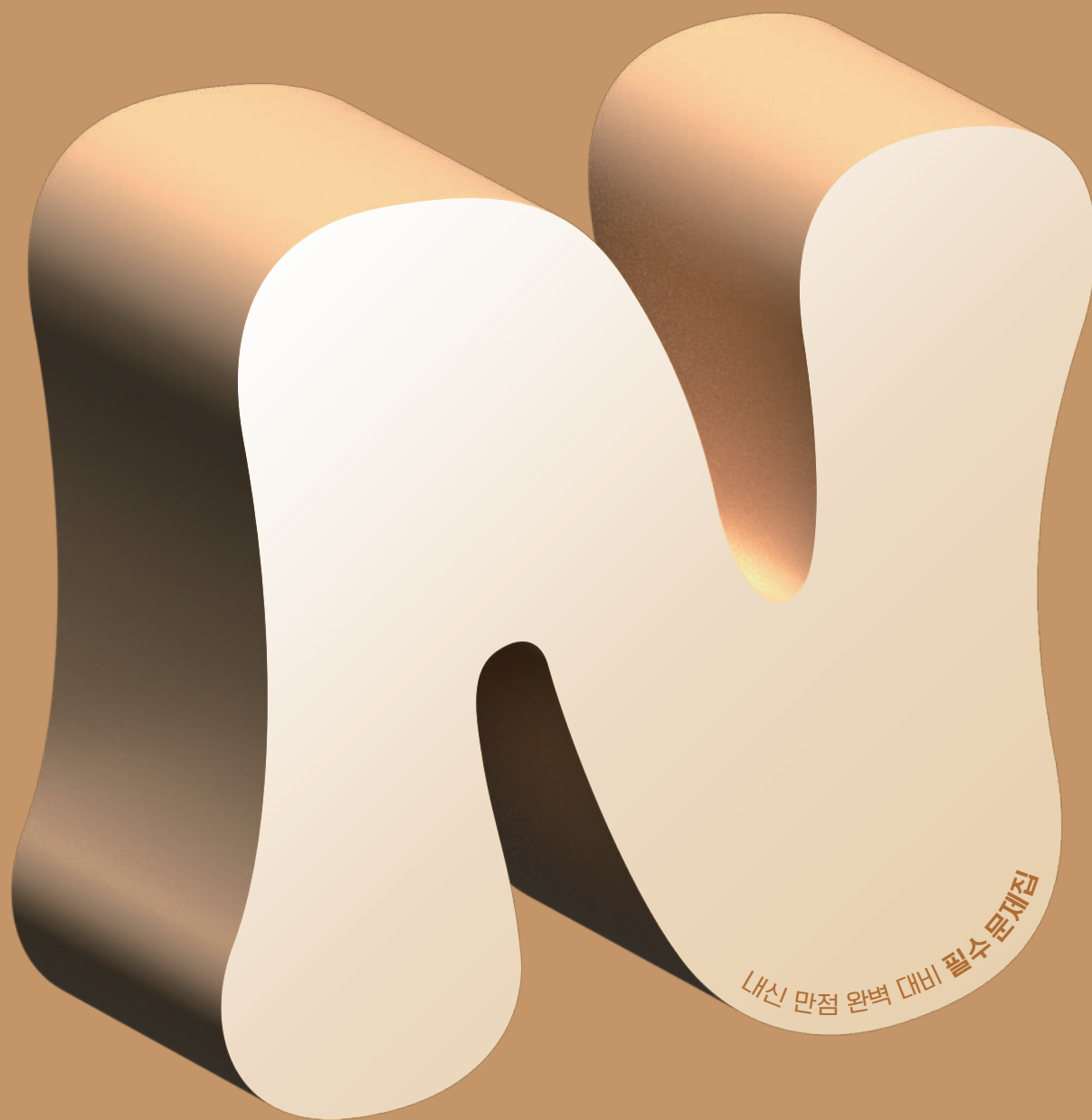


메가스터디 N제

물리학 576제

정답 및 해설



내신 만점 완벽 대비 필수문제집



정답 및 해설

I 힘과 에너지

(1) 힘과 운동

01 평형과 안정성

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 009쪽					
001 O	002 X	003 O	004 O	005 X	006 O
007 X	008 O	009 O	010 O	011 O	012 O
013 X	014 O	015 X	016 O	017 O	018 X

- 001 **알짜풀이** (가)에서 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 두 힘의 크기의 합과 같으므로 $2F + F = 3F$ 이다.
- 002 **오답넘기** (가)에서 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 $3F$ 이고, (나)에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2F - F = F$ 이므로, 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.
- 004 **알짜풀이** (다)에서 물체에 크기가 같고 방향이 반대인 힘이 작용하여 작용하는 알짜힘이 0이므로 힘의 평형 상태이다.
- 005 **오답넘기** (다)에서 물체는 힘의 평형 상태에 있으므로 물체의 운동 상태가 변하지 않는다.
- 006 **알짜풀이** 회전축을 기준으로 할 때 A에 작용하는 중력(무게)에 의한 돌림힘의 크기는 $\tau_A = r \times mg = mgr$ 이다.
- 007 **오답넘기** 회전축을 기준으로 할 때 B의 무게에 의한 돌림힘의 크기는 $\tau_B = 2r \times 2mg = 4mgr$ 이다. 따라서 B가 A의 4배이다.
- 008 **알짜풀이** A에 의해 시계 반대 방향으로 작용하는 돌림힘의 크기가 mgr 이고, B에 의해 시계 방향으로 작용하는 돌림힘의 크기가 $4mgr$ 이다. 따라서 지레 막대는 시계 방향으로 회전한다.
- 009 **알짜풀이** A와 B의 위치를 바꾸면 시계 반대 방향으로 작용하는 돌림힘의 크기와 시계 방향으로 작용하는 돌림힘의 크기가 $2mgr$ 로 같으므로 지레 막대는 수평 상태를 유지한다.
- 012 **알짜풀이** 물체의 무게에 의한 돌림힘의 크기는 $\tau = l_1 \times mg = mgl_1$ 이다.
- 013 **오답넘기** 막대가 돌림힘의 평형 상태에 있으므로 받침점을 기준으로 할 때 물체의 무게에 의한 돌림힘과 F 에 의한 돌림힘의 크기가 같다. 따라서 $l_1 \times mg = l_2 \times F$ 에서 $F = \frac{mgl_1}{l_2}$ 이다.
- 014 **알짜풀이** 물체가 평형 상태에 있으려면 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 모두 이루어야 한다. 따라서 알짜힘이 0이어야 하므로 받침점이 막대에 작용하는 힘의 크기는 $mg + F$ 이다.
- 015 **오답넘기** (가)에서 무게 중심이 받침면을 벗어나지 않았으므로 물체는 시계 반대 방향으로 돌림힘을 받아 회전한다.
- 016 **알짜풀이** (나)에서 무게 중심이 받침면을 벗어났으므로 물체는 시계 방향으로 돌림힘을 받아 쓰러진다.
- 018 **오답넘기** 무게 중심이 낮을수록 구조물이 안정적이다.

STEP 2 학교 기출 문제로 대신 대비하기 010~011쪽			
019 ⑤	020 해설 참조	021 ①	022 ④
023 해설 참조	024 ③	025 ②	026 ②
027 해설 참조			

019 힘의 평형

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 사과가 정지해 있으므로 사과에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 사과에 작용하는 중력은 연직 아래 방향으로 크기가 mg 이다. 따라서 저울이 사과를 받치는 힘은 연직 위 방향으로 크기가 mg 이다.
- ㄷ. 사과에는 중력과 저울이 사과를 받치는 힘이 작용한다. 그런데 알짜힘이 0이므로 사과에 작용하는 중력과 저울이 사과를 받치는 힘은 평형을 이룬다.

020 서술형 알짜힘

▽ 모범답안 두 힘의 방향이 반대이므로 알짜힘의 크기는 $6\text{ N} - 3\text{ N} = 3\text{ N}$ 이고, 알짜힘의 방향은 큰 힘의 방향인 오른쪽이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
힘의 크기만 옳은 경우	50 %

021 돌림힘의 평형

답 ①

알짜풀이

- ① 받침점을 기준으로 할 때 물체의 무게와 F 에 의한 돌림힘의 크기가 같다. 따라서 $0.1\text{ m} \times 60\text{ N} = 0.6\text{ m} \times F$ 에서 $F = 10\text{ N}$ 이다.

022 돌림힘

답 ④

알짜풀이

- ㄴ. 회전축을 기준으로 할 때 F 에 의한 돌림힘의 크기는 $0.2\text{ m} \times 20\text{ N} = 4\text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.
- ㄷ. 스패너를 사용하지 않고 너트를 풀 때 너트에 작용해야 하는 힘의 크기를 F' 라고 하면 $4\text{ N} \cdot \text{m} = \frac{1}{100}\text{ m} \times F'$ 에서 $F' = 400\text{ N}$ 이다.

오답넘기

- ㄱ. 스패너는 F 와 너트로부터 힘을 받는다. 따라서 스패너에 작용하는 알짜힘의 크기는 20 N 이 아니다.

023 서술형 돌림힘의 평형

- (1) ▽ 모범답안 p를 기준으로 할 때 A의 무게에 의해 막대에 작용하는 돌림힘의 크기는 $\tau_A = 0.1\text{ m} \times 20\text{ N} = 2\text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

- (2) ▽ 모범답안 $2\text{ N} \cdot \text{m} = 0.05\text{ m} \times w_B$ 에서 B의 무게는 $w_B = 40\text{ N}$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

024 막대의 평형 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 막대에 작용하는 돌림힘이 평형을 이룬다. 따라서 $2L \times w = L \times 40 \text{ N}$ 에서 물통의 무게는 $w = 20 \text{ N}$ 이다.
 ㄴ. 막대가 평형을 유지한다. 따라서 막대에 작용하는 알짜힘은 0이다.

오답نب기

- ㄷ. 막대에 연직 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기가 $20 \text{ N} + 40 \text{ N} = 60 \text{ N}$ 이므로 어깨가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 60 N 이다.

025 막대의 평형 답 ②

알짜풀이

- ② • 힘의 평형: 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 다음 관계가 성립한다.
 $F_A + F_B = 150 \text{ N} \dots (1)$
 • 돌림힘의 평형: 막대 중심으로부터 A, B가 막대를 떠받치는 지점까지의 거리가 각각 2 m, 1 m이므로 돌림힘의 평형을 적용하면 다음 관계가 성립한다.
 $2 \times F_A = 1 \times F_B \dots (2)$
 (1), (2)에서 $F_A = 50 \text{ N}$, $F_B = 100 \text{ N}$ 이다.

026 막대의 평형 답 ②

알짜풀이

- ㄴ. 물체의 질량을 m 이라고 할 때 $0.2 \times 0.5 \times 10 + 0.1 \times 1 \times 10 = 0.1 \times m \times 10$ 에서 $m = 2 \text{ kg}$ 이다.

오답نب기

- ㄱ. 줄과 막대의 교점을 기준으로 할 때 막대와 추에 의한 돌림힘의 크기의 합과 물체에 의한 돌림힘의 크기가 같다. 따라서 물체에 의한 돌림힘의 크기가 추에 의한 돌림힘의 크기보다 크다.
 ㄷ. 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 줄이 막대를 당기는 힘의 크기는 $F = (0.5 + 1 + 2) \times 10 = 35 \text{ (N)}$ 이다.

027 서술형 구조물의 안정성

- (1) 모범답안 수평면으로부터 무게 중심까지 높이는 (가)가 (나)보다 낮다.

채점 기준	배점
무게 중심의 높이를 옳게 비교한 경우	100 %

- (2) 모범답안 (가)가 더 안정한 상태이다. (가)가 바닥면이 더 넓고 무게 중심이 더 낮기 때문이다.

채점 기준	배점
안정적인 것을 옳게 쓰고, 두 가지 까닭을 옳게 제시한 경우	100 %
안정적인 것을 옳게 쓰고, 두 가지 까닭 중 한 가지만 옳게 제시한 경우	75 %
안정적인 것을 옳게 썼으나 그 까닭을 옳게 설명하지 못한 경우	50 %

02 운동과 운동량 보존

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 013~014쪽

028 O	029 X	030 O	031 X	032 O	033 O
034 O	035 X	036 O	037 X	038 O	039 X
040 O	041 O	042 X	043 O	044 O	045 X
046 O	047 O	048 X	049 X	050 O	051 X
052 X	053 O	054 O	055 X	056 X	057 X
058 O					

- 029 오답نب기 위치-시간 그래프의 기울기가 속도이므로 B는 속도가 일정한 운동을 한다. 따라서 1초일 때 B의 운동 방향은 일정하다.
 030 알짜풀이 0초부터 3초까지 A는 2 m를 이동하였고, B는 3 m를 이동하였다.
 031 오답نب기 0초부터 3초까지 A와 B는 서로 반대 방향으로 운동하므로 3초일 때 A와 B 사이의 거리는 5 m이다.
 032 알짜풀이 0초부터 3초까지 B가 3 m를 이동하였으므로 B의 평균 속도의 크기는 $\frac{3 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.
 034 알짜풀이 (가)에서 A의 질량이 2 kg이고 A에 작용하는 알짜힘의 크기가 6 N이므로 A의 가속도의 크기는 $\frac{6 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 3 \text{ m/s}^2$ 이다.
 035 오답نب기 (나)에서 A와 B가 함께 운동하므로 가속도의 크기는 같지만 질량이 B가 A보다 크므로 알짜힘의 크기는 B가 A보다 크다.
 036 알짜풀이 (나)에서 A와 B의 질량의 합은 5 kg이고 알짜힘의 크기는 10 N이므로 A, B의 가속도의 크기는 $\frac{10 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.
 037 오답نب기 (다)에서 실이 A에 작용하는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다. 가속도의 크기는 2 m/s^2 이고, A의 질량은 2 kg이므로 실이 A에 작용하는 힘의 크기는 4 N이다.
 038 알짜풀이 A의 가속도의 크기는 (가)에서는 3 m/s^2 이고, (나), (다)에서는 2 m/s^2 이다.
 039 오답نب기 6초부터 8초까지 이동 거리는 21 m이고 걸린 시간은 2초이므로 평균 속력은 $\frac{21 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 10.5 \text{ m/s}$ 이다.
 040 알짜풀이 자동차는 등가속도 직선 운동을 하므로 7초일 때 속력은 6초부터 8초까지 평균 속력과 같은 10.5 m/s 이다.
 041 알짜풀이 7초일 때 속력이 10.5 m/s 이므로 가속도의 크기는 $\frac{10.5 \text{ m/s}}{7 \text{ s}} = 1.5 \text{ m/s}^2$ 이다.
 042 오답نب기 가속도의 크기가 1.5 m/s^2 이므로 0초부터 4초까지 속도 증가량은 $1.5 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ s} = 6 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 4초일 때 속력은 6 m/s 이다.
 043 알짜풀이 2초일 때 속력이 3 m/s , 6초일 때 속력이 9 m/s 이므로 2초부터 6초까지 이동 거리 s 는 $2 \times 1.5 \times s = 9^2 - 3^2$ 에서 $s = 24 \text{ m}$ 이다.
 044 알짜풀이 물체는 직선상에서 운동하므로 운동 방향이 변하지 않는다.
 045 오답نب기 물체는 직선상에서 등가속도 운동을 하므로 a와 b에서 가속도의 크기는 같다.

047 **알짜풀이** a와 b에서 속력은 각각 4 m/s, 8 m/s이므로 a에서 b까지 물체의 평균 속력은 $\frac{4 \text{ m/s} + 8 \text{ m/s}}{2} = 6 \text{ m/s}$ 이다.

048 **오답넘기** a와 b 사이의 거리는 24 m이고 a에서 b까지 평균 속력이 6 m/s이므로, a에서 b까지 이동하는 데 걸린 시간은 $\frac{24 \text{ m}}{6 \text{ m/s}} = 4 \text{ 초}$ 이다.

049 **오답넘기** $8 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s} + a \times 4 \text{ s}$ 에서 가속도의 크기는 $a = 1 \text{ m/s}^2$ 이다.

051 **오답넘기** A에 작용하는 중력과 얼음판이 A를 떠받치는 힘은 크기가 같고 방향은 반대이며 작용점은 모두 A에 있다. 따라서 이 두 힘은 힘의 평형 관계이다.

052 **오답넘기** A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용 반작용 관계이므로 두 힘의 크기는 같다.

054 **알짜풀이** A와 B가 충돌하게 되므로 A의 속력이 B보다 크다는 것을 알 수 있다.

055 **오답넘기** 충돌 순간 A가 B에 작용하는 힘과 B가 A에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이므로 두 힘의 크기는 같다.

056 **오답넘기** 충돌 전과 후의 운동량이 보존되므로 $m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$ 에서 $m_A v_A - m_A v_A' = m_B v_B' - m_B v_B$ 이다. 따라서 A의 운동량 변화량의 크기와 B의 운동량 변화량의 크기가 같다.

057 **오답넘기** 충돌할 때 B는 운동 방향으로 힘을 받고, A는 운동 반대 방향으로 힘을 받는다. 따라서 A와 B가 받는 힘의 방향은 반대이다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 015~019쪽

059 ③	060 ③	061 ①	062 ④	063 ③	064 ⑤
065 ④	066 해설 참조	067 해설 참조	068 ④	069 ⑤	
070 해설 참조	071 해설 참조	072 ④	073 ⑤	074 ②	
075 해설 참조	076 ③	077 해설 참조	078 해설 참조	079 ④	080 ③

059 위치-시간 그래프 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. A의 위치는 증가하고 B의 위치는 감소하므로 A와 B는 서로 반대 방향으로 운동한다.
- ㄴ. 그래프를 보면 0초부터 2초까지 A의 이동 거리는 10 m이고, B의 이동 거리는 20 m임을 알 수 있다.

오답넘기

ㄷ. 위치-시간 그래프에서 기울기는 속도를 나타낸다. 따라서 A의 속력은 $\frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$ 이고, B의 속력은 $\frac{20 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$ 이므로 속력은 B가 A의 2배이다.

060 속력과 속도 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 속력은 일정하지만 운동 방향이 변하므로 A는 속도가 변하는 운동을 한다.

- ㄴ. A가 곡선 경로를 따라 운동하므로 운동 방향이 변한다. 따라서 A의 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

오답넘기

- ㄷ. P와 Q에서 운동 방향은 곡선에 접하는 방향이므로 A의 운동 방향은 다르다.

061 속도-시간 그래프 답 ①

알짜풀이

- ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 넓이는 이동 거리를 나타낸다. 따라서 0초부터 2초까지 A의 이동 거리는 $\frac{1}{2} \times 4 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 4 \text{ m}$ 이다.

오답넘기

- ㄴ. 0초부터 4초까지 B의 변위의 크기는 그래프가 시간 축과 이루는 넓이와 같으므로 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ m/s} \times 4 \text{ s} = 4 \text{ m}$ 이다. 따라서 B의 평균 속도의 크기는 $\frac{4 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.
- ㄷ. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 나타내므로 A의 가속도의 크기는 2 m/s^2 으로 일정하고, B의 가속도의 크기는 0.5 m/s^2 으로 일정하다. 따라서 가속도의 크기는 A가 B의 4배이다.

062 가속도 답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 5초 동안 속도 변화량이 10 m/s이므로 가속도의 크기는 $\frac{10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.
- ㄷ. 3초일 때 속력이 8 m/s이므로 0초부터 3초까지 평균 속력은 $\frac{2 \text{ m/s} + 8 \text{ m/s}}{2} = 5 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 0초부터 3초까지 이동한 거리는 $5 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 15 \text{ m}$ 이다.

오답넘기

- ㄴ. 가속도가 2 m/s^2 이므로 3초 동안 속력은 6 m/s만큼 증가한다. 따라서 3초일 때 속력은 $2 \text{ m/s} + 6 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$ 이다.

063 관성 법칙 답 ③

알짜풀이

- (가) 걸어가던 사람이 돌에 걸려 넘어지는 것은 걸어가는 운동 상태를 계속 유지하려는 관성에 의한 것이다.
- (다) 이불을 치면 이불에 붙어 있던 먼지는 계속 정지해 있으려고 하는 관성에 의해 이불과 분리되어 떨어진다.

오답넘기

- (나) 벽을 밀면 반작용으로 벽이 사람을 밀기 때문에 사람이 뒤로 밀려난다.

064 속도-시간 그래프 답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 넓이는 이동 거리를 나타낸다. 따라서 0초부터 3초까지 A의 이동 거리는 9 m이고, B의 이동 거리는 4.5 m이다.
- ㄴ. A는 속도가 3 m/s로 일정하므로 등속도 운동을 한다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄷ. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 나타낸다. B의 가속도의 크기는 $\frac{3 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$ 이므로 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다.

065 가속도 법칙 답 ④

알짜풀이

④ $F=ma$ 이므로 A, B의 질량의 비가 1 : 2이고, 가속도의 비가 2 : 1이면 알짜힘의 비는 $x : F = 1 \times 2 : 2 \times 1 = 1 : 1$ 이므로 $x = F$ 이다. 또한 B와 C의 질량의 비가 1 : 1이고, 가속도의 비가 1 : 3이면 알짜힘의 비는 $F : y = 1 \times 1 : 1 \times 3 = 1 : 3$ 이므로 $y = 3F$ 이다. 따라서 $x + y = F + 3F = 4F$ 이다.

066 서술형 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

▽ 모범답안 A에 작용하는 알짜힘의 크기가 8 N이고, 질량이 2 kg이므로 A의 가속도의 크기는 $\frac{8 \text{ N}}{2 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다. B에 작용하는 알짜힘의 크기는 8 N이고, 가속도의 크기는 A의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 2 m/s^2 이다. 따라서 B의 질량은 4 kg이다.

채점 기준	배점
B의 질량을 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
B의 질량은 옳게 구했으나 풀이가 미흡한 경우	50 %

067 서술형 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

▽ 모범답안 수레를 당기는 힘의 크기를 증가시킨다. 수레에 실은 추의 개수를 줄인다.

채점 기준	배점
방법 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
방법 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

해설

수레가 p에서 q까지 이동하는 데 걸리는 시간은 수레의 가속도의 크기가 클수록 짧다. 따라서 수레의 가속도의 크기를 크게 하면 된다. 가속도의 크기를 크게 하려면 수레를 당기는 힘의 크기를 증가시키거나, 수레에 실은 추의 개수를 줄여 질량을 감소시킨다.

068 빗면에서 물체의 운동 답 ④

알짜풀이

④ 빗면에 가만히 놓은 물체는 빗면과 나란한 아래 방향으로 일정한 힘을 받아 속도가 일정하게 증가하는 등가속도 직선 운동을 한다. 따라서 단위 시간당 속도 변화량, 즉 가속도는 일정하다. 빗면의 경사각이 클수록 가속도의 크기가 크다.

069 등가속도 운동 답 ⑤

알짜풀이

ㄴ. A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $1 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ N}$, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ 이므로 $F = 5 \text{ N} + 10 \text{ N} = 15 \text{ N}$ 이다.

ㄷ. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 작용 반작용에 의해 A가 B에 작용하는 힘의 크기와 같으며, A가 B에 작용하는 힘은 B에 작용하는 알짜힘이다. B에 작용하는 알짜힘의 크기는 10 N이므로 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 10 N이다.

오답نب기

ㄱ. A와 B는 함께 운동하므로 A와 B의 가속도는 같다. (나)에서 그래프의 기울기는 B의 가속도를 나타내므로 B의 가속도의 크기는 5 m/s^2 이다. 따라서 A의 가속도의 크기도 5 m/s^2 이다.

070 서술형 등가속도 직선 운동

▽ 모범답안 0초부터 0.2초까지 이동 거리는 20 cm이므로 평균 속력은 $\frac{20 \text{ cm}}{0.2 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ 이고, 0.1초일 때 속력은 1 m/s이다. 0.2초부터 0.4초까지 이동 거리는 30 cm이므로 평균 속력은 $\frac{30 \text{ cm}}{0.2 \text{ s}} = 1.5 \text{ m/s}$ 이고, 0.3초일 때 속력은 1.5 m/s이다. 따라서 0.2초 동안 물체의 속력은 0.5 m/s만큼 증가하므로 물체의 가속도의 크기는 $\frac{0.5 \text{ m/s}}{0.2 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}^2$ 이다.

채점 기준	배점
가속도의 크기를 풀이 과정과 함께 옳게 구한 경우	100 %
가속도의 크기는 옳게 구했으나 풀이가 미흡한 경우	50 %

071 서술형 등가속도 운동

(1) ▽ 모범답안 물체에 작용하는 힘의 크기는 8 N이고, 가속도의 크기는 2 m/s^2 이므로 물체의 질량은 $\frac{8 \text{ N}}{2 \text{ m/s}^2} = 4 \text{ kg}$ 이다.

채점 기준	배점
알짜힘과 가속도의 관계를 이용하여 질량을 옳게 구한 경우	100 %
질량은 옳게 구했으나 풀이가 미흡한 경우	50 %

(2) ▽ 모범답안 물체는 등가속도 직선 운동을 하며, 0초부터 4초까지 속도 증가량은 8 m/s 이므로 0초부터 4초까지 물체의 평균 속력은 4 m/s 이다. 따라서 0초부터 4초까지 이동한 거리는 $4 \text{ m/s} \times 4 \text{ s} = 16 \text{ m}$ 이다.

채점 기준	배점
평균 속력을 이용하여 이동 거리를 옳게 구한 경우	100 %
이동 거리만 옳게 쓴 경우	50 %

072 작용 반작용 법칙 답 ④

알짜풀이

ㄱ. A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용 반작용 관계로 크기가 같다.
ㄷ. 서로 미는 동안 가속도의 크기는 A가 B보다 작으므로 밀려나 떨어진 후 속력은 A가 B보다 작다.

오답نب기

ㄴ. 서로 미는 동안 작용하는 힘의 크기는 같고 질량은 A가 B보다 크므로 가속도의 크기는 A가 B보다 작다.



