방향과 반대이다.

04

[자료 분석]



ㄴ. A와 B는 온도가 같고, 양공의 수는 B가 A보다 많으므로 띠 간격은 A가 B보다 크다.
ㄷ. 온도가 높아지면 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격보다 큰 에너지를 갖는 전자의 수가 증가하므로 원자가 띠에 양공의 수가 증가한다.
[오답 풀이] ㄱ. 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하면 원자가 띠에 전자의 빈 자리인 양공이 생긴다. 원자가 띠에 양공의 수가 많을수록 전도띠로 전이한 전자의 수가 많으므로 전기 전도성이 좋다.

10 반도체와 다이오드

내신 완성 핵심Q

065쪽

01 ② 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ④ 07 ③
08 ① 09 ① 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ① 13 ③ 14 ④
15 ① 16 ④ 17 ④

18 (1) 해설 참조 (2) ㉠
19 (1) p형 반도체: (+)극, n형 반도체: (−)극
20 (1) A: n형 반도체, B: p형 반도체 (2) 해설 참조

01 ② 순수 반도체는 원자가 전자가 4개인 원소들이 공유 결합을 한다.
[오답 풀이] ① 순수 반도체의 띠 간격은 절연체보다 작다.
③ 순수 반도체에는 규소(Si)와 저마늄(Ge) 등이 있다.
④ 순수 반도체를 이루는 원자의 원자가 전자는 4개이다.
⑤ 순수 반도체에 인(P)을 첨가하면 n형 반도체가 되어 전기 전도성이 좋아진다.

02 ㄱ. 순수 반도체에 불순물을 첨가하여 전기 전도도를 높이는 과정을 도핑이라고 한다.
ㄴ. n형 반도체는 양공보다 전자가 많아진 반도체이고, p형 반도체는 전자보다 양공이 많아진 반도체이다.
[오답 풀이] ㄷ. p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 하므로 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑하여 만든다.

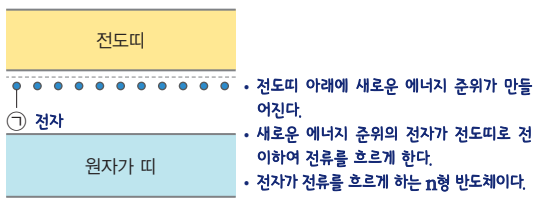
03 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하면 주로 전자가 전류를 흐르게 하는 n형 반도체가 만들어지고, 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하면 주로 양공이 전류를 흐르게 하는 p형 반도체가 만들어진다.

04 ㄴ. A는 저마늄(Ge)에 인듐(In)을 첨가하여 양공이 생긴 p형 반도체이다.
ㄷ. p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
[오답 풀이] ㄱ. 저마늄(Ge)의 원자가 전자는 4개이고, 인듐(In)의 원자가 전자는 3개이다.

05 ⑤ A는 n형 반도체이므로 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지 준위가 만들어진다.
[오답 풀이] ① 인(P)을 첨가했을 때 이웃한 규소(Si)와 공유 결합을 하지 못한 전자가 1개 있으므로 인(P)의 원자가 전자는 5개이다.
② 규소(Si)와 인(P)은 서로 공유 결합을 한다.
③ A는 공유 결합을 하지 못한 전자가 주로 전류를 흐르게 한다.
④ A는 n형 반도체이다.

06

[자료 분석]



이 반도체는 남는 전자에 의해 새로운 에너지 준위가 전도띠 아래에 만들어진 n형 반도체이다. 따라서 A의 원자가 전자는 5개이고, ㉠은 전자이다.

07 ㄱ. Y는 n형 반도체이므로 a는 원자가 전자가 5개인 원소이다.
ㄴ. 순수 반도체에 원소 a를 첨가하면 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지 준위가 만들어져서 원자가 띠의 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라갈 수 있으므로 Y는 n형 반도체이다.
[오답 풀이] ㄷ. 순수 반도체에 불순물을 첨가하면 전자 또는 양공이 증가하므로 불순물 반도체는 순수 반도체보다 전기 전도성이 좋다.

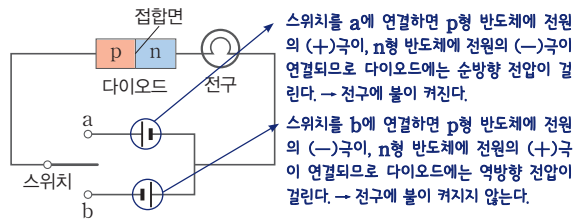
08 ㄱ. (가)는 순수 반도체로, 원자가 전자가 4개인 저마늄(Ge) 또는 규소(Si)로 만든다.
[오답 풀이] ㄴ. (나)는 p형 반도체로, 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가하여 만든다.
ㄷ. (다)는 n형 반도체이다.

09 ① 다이오드는 전류를 직류로 바꾸어 주는 정류 작용을 한다.
[오답 풀이] ② 다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때 전류가 흐른다.
③ 전류의 세기를 증폭시키는 데 사용되는 것은 트랜지스터이다.
④ 이미터, 베이스, 컬렉터의 세 단자를 갖는 소자는 트랜지스터이다.
⑤ 다이오드는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든 소자이다.

10 ㄱ. 스위치를 닫으면 전구에 불이 켜지고, X는 전원의 (+)극과 연결되므로 p형 반도체이다.
ㄴ. 스위치를 닫으면 전구에 불이 켜지므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다.
ㄷ. 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체의 전자와 p형 반도체의 양공은 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.

11

[자료 분석]



ㄱ. n형 반도체는 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하여 전자가 많아지도록 도핑한 반도체이다.
ㄴ. 스위치를 a에 연결하면 p형 반도체에 전원의 (+)극이, n형 반도체에 전원의 (−)극이 연결되므로 다이오드에 순방향 전압이 연결되어 전구에 불이 켜진다.
ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 다이오드에는 역방향 전압이 걸리므로 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

12 ㄱ. (가)에서는 양공과 전자가 접합면 쪽으로 이동하므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 A는 p형 반도체이고, B는 n형 반도체이다.
[오답 풀이] ㄴ. ㉠은 n형 반도체에 있는 전자이다.
ㄷ. (나)에서 양공과 전자가 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동하고 있으므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸려 있다.

13 ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 A에 불이 켜졌으므로 X는 p형 반도체이고, Y는 n형 반도체이다.
ㄴ. LED에서는 전도띠의 전자가 원자가 띠로 전이하면서 빛을 방출한다.
[오답 풀이] ㄷ. 스위치를 b에 연결할 때 B의 Y, 즉 n형 반도체가 전원의 (+)극에 연결되므로 불이 켜지지 않는다.

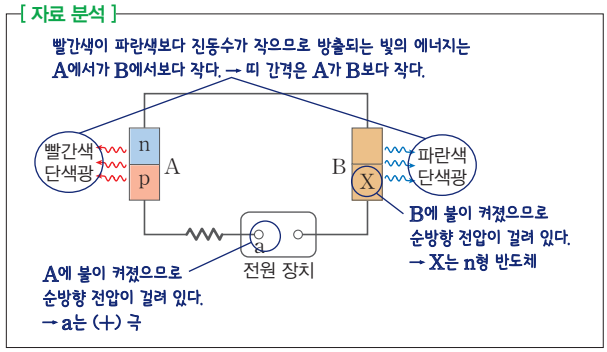
14 ㄴ. LED에 불이 켜졌으므로 순방향 전압이 걸려 있다.
ㄷ. 전도띠의 전자가 원자가 띠로 전이하면서 감소한 에너지만큼 빛으로 방출된다.

[오답 풀이] ㄱ. A는 양공이 많아지도록 도핑한 p형 반도체이고, B는 전자가 많아지도록 도핑한 n형 반도체이다.

15 ㄱ. LED의 긴 다리는 p형 반도체에 연결되어 있다. 따라서 X는 전자가 많아지도록 도핑한 n형 반도체이다.
[오답 풀이] ㄴ. 스위치를 닫았을 때 불이 켜졌고, LED의 긴 다리는 a에 연결되었으므로 a는 (+)극이다.
ㄷ. LED는 전기 에너지를 빛에너지로 전환한다.

16

[자료 분석]



ㄱ. A에서 빨간색 단색광이 방출되고 있으므로 A에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 a는 (+)극이다.
ㄴ. B에서 파란색 단색광이 방출되고 있으므로 B에도 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 X는 n형 반도체이다.
[오답 풀이] ㄷ. 빛의 진동수는 빨간색이 파란색보다 작으므로 LED에서 방출되는 에너지는 A가 B보다 작다. 따라서 띠 간격은 A가 B보다 작다.

17 ㄱ. LED에 불이 켜졌으므로 LED에는 순방향 전압이 걸려 있다.
ㄴ. a는 p형 반도체에 있는 양공이고, b는 n형 반도체에 있는 전자이다.
[오답 풀이] ㄷ. LED에서 방출된 빛의 진동수는 반도체의 띠 간격에 따라 달라지며 전원 장치의 전압과는 무관하다.

18 (1) |모범 답안| 스위치를 닫으면 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 회로에는 전류가 흐르고, 전구에는 불이 켜진다.

채점 기준	배점(%)
전구의 상태를 다이오드에 걸리는 전압과 연관지어 옳게 서술한 경우	100
전구의 상태와 다이오드에 걸리는 전압 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50

(2) 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 다이오드 내에서 n형 반도체의 전자는 접합면 쪽으로 이동한다.

19 p형 반도체를 전원의 (+)극에, n형 반도체를 전원의 (−)극에 연결할 때 전류가 흐르며, 이때 순방향 전압이 걸렸다고 한다.

20 (1) A는 전자가 남아 있으므로 n형 반도체이고, B는 양공이 생겼으므로 p형 반도체이다.
(2) |모범 답안| A는 남는 전자에 의해 전도띠 아래에 새로운 에너지 준위가 만들어지고, B는 남는 양공에 의해 원자가 띠 위에 새로운 에너지 준위가 만들어진다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 에너지띠 구조에 대해 옳게 서술한 경우	100
A와 B의 에너지띠 구조 중 1가지만 옳게 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

069쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ② 04 ①

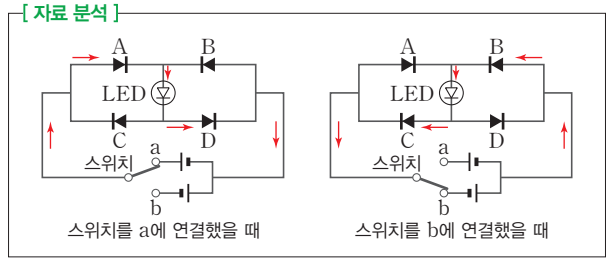
01 ㄴ. Y는 양공이 생겼으므로 p형 반도체이다.
[오답 풀이] ㄱ. Y는 저마늄(Ge)에 붕소(B)를 첨가할 때 양공이 생겼으므로 원자가 전자는 저마늄(Ge)이 붕소(B)보다 1개 많다.
ㄷ. X는 순수 반도체이고, Y는 p형 반도체이므로 전기 전도성은 Y가 X보다 좋다.

02 ㄱ. X는 전도띠 아래에 새로운 에너지 준위가 만들어졌으므로 n형 반도체이고, 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.
ㄷ. n형 반도체는 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가하고, p형 반도체는 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가한다.
[오답 풀이] ㄴ. Y는 원자가 띠 위에 새로운 에너지 준위가 만들어졌으므로 p형 반도체이고, ㉠은 양공이다.

03 ㄴ. 다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.
[오답 풀이] ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 X는 n형 반도체이고, Y는 p형 반도체이다. 따라서 붕소(B)의 원자가 전자는 3개이다.
ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 다이오드는 교류 전원에 연결되므로 저항에 흐르는 전류의 세기는 일정하지 않다.

04

[자료 분석]



ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 방향은 A → LED → D이므로 A와 D에는 순방향이 전압이 걸린다.
[오답 풀이] ㄴ. 스위치를 b에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 방향은 B → LED → C이다. 따라서 B에는 전류가 흐른다.
ㄷ. 스위치를 b에 연결했을 때 LED에는 순방향 전압이 걸려 전류가 흐르므로 불이 켜진다.

11 자기장과 물질의 자성

내신 완성 핵심Q

072쪽

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

16 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
17 전류의 방향: 시계 방향, 전류의 세기: $3I$
18 (1) 오른쪽 (2) 해설 참조

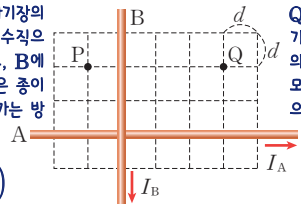
01 ④ 자기력선의 접선 방향은 그 지점에서 자기장의 방향과 같다.
[오답 풀이] ① 자극은 항상 N극과 S극이 쌍으로 존재한다.
② 자기력선은 도중에 갈라지지 않고 교차하지 않는다.
③ 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장의 세기는 크다.
⑤ 자석의 외부에서 자기장의 방향은 N극에서 나와서 S극으로 들어간다.

02 ㄱ. 자기력선이 P로 들어오므로 P는 S극이다.
ㄴ. 자기장의 세기는 자기력선의 밀도에 비례하므로 자기장의 세기는 a에서가 c에서보다 크다.
ㄷ. 자기장의 방향은 자기력선의 접선 방향이므로 b에서 자기장의 방향은 오른쪽 방향이고, d에서 자기장의 방향도 오른쪽 방향이다.

03

[자료 분석]

P에서 A에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, B에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. $\left(-k\frac{I_B}{d}+k\frac{I_A}{d}\right)$



Q에서 A에 의한 자기장의 방향과 B에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. $\left(k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_B}{3d}\right)$

종이면에 수직으로 들어가는 방향을 (−)라고 하면 P에서 A와 B에 의한 자기장의 방향은 반대이므로 P에서 자기장의 세기는 $-k\frac{I_B}{d}+k\frac{I_A}{2d}$이다. 또한 Q에서 A와 B에 의한 자기장은 종이면에서 나오는 방향이므로 자기장의 세기는 $k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_B}{3d}$이다. P, Q에서 자기장의 세기가 같고 방향은 서로 반대이므로 $-\left(-k\frac{I_B}{d}+k\frac{I_A}{2d}\right)=k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_B}{3d}$에서 전류의 세기의 비 $I_A : I_B = 2 : 3$이다.

04 ㄴ. 직선 도선에 흐르는 전류의 세기를 증가시키면 전류에 의한 자기장의 세기가 증가하므로 회전각은 θ보다 커진다.
[오답 풀이] ㄱ. 직선 도선에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하면 나침반 자침의 N극은 북동쪽을 가리키지만 회전각은 θ로 같다.
ㄷ. 나침반을 P 위치로 옮기면 나침반이 놓인 지점의 자기장의 세기는 감소하므로 회전각은 θ보다 작아진다.

05 A에 흐르는 I의 전류가 $x=-3d$에 만드는 자기장을 종이면에서 나오는 방향으로 $\frac{1}{2}B_0$이라고 하면 $x=+2d$에 만드는 자기장의 세기는 종이면에 들어가는 방향으로 $\frac{1}{3}B_0$이다. 두 지점에서 전류에 의한 자기장의 방향이 같으려면 B에 흐르는 전류는 $-y$ 방향이며, B에 흐르는 전류가 $x=-3d$에 만드는 자기장을 종이면에 들어가는 방향으로 B라고 하면 $x=+2d$에 만드는 자기장은 종이면에서 나오는 방향으로 $4B$이다. 따라서 $\frac{1}{2}B_0-B=4B-\frac{1}{3}B_0$에서 $B=\frac{B_0}{6}$, $4B=\frac{2}{3}B_0$이므로 B에 흐르는 전류의 세기는 A의 $\frac{2}{3}$배, 즉 $\frac{2}{3}I$이다.