073 힘의 평형과 작용 반작용 답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 사과가 정지해 있으므로 사과에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 사과가 손에 작용하는 힘과 손이 사과에 작용하는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이며, 작용점이 각각 손과 사과에 있으므로 작용 반작용 관계이다.
- ㄷ. 정지해 있는 사과에는 지구가 사과에 작용하는 힘과 손이 사과에 작용하는 힘이 평형을 이루고 있다. 따라서 두 힘의 크기는 같다.

074 작용 반작용 법칙 답 ②

알짜풀이

- ㄴ. A와 B가 정지해 있으므로 F_1 과 F_2 는 같다.

오답넘기

- ㄱ. 실이 A에 작용하는 힘의 반작용은 A가 실에 작용하는 힘이고, 실이 B에 작용하는 힘의 반작용은 B가 실에 작용하는 힘이다.
- ㄷ. 실을 끊으면 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 같고, 질량은 A가 B보다 크므로 가속도의 크기는 A가 B보다 작다.

075 서술형 힘의 평형과 작용 반작용

- (1) 모범답안 F와 힘의 평형 관계에 있는 힘은 실이 공에 작용하는 힘이며, 이 힘은 공에 작용하는 힘으로 작용점이 공에 있고, F와 크기가 같고 방향이 반대이다.

채점 기준	배점
F와 힘의 평형 관계에 있는 힘을 옳게 쓰고, 작용점, 크기, 방향을 모두 옳게 서술한 경우	100%
F와 힘의 평형 관계에 있는 힘을 옳게 썼으나 작용점, 크기, 방향이 부분적으로 옳은 경우	70%
F와 힘의 평형 관계에 있는 힘만 옳게 쓴 경우	50%

- (2) 모범답안 F와 작용 반작용 관계에 있는 힘은 공이 지구에 작용하는 힘이며, 이 힘은 지구에 작용하는 힘으로 작용점이 지구에 있고, F와 크기가 같고 방향이 반대이다.

채점 기준	배점
F와 작용 반작용 관계에 있는 힘을 옳게 쓰고, 작용점, 크기, 방향에 대해 모두 옳게 서술한 경우	100%
F와 작용 반작용 관계에 있는 힘을 옳게 썼으나 작용점, 크기, 방향이 부분적으로 옳은 경우	70%
F와 작용 반작용 관계에 있는 힘만 옳게 쓴 경우	50%

076 운동량의 크기와 방향 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 운동량의 방향은 물체의 운동 방향, 즉 속도의 방향과 같으므로 A와 B의 운동량의 방향은 왼쪽으로 같다.
- ㄴ. 운동량은 질량과 속도의 곱이다. A와 B의 질량은 같고 A의 속력은 B의 2배이므로 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.

오답넘기

- ㄷ. 운동량은 크기와 방향을 모두 갖는 물리량이다. A와 C의 운동량의 크기는 같지만 운동량의 방향은 반대이므로 A와 C의 운동량은 같지 않다.

077 서술형 운동량의 크기와 방향

- 모범답안 분리된 후 A의 속력은 B보다 크고, 운동 방향은 B와 반대이다.

채점 기준	배점
A의 속력과 운동 방향을 모두 옳게 서술한 경우	100%
A의 속력만 옳게 서술한 경우	50%
A의 운동 방향만 옳게 서술한 경우	50%

해설

분리되는 과정에서 A, B가 받는 충격량의 크기가 같고, 방향은 반대이므로 분리된 후 A, B의 운동량의 크기는 같고, 방향은 반대이다. 분리된 후 A, B의 운동량의 크기는 같고 질량은 A가 B보다 작으므로 속력은 A가 B보다 크다.

078 서술형 운동량 보존

- 모범답안 충돌 후 B는 오른쪽으로 속력 v 로 등속도 운동을 한다.

채점 기준	배점
B의 속력과 운동 방향을 모두 옳게 서술한 경우	100%
B의 속력만 옳게 서술한 경우	50%
B의 운동 방향만 옳게 서술한 경우	50%

해설

충돌 전후 운동량의 합은 보존된다. 충돌 전 운동량의 합은 $2mv$ 이고, 충돌 후 A의 운동량은 $-mv$ 이므로 충돌 후 B의 운동량은 $3mv$ 이다. 따라서 B의 질량은 $3m$ 이므로 충돌 후 B는 오른쪽으로 속력 v 로 등속도 운동을 한다.

079 운동량 답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 운동량은 질량과 속도의 곱이므로 a를 지날 때 자동차의 운동량의 크기는 $2000 \text{ kg} \times 18 \text{ m/s} = 36000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.
- ㄴ. 자동차의 속력이 감소하므로 자동차에 작용하는 알짜힘의 방향은 운동 방향과 반대이다.

오답넘기

- ㄷ. b에서 운동량의 크기는 $2000 \text{ kg} \times 8 \text{ m/s} = 16000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이므로 a에서 b까지 운동하는 동안 자동차의 운동량 변화량의 크기는 $36000 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 16000 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 20000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.

080 운동량 보존 답 ③

알짜풀이

- ③ 충돌 전후 운동량이 보존된다. 오른쪽 방향을 (+)로 하면 충돌 전 A, B, C의 운동량의 합은 $3mv_0 - 2mv_0 = mv_0$ 이고, 충돌 후 운동량의 합은 $-mv_0 + 4mv_0$ 이므로 $4mv = 2mv_0$ 에서 $v = \frac{1}{2}v_0$ 이다.

STEP 3

단원 종합 문제로 만점 도전하기

020~023쪽

- 081 ② 082 ⑤ 083 ② 084 ④ 085 ③ 086 ①
 087 ③ 088 ② 089 ③ 090 ① 091 ⑤ 092 ②
 서술형 문제 093~097 해설 참조

081 힘의 평형

답 ②

알짜풀이

나. B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 B는 힘의 평형 상태에 있다.

오답넘기

- ㄱ. A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
 다. A에 작용하는 알짜힘이 0이므로 B가 A를 미는 힘은 왼쪽으로 크기가 F 이다. A, B 전체가 정지해 있으므로 A, B 전체에 작용하는 알짜힘도 0이다. 따라서 A가 B를 미는 힘의 크기는 F 이고, 벽이 B를 미는 힘의 크기도 F 이다. 그러므로 B가 A를 미는 힘의 크기와 벽이 B를 미는 힘의 크기는 F 로 같다.

082 힘의 평형과 돌림힘의 평형

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. (가)에서 물체에는 크기가 F 인 두 힘이 서로 반대 방향으로 작용하므로, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이다. 따라서 (가)에서 물체는 힘의 평형 상태에 있다.
 나. (나)에서 A, B에는 물체를 각각 시계 반대 방향, 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘이 작용하며, O를 기준으로 할 때 A, B에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 크기가 같다. 따라서 (나)에서 물체는 돌림힘의 평형 상태에 있다.
 다. (다)에서 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 물체는 힘의 평형과 돌림힘의 평형 상태에 있다. 따라서 (다)에서 물체는 역학적 평형 상태에 있다.

083 막대의 평형

답 ②

알짜풀이

- ② 실로부터 막대의 무게 중심까지 수평 거리를 x 라고 하면

$$x = a - \frac{a+b}{2} = \frac{a-b}{2}$$
 이다. 따라서 막대와 실이 연결된 지점을 돌림힘의 기준으로 하면 $a \times mg + \left(\frac{a-b}{2} \times mg\right) = b \times 4mg$ 에서 $\frac{a}{b} = 3$ 이다.

084 돌림힘의 평형

답 ④

알짜풀이

- ④ 학생이 막대를 누르는 힘의 크기가 $mg - F$ 이므로 받침대의 위치를 돌림힘의 기준으로 하면 $L \times (mg - F) + 5L \times F = 2L \times mg$ 에서

$$F = \frac{1}{4}mg$$
 이다.

085 속도-시간 그래프

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 나타낸다. 0초부터 4초까지 그래프의 기울기가 일정하므로 물체는 등가속도 운동을 한다.

- 다. 4초부터 8초까지 속도 변화량의 크기가 20 m/s 이므로 가속도의 크기는 $\frac{20 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}^2$ 이다.

오답넘기

- 나. 속도-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 넓이는 이동 거리를 나타내므로, 2초부터 8초까지 물체의 이동 거리는 $\frac{1}{2} \times 20 \text{ m/s} \times 6 \text{ s} = 60 \text{ m}$ 이다.

086 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

답 ①

알짜풀이

- ㄱ. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 나타낸다. 따라서 A의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이고, B의 가속도의 크기는 1 m/s^2 이다.

오답넘기

- 나. A의 질량은 1 kg 이고 가속도의 크기는 2 m/s^2 이므로 A에 작용하는 알짜힘은 $1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다. 즉, $F = 2 \text{ N}$ 이다.
 다. B의 가속도의 크기는 1 m/s^2 이고, 작용하는 알짜힘은 4 N 이므로 B의 질량은 $m = \frac{4 \text{ N}}{1 \text{ m/s}^2} = 4 \text{ kg}$ 이다.

087 등속도 운동과 등가속도 운동

답 ③

알짜풀이

- ③ A의 평균 속력은 $\frac{20 \text{ m/s} + 0}{2} = 10 \text{ m/s}$ 이므로 A가 5초 동안 이동한 거리는 50 m 이다. 그리고 5초일 때 A가 B보다 20 m 앞서 있으므로 B가 5초 동안 이동한 거리는 30 m 이다. 따라서 B의 속력은 $\frac{30 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 6 \text{ m/s}$ 이다.

088 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

답 ②

알짜풀이

- 나. 가속도가 같으므로 알짜힘의 크기는 질량에 비례한다. 질량은 A가 B의 3배이므로 작용하는 알짜힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

오답넘기

- ㄱ. A와 B는 함께 운동하므로 가속도가 같다. A와 B의 질량의 합은 4 kg 이고, 알짜힘의 크기는 12 N 이므로 가속도의 크기는 $\frac{12 \text{ N}}{4 \text{ kg}} = 3 \text{ m/s}^2$ 으로 같다.
 다. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 A가 B에 작용하는 힘의 크기와 같고, 이 힘은 B에 작용하는 알짜힘이다. B에 작용하는 알짜힘의 크기가 3 N 이므로 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 3 N 이다.

089 작용 반작용 법칙

답 ③

알짜풀이

- ㄱ, 나. 물체가 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 물체에 작용하는 중력의 크기가 50 N 이고 손으로 미는 힘의 크기가 60 N 이므로 물체에 작용하는 알짜힘이 0이 되려면 천장이 물체를 미는 힘의 크기는 10 N 이어야 한다.

오답넘기

- 다. 손이 물체를 미는 힘의 크기는 60 N 이고, 물체에 작용하는 중력의 크기는 50 N 이므로 작용 반작용 관계가 아니다.

090 힘의 평형

답 ①

알짜풀이

ㄱ. A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.

오답نب기

ㄴ. 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 A와 B에 작용하는 중력의 크기의 합과 같다.

ㄷ. A가 B를 떠받치는 힘과 힘의 평형을 이루는 힘은 B에 작용하는 중력이다.

091 등가속도 직선 운동

답 ⑤

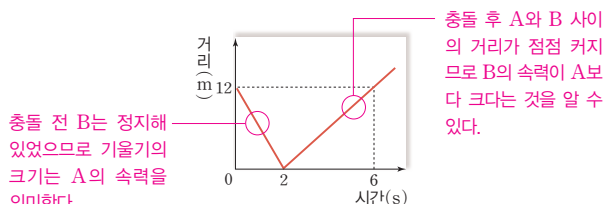
알짜풀이

⑤ 자동차는 등가속도 직선 운동을 하므로 같은 시간 동안 속도 변화량이 같다. 자동차가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간이 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이므로 속도 변화량은 p에서 q까지가 q에서 r까지의 2배이다. p에서 q까지 속도 증가량은 $4v$ 이므로 q에서 r까지의 속도 증가량은 $2v$ 이다. 따라서 r에서 자동차의 속력은 $7v$ 이다. p와 r에서 자동차의 속력은 각각 v , $7v$ 이고, p와 r 사이의 거리는 L 이므로 $(7v)^2 - v^2 = 2aL$ 에서 가속도의 크기는 $a = \frac{24v^2}{L}$ 이다.

092 등가속도 직선 운동

답 ②

자료 분석



알짜풀이

② 충돌 전 A의 속력은 6 m/s 이므로 충돌 전 A와 B의 운동량의 합은 $12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다. 충돌 후 A, B의 속력을 각각 v_A , v_B 라고 하면, 충돌 후 4초 동안 A와 B 사이의 거리는 12 m 만큼 멀어지므로 $v_B - v_A = 3$ 이고, 충돌 후 A와 B의 운동량의 합은 $2v_A + v_B = 12$ 이다. 따라서 $v_A = 3 \text{ m/s}$, $v_B = 6 \text{ m/s}$ 이므로 6초일 때 B의 운동량의 크기는 $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.



서술형 문제

093 힘의 평형

(1) **모범답안** 힘의 평형 상태에 있다. A가 정지해 있어 A에 작용하는 알짜힘이 0이기 때문이다.

채점 기준	배점
힘의 평형 여부와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100%
힘의 평형 상태라고 답하였으나 그 까닭이 적절치 않은 경우	50%

(2) **모범답안** 수평면이 A에 작용하는 힘의 크기가 역기가 A를 누르는 힘의 크기보다 크다. 역기가 A를 누르는 힘과 A에 작용하는 중력을 더한 값이 수평면이 A에 작용하는 힘과 크기가 같기 때문이다.

채점 기준	배점
힘의 대소를 옳게 비교하고 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
힘의 대소를 옳게 비교하였으나 그 까닭이 적절치 않은 경우	50%

094 역학적 평형

(1) **모범답안** P에 작용하는 알짜힘이 0이고, A, B가 Q를 누르는 힘의 크기가 각각 $F_A + 70g$, $F_B + 50g$ 이므로 다음 관계가 성립한다.

$$F_A + F_B = 20g \dots (1)$$

$$2 \times (F_A + 70g) = 3 \times (F_B + 50g) \dots (2)$$

(1), (2)에서 $F_A = 14g$, $F_B = 6g$ 이므로, $\frac{F_A}{F_B} = \frac{7}{3}$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답만 옳게 쓴 경우	50%

(2) **모범답안** P의 무게 중심을 돌림힘의 기준으로 하면

$$2.5 \times 14g = (2.5 - x) \times 10g + 2.5 \times 6g \text{에서 } x = 0.5 \text{ m이다.}$$

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답만 옳게 쓴 경우	50%

095 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

모범답안 A와 B의 질량은 합은 5 kg 이고, B에 오른쪽으로 20 N 의 힘이 작용하므로 A, B의 가속도의 크기는 $\frac{20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 B에 작용하는 알짜힘의 크기가 12 N 이므로 실이 B에 작용하는 힘의 크기는 8 N 이다.

채점 기준	배점
B에 작용하는 알짜힘을 이용하여 실이 B에 작용하는 힘의 크기를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정이 미흡하나 실이 B에 작용하는 힘의 크기를 옳게 구한 경우	50%

096 등가속도 운동

(1) **모범답안** 처음 속력이 10 m/s , 나중 속력이 30 m/s 이고 자동차는 등가속도 직선 운동을 하므로 평균 속력은

$$\frac{10 \text{ m/s} + 30 \text{ m/s}}{2} = 20 \text{ m/s} \text{이다.}$$

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 평균 속력을 옳게 구한 경우	100%
평균 속력만 옳게 쓴 경우	50%

- (2) **모범답안** 터널을 들어가서 빠져나오는 동안 평균 속력이 20 m/s이고, 자동차가 이동한 거리는 400 m이므로 걸린 시간은

$$\frac{400 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 20 \text{ 초이다.}$$

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 걸린 시간을 옳게 구한 경우	100 %
걸린 시간만 옳게 쓴 경우	50 %

- (3) **모범답안** 터널에서 운동하는 20초 동안 자동차의 속력은 20 m/s만큼 증가하였으므로 자동차의 가속도의 크기는 $\frac{20 \text{ m/s}}{20 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 가속도를 옳게 구한 경우	100 %
가속도만 옳게 쓴 경우	50 %

097 작용 반작용 법칙과 운동량 보존

- (1) **답** 오른쪽
 (2) **모범답안** 공을 왼쪽으로 던질 때 우주인이 공에 작용하는 힘의 방향은 왼쪽이므로 작용 반작용 법칙에 의해 공은 우주인에게 오른쪽으로 힘을 작용한다. 따라서 우주인은 오른쪽으로 운동한다.

채점 기준	배점
작용 반작용 관계의 힘은 방향이 반대인 것을 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
작용 반작용 관계의 힘의 방향을 이용하지 않은 경우	50 %

해설

우주인과 공의 운동량의 합은 0이고, 우주인이 공을 왼쪽으로 던졌으므로 공의 운동량 방향은 왼쪽이다. 따라서 우주인의 운동량 방향은 오른쪽이므로 우주인은 오른쪽으로 운동한다.

- (3) **모범답안** 공을 던지기 전 공과 우주인은 정지해 있었으므로 운동량의 합은 0이다. 공을 왼쪽으로 던지면 공의 운동량 방향은 왼쪽이므로 우주인의 운동량 방향은 오른쪽이어야 한다. 따라서 우주인은 오른쪽으로 운동한다.

채점 기준	배점
운동량 보존 법칙을 적용하여 옳게 서술한 경우	100 %
운동량 방향이 반대인 것만으로 우주인의 방향을 서술한 경우	50 %

03 역학적 에너지 보존

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 025쪽

098 O	099 X	100 O	101 O	102 X	103 O
104 X	105 O	106 X	107 O	108 O	109 O
110 X	111 X	112 O	113 O	114 O	115 X
116 O					

- 098 **알짜풀이** 힘-이동 거리 그래프 아래의 넓이는 힘이 한 일을 나타낸다. $x=0$ 에서 $x=2$ m까지 그래프 아래의 넓이는 $(8 \text{ N} + 14 \text{ N}) \times \frac{1}{2} \times 2 \text{ m} = 22 \text{ J}$ 이므로 F가 한 일은 22 J이다.

- 099 **오답내기** $x=2$ m에서 물체의 운동 에너지는 22 J이므로 $x=2$ m에서 물체의 속력을 v 라고 하면 $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times v^2 = 22 \text{ J}$ 에서 $v = \sqrt{22} \text{ m/s}$ 이다.

- 100 **알짜풀이** $x=0$ 에서부터 $x=4$ m까지 힘-이동 거리 그래프 아래의 넓이는 힘이 한 일, 즉 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 따라서 $x=4$ m에서 운동 에너지는 44 J이다.

- 101 **알짜풀이** 물체에 작용하는 중력의 방향과 물체의 이동 방향은 수직이므로 물체에 작용하는 중력이 한 일은 0이다.

- 102 **오답내기** $x=2$ m에서 물체의 운동 에너지는 22 J이고, $x=4$ m에서 물체의 운동 에너지는 44 J이다. 따라서 $x=2$ m에서 $x=4$ m까지 물체의 운동 에너지 변화량은 22 J이다.

- 103 **알짜풀이** 공기 저항과 마찰을 무시하므로 수레가 운동하는 동안 수레의 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 A, B, C에서 역학적 에너지는 모두 같다.

- 104 **오답내기** 운동 에너지는 속력의 제곱에 비례한다. 따라서 운동 에너지는 B에서가 C에서의 $\frac{4}{9}$ 배이다.

- 105 **알짜풀이** 지면으로부터의 높이는 B에서가 C에서보다 높으므로 수레의 중력에 의한 위치 에너지는 B에서가 C에서보다 크다.

- 106 **오답내기** 물체에 작용한 중력이 한 일은 물체의 중력에 의한 위치 에너지 감소량과 같다. 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 물체의 운동 에너지 증가량과 같다. 수레의 질량을 m 이라고 하면 A에서 B까지 운동하는 동안 수레의 운동 에너지 증가량은 $\frac{1}{2}m(2v)^2 = 2mv^2$ 이고, B에서 C까지 운동하는 동안 수레의 운동 에너지 증가량은 $\frac{1}{2}m(3v)^2 - \frac{1}{2}m(2v)^2 = \frac{5}{2}mv^2$ 이다. 따라서 수레가 A에서 B까지 운동하는 동안 중력이 한 일은 B에서 C까지 운동하는 동안 중력이 한 일보다 작다.

- 107 **알짜풀이** B의 높이를 h_B 라고 하면 B에서 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 2배이므로 $mgh_B = 2 \left[\frac{1}{2}m(2v)^2 \right] = 4mv^2$ 에서 $v^2 = \frac{1}{4}gh_B$... ①이다. 역학적 에너지는 A에서와 B에서가 같으므로 $3mgh = mgh_B + 2mv^2$... ②이다. 따라서 ①, ②를 정리하면 $3mgh = \frac{3}{2}mgh_B$ 이므로 $h_B = 2h$ 이다.

- 108 **알짜풀이** 용수철에 충돌하기 전 물체의 운동 에너지는 4 J이고, t 일

때 물체의 운동 에너지는 1 J이다. 따라서 t_1 일 때 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 $4\text{ J} - 1\text{ J} = 3\text{ J}$ 이다.

- 109 알짜풀이** 물체가 용수철에 닿는 순간부터 용수철이 최대 압축되는 t_2 까지 물체의 속력은 감소하므로 물체에 작용하는 탄성력의 방향은 물체의 운동 방향과 반대이다.
- 110 오답넘기** 물체의 운동 에너지는 t_4 일 때가 t_3 일 때의 4배이므로, 속력은 t_4 일 때가 t_3 일 때의 2배이다.
- 111 오답넘기** t_2 일 때 용수철이 원래 길이로부터 압축된 길이를 x 라고 하면 $4\text{ J} = \frac{1}{2} \times 200\text{ N/m} \times x^2$ 에서 $x = 0.2\text{ m}$ 이다.
- 112 알짜풀이** t_2 일 때 용수철이 압축되어 탄성력이 작용하므로 물체의 가속도는 0이 아니다.
- 113 알짜풀이** 물체를 접촉시켜 지면에 있는 용수철이 2A만큼 압축되었을 때 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 용수철에서 분리된 물체의 운동 에너지와 같다. 따라서 운동 에너지는 $\frac{1}{2}k(2A)^2 = 2kA^2$ 이다.
- 114 알짜풀이** 높이가 H 인 수평면에서 물체의 운동 에너지는 수평면의 용수철을 A 만큼 압축시켰을 때 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지와 같다. 수평면에서 용수철과 충돌하기 직전 물체의 속력을 v 라고 하면 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$ 에서 $v = A\sqrt{\frac{k}{m}}$ 이다.
- 115 오답넘기** 물체가 운동하는 동안 역학적 에너지는 보존되므로 물체의 중력에 의한 위치 에너지 증가량은 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지 감소량과 같다.
- 116 알짜풀이** 역학적 에너지는 보존되므로 $\frac{1}{2}k(2A)^2 = mgH + \frac{1}{2}k(A)^2$ 에서 $H = \frac{3kA^2}{2mg}$ 이다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 026~029쪽					
117 ④	118 ②	119 ④	120 ⑤	121 ⑤	122 ①
123 ①	124 ④	125 ④	126 ⑤	127 ③	128 ②
129 ③	130 해설 참조	131 ③	132 해설 참조		

117 운동 에너지 답 ④

알짜풀이

④ 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \times 2\text{ kg} \times (5\text{ m/s})^2 = 25\text{ J}$ 이다.

118 운동 에너지 답 ②

알짜풀이

② A와 B의 운동 에너지가 같으므로 $\frac{1}{2}(4m)v_A^2 = \frac{1}{2}mv_B^2$ 이다. 따라서 $v_A : v_B = 1 : 2$ 이다.

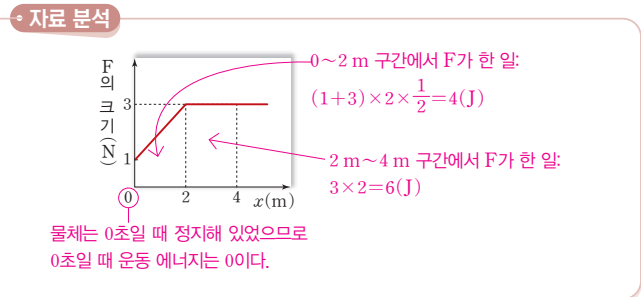
119 일과 운동 에너지 답 ④

알짜풀이

④ 힘-이동 거리 그래프에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 넓이는 힘

이 한 일을 나타내므로, 물체가 0~5 m인 지점까지 이동하는 동안 힘이 물체에 한 일은 $10\text{ N} \times 5\text{ m} = 50\text{ J}$ 이다. 물체가 $x = 5\text{ m}$ 인 지점을 지날 때 속력을 v 라고 하면, 실이 물체를 당기는 힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $50\text{ J} = \frac{1}{2} \times 1\text{ kg} \times v^2$ 에서 $v = 10\text{ m/s}$ 이다.

120 일과 운동 에너지 답 ⑤



알짜풀이

- ㄱ. 힘-이동 거리 그래프에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 넓이는 힘이 한 일과 같다. 따라서 $x=0$ 에서 $x=2\text{ m}$ 까지 F가 한 일은 $(1\text{ N} + 3\text{ N}) \times \frac{1}{2} \times 2\text{ m} = 4\text{ J}$ 이다.
- ㄴ. 물체에 작용한 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. $x=0$ 에서 물체는 정지해 있었으므로 $x=2\text{ m}$ 에서 물체의 운동 에너지는 4 J이고, $x=4\text{ m}$ 에서 물체의 운동 에너지는 $4\text{ J} + (3\text{ N} \times 2\text{ m}) = 10\text{ J}$ 이다. 따라서 물체의 운동 에너지는 $x=4\text{ m}$ 에서 $x=2\text{ m}$ 에서의 $\frac{5}{2}$ 배이다.

오답넘기

ㄴ. $x=0$ 에서 $x=2\text{ m}$ 까지 F가 한 일은 4 J이므로 $x=2\text{ m}$ 에서 물체의 속력을 v 라고 하면 $\frac{1}{2} \times 2\text{ kg} \times v^2 = 4\text{ J}$ 이다. 따라서 $v = 2\text{ m/s}$ 이다.

121 중력에 의한 위치 에너지 답 ⑤

알짜풀이

⑤ 중력에 의한 위치 에너지는 A가 $E_A = 1\text{ kg} \times 10\text{ m/s}^2 \times 3\text{ m} = 30\text{ J}$ 이고, B가 $E_B = 2\text{ kg} \times 10\text{ m/s}^2 \times 1\text{ m} = 20\text{ J}$ 이다.

122 중력에 의한 위치 에너지 답 ①

ㄱ. 0부터 $2t$ 까지 A의 중력에 의한 위치 에너지가 $2E$ 만큼 증가하였으므로 F가 A에 한 일은 $2E$ 이다.

오답넘기

- ㄴ. 물체의 속력이 일정하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 t 일 때와 $2t$ 일 때 F의 크기는 물체의 무게와 같다.
- ㄷ. 물체의 중력에 의한 위치 에너지 변화량은 높이에 비례하므로 0부터 t 까지 이동한 거리를 h 라고 하면 t 부터 $2t$ 까지 이동한 거리는 h 이다.

123 탄성력에 의한 위치 에너지 답 ①

알짜풀이

ㄱ. 물체를 수평 방향으로 크기가 F 인 힘으로 당겼을 때 물체는 $x = 0.2\text{ m}$ 에서 정지해 있으므로 F 는 용수철이 물체를 당기는 탄성력의 크기와 같다. 따라서 $F = 50\text{ N/m} \times 0.2\text{ m} = 10\text{ N}$ 이다.

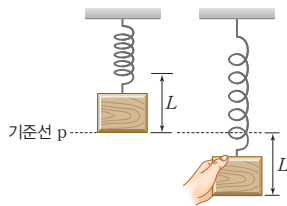
오답범기

- ㄴ. 물체가 $x = -0.1 \text{ m}$ 를 지날 때 용수철이 물체에 작용하는 탄성력의 크기는 $50 \text{ N/m} \times 0.1 \text{ m} = 5 \text{ N}$ 이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 $\frac{5 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 5 \text{ m/s}^2$ 이다.
- ㄷ. F 를 제거한 후 물체가 왕복 운동을 하는 동안 물체의 역학적 에너지는 보존된다. $x = 0.2 \text{ m}$ 에서 용수철과 물체로 이루어진 계의 역학적 에너지는 $\frac{1}{2} \times 50 \text{ N/m} \times (0.2 \text{ m})^2 = 1 \text{ J}$ 이다.
- $x = 0.1 \text{ m}$ 에서 물체의 운동 에너지를 E_1 이라고 하면
- $$1 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 50 \text{ N/m} \times (0.1 \text{ m})^2 + E_1 = \frac{1}{4} \text{ J} + E_1$$
- 에서 $E_1 = \frac{3}{4} \text{ J}$ 이다.
- $x = 0$ 에서 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 0이므로, 이 때 물체의 운동 에너지는 1 J이다. 따라서 물체의 운동 에너지는 $x = 0$ 에서 $x = 0.1 \text{ m}$ 에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

124 탄성력에 의한 위치 에너지

답 ④

• 자료 분석



	중력에 의한 위치 에너지	탄성력에 의한 위치 에너지	운동 에너지	역학적 에너지
p에서 L만큼 압축	$mg(2L)$ $= 2kL^2 = E_0$	0	0	$2kL^2 = E_0$
p	$mgL = kL^2$ $= \frac{1}{2}E_0$	$\frac{1}{2}kL^2 = \frac{1}{4}E_0$	E_k	$\frac{3}{4}E_0 + E_k$
p에서 L만큼 늘어남	0	$\frac{1}{2}k(2L)^2$ $= 2kL^2 = E_0$	0	E_0

알짜풀이

- ④ 물체의 질량을 m , 용수철 상수를 k , 중력 가속도를 g 라고 하면, p에서 물체에 작용한 알짜힘은 0이므로 $mg = kL$ 이다. p로부터 용수철이 L만큼 늘어난 지점에서 중력에 의한 위치 에너지를 0이라고 하면, p에서 L만큼 늘어난 지점에서 탄성력에 의한 위치 에너지는 $\frac{1}{2}k(2L)^2 = E_0$ 이고, 속력은 0이므로 운동 에너지는 0이다.
- p에서 중력에 의한 위치 에너지는 mgL 이고, 탄성력에 의한 위치 에너지는 $\frac{1}{2}kL^2 = \frac{1}{4}E_0$ 이다. p에서 L만큼 압축된 지점에서 중력에 의한 위치 에너지는 $mg(2L)$ 이고, 용수철이 늘어난 길이는 0이므로 탄성력에 의한 위치 에너지는 0이며, 운동 에너지는 0이다. p에서 운동 에너지를 E_k 라고 하면, (나)에서 물체를 가만히 놓았을 때, 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 $\frac{3}{4}E_0 + E_k = E_0$ 에서 $E_k = \frac{1}{4}E_0$ 이다.

125 역학적 에너지 보존

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 물체는 높이가 10 m인 지점에서 속력이 0이므로 물체의 역학적 에너지는 $1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m} = 100 \text{ J}$ 이다.
- ㄴ. 높이가 4 m인 p에서 중력에 의한 위치 에너지는 $1 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m} = 40 \text{ J}$ 이고, 중력에 의한 위치 에너지가 감소한 것만큼 운동 에너지가 증가하므로 운동 에너지는 $100 \text{ J} - 40 \text{ J} = 60 \text{ J}$ 이다. 따라서 p에서 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지보다 작다.

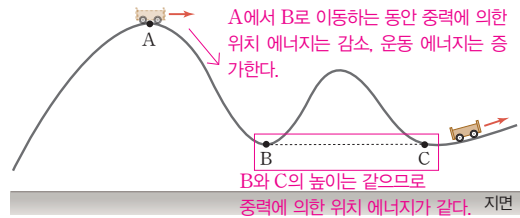
오답범기

- ㄷ. 지면에 닿는 순간 물체의 속력을 v 라고 하면 $100 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times v^2$ 에서 $v = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$ 이다.

126 중력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지

답 ⑤

• 자료 분석



알짜풀이

- ㄴ. 높이는 A에서 B에서보다 높으므로 중력에 의한 위치 에너지는 A에서 B에서보다 크다.
- ㄷ. 역학적 에너지는 B에서와 C에서가 같고, 중력에 의한 위치 에너지는 B에서와 C에서가 같으므로 운동 에너지도 B에서와 C에서가 같다.

오답범기

- ㄱ. 공기 저항과 마찰이 없으므로 물체의 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 A, B, C에서 역학적 에너지는 같다.

127 역학적 에너지 보존

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 물체는 등속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 물체가 5 m를 이동하므로 물체의 중력에 의한 위치 에너지 증가량은 $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m} = 100 \text{ J}$ 이다.

오답범기

- ㄷ. 물체는 지면에서부터 p까지 등속도 운동을 하므로 물체의 운동 에너지는 일정하다. 따라서 물체의 역학적 에너지 증가량은 물체의 중력에 의한 위치 에너지 증가량과 같다.

128 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. A, B의 역학적 에너지는 각각 A, B를 가만히 놓은 지점에서의 중력에 의한 위치 에너지와 같다. 중력 가속도를 g 라고 하면, A의 역학적 에너지는 $3mgh$ 이고, B의 역학적 에너지는 $mg(2h)$ 이다. 따라서 낙하하는 동안 역학적 에너지는 A가 B의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

오답내기

- ㄱ. A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 물체에 작용하는 중력의 크기이다. 따라서 A, B의 가속도의 크기는 중력 가속도로 같다.
- ㄴ. 물체가 낙하하는 동안 역학적 에너지는 보존되므로 지면에 도달하는 순간 A, B의 속력을 각각 v_A, v_B 라고 하면 $3mgh = \frac{1}{2}(3m)v_A^2$ 에서 $v_A = \sqrt{2gh}$ 이고, $mg(2h) = \frac{1}{2}mv_B^2$ 에서 $v_B = 2\sqrt{gh}$ 이다. 따라서 지면에 도달하는 순간 물체의 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$ 배이다.

129 역학적 에너지 보존 법칙

답 ③

알짜풀이

③ 수평면에서 물체의 속력을 v_0 , 빗면을 오르는 동안 물체의 가속도의 크기를 a 라고 하면, 빗면을 오르는 동안 시간 t 에 따른 물체의 속력은 $v_0 - at$ 이다. 따라서 물체의 질량을 m 이라고 하면, 빗면을 오르는 동안 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m(v_0 - at)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - mav_0t + \frac{1}{2}ma^2t^2$ 이다. 물체가 빗면을 오르는 동안 이동 거리가 증가하면 높이가 증가하는 것이므로 중력에 의한 위치 에너지는 증가하고 운동 에너지는 감소한다. 수평면에서 물체의 운동 에너지는 E_0 이므로 물체의 역학적 에너지는 E_0 이다. 빗면을 오르는 동안 물체의 역학적 에너지는 일정하므로 물체의 운동 에너지는 이동 거리에 따라 일정하게 감소한다.

130 **서술형** 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

▽ 모범답안 용수철 상수를 k 라고 하면 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx_A^2$ 에서 $x_A = \sqrt{\frac{mv^2}{k}}$ 이고, $\frac{1}{2}(2m)(2v)^2 = \frac{1}{2}kx_B^2$ 에서 $x_B = \sqrt{\frac{8mv^2}{k}}$ 이다. 따라서 $\frac{x_B}{x_A} = 2\sqrt{2}$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 $\frac{x_B}{x_A}$ 를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정은 미흡하나 $\frac{x_B}{x_A}$ 를 옳게 쓴 경우	50%

해설

용수철이 최대 압축되었을 때 물체의 속력은 0이다. 용수철에 충돌하기 전 물체의 운동 에너지는 용수철이 최대로 압축되었을 때 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지와 같다.

131 역학적 에너지 보존 법칙

답 ③

자료 분석



물체가 아래 방향으로 내려가는 동안 중력의 크기는 일정, 용수철이 늘어나므로 탄성력의 크기는 증가
 → 가속도의 크기 감소
 → 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지 증가

알짜풀이

- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 물체의 중력과 탄성력의 차이이다. 물체의 질량을 m , 물체의 가속도의 크기를 a , 중력 가속도를 g 라고 하면 $ma = mg - kx$ 이다. 용수철이 늘어나면 x 가 증가하므로 가속도의 크기는 감소한다.
- ㄴ. 물체가 P에서 Q까지 운동하는 동안 용수철의 길이는 증가하므로 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 증가한다.

오답내기

- ㄷ. '물체의 역학적 에너지 = 중력에 의한 위치 에너지 + 운동 에너지 + 탄성력에 의한 위치 에너지'이다. 따라서 '물체의 중력에 의한 위치 에너지 감소량 = 탄성력에 의한 위치 에너지 변화량 + 운동 에너지 변화량'이다.

132 **서술형** 탄성력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지

▽ 모범답안 물체의 질량을 m 이라고 하면, 용수철에 충돌하기 전 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m(3v)^2 = \frac{9}{2}mv^2$ 이고, 물체가 용수철에 충돌하여 속력이 v 일 때 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$ 이다. 따라서 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 물체와 용수철로 이루어진 계의 역학적 에너지는 보존되므로 $\frac{9}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 + E_p$ 에서 $E_p = 4mv^2$ 이다. 따라서 $\frac{E_p}{E_k} = \frac{4mv^2}{\frac{1}{2}mv^2} = 8$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 $\frac{E_p}{E_k}$ 를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정은 미흡하나 $\frac{E_p}{E_k}$ 를 옳게 쓴 경우	50%

04 열과 에너지 및 열효율

STEP 1	O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기					031쪽
133 O	134 O	135 O	136 O	137 X	138 X	
139 O	140 O	141 X	142 X	143 O	144 X	
145 O	146 X	147 O	148 O	149 O	150 X	
151 X						

- 134 **알짜풀이** 감소한 추의 위치 에너지는 $mgh = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2.1 \text{ m} = 210 \text{ J}$ 이다.
- 135 **알짜풀이** 추의 중력에 의한 위치 에너지가 열로 전환되므로 마찰에 의해 발생한 열량은 $\frac{210}{4.2} = 50 \text{ (cal)}$ 이다.
- 137 **오답내기** 열량 1 cal가 일 4.2 J에 해당하므로 열의 일당량은 4.2 J/cal이다.
- 138 **오답내기** 압력이 일정한 상태로 팽창하므로 기체 분자의 운동이 활발해진다. 따라서 기체의 내부 에너지는 증가한다.
- 140 **알짜풀이** 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다.
- 141 **오답내기** 기체의 부피가 $\Delta V = 0.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 만큼 팽창했으므로, 기체가 외부에 한 일은 $W = P\Delta V = 10^5 \times (0.2 \times 10^{-3}) = 20 \text{ (J)}$ 이다.

- 142 **오답넘기** 기체가 흡수한 열량이 50 J이고, 기체가 외부에 한 일이 20 J이다. 따라서 기체의 내부 에너지 증가량은 $\Delta U = Q - W = 50 - 20 = 30(\text{J})$ 이다.
- 144 **오답넘기** 대류는 가열된 기체나 액체의 밀도가 작아지기 때문에 나타나는 현상이다.
- 146 **오답넘기** C는 매개 물질 없이 빛이나 전자기파 형태로 열이 이동하는 복사이다.
- 148 **알짜풀이** 열기관은 고열원으로부터 열을 흡수하여 외부에 일을 하고 저열원으로 열을 방출하므로 $T_1 > T_2$ 이다.
- 149 **알짜풀이** 열기관이 한 일 = $400 \text{ J} - 300 \text{ J} = 100 \text{ J}$ 이다.
- 150 **오답넘기** 이 열기관의 열효율은 $e = \frac{100 \text{ J}}{400 \text{ J}} = \frac{1}{4}$ 이므로 25 %이다.
- 151 **오답넘기** 일은 모두 열로 바꿀 수 있으나 열은 모두 일로 바꿀 수 없으므로 열효율이 100 %인 열기관은 제작할 수 없다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 032~035쪽

152 ①	153 ②	154 ④	155 ③	156 ④	157 ③
158 해설 참조	159 해설 참조	160 ②	161 해설 참조	162 ①	163 ①
164 ③	165 해설 참조	166 해설 참조	167 해설 참조	168 ②	169 ①
170 ③					

152 역학적 에너지와 열 답 ①

알짜풀이

① 힘이 한 일만큼 회전 날개와 액체 사이의 마찰에 의해 열이 발생하는데, 힘이 한 일은 $W = Fs = 210 \times 0.8 = 168(\text{J})$ 이므로, 이때 발생한 열량은 $\frac{168}{4.2} = 40(\text{cal})$ 이다.

153 역학적 에너지와 열 답 ②

알짜풀이

② 질량이 M 인 추가 1 m 낙하하는 동안 중력에 의한 위치 에너지가 감소량은 9.8 MJ이고, 이때 액체가 얻은 열량이 70 cal이므로 $\frac{9.8 M}{4.2} = 70(\text{cal})$ 에서 $M = 30 \text{ kg}$ 이다.

154 기체가 하는 일 답 ④

알짜풀이

④ 기체가 한 일은 $W = P\Delta V = 100 \text{ N/m}^2 \times 0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}^2 = 4 \text{ J}$ 이다.

155 내부 에너지 답 ③

알짜풀이

ㄱ. 기체의 내부 에너지는 입자들의 운동 에너지와 위치 에너지의 총합이다.
 ㄴ. 일정량의 기체에서 온도가 높을수록 내부 에너지는 증가한다.

오답넘기

ㄷ. 기체가 열을 흡수하면 온도가 높아져 내부 에너지가 증가한다.

156 열역학 법칙 답 ④

알짜풀이

ㄱ. 열역학 제2법칙은 자연 현상에서 일어난 변화의 비가역적인 방향성을 설명하는 법칙이다. 모든 자연 현상은 무질서도가 증가하는 방향으로 일어난다.
 ㄷ. 열은 고온에서 저온으로 자발적으로 이동하며, 스스로 저온에서 고온으로 이동하지 않는다.

오답넘기

ㄴ. 기체가 흡수한 열량은 내부 에너지 증가량과 외부에 한 일의 합이라는 표현은 열역학 제1법칙, 즉 에너지 보존 법칙을 나타낸다.

157 열역학 법칙 답 ③

알짜풀이

ㄱ. 온도는 같은데 부피가 감소한다. 따라서 압력이 증가한다.
 ㄴ. $Q = W + \Delta U$ 에서 $W < 0$, $\Delta U = 0$ 이므로 $Q < 0$ 이다. 따라서 외부로 열을 방출한다.

오답넘기

ㄷ. 기체의 내부 에너지는 온도에 비례한다. 따라서 기체의 내부 에너지는 변하지 않는다.

158 서술형 내부 에너지

- (1) **모범답안** 기체에 가한 열량이 50 cal이므로 J 단위로 환산하면 $50 \text{ cal} \times 4.2 \text{ J/cal} = 210 \text{ J}$ 이다.
- | 채점 기준 | 배점 |
|---------------------------|-------|
| 풀이 과정과 정답이 모두 옳은 경우 | 100 % |
| 정답은 옳으나 풀이 과정이 타당하지 않은 경우 | 50 % |
- (2) **모범답안** 기체가 흡수한 열량이 210 J이고 외부에 한 일이 84 J이므로 기체의 내부 에너지 변화량은 $\Delta U = Q - W = 210 - 84 = 126(\text{J})$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 정답이 모두 옳은 경우	100 %
정답은 옳으나 풀이 과정이 타당하지 않은 경우	50 %

159 서술형 내부 에너지

- (1) **모범답안** B → C 과정에서 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하다. 따라서 기체가 외부에 한 일은 흡수한 열량과 같은 Q_2 이다.
- | 채점 기준 | 배점 |
|----------------------------------|-------|
| 외부에 한 일을 옳게 구하였고 설명이 타당한 경우 | 100 % |
| 외부에 한 일은 옳게 구하였으나 설명이 타당하지 않은 경우 | 50 % |
- (2) **모범답안** A → B 과정에서 증가한 내부 에너지가 Q_1 이고, B → C 과정에서는 내부 에너지가 변하지 않는다. 처음 상태로 되돌아오면 내부 에너지 변화량이 0이므로, C → A 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량을 U 라고 하면 $Q_1 + 0 + U = 0$ 에서 $U = -Q_1$ 이다. 따라서 C → A 과정에서 내부 에너지는 Q_1 만큼 감소한다.



채점 기준	배점
내부 에너지는 Q_1 만큼 감소한다고 제시하고, 설명이 타당한 경우	100%
내부 에너지가 Q_1 만큼 변한다고 설명하였으나, 증가 또는 감소에 대한 설명이 없는 경우	50%

160 열역학 법칙 답 ②

알짜풀이

C. 열효율이 100%인 열기관은 열역학 제2법칙에 위배되므로 제작할 수 없다.

오답범기

- A. 열은 고온에서 저온으로는 자발적으로 이동할 수 있지만, 저온에서 고온으로는 자발적으로 이동할 수 없다.
- B. 냉각고나 에어컨과 같이 에너지를 공급하면 저온에서 고온으로 열을 이동시킬 수 있다. 따라서 저온에서 고온으로 열을 이동시키는 장치를 만들 수 있다.

161 서술형 열역학 법칙

모범답안 열역학 제2법칙에 따라 고립계에서는 반드시 무질서도가 증가하는 방향으로만 변화가 일어날 수 있으므로, $t=t_2$ 에서 $t=t_1$ 로의 변화가 일어날 수 있지만, $t=t_1$ 에서 $t=t_2$ 로의 변화는 일어날 수 없다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

채점 기준	배점
대소를 옳게 비교하고 근거가 타당한 경우	100%
대소는 옳게 비교하였으나 근거가 타당하지 않은 경우	50%

162 열의 이동 답 ①

알짜풀이

- A: 얼음으로 이동하는 열을 잘 차단할수록 얼음이 천천히 녹는다. 따라서 얼음을 전도를 잘 차단하는 담요를 싸면 알루미늄 포일로 싸는 것보다 천천히 녹는다.
- B: 난로로부터 먼 곳에 있는 공기가 따뜻해지는 현상은 대류에 의한 열의 이동 때문이다.

163 물질의 상태 변화 답 ①

알짜풀이

- (가) A에서 C에서보다 기울기가 크므로 온도가 잘 변한다. 따라서 A, C를 비교하면 물의 비열이 얼음의 비열보다 크다는 것을 알 수 있다.
- (나) 그래프의 수평 구간의 길이가 D에서 B에서보다 크다. 따라서 B, D를 비교하면 물의 기화열이 얼음의 용해열보다 크다는 것을 알 수 있다.

164 물질의 상태 변화 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 고체가 기체로 변하는 현상(㉔)과 고체가 기체로 변하는 현상(㉕)은 승화이다.
- ㄴ. 고체가 액체로 변하는 용해(㉑)가 일어날 때 외부로부터 열을 흡수한다.

오답범기

ㄷ. 상태가 변하는 동안에는 온도가 변하지 않는다. 따라서 (㉑)가 일어나는 과정에서는 온도가 일정하게 유지된다.

165 서술형 열의 이동

(1) 모범답안 ㉑에는 열을 잘 전도시키지 않는 소재를 사용해야 한다.

채점 기준	배점
열을 잘 전도시키지 않는 소재라고 서술한 경우	100%
전도라는 용어를 사용하지 않고, 열을 잘 전달하지 않는 물질이라고 서술한 경우	50%

(2) 모범답안 ㉑은 복사, ㉒은 전도와 대류를 차단한다.

채점 기준	배점
㉑, ㉒의 역할을 모두 옳게 서술한 경우	100%
㉑ 또는 ㉒의 역할 중 하나만 옳게 서술한 경우	50%

166 서술형 물질의 상태 변화

(1) 모범답안 피스톤을 갑자기 당기면 플라스크 내부 기체의 부피가 팽창하므로 기체가 외부에 일을 한다. 따라서 기체의 내부 에너지는 감소하고, 온도가 낮아진다.

채점 기준	배점
온도 변화와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
온도가 낮아진다고 썼으나 그 까닭이 타당하지 않은 경우	50%

(2) 모범답안 플라스크 내부가 뿌옇게 흐려지는 까닭은 수증기가 물방울로 응결하기 때문이다. 따라서 ㉑에서 일어나는 물질의 상태 변화의 명칭은 액화이다.

채점 기준	배점
명칭과 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
명칭은 옳게 제시하였으나 그 까닭이 타당하지 않은 경우	50%

167 서술형 물질의 상태 변화

(1) 모범답안 추가 진동하는 동안 추의 역학적 에너지가 기체와 추의 충돌 과정에서 열에너지로 전환되었기 때문에 추가 정지한다.

채점 기준	배점
추의 역학적 에너지가 기체의 열에너지로 전환되었다고 서술한 경우	100%

해설

열역학 제1법칙은 에너지의 총량은 보존된다는 법칙이다. 추가 진동하면서 추의 역학적 에너지가 기체와 추의 충돌 과정에서 발생하는 열에너지로 전환되어 실에 매달린 추가 정지한 것이다.

(2) 모범답안 기체의 열에너지가 추의 역학적 에너지로 전환되는 과정은 무질서도(엔트로피)가 감소하는 과정이므로 저절로 일어나지 않는다.

채점 기준	배점
추가 저절로 다시 진동하지 못하는 까닭을 열역학 제2법칙으로 옳게 서술한 경우	100%
자연 현상은 열역학 제2법칙에서 무질서도(엔트로피)가 증가하는 방향으로 진행된다는 것만 서술한 경우	50%

해설

열역학 제2법칙은 자연 현상에서 일어나는 변화의 비가역적인 방향성을 설명하는 법칙이다. 자연 현상에서 일어나는 변화는 무질서도(엔트로피)가 증가하는 방향으로 일어난다.

168 열기관과 열효율

답 ②

알짜풀이

ㄴ. 열기관의 열효율은 흡수한 열량에 대한 일의 비율이다. 따라서 열기관 의 열효율은 $\frac{W}{Q_1}$ 이다.

오답넘기

- ㄱ. $W=Q_1-Q_2$ 이다.
ㄷ. $Q_2=0$ 인 열기관은 열역학 제2법칙에 위배되므로 만들 수 없다.

169 열기관과 열효율

답 ①

알짜풀이

ㄱ. 열기관이 1번 순환하는 동안 흡수하는 열량이 방출하는 열량보다 크 다. 따라서 A → B 과정에서 기체는 열을 흡수한다.

오답넘기

- ㄴ. B → C 과정에서 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다. Q=0, W>0이므로 내부 에너지 변화량은 ΔU=Q-W<0이다. 따라서 B → C 과정에서 기체의 내부 에너지는 감소한다.
ㄷ. 1번 순환하는 동안 외부에 한 일이 120-90=30(J)이므로 열기관의 열효율은 e=30/120=1/4=0.25이다.

170 영구 기관

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 구슬이 떨어지면서 영원히 원통을 회전시키는 장치이므로, 외부에서 에너지를 공급하지 않고도 계속 일을 할 수 있는 장치이다.
ㄷ. 제시된 영구 기관은 열역학 제1법칙(에너지 보존 법칙)에 위배된다.

오답넘기

ㄴ. 제시된 영구 기관은 열역학 제1법칙에 위배되므로 제작할 수 없다.

STEP 3 단원 종합 문제로 만점 도전하기 036~039쪽
171 ④ 172 ① 173 ③ 174 ⑤ 175 ⑤ 176 ②
177 ④ 178 ② 179 ⑤ 180 ⑤ 181 ① 182 ③
서술형 문제 183~187 해설 참조

171 역학적 에너지 보존

답 ④

알짜풀이

④ 물체의 질량은 B가 A의 2배이고, A와 B가 용수철에서 분리되는 과정 에서 운동량은 보존되므로 용수철에서 분리된 순간의 속력은 A가 B의 2배이다. 즉, A의 속력을 2v라고 하면 B의 속력은 v이다. 용수철에서 분리된 A, B가 각각 P, Q를 압축시키는 과정에서 물체와 용수철로 이

루어진 계에서 역학적 에너지는 보존되므로 1/2 kx_p^2 = 1/2 m(2v)^2에서 x_p = sqrt(4mv^2/k)이고, 1/2 (2k)x_q^2 = 1/2 (2m)v^2에서 x_q = sqrt(mv^2/k)이다. 따 라서 x_p/x_q = 2이다.