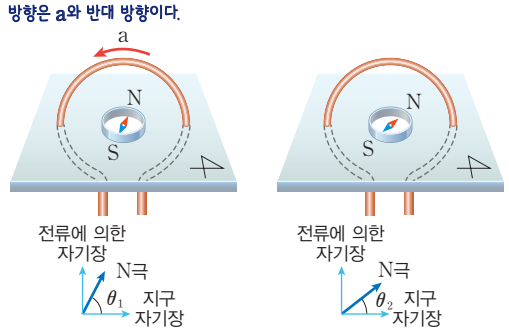
06 ㄱ. $x=d$에서 A에 의한 자기장의 방향은 $-y$ 방향이다. 그러나 $x=d$에서 전류에 의한 자기장의 방향이 $+y$ 방향이므로 B에 흐르는 전류는 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
[오답 풀이] ㄴ. $x=d$는 A와 B의 중간 지점이고, $x=d$에서 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이므로 A에 흐르는 전류의 세기는 B에 흐르는 전류의 세기보다 작다.
ㄷ. $x=d$와 $x=2d$ 사이에서 B에 의한 자기장의 세기가 A에 의한 자기장의 세기보다 더 크므로 A와 B에 의한 자기장이 0인 지점은 $x=d$와 $x=2d$ 사이에는 없다.

07 ㄱ. A와 B에 의한 자기력선이 y축에 대칭이므로 A와 B에 흐르는 전류의 세기는 같다.
[오답 풀이] ㄴ. A와 B의 중간 지점에서 자기장의 세기가 0이 아니므로 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.
ㄷ. 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장의 세기가 크다. 따라서 자기장의 세기는 P에서가 Q에서보다 작다.

08

[자료 분석]

전류에 의한 자기장의 방향은 서쪽이므로 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 a와 반대 방향이다.

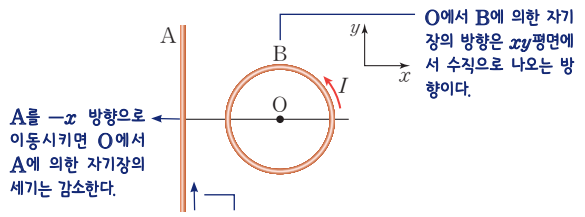


θ_1이 θ_2보다 크므로 원형 전류에 의한 자기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄴ. 나침반 자침의 회전각은 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
ㄷ. (나)에서 전류의 방향을 반대로 하면 나침반 자침의 N극은 동쪽으로 회전하여 북동쪽을 가리킨다.
[오답 풀이] ㄱ. (가)에서 원형 도선 중심에서의 자기장의 방향이 북서쪽이므로 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 a와 반대 방향이다.

09

[자료 분석]



ㄱ. B에는 반시계 방향으로 전류가 흐르므로 O에서 B에 의한 자기장은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄴ. O에서 전류에 의한 자기장의 세기는 0이므로 A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
ㄷ. A를 $-x$ 방향으로 이동시키면 O에서 A에 의한 자기장의 세기가 감소하므로 O에서 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

10 ㄱ. (가)에서 P에 흐르는 전류의 방향이 반시계 방향이므로 O에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄷ. (나)의 O에서 P에 의한 자기장의 세기를 B_0, Q에 의한 자기장의 세기를 B'라고 하면 (가)와 (나)의 O에서 자기장의 세기는 같고 방향은 반대이므로 $B_0=-(B_0-B')$에서 $B'=2B_0$이다. 도선의 반지름은 P가 Q의 2배이므로 Q에 흐르는 전류의 세기는 I이다.
[오답 풀이] ㄴ. (나)에서 도선 Q를 추가했음에도 O에서 전류에 의한 자기장의 세기가 (가)에서와 같으므로 O에서 자기장의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 반대이다. 따라서 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 P에서와 Q에서가 반대이다.

11 ㄷ. 솔레노이드의 단위길이당 감은 수가 많을수록 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 증가한다.
[오답 풀이] ㄱ. 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이므로 P에서 자기장의 방향은 $-x$ 방향이다.
ㄴ. 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다.

12 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 전류의 세기와 단위길이당 감은 수에 비례한다. A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 1 : 2 : 1이고, 단위길이당 감은 수는 A, B, C가 같으므로 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 1 : 2 : 1이다.

13 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되는 것은 강자성체와 상자성체이고, 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지하는 것은 강자성체이다. 따라서 A는 반자성체, B는 상자성체, C는 강자성체이다.

14 ㄱ. A는 강자성체이므로 철은 A와 같은 성질을 나타낸다.
ㄴ. B는 반자성체이다. 마이스너 효과는 초전도체에서 나타나며, 초전도체는 반자성의 성질을 갖는다.
[오답 풀이] ㄷ. 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 바로 사라진다.

15 ㄱ. 전자가 자전축을 중심으로 회전하는 것을 스핀이라고 한다.
[오답 풀이] ㄴ. 전자의 운동 방향과 전류의 방향은 서로 반대이다.
ㄷ. 전자는 음(−)전하를 띠므로 스핀과 반대 방향으로 전류가 흐르는 효과가 나타나 자기장을 형성한다. 따라서 ㉠은 N이다.

16 (1) |모범 답안| 종이면에서 수직으로 나오는 방향, P의 자침의 N극이 북서쪽을 가리키고 있으므로 A에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

채점 기준	배점(%)
전류의 방향을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
전류의 방향만 옳게 쓴 경우	50

(2) |모범 답안| A에 흐르는 전류의 세기를 증가시킨다. P를 A에 가까이 가져간다.

채점 기준	배점(%)
자침의 회전각을 크게 하는 방법 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100
자침의 회전각을 크게 하는 방법을 1가지만 옳게 서술한 경우	50

17 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. A에 흐르는 전류에 의한 자기장을 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 B라고 하면 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 B이어야 한다. 따라서 B에는 시계 방향으로 $3I$의 전류를 흘려주어야 한다.

18 (1) 솔레노이드의 오른쪽이 N극이 되므로 솔레노이드와 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
(2) |모범 답안| 철심은 강자성체이므로 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. 철심을 제거하면 자석에 작용하는 자기장의 세기가 감소하므로 솔레노이드와 자석 사이에 작용하는 자기력의 크기도 감소한다.

채점 기준	배점(%)
자기력의 크기 변화와 까닭을 옳게 서술한 경우	100
자기력의 크기 변화만 옳게 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

076쪽

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ② 06 ⑤ 07 ⑤
08 ②

01 (가)에서 P에 흐르는 전류의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. (나)에서 나침반 자침의 N극은 북쪽을 가리키고 있으므로 나침반이 놓인 곳에서 전류에 의한 자기장의 세기는 0이다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 나침반에서 Q까지의 거리는 나침반에서 P까지의 거리의 2배이므로 Q에 흐르는 전류의 세기는 $2I$이다.

02 ㄱ. 도선 주변의 철가루는 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 영향을 받아 자기화된다.
ㄷ. 자석으로부터의 거리는 p가 q보다 가까우므로 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크다.
[오답 풀이] ㄴ. r에서 자기장의 방향은 $+x$ 방향이므로 오른손의 네 손가락이 $+x$ 방향을 향하도록 도선을 감아쥐면 엄지손가락이 위쪽을 향한다. 따라서 도선에 흐르는 전류의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

03 (가)의 O에서 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이므로 (나)의 O에서 Q에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 B_0이다. 따라서 (나)에서 Q에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이므로 ㉠은 $-y$이다. (다)의 O에서 P에 의한 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 $2B_0$이고, Q에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 $\frac{1}{2}B_0$이다. 따라서 ㉡은 $2B_0-\frac{1}{2}B_0=\frac{3}{2}B_0$이다.

04 ㄴ. p에서는 A에 의한 자기장이 B에 의한 자기장보다 크므로 p에서 자기장의 방향은 오른쪽이다.
ㄷ. A와 B의 중간 지점인 q에서 A와 B에 의한 자기장의 세기는 같고, 감은 수는 B가 A보다 크므로 전류의 세기는 $I_A > I_B$이다.
[오답 풀이] ㄱ. q에서 전류에 의한 자기장의 세기가 0이므로 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.

05 ㄴ. 전원 장치의 전압을 높이면 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 증가하므로 솔레노이드 내부의 자기장의 세기도 증가한다.
[오답 풀이] ㄱ. 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향으로 오른손을 감아쥐면 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향이다. 따라서 나침반 자침의 N극은 b를 향한다.
ㄷ. 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 솔레노이드 내부에서의 자기장의 방향도 반대가 된다. 따라서 (나)와 (라)에서 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 반대이다.

06 영희: 물질이 자석에 반응하는 성질을 자성이라고 하며, 강자성, 상자성, 반자성 등이 있다.
철수: 전자의 궤도 운동과 전자의 스핀 때문에 전류가 흐르는 것과 같은 효과가 나타나고, 이에 의한 자기장 때문에 물질의 자성이 나타난다.
민주: 반자성은 원자가 만드는 자기장의 방향이 외부 자기장의 방향과 반대로 정렬될 때 나타나며, 외부 자기장을 제거하면 자성이 바로 사라진다.

07 ㄱ. P는 외부 자기장을 제거해도 자성이 남아 있으므로 강자성체이다.
ㄴ. P는 강자성체이므로 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. 따라서 P와 솔레노이드 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
ㄷ. (나)에서 나침반 자침의 N극이 P를 가리키고 있으므로 P의 오른쪽은 S극이다. (가)에서 솔레노이드의 왼쪽은 N극이므로 전원 장치의 a는 (−)극이다.

08 ㄴ. 고철은 강자성체이므로 고철의 자기 구역은 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화된다.
[오답 풀이] ㄱ. 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 바로 사라진다.
ㄷ. 강자성체와 반자성체 사이에는 척력이 작용한다.

12 전자기 유도

내신 완성 핵심Q

079쪽

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

15 A: b → Ⓖ → a, B: c → Ⓖ → d
16 반시계 방향
17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

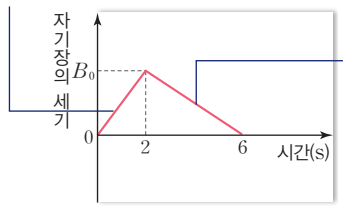
01 ㄱ. 자기장의 변화가 클수록 자기 선속의 변화도 크다. 따라서 단위 시간당 자기장의 변화가 클수록 유도 기전력의 크기는 증가한다.
ㄷ. 유도 기전력의 크기는 코일의 감은 수에 비례한다.
[오답 풀이] ㄴ. 유도 전류의 방향과 유도 기전력의 방향은 같고, 유도 기전력의 방향은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이다.

02 ㄱ. (가)에서 자석의 N극이 코일에 가까이 접근하고 있으므로 자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다. 따라서 자기력의 방향은 자석의 운동 방향과 반대이다.
ㄷ. 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 검류계 바늘의 회전 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
[오답 풀이] ㄴ. (나)에서 자석의 S극이 코일로부터 멀어지고 있으므로 코일에 흐르는 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 자석의 운동 방향과 같다.

03 ㄱ. 자석이 운동하는 동안 저항에는 유도 전류가 흐르므로 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된다. 따라서 자석의 역학적 에너지는 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. 자석이 O에서 B까지 운동하는 동안 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 감소하므로 이를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 b → R → a이다.
[오답 풀이] ㄴ. 자석이 A에서 B까지 운동하는 동안 자석의 속력이 변하고, 코일과 자석 사이의 거리가 변하므로 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 일정하지 않다.

04 ㄴ. 자석이 구리관을 통과하는 동안 감소한 자석의 역학적 에너지만큼 전기 에너지가 발생한다.
[오답 풀이] ㄱ. 자석이 구리관을 통과하는 동안 구리관에는 유도 전류가 흘러 자석의 낙하 운동을 방해하지만, 자석이 플라스틱관을 통과하는 동안 플라스틱관에는 유도 전류가 흐르지 않으므로 자석의 낙하 운동을 방해하지 않는다. 따라서 $t_1 < t_2$이다.
ㄷ. 자석이 구리관에 가까워질 때와 멀어질 때 구리관에 흐르는 유도 전류의 방향은 반대이다.

05
[자료 분석]
종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장의 세기가 일정하게 증가 → 유도 전류가 반시계 방향으로 흐른다.



종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장의 세기가 일정하게 감소 → 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.

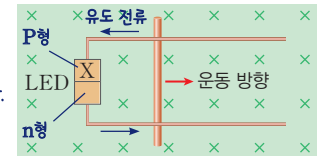
ㄱ. 0초부터 2초까지 도선을 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가하므로 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → R → b이다.
ㄷ. 유도 전류의 세기는 단위 시간당 자기 선속의 변화율에 비례한다. 따라서 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 1초일 때가 3초일 때의 2배이다.
[오답 풀이] ㄴ. 자기 선속의 세기는 자기장의 세기에 비례한다. 따라서 2초부터 6초까지 도선을 통과하는 자기 선속의 세기는 감소한다.

06 ㄱ. 자석이 p를 지날 때 자석의 N극이 코일에 다가가고 있으므로 코일에 흐르는 유도 전류에 의한 코일 내부에서 자기장의 방향은 왼쪽이다.
ㄷ. 코일에 흐르는 유도 전류가 자석의 운동을 방해하므로 자석의 속력은 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다.
[오답 풀이] ㄴ. 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이므로 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때가 반대이다.

07 ㄱ. 자석이 b를 지나는 순간 코일에 의해 자석에 작용하는 자기력의 방향은 위 방향이고, 자석에 작용하는 중력의 방향은 아래 방향이다. 따라서 자석이 b를 지나는 순간 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 작다.
ㄴ. 자석이 a를 지날 때 코일과 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하고, 자석이 b를 지날 때 코일과 자석 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다. 따라서 자석에 작용하는 자기력의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때가 같다.
[오답 풀이] ㄷ. 코일을 통과하는 자기 선속의 변화량은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때가 반대이다. 따라서 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 a를 지날 때와 b를 지날 때가 반대이다.

08 ㄱ. A는 강자성체이므로 (가)에서 A의 P는 S극으로 자화된다.
ㄴ. (나)에서 원형 도선에 A의 N극이 가까워지므로 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 a이다.
[오답 풀이] ㄷ. (나)에서 원형 도선을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르고, A와 원형 도선 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

09
[자료 분석]
LED는 순방향 전압이 걸릴 때에만 불이 켜진다.



ㄱ. 막대가 오른쪽 방향으로 등속도 운동을 할 때 회로에 흐르는 유도 전류의 방향은 반시계 방향이다. 이때 LED에 불이 켜졌으므로 X는 p형 반도체이다.
ㄴ. 막대가 등속도 운동을 하므로 발생하는 유도 기전력의 크기는 일정하다.
ㄷ. 막대가 왼쪽 방향으로 등속도 운동을 하면 회로에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이므로 LED에는 역방향 전압이 걸린다. 따라서 LED에는 불이 켜지지 않는다.