172 역학적 에너지 보존

답 ①

알짜풀이

ㄱ. A는 위로 올라가면서 속력이 증가하므로 중력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지가 모두 증가한다. 따라서 A가 p에서 q까지 운동하는 동안 A의 역학적 에너지는 증가한다.

오답넘기

- ㄴ. 위로 올라간 거리는 A와 B가 같고, 질량은 A가 B보다 작으므로 중 력에 의한 위치 에너지 증가량은 A가 B보다 작다.
ㄷ. 위로 올라간 거리는 A와 B가 같으므로 크기가 F인 힘이 한 일은 A 에서와 B에서가 같다.

173 역학적 에너지 보존

답 ③

알짜풀이

ㄷ. 물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g라고 하면 수평면에서 물체의 운동 에너지는 1/2 m(2v)^2 = 2mv^2이고, 높이 h인 P에서 역학적 에너지는 mgh + 1/2 mv^2이다. 수평면과 빗면에서 물체의 역학적 에너지는 보존 되므로 이를 정리하면 2mv^2 = mgh + 1/2 mv^2에서 v^2 = 2/3 gh이다. Q의 높이를 H라고 하면 mgH = 2mv^2 = 4/3 mgh이므로 H = 4/3 h이다.

오답넘기

- ㄱ. 물체가 빗면에서 운동하는 동안에는 속력이 감소한다. 따라서 P에서 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 운동 방향과 반대이다.
ㄴ. 공기 저항과 마찰을 무시하므로 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

174 역학적 에너지 보존

답 ⑤

알짜풀이

ㄱ. 물체의 질량을 m이라고 하면 수평면에서 물체의 운동 에너지는 1/2 m(3v)^2 = 9/2 mv^2이다. 또한 p에서 운동 에너지를 E_0이라고 하면 중력에 의한 위치 에너지는 2E_0이다. 물체의 역학적 에너지는 보존되 므로 9/2 mv^2 = 3E_0에서 E_0 = 3/2 mv^2이다. 운동 에너지는 p에서 수평 면에서의 1/3배이므로 p에서 속력은 sqrt(3)v이다.

ㄷ. q에서 운동 에너지는 4/3 E_0이고, 중력에 의한 위치 에너지는 5/3 E_0이다. 따라서 q에서 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 5/4배이다.

오답넘기

- ㄴ. 수평면에서 역학적 에너지는 3E_0이고, p에서 역학적 에너지는 mgh_1 + E_0이며, q에서 역학적 에너지는 mgh_2 + 1/2 m(2v)^2 = mgh_2 + 4/3 E_0이다. 이를 정리하면 mgh_1 = 2E_0 이고 mgh_2 = 5/3 E_0이므로 h_1 = 6/5 h_2이다.



175 역학적 에너지 보존

답 ⑤

알짜풀이

ㄱ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 등가속도 운동을 하므로 A의 가속도의 크기를 a라고 하면 $mg=(3m+m)a$ 에서 $a=\frac{1}{4}g$ 이다.

A를 p에 가만히 놓은 순간부터 A가 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라고 하면 $\frac{1}{2}(\frac{1}{4}g)t^2=L$ 에서 $t=\sqrt{\frac{8L}{g}}$ 이다.

ㄷ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 A와 B의 운동 에너지 증가량의 합과 같다. A가 q를 지날 때, A와 B의 속력을 v라고 하면 $mgL=\frac{1}{2}(3m+m)v^2$ 에서 $v=\sqrt{\frac{gL}{2}}$ 이다.

오답별기

ㄴ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 A와 B의 역학적 에너지의 합은 일정하다. A는 수평면에서 운동하므로 A의 중력에 의한 위치 에너지는 변하지 않고, A에 작용하는 알짜힘은 실이 A를 당기는 힘이므로 A의 속력은 증가한다. 따라서 A의 운동 에너지는 증가하므로 A의 역학적 에너지는 증가한다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 A의 역학적 에너지는 증가하므로 B의 역학적 에너지는 감소한다.

176 역학적 에너지 보존

답 ㉔

알짜풀이

ㄴ. 물체에 작용하는 중력의 크기는 일정하고 연직 방향으로 내려간 거리는 P에서 Q에서보다 작다. 따라서 중력이 물체에 한 일은 P에서 Q에서보다 작다.

오답별기

ㄱ. 물체가 경사면을 따라 등가속도 운동을 하는 동안 물체의 역학적 에너지는 일정하다. 따라서 각 구간에서 물체의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 같다.

ㄷ. P, Q에서 물체의 역학적 에너지는 일정하고, 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 P에서 Q에서보다 작다. 따라서 운동 에너지 증가량은 P에서 Q에서보다 작다.

177 역학적 에너지와 열

답 ④

알짜풀이

ㄱ. 추가 낙하하는 동안 추의 속력이 일정하므로 추의 역학적 에너지 감소량은 중력에 의한 위치 에너지 감소량과 같다.

ㄷ. 추가 낙하하는 동안 중력에 의한 위치 에너지가 감소량은 $mgh=4.2 \times 10 \times 1.2=50.4(\text{J})$ 이므로 액체가 흡수한 열량은 $\frac{50.4}{4.2}=12(\text{cal})$ 이다.

오답별기

ㄴ. 추가 낙하하는 동안 액체의 온도가 올라가므로 액체 입자의 운동 에너지는 증가한다.

178 내부 에너지

답 ㉔

알짜풀이

ㄴ. B → C 과정에서 부피가 감소하므로 $W < 0$ 이고 온도가 낮아지므로 $\Delta U < 0$ 이다. 따라서 $Q = W + \Delta U < 0$ 이므로 외부에 열을 방출한다.

오답별기

ㄱ. A → B 과정에서 부피가 일정하므로 $W = P\Delta V = 0$ 이다. 따라서 외부에 일을 하지 않는다.

ㄷ. C → A 과정에서 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하다.

179 기상 현상

답 ⑤

알짜풀이

ㄱ. 낮에는 육지가 가열되므로 육지에서 상승 기류가 생겨 해풍이 불고, 밤에는 육지가 냉각되므로 육지에서 하강 기류가 생겨 육풍이 분다. 이와 같이 해풍과 육풍은 대류로 설명할 수 있다.

ㄴ. 낮에는 육지가 바다보다 잘 가열되므로 육지에서 상승 기류가 발생한다. ㄷ. 밤에는 육지에서 하강 기류가 발생하므로 육지에서 바다로 향하는 육풍이 분다.

180 열역학 법칙

답 ⑤

알짜풀이

ㄱ. A는 얼음이 물로 상태 변화하는 구간이므로 A 구간에는 얼음과 물이 섞여 있다.

ㄴ. B 구간에서 물의 온도가 올라가므로 물의 내부 에너지가 증가한다.

ㄷ. 기화할 때 흡수하는 열량 108 kcal가 용해할 때 흡수하는 열량 16 kcal보다 크다. 따라서 물의 기화열은 얼음의 용해열보다 크다.

181 열역학 법칙

답 ①

알짜풀이

ㄱ. P에서 Q까지 그래프의 경로가 같다. 따라서 P에서 Q까지 외부로부터 흡수한 열량은 A와 B가 같다.

오답별기

ㄴ. 그래프 내부의 넓이만큼 외부에 일을 하므로 외부에 한 일은 B가 A의 2배이다. 흡수한 열량에서 외부에 한 일을 뺀 만큼 외부로 열을 방출하므로 Q에서 P까지 외부에 방출한 열량은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 흡수한 열량은 같고 외부에 한 일은 B가 A의 2배이다. 따라서 열효율은 B가 A의 2배이다.

182 열기관과 열효율

답 ③

알짜풀이

ㄱ. 열기관에서 에너지는 보존되므로 $Q_H = W + Q_L$ 이다.

A에서 $\text{㉑} = 2Q + 4Q$ 이므로 $\text{㉑} = 6Q$ 이고, B에서 $5Q = Q + \text{㉒}$ 이므로 $\text{㉒} = 4Q$ 이다.

ㄴ. A의 열효율은 $\frac{2Q}{6Q} = \frac{1}{3}$ 이고, B의 열효율은 $\frac{Q}{5Q} = \frac{1}{5}$ 이다. 따라서 열효율은 A가 B의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

오답별기

ㄷ. 열기관은 열에너지를 일로 전환한다.

183 중력에 의한 위치 에너지

☑ 모범답안 물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g 라고 하면, 높이가 $4h$ 인 지점에서 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 $4mgh$ 이다. 이 지점에서 물체를 가만히 놓았으므로 물체의 역학적 에너지는 $4mgh$ 이다. p의 높이는 $3h$ 이므로 $E_p = 3mgh$ 이다. q에서 중력에 의한 위치 에너지는 $2mgh$ 이므로 $4mgh = K_q + 2mgh$ 에서 $K_q = 2mgh$ 이다. 따라서 $\frac{E_p}{K_q} = \frac{3}{2}$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 $\frac{E_p}{K_q}$ 를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정은 미흡하였으나 $\frac{E_p}{K_q}$ 를 옳게 구한 경우	50%

184 역학적 에너지 보존 법칙

(1) ☑ 모범답안 용수철 상수를 k , 중력 가속도를 g 라고 하면 $kd = (m + 2m)g$ 에서 $k = \frac{3mg}{d}$ 이고, p를 끊었을 때 평형 지점의 위치에서 용수철이 원래 길이로부터 늘어난 길이를 d' 라고 하면 $kd' = mg$ 에서 $d' = \frac{mg}{k} = \frac{1}{3}d$ 이다. 따라서 A가 올라간 높이는 $d - \frac{1}{3}d = \frac{2}{3}d$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 A가 올라간 높이를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정은 미흡하였으나 A가 올라간 높이를 옳게 구한 경우	50%

해설
용수철에 A, B에 매달았을 때 용수철이 d 만큼 늘어난 상태로 정지해 있으므로 용수철 상수를 k , 중력 가속도를 g 라고 하면 $kd = (m + 2m)g$ 에서 $k = \frac{3mg}{d}$... ①이다.
p를 끊었을 때 용수철에는 A만 매달려 있다. 이때 평형 지점의 위치에서 용수철이 원래 길이로부터 늘어난 길이를 d' 라고 하면, $kd' = mg$ 에서 $d' = \frac{mg}{k} = \frac{1}{3}d$... ②이다. 즉, p를 끊은 순간부터 A의 속력이 v 가 되는 지점까지 A가 올라간 높이는 $d - \frac{1}{3}d = \frac{2}{3}d$ 이다.

(2) ☑ 모범답안 $\frac{1}{2}kd^2 - \frac{1}{2}kd'^2 = mg\left(\frac{2}{3}d\right) + \frac{1}{2}mv^2$ 에 $k = \frac{3mg}{d}$, $d' = \frac{1}{3}d$ 를 대입해 정리하면 $\frac{2}{3}mgd = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 따라서 $v = \sqrt{\frac{4}{3}gd}$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 v 를 옳게 구한 경우	100%
풀이 과정은 미흡하였으나 v 를 옳게 구한 경우	50%

해설
A가 위로 올라가는 동안 A와 용수철로 이루어진 계의 역학적 에너지는 보존되므로 '탄성력에 의한 위치 에너지 감소량 = A의 중력에 의한 위치 에너지 증가량 + A의 운동 에너지 증가량'이다.
 $\frac{1}{2}kd^2 - \frac{1}{2}kd'^2 = mg\left(\frac{2}{3}d\right) + \frac{1}{2}mv^2$ 에 ①, ②를 대입하여 정리하면

$\frac{2}{3}mgd = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 따라서 $v = \sqrt{\frac{4}{3}gd}$ 이다.

185 내부 에너지

(1) ☑ 모범답안 핀을 제거하면 B의 부피가 감소하는 방향으로 칸막이가 이동한다. 따라서 핀을 제거하기 전 압력은 A가 B보다 높다.

채점 기준	배점
압력을 옳게 비교하고 까닭이 타당한 경우	100%
압력을 옳게 비교하였으나 까닭이 타당하지 않은 경우	50%

(2) ☑ 모범답안 $Q = W + \Delta U$ 에서 $Q = 0$, $W < 0$ 이다. 따라서 $\Delta U = -W > 0$ 이므로 내부 에너지가 증가하고, 온도도 상승한다.

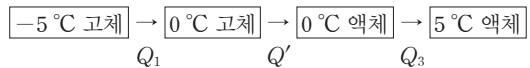
채점 기준	배점
풀이 과정과 함께 온도 변화를 옳게 서술한 경우	100%
온도가 상승한다고 썼으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

186 물질의 상태 변화

(1) ☑ 모범답안 $Q_3 > Q_1$ 이므로 같은 온도만큼 변화시키기 위해서는 액체일 때가 고체일 때보다 많은 열량을 공급해야 한다. 따라서 비열은 액체일 때가 고체일 때보다 크다.

채점 기준	배점
비열을 옳게 비교하고 까닭이 타당한 경우	100%
비열을 옳게 비교하였으나 까닭이 타당하지 않은 경우	50%

(2) ☑ 모범답안 상태 변화가 일어나는 동안 공급한 열량을 Q' 라고 하면, -5°C 고체에서 5°C 액체로 변하는 동안 공급한 열량은 다음과 같다.



$Q_2 = Q_1 + Q' + Q_3$ 이므로 $Q' = Q_2 - (Q_1 + Q_3)$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답은 옳으나 풀이 과정이 타당하지 않은 경우	50%

187 열기관과 열효율

(1) ☑ 모범답안 한 번 순환하는 동안 외부에 하는 일이 $5Q - 3Q = 2Q$ 이므로 열기관이 100번 순환하는 동안 외부에 하는 일은 $200Q$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답은 옳으나 풀이 과정이 타당하지 않은 경우	50%

(2) ☑ 모범답안 이 열기관의 열효율은 $e = \frac{2Q}{5Q} = 0.4 = 40(\%)$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답은 옳으나 풀이 과정이 타당하지 않은 경우	50%

II 전기와 자기

(1) 전기

05 전기장과 전위차

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 **043쪽**

188 O	189 X	190 X	191 O	192 X	193 O
194 X	195 O	196 X	197 O	198 O	199 X
200 X	201 O	202 O	203 O	204 X	205 X

- 188 알짜풀이** 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로, 전하량이 같고 두 전하 사이의 거리가 같은 (가)와 (나)에서 같다.
- 189 오답넘기** 같은 종류의 전하 사이에는 서로 밀어내는 방향으로 전기력이 작용한다. 따라서 (나)에서 전기력의 방향은 (가)에서와 같다.
- 190 오답넘기** 전기력의 크기는 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 (다)에서 전기력의 크기는 $\frac{1}{4}F$ 이다.
- 191 알짜풀이** 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하므로 (라)에서 전기력의 크기는 $2F$ 이다.
- 192 오답넘기** 서로 다른 종류의 전하 사이에는 서로 당기는 방향으로 전기력이 작용한다. 따라서 a에 양(+)전하를 놓으면 이 전하에는 $-y$ 방향으로 전기력이 작용한다.
- 194 오답넘기** 음(-)전하 주위에서는 음(-)전하로 들어가는 방향으로 전기장이 형성된다. 따라서 b와 c에서 전기장의 방향은 $-x$ 방향으로 같다.
- 195 알짜풀이** 전하를 b에 놓을 때가 c에 놓을 때보다 전기력의 크기가 크다. 따라서 전기장의 세기는 b에서가 c에서보다 크다.
- 196 오답넘기** x 축상의 $x > 0$ 인 영역에서 전기장의 방향이 $-x$ 방향이다. 전위가 가장 빠르게 감소하는 방향이 전기장의 방향이므로 전위는 c에서가 b에서보다 크다.
- 199 오답넘기** 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 mgh 이다.
- 200 오답넘기** 균일한 중력장이므로 물체에 작용하는 중력의 크기는 어디에서나 같다.
- 201 알짜풀이** 세기가 E 인 균일한 전기장 내에서 전하량이 q 인 입자에 작용하는 전기력의 크기는 $F=qE$ 이다.
- 204 오답넘기** 물체의 전위는 $V = \frac{qEd}{q} = Ed$ 이다.
- 205 오답넘기** 전기장의 방향이 아래쪽이다. 따라서 균일한 전기장 안에서 (+)극판에 가까울수록 전위가 크다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 **044~046쪽**

206 ⑤	207 ④	208 ④	209 ①	210 해설 참조	211 ③
212 ②	213 ⑤	214 해설 참조	215 ③	216 ①	217 ②
218 해설 참조					

206 전기력의 크기

답 ⑤

알짜풀이

⑤ D에 작용하는 전기력의 크기를 F' 라고 하면 $F : F' = \frac{2q^2}{r^2} : \frac{6q^2}{(2r)^2}$ 에서 $F' = \frac{3}{4}F$ 이다.

207 전기력의 크기와 방향

답 ④

알짜풀이

ㄱ. A, B를 접촉했다가 떨어뜨리면, A, B의 전하량이 $\frac{q-3q}{2} = -q$ 로 같아진다. 따라서 ㉠ = $k\frac{3q^2}{d^2}$, $F = k\frac{q^2}{d^2}$ 이므로 ㉠은 $3F$ 이다.

ㄴ. (나)에서 A, B는 같은 종류의 전하로 대전되므로 A, B 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 ㉡은 척력이다.

오답넘기

ㄷ. 떨어진 거리를 2배로 증가시키면 전기력의 크기는 $\frac{1}{4}$ 배로 감소한다.

208 전기력 그래프

답 ④

알짜풀이

④ $F = k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 에서 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 이 성립하며, (나)에서 그래프가 원점을 지나는 직선이므로 $F \propto x$ 가 성립한다. 따라서 x 로 타당한 것은 $\frac{1}{r^2}$ 이다.

209 전기력의 크기와 방향

답 ①

알짜풀이

ㄱ. A에 작용하는 전기력의 크기는 $k\frac{q^2}{d^2}$ 이고, C에 작용하는 전기력의 크기는 $k\frac{4q^2}{(2d)^2}$ 이다. 따라서 A와 C에 작용하는 전기력의 크기는 같다.

오답넘기

ㄴ. A와 B 사이에는 척력이, C와 D 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 B와 C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향으로 같다.

ㄷ. 전기장의 방향은 양(+)전하에서 음(-)전하로 향하는 방향이므로, x 축상의 C와 D 사이의 모든 지점에서 $-x$ 방향이다. 따라서 x 축상의 C와 D 사이에 전기장이 0인 지점은 존재하지 않는다.

210 서술형 전기력의 크기

▽ 모범답안 A가 B에 작용하는 전기력과 B가 A에 작용하는 전기력은 작용 반작용 관계이다. 따라서 두 힘의 크기가 같다.

채점 기준	배점
대소를 옳게 비교하고, 설명이 타당한 경우	100%
대소를 옳게 비교하였으나 설명이 적절치 않은 경우	50%

211 전기장의 세기와 방향

답 ③

알짜풀이

ㄱ. x 축상의 $x=5d$ 에서 전기장이 0이므로 A와 B는 서로 다른 종류의 전



06 소비 전력과 축전기

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 048~049쪽					
219 ○	220 ○	221 X	222 X	223 ○	224 X
225 ○	226 ○	227 X	228 X	229 ○	230 X
231 ○	232 ○	233 ○	234 X	235 ○	236 ○
237 X	238 X	239 ○	240 X	241 ○	242 X
243 ○	244 X	245 ○	246 ○		

- 221 **오답내기** 전하량은 전류와 시간을 곱한 값과 같다. 따라서 p를 시간 t 동안 통과하는 전하량은 $\frac{V}{R} \times t = \frac{Vt}{R}$ 이다.
- 222 **오답내기** 도선에서는 음(-)전하인 전자가 이동하면서 전류가 흐른다.
- 224 **오답내기** A와 B가 직렬로 연결되어 있으므로 A, B에 흐르는 전류의 세기가 같다.
- 225 **알짜풀이** A, B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 A, B에 걸린 전압은 저항의 크기에 비례한다.
- 227 **오답내기** 합성 저항이 3R이므로 회로의 모든 지점에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{V}{3R}$ 이다.
- 228 **오답내기** A, B에 흐르는 전류는 같은데, 걸린 전압은 B에서가 A에서의 2배이다. 따라서 소비 전력은 B에서가 A에서의 2배이다.
- 230 **오답내기** A와 B가 병렬로 연결되어 있다. 따라서 A, B에 걸린 전압은 같다.
- 232 **알짜풀이** A, B의 합성 저항을 $R_{\text{합성}}$ 이라고 하면 $\frac{1}{R_{\text{합성}}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{6R} = \frac{1}{2R}$ 에서 $R_{\text{합성}} = 2R$ 이다.
- 233 **알짜풀이** A, B에 걸린 전압은 같으므로 소비 전력은 저항에 반비례한다. 따라서 소비 전력은 A가 B의 2배이다.
- 234 **오답내기** 하나의 멀티탭에 연결하여 사용하는 전기 기구들은 서로 병렬로 연결된다.
- 237 **오답내기** 최대 허용되는 전류가 10 A이므로 220 V 전원에서 최대 허용되는 소비 전력은 $P_{\text{최대}} = 220 \times 10 = 2200(\text{W})$ 이다.
- 238 **오답내기** (가) → (나) → (다)는 축전기를 전원 장치에 연결하여 금속 판에 전하를 모으는 과정이므로 충전 과정이다.
- 239 **알짜풀이** (나)는 축전기에 약간의 전하가 모인 순간이고, (다)는 축전기에 전하가 꽉 찬 모습이므로 축전기에 저장된 전기 에너지는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.
- 240 **오답내기** (가)는 스위치를 닫기 전이므로 축전기에 전압이 걸리지 않은 상태이다.
- 242 **오답내기** 두 극판 사이의 거리가 가까울수록 더 많은 전하를 충전할 수 있다. 따라서 I에서 축전기에 충전된 전하량이 증가한다.
- 243 **알짜풀이** I에서 위쪽 극판에 양(+)전하가 더 충전되므로 p → q → r 방향으로 전류가 흐른다.
- 244 **오답내기** II와 같이 두 극판 사이의 간격이 멀어지면 충전된 전하량이 감소한다.
- 245 **알짜풀이** II에서 전류가 r → q → p 방향으로 흐르므로, 전자는 p → q → r 방향으로 이동한다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 050~054쪽					
247 ②	248 해설 참조	249 ①	250 ②	251 ②	252 ②
253 ④	254 ③	255 ①	256 ④	257 ④	258 ③
259 ①	260 해설 참조	261 ③	262 해설 참조	263 ②	264 ⑤
265 해설 참조	266 ⑤	267 ②	268 해설 참조		

247 전류, 전압, 저항의 관계 답 ②

알짜풀이

ㄴ. 저항에 흐르는 전류의 세기는 $I = \frac{V}{R} = \frac{10}{5} = 2(\text{A})$ 이다.

오답내기

ㄱ. 전류계는 직렬로, 전압계는 병렬로 연결한다. 따라서 ㉠은 전압계이고, ㉡은 전류계이다.

ㄷ. 1분 동안 저항을 통과하는 전하량은 $Q = It = 2 \times 60 = 120(\text{C})$ 이다.

248 서술형 전류-전압 그래프의 해석

✓ **모범답안** 20 Ω, 전류-전압 그래프의 기울기가 $\frac{\text{전류}}{\text{전압}}$ 이므로 전기 저항은 전류-전압 그래프 기울기의 역수와 같다. 따라서 이 물체의 전기 저항은 $\frac{8}{0.4} = 20(\Omega)$ 이다.

채점 기준	배점
전기 저항을 옳게 쓰고, 그래프를 이용하여 전기 저항을 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
전기 저항만 옳게 쓴 경우	50 %

249 저항의 소비 전력 답 ①

알짜풀이

ㄴ. 소비 전력은 전압과 전류를 곱한 값과 같다. 따라서 저항의 소비 전력은 $P = VI = 6 \times 2 = 12(\text{W})$ 이다.

오답내기

ㄱ. $R = \frac{V}{I} = \frac{6}{2} = 3(\Omega)$ 이다.

ㄷ. 전류는 전지의 (+)극에서 전지의 (-)극 방향으로 흐르므로 전류의 방향은 p → 저항 → q 방향이다. 그런데 전류의 방향은 전자가 이동하는 방향과 반대 방향이므로, 전자는 q → 저항 → p 방향으로 이동한다.

250 전기 기기의 소비 전력과 전류 답 ②

알짜풀이

$P = VI$, $132 = 220 \times I$ 에서 텔레비전에 흐르는 전류의 세기는 $I = 0.6 \text{ A}$ 이다.

251 저항의 직렬 연결 답 ②

알짜풀이

ㄴ. A를 통과하는 전하량이 모두 B를 통과하도록 연결되어 있다. 따라서 A와 B는 직렬로 연결되어 있다.

오답넘기

- ㄱ. ㉠은 B에 병렬로 연결되어 있으므로, ㉠은 B에 걸리는 전압을 측정하는 기구이다. 따라서 ㉠은 전압계이다.
- ㄴ. A, B가 직렬로 연결되어 있으므로 전압의 비는 저항의 비와 같다. 따라서 스위치를 닫을 때 걸리는 전압은 B가 A의 2배이다.

252 저항의 연결과 소비 전력 답 ㉡

알짜풀이

- ㉡ (나), (다)는 두 전구가 각각 병렬, 직렬로 연결되어 있으므로 전구 1개의 전기 저항을 R 라고 하면 (나), (다)에서 회로의 합성 저항은 각각 $\frac{1}{2}R$, $2R$ 이다. (가)~(다)에서 회로에 걸린 전압은 같고, 회로에 흐르는 전류의 비가 2 : 4 : 1이므로 소비 전력의 비도 2 : 4 : 1이다. 따라서 소비 전력은 (나) > (가) > (다)이다.

253 저항에 흐르는 전류와 전압 답 ㉣

알짜풀이

- ㄴ. P, Q에 각각 10 V의 전압이 걸리면 흐르는 전류의 세기가 각각 2.0 A, 0.5 A이다. 따라서 P와 Q를 병렬로 연결하여 10 V의 전압을 걸면 회로에 흐르는 전류의 세기는 $2.0 + 0.5 = 2.5(A)$ 이다.
- ㄷ. P, Q에 각각 0.5 A의 전류가 흐를 때 걸리는 전압이 각각 2.5 V, 10 V이다. 따라서 P와 Q를 직렬로 연결하여 0.5 A의 전류가 흐르도록 하려면 $2.5 + 10 = 12.5(V)$ 의 전압을 걸어야 한다.

오답넘기

- ㄱ. P의 전기 저항은 $R_P = \frac{10}{2} = 5(\Omega)$ 이다.

254 저항의 연결과 소비 전력 답 ㉢

알짜풀이

- ㄱ. A, B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 A, B에 걸린 전압의 비는 저항의 비와 같다. 따라서 A, B에 걸린 전압은 각각 4 V, 6 V이다.
- ㄴ. A, B의 합성 저항이 $R_{합성} = 2 + 3 = 5(\Omega)$ 이므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 $I = \frac{10}{5} = 2(A)$ 이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 세기도 2 A이다.

오답넘기

- ㄷ. A, B에 흐르는 전류의 세기는 같고, 걸린 전압은 B가 A의 $\frac{3}{2}$ 배이다. 따라서 $P = VI$ 에서 소비 전력은 B가 A의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

255 저항의 연결과 옴의 법칙 답 ㉠

알짜풀이

- ㄱ. A, B가 전원에 병렬로 연결되어 있다. 따라서 A, B에 걸린 전압은 8 V로 같다.

오답넘기

- ㄴ. A와 B가 병렬로 연결되어 있으므로 A와 B의 합성 저항은 A의 저항보다 작다. 따라서 A와 B의 합성 저항은 60 Ω 보다 작다.
- ㄷ. A와 B의 합성 저항을 $R_{합성}$ 이라고 하면 $\frac{1}{R_{합성}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{1}{40}$ 에서 $R_{합성} = 40 \Omega$ 이다. 따라서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $I = \frac{8}{40} = 0.2(A)$ 이다.

256 저항의 직렬연결과 소비 전력 답 ㉣

알짜풀이

- ㄱ. 가변 저항기와 전열기가 직렬로 연결되어 있으므로 흐르는 전류의 세기가 같다. 따라서 $R = 1 \Omega$ 일 때 전열기에 흐르는 전류의 세기는 4 A이다.
- ㄴ. $R = 1 \Omega$ 일 때 가변 저항기와 전열기의 합성 저항이 $R_{합성} = \frac{12}{4} = 3(\Omega)$ 이므로 전열기의 전기 저항은 2 Ω 이다. 따라서 $R = 2 \Omega$ 일 때 가변 저항기와 전열기에 걸린 전압은 6 V로 같다.

오답넘기

- ㄷ. $R = 4 \Omega$ 이면 합성 저항이 6 Ω 이므로 전열기에 흐르는 전류의 세기가 $R = 1 \Omega$ 일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 소비 전력은 $R = 1 \Omega$ 일 때의 $\frac{1}{4}$ 배인 $\frac{1}{4}P$ 이다.

257 저항의 연결과 합성 저항 답 ㉣

알짜풀이

- S_1 만 닫았을 때: B에 걸린 전압이 8 V이므로 A에 걸린 전압은 4 V이다. 따라서 전원 전압은 12 V이다.
- S_1, S_2 모두 닫았을 때: B에 걸린 전압이 6 V이므로 A에 걸린 전압도 6 V이다. 따라서 B, C의 합성 저항은 A의 전기 저항과 같은 R 이므로 C의 전기 저항은 $2R$ 이다.

258 저항의 연결과 소비 전력 답 ㉢

알짜풀이

- ㄱ. B와 C의 합성 저항을 R_{BC} 라고 하면 $\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$ 에서 $R_{BC} = 2 \Omega$ 이다.
- ㄴ. 전체 합성 저항이 $1 + R_{BC} = 3(\Omega)$ 이므로 전류계의 측정값은 $I = \frac{9}{3} = 3(A)$ 이다.

오답넘기

- ㄷ. A의 저항이 1 Ω 이므로 B와 C의 합성 저항이 2 Ω 이면 A와 C에 걸린 전압의 비가 1 : 2이다. 따라서 소비 전력의 비는 $A : C = \frac{3^2}{1} : \frac{6^2}{6} = 3 : 2$ 이므로 소비 전력은 A가 C의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

259 저항의 연결과 옴의 법칙 답 ㉠

알짜풀이

- ㉠ A와 B의 합성 저항이 $2 + 4 = 6(\Omega)$ 이므로 전체 합성 저항을 $R_{합성}$ 이라고 하면 $\frac{1}{R_{합성}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$ 에서 $R_{합성} = 3 \Omega$ 이다. 따라서 전류계의 측정값은 $I = \frac{6}{3} = 2(A)$ 이다.

260 서술형 저항의 연결과 소비 전력

- ✓ 모범답안 직렬연결, A, B에 흐르는 전류의 세기가 같고 걸린 전압의 비가 1 : 4이다. 따라서 $P_A : P_B = 1 : 4$ 이다.

채점 기준	배점
직렬연결을 쓰고, 소비 전력을 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
직렬연결만 옳게 쓴 경우	50 %

261 저항의 연결과 옴의 법칙 답 ③

알짜풀이

- ㄱ. B와 가변 저항은 병렬로 연결되어 있다. 따라서 B와 가변 저항에 걸리는 전압은 같다.
- ㄴ. 가변 저항을 증가시키면 전체 합성 저항이 증가하므로 회로에 흐르는 전류가 감소한다. 따라서 A는 어두워진다.

오답نب기

- ㄷ. 가변 저항이 0이면 가변 저항에 걸리는 전압이 0이므로 B에 걸리는 전압도 0이다. 따라서 A는 가장 밝고 B는 불이 켜지지 않는다.

262 서술형 저항의 연결과 소비 전력

- (1) ☑ **모범답안** S를 A에 연결하였을 때 소비 전력이 Y가 X의 2배이므로, Y의 합성 저항이 X의 2배이다. 따라서 $\frac{R_1}{R_2} = 1$ 이다.

채점 기준	배점
소비 전력을 이용하여 합성 저항을 구하는 과정을 서술하고, $\frac{R_1}{R_2}$ 을 옳게 구한 경우	100 %
$\frac{R_1}{R_2}$ 만 옳게 쓴 경우	50 %

- (2) ☑ **모범답안** $R_1 = R_2 = R$ 라고 하면 S를 A, B에 연결하였을 때의 회로 전체 합성 저항은 각각 $3R, \frac{3}{2}R$ 이다. 따라서 X에 흐르는 전류의 세기는 S를 B에 연결하였을 때가 A에 연결하였을 때의 2배이고, X의 소비 전력은 $4P_0$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

263 가정에서 전기 기구의 사용과 소비 전력 답 ②

알짜풀이

- ㄷ. A, B, C 전체 소비 전력이 $150 + 1200 + 410 = 1760(W)$ 이므로, $1760 = 220 \times I$ 에서 자동 전원 차단기에 흐르는 전류의 세기는 $I = 8A$ 이다.

오답نب기

- ㄱ. 가정에서 사용하는 전기 기구들은 서로 병렬로 연결되어 있다.
- ㄴ. A의 소비 전력이 150 W이므로 A는 1초에 150 J의 전기 에너지를 사용한다. 따라서 A가 1시간 동안 사용하는 전기 에너지는 150 J의 3600배이다.

264 가정에서 전기 기구의 사용과 소비 전력 답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. A, B에 흐르는 전류의 세기가 각각 $I_A = \frac{22}{220} = 0.1(A)$, $I_B = \frac{44}{220} = 0.2(A)$ 이다. 따라서 C에 흐르는 전류의 세기는 $I_C = I_A + I_B = 0.3 A$ 이다.
- ㄷ. 노트북에 흐르는 전류의 세기가 0.2 A이므로 노트북의 전기 저항은 $\frac{220}{0.2} = 1100(\Omega)$ 이다.

오답نب기

- ㄴ. A, B에 걸린 전압은 같고, 소비 전력은 B가 A의 2배이다. 따라서 전선에 흐르는 전류의 세기는 B에서 A에서의 2배이다.

265 서술형 가정에서 전기 기구의 사용과 소비 전력

- (1) ☑ **모범답안** 최대 허용 전류가 10 A이므로 최대 허용 전력은 $P_{\text{최대}} = VI_{\text{최대}} = 220 \times 10 = 2200(W)$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

- (2) ☑ **모범답안** A, B, C, D를 동시에 사용하면 소비 전력이 2200 W를 초과하므로, 이 멀티탭에 A, B, C, D를 연결하여 동시에 사용하면 안 된다.

채점 기준	배점
정답과 까닭이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

266 축전기의 충전 답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 전압을 걸어 전하를 모으는 A는 충전기이다.
- ㄴ. 충전기에 전하를 모으는 과정을 충전이라고 한다. 따라서 (가) → (나) 과정은 충전 과정이다.
- ㄷ. (나)에서 전류가 흐르지 않으므로 축전기가 완전히 충전되었다. 따라서 A에 걸린 전압은 전원 전압과 같은 V 이다.

267 축전기의 변화와 충전 답 ②

알짜풀이

- ㄷ. 축전기의 금속판의 넓이가 넓을수록 더 큰 전기 에너지를 저장할 수 있다. 따라서 저장된 전기 에너지는 (나)에서 (가)에서보다 크다.

오답نب기

- ㄱ. 충전기에는 전기력에 의한 위치 에너지의 형태로 전기 에너지가 저장된다.
- ㄴ. 금속판의 넓이가 넓을수록 더 많은 전하를 저장할 수 있다. 따라서 충전된 전하량은 (나)에서 (가)에서보다 크다.

268 서술형 축전기의 변화와 충전

- (1) ☑ **모범답안** (가) → (나) 과정에서 A의 왼쪽 금속판에 충전된 양(+)의 전하량이 감소한다. 따라서 전류는 시계 반대 방향으로 흐른다.

채점 기준	배점
정답과 설명이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

- (2) ☑ **모범답안** 금속판 사이의 간격이 증가할수록 축전기에 충전된 전하량이 감소하므로 저장된 전기 에너지가 감소한다. 따라서 A에 저장된 전기 에너지는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

채점 기준	배점
대소를 옳게 비교하고, 설명이 타당한 경우	100 %
대소만 옳게 비교한 경우	50 %

269 ③	270 ①	271 ④	272 ④	273 ④	274 ⑤
275 ③	276 ④	277 ②	278 ②		
서술형 문제 279~281 해설 참조					

269 점전하와 전기력

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. B, C 각각에 작용하는 전기력이 0이므로 B는 음(-)전하, C는 양(+) 전하이다.
- ㄴ. B가 A, C로부터 받는 전기력의 크기가 같다. 그런데 A, C가 B로부터 떨어진 거리의 비가 1 : 2이므로 전하량의 크기는 C가 A의 4배이다.

오답넘기

- ㄴ. 작용 반작용 법칙에 따라 A, B, C 사이에 작용하는 전기력의 총합은 0이다. 그런데 B, C 각각에 작용하는 전기력이 0이므로 A에 작용하는 전기력도 0이다.

270 전기장과 전기력

답 ①

알짜풀이

- ㄱ. $x=0$ 에서 전기장이 0이므로 A, B는 같은 종류의 전하이므로, $x=3a$ 에서 전기장의 방향이 +x방향이므로 A, B는 모두 양(+)전하이므로.

오답넘기

- ㄴ. A와 B가 같은 종류의 전하이므로 서로 밀어내는 방향으로 전기력이 작용한다.
- ㄴ. 전기장의 세기는 점전하로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 전하량의 크기는 B가 A의 4배이다.

271 전기장의 세기

답 ④

알짜풀이

- ④ $v^2=2ad$ 에서 가속도의 크기가 $a=\frac{v^2}{2d}$ 이므로 P에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{mv^2}{2d}$ 이다. 따라서 $qE=\frac{mv^2}{2d}$ 에서 $E=\frac{mv^2}{2qd}$ 이다.

272 전기장과 전기력

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 균일한 전기장의 세기를 E라고 하면 $V=Ed$ 에서 $E=\frac{V}{d}$ 이다.
- ㄴ. 전기장의 세기가 $E=\frac{V}{d}$ 이므로 입자에 작용하는 전기력의 크기는 $F=qE=\frac{qV}{d}$ 이다.

오답넘기

- ㄴ. 입자를 이동시키는 동안 전위가 V만큼 감소한다. 그런데 입자가 양(+)전하를 띠므로, 입자의 위치 에너지가 qV만큼 감소한다.

273 전류-전압 그래프

답 ④

알짜풀이

- ④ 전기 저항은 그래프의 기울기의 역수와 같으므로 $R_A=\frac{12}{1}=12(\Omega)$, $R_B=\frac{12}{2}=6(\Omega)$ 이다. 따라서 $\frac{R_A}{R_B}=2$ 이다.

274 저항의 연결과 소비 전력

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. A, B를 직렬로 연결하면 합성 저항은 $R_A+R_B=12+6=18(\Omega)$ 이다.
- ㄴ. A의 양단에 걸린 전압이 6V일 때 흐르는 전류가 0.5A이므로 소비 전력은 $6 \times 0.5=3(W)$ 이다.
- ㄴ. B에 걸린 전압이 12V일 때 흐르는 전류가 2A이므로 소비 전력은 24W이다. 따라서 B의 소비 전력이 24W일 때 B에 흐르는 전류의 세기는 2A이다.

275 전기장과 전위

답 ③

알짜풀이

- ㄴ. 회로에 흐르는 전류의 세기가 $\frac{4}{8}=0.5(A)$ 이므로, 2초 동안 p를 통과하는 전하량은 $Q=0.5 \times 2=1(C)$ 이다.

오답넘기

- ㄱ. 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 전류가 흐른다. 따라서 전위는 p에서 q에서보다 높다.
- ㄴ. 저항 내부에서 전기장의 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 저항 내부에서 전기장의 방향은 ㉠과 반대 방향이다.

276 소비 전력과 전기 에너지

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 소비 전력이 B가 A의 2배이므로 $I_B=2I_A$ 이다. 전압은 같은데 전류의 세기는 B가 A의 2배이므로, 전기 저항은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. C의 소비 전력은 A와 B의 소비 전력을 더한 값과 같다. 따라서 $VI_C=VI_A+VI_B$ 에서 $I_C=I_A+I_B$ 이다.

오답넘기

- ㄴ. B는 1초 동안 1000J의 전기 에너지를 소비한다. 따라서 1시간 동안 사용할 때 소비하는 전기 에너지는 $1000 \times 3600=3600000(J)=3600(kJ)$ 이다.

277 축전기의 충전

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. 방전되는 과정에서 왼쪽 금속판에 충전되어 있던 양(+)전하가 감소하므로 $p \rightarrow S \rightarrow q$ 방향으로 전류가 흐른다.

오답넘기

- ㄱ. 축전기에 충전되어 있던 전하가 감소하므로 (가) \rightarrow (나) 과정은 방전 과정이다.
- ㄴ. 축전기에 충전된 전하량이 클수록 축전기에 저장된 전기 에너지가 크다. 따라서 축전기에 저장된 전기 에너지는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

278 축전기의 이용

답 ②

알짜풀이

ㄴ. 축전기에 충전된 전하량이 클수록 저장된 전기 에너지가 크다. 따라서 축전기에 저장된 전기 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

오답نب기

- ㄱ. 금속판 사이의 간격이 (나)에서가 (가)에서보다 작다. 따라서 축전기에 충전된 전하량은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 축전기에 충전된 전하량이 증가한다. 따라서 충전이 일어난다.

서술형 문제

279 소비 전력

(1) **모범답안** 걸린 전압의 비가 1 : 2인데, 소비 전력의 비가 1 : 2이므로 A, B에 흐르는 전류의 세기가 같다. 따라서 $I_A : I_B = 1 : 1$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

(2) **모범답안** 걸린 전압의 비가 1 : 2인데, A, B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 전기 저항은 B가 A의 2배이다. 따라서 $R_A : R_B = 1 : 2$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100 %
정답만 옳은 경우	50 %

280 저항의 연결과 소비 전력

(1) **모범답안** C가 가장 밝고, A, B의 밝기는 같다.

채점 기준	배점
A, B, C의 밝기를 옳게 비교한 경우	100 %
A, B, C 중 두 개의 밝기만 옳게 비교한 경우	50 %

(2) **모범답안** A, B는 더 밝아지고, C는 불이 꺼진다.

채점 기준	배점
A, B, C의 밝기 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
A, B의 밝기 변화를 옳게 서술하고, C는 어두워진다고 서술한 경우	50 %

281 축전기의 이용

(1) **모범답안** 진동판과 고정 전극 판 사이의 간격이 증가하면 충전된 전하량이 감소하고, 간격이 감소하면 충전된 전하량이 증가한다.

채점 기준	배점
간격과 충전된 전하량 사이의 관계를 옳게 서술한 경우	100 %
간격이 변하면 충전된 전하량이 변한다고 서술한 경우	50 %

(2) **모범답안** 소리 에너지가 전기 에너지로 전환된다.

채점 기준	배점
소리 에너지가 전기 에너지로 전환된다고 서술한 경우	100 %

(2) 자기

07 물질의 자성

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 059쪽

282 X	283 O	284 O	285 X	286 O	287 X
288 O	289 X	290 X	291 O	292 X	293 O
294 X	295 O	296 X	297 O	298 O	

- 282 **오답نب기** (가)는 강자성체, (나)는 상자성체, (다)는 반자성체이다.
- 284 **알짜풀이** (다)는 반자성체로, 원자 자석들은 외부 자기장에 대해 반대 방향을 정렬한다.
- 285 **오답نب기** 알루미늄이나 마그네슘은 상자성체이므로 (나)에 해당한다.
- 286 **알짜풀이** A는 (나)에서도 자기화되어 있으므로 A는 외부 자기장이 제거되더라도 자기화된 성질을 유지할 수 있는 강자성체이다. 따라서 A는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.
- 287 **오답نب기** (가)에서 실에는 자석의 무게와 자석을 당기는 자기력이 작용한다. 따라서 자석에 작용하는 힘이 크기는 자석의 무게보다 크다.
- 289 **오답نب기** B는 상자성체이므로 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.
- 290 **오답نب기** 외부 자기장이 사라지더라도 자기화된 상태를 유지할 수 있는 것은 강자성체이므로, A를 치우면 B는 자기화된 상태를 유지할 수 없다.
- 292 **오답نب기** (가)에서 A는 오른쪽 끝이 S극이 되도록, B는 오른쪽 끝이 N극이 되도록 자기화되므로 (가)에서 A와 B는 다른 방향으로 자기화되어 있다.
- 293 **알짜풀이** 반자성체는 외부 자기장에 대해 반대 방향으로 자기화되는 성질을 갖고 있으므로 서로 끌어당기는 자기력이 작용할 수 없다. B는 반자성체이므로 다른 자기화된 물체 사이에서 밀어내는 자기력이 작용한다.
- 294 **오답نب기** 반자성체는 외부 자기장이 사라지면 원자 자석 자체가 사라진다.
- 296 **오답نب기** 액체 자석도 강자성체를 이용해 만든다.
- 298 **알짜풀이** 하드 디스크의 플래터에는 외부 자기장을 제거하더라도 자기화된 성질을 유지할 수 있는 강자성체의 얇은 막을 코팅해 정보를 저장한다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 060~061쪽

299 ③	300 ③	301 ⑤	302 해설 참조	303 ②	304 ②
305 ④	306 해설 참조				

299 물질의 자성

답 ③

알짜풀이

ㄱ. 물질의 자성은 원자 내 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해서 나타난다. 따라서 ③은 전자이다.

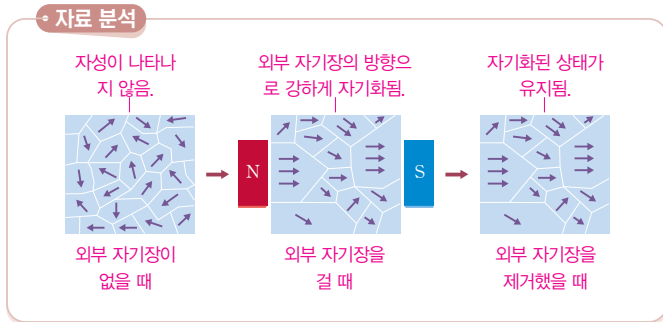
나. 강자성체는 외부 자기장에 대해 원자 자석이 같은 방향으로 정렬하기 때문에 강자성체와 자석 사이에는 끌어당기는 자기력이 작용한다.

오답نب기

다. 상자성체는 외부 자기장이 사라지면 자기화된 상태가 곧바로 사라진다.

300 강자성체

답 ③



알짜풀이

- ㄱ. 외부 자기장에 대해 원자 자석들이 같은 방향으로 정렬하고, 외부 자기장이 제거되더라도 자기화된 성질을 유지하는 물체는 강자성체이다.
- ㄴ. 산화 철과 코발트는 강자성체이다.

오답نب기

나. 강자성체에 자석을 가까이 가져가면 강자성체의 원자 자석이 외부 자기장과 같은 방향으로 정렬하므로 강자성체와 자석 사이에는 끌어당기는 자기력이 작용한다.

301 물질의 자성 실험

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 자석과 A 사이에 서로 미는 자기력이 작용하므로 A는 반자성체이고, A는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.
- ㄴ. A는 반자성체이므로 반자성체와 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
- ㄷ. A가 반자성체이면 B는 상자성체이다. 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 상자성체와 자석 사이에는 서로 당기는 방향으로 자기력이 작용한다.

302 서술형 강자성체의 자기화

(1) **모범답안** 강자성체, 자기장이 제거된 후에도 (나)와 같이 자성을 띠기 때문이다.

채점 기준	배점
자성체의 종류와 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
자성체의 종류만 옳게 쓴 경우	50 %

(2) **모범답안** N극, 자석에 의한 자기장의 방향이 오른쪽이며, 강자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되므로 철못의 끝은 N극을 띤다.

채점 기준	배점
자극의 종류와 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
자극의 종류만 옳게 쓴 경우	50 %

해설

(가)에서 철못이 자석에 달라붙었고, (나)에서 클립이 철못에 달라붙었으므로 철못은 강자성체이다. 자석은 오른쪽이 N극이고 강자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되므로 (가)에서 철못의 끝은 N극이 된다.

303 반자성체

답 ②

알짜풀이

나. A와 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하므로 P는 N극으로 자기화되어 있다.

오답نب기

- ㄱ. 외부 자기장을 걸어 주었을 때 서로 밀어내므로 A는 반자성체이다. 즉, 반자성체에 자석을 가까이 하면 자석과 반자성체 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
- ㄷ. 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 곧바로 사라진다.

304 자성체의 종류

답 ②

알짜풀이

나. (나)에서 저울의 눈금이 5 N 줄어들었으므로 연직 위에 있는 자석이 A를 연직 위로 당기는 자기력의 크기는 5 N이다.

오답نب기

- ㄱ. 저울의 눈금이 (나)에서 줄어들었으므로 자석과 A 사이에는 끌어당기는 힘이 작용한다. 따라서 A는 강자성체나 상자성체 중 하나이다.
- ㄷ. (나)에서 A와 자석 사이에는 서로 끌어당기는 자기력이 작용하므로 A의 위쪽은 S극으로 자기화되어 있다.

305 자성체의 활용

답 ④

알짜풀이

- 나. 전자석 기증기의 코일 안에 강자성체를 넣으면 강자성체가 코일에 흐르는 자기장과 같은 방향으로 자기화되어 더 강한 자석이 된다.
- ㄷ. 액체 자석 잉크는 매우 고온 알갱이의 강자성체 가루를 액체에 넣어 서로 엉기지 않게 만든 것으로 상온에서 액체로 보인다.

오답نب기

ㄱ. 냉장고 문의 테두리에 사용하는 고무 자석은 강자성체 분말을 고무에 섞어 만든 것이다.

306 서술형 강자성체의 활용

모범답안 강자성체, 정보를 저장하려면 코일에 흐르는 전류가 사라지더라도 자기화된 성질을 계속 유지하여야 하기 때문이다.

채점 기준	배점
강자성체와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
강자성체만 옳게 쓴 경우	40 %

해설

하드 디스크의 플래터는 강자성체인 산화 철의 얇은 막으로 코팅되어 있다. 강자성체이기 때문에 외부 자기장에 의해 자기화되고 외부 자기장이 사라지더라도 자기화된 성질이 유지된다.

08 전류의 자기 작용

STEP 1 ○/× 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 **063쪽**

307 ○	308 ○	309 ×	310 ×	311 ×	312 ○
313 ○	314 ×	315 ○	316 ○	317 ×	318 ○
319 ×	320 ○	321 ×	322 ×	323 ○	

- 309 오답내기** 전류의 방향이 반대가 되면 자기장의 방향도 반대가 된다. 나침반 자침의 방향은 자기장의 방향을 나타내므로 전류의 방향이 반대가 되면 나침반 자침의 방향도 반대가 된다.
- 310 오답내기** 직선 도선에 흐르는 전류의 세기가 클수록 도선 주변에 형성 되는 자기장의 세기가 커진다.
- 311 오답내기** 자기장의 모양은 원형 도선 중심에서는 직선 모양이고, 원형 도선에 가까울수록 원 모양에 가깝다.
- 312 알짜풀이** 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락이 향하게 하며 도선을 감아쥐었을 때 나머지 네 손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이다.
- 314 오답내기** 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선의 반지름에 반비례한다. (나) 원형 도선은 (가) 원형 도선에 비해 반지름이 2배이고 전류의 세기가 2배이므로 p와 q에서 자기장의 세기는 같다.
- 316 알짜풀이** 솔레노이드 내부에서는 균일한 자기장이 생기므로 B와 C에서 자기장의 세기는 같다.
- 317 오답내기** D에서 자기장의 방향은 오른쪽이다.
- 319 오답내기** 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 단위 길이당 코일의 감은 수에 비례한다.
- 321 오답내기** 전동기에서 에너지 전환 과정은 전기 에너지 → 운동 에너지이다.
- 322 오답내기** 스피커는 코일에 흐르는 음성 신호 전류의 세기와 방향이 변할 때 코일에 작용하는 힘의 세기와 방향이 변하며 코일이 진동하여 소리가 발생하므로 전기 신호를 소리로 바꾸는 장치이다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 **064~066쪽**

324 ②	325 ④	326 ①	327 해설 참조	328 ①	329 ⑤
330 ②	331 ②	332 해설 참조	333 ④	334 ⑤	335 ③

324 직선 전류에 의한 자기장 답 ②

자료 분석

← 도선으로부터의 거리가 p에서의 2배
→ 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}$ 배

알짜풀이

ㄷ. 직선 도선 주위의 자기장의 세기는 직선 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. 따라서 도선에 흐르는 전류의 세기가 $2I$ 가 되면 p에서 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 2배가 된다.