10 ㄱ. A에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 A에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
ㄷ. 자기장 영역에 들어가는 도선의 길이는 A가 C보다 크므로 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 A가 C보다 크다.
[오답 풀이] ㄴ. B는 자기장 영역 안에서 운동하고 있으므로 단위 시간당 자기 선속의 변화율이 0이다. 따라서 단위 시간당 자기 선속의 변화율은 A가 B보다 크다.

11 ㄴ. 자석의 속력이 빠를수록 금속판에 흐르는 유도 전류의 세기는 증가한다.
[오답 풀이] ㄱ. 자기 브레이크에 사용되는 자석은 영구 자석이다.
ㄷ. 놀이 기구가 내려가는 동안 금속판과 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

12 ㄴ. 코일에 흐르는 유도 전류는 전자기 유도 현상으로 설명할 수 있다.

[오답 풀이] ㄱ. 코일에는 코일과 자석의 상대적인 운동에 의해 전류가 흐른다. 코일과 자석이 같이 진동하면 코일에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. 코일에는 유도 전류가 흐르므로 코일을 통과하는 자기 선속은 일정하지 않다.

13 ㄷ. 전송 코일에서 만든 변화하는 자기장이 수신 코일에 영향을 주면 금속을 탐지하기가 어려우므로 전송 코일과 수신 코일은 서로 수직 방향으로 위치시킨다.

[오답 풀이] ㄱ. 전송 코일에 일정한 세기의 전류가 흐르면 금속에 유도 전류가 흐르지 않아 금속을 탐지할 수 없다.

ㄴ. 수신 코일에는 전자기 유도 현상에 의해 전류가 흐른다. 따라서 수신 코일을 통과하는 자기 선속은 일정하지 않다.

14 ㄴ. 자석이 A에서 멀어질 때 A를 바퀴의 중심에서 바깥쪽으로 통과하는 자기 선속이 감소하므로 A에 흐르는 유도 전류에 의한 A 내부에서의 자기장의 방향은 바퀴의 중심에서 바깥쪽으로 향하는 방향이다.

[오답 풀이] ㄱ. 자석이 회전하는 동안 코일을 통과하는 자기 선속의 변화에 의해 유도 전류가 흘러 바퀴에 불이 켜진다.

ㄷ. 자석이 시계 방향으로 회전해도 코일을 통과하는 자기 선속이 변하므로 코일에는 유도 전류가 흐른다.

15 자석이 p를 지날 때 A에서는 자석의 S극이 멀어지므로 A를 아래 방향으로 통과하는 자기 선속이 감소한다. 따라서 A에는 아래 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가하도록 유도 전류가 b → Ⓖ → a 방향으로 흐른다. 자석이 p를 지날 때 B를 아래 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 B에는 아래 방향으로 통과하는 자기 선속이 감소하도록 유도 전류가 c → Ⓖ → d 방향으로 흐른다.

16 도선이 자기장 영역으로 들어가는 동안 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 증가하므로 이 자기장을 감소시키는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

17 (1) **|모범 답안|** q. 원형 도선을 (가) 방향으로 움직였을 때 유도 전류가 a 방향으로 흘렀으므로 원형 도선이 (가) 방향으로 움직이면 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가함을 알 수 있다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 q이다.

채점 기준	배점(%)
전류의 방향을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
전류의 방향만 옳게 쓴 경우	50

(2) **|모범 답안|** (나) 유도 전류가 흐르지 않는다. (다) a와 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. 원형 도선이 (나) 방향으로 움직이면 원형 도선을 통과하는 자기 선속의 변화가 없으므로 원형 도선에는 유도 전류가 흐르지 않는다. 원형 도선이 (다) 방향으로 움직이면 원형 도선 내부에 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 감소하므로 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가하도록 원형 도선에는 a와 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점(%)
(나)와 (다)에서 유도 전류가 흐르는지 쓰고, 유도 전류가 흐르지 않는 까닭과 유도 전류의 방향을 옳게 서술한 경우	100
(나)와 (다)에서 유도 전류의 발생 여부만 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

083쪽

01 ① 02 ② 03 ③ 04 ②

01 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 자기 선속의 변화율에 비례하므로 $I_1 : I_2 = 1 : 1$이다.

02 ㄴ. 0초부터 3초까지 B를 통과하는 자기 선속의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. B를 통과하는 자기 선속이 감소하므로 B에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. 3초부터 6초까지 B는 정지해 있고 A에 흐르는 전류의 세기는 증가하므로 B를 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 통과하는 자기 선속은 증가한다. 따라서 B에 흐르는 유도 전류의 방향은 반시계 방향이다.

[오답 풀이] ㄱ. 0초부터 3초까지 B는 A로부터 멀어지고 있으므로 B를 통과하는 자기 선속은 감소한다.

ㄷ. 3초부터 6초까지 A에 흐르는 전류의 세기는 일정하게 증가하므로 B에 흐르는 유도 전류의 세기는 일정하다.

03 ㄱ. 도선을 통과하는 자기장의 방향은 t일 때와 $3t$일 때가 반대이므로 자기 선속의 방향은 반대이다.

ㄴ. t부터 $2t$까지 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장의 세기가 감소하므로 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 반시계 방향이다.

[오답 풀이] ㄷ. 자기장–시간 그래프에서 곡선의 기울기의 크기는 유도 기전력의 크기에 비례한다. 따라서 t일 때와 $3t$일 때 도선에 흐르는 유도 전류는 0이고, $2t$일 때 유도 전류의 세기는 최대이다.

04 ㄴ. p가 $x=3d$를 지날 때 도선은 자기장의 세기가 같고 방향이 반대인 영역 Ⅰ, Ⅱ에 반씩 걸쳐져 있으므로 도선을 통과하는 자기 선속은 0이다. 따라서 도선을 통과하는 자기 선속은 p가 $x=d$를 지날 때가 $x=3d$를 지날 때보다 크다.

[오답 풀이] ㄱ. p가 $x=d$를 지날 때 도선을 통과하는 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가하므로 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

ㄷ. 자기 선속의 변화율은 p가 $x=3d$를 지날 때가 $x=d$를 지날 때의 2배이므로 유도 전류의 세기는 $x=3d$를 지날 때가 $x=d$를 지날 때의 2배이다.

Ⅲ 파동과 정보 통신

13 파동의 성질

내신 완성 핵심Q

085쪽

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

15 해설 참조　16 해설 참조　17 해설 참조

01

[자료 분석]



ㄱ. P가 1초에 2번 진동하므로 파동의 진동수는 2 Hz이다.

ㄴ. 파동의 파장이 1 m이므로 파동의 속력은 $v=f\lambda=2$ m/s이다.

[오답 풀이] ㄷ. P는 위 방향으로 운동하고 있으므로 파동은 왼쪽으로 진행하고 있다는 사실을 알 수 있다.

02 ㄱ. 진폭은 매질의 최대 변위이므로 파동의 진폭은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 진동수는 $f=\frac{v}{\lambda}$이고, 속력이 같으므로 파장이 짧을수록 진동수가 크다. 따라서 파장이 짧은 A의 진동수가 B보다 크다.

[오답 풀이] ㄴ. 동일한 매질에서 파동의 속력은 일정하므로 A, B의 속력은 같다.

03 ㄴ. (나)에서 주기는 2초이다.

ㄷ. (나)에서 0초 직후 매질의 변위가 증가하므로 P는 위로 운동하고 있다. 따라서 파동은 오른쪽으로 진행한다.

[오답 풀이] ㄱ. (가)에서 매질인 줄은 위아래로 진동한다는 것을 알 수 있고, (나)에서 P는 다음 순간 위 방향으로 진동하므로 파동은 오른쪽으로 진행한다는 것을 알 수 있다. 따라서 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 횡파이다.

04 파동의 속력은 매질의 상태에 영향을 받으며, 진동수, 주기, 파장에 영향을 받지 않는다. 따라서 주기에 관계없이 파동의 속력은 일정하다.

05 ㄴ. 동일한 매질이므로 두 파동의 속력은 같다. 속력은 $v=f\lambda$이고, 파장은 B가 A의 2배이므로 진동수는 A가 B의 2배이다.

[오답 풀이] ㄱ, ㄷ. 파동의 속력은 A, B가 같고, 주기는 진동수에 반비례하므로 B가 A의 2배이다.

06 ㄱ. 파동의 위치에 따른 변위 그래프에서 이웃한 마루와 마루 사이의 거리인 $2l$이 파장이다.

[오답 풀이] ㄴ. 파동의 시간에 따른 변위 그래프에서 이웃한 마루와 마루 사이의 거리인 $2t$는 주기이며, 진동수는 주기의 역수인 $\frac{1}{2t}$이다.

ㄷ. 파동의 속력은 $v=f\lambda=\frac{2l}{2t}=\frac{l}{t}$이다.

07 ㄱ. 그림에서 수심이 얕은 쪽으로 이동할수록 이웃한 마루와 마루 사이의 거리(또는 골과 골 사이의 거리)인 파장이 짧아지고 있다.

ㄷ. 파동의 속력은 $v=f\lambda$인데, 진동수는 일정하고 파장이 감소하므로 속력은 감소한다.

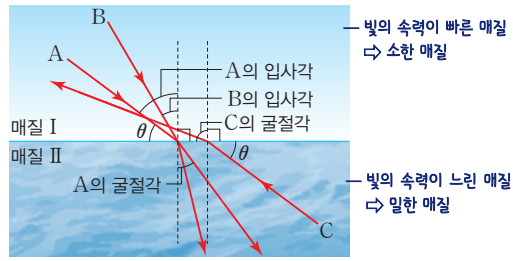
[오답 풀이] ㄴ. 파동이 진행하는 동안 매질에 따라 파동의 속력, 파장은 변하지만 진동수나 주기는 변하지 않는다.

08 ㄱ. 파장은 이웃한 골과 골 사이의 거리이므로 Ⅰ에서의 파장은 λ_1이고, Ⅱ에서의 파장은 λ_2이다.

ㄴ, ㄷ. 파동이 진행하는 동안 진동수는 일정하므로 $v=f\lambda$에서 속력은 파장에 비례한다. 따라서 Ⅰ에서의 속력은 Ⅱ에서의 $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$배이다.

09

[자료 분석]



ㄱ. 입사각은 경계면에 수직인 직선과 파동의 진행 방향이 이루는 각이다. 따라서 입사각은 A가 B보다 크다.

ㄴ. 파동이 굴절할 때 파동의 진행 방향은 속력이 느린 매질 쪽으로 꺾인다. 따라서 굴절각은 C가 A보다 크다.

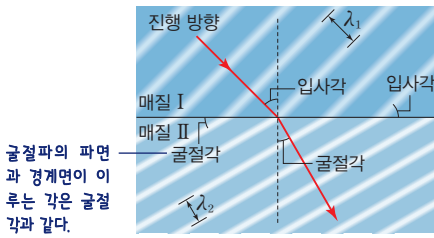
[오답 풀이] ㄷ. 파동이 진행하는 동안 매질에 따라 파동의 속력, 파장은 변하지만, 진동수, 주기는 변하지 않는다.

10 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 매질의 경계면에서 파동의 진행 방향은 속력이 느린 매질 쪽으로 꺾인다. P에서는 입사각이 굴절각보다 크고, Q에서는 입사각이 굴절각보다 작으므로 빛의 속력은 렌즈에서가 공기에서보다 느리다.

11 매질의 경계면에서 파동의 진행 방향은 속력이 느린 매질 쪽으로 꺾인다. 따라서 C에서 B로 진행할 때는 입사각이 굴절각보다 크므로 $v_C>v_B$이다. 또한, B에서 A로 진행할 때는 입사각이 굴절각보다 크므로 $v_B>v_A$이다. 따라서 $v_C>v_B>v_A$이다.

12

[자료 분석]



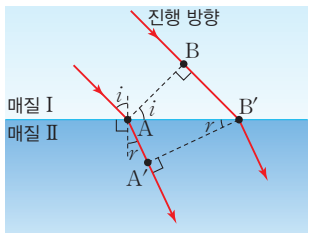
ㄱ. 입사각은 입사하는 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이고, 굴절각은 경계면을 통과한 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이므로 입사각은 굴절각보다 크다.

ㄴ. Ⅰ, Ⅱ에서 파동의 진동수는 같으므로 파동의 주기도 같다.

[오답 풀이] ㄷ. 속력은 $v=f\lambda$이고, 진동수가 일정하므로 속력은 파장에 비례한다. 따라서 속력은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$배이다.

13

[자료 분석]



ㄱ. 매질의 경계면에서 파동의 진행 방향은 속력이 느린 매질 쪽으로 꺾인다. 따라서 $v_1>v_2$이다.

ㄴ. 입사각은 입사하는 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이고, 굴절각은 경계면을 통과한 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이다. 따라서 i는 입사각, r는 굴절각이다.

[오답 풀이] ㄷ. 파동이 A에서 A′까지, B에서 B′까지 가는 데 걸린 시간을 t라고 하면, $\sin i=\frac{v_1 t}{\mathrm{AB'}}$, $\sin r=\frac{v_2 t}{\mathrm{AB'}}$이므로 $\frac{v_1 t}{\sin i}=\frac{v_2 t}{\sin r}$이다. 따라서 $v_2\sin i=v_1\sin r$이다.

14 ㄱ. 관찰자에게는 빛이 오는 방향에 물체는 있는 것으로 보인다. 빛은 아래 방향에서 오므로 선인장은 아래 방향에 있는 것처럼 보인다.

ㄷ. 매질에서의 속력이 달라져 파동의 진행 방향이 바뀌는 현상을 굴절이라고 한다.

[오답 풀이] ㄴ. 파동의 진행 방향은 속력이 느린 매질 쪽으로 꺾인다. 따라서 빛의 속력은 위에 있는 공기에서가 지표면 근처에 있는 공기에서보다 느리다. 이는 공기의 온도가 높을수록 빛의 속력이 빠르기 때문이다.

15 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하면 종파, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직이면 횡파라고 한다.

|모범 답안| A에서 파동의 진행 방향과 용수철의 진동 방향은 수직이며, 이러한 파동에는 물결파, 지진파의 S파 등이 있다. B에서 파동의 진행 방향과 용수철의 진동 방향은 나란하며, 이러한 파동에는 소리, 지진파의 P파 등이 있다.

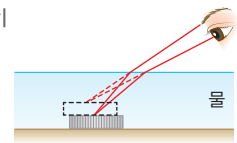
채점 기준	배점(%)
진행 방향과 진동 방향을 옳게 서술하고, 예를 2가지씩 옳게 쓴 경우	100
진행 방향과 진동 방향만 옳게 서술한 경우	50
예만 2가지씩 옳게 쓴 경우	50

16 |모범 답안| 낮에는 태양 빛에 의해 지표면 근처의 온도가 높아 소리의 속력이 빨라지며, 밤에는 반대가 된다. 따라서 낮에는 하늘 쪽으로 소리가 굴절되며, 밤에는 지면 쪽으로 소리가 굴절된다.

채점 기준	배점(%)
소리의 속력 변화와 굴절 방향에 대해 옳게 서술한 경우	100
소리의 속력 변화만 옳게 서술한 경우	50

17 관찰자에게는 물체에서 나온 빛이 눈으로 들어오는 경로의 연장선이 만나는 지점에 물체가 있는 것처럼 관찰된다. 따라서 동전에서 나오는 빛은 동일하지만 (나)에서는 수면에서 빛이 굴절되므로 동전이 보이는 위치가 왼쪽 위로 이동한다.

|모범 답안|



채점 기준	배점(%)
경계면에서 굴절 방향이 적절하며, 동전의 위치 이동을 적절하게 표시한 경우	100
경계면에서 굴절 방향은 적절하지만, 동전의 위치를 적절하지 않게 표시한 경우	50

1등급 공략 핵심Q

089쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ④

01 ㄱ. 진폭은 매질의 최대 변위이므로 A가 B보다 크다.

ㄴ. 변위를 시간에 따라 나타낸 그래프에서 이웃한 마루와 마루 사이의 거리는 주기이므로 주기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다. 따라서 진동수는 주기에 반비례하므로 진동수는 A가 B의 2배이다.

ㄷ. 동일한 매질에서 진행하므로 속력은 같다. 따라서 $v=f\lambda$에 의해 파장은 진동수에 반비례하므로 파장은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

02 파동이 오른쪽으로 진행하므로 $x=2\,\mathrm{m}$인 지점에서 매질은 다음 순간 위로 이동해야 한다. 따라서 매질의 변위는 0초 이후 증가해야 한다. 주어진 그래프에서 파장은 8 m, 속력은 4 m/s이므로 주기는 2초임을 알 수 있다. 따라서 적절하게 나타낸 그래프는 ①이다.

03 ㄱ, ㄴ. 입사각은 입사하는 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이고, 굴절각은 경계면을 통과한 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이다. 따라서 θ_1은 굴절각, θ_2는 입사각, θ_3은 반사각이다. 반사 법칙에 의해 입사각 θ_2와 반사각 θ_3은 항상 같다.
ㄷ. 파동의 진행 방향은 느린 매질 쪽으로 꺾인다. 이 경우 굴절각이 입사각보다 크므로 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

04 ㄱ. 파동이 진행하는 동안 진동수는 일정하므로 속력은 파장에 비례한다. 따라서 파동의 속력은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 2배이다.
ㄷ. $\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$에서 $\frac{\sin 30^\circ}{\sin\theta}=\frac{2\lambda}{\lambda}$이므로 $\sin\theta=\frac{1}{4}$이다.
[오답 풀이] ㄴ. 입사각은 입사하는 파동의 진행 방향이 경계면에 수직인 직선과 이루는 각이다. 따라서 입사각은 $90^\circ-60^\circ=30^\circ$이다.

14 전반사와 전자기파

내신 완성 핵심Q

091쪽

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

15 해설 참조 16 해설 참조 17 해설 참조

01 ㄱ, ㄷ. 전반사는 빛이 빛의 속력이 느린 매질에서 빛의 속력이 빠른 매질로 진행할 때, 입사각이 임계각보다 큰 경우에 나타난다. 따라서 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르며, 입사각 θ는 임계각보다 크다.
[오답 풀이] ㄴ. A에서 빛의 속력이 빠르고 진동수는 변하지 않으므로 파장은 A에서가 B에서보다 길다.

02 ㄱ. 전반사는 빛의 속력이 느린 매질에서 빛의 속력이 빠른 매질로 진행할 때 나타나므로 두 경우 모두 빛의 속력이 느린 매질에서 빠른 매질로 빛이 진행하는 경우이다. 따라서 빛의 속력은 A에서가 가장 빠르다.
ㄴ. 그림에서 굴절각이 90°이므로 입사각 θ_1, θ_2는 모두 임계각이다. 즉, θ_1은 B에서 A로 진행할 때의 임계각이고, θ_2는 C에서 A로 진행할 때의 임계각이다.
[오답 풀이] ㄷ. 두 매질에서의 빛의 속력의 차이가 클수록 임계각이 작다. $\theta_1<\theta_2$이므로 빛의 속력은 B에서가 C에서보다 느리다.

03 ㄱ. 빛은 속력이 느린 매질 쪽으로 굴절한다. 따라서 굴절하는 방향을 보면 각 매질에서 빛의 속력은 C>B>A 순으로 빠르다.
ㄷ. 빛의 속력의 차이가 많이 날수록 매질 사이의 경계면에서 임계각은 작아진다. 따라서 $\theta_1>\theta_2$이다.
[오답 풀이] ㄴ. 전반사는 입사각이 임계각보다 커야 나타난다. A와 B의 경계면에서 빛이 굴절하므로 입사각은 θ_1보다 작다.

04 ㄴ. A를 속력이 빠른 매질로 바꾸면 굴절각이 감소하여 B와 C의 경계면에서 입사각이 증가하므로 전반사가 일어날 수 있다.
[오답 풀이] ㄱ. 입사각 θ가 커지면 B와 C의 경계면에서 입사각이 작아진다. 따라서 전반사가 일어날 수 없다.
ㄷ. 전반사는 빛의 속력이 느린 매질에서 빛의 속력이 빠른 매질로 진행할 때 나타난다. 따라서 B를 빛의 속력이 더 빠른 매질로 교체해야 전반사가 일어날 수 있다.

05 ㄴ. 전반사는 입사각이 임계각보다 커야 나타나므로 θ는 임계각보다 크다.
ㄷ. 빛의 속력은 코어에서가 클래딩에서보다 느리다. 따라서 클래딩이 B이면 코어는 빛의 속력이 느린 A이어야 한다.
[오답 풀이] ㄱ. 빛은 속력이 느린 매질 쪽으로 굴절한다. 따라서 빛이 굴절하는 방향을 보면 빛의 속력은 C에서 가장 빠르고, A에서 가장 느리다.

06 ㄱ. 공기와 코어의 경계면에서 입사각이 굴절각보다 크므로 빛의 속력은 공기에서가 더 빠르다. 따라서 파장은 공기에서가 더 길다.
[오답 풀이] ㄴ. 코어와 클래딩의 경계면에서 빛이 전반사하기 위해서는 코어에서 빛의 속력이 클래딩에서보다 느려야 한다.
ㄷ. 코어를 빛의 속력이 더 느린 물질로 교체하면 코어와 클래딩의 경계면에서 임계각이 작아진다. 즉, i_m이 커진다.

07 ㄷ. (가)에서는 전반사가 일어나지 않으므로 입사각 θ_1은 임계각보다 작고, (나)에서는 전반사가 일어나므로 입사각 θ_2는 임계각보다 크다. 따라서 $\theta_2>\theta_1$이다.
[오답 풀이] ㄱ. 입사각이 굴절각보다 작으므로 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.
ㄴ. 코어를 구성하는 물질은 클래딩보다 빛의 속력이 느려야 하므로 B로 구성되어야 한다.

08 ㄱ. 전기장과 자기장의 진동 방향이 빛의 진행 방향에 각각 수직이므로 빛은 횡파이다.
ㄴ. 이웃한 전기장이 최대인 지점 사이의 거리인 a는 파장을 의미한다. 따라서 빛의 속력은 파장과 진동수의 곱인 af이다.
[오답 풀이] ㄷ. 진공에서 빛의 속력은 진동수에 관계없이 일정하다.

09 ㄱ. A는 자외선으로 살균이나 소독에 이용된다.
[오답 풀이] ㄴ. 전자레인지에 이용되는 마이크로파는 전파에 해당된다. B는 적외선이다.
ㄷ. 파장에 관계없이 진공에서 전자기파의 속력은 일정하다.

10 ㄱ. 광섬유에서 빛은 전반사하며 진행한다.
ㄴ. 위성 통신에 사용되는 마이크로파의 파장은 적외선보다 길고, 전파 중에서는 파장이 짧은 편에 속하므로 A에 해당된다.

ㄷ. 라디오에서 이용되는 전파(라디오파)는 전자기파 중에서 파장이 가장 길다.

11 적외선은 상온의 물체에서 많이 방출되며, 열화상 카메라, 적외선 온도계 등에 많이 사용된다. 주로 열작용을 하며, 파장은 마이크로파보다 짧고 가시광선보다 길다.

12 A에 활용되는 전자기파는 X선, B는 적외선, C는 자외선이다. 진동수는 X선이 가장 크고, 적외선이 가장 작다.

13 A는 자외선, B는 적외선, C는 전파이다.
철수: 오존층은 자외선을 흡수하여 지면에 도달하는 자외선의 양을 감소시킨다.
영희: 가시광선보다 파장이 긴 전자기파는 적외선이다.
민수: GPS 위성과 같이 위성 통신에 사용되는 전자기파는 마이크로파이며, 전파에 해당된다. C는 전파이다.

14 위성 통신, 전자레인지, 레이더 등에 사용되는 전자기파는 마이크로파이다.

15 |모범 답안| B의 굴절률이 A의 굴절률보다 커야 한다. 입사각 θ가 임계각보다 커야 한다.

채점 기준	배점(%)
2가지 조건을 모두 옳게 서술한 경우	100
1가지 조건만 옳게 서술한 경우	50

16 |모범 답안| 광케이블은 동축 케이블에 비해 많은 양의 정보를 전송할 수 있다.

채점 기준	배점(%)
정보 전달과 관련 있는 광케이블의 유리한 점을 옳게 서술한 경우	100
정보 전달과 관련 없는 유리한 점을 서술한 경우	50

17 |모범 답안| A: 전파, 무선통신, B: 마이크로파, 위성통신, C: 적외선, 적외선 체온계, D: 자외선, 식기 소독기, E: X선, 뼈 사진 촬영, F: 감마(γ)선, 방사선 암 치료

채점 기준	배점(%)
A~F의 종류와 활용되는 예를 모두 옳게 쓴 경우	100
A~F의 종류만 옳게 쓴 경우	50

1등급 공략 핵심Q

095쪽

01 ② 02 ② 03 ⑤ 04 ④

01 (가)에서 빛의 속력은 Ⅰ에서 가장 빠르고, Ⅲ에서 가장 느리다. (나), (다)에서는 A에서 파동의 속력이 B, C에서보다 빠르고, 임계각은 (나)에서가 (다)에서보다 작으므로 빛의 속력은 B에서가 C에서보다 느리다. 따라서 Ⅰ은 A에 해당하며 속력이 가장 느린 Ⅲ은 B에 해당한다.

02 ㄴ. B와 C의 경계면에서 입사각은 (가)에서의 θ_1이 (나)에서의 θ_2보다 크다. 따라서 B에 입사된 빛의 굴절각은 (가)에서가 (나)에서보다 작다. 그러므로 빛의 속력은 A에서가 D에서보다 빠르므로 빛의 파장은 A에서가 D에서보다 길다.
[오답 풀이] ㄱ. (가)에서 B와 C의 경계면에서 빛이 전반사하므로 빛의 속력은 B에서가 C에서보다 느리다.
ㄷ. (나)에서 B와 C의 경계면에서 빛이 전반사하기 위해서는 입사각이 더 커져야 하므로 θ는 작아져야 한다.

03 ㄱ. 광섬유에서는 빛이 클래딩과 코어의 경계면에서 전반사하며 진행한다.
ㄴ. 코어에서 진행하는 빛이 클래딩과 코어의 경계면에서 전반사하기 위해서는 코어에서 빛의 속력이 클래딩에서보다 느려야 한다.
ㄷ. 광섬유에서 전달되는 빛의 진동수가 크므로 전기 통신보다 대량의 정보를 전달할 수 있다.

04 A는 전파, B는 X선, C는 감마(γ)선이다.
ㄱ. (나)에서 이용되는 전자기파는 투과력이 좋은 X선으로, B에 해당한다.
ㄷ. 빛의 속력은 일정하므로 진동수와 파장은 반비례한다. 따라서 파장은 A가 C보다 길다.
[오답 풀이] ㄴ. TV 리모컨에 이용되는 전자기파는 적외선으로, 가시광선보다 파장이 길다. A는 전파이다.

15 파동의 간섭

내신 완성 핵심Q

097쪽

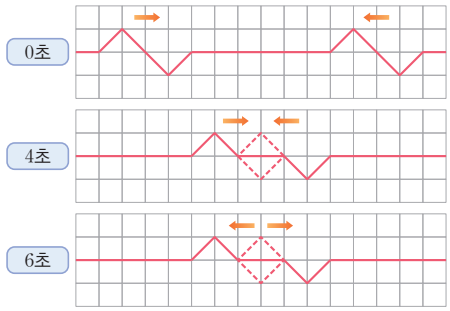
01 ⑤ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 ④ 06 ③ 07 ②
08 ① 09 ⑤ 10 ④ 11 ② 12 ⑤ 13 ⑤ 14 ⑤

15 해설 참조 16 해설 참조

01 ㄴ. 두 입자는 만나면 충돌하면서 에너지를 주고받지만, 파동은 만나면 중첩이 일어난다.
ㄷ. 파동의 독립성에 의해 중첩되기 전후 파동은 변하지 않으므로 파동 사이에 에너지 교환은 없다.
[오답 풀이] ㄱ. 파동과 입자 모두 에너지를 전달한다.

02 ㄱ. 합성파의 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다. 따라서 합성파의 변위는 0이다.
ㄷ. 파동의 독립성에 의해 중첩되기 전후 파동의 상태는 변하지 않는다.
[오답 풀이] ㄴ. 상쇄 간섭이 일어나도 파동의 에너지는 다른 형태의 에너지로 바뀔 뿐 사라지지 않는다.

03 ㄱ. 0초일 때와 1초일 때를 비교하면 두 파동은 한 칸씩 이동하였다. 따라서 파동의 속력은 5 cm/s이다.
ㄴ. 두 파동의 최대 변위인 지점이 같은 위상으로 만나게 되면 합성파의 변위는 최대가 된다. 따라서 합성파의 최대 변위는 5 cm+5 cm=10 cm이다.
ㄷ. 0초, 4초, 6초일 때, 파동이 진행한 모습은 그림과 같다. 따라서 4초일 때와 6초일 때 합성파의 모습은 같다.



04 ㄱ. 두 파동이 중첩되었을 때의 모습으로 합성파의 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다.
ㄴ. 중첩이 끝난 후의 모습이다. 두 파동이 중첩되기 전의 상태와 같은 것은 파동의 독립성으로 설명할 수 있다.
[오답 풀이] ㄷ. 파동에서는 입자처럼 충돌한 후 원래 운동 방향과 반대 방향으로 진행하는 현상은 일어나지 않는다.

05 ㄱ. (나)에서 상쇄 간섭된 합성파의 진폭이 0이므로 A, B는 진폭이 같다는 사실을 알 수 있다.
ㄷ. (가)에서 합성파의 변위는 A, B의 변위의 합과 같다. 따라서 (가)에서 합성파의 진폭은 A의 2배이다.
[오답 풀이] ㄴ. (나)는 합성파의 진폭이 A, B의 진폭보다 작아졌으므로 상쇄 간섭이다. 보강 간섭은 (가)이다.

06 ㄱ, ㄴ. 두 스피커까지의 거리가 같은 지점에서 두 스피커의 소리는 보강 간섭을 한다. 따라서 합성파의 진폭이 증가하므로 소리가 크게 들린다.
[오답 풀이] ㄷ. 소리의 크기가 작게 들리는 지점에서 두 스피커에서 나온 소리는 상쇄 간섭을 한다. 따라서 두 스피커에서 나온 소리는 반대 위상으로 중첩된다.

07 p에서는 마루와 골이 만나므로 상쇄 간섭, q에서는 마루와 마루가 만나므로 보강 간섭, r에서는 골과 골이 만나므로 보강 간섭을 한다. 또한, A는 두 파동이 같은 위상으로 만나므로 보강 간섭, B는 두 파동이 반대 위상으로 만나므로 상쇄 간섭을 하는 경우이다.