오답내기

- ㄱ. p에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, q에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로 서로 반대이다.
- ㄴ. 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선으로부터의 거리에 반비례하므로, 자기장의 세기는 p에서가 q에서의 2배이다.

325 직선 전류에 의한 자기장 답 ④

알짜풀이

- ㄱ. $x=0$ 에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로 A와 B에 흐르는 전류의 세기와 방향은 서로 같다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
- ㄴ. A와 B에 흐르는 전류의 세기와 방향이 같으므로 $x=-2d$ 와 $x=2d$ 에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같고, 자기장의 방향은 반대이다.

오답내기

- ㄷ. $x=\frac{d}{2}$ 에서 A까지의 거리가 B까지의 거리의 3배이므로 A에 흐르는 전류의 세기가 $2I$ 가 되더라도 $x=\frac{d}{2}$ 에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이 아니다.

326 자기장의 세기 답 ①

알짜풀이

- ① P에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 또 P는 A, B로부터의 거리가 같으므로 자기장의 세기가 같다. 따라서 P에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.

327 서술형 직선 전류에 의한 자기장

모범답안 전류의 세기에 관계없이 두 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대이면 두 도선 사이에서 항상 자기장의 방향이 같으므로 자기장이 0이 될 수 없다.

채점 기준	배점
전류의 세기와 방향 모두 옳게 서술한 경우	100%
전류의 세기와 방향 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50%

해설

도선 사이에서 두 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으면 자기장이 0이 될 수 없다. 따라서 두 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대인 경우에 가능하다.

328 원형 전류에 의한 자기장 답 ①

알짜풀이

- ㄱ. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로 B에 흐르는 전

류의 방향은 A에 흐르는 전류의 방향과 반대이다. 따라서 시계 방향이다.

오답넘기

- ㄴ. 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 원형 도선의 반지름에 반비례하고 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하므로 B에 흐르는 전류의 세기는 $2I$ 이다.
- ㄷ. A에 흐르는 전류와 B에 흐르는 전류에 의한 O에서 자기장의 세기가 각각 B_0 로 같은데, B에 흐르는 전류의 방향만 반대가 되면 A와 B에는 같은 방향으로 전류가 흐르게 되므로 O에서 자기장의 세기는 $2B_0$ 이 된다.

329 전류에 의한 자기장

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. P에 시계 반대 방향으로 전류가 흐르고 있으므로 점 O에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. O에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 O에서 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이다.
- ㄷ. Q가 $x = -d$ 를 지나도록 y 축에 나란하게 고정하면 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

330 원형 전류에 의한 자기장

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하므로 원형 도선에 흐르는 전류의 세기가 $2I$ 가 되면 원형 도선 중심에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B$ 가 된다.

오답넘기

- ㄱ. O 근처에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$ 방향이므로 강자성체인 철가루도 $+x$ 방향으로 자기화된다.
- ㄷ. 도선에 흐르는 전류가 0이면 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이 되지만, 철가루는 강자성체이기 때문에 철가루에 의한 자기장이 남아 있어 O에서 자기장은 0이 아니다.

331 솔레노이드에 의한 자기장

답 ②

알짜풀이

- ㄷ. A와 B 내부에서 자기장의 방향이 오른쪽이므로 A의 오른쪽은 N극, B의 왼쪽은 S극에 해당한다. 따라서 A와 B 사이에는 서로 끌어당기는 자기력이 작용한다.

오답넘기

- ㄱ. 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 단위 길이당 코일의 감은 수와 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. 솔레노이드의 지름과는 관계가 없다. 따라서 솔레노이드 내부의 자기장의 세기는 A와 B가 같다.
- ㄴ. 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥐면 엄지손가락이 오른쪽을 가리키므로 오른쪽이 N극에 해당한다. 따라서 솔레노이드 A, B 내부에서 자기장의 방향은 오른쪽으로 같다.

332 서술형 솔레노이드에 의한 자기장

▽ 모범답안 전원 장치의 극을 반대로 연결하면 솔레노이드와 자석 사이에는 척력이 작용해 용수철이 압축되어 길이가 짧아진다. 이때 솔레노이드와 자석 사이의 자기력이 작아졌기 때문에 압축되는 길이는 $b-a$ 보다 작다.

채점 기준	배점
용수철이 압축되어 길이가 짧아지고 압축된 길이가 $b-a$ 보다 작다는 것을 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100%
결과는 맞지만 그 까닭을 서술하지 못한 경우	60%
용수철이 압축된다고만 서술한 경우	30%

해설

전원 장치의 극을 반대로 하면 솔레노이드에 형성되는 자극의 방향이 반대가 되므로 솔레노이드와 자석 사이에는 척력이 작용해 용수철이 압축되어 길이가 짧아진다. 이때 압축되는 길이는 $b-a$ 보다 작다. 왜냐하면 솔레노이드와 자석 사이의 거리가 원래보다 멀어져 자기력이 작아졌기 때문이다.

333 솔레노이드에 의한 자기장

답 ④

알짜풀이

- ㄴ. 솔레노이드 중심에서 자기장의 세기는 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기에 비례하므로 전류의 세기가 커지면 나침반이 놓인 지점에서 자기장의 세기는 커진다.
- ㄷ. 솔레노이드의 단위 길이당 코일의 감은 수가 많아지면 나침반이 놓인 지점에서 자기장의 세기는 커진다.

오답넘기

- ㄱ. 솔레노이드의 오른쪽 끝이 자석의 N극에 해당하므로 전원 장치의 a는 (-)극, b는 (+)극이다.

334 전류의 자기 작용 이용

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ, ㄴ. 자기 부상 열차는 바닥에 있는 코일에 전류가 흐를 때 전자석이 되어 레일 하부의 영구 자석과 사이에 자기력이 작용하여 열차가 공중에 뜨는 것을 이용한다.
- ㄷ. 자기 공명 영상(MRI) 장치는 초전도체로 만든 코일에 강한 전류를 흐르게 하여 내부에 강한 자기장이 생기는 것을 이용하여 인체 내부를 영상화하는 진단 장치이다.

335 스피커의 원리

답 ③

알짜풀이

- ㄱ, ㄴ. 스피커는 자석에 의한 자기장과 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 상호작용으로 코일에 힘(자기력)이 작용하여 진동한다. 따라서 스피커는 전류의 자기 작용을 이용한 것이다.

오답넘기

- ㄷ. 전류가 화살표 방향으로 흐를 때 코일의 왼쪽이 N극이 되므로 자석과 코일 사이에는 서로 끌어당기는 힘이 작용한다.

09 전자기 유도와 에너지 전달

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 068~069쪽

336 O	337 X	338 O	339 X	340 X	341 X
342 X	343 O	344 X	345 O	346 O	347 X
348 X	349 O	350 X	351 O	352 X	353 X
354 O	355 X	356 X	357 O	358 O	359 X
360 X	361 O	362 X			

337 **오답내기** 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용한다. 따라서 (가)에서 자석과 코일 사이에는 밀어내는 방향으로 자기력이 작용한다.

339, 340 **오답내기** (나)에서 자석의 운동을 방해하기 위해 자석과 코일 사이에는 당기는 방향으로 자기력이 작용한다. 따라서 코일의 위쪽이 S극이 되도록 $q \rightarrow \text{㉔} \rightarrow p$ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

341 **오답내기** (가)의 구리관에는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르고, (나)의 아크릴관에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 자석이 바닥에 떨어질 때까지 걸리는 시간은 (가)에서가 (나)에서보다 길다.

342 **오답내기** (가)에서 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용한다. 따라서 (가)에서 자석이 낙하하는 동안 자석에는 위쪽으로 자기력이 작용한다.

344 **오답내기** (나)에서 자석이 낙하하는 동안 자석의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. 따라서 자석의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 자석의 운동 에너지 증가량과 같다.

347 **오답내기** 도체 막대의 운동에 의해 자기 선속이 변하며, 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 도체 막대에 작용하는 자기력의 방향은 운동 반대 방향인 왼쪽이다.

348 **오답내기** 도체 막대의 속력을 증가시키면 자기 선속의 변화율이 증가하므로 R에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

350 **오답내기** 0초부터 3초까지 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가한다. 따라서 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

352 **오답내기** 유도 기전력의 크기가 $V = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d(BA)}{dt} = A \frac{dB}{dt}$ 이므로, 유도 전류의 세기는 그래프의 기울기에 비례한다. 따라서 R에 흐르는 전류의 세기는 4초일 때가 1초일 때의 2배이다.

353 **오답내기** 3초부터 5초까지 그래프의 기울기가 일정하므로 R에 흐르는 전류의 세기가 일정하다.

355 **오답내기** 5초일 때 1차 코일에 흐르는 전류의 변화가 없으므로 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 5초일 때 2차 코일에는 전류가 흐르지 않는다.

356 **오답내기** 7초일 때 2차 코일을 오른쪽으로 통과하는 자기 선속이 감소한다. 따라서 $q \rightarrow \text{㉔} \rightarrow p$ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

358 **알짜풀이** 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기가 I_1 에 비례하므로, 자기 선속의 변화율은 I_1 의 변화율인 그래프의 기울기에 비례한다. 따라서 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 7초일 때가 2초일 때의 2배이다.

359 **오답내기** 유도 기전력은 자기 선속의 변화율에 비례하므로 그래프의 기울기에 비례한다. $t=2t_0$ 일 때 그래프의 기울기가 0이 아니므로 사각 도선에 흐르는 전류의 세기는 0이 아니다.

360 **오답내기** $t=0$ 일 때 그래프의 기울기가 0이므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

362 **오답내기** $t=t_0$ 일 때와 $t=3t_0$ 일 때 그래프의 기울기가 모두 음(-)으로 같으므로 전류의 방향도 같다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 070~072쪽

363 ⑤	364 ④	365 해설 참조	366 ①	367 ⑤	368 ③
369 해설 참조	370 ②	371 해설 참조	372 ③	373 ⑤	
374 해설 참조	375 해설 참조				

363 유도 전류의 방향

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. (가), (다)에서 코일의 왼쪽이 N극이 되도록 전류가 흐르므로 검류계의 바늘이 같은 방향으로 움직인다.
- ㄷ. (나), (라)에서 코일의 오른쪽이 N극이 되도록 전류가 흐르므로 검류계의 바늘이 같은 방향으로 움직인다.

오답내기

- ㄱ. (가), (나)에서 각각 코일의 왼쪽, 오른쪽이 N극이 되므로 전류의 방향이 반대이다. 따라서 검류계 바늘이 반대 방향으로 움직인다.

364 자석의 운동과 전자기 유도

답 ④

알짜풀이

- ㄴ. $5t_0$ 일 때 자석이 정지해 있으므로 전류가 흐르지 않는다.
- ㄷ. $2t_0$ 일 때와 $7t_0$ 일 때 x 가 같다. 그런데 자석의 속력은 $7t_0$ 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 크다. 따라서 전류의 세기는 $7t_0$ 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 크다.

오답내기

- ㄱ. $2t_0$ 일 때 N극이 코일로부터 멀어지므로 $q \rightarrow$ 검류계 $\rightarrow p$ 방향으로 전류가 흐른다.

365 **서술형** 자석의 운동과 전자기 유도

- (1) **모범답안** N극이 q를 지날 때 자석은 아래쪽으로 운동한다. 따라서 자석의 운동을 방해하는 방향인 위쪽으로 자기력이 작용한다.

채점 기준	배점
자기력의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
자기력의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

- (2) **모범답안** S극이 r를 지날 때 코일의 아래쪽이 N극이 된다. 따라서 검류계에는 ㉔ 방향으로 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
전류의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
전류의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

366 전자기 유도와 역학적 에너지 전환

답 ①

알짜풀이

ㄱ. t 일 때 자석의 N극이 코일에 가까워진다. 따라서 검류계에 흐르는 전류의 방향은 ㉠이다.

오답범기

- ㄴ. $2t$ 일 때 자석의 속력이 0이다. 따라서 검류계의 측정값도 0이다.
- ㄷ. 자석이 운동하면서 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된 후 열에너지로 흩어진다. 따라서 자석의 역학적 에너지는 $4t$ 일 때가 $6t$ 일 때보다 크다.

367 도선의 운동과 전자기 유도

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가한다. 따라서 금속 레일과 막대에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ㄷ. 자기장은 일정한데 금속 레일과 막대로 둘러싸인 면적이 증가하므로 자기 선속이 증가한다.

오답범기

ㄱ. 금속 막대에 작용하는 자기력의 방향은 운동 반대 방향인 오른쪽이다.

368 도선의 운동과 전자기 유도

답 ③

알짜풀이

③ 도선의 이동 거리가 $2a$ 가 될 때까지 자기 선속이 증가하고, 도선의 이동 거리가 $2a$ 에서 $4a$ 가 될 때까지는 자기 선속이 감소한다. 이때 자기 선속의 변화율이 일정하므로, 도선에는 각각 세기가 일정한 전류가 흐른다.

369 **서술형** 도선의 운동과 전자기 유도

(1) **모범답안** 유도 전류가 흐를 때 자기력의 방향은 도선의 운동 반대 방향이다. 따라서 자기력의 방향은 $-x$ 방향이다.

채점 기준	배점
자기력의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
자기력의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

(2) **모범답안** t_1 일 때와 t_3 일 때 자기 선속의 변화율이 같으므로 전류의 세기가 같고, t_2 일 때는 자기 선속이 변하지 않으므로 전류가 흐르지 않는다. 따라서 전류의 세기는 $t_1=t_3>t_2$ 이다.

채점 기준	배점
전류의 세기를 옳게 비교하고 설명이 타당한 경우	100%
전류의 세기만 옳게 비교한 경우	50%

(3) **모범답안** t_3 일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소한다. 따라서 도선에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
전류의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
전류의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

370 자기장의 변화와 전자기 유도

답 ②

알짜풀이

ㄴ. B 구간에서 자기장의 세기가 일정하므로 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 유도 전류가 흐르지 않는다.

오답범기

- ㄱ. 유도 전류의 세기는 자기 선속의 변화율에 비례하므로, 그래프의 기울기에 비례한다. 따라서 A 구간에서 유도 전류의 세기는 일정하다.
- ㄷ. C 구간에서 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기 선속이 증가하므로 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

371 **서술형** 자기장의 변화와 전자기 유도

(1) **모범답안** 1초일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 $b \rightarrow R \rightarrow a$ 방향으로 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
전류의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
전류의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

(2) **모범답안** 전류의 세기는 그래프의 기울기의 절댓값에 비례하므로 $5\text{초} > 1\text{초} > 3\text{초}$ 이다.

채점 기준	배점
전류의 세기를 옳게 비교하고 설명이 타당한 경우	100%
전류의 세기만 옳게 비교한 경우	50%

372 코일에 의한 전자기 유도

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. t_0 일 때 I_1 이 증가하므로 2차 코일을 오른쪽으로 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 2차 코일의 왼쪽이 N극이 되도록 $p \rightarrow \text{㉠} \rightarrow q$ 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ㄷ. $5t_0$ 일 때 1차 코일의 오른쪽은 N극, 2차 코일의 왼쪽은 S극이다. 따라서 1차 코일과 2차 코일 사이에는 당기는 방향으로 자기력이 작용한다.

오답범기

ㄴ. $2t_0$ 부터 $4t_0$ 까지 I_1 이 일정하므로 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 $3t_0$ 일 때 검류계에는 전류가 흐르지 않는다.

373 무선 충전

답 ⑤

알짜풀이

- ㉠ 무선 충전기에서 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장이 발생하면 휴대 전화 내부 코일을 통과하는 자기장과 자기 선속이 변한다.
- ㉡ 자기 선속이 변할 때 유도 전류가 흐르는 것을 설명하는 법칙은 패러데이 법칙이다.

374 **서술형** 발전기의 원리

(1) **모범답안** 자기 선속은 $\theta=90^\circ$ 일 때 최대이고, $\theta=0^\circ$ 일 때 최소이다.

채점 기준	배점
자기 선속이 최대인 각과 최소인 각을 모두 옳게 서술한 경우	100%
자기 선속이 최대인 각과 최소인 각 중에서 1가지만 옳게 서술한 경우	50%

(2) **모범답안** $\theta=45^\circ$ 일 때 도선으로 이루어진 면을 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
유도 전류의 방향이 옳고 설명이 타당한 경우	100%
유도 전류의 방향은 옳으나 설명이 타당하지 않은 경우	50%

375 서술형 무선 충전의 원리

(1) **모범답안** I_1 이 변할 때 검류계에 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
I_1 이 변하는 경우라고 서술한 경우	100%

(2) **모범답안** I_1 이 변하면 1차 코일의 전류에 의한 자기장이 변하므로, 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 변한다. 따라서 패러데이 법칙에 따라 검류계에 유도 전류가 흐른다.

채점 기준	배점
다음 2가지 내용이 모두 포함된 경우	100%
- I_1 의 변화에 의해 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 변한다.	
- 패러데이 법칙에 따라 검류계에 유도 전류가 흐른다.	
위의 2가지 중 1가지만 설명한 경우	50%

STEP 3 단원 종합 문제로 만점 도전하기 073~075쪽

- 376 ② 377 ③ 378 ⑤ 379 ⑤ 380 ⑤ 381 ①
 382 ① 383 ① 384 ① 385 ②
 서술형 문제 386~387 해설 참조

376 상자성체

답 ②

알짜풀이

ㄴ. 외부 자기장에 대해 원자 자석이 같은 방향으로 정렬하고 외부 자기장이 제거되었을 때 자기화된 성질을 유지하지 못하는 물질은 상자성체이다.

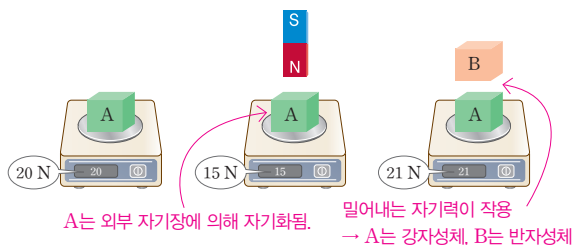
오답نب기

- ㄱ. 원자 자석은 원자 내 전자의 궤도 운동이나 스핀에 의해 나타난다.
 ㄷ. 철과 니켈은 외부 자기장을 제거해도 자기화된 성질이 유지되는 강자성체이다.

377 자성체의 성질

답 ③

자료 분석



알짜풀이

- ㄱ. 자석을 제거하더라도 A는 자기화된 상태를 유지하고 있으므로 A는 강자성체이다.
 ㄴ. (다)에서 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하므로 B는 반자성체이다. 따라서 B는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.

오답نب기

ㄷ. A는 강자성체이므로 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태가 유지된다.

378 자성체의 성질

답 ⑤

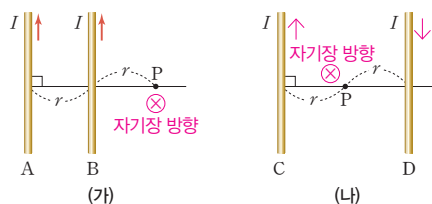
알짜풀이

- ㄱ. A와 B 사이에는 서로 끌어당기는 자기력이 작용하므로 A와 B는 반자성체일 수 없다. 따라서 C가 반자성체이다.
 ㄴ. A와 B 중 하나가 강자성체인데, (나)에서 B와 반자성체인 C 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하므로 B가 강자성체이고, 강자성체는 외부 자기장이 사라지더라도 자기화된 성질을 유지할 수 있다.
 ㄷ. B가 강자성체, C가 반자성체이므로 A는 상자성체이다.

379 직선 전류에 의한 자기장

답 ⑤

자료 분석



D의 오른쪽 영역은 D로부터의 거리가 C로부터의 거리보다 가까운 지점이므로 D에 의한 자기장이 C에 의한 자기장보다 항상 세다. 따라서 D의 오른쪽에서 C와 D의 합성 자기장은 D에 흐르는 전류에 의한 자기장과 방향이 같은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

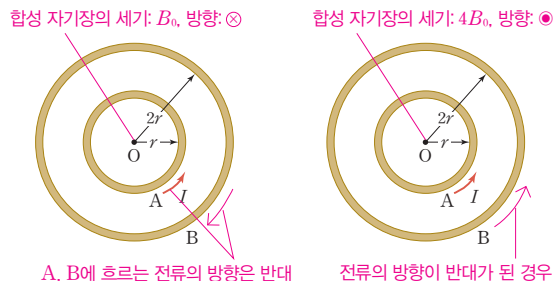
알짜풀이

- ㄱ. (나)의 P에서 자기장의 방향이 (가)의 P에서와 같이 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로 C에 흐르는 전류의 방향은 위쪽, D에 흐르는 전류의 방향은 아래쪽이다.
 ㄴ. (나)에서 D의 오른쪽은 D에 흐르는 전류에 의한 자기장이 C에 흐르는 전류에 의한 자기장보다 세므로, (나)에서 D의 오른쪽에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
 ㄷ. (가)의 P에서 자기장의 세기는 $k\frac{I}{2r} + k\frac{I}{r} = k\frac{3I}{2r} = B_0$ 이고, (나)의 P에서 자기장의 세기는 $k\frac{I}{r} + k\frac{I}{r} = k\frac{2I}{r}$ 이므로 (나)의 P에서 자기장의 세기는 $\frac{4}{3}B_0$ 이다.

380 원형 전류에 의한 자기장

답 ⑤

자료 분석



알짜풀이

⑤ A, B에 흐르는 전류의 방향이 같다면 B에 흐르는 전류의 방향이 반대였을 때, O에서 합성 자기장의 세기가 더 커질 수 없다. 따라서

A, B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다. 또 B에 흐르는 전류의 방향이 반대가 되었을 때 O에서 자기장의 방향도 반대가 되므로 O에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 크다. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 각각 B_1, B_2 라고 하면, $B_0 = B_2 - B_1$ 이므로

$$4(B_2 - B_1) = B_1 + B_2 \text{가 성립한다. 따라서 } B_2 = \frac{5}{3}B_1 \text{이다. } k \frac{I}{r} = B_1$$

이고, B에 흐르는 전류의 세기를 I' 라고 하면, $k \frac{I'}{2r} = B_2$ 이므로

$$k \frac{I'}{2r} = \frac{5}{3} k \frac{I}{r} \text{이다. 따라서 } I' = \frac{10}{3} I \text{이다.}$$

381 솔레노이드에서 전류에 의한 자기장

답 ①

알짜풀이

ㄱ. 솔레노이드 내부에서는 균일한 자기장이 형성되므로 p와 q에서 자기장의 세기와 방향은 같다.

오답نب기

- ㄴ. 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아주면 엄지손가락은 왼쪽을 가리키므로 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 왼쪽이다.
- ㄷ. 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 단위 길이당 코일의 감은 수와 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기에 비례하고 솔레노이드의 반지름에는 관계가 없다. 따라서 단위 길이당 코일의 감은 수가 일정한 채로 솔레노이드의 반지름이 $2r$, 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 $2I$ 가 되면 p에서 자기장의 세기는 $2B_0$ 이 된다.

382 전류에 의한 자기장의 이용

답 ①

알짜풀이

ㄱ. (나)에서 보면 N극의 위쪽 코일에는 단면에 수직으로 들어가는 방향으로 전류가 흐르고 자기장은 위쪽이므로 코일은 a 방향으로 자기력을 받는다.

오답نب기

- ㄴ. 코일에 직류 전류가 흐르면 코일과 연결된 진동판이 받는 자기력의 방향이 바뀌지 않으므로 진동판이 진동하지 못한다.
- ㄷ. 스피커에서는 전류가 흐르는 도선이 자석에 의한 자기장으로부터 자기력을 받아 진동이 일어나면서 소리가 발생한다. 따라서 스피커에서 일어나는 에너지 전환은 전기 에너지 → 운동 에너지 → 소리 에너지이다.

383 전자기 유도

답 ①

알짜풀이

ㄱ. 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용하므로 자석이 P를 지날 때와 Q를 지날 때 자석에 작용하는 자기력의 방향은 왼쪽으로 같다.

오답نب기

- ㄴ. 자석이 P를 지날 때 솔레노이드에 의한 유도 자기장은 솔레노이드의 왼쪽이 N극이 되도록 형성되고, 자석이 Q를 지날 때 솔레노이드에 의한 유도 자기장은 솔레노이드의 오른쪽이 N극이 되도록 형성되므로, 자석이 P, Q를 지날 때 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 반대이다.
- ㄷ. 자석이 솔레노이드에 접근하는 동안 자석에 의한 자기장의 세기가 커지므로 일정한 속력으로 접근하는 자석에 의한 자기 선속의 변화율은 커진다. 따라서 자석이 P에서 솔레노이드에 접근하는 동안 검류계에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.

384 유도 전류

답 ①

알짜풀이

ㄱ. (가)에서 자기장을 통과하는 도선의 단면적이 증가하고 있으므로 도선을 통과하는 자기 선속이 증가하고 있다.

오답نب기

- ㄴ. (가)에서 자기 선속의 변화를 방해하기 위해 유도 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로 도선에는 시계 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄷ. (나)에서 도선을 통과하는 자기 선속은 변화가 없으므로 도선에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

385 유도 전류

답 ②

알짜풀이

ㄴ. $1.5t$ 일 때와 $2.5t$ 일 때 시간에 따른 자기장 그래프에서 그래프의 기울기가 같으므로 p에 흐르는 유도 전류의 방향과 세기는 같다.