08 ㄱ. p에서는 골과 골이 만나므로 보강 간섭이 일어난다.
[오답 풀이] ㄴ. q에서는 상쇄 간섭, p에서는 보강 간섭이 일어나므로 수면의 진폭은 p에서가 크다.
ㄷ. r에서 S_1까지의 거리는 λ, S_2까지의 거리는 2λ이므로 거리의 차는 λ이다.

09 A: 슬릿에서 스크린의 각 위치까지의 거리가 다르므로 스크린의 위치에 따라 도달한 빛의 위상이 다르다.
B: 보강 간섭이 일어나는 지점은 밝은 무늬가 나타나고, 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 어두운 무늬가 나타난다.
C: 두 파동이 중첩되어 진폭이 변하는 현상을 간섭이라고 한다.

10 ㄱ. 회절은 장애물을 만났을 때, 장애물 뒤로도 파동이 전달되는 현상으로 회절 때문에 장애물 뒤에 있는 스크린에서 간섭무늬가 나타날 수 있다.
ㄷ. O는 두 슬릿 S_1, S_2까지의 거리가 같은 지점이고, P는 중앙으로부터 첫 번째 밝은 무늬가 나타나는 지점이다. 보강 간섭이 일어나는 지점의 경로차는 반파장의 짝수 배이므로 P에서 두 슬릿 S_1, S_2까지의 거리의 차는 λ이다.
[오답 풀이] ㄴ. 밝은 무늬가 나타나는 곳은 보강 간섭이 일어나는 지점이다.

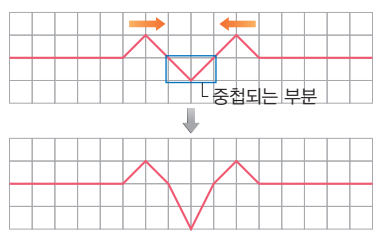
11 ㄷ. 파장이 짧아지면 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이 좁아진다. 따라서 P의 위치는 아래로 이동한다.
[오답 풀이] ㄱ. 빛의 속력은 진동수에 관계없이 일정하다.
ㄴ. 빛의 속력이 일정하므로 $v=f\lambda$에서 빛의 진동수가 증가하면 파장은 짧아진다.

12 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $s=\frac{l\lambda}{d}$이다.
ㄱ. 파장이 길어졌으므로 s가 증가한다.
ㄴ. 슬릿 사이의 간격이 좁아졌으므로 s가 증가한다.
ㄷ. 슬릿에서 스크린까지의 거리가 멀어졌으므로 s가 증가한다.

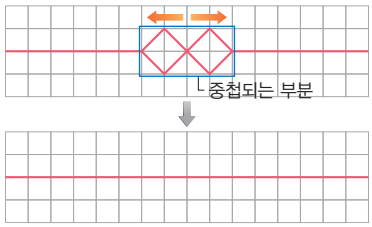
13 ㄴ, ㄷ. 헤드폰에서 발생한 소음과 반대되는 위상을 가진 파동은 소음과 상쇄 간섭을 하게 되어 소음이 작아진다.
[오답 풀이] ㄱ. 헤드폰에서는 소음과 반대되는 위상을 가진 소리를 발생시킨다.

14 ㄱ, ㄴ. 매질의 경계에서 파동의 속력이 많이 변하면 굴절이 많이 된다. 따라서 프리즘에서의 속력은 많이 굴절된 파란색 빛이 빨간색 빛보다 느리다.
ㄷ. 막의 두 면에서 반사된 두 빛이 막의 두께와 입사하는 각도에 따라 보강 간섭이나 상쇄 간섭 하여 다양한 색이 나타난다.

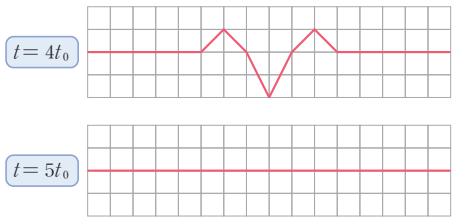
15 t_0 동안 두 파동은 각각 한 칸 이동하므로 $4t_0$일 때는 4칸씩 이동하여 중첩한다.



$5t_0$일 때는 5칸을 이동하여 중첩한다.



|모범 답안|



채점 기준	배점(%)
$4t_0$와 $5t_0$일 때 모두 파형을 옳게 그린 경우	100
$4t_0$와 $5t_0$일 때 중 1가지의 파형만 옳게 그린 경우	50

16 A와 B는 같은 위상으로 만났다가 반대 위상으로 만났다가를 반복한다.

|모범 답안| A, B는 시간에 따라 보강 간섭과 상쇄 간섭을 번갈아 가며 한다. 따라서 소리의 크기가 커졌다가 작아졌다를 반복한다.

채점 기준	배점(%)
보강 간섭과 상쇄 간섭 여부 및 소리의 크기 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100
보강 간섭과 상쇄 간섭 여부 및 소리의 크기 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50

1등급 공략 핵심Q

101쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ②

01 P의 변위는 0 cm, −2 cm, +2 cm, 0 cm으로 변한다. 따라서 P가 이동한 거리는 2 cm+4 cm+2 cm=8 cm이다.

02 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이 증가하기 위해서는 빛의 파장은 길어져야 하며, 슬릿 사이의 간격은 좁아져야 하며, 슬릿에서 스크린까지의 거리는 멀어져야 한다.

ㄱ. 실험 Ⅰ, Ⅲ를 비교하면 슬릿 사이의 간격은 P가 Q보다 작다는 것을 알 수 있다.

[오답 풀이] ㄴ. 실험 Ⅰ에서의 간섭무늬 간격이 Ⅱ에서보다 크다. 두 실험에서 슬릿은 동일하므로 간섭무늬 간격이 넓은 Ⅰ에서의 파장이 더 길다. 즉, $\lambda_1>\lambda_2$이다.

ㄷ. $\lambda_1>\lambda_2$이므로, 밝은 무늬 사이의 간격은 Ⅳ에서가 Ⅲ에서보다 작다.

03 ㄴ. 소리의 속력은 변하지 않으므로 $v=f\lambda$에서 소리의 진동수가 증가하면 파장은 감소한다.

[오답 풀이] ㄱ. 소리의 속력은 공기의 상태에 영향을 받으며, 진동수와 관계없이 일정하다.

ㄷ. 소리의 진동수가 증가하면 파장이 감소하므로 보강 간섭을 하는 지점 사이의 거리는 좁아진다. 따라서 보강 간섭을 하는 지점의 개수는 증가한다.

04 ㄴ. 무반사 코팅 렌즈이므로 반사되는 빛의 세기가 감소해야 한다. 따라서 p, q는 반대 위상으로 만나 상쇄 간섭을 한다.

[오답 풀이] ㄱ. p, q의 경로의 길이가 다르므로 두 빛이 같은 위상으로 만나지 않는다. 따라서 보강 간섭이 일어나지 않는다.

ㄷ. 입사된 빛이 가지는 에너지는 반사된 빛의 에너지와 투과한 빛의 에너지의 합과 같다. 따라서 투과율은 반사가 잘 안 되는 무반사 코팅 렌즈에서가 더 크다.

16 빛과 물질의 이중성

내신 완성 핵심Q

104쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ④ 04 ① 05 ③ 06 ② 07 ③
08 ① 09 ② 10 ⑤ 11 ③ 12 ⑤ 13 ④ 14 ④
15 ① 16 ⑤ 17 ④ 18 ①

19 해설 참조 20 해설 참조 21 해설 참조

01 ㄱ. 회절, 간섭 등과 같은 현상은 파동에서 나타나는 성질이므로 (가)로 설명할 수 있다.

ㄴ, ㄷ. 광양자설에 의하면 진동수가 f 인 빛은 에너지를 가진 입자의 흐름이며, 입자가 가지는 에너지는 $hf=\frac{hc}{\lambda}$이다.

02 ㄴ. 광전자의 운동 에너지와 광전자가 금속에서 빠져 나오는 데 필요한 에너지의 합은 광자의 에너지와 같다. 광자의 에너지는 진동수에 비례하므로 광전자의 운동 에너지는 빛의 진동수가 클수록 크다.

[오답 풀이] ㄱ. 광자가 가지는 에너지는 하나의 전자에 전달되므로 빛을 비추면 즉시 광전자가 방출되기 시작한다.

ㄷ. 광전 효과는 빛을 파동으로 간주하면 설명할 수 없으며, 빛을 입자로 간주해야 설명할 수 있다.

03 ㄱ, ㄷ. 광전자의 운동 에너지와 광전자가 금속에서 빠져 나오는 데 필요한 에너지의 합은 광자의 에너지와 같다. 광자의 에너지는 진동수에 비례하므로 진동수가 클수록 광전자의 운동 에너지가 크다. 또한, 금속을 빠져 나오는 데 필요한 에너지는 금속판의 종류에 따라 다르다.

[오답 풀이] ㄴ. 빛의 세기가 셀수록 방출되는 광전자의 수가 많아지지만 운동 에너지와는 관련이 없다.

04 ㄱ. 금속박이 오므라든다는 것은 대전된 전하가 방전되고 있다는 것이다. 따라서 광자의 에너지를 흡수하여 금속판을 벗어날 수 있는 전자의 전하, 즉 음(−)전하로 대전되어 있음을 알 수 있다.
[오답 풀이] ㄴ. B를 비추는 경우 전자가 금속판에서 방출되고 있으므로 광자의 에너지는 B가 더 크다. 빛의 에너지는 진동수에 비례하므로 B의 진동수가 더 크다.
ㄷ. 빛이 가진 에너지가 하나의 전자에 전달되어야 금속박에서 벗어날 수 있으므로 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

05 ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수에 관계되므로 A, B를 동시에 비춰도 최대 운동 에너지는 B를 비췄을 때와 같은 $2E_0$이다.
[오답 풀이] ㄱ. 진동수는 광자가 가지는 에너지에 비례하며, 전자의 최대 운동 에너지는 광자의 에너지에서 금속에서 빠져나오기 위해 필요한 에너지를 뺀 값과 같다. 따라서 진동수가 2배가 된다고 광전자의 최대 운동 에너지가 2배가 되지는 않는다.
ㄴ. 광전자의 최대 운동 에너지는 진동수, 즉 광자가 가지는 에너지와 관련이 있다.

06 금속판에서 방출된 광전자는 X에 의한 것이고, Y, Z는 광전자를 방출시키지 못하므로 진동수는 X가 가장 크다. 또한, 파장이 Y가 Z보다 크므로 진동수는 Z가 Y보다 크다.

07 ㄱ. A를 비출 때는 광전자가 방출되지 않고, B를 비출 때는 광전자가 방출되므로 광전자가 방출되는 데 필요한 에너지는 A의 광자가 가진 에너지 hf_0보다 크다.
ㄴ. 빛의 세기는 C가 B보다 작다. 따라서 방출되는 광전자의 개수는 B일 때보다 작으므로 전류계의 측정값은 I_0보다 작다.
[오답 풀이] ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 진동수가 큰 C를 비출 때가 B를 비출 때보다 크다.

08 ㄱ. B의 무늬가 더 진하므로 노출 시간은 B가 더 길다.
[오답 풀이] ㄴ. 점무늬는 에너지가 어느 한 지점에 집중되어 있으므로 입자의 성질로 설명해야 한다.
ㄷ. 빛이 입자라고 한다면 점의 분포는 슬릿의 뒷부분에 집중되어야 한다. 그러나 무늬가 일정한 간격으로 분포하는 것은 파동의 간섭으로 설명할 수 있다.

09 ㄴ. p형 반도체에서 원자가 띠에 있는 전자는 광자를 흡수하여 전도띠로 이동한 후 (+)극에 연결된 n형 반도체가 있는 절연층에 모이게 된다.
[오답 풀이] ㄱ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격, 즉 에너지가 빨간색 빛의 광자 한 개의 에너지보다 크면 전자가 전도띠로 이동하지 못하므로 다이오드가 대전되지 않는다.
ㄷ. 광 다이오드에 대전되는 전하량은 빛의 세기에 비례한다.

10 ㄱ, ㄴ. (가)는 입자를 파동으로 표현한 것이며, 입장의 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다.
ㄷ. 물질파와 물질 사이의 상호 작용은 (나)와 같이 입자의 성질로 설명해야 한다.

11 ㄷ. 형광 물질과 전자의 상호 작용은 전자의 입자적 성질로, 상호 작용 하는 지점의 분포는 파동의 성질로 설명하여야 한다. 즉, 입자의 이중성으로 설명할 수 있다.
[오답 풀이] ㄱ. 전자와 형광 물질 사이의 상호 작용은 전자의 입자적 성질 때문에 나타난다.
ㄴ. 전자가 형광판에 충돌하는 지점들의 분포는 두 슬릿을 통과한 물질파가 형광판에서 간섭하기 때문이다. 따라서 전자의 파동적 성질과 관련이 있다.

12 ㄱ. 물질파는 슬릿에서 회절이 되어 형광판에서 간섭하게 된다.
ㄴ. 이중 슬릿을 통과한 물질파가 형광판에서 간섭하여 간섭무늬가 나타난다.
ㄷ. 회절과 간섭은 파동에서 나타나는 현상으로 전자가 파동의 성질을 가지고 있음을 알 수 있다.

13 $E_k=\frac{p^2}{2m}$이므로 $p=\sqrt{2mE_k}$이다. 따라서 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이므로 파장은 $\lambda_C>\lambda_A>\lambda_B$ 순으로 길다. 또한, 이중 슬릿 간섭 실험에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 파장이 길수록 증가하므로 $\Delta x_C>\Delta x_A>\Delta x_B$이다.

14 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 질량이 일정한 경우 물질파의 파장은 속력에 반비례한다.

15 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 물질파 파장은 질량과 속력을 곱한 값에 반비례한다.

16 ㄱ. 회절과 간섭은 파동에서 나타나는 현상이다.
ㄴ. 전자선도 X선과 같이 회절, 간섭한다는 사실을 알 수 있다. 즉, 전자가 파동의 성질을 가지고 있음을 알 수 있다.
ㄷ. (나), (다)에서 무늬의 간격이 비슷하므로 파장이 비슷하다는 사실을 알 수 있다.

17 ㄴ. (나)는 두 점을 구분할 수 있으므로 분해능이 더 좋다.
ㄷ. 파장이 짧은 빛일수록 회절이 적게 일어나 분해능이 좋다. 따라서 (가)가 (나)보다 파장이 길어서 회절이 더 많이 일어난 것이다.
[오답 풀이] ㄱ. (가)에서 두 점의 상이 구분되지 않는 것은 빛이 회절하기 때문이다. 빛의 회절에 의해 두 점의 상의 가장자리에 원 모양의 고리가 생기는 것이다.

18 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이며, 전자 현미경에서는 전자의 물질파 파장이 짧을수록 해상도가 좋아진다. 따라서 전자의 속력이 증가해야 해상도가 높아진다.

19 |모범 답안| 빛의 입자성을 관찰하기 위해서는 빛이 입자 하나와 상호 작용 하는 현상을 관찰해야 하지만, 광자의 에너지는 매우 작아 이러한 현상을 관찰하기 어렵다.

채점 기준	배점(%)
빛의 입자성이 나타나는 경우와 관찰하기 어려운 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100
빛의 입자성이 나타나는 경우와 관찰하기 어려운 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50

20 |모범 답안| 입자의 성질이 없다면 빛은 입자와 같이 에너지를 한 점에 전달하지 않으므로, 점무늬는 사라지고 연속적인 여러 띠로 구성된 간섭무늬가 나타난다.

채점 기준	배점(%)
예상되는 무늬와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100
예상되는 무늬만 옳게 서술한 경우	50

21 |모범 답안| 파장이 짧으면 회절이 잘 일어나지 않는다. 대부분의 입자들은 질량이 매우 커서 파장이 매우 짧으므로 파동의 성질인 회절이 잘 일어나지 않는다.

채점 기준	배점(%)
파장과 회절 사이의 관계와 물질파의 파장이 짧은 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100
파장과 회절 사이의 관계와 물질파의 파장이 짧은 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50

1등급 공략 핵심Q 109쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ① 06 ⑤ 07 ③ 08 ⑤

01 ㄴ. A의 세기가 증가하면 금속판에 충돌하는 광자의 개수가 많아지므로 방출되는 광전자의 개수가 증가한다.
ㄷ. B의 세기가 증가해도 광자 하나가 가지는 에너지가 증가하지는 않으므로 광전자는 방출되지 않는다.
[오답 풀이] ㄱ. A를 비출 때만 광전자가 방출되므로 A의 진동수가 B보다 크다. 따라서 파장은 A가 B보다 짧다.

02 ㄷ. C의 광자 에너지가 B보다 크므로 C를 비추면 광전자가 방출된다.
[오답 풀이] ㄱ, ㄴ. 전자가 전이하는 에너지 준위 사이의 에너지는 A가 B보다 작으므로 A의 광자 에너지는 B보다 작다. 따라서 진동수는 B가 A보다 크다.

03 ㄱ. CCD에서는 광 다이오드가 이용되는데, 빛에 의해 대전되는 광 다이오드는 광전 효과를 이용한다.
ㄴ. 세기가 강한 레이저를 이용하면 점무늬가 사라지고 연속적인 띠로 보인다.
ㄷ. 점무늬는 빛의 입자성으로, 무늬의 분포는 빛의 파동성으로 설명해야 한다.

04 ㄱ. 빛에 섞여 있는 빨간색, 초록색, 파란색의 세기를 알면 빛의 색을 알 수 있다.
ㄴ. 광자를 흡수한 원자가 띠의 전자는 광전 효과에 의해 전도띠로 이동하여 광 다이오드가 대전된다.
ㄷ. 광자가 많으면 더 많은 전자가 전도띠로 이동하여 대전되는 전하량이 증가한다.

05 ㄱ. 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 속력이 같을 때, 질량이 크면 파장은 감소한다. 따라서 Y는 A에 해당한다.
[오답 풀이] ㄴ. A의 질량이 크므로 파장이 같으려면 A의 속력이 B보다 작아야 한다.
ㄷ. 속력이 v_0으로 같을 때 A의 질량이 B의 2배이므로 A의 물질파 파장은 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

06 ㄱ. 파동의 파장의 길어지면 간섭무늬 사이의 간격은 증가한다. 따라서 A의 무늬 사이의 간격이 B보다 크므로 물질파 파장은 A가 B보다 길다.
ㄴ. A와 C의 무늬 사이의 간격은 $2L$로 같으므로 A, B의 물질파 파장은 같다. 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이므로 ㉠은 $2m$이다.
ㄷ. 물질파 파장은 A가 B보다 길므로 $\frac{h}{\sqrt{m\times 2E}}>\frac{h}{\sqrt{4m\times ㉡}}$이다. 따라서 ㉡$>\frac{E}{2}$이다.

07 A: 물질파 파장은 운동량에 반비례한다. 따라서 속력이 같으면 질량이 클수록 물질파 파장은 짧다. 전자는 수소 원자보다 질량이 작으므로 물질파 파장이 길다.
B: 속력이 증가하면 운동량이 증가하므로 물질파 파장은 짧아진다.
[오답 풀이] C: 해상도를 높이기 위해서는 회절이 적게 일어나도록 파장이 짧아야 한다. 따라서 전자의 물질파 파장이 가시광선보다 짧다.

08 ㄴ. 물질파 파장과 전자의 속력은 반비례한다. 파장이 짧아야 회절이 잘 일어나지 않으므로 분해능을 증가시키기 위해서는 파장을 짧게 해야 한다. 즉, 전자의 속력을 증가시켜야 한다.
ㄷ. $E_k=\frac{p^2}{2m}$에서 $p=\sqrt{2mE_k}$이다. 따라서 물질파 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다.
[오답 풀이] ㄱ. 파장이 짧을수록 분해능이 높다. 전자 현미경이 광학 현미경보다 분해능이 높으므로 전자의 드브로이 파장은 가시광선의 파장보다 짧다.

중간·기말고사 대비 대단원 평가 문제

Ⅰ 역학과 에너지 111쪽

01 ③	02 ③	03 ②	04 ④	05 ⑤	06 ⑤	07 ⑤
08 ③	09 ①	10 ②	11 ④	12 ④	13 ⑤	14 ③
15 ⑤	16 ④	17 ②	18 ①	19 ③	20 ③	

[집중공략 서답형 문제]

21 (1) $\frac{3}{2}$배 (2) 왼쪽, 5 m/s **22** 해설 참조 **23** 해설 참조

24 해설 참조 **25** (1) $L' < L$ (2) $R' < R$

26 (1) (나) (2) 중성자

01 ㄱ. 공과 공 사이의 간격은 일정 시간 동안 이동한 거리이다. (가)에서 공 사이의 간격이 감소하다가 증가하므로 공의 속력이 느려지다가 다시 빨라진다.

ㄴ. (나)에서 공은 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동을 한다.

[오답 풀이] ㄷ. (가)의 공에는 일정한 크기의 중력이 연직 아래 방향으로 작용하고 있다.

02 ㄱ. 일정 시간 동안 물체가 원둘레 위에서 이동한 거리가 일정하므로 속력은 일정하지만 운동 방향이 계속 변하는 등속 원운동을 한다.

ㄴ. A에서 C까지 움직이는 동안 변위의 크기는 반지름×2이고, 이동 거리는 반지름×3.14이므로 변위의 크기가 이동 거리보다 작다.

[오답 풀이] ㄷ. 물체가 A에서 C까지 운동하는 동안 속도의 크기 $(v_1)=\frac{\text{반지름}\times 2}{0.6\,\text{s}}$이고, A에서 B까지 운동하는 동안 속도의 크기 $(v_2)=\frac{\sqrt{2}\times\text{반지름}}{0.3\,\text{s}}$이다. 따라서 v_1은 v_2의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다.

03 ㄴ. 0~5초 동안 B의 이동 거리=15×5=75 m이고, A의 이동 거리=10×5=50 m이므로 B의 이동 거리는 A의 1.5배이다.

[오답 풀이] ㄱ. A와 B 사이의 간격은 일정하게 증가한다.

ㄷ. A, B는 모두 등속 직선 운동을 하므로 A, B에 작용하는 힘의 크기는 모두 0이다.

04 ㄱ. 이동 거리-시간 그래프에서 A의 직선의 기울기가 일정하므로 A는 속력이 일정한 운동을 한다.

ㄴ. B의 평균 속력$=\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}=\frac{80\,\text{m}}{4\,\text{s}}=20\,\text{m/s}$이다.

[오답 풀이] ㄷ. A에 작용한 힘은 0이다. B는 속력이 변하고 있으므로 B에는 힘이 작용하고 있다.

05 ㄱ. 정지할 때까지 이동한 거리는 속력-시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이이다. A의 이동 거리는 40 m이고, B의 이동 거리는 15 m이므로 A의 이동 거리는 B의 $\frac{8}{3}$배이다.

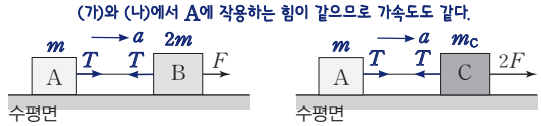
ㄴ. 가속도의 크기는 속력-시간 그래프에서 직선의 기울기이다. A의 가속도의 크기는 5 m/s²이고, B의 가속도의 크기는 $\frac{10}{3}$ m/s²이므로 A의 가속도의 크기는 B의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄷ. A에 작용한 힘의 크기=2 kg×5 m/s²=10 N이고, B에 작용한 힘의 크기=3 kg×$\frac{10}{3}$ m/s²=10 N이므로 A와 B에 작용한 힘의 크기는 같다.

06

[자료 분석]

(가)와 (나)에서 A에 작용하는 힘이 같으므로 가속도도 같다.



(가)

$T=ma$

$+)\ F-T=2ma$

$F=3ma$ …①

(나)

$T=ma$

$+)\ 2F-T=m_Ca$

$2F=(m+m_C)a$ …②

①, ②에서 $m+m_C=6m$이므로 $m_C=5m$이다.

ㄴ. (가)에서 가속도가 같을 때 질량과 알짜힘은 비례한다. 따라서 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기의 2배이다.

ㄷ. (가)에서 실이 A를 잡아당기는 힘은 A에 작용하는 알짜힘이고, A에 작용하는 알짜힘은 (가)와 (나)에서 같으므로 (가)에서 실이 A를 잡아당기는 힘의 크기(T)와 (나)에서 실이 C를 잡아당기는 힘의 크기(T)는 같다.

[오답 풀이] ㄱ. C의 질량은 A의 질량의 5배이다.

07 ㄱ. 운동량-시간 그래프에서 직선의 기울기는 힘을 나타내므로 힘의 크기$=\frac{6\,\text{kg}\cdot\text{m/s}}{2\,\text{s}}=3\,\text{N}$이다.

ㄷ. 가속도$=\frac{3\,\text{N}}{2\,\text{kg}}=1.5\,\text{m/s}^2$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 물체가 등가속도 직선 운동을 하고 있으므로 0~2초 동안 이동한 거리$=\frac{1}{2}\times 1.5\times 2^2=3\,\text{m}$이다.

08 ㄱ. 0~2초 동안 어른과 어린이에게 일정한 크기의 힘이 작용하여 생긴 어른과 어린이의 가속도의 크기의 비가 1 : 2이므로 어른과 어린이의 질량비는 2 : 1이다.

ㄴ. 0~2초 동안 어른과 어린이에게 일정한 크기의 힘이 작용하며, 두 힘은 작용 반작용 관계의 힘이다.

[오답 풀이] ㄷ. 2~4초 동안 어른과 어린이는 등속 직선 운동을 하므로 운동량 변화량은 0이다.

09 ㄱ. 충돌 시 A는 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받으므로 속력이 느려진다.

[오답 풀이] ㄴ. 힘–시간 그래프에서 그래프 아래 부분의 넓이는 충격량을 나타낸다. 충격량을 B의 질량으로 나눈 값이 B의 속도 변화량이므로 속도 변화량의 크기는 $\frac{S}{2m}$이다.

ㄷ. 충돌 전후 A와 B의 운동량 변화량의 크기는 같다.

10 ㄴ. 충돌 과정에서 유리컵이 받은 충격량의 크기, 즉 운동량 변화량의 크기는 A와 B가 같다.

[오답 풀이] ㄱ. A는 콘크리트 바닥에 떨어뜨렸을 때이고, B는 방석에 떨어뜨렸을 때이다.

ㄷ. 충돌 과정에서 유리컵이 받는 충격력의 크기는 방석(B)이 콘크리트 바닥(A)보다 작다.

11 ㄴ. 수평면을 기준으로 할 때

퍼텐셜 에너지$=mgh=1\,\text{kg}\times10\,\text{m/s}^2\times1\,\text{m}=10\,\text{J}$이다.

ㄷ. 등가속도 운동 식 $s=\frac{1}{2}at^2$에서 $1\,\text{m}=\frac{1}{2}\times10\,\text{m/s}^2\times t^2$이므로 $t=\frac{\sqrt{5}}{5}$초일 때 높이 1 m인 지점을 지난다.

[오답 풀이] ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 20 N − 10 N = 10 N이므로 $10\,\text{N}=1\,\text{kg}\times a$에 의해 물체의 가속도 a는 $10\,\text{m/s}^2$이다. 물체는 등가속도 운동을 하므로 $2as=v^2-v_0^2$에 의해 1 m 지점에서의 속력 v는 $2\sqrt{5}\,\text{m/s}$이다.

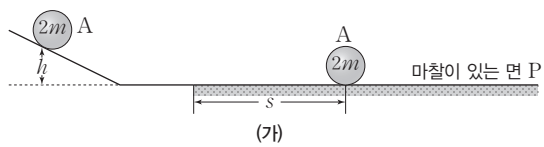
12 B가 l만큼 올라갔을 때 A의 운동 에너지 증가량은 B의 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{4}{5}$배이므로 A와 B의 속력을 v라고 하면

$\frac{1}{2}(4m)v^2=\frac{4}{5}mgl$에서 $mgl=\frac{5}{2}mv^2$이다.

역학적 에너지 보존 법칙에 의해 A의 퍼텐셜 에너지 감소량은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 B의 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같으므로 $4mgh=\frac{1}{2}(4m+m)v^2+mgl=2mgl$이다. 따라서 $h=\frac{l}{2}$이다.

13

[자료 분석]

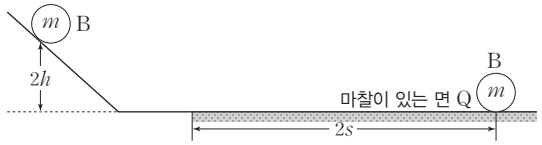


(가)

$2mgh=\frac{1}{2}(2m)v_A^2$에서 $v_A=\sqrt{2gh}=v$

마찰에 의한 열에너지 = 역학적 에너지 감소량이므로

$f_P s=2mgh$에서 $f_P=\frac{2mgh}{s}$



(나)

$mg2h=\frac{1}{2}mv_B^2$에서 $v_B=\sqrt{4gh}=\sqrt{2}v$

마찰에 의한 열에너지 = 역학적 에너지 감소량이므로

$f_Q 2s=2mgh$에서 $f_Q=\frac{mgh}{s}=\frac{1}{2}f_P$

ㄱ. 빗면을 내려와 마찰이 있는 면에 들어가기 직전에 B의 속력은 A의 $\sqrt{2}$배이므로 B가 A보다 빠르다.

ㄴ. 마찰이 있는 면에서 마찰력이 크기는 P에서가 Q에서의 2배이다.

ㄷ. 처음 역학적 에너지는 A와 B가 $2mgh$로 같았으므로 정지할 때까지 역학적 에너지 감소량도 같다.

14 ㄱ. A → B 과정에서 흡수한 열의 양은 내부 에너지 증가량과 같다.

ㄴ. B → C 과정에서 기체는 열을 흡수하여 외부에 일을 한다.

[오답 풀이] ㄷ. C → A 과정에서 부피는 감소하므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.

15 ㄱ. 압력–부피 그래프 아래의 넓이는 기체가 한 일이다. 따라서 A → B 과정에서 기체가 한 일은 PV이고, B → C 과정에서 기체가 한 일은 $2PV$이다.

ㄴ. 등압 팽창 과정에서 기체는 열을 흡수하여 일부는 일을 하고 나머지는 내부 에너지로 전환된다. 또한 내부 에너지가 증가하므로 온도가 올라간다. 따라서 C에서 온도가 가장 높다.

ㄷ. B → C 과정에서 내부 에너지 변화량은 $\Delta U=Q-W=Q-2PV$이다.