오답نب기

- ㄱ. $0.5t$ 일 때는 도선을 통과하는 자기 선속의 변화가 없으므로 유도 전류가 흐르지 않는다.
- ㄷ. $5t$ 일 때 그래프의 기울기가 0이 아니므로 p에는 유도 전류가 흐른다.

서술형 문제

386 직선 전류에 의한 자기장

✓ 모범답안 $B_b > B_a = B_c$, b에서 두 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로 b에서 자기장의 세기가 가장 크고, a와 c에서는 두 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같고 방향만 반대이므로 자기장의 세기는 같다.

채점 기준	배점
자기장의 세기를 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
자기장의 세기만 옳게 비교한 경우	40%

387 전자기 유도

✓ 모범답안 • 자석의 S극을 아래로 향하게 한 후 P점을 v보다 더 큰 속력으로 아래 방향으로 통과시킨다.

- 자석의 N극을 아래로 향하게 한 후 자석이 P점을 위 방향으로 속력 v보다 더 빠르게 지나가도록 한다.
- 세기가 더 센 자석으로 바꾸고 자석의 N극을 아래로 향하게 한 후 자석이 P점을 위 방향으로 속력 v로 지나가도록 한다.

채점 기준	배점
검류계 바늘의 회전 방법을 2가지 이상 옳게 서술한 경우	100%
검류계 바늘의 회전 방법을 1가지만 옳게 서술한 경우	50%

해설

P점을 지날 때 코일을 통과하는 자기 선속의 변화율이 더 크고 유도 전류의 방향이 반대가 되도록 하면 검류계의 바늘이 θ 보다 큰 각으로 왼쪽으로 회전한다.

III 빛과 물질

(1) 빛의 이해

10 빛의 중첩과 간섭

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 079쪽

388 O	389 O	390 X	391 X	392 X	393 O
394 O	395 O	396 X	397 O	398 X	399 O
400 X	401 O	402 X	403 O		

388 알파풀이 두 파동의 마루가 중첩된 순간 변위의 크기가 2 cm이므로 파동은 5초 동안 5칸 이동한다는 것을 알 수 있다. 1칸이 1 cm이므로 파동의 속력은 $v = \frac{5}{5} = 1(\text{cm/s})$ 이다.

389 알파풀이 p에서 두 파동이 같은 위상으로 중첩되므로 p에서 보강 간섭이 일어난다.

390 오답넘기 p에서는 두 파동이 항상 같은 위상으로 중첩되므로 항상 보강 간섭이 일어난다.

391 오답넘기 파장이 4 cm이므로 $v = f\lambda$ 에서 $1 = f \times 4$ 이고, 진동수는 $f = \frac{1}{4} = 0.25(\text{Hz})$ 이다.

392 오답넘기 간섭은 빛의 파동성에 의한 현상이다.

396 오답넘기 보강 간섭이 일어나는 지점에서는 밝은 무늬가 나타난다.

398 오답넘기 밝은 무늬 사이의 간격은 슬릿 사이의 간격이 좁을수록, 빛의 파장이 짧을수록 작으므로, 인접한 밝은 무늬 사이의 간격(Δx)은 파장이 길수록 크다.

400 오답넘기 P는 O로부터 두 번째 보강 간섭이 일어난 곳이므로 보강 간섭의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2m)$ 에서 $m=2$ 이다. 따라서 경로차는 2λ 이다.

402 오답넘기 나비의 날개가 파란색으로 보이는 까닭은 파란색 빛이 날개에서 반사될 때 보강 간섭하기 때문이다.

403 알파풀이 (가), (나)는 모두 비눗방울과 모르포나비의 날개에서 반사된 빛이 서로 간섭하여 나타나므로 빛의 반사의 결과이다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 080~082쪽

404 ③	405 ④	406 ①	407 해설 참조	408 ①
409 ③	410 ⑤	411 해설 참조	412 ①	413 ②
414 ③				

415 해설 참조

404 파동의 중첩과 간섭 답 ③

알파풀이

ㄱ, ㄴ. 중첩 원리에 의해 두 파동이 만나 중첩된 합성파의 변위는 각 파동의 변위의 합과 같다. 따라서 같은 위상으로 중첩되면 합성파의 진폭은 커진다.

오답넘기

ㄷ. 중첩이 끝난 파동이 본래 파동의 모양을 유지하면서 진행되는 성질은 파동의 독립성이다.

405 파동의 중첩 답 ④

알파풀이

ㄱ. (나)에서 $x=25 \text{ cm}$ 지점에서 A, B의 마루가 만나 중첩되므로 두 파동은 1초 동안 10 cm를 진행한다. 따라서 파동의 속력은

$$\frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ s}} = 10 \text{ cm/s}$$

ㄴ. (나)에서 $t=1$ 초일 때 두 파동은 10 cm를 이동하므로 $t=1.5$ 초일 때 두 파동은 15 cm를 이동한다. 따라서 $x=20 \text{ cm}$ 인 지점에서 A는 골, B는 마루가 만나 중첩되므로 $x=20 \text{ cm}$ 인 지점의 변위는 0이다.

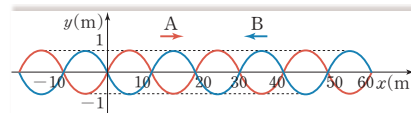
오답넘기

ㄷ. $t=2$ 초일 때 $x=25 \text{ cm}$ 지점에서 A, B의 골이 만나 중첩되므로 합성파의 변위는 -2 cm 이다.

406 파동의 중첩 답 ①

자료 분석

진행 속력이 20 m/s이므로, A, B는 3초 동안 60 m 진행한다. 따라서 $t=3$ 초일 때 A의 모습을 빨간색으로, B의 모습을 파란색으로 표시하면 그림과 같다.

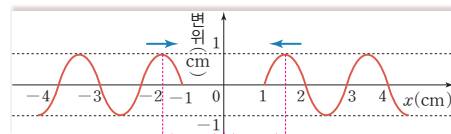


알파풀이

① $t=0$ 부터 $t=3$ 초까지 A, B가 각각 60 m씩 진행한다. 따라서 3초일 때 $x=0$ 과 $x=20 \text{ m}$ 사이에서 A, B는 반대 위상으로 중첩하고, 합성파의 변위는 $x=0$ 과 $x=20 \text{ m}$ 사이의 모든 지점에서 0이 된다.

407 서술형 파동의 중첩

자료 분석



$x=0$ 에 처음 도달하는 마루까지의 거리가 같다.
 $\rightarrow x=0$ 에서 두 파동이 같은 위상으로 중첩한다.

(1) **답** 2 cm

해설

$x=0$ 에서 두 파동이 같은 위상으로 중첩한다. 따라서 합성파의 최대 변위의 크기는 2 cm이다.

(2) **모범답안** $x = -2.5, -1.5, -0.5, 0.5, 1.5, 2.5(\text{cm})$, 파동의 파장이 2 cm이므로, 1 cm 간격으로 보강 간섭이 일어난다. 따라서 $x = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3(\text{cm})$ 에서 보강 간섭이 일어나며, 보강 간섭 사이에서 상쇄 간섭이 일어나기 때문이다.

채점 기준	배점
$-3 \text{ cm} < x < 3 \text{ cm}$ 영역에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점을 모두 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
$-3 \text{ cm} < x < 3 \text{ cm}$ 영역에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점만 옳게 쓴 경우	50%

408 보강 간섭과 상쇄 간섭

답 ①

알짜풀이

ㄱ. P에서는 밝은 무늬가 나타나므로, P에서는 보강 간섭이 일어난다.

오답넘기

- ㄴ. 두 슬릿에서 경로차가 $0, \lambda, 2\lambda, \dots$ 인 지점에서는 보강 간섭이, 경로차가 $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots$ 인 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다. Q는 세 번째 어두운 무늬가 생긴 지점이므로 두 슬릿에서 Q까지의 경로차는 $\frac{5}{2}\lambda$ 이다.
- ㄷ. 간섭무늬는 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.

409 이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭

답 ③

자료 분석

이중 슬릿 스크린

- 경로차 Δ 가 반 파장의 짝수 배인 지점에서 보강 간섭이 일어난다.
- 경로차 Δ 가 반 파장의 홀수 배인 지점에서 상쇄 간섭이 일어난다.

알짜풀이

③ P는 두 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점이므로 경로차는 $|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}| = \frac{3}{2}\lambda$ 이다.

410 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. O는 두 슬릿으로부터 거리가 같고, 두 슬릿에서 같은 위상의 빛이 나오므로 O에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. P는 어두운 무늬가 나타나는 지점이므로 P에서는 두 빛이 서로 반대 위상으로 만난다.
- ㄷ. P, Q에서 모두 세 번째 어두운 무늬가 나타나므로 O와 P 사이에 2개의 밝은 무늬가 나타나고, O와 Q 사이에 2개의 밝은 무늬가 나타난다. O에도 밝은 무늬가 나타나므로 P와 Q 사이에 총 5개의 보강 간섭 지점이 있다.

411 **서술형** 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

(1) **모범답안** 단색광의 파장을 짧게 한다.

채점 기준	배점
파장의 변화 방법을 옳게 서술한 경우	100%

(2) **모범답안** 이중 슬릿 사이의 간격을 넓게 한다.

채점 기준	배점
이중 슬릿 간격의 변화 방법을 옳게 서술한 경우	100%

해설

(다)는 (나)보다 간섭무늬 사이의 간격이 작아진 것이다. 간섭무늬 사이의 간격은 단색광의 파장에 비례하고, 이중 슬릿 사이의 간격에 반비례하므로, (나)에서 (다)로 바꾸려면 단색광의 파장은 짧게 해야 하고, 이중 슬릿 사이의 간격을 넓게 해야 한다.

412 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

답 ①

알짜풀이

ㄱ. O는 S₁과 S₂로부터 같은 거리에 위치하므로 보강 간섭이 일어난다.

오답넘기

- ㄴ. 두 슬릿 사이의 간격이 넓어지면 스크린에 나타나는 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 작아진다.
- ㄷ. P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬이므로 S₁과 S₂로부터 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2m+1)$ 에서 $m=1$ 이므로 $\frac{3}{2}\lambda$ 이다. 단색광의 파장만을 $\frac{3}{5}\lambda$ 로 바꾸면 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda = \frac{3}{5}\lambda \times \frac{5}{2}$ 의 관계가 성립한다. 따라서 P에는 O로부터 세 번째 어두운 무늬가 생긴다.

413 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

답 ②

알짜풀이

② 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x \propto \frac{\lambda}{d}$ 이므로 슬릿 사이의 간격이 같을 때 파장은 무늬 사이의 간격에 비례하므로 $\lambda_a < \lambda_b$ 이고, 무늬 사이의 간격이 같을 때 슬릿 사이의 간격은 파장에 비례하므로 $\lambda_a > \lambda_c$ 이다. 따라서 $\lambda_b > \lambda_a > \lambda_c$ 이다.

414 빛의 간섭의 활용

답 ③

알짜풀이

ㄱ, ㄴ. 숫자 부분에 재료로 사용된 잉크의 표면과 아래에서 반사하는 빛의 간섭을 일으킬 때, 보는 각도에 따라 보강 간섭을 하는 빛의 파장이 달라져 다른 색깔이 나타난다.

오답넘기

ㄷ. (나)에서는 노란색이 관찰되므로 노란색 빛이, (다)에서는 초록색이 관찰되므로 초록색 빛이 보강 간섭을 일으킨 것이다.

415 **서술형** 간섭의 활용

(1) **모범답안** 무반사 코팅을 한 렌즈는 (나)이고, 무반사 코팅을 하지 않은 렌즈는 (가)이다.

채점 기준	배점
무반사 코팅을 한 안경과 하지 않은 안경을 옳게 구분하여 쓴 경우	100%

해설

무반사 코팅을 하면 형광등 불빛이 거의 반사하지 않아서 눈이 또렷하게 보이고, 무반사 코팅을 하지 않으면 형광등 불빛이 반사되어 보인다.

(2) **모범답안** 코팅막의 바깥쪽 면과 안쪽 면에서 반사한 빛이 상쇄 간섭하기 때문이다.

채점 기준	배점
무반사 코팅 안경에서 빛이 거의 반사하지 않는 까닭을 옳게 서술한 경우	100%

해설

코팅막의 바깥쪽 면과 안쪽 면에서 반사한 빛이 상쇄 간섭해서 반사하는 빛의 세기가 거의 0이 된다.

11 빛의 굴절과 광학 기기

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 084쪽

416 X	417 O	418 O	419 X	420 O	421 X
422 O	423 X	424 X	425 O	426 X	427 O
428 X	429 X	430 X	431 O	432 X	

416 오답내기 매질 1에서 빛의 속력을 v_1 이라고 하면 $n_1 = \frac{c}{v_1}$ 이므로

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \text{이다.}$$

418 알짜풀이 입사각 i 가 굴절각 r 보다 크므로 굴절률은 매질 2가 매질 1보다 크다.

419 오답내기 매질 1에 대한 매질 2의 상대 굴절률은 $n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r}$ 이다.

420 알짜풀이 물체가 초점 바깥쪽에 있으므로 실상이 만들어진다.

421 오답내기 실상은 거꾸로 선 모양이다.

423 오답내기 $a > 2f$ 이면 상의 크기는 물체의 크기보다 작다.

424 오답내기 $a = f$ 이면 물체가 초점에 있는 것이다. 그러면 렌즈를 지난 광선이 나란하게 진행하여 만나지 않으므로 상이 만들어지지 않는다.

425 알짜풀이 물체가 초점 안쪽에 있으므로 허상이 만들어진다.

426 오답내기 허상은 바로 선 모양이다.

427 알짜풀이 허상의 크기는 물체의 크기보다 크다.

428 오답내기 상이 허상이므로 물체의 왼쪽, 즉 볼록 렌즈의 왼쪽에 만들어진다.

429 오답내기 렌즈가 빛을 모으므로 렌즈는 볼록 렌즈이다.

430 오답내기 웨이퍼에 빛이 모여서 상을 만든다. 따라서 실상이 만들어진다.

432 오답내기 볼록 렌즈에서 실상은 초점 바깥쪽에 만들어진다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 085~087쪽

433 ①	434 ⑤	435 ⑤	436 ④	437 해설 참조
438 ④	439 해설 참조	440 ④	441 ②	442 ④
444 ⑤	445 해설 참조			443 ③

433 빛의 반사와 굴절

답 ①

알짜풀이

ㄱ. α 는 입사각이고 β 는 반사각이므로 $\alpha = \beta$ 이다.

오답내기

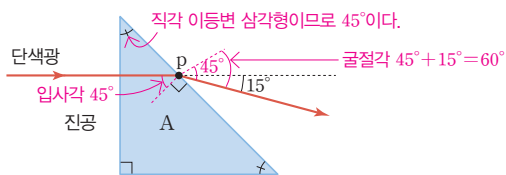
ㄴ. 굴절이 일어나더라도 진동수는 변하지 않는다. 따라서 A, B에서 단색광의 진동수는 같다.

ㄷ. 굴절각이 γ 이므로 A에 대한 B의 상대 굴절률은 $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ 이다.

434 빛의 굴절

답 ⑤

자료 분석



알짜풀이

ㄱ. p에서 입사 광선과 A의 빛변이 이루는 각이 45°이다. 따라서 p에서 입사각은 45°이다.

ㄴ. 굴절각이 45° + 15° = 60°이므로 A의 굴절률은 $\frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{6}}{2}$ 이다.

ㄷ. A에서 단색광의 속력은 $\frac{c}{\frac{\sqrt{6}}{2}} = \frac{2c}{\sqrt{6}} = \frac{\sqrt{6}}{3}c$ 이다.

435 빛의 굴절

답 ⑤

알짜풀이

⑤ 입사각을 i , 굴절각을 r 라고 하면 $\sin i = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}}$, $\sin r = \frac{\overline{CD}}{\overline{OD}}$ 이다. 그런

데 $\overline{OA} = \overline{OD}$ 이므로 물체의 굴절률은 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$ 이다.

436 빛의 굴절

답 ④

알짜풀이

ㄴ. 굴절률은 II가 I보다 작으므로, A의 파장은 II에서가 I에서보다 길다.

ㄷ. q에서 입사각이 θ_2 이다. 따라서 q에서 굴절각은 θ_1 이다.

오답내기

ㄱ. p에서 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 I이 II보다 크다. 굴절률이 클수록 빛의 속력이 작으므로, A의 속력은 I에서가 II에서보다 작다.

437 서술형 굴절 법칙

(1) 모범답안 입사각이 30°, 굴절각이 60°이므로 A에 대한 B의 상대 굴절률은 $n_{AB} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답만 옳은 경우	50%

(2) 모범답안 $\frac{v_B}{v_A} = \frac{n_B}{n_A}$ 이고, $\frac{n_A}{n_B} = \frac{1}{n_{AB}} = \sqrt{3}$ 이다.

따라서 $\frac{v_B}{v_A} = \sqrt{3}$ 이다.

채점 기준	배점
정답과 풀이 과정이 모두 옳은 경우	100%
정답만 옳은 경우	50%

438 볼록 렌즈에 의한 상

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 글자를 확대해 보는 광학 기구 P는 볼록 렌즈이다.
- ㄴ. 볼록 렌즈를 통해 만들어지는 확대된 바로 선 상은 허상이다.

오답넘기

- ㄷ. 허상은 글자보다 먼 위치에 생긴다.

439 **서술형** 볼록 렌즈에 의한 상

- (1) **모범답안** 물체가 초점 안쪽에 있으므로 상의 종류는 허상이다.

채점 기준	배점
상의 종류를 옳게 쓰고 그 까닭이 타당한 경우	100 %
상의 종류만 옳게 쓴 경우	50 %

- (2) **모범답안** 볼록 렌즈에 의한 허상이므로 상의 크기가 물체의 크기보다 크다.

채점 기준	배점
상과 물체의 크기를 옳게 비교하고 그 까닭이 타당한 경우	100 %
상과 물체의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

440 볼록 렌즈에 의한 상

답 ④

알짜풀이

- ㄴ. 실상이 생길 때 물체의 위치가 렌즈로부터 멀수록 상의 크기가 작다. 따라서 상의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 실상이 생길 때 상의 크기가 클수록 렌즈로부터 상까지 떨어진 거리가 크다. 따라서 볼록 렌즈 중심으로부터 떨어진 거리는 A가 B보다 크다.

오답넘기

- ㄱ. 물체보다 작은 상은 실상만 가능하므로 A는 실상이다. 따라서 거꾸로 선 모양이다.

441 볼록 렌즈에 의한 상

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. 광원에서 방출된 빛이 P에 모이므로 P에 광원의 실상이 맺힌다.

오답넘기

- ㄱ. 광원에서 방출된 빛이 P에 모이므로 A에 의한 광원의 상은 실상이다.
- ㄷ. 실상은 초점 뒤에 맺힌다. 따라서 A의 초점 거리는 a 보다 작다.

442 볼록 렌즈의 이용

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 카메라의 필름에 맺히는 상은 실상이다.
- ㄴ. 실상은 초점을 지나 맺히므로 초점 거리는 렌즈와 필름 사이의 거리보다 작다.

오답넘기

- ㄷ. 렌즈에서 물체까지 떨어진 거리가 클수록 렌즈와 필름 사이의 거리는 작다.

443 광학 현미경의 원리

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. A는 굴절한 빛이 모여서 만들어진 상이므로 실상이다.
- ㄴ. B는 접안렌즈에 의해 굴절한 빛의 연장선이 모여 만들어진 상이므로 허상이다.

오답넘기

- ㄷ. 허상은 물체가 초점 안쪽에 있을 때 만들어진다. 따라서 접안렌즈와 A 사이의 거리는 접안렌즈의 초점 거리보다 작다.

444 포도 리소그래피

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 렌즈를 통과한 빛이 웨이퍼에 모인다. 따라서 렌즈는 볼록 렌즈이다.
- ㄷ. 실상은 초점 바깥에 맺힌다. 따라서 렌즈와 웨이퍼 사이의 거리는 렌즈의 초점 거리보다 크다.

오답넘기

- ㄴ. 웨이퍼에 빛이 모여서 상이 맺힌다. 따라서 웨이퍼 위에 마스크의 실상이 맺힌다.

445 **서술형** 광학 현미경의 원리

- (1) **모범답안** 대물렌즈에 의해 실상이 생기므로 대물렌즈의 초점 거리는 대물렌즈 중심에서 물체까지 거리보다 작다.

채점 기준	배점
초점 거리의 대소를 옳게 비교하고 그 까닭이 타당한 경우	100 %
초점 거리의 대소만 옳게 비교한 경우	50 %

- (2) **모범답안** 접안렌즈를 통과한 광선이 서로 멀어지므로 만날 수 없다. 따라서 광선의 연장선이 모이는 점에 허상이 만들어진다.

채점 기준	배점
상의 종류를 옳게 쓰고 그 까닭이 타당한 경우	100 %
상의 종류만 옳게 쓴 경우	50 %

12 빛과 물질의 이중성

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 089쪽

446 ○	447 X	448 X	449 X	450 ○	451 ○
452 ○	453 X	454 X	455 X	456 ○	457 X
458 ○	459 X	460 ○	461 X	462 ○	463 ○

- 447 **오답내기** A를 비출 때 P에서 광전자가 방출되지 않으므로 A의 진동수는 P의 한계 진동수보다 작다.
- 448 **오답내기** A의 진동수가 P의 한계 진동수보다 작다. 따라서 A의 세기를 증가시켜도 P에서 광전자가 방출되지 않는다.
- 449 **오답내기** 광전 효과는 빛을 비추는 즉시 일어난다. 따라서 B를 비추는 즉시 P에서 광전자가 방출된다.
- 450 **알짜풀이** 광자 1개가 충돌할 때 전자 1개가 방출되므로 빛의 세기가 셀수록 광전자의 수도 증가한다. 따라서 B의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자의 개수도 증가한다.
- 451 **알짜풀이** 전하 결합 소자(CCD)는 수많은 광 다이오드가 규칙적으로 배열되어 광전 효과를 이용해 빛 신호를 전기 신호로 전환하는 반도체 소자이다.
- 452 **알짜풀이** 광 다이오드는 빛의 세기만 측정하므로 색을 감지할 수 없다. 따라서 컬러 필터를 광 다이오드 A, B, C 위에 배열하여 컬러 영상을 얻는다.
- 453 **오답내기** 빨간색 빛은 빨간색 필터만 통과하므로 A에서만 광전 효과가 일어난다.
- 454 **오답내기** 광 다이오드는 광전 효과로 전자를 방출하므로 방출되는 전자의 양은 빛의 진동수가 아니라 빛의 세기와 관련이 있다.
- 455 **오답내기** 전하 결합 소자(CCD)는 광전 효과를 이용해 영상 정보를 전기 신호로 전환하므로 빛의 입자성을 이용한 것이다.
- 456 **알짜풀이** 간섭 현상은 파동성의 증거이다. 따라서 간섭무늬는 전자의 파동성 때문에 나타난다.
- 457 **오답내기** $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이므로 v 를 증가시키면 물질파 파장이 감소한다. 따라서 Δx 도 감소한다.
- 458 **알짜풀이** 전자에 의한 간섭도 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭과 동일한 원리가 적용된다. 따라서 이중 슬릿 사이의 간격이 넓어질수록 Δx 가 증가한다.
- 459 **오답내기** (가)에서 전자선이 시료를 투과하므로 (가)는 투과 전자 현미경이다.
- 460 **알짜풀이** 전자 현미경에서 사용되는 전자의 물질파 파장은 광학 현미경에서 사용되는 가시광선의 파장보다 짧으므로 전자 현미경의 분해능은 광학 현미경의 분해능보다 좋다.
- 461 **오답내기** 투과 전자 현미경은 전자선을 시료에 투과시켜 상을 얻는다. 전자가 시료를 통과하는 동안 속력이 느려지는 것을 방지하기 위해 시료를 얇게 만들어야 한다.

STEP 2 학교 기출 문제로 대신 대비하기 090~092쪽

464 ①	465 ④	466 ④	467 해설 참조 468 ②	469 ①
470 ④	471 ③	472 ⑤	473 해설 참조 474 ⑤	475 ③

464 광전 효과

답 ①

알짜풀이

- ㄱ. 광자의 에너지에서 금속판에서 전자가 방출되기 위해 필요한 에너지를 뺀 값이 광전자의 최대 운동 에너지이다. 따라서 A의 광자의 에너지는 E_a 보다 크다.

오답내기

- ㄴ. B를 P에 비출 때 광전자가 방출되지 않았다. 따라서 B의 진동수는 P의 한계 진동수보다 작다.
- ㄷ. B의 진동수가 P의 한계 진동수보다 작으므로, B의 세기를 증가시켜도 P에서 광전자가 방출되지 않는다.

465 광전 효과 실험

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. P를 비출 때에는 광전자가 방출되고, Q를 비출 때에는 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 진동수는 P가 Q보다 크다.
- ㄴ. P를 비추는 동안 A에서 광전자가 방출되면서 금속막이 오므라든다. 따라서 금속막에 있던 전자가 A로 이동한다.

오답내기

- ㄷ. 금속막이 벌어진 상태에서 음(-)전하가 점점 감소하면서 오므라든다. 따라서 금속막이 오므라드는 동안 금속막은 음(-)전하로 대전되어 있다.

466 광전 효과 실험

답 ④

• 자료 분석

단색광 금속판	A	B	C
P	⊗	○	⊖
Q	○	○	⊗

Q에서는 광전자가 방출되었고, P에서는 광전자가 방출되지 않았다.
→ P의 한계 진동수가 Q의 한계 진동수보다 크다.

알짜풀이

- ㄴ. A를 P에 비추면 광전자가 방출되지 않고, Q에 비추면 광전자가 방출된다. 따라서 한계 진동수는 P가 Q보다 크다.
- ㄷ. C를 Q에 비출 때 광전자가 방출되지 않으므로 P에 비출 때에도 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 ⊖은 ×이다.