16 ㄴ. B → C 과정에서는 열을 방출하여 내부 에너지가 감소하며, D → A 과정에서는 열을 흡수하여 내부 에너지가 증가한다.

ㄷ. A → B 과정에서 기체는 외부에 일을 하고 C → D 과정에서는 외부로부터 일을 받는다. 한 순환 과정 동안 열기관이 한 일은 폐곡선 안의 면적인 W이다.

[오답 풀이] ㄱ. A → B 과정과 C → D 과정은 등온 과정이므로 내부 에너지 변화량은 모두 0이다.

17 ㄴ. 영희가 측정한 시간은 고유 시간으로 $t=\frac{L}{c}$이다. 철수가 측정할 때 P에서 방출한 빛이 Q에 도달하는 데 걸리는 시간 $t'=\frac{L'}{c}$이며, 우주선이 움직이고 있으므로 시간 지연이 일어난다. 따라서 $t'>t$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 정지한 관측자가 측정할 때 운동하는 물체의 운동 방향과 수직한 방향의 길이는 변하지 않는다.

ㄷ. 정지한 관측자가 움직이는 관측자의 시간을 측정하면 자신의 시간보다 느리게 간다. 따라서 영희의 시간은 철수의 시간보다 느리게 간다.

18 ㄱ. 철수와 민수가 측정한 수평면에 정지한 물체의 길이는 철수가 측정한 길이가 민수가 측정한 길이보다 길다. 따라서 철수의 경우가 길이 수축이 더 많이 일어난 것이므로 민수의 탄 우주선의 속력이 철수가 탄 우주선의 속력보다 빠르다. ($v_A<v_B$)

[오답 풀이] ㄴ. 영희가 측정할 때 민수가 탄 우주선의 길이는 철수가 탄 우주선의 길이보다 짧다.
ㄷ. 민수가 볼 때 영희는 움직이고 있다. 따라서 움직이는 영희의 시간이 자신의 시간보다 느리게 간다.

19 민수: 태양에서는 초고온 상태인 중심부에서 핵융합 과정으로 에너지를 만들고 있다.
[오답 풀이] 철수: 뉴턴 역학에서 질량은 고유한 양이다.
영희: 핵반응 후에 질량의 총합이 감소하여 결손된 질량만큼의 에너지가 발생한다.

20 ㄱ. 핵융합 후 생성된 A는 양성자수가 2, 질량수가 4인 헬륨 원자핵이다.
ㄷ. 질량 에너지 동등성에 의해 감소된 질량이 에너지로 전환된다.
[오답 풀이] ㄴ. 핵분열 과정에서 발생한 중성자는 우라늄 원자핵과 같은 무거운 원자핵과 충돌하여 연쇄 반응을 일으킨다.

21 (1) A의 평균 속력 $=\frac{20+10}{6}=5\,\mathrm{m/s}$이고, B의 평균 속력 $=\frac{20}{6}=\frac{10}{3}\,\mathrm{m/s}$이므로 A의 평균 속력은 B의 $\frac{3}{2}$배이다.
(2) A는 0~4초 동안 오른쪽 방향으로 운동하다가 4초일 때 운동 방향을 바꾸어 4~6초 동안 왼쪽 방향으로 운동한다. 4~6초 동안 A의 평균 속력 $=\frac{10\,\mathrm{m}}{2\,\mathrm{s}}=5\,\mathrm{m/s}$이다.

22 |모범 답안| A: $T_p-f=0$ ……①
B: $20+T_q-T_p=0$ ……②
C: $30-T_q=0$ ……③
세 식을 연립하면 $f=50\,\mathrm{N}$, $T_p=50\,\mathrm{N}$, $T_q=30\,\mathrm{N}$이므로 T_p는 T_q의 $\frac{5}{3}$배이다.

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

23 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. 따라서 질량 ×(나중 속도−처음 속도)의 절댓값을 구하면 된다.
|모범 답안| 충돌 전후의 운동량은 보존된다. (가)에서 $1\,\mathrm{kg}\times 3\,\mathrm{m/s}=3\,\mathrm{kg}\times v$이므로 충돌 후 두 물체의 속력은 $v=1\,\mathrm{m/s}$이고, (나)에서 $2\,\mathrm{kg}\times 2\,\mathrm{m/s}=3\,\mathrm{kg}\times v'$이므로 충돌 후 두 물체의 속력은 $v'=\frac{4}{3}\,\mathrm{m/s}$이다. A가 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $I_{(가)}=|1\,\mathrm{kg}\times(1-3)\mathrm{m/s}|=2\,\mathrm{N\cdot s}$, $I_{(나)}=\left|1\,\mathrm{kg}\times\left(\frac{4}{3}-0\right)\right|=\frac{4}{3}\,\mathrm{N\cdot s}$이고, $I_{(가)}$는 $I_{(나)}$의 $\frac{3}{2}$배이다.

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

24 |모범 답안| 열효율 $=1-\frac{T_2}{T_1}=1-\frac{300}{500}=\frac{2}{5}$

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100
풀이 과정 중 제시한 식만 옳은 경우	50

25 (1) 정지한 관측자가 측정할 때 운동하는 물체의 길이는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 짧다.
(2) 철수가 측정할 때 행성 A와 B는 움직이고 있다. 따라서 철수가 측정한 A와 B 사이의 거리는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 짧다.

26 (1) (가)는 핵융합 반응이고, (나)는 핵분열 반응이다. 원자력 발전소에서는 핵분열을 이용해 전기 에너지를 생산한다.
(2) 핵융합 반응에서는 헬륨 원자핵이 생성되면서 중성자가 방출되며, 중성자와 부딪혀 시작된 핵분열 반응에서는 2~3개의 원자핵으로 쪼개지면서 중성자가 방출된다.

Ⅱ 물질과 전자기장 117쪽

01 ③	02 ①	03 ③	04 ⑤	05 ⑤	06 ①	07 ④
08 ④	09 ③	10 ④	11 ①	12 ⑤	13 ④	14 ⑤
15 ⑤	16 ③	17 ②	18 ②	19 ③	20 ①	

[집중공략 서답형 문제]

21 $\frac{1}{4}F$ 22 해설 참조 23 해설 참조

24 $\frac{8}{3}B_0$ 25 해설 참조 26 해설 참조

01 ㄷ. 과학사적으로 톰슨의 원자 모형이 러더퍼드의 원자 모형보다 먼저 제시되었다.

[오답 풀이] ㄱ. (가)는 톰슨의 음극선 실험이다. (−)극에서 방출된 입자는 전기장 영역에서 (+)극판 쪽으로 휘어지므로 음(−)전하를 띤다.

ㄴ. (나)는 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험이다. 이 실험을 통해 원자의 중심에 양(+)전하를 띤 원자핵이 존재하는 원자 모형을 제시하였다.

02 ㄱ. A와 B 사이의 지점인 $x=2d$에 놓인 음(−)전하에 작용하는 전기력이 0이므로 A와 B는 같은 종류의 전하이다.

[오답 풀이] ㄴ. 음(−)전하를 $x=2d$에 놓았을 때 작용하는 전기력이 0이므로 음(−)전하에 작용하는 A와 B에 의한 전기력의 크기는 같다. $x=2d$에서 A까지의 거리는 d이고, B까지의 거리는 $2d$이므로 전하량의 크기는 B가 A의 4배이다.

ㄷ. $x=0$에 놓인 음(−)전하에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이고, 음(−)전하에 작용하는 전기력의 크기는 A에 의한 것이 B에 의한 것보다 크다. 따라서 A는 음(−)전하이다.

03 ㄱ. (가)에서 A와 B는 같은 종류의 전하이므로 척력이 작용한다. 따라서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다.

ㄴ. 원점으로부터 A까지의 거리를 d라 하고, A, B, C의 전하량을 Q라고 하면 (가)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{kQ^2}{4d^2}=F$이다. (나)에서 A가 B를 밀어내는 전기력의 크기는 $\frac{kQ^2}{4d^2}$이고, C가 B를 당기는 전기력의 크기는 $\frac{kQ^2}{d^2}$이므로 B에 작용하는 전기력의 크기$=\frac{kQ^2}{d^2}-\frac{kQ^2}{4d^2}=\frac{3kQ^2}{4d^2}=3F$이다.

[오답 풀이] ㄷ. (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다. (나)에서 A가 B를 밀어내는 전기력보다 C가 B를 당기는 전기력이 더 크므로 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다.

04 ㄱ. 에너지 준위 차이가 클수록 빛의 진동수가 크고, 진동수가 클수록 파장은 짧다.

ㄴ. 에너지 준위 차이가 클수록 방출되는 광자 1개의 에너지는 크다.

ㄷ. 전자가 $n=2$인 궤도에서 $n=4$인 궤도로 전이하는 과정에서 흡수한 에너지는 $n=4$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전이할 때 방출하는 에너지와 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 에너지의 합이다. 즉, $hf_1=hf_2+hf_3$에서 $f_1=f_2+f_3$이다.

05 ㄱ. 빛의 파장이 길수록 진동수는 작다. 따라서 빛의 진동수는 b가 c보다 크다.

ㄴ. 파장이 짧을수록 빛의 에너지는 크다. 따라서 광자 1개의 에너지는 a가 c보다 크다.

ㄷ. c는 수소 원자에서 방출되는 가시광선 영역의 빛 중에서 파장이 가장 긴 빛으로, 전자가 $n=3$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출된다. 따라서 $n=2$인 궤도에 있던 전자가 c를 흡수하면 $n=3$인 궤도로 전이한다.

06 ㄱ. 띠 간격은 A가 B보다 크다. 따라서 A는 반도체, B는 도체이다.

[오답 풀이] ㄴ. 원자가 띠는 에너지 준위가 갈라져 만들어진 띠이다. 따라서 원자가 띠에 있는 전자의 에너지 준위는 모두 다르다.

ㄷ. 원자가 띠에 있는 전자는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 전도띠로 전이할 수 있다. 따라서 A의 원자가 띠에 있는 전자가 전도띠로 전이하기 위해 필요한 최소 에너지는 E_0보다 크다.

07 ㄴ. 도체는 온도가 높을수록 전기 전도도가 감소한다.

ㄷ. 상온에서 전기 전도도는 도체가 절연체보다 크므로 전도띠에 있는 전자의 수는 도체가 절연체보다 많다.

[오답 풀이] ㄱ. 띠 간격은 A가 B보다 크다. 따라서 A는 절연체이고, B는 도체이다.

08 ㄱ. X는 전자가 채워지지 않은 빈 자리인 양공이 있으므로 p형 반도체이다. p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. 규소(Si)에 갈륨(Ga)을 첨가할 때 양공이 생겼으므로 원자가 전자는 규소(Si)가 갈륨(Ga)보다 1개 더 많다.

[오답 풀이] ㄴ. Y는 n형 반도체이므로 A에는 역방향 전압이 걸려 있다. 따라서 불이 켜지는 LED는 B이다.

09 ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 전구에 불이 켜지므로 X는 p형 반도체이다.

ㄴ. 스위치를 a에 연결했을 때 회로에 전류가 흐르므로 A에는 순방향 전압이 걸린다.

[오답 풀이] ㄷ. 스위치를 b에 연결했을 때 전구에는 불이 켜지지 않으므로 B에는 역방향 전압이 걸린다. 따라서 B의 p형 반도체의 양공은 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

10 ㄱ. A와 B에는 순방향 전압이 걸려 있으므로 전원 장치의 a는 (+)극이다.

ㄷ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 A가 B보다 크므로 방출된 빛의 파장은 A가 B보다 짧다.

[오답 풀이] ㄴ. 순방향 전압이 걸려 있는 LED에서는 n형 반도체의 전자와 p형 반도체의 양공이 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.

11 (가)에서 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 작으므로 O에서 전류에 의한 자기장의 방향은 B에 의한 자기장의 방향인 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. (나)의 O에서 A와 B에 의한 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다. (가)의 O에서 A에 의한 자기장의 세기를 B_0라고 하면 B에 의한 자기장은 이와 반대 방향으로 $2B_0$이다. 따라서 O에서 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다. (다)의 경우 O에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 반대 방향으로 각각 $2B_0$, B_0이므로 (다)에서 전류에 의한 자기장의 세기도 B_0로 (가)에서와 같다.

12 ㄱ. p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다. 시간이 0일 때 B에 흐르는 전류의 세기는 A의 2배이므로 p에서 전류에 의한 자기장은 0이다. 0~$2t$까지 A에 흐르는 전류의 세기는 일정하고, B에 흐르는 전류의 세기는 감소하므로 p에서 전류에 의한 자기장의 세기는 증가한다.
ㄷ. p에서 전류에 의한 자기장의 세기는 t일 때 A에 의한 자기장이 B에 의한 자기장보다 세고, $3t$일 때도 A에 의한 자기장이 B에 의한 자기장보다 세다. 따라서 t일 때와 $3t$일 때 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향으로 같다.
[오답 풀이] ㄴ. $2t$일 때 A와 B에 흐르는 전류의 세기가 같고, p로부터 떨어진 거리는 B가 A의 2배이므로 p에서 전류에 의한 자기장의 세기는 A에 의한 자기장이 B에 의한 자기장보다 세다. 따라서 $2t$일 때 p에서 전류에 의한 자기장은 0이 아니다.

13 O에서 전류에 의한 자기장의 세기가 $2B_0$이 되기 위해서는 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 같고 세기가 B_0인 경우와, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 반대이고 세기가 $3B_0$인 경우이다.
B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 B_0인 경우는 B에 흐르는 전류가 시계 방향으로 $2I$일 때이다. 그리고 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 $3B_0$인 경우는 B에 흐르는 전류가 반시계 방향으로 $6I$일 때이다.

14 Q에서 두 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 같고, 원형 전류에 의한 자기장의 방향도 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B_0+B_0+B_0=\frac{5}{2}B_0$이다.

15 ㄱ. A와 B에 흐르는 전류의 방향이 같으므로 전류에 의한 자기장의 방향은 A와 B의 내부에서 모두 왼쪽 방향이다.
ㄷ. A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로 A와 B 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
[오답 풀이] ㄴ. A와 B에 흐르는 전류의 세기는 같고, 감은 수는 B가 A보다 크므로 솔레노이드 내부에서 전류에 의한 자기장의 세기는 A에서가 B에서보다 작다.

16 ㄱ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 A를 통과하는 xy평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속은 감소하므로 A에 흐르는 유도 전류의 방향은 반시계 방향이다.
ㄴ. 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크므로 A에 흐르는 유도 전류의 세기는 p에서가 q에서보다 크다.
[오답 풀이] ㄷ. 직선 도선과 나란한 방향으로 운동하는 B를 통과하는 자기 선속은 일정하므로 B에는 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 A가 B보다 크다.

17 ㄴ. A는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되었으므로 반자성체이다.
[오답 풀이] ㄱ. A의 오른쪽은 S극이고, 자석의 왼쪽은 S극이므로 A와 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
ㄷ. 반자성체는 외부 자기장이 사라지면 자기화가 바로 사라진다.

18 0~$2t$까지 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장의 세기가 감소하고 있으므로 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 b → 저항 → a이다. $2t$~$4t$까지 종이면에 들어가는 방향의 자기장의 세기가 증가하고 있으므로 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 저항 → b이다. $4t$~$6t$까지 도선을 통과하는 자기 선속이 일정하므로 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 유도 전류의 세기는 자기 선속의 시간당 변화율에 비례하고, a → 저항 → b 방향을 (+)라고 하였으므로 가장 적절한 그래프는 ②이다.

19 ㄱ. t_1일 때 막대자석은 코일에 가까워지고 있으므로 막대자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
ㄴ. t_2일 때 자석은 코일에서 멀어지고 있으므로 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 a이다.
[오답 풀이] ㄷ. t_3일 때 막대자석은 정지해 있으므로 코일에는 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 t_2일 때가 t_3일 때보다 크다.

20 ㄱ. A는 강자성체이므로 균일한 자기장 영역의 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화된다. A가 a를 지날 때 코일을 위 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가하므로 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉠이다.
[오답 풀이] ㄴ. 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 A의 운동을 방해하는 방향이므로 A가 b를 지날 때 코일과 A 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
ㄷ. B는 반자성체이므로 외부 자기장을 제거하면 자성을 띠지 않는다. 따라서 B가 코일 주위를 지날 때 저항에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

21 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 $F=\frac{2kq^2}{r^2}$이다. A와 C 사이에는 인력이 작용하고, B와 C 사이에는 척력이 작용하므로 C에 작용하는 전기력의 크기는 $-\frac{2kq^2}{4r^2}+\frac{kq^2}{r^2}=\frac{kq^2}{2r^2}=\frac{1}{4}F$이다.

22 |모범 답안| a. 전자의 에너지 준위는 $n=2$일 때가 $n=1$일 때보다 크고 에너지 준위가 큰 궤도에서 작은 궤도로 전이할 때 빛이 방출되기 때문에 원자에서 빛이 방출되는 경우는 a이다.

채점 기준	배점(%)
빛이 방출되는 경우를 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
빛이 방출되는 경우만 옳게 고른 경우	50

23 |모범 답안| X: p형 반도체, Y: n형 반도체, 다이오드에 전류가 흐르고 있으므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다. 따라서 X는 p형 반도체이고, Y는 n형 반도체이다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 반도체의 종류를 모두 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
A와 B의 반도체의 종류만 옳게 쓴 경우	50

24 p로부터 직선 도선까지의 거리는 B가 A의 3배이다. p에서 A와 B에 의한 자기장의 세기는 0이므로 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 B가 A의 3배이고, 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 A에서와 B에서가 서로 반대이다. q에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{3}B_0$이고, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $3B_0$이다. A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 반대 방향이므로 q에서 전류에 의한 자기장의 세기는 $3B_0-\frac{1}{3}B_0=\frac{8}{3}B_0$이다.

25 |모범 답안| $B_P>B_0>B_Q$, P는 강자성체이므로 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. Q는 반자성체이므로 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 자기장의 세기를 비교하면 $B_P>B_0>B_Q$이다.

자기장의 세기만 옳게 바교한 경우	배점(%)
자기장의 세기를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
자기장의 세기만 옳게 비교한 경우	50

26 |모범 답안| (−)극, A의 질량이 막대자석보다 큰데, 막대자석이 정지해 있으므로 막대자석과 코일 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용하고 있다. 따라서 코일의 위쪽에 S극이 생기도록 전류를 흘려 주어야 하므로 a는 (−)극이다.

채점 기준	배점(%)
a의 극을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100
a의 극만 옳게 쓴 경우	50

III 파동과 정보 통신 123쪽

01 ②	02 ①	03 ④	04 ③	05 ⑤	06 ④	07 ③
08 ④	09 ④	10 ④	11 ①	12 ①	13 ②	14 ⑤
15 ③	16 ③	17 ⑤	18 ④	19 ④	20 ⑤	

[집중공략 서답형 문제]

21 해설 참조 22 해설 참조 23 해설 참조
24 해설 참조 25 해설 참조 26 해설 참조

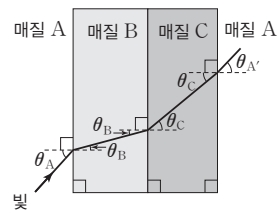
01 ㄷ. 인접한 마루와 마루 사이의 거리인 파장은 4 cm이므로 속력은 $v=f\lambda=\frac{1}{4}\times4=1$ cm/s이다.

[오답 풀이] ㄱ. 파동이 오른쪽으로 진행하므로 다음 순간 P의 운동 방향은 아래 방향이고, 0초에서 1초까지 이동 거리가 2 cm이므로 1초일 때 최저점에 있다. 따라서 2초일 때 처음 위치에 있게 되므로 2초일 때 P의 변위는 0이다.

ㄴ. 2초 동안 아래로 이동한 후 처음 위치로 돌아오므로 주기는 4초이다. 따라서 진동수는 $\frac{1}{4}$ Hz이다.

02 파동이 왼쪽으로 진행하므로 $x=6$ m인 지점은 다음 순간 위 방향으로 이동한다. 또한, 진동수가 2 Hz이므로 변위−시간 그래프에서 주기는 0.5초가 되어야 한다.

03 ㄱ. B, C의 경계면에서 입사각이 굴절각보다 작다. 따라서 B에서의 파동의 속력이 C에서의 파동의 속력보다 느리다.



ㄷ. 각 경계면에서 $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}=\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$, $\frac{\sin\theta_B}{\sin\theta_C}=\frac{\lambda_B}{\lambda_C}$, $\frac{\sin\theta_C}{\sin\theta_A'}=\frac{\lambda_C}{\lambda_A}$이므로 $\theta_A=\theta_A'$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 파동이 진행하는 동안 진동수는 일정하므로 파장은 속력에 비례한다. 따라서 파장은 속력이 큰 C에서가 더 길다.

04 ㄱ. 반사 법칙에 의해 입사각은 반사각과 항상 같으므로 $\theta_2=\theta_3$이다.

ㄷ. 굴절 법칙에 의해 $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{v_B}{v_A}$이므로 $v_A=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}v_B$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 입사각은 θ_2, 반사각은 θ_3, 굴절각은 θ_1이다.

05 ㄱ. 빛은 속력이 느린 매질 쪽으로 굴절한다. 따라서 매질에서 빛의 속력은 C>B>A 순으로 빠르다.

ㄴ. 공기에서 빛의 속력은 물, 유리에서보다 빠르다. 따라서 속력이 가장 빠른 C는 공기이다.

ㄷ. 두 매질에서의 속력의 차이가 많이 날수록 경계면에서 임계각은 작아진다. 따라서 $\theta_1>\theta_2$이다.

06 ㄴ. 코어는 빛의 속력이 느린 매질인 A로 구성되어야 전반사가 일어난다.

ㄷ. (가)에서 매질 A에서 B로 입사각 θ로 입사할 때 θ는 임계각보다 작다는 것을 알 수 있다. 입사각이 임계각보다 커야 전반사가 일어나므로 θ_0은 임계각보다 크다. 따라서 $\theta<\theta_0$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 굴절각이 입사각보다 작으므로 빛의 속력은 B에서가 A에서보다 빠르다.

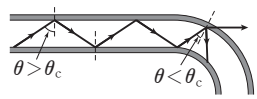
07 ㄷ. 임계각은 굴절각이 90°일 때의 입사각이므로 $\frac{\sin\theta_c}{\sin 90^\circ}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다. 따라서 $\sin\theta_c=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 진동수는 일정하므로 속력은 파장에 비례한다. 따라서 파동의 속력은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 빠르다.

ㄴ. 파동의 속력이 느린 매질에서 빠른 매질로 입사하는 경우 입사각은 굴절각보다 작다.

08 ㄱ. 빛의 속력이 느린 매질에서 빠른 매질로 빛이 진행할 때 전반사가 일어나므로 빛의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

ㄷ. 광섬유가 지금보다 구부러지면 그림과 같이 입사각 θ가 감소하므로 전반사가 일어나지 않을 수도 있다.



[오답 풀이] ㄴ. 빛은 전반사하므로 입사광과 반사광의 세기는 같다.

09 ㄴ. 전자레인지에 사용되는 전자기파는 마이크로파이다. 마이크로파는 전파인 A에 해당된다.

ㄷ. C는 감마(γ)선으로 전자기파 중에서 파장이 가장 짧고, 진동수가 가장 크다. 방사선 암 치료에 이용되기도 한다.

[오답 풀이] ㄱ. 빛의 속력은 일정하므로 진동수와 파장은 반비례한다. 따라서 진동수가 작은 A의 파장이 B보다 길다.

10 디스플레이나 조명의 빛이 사람의 눈에 들어오므로 (가)는 가시광선, (나)는 자외선, (다)는 감마(γ)선이다.

11 ㄱ. 두 파동 모두 진동수는 $\frac{1}{4}$Hz, 그림에서 파장은 4 m이므로 파동의 속력은 $v=f\lambda=\frac{1}{4}\times 4=1$ m/s이다.

[오답 풀이] ㄴ. 3초일 때, 왼쪽 파동의 골과 오른쪽 파동의 골이 P에서 만나게 된다. 따라서 변위는 −4 m이다.

ㄷ. 0초에서 6초까지 P의 변위는 +2 m, −4 m, +2 m, 0 m으로 변한다. 따라서 P의 이동 거리는 16 m이다.

12 ㄱ. (가)에서 A, B의 합성파의 진폭은 0이므로 두 파동의 진동수는 같다.

[오답 풀이] ㄴ. (가)는 상쇄 간섭이며, p는 골과 골이 만나는 지점으로 보강 간섭을 한다.

ㄷ. p에서는 보강 간섭을 하므로 수면은 위아래로 진동하여 진폭이 크게 변한다.

13 무늬 사이의 간격을 Δx라고 하면 $\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$($L$: 슬릿에서 스크린까지의 거리, λ: 빛의 파장, d: 이중 슬릿 사이의 간격)이다.

ㄷ. 슬릿에서 스크린 사이의 거리가 증가하면 무늬 사이의 간격은 넓어진다.

[오답 풀이] ㄱ. 진동수가 증가하면 파장이 짧아지므로 무늬 사이의 간격이 좁아진다.

ㄴ. 슬릿 사이의 간격이 증가하면 무늬 사이의 간격은 좁아진다.

14 ㄴ. 귀에서 들리는 소음을 제거해야 하므로 소음 신호와 소음 제거 신호는 상쇄 간섭을 해야 한다.

ㄷ. 두 파동이 만나 변위가 변하는 현상을 중첩이라고 한다.

[오답 풀이] ㄱ. 상쇄 간섭을 해야 하므로 소음 신호와 소음 제거 신호의 위상은 반대이다.

15 ㄱ. A는 광전자를 방출하지 않으므로 광전자를 방출하는 B보다 진동수가 작다. 따라서 파장은 A가 B보다 길다.

ㄴ. 광전자의 개수는 금속판에 도달하는 광자의 개수에 비례한다. 따라서 B의 광자가 C보다 많다.

[오답 풀이] ㄷ. A는 광전자를 방출시킬 수 없으므로 A와 C를 동시에 비추면 단위 시간 동안 방출되는 광자의 개수는 N_0이다.

16 ㄷ. B, C에 의해 광전자가 방출되므로 단위 시간 동안 방출되는 광전자의 개수는 $N_0+2N_0=3N_0$이다.

[오답 풀이] ㄱ. 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수가 클수록 크다. 따라서 광자의 에너지는 C가 B보다 크다.

ㄴ. B, C가 각각 광전자를 방출시키므로 광전자의 최대 운동 에너지는 $2E_0$이다.

17 ㄴ, ㄷ. CCD의 광 다이오드에서는 광전 효과를 이용하여 빛 신호가 전기 신호로 전환된다.

[오답 풀이] ㄱ. 렌즈에서는 빛을 굴절시켜 CCD에 상이 맺히게 한다.

18 ㄱ. 광 다이오드에서 원자가 띠에 있는 전자가 광자를 흡수하여 전도띠로 이동하면 자유롭게 이동할 수 있게 된다.

ㄷ. 색필터를 통과한 종류가 다른 빛의 세기를 알면 빛이 어떤 색을 띠는지 알 수 있다.

[오답 풀이] ㄴ. 광 다이오드에 대전되는 전하량은 광자의 개수, 즉 빛의 세기에 비례한다.

19 ㄱ. $E_k=\frac{p^2}{2m}$이므로 $p=\sqrt{2mE_k}$이다. 따라서 운동량은 B가 A보다 크다. 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{p}$로 운동량에 반비례하므로 운동량이 작은 A가 B보다 길다.

ㄷ. A와 C가 이중 슬릿을 통과한 후 만드는 무늬 사이의 간격이 같으므로 A와 C의 파장은 같고 운동량도 같다. 따라서 ㉡은 $\frac{1}{2}E$이다.

[오답 풀이] ㄴ. 무늬 사이의 간격은 파장이 길수록 크다. B가 A보다 파장이 짧으므로 ㉠은 l보다 작다.

20 ㄱ. 간섭과 회절은 파동에서 나타나는 현상이다.
ㄴ. X선은 광자로 구성되므로 세기가 약해지면 점으로 구성된 무늬가 나타난다.
ㄷ. 파장이 같은 파동은 동일하게 회절이 일어나므로 비슷한 무늬가 관찰된다.

21 **|모범 답안|** 소리가 위로 굴절하기 때문에 아래에 있는 B에게 소리가 잘 전달되지 않는다. 이는 아래쪽보다 위쪽의 공기의 온도가 낮아 위로 갈수록 소리의 속력이 느려지므로 소리가 위로 굴절하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
온도와 소리의 속력 관계, 굴절 방향을 모두 관련지어 옳게 서술한 경우	100
온도와 소리의 속력 관계, 굴절 방향 중 1가지만 관련지어 서술한 경우	50

22 **|모범 답안|** 프리즘의 전반사 현상을 이용하면 거울에 비해 에너지 손실이 적다. 거울을 사용할 때보다 적게 반사하므로 밝고 선명하게 물체를 관찰할 수 있다.

채점 기준	배점(%)
2가지 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100
1가지 까닭만을 옳게 서술한 경우	50

23 **|모범 답안|** $\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$에서 임계각은 굴절각이 $90°$일 때의 입사각이므로 $\frac{\sin\theta_c}{\sin 90°}=\sin\theta_c=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

채점 기준	배점(%)
굴절각과 입사각 사이의 관계를 통해 θ_c를 옳게 구한 경우	100
$\sin\theta_c=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$라고만 쓴 경우	50

24 **|모범 답안|** 처음 변위는 0이고, $+2\,\mathrm{m}$까지 올라갔다가 $-2\,\mathrm{m}$까지 떨어진다. 따라서 이동 거리는 $6\,\mathrm{m}$이다.

채점 기준	배점(%)
P의 위치 변화를 서술하고, 이동 거리를 옳게 구한 경우	100
이동 거리만 옳게 구한 경우	50

25 **|모범 답안|** 상쇄 간섭을 하는 지점에서 보강 간섭을 하는 스피커 2대를 추가한다. 또는, 간섭을 하지 않도록 스피커를 1대만 사용하거나 여러 대의 스피커를 사용한다.

채점 기준	배점(%)
적절한 까닭을 들어 방법을 옳게 서술한 경우	100
방법만 제시한 경우	50

26 **|모범 답안|** 전자의 물질파 파장은 가시광선에 비해 짧아 회절이 적게 일어나므로 선명한 영상을 얻을 수 있다.

채점 기준	배점(%)
파장을 옳게 비교하고 회절이 적게 일어나기 때문이라는 것을 모두 서술한 경우	100
파장의 비교나 회절이 적게 일어나기 때문이라는 것 중 1가지만 서술한 경우	50


개념풀
문제편
물리학 I