오답내기

- ㄱ. P에 A를 비추면 광전자가 방출되지 않고, B를 비추면 광전자가 방출된다. 따라서 진동수는 A가 B보다 작다.

467 서술형 광전 효과

- (1) **답** 진동수는 A가 B보다 크다.

해설

A를 비출 때에는 광전자가 방출되어 전류가 흐르지만, B를 비출 때에는 광전자가 방출되지 않아 전류가 흐르지 않는다.

- (2) **모범답안** B의 진동수는 금속판의 한계 진동수보다 작기 때문에 B의 세기를 증가시켜도 금속판에서 광전자가 방출되지 않아 전류계에 전류가 흐르지 않는다.

채점 기준	배점
전류가 흐르지 않는다는 것을 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100%
전류가 흐르지 않는다고만 쓴 경우	50%

- (3) **모범답안** 금속판의 한계 진동수는 f_B 보다 크고 f_A 보다 작다.

채점 기준	배점
한계 진동수의 범위를 옳게 서술한 경우	100%
그 외의 경우	0%

해설

A를 비출 때에는 광전자가 방출되므로 f_A 는 한계 진동수보다 크고, B를 비출 때에는 광전자가 방출되지 않으므로 f_B 는 한계 진동수보다 작다.

468 CCD의 원리

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. (나)에서 전자가 P, Q 아래에 끌고루 퍼져 있다. 따라서 (나)에서 P, Q에 모두 (+)전압이 걸려 있다.

오답받기

- ㄱ. CCD에서 광전 효과가 일어나면 반도체에서 전자가 떨어져 나온다. 이 전자가 (+)전압이 걸려 있는 전극 근처에 쌓이므로 a는 전자이다. 따라서 a는 음(-)전하이다.
 ㄷ. CCD는 광전 효과를 이용해 빛 신호를 전기 신호로 전환한다. 따라서 빛의 입자성을 이용하여 영상 정보를 기록한다.

469 CCD와 컬러 필터

답 ①

알짜풀이

A: CCD의 광 다이오드는 빛의 색을 감지하지 못하므로, 광 다이오드 위에 컬러 필터를 배열하여 색을 감지한다.

오답받기

- B: 하나의 화소를 이루는 서로 다른 광 다이오드에 빨간색 필터를 통과한 빛과 초록색 필터를 통과한 빛이 비슷하게 도달하면 노란색으로 인식하여 노란색으로 찍힌다.
 C: CCD는 광전 효과를 이용하여 영상 정보를 기록하는 장치로, 빛 신호를 전기 신호로 전환한다.

470 물질파

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 스크린에 밝고 어두운 간섭무늬가 나타나므로 전자가 파동의 성질을 갖는다는 것을 알 수 있다.
 ㄴ. 물질파 파장은 운동량에 반비례한다. 따라서 전자의 속력을 증가시키면 전자의 물질파 파장이 짧아진다.

오답받기

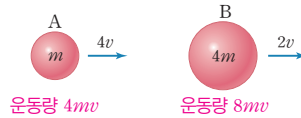
- ㄷ. 전자의 속력을 증가시키면 물질파 파장이 짧아지므로 밝은 무늬 사이의 간격이 작아진다.

471 물질파 파장

답 ③

자료 분석

질량이 m 인 입자의 속력이 v 이면 운동량이 mv 이므로 입자의 물질파 파장은 $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이다.



- B의 운동량이 A의 2배이다.
- 입자의 물질파 파장은 $\lambda = \frac{h}{mv}$ 이므로 운동량에 반비례한다.

알짜풀이

- ③ 운동량의 크기는 B가 A의 2배이다. 물질파 파장은 운동량에 반비례하므로 물질파 파장은 A가 B의 2배이다.

472 물질파

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. 운동량 $p = mv$ 이므로 $m = \frac{p}{v}$ 이다. 따라서 $m_A = \frac{p}{v}$ 이고 $m_B = \frac{1}{2} \frac{p}{4v} = \frac{1}{8} \frac{p}{v}$ 이므로 질량은 A가 B의 8배이다.
 ㄷ. 물질파 파장은 B가 A의 2배이다. 간섭무늬의 간격은 물질파 파장에 비례하므로 ①은 2l이다.

오답받기

- ㄱ. 물질파 파장은 운동량에 반비례하므로 B가 A의 2배이다.

473 서술형 물질파의 실험적 증거

- (1) **모범답안** 실험 결과는 전자의 회절로 설명할 수 있으므로 전자의 파동성을 뒷받침한다.

채점 기준	배점
실험 결과가 전자의 입자성을 또는 파동성을 뒷받침하는 지 옳게 서술한 경우	100%
실험 결과는 전자의 회절로 설명할 수 있다고 서술한 경우	70%

- (2) **모범답안** $\theta = 50^\circ$ 에서 보강 간섭이 일어났다.

채점 기준	배점
$\theta = 50^\circ$ 에서 일어나는 간섭을 옳게 서술한 경우	100%
그 외의 경우	0%

해설

보강 간섭이 일어나는 지점에서 검출되는 전자의 수가 최대가 된다.

474 주사 전자 현미경

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 시료 표면에서 반사된 전자선을 이용하여 상을 얻는다. 따라서 주사 전자 현미경(SEM)이다.
 ㄴ. 전자의 속력이 클수록 운동량이 크므로 전자의 물질파 파장은 짧다.
 ㄷ. 주사 전자 현미경(SEM)은 시료 표면에서 반사된 전자선으로부터 상을 얻는다. 따라서 시료의 3차원 표면 구조를 관찰할 수 있다.

475 전자 현미경과 광학 현미경

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 상이 선명할수록 현미경의 분해능이 좋다. 따라서 현미경의 분해능은 (가)에서가 (나)에서보다 좋다.
- ㄴ. 전자 현미경의 분해능이 광학 현미경보다 우수하다. 따라서 (가)는 전자 현미경을 이용하여 촬영한 것이다.

오답نب기

- ㄷ. 전자 현미경은 물질과 파장이 운동량에 반비례하는 물질파 이론을 이용한다. 따라서 전자의 파동성을 이용한다.

STEP 3 단원 종합 문제로 만점 도전하기 093~095쪽

476 ③ 477 ② 478 ③ 479 ① 480 ③ 481 ③
 482 ① 483 ① 484 ③ 485 ⑤

서술형 문제 486~487 해설 참조

476 파동의 중첩

답 ③

알짜풀이

- ③ 3초가 지났을 때 P의 오른쪽 끝은 $x=7$ m에 위치하고 Q의 왼쪽 끝은 $x=3$ m에 위치한다. 따라서 $3\text{ m} \leq x \leq 7\text{ m}$ 범위에서 중첩이 일어난다. 이때 $x=4$ m에서는 P와 Q의 마루가 중첩하고 $x=6$ m에서 P와 Q의 골이 중첩하므로, 3초일 때 파동의 모습은 ③과 같다.

477 간섭의 활용

답 ②

알짜풀이

- ㄷ. 얇은 막에 의한 간섭은 렌즈의 무반사 코팅에 적용된다.

오답نب기

- ㄱ. 비눗방울의 다양한 색은 빛의 간섭무늬이다. 따라서 빛의 간섭으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. 간섭 현상은 파동의 특성이다. 따라서 빛의 파동성 때문에 나타나는 현상이다.

478 이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x \propto \frac{\lambda}{d}$ 이므로 실험 II에서 밝은 무늬 사이의 간격은 실험 I의 $\frac{1}{4}$ 배이다. 따라서 ① = $\frac{1}{4}y_0$ 이므로 y_0 보다 작다.
- ㄴ. 밝은 무늬가 생긴 지점에서는 보강 간섭이, 어두운 무늬가 생긴 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

오답نب기

- ㄷ. 이중 슬릿으로부터 밝은 무늬까지의 경로차는 반 파장의 짝수 배이고, 어두운 무늬까지의 경로차는 반 파장의 홀수 배이므로 경로차는 같지 않다.

479 굴절 법칙

답 ①

알짜풀이

- ① 모눈 한 칸의 간격을 d 라 하고, 진공에서 A로 진행하는 단색광의 입사각과 굴절각을 각각 i, r 라고 하면 $\sin i = \frac{2d}{\sqrt{5}d}$, $\sin r = \frac{d}{\sqrt{5}d}$ 이다. 따라서 A의 굴절률은 $n_A = \frac{\sin i}{\sin r} = 2$ 이다.

480 볼록 렌즈에 의한 상

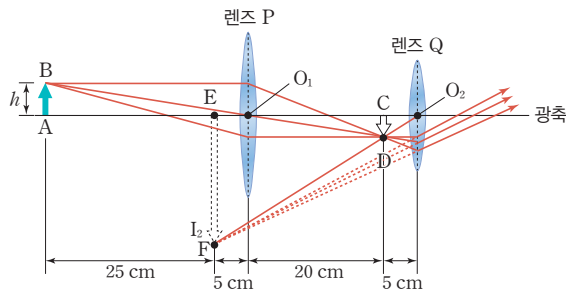
답 ③

알짜풀이

- ㄷ. Q에 의해 I_1 의 허상인 I_2 가 생겼으므로 Q의 중심에서 I_1 까지의 거리는 Q의 초점 거리보다 작다. 따라서 Q의 초점 거리는 5 cm보다 크다.

오답نب기

- ㄱ. 그림과 같이 $\triangle O_1AB$ 와 $\triangle O_1CD$ 는 닮음비가 3 : 2인 닮은 삼각형이므로 I_1 의 높이는 $\frac{2}{3}h$ 이다. $\triangle O_2CD$ 와 $\triangle O_2EF$ 는 닮음비가 5 : 30 = 1 : 6인 닮은 삼각형이므로 I_2 의 높이는 $\frac{2}{3}h \times 6 = 4h$ 이다.



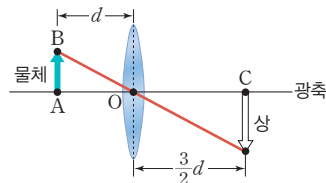
- ㄴ. I_1 은 P에 의한 물체의 실상이므로 P의 초점 바깥에 맺힌다. 따라서 P의 초점 거리는 20 cm보다 작다.

481 볼록 렌즈에 의한 상

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 볼록 렌즈를 중심으로 물체와 반대쪽에 상이 맺혔으므로 상은 실상이다.
- ㄷ. 그림과 같이 $\triangle OAB$ 와 $\triangle OCD$ 가 닮은 삼각형이며, 닮음비가 2 : 3이다. 따라서 상의 크기는 물체의 크기의 $\frac{3}{2}$ 배이다.



오답نب기

- ㄴ. 물체가 초점 바깥에 있을 때 실상이 생긴다. 따라서 렌즈의 초점 거리는 d 보다 작다.

482 광전 효과

답 ①

알짜풀이

- ㄴ. P를 비출 때에는 광전 효과가 일어나지 않고, Q를 비출 때에만 광전 효과가 일어났다. 따라서 진동수는 Q가 P보다 크다.

오답넘기

- ㄱ. Q를 비출 때 금속박이 오프라들었으므로 A와 금속박은 음(-)전하로 대전되어 있다.
- ㄷ. 금속판에 한계 진동수보다 진동수가 큰 빛을 비추어야 광전자가 방출된다. 따라서 A의 한계 진동수는 Q의 진동수보다 작다.

483 CCD의 원리

답 ①

알짜풀이

- ㄴ. 빨간색 필터는 파란색과 초록색을, 초록색 필터는 빨간색과 파란색을, 파란색 필터는 빨간색과 초록색을 차단한다. 따라서 파란색 빛은 초록색 필터를 통과하지 못한다.

오답넘기

- ㄱ. CCD는 빛의 입자성을 이용한다.
- ㄷ. CCD의 광 다이오드는 빛의 색을 구분하지 못하므로 컬러 필터를 사용한다.

484 이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. (나)에서 밝은 점들이 나타난다. 따라서 전자 한 개는 스크린의 한 지점에 도달한다는 것을 알 수 있다.
- ㄷ. (나)와 같이 전자 한 개가 스크린의 한 지점에 도달하는 것은 입자의 특성이고, (다)와 같이 밝고 어두운 간섭무늬는 파동의 특성이다. 따라서 (나), (다)를 통해 전자의 입자성과 파동성을 모두 확인할 수 있다.

오답넘기

- ㄴ. 간섭무늬는 왼쪽 슬릿을 통과한 전자의 물질파 파장과 오른쪽 슬릿을 통과한 전자의 물질파 파장이 간섭하여 만들어진다.

485 전자 현미경

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 물질파 파장은 운동량에 반비례한다. 따라서 전자의 운동량이 작을수록 ㉠은 길다.
- ㄴ. 전자 현미경은 광학 현미경보다 분해능이 좋으므로, 더 작은 시료를 자세히 관찰할 수 있다. 따라서 '분해능'은 (가)에 해당한다.
- ㄷ. SEM은 시료 표면에서 반사하는 전자선을 이용한다. 따라서 SEM을 이용하면 시료의 3차원 표면을 관찰할 수 있다.

서술형 문제

486 이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭

- (1) 모범답안 파장이 길수록 파동의 성질이 잘 나타나 간섭무늬 간격이 넓어지기 때문에 Δx가 커진다.

채점 기준	배점
Δx의 변화를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100%
Δx의 변화만 옳게 쓴 경우	40%

(2) 모범답안 Δx가 작아진다.

채점 기준	배점
Δx의 변화를 옳게 서술한 경우	100%
그 외의 경우	0%

해설

이중 슬릿 사이의 간격이 증가할수록 간섭무늬 간격이 작아진다.

487 물질파

- (1) 모범답안 충돌 후 A, B의 물질파 파장이 같으므로 운동량의 크기가 같다. 만약 충돌 후 A, B가 반대 방향으로 운동한다면 충돌 후 운동량의 총합이 0이 되어 운동량 보존 법칙에 위배된다. 따라서 충돌 후 A, B는 같은 방향으로 운동한다.

채점 기준	배점
A, B의 운동 방향을 운동량 보존 법칙을 이용하여 옳게 서술한 경우	100%
A, B의 운동 방향을 운동량 보존 법칙을 이용하여 옳게 서술하지 못한 경우	0%

(2) $\frac{5}{3}$

해설

충돌 전 A의 운동량을 p라고 하면 B의 운동량은 $\frac{1}{5}p$ 이다. 따라서 운동량 보존 법칙에 의해 충돌 후 A, B의 운동량은 각각 $\frac{3}{5}p$ 이다.

$\lambda = \frac{h}{p}, \lambda' = \frac{5h}{3p}$ 이므로 $\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{5}{3}$ 이다.

13 에너지 준위, 에너지띠와 반도체

STEP 1 O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기 098쪽

488 ○	489 ○	490 X	491 ○	492 X	493 ○
494 X	495 X	496 ○	497 ○	498 X	499 ○
500 ○	501 X	502 ○	503 ○	504 ○	505 X
506 ○	507 X				

- 488 **알짜풀이** 전자와 원자핵 사이의 거리가 가까울수록 전자에 작용하는 전기력의 크기는 크다.
- 490 **오답넘기** 양자수가 클수록 에너지 준위가 높다.
- 491 **알짜풀이** b에서 전자가 방출하는 에너지는 $(-1.5\text{ eV}) - (-3.4\text{ eV}) = 1.9\text{ eV}$ 이다.
- 492 **오답넘기** a에서 전자가 흡수하는 에너지는 b에서 전자가 방출하는 에너지와 같으므로 1.9 eV이고, c에서 전자가 흡수하는 에너지는 $(-3.4\text{ eV}) - (-13.6\text{ eV}) = 10.2\text{ eV}$ 이다.
- 494 **오답넘기** 전이 과정에서 에너지 준위 차는 a가 b보다 작으므로 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 작다.
- 495 **오답넘기** (나)에서 p와 q 사이의 에너지 차는 q와 r 사이의 에너지 차보다 크다. (가)에서 a와 b의 에너지 차는 b와 c의 에너지 차보다 크므로 r는 c에서 방출된 스펙트럼선이다.
- 496 **알짜풀이** p는 a에서 방출되는 스펙트럼선이고 q는 b에서 방출되는 스펙트럼선이므로 (나)에서 파장은 p가 q보다 길다.
- 498 **오답넘기** A는 띠 간격이 가장 넓으므로 부도체이다.
- 501 **오답넘기** 온도가 높을수록 원자가 띠에서 전도띠로 전이하는 전자의 수가 증가하므로 그만큼 원자가 띠의 양공의 수는 증가한다.
- 502 **알짜풀이** 에너지 준위는 전도띠가 원자가 띠보다 높으므로 원자가 띠의 전자가 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이한다.
- 503 **알짜풀이** S를 a에 연결할 때 저항에 전압이 걸렸으므로 회로에는 전류가 흐른다. 즉, 다이오드는 순방향 전압이 걸렸으므로 X는 p형 반도체이다.
- 504 **알짜풀이** p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
- 505 **오답넘기** S를 b에 연결할 때 다이오드에는 역방향 전압이 걸리므로 n형 반도체의 전자는 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.
- 507 **오답넘기** p-n 접합 다이오드의 공핍층은 다이오드에 순방향 전압(S를 a에 연결)을 걸어 주었을 때가 역방향 전압(S를 b에 연결)을 걸어 주었을 때보다 얇다.

STEP 2 학교 기출 문제로 내신 대비하기 099~103쪽

508 ④	509 해설 참조 510 ④	511 ①	512 ⑤	513 ④
514 ④	515 해설 참조 516 ②	517 ③	518 ①	519 ①
520 해설 참조 521 ③	522 ④	523 ③	524 ③	525 ②
526 ⑤	527 해설 참조 528 ②			

508 스펙트럼

답 ④

알짜풀이

- 나. (나)에서 오른쪽 끝이 빨간색이므로 오른쪽으로 갈수록 파장은 길고 진동수는 작다.
- 다. 기체의 종류에 따라 스펙트럼선의 위치가 다르게 나타난다.

오답넘기

- ㄱ. (가)는 연속 스펙트럼에 특정한 파장의 빛들만 흡수되어 검은 선으로 나타난 흡수 스펙트럼이다.

509 서술형 파동의 중첩

모범답안 $E_A < E_B < E_C$, 방출하는 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례하는데, 파장은 A가 가장 길고, C가 가장 짧기 때문이다.

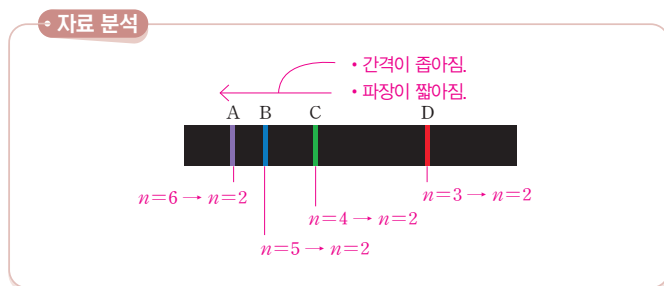
채점 기준	배점
크기와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100%
크기와 까닭 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50%

해설

전자가 궤도 사이에서 전이할 때 방출하는 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례한다. 파장은 C가 가장 짧고 A가 가장 길므로 방출하는 광자 1개의 에너지를 비교하면 $E_A < E_B < E_C$ 이다.

510 수소 원자의 선스펙트럼

답 ④



알짜풀이

- ㄱ. 양자수가 클수록 이웃한 준위의 에너지 차는 감소한다. 따라서 들뜬상태의 $n=2$ 인 궤도로 전이하면서 방출하는 빛의 진동수가 커지는 정도는 점점 감소한다. 즉, 스펙트럼선 사이의 간격이 좁을수록 양자수가 더 큰 궤도에서 전이할 때 방출하는 빛으로, 진동수는 크고 파장이 짧다. A는 $n=6$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 스펙트럼선이고, C는 $n=4$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 스펙트럼선이다. 따라서 파장은 A가 C보다 짧다.
- 나. B는 $n=5$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 스펙트럼선이고 D는 $n=3$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 스펙트럼선이다. 따라서 전자가 전이할 때 방출하는 광자 1개의 에너지는 B를 방출할 때가 D를 방출할 때보다 크다.

오답넘기

- 다. C는 $n=4$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 스펙트럼선이므로 $n=2$ 인 상태의 전자가 C를 흡수하면 $n=4$ 인 상태로 전이한다.

511 수소 원자의 선스펙트럼

답 ①

알짜풀이

ㄱ. 전자가 돌고 있는 궤도와 전자가 가질 수 있는 에너지는 양자수에 따라 결정되므로 전자가 가지는 에너지는 불연속적이다.

오답넘기

- ㄴ. 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 빛의 파장은 에너지에 반비례한다.
- ㄷ. 양자수가 커질수록 전자의 에너지 준위가 높아지므로 전자가 가지는 에너지가 크다.

512 수소 원자의 에너지 준위

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 에너지는 양자화되어 있으므로 에너지 준위는 불연속적이다.
- ㄴ. $n=3$ 인 상태의 에너지 준위는 $n=1$ 인 상태의 에너지 준위보다 높으므로 전이 과정에서 전자의 에너지는 감소한다.
- ㄷ. $n=3$ 인 상태의 에너지 준위와 $n=2$ 인 상태의 에너지 준위 차는 $h(f_2 - f_1)$ 이다. 따라서 $n=2$ 인 상태의 전자가 진동수가 $f_2 - f_1$ 인 빛을 흡수하면 $n=3$ 인 상태로 전이한다.

513 수소 원자 모형

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 전이 과정에서 에너지 준위 차가 클수록 방출되는 빛의 에너지와 진동수가 크다. 따라서 전이 과정에서 방출되는 빛의 진동수는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄷ. n 이 커질수록 이웃하는 에너지 준위 사이의 간격은 작아진다.

오답넘기

- ㄴ. 양자수가 클수록 전자가 갖는 에너지 준위가 크다. 따라서 전자가 갖는 에너지 준위는 $n=2$ 에서가 $n=3$ 에서보다 작다.

514 에너지 준위와 선스펙트럼

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 수소 원자의 전자가 갖는 에너지는 양자화되어 있어 불연속적이다.
- ㄴ. ㉠은 (가)에서 방출된 빛 중에서 파장이 가장 짧은 선스펙트럼선이므로 (가)의 a에서 방출된 빛의 선스펙트럼선이다.

오답넘기

- ㄷ. 전이 과정에서 에너지 준위의 차가 클수록 방출되는 광자 1개의 에너지가 크다. 따라서 방출되는 광자 1개의 에너지는 b에서가 c에서보다 크다.

515 서술형 에너지 준위와 선스펙트럼

▶ 모범답안 (가)에서 에너지는 b가 a보다 크고 파장이 길수록 에너지는 작으므로 (나)에서 에너지는 p가 q보다 크다. 따라서 p는 b, q는 a에서 방출된 선스펙트럼선이다.

채점 기준	배점
a, b에 해당하는 선스펙트럼선을 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100%
a, b에 해당하는 선스펙트럼선은 옳게 찾았지만 까닭은 제대로 서술하지 못한 경우	40%

해설

(가)에서 전자의 전이 과정에서 방출된 에너지는 b가 a보다 크다. 파장이 길수록 에너지는 작으므로 (나)에서 에너지는 p가 q보다 크다. 따라서 p는 b에서 방출된 선스펙트럼선이고, q는 a에서 방출된 선스펙트럼선이다.

516 수소 원자의 에너지 준위

답 ②

알짜풀이

- ㄴ. $n=3$ 인 상태의 에너지 준위와 $n=2$ 인 상태의 에너지 준위의 차는 $-1.51 - (-3.4) = 1.89(eV)$ 이므로 방출하는 빛의 에너지는 1.89 eV이다.

오답넘기

- ㄱ. 양자수가 클수록 에너지 준위가 크다.
- ㄷ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 $n=3$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때가 $n=1$ 인 상태로 전이할 때보다 작다. 에너지가 클수록 파장은 짧으므로 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 $n=2$ 인 상태로 전이할 때가 $n=1$ 인 상태로 전이할 때보다 길다.

517 고체의 에너지띠

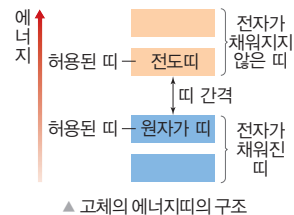
답 ③

알짜풀이

- ㄱ. 띠 간격은 원자가 띠와 띠 사이의 간격이다. 따라서 ㉠은 띠도 띠이다.
- ㄴ. 띠 간격이 좁은 고체일수록 전기 전도성이 좋다. 따라서 ㉡은 전기 전도성이 좋다.

오답넘기

- ㄷ. 전기 전도성은 반도체가 부도체보다 좋으므로 띠 간격은 반도체가 부도체보다 좁다.



518 에너지띠

답 ①

알짜풀이

- ㄱ. X는 에너지띠 사이의 간격이므로 에너지 준위가 X에 해당하는 전자는 존재하지 않는다.

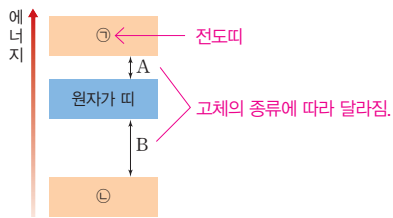
오답넘기

- ㄴ. 같은 에너지띠에 있는 전자의 에너지 준위는 미세하게 갈라지므로 전자가 가진 에너지는 같지 않다.
- ㄷ. 에너지띠는 원자 사이의 간격이 좁은 고체에서 원자의 에너지 준위가 미세하게 갈라져 있어 에너지띠로 나타난다. 기체는 원자 사이의 간격이 멀어 에너지띠로 나타나지 않는다.

519 고체의 에너지띠 구조

답 ①

자료 분석



알짜풀이

ㄱ. ①은 원자가 띠보다 에너지 준위가 높은 전도띠이다.

오답탐기

- ㄴ. A는 띠 간격이다. 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 좋다.
- ㄷ. 고체 물질의 종류에 따라 인접한 에너지띠 사이의 간격이 달라진다.

520 서술형 도체와 부도체의 에너지띠

(1) 모범답안 A, 띠 간격은 도체가 부도체보다 좁기 때문이다.

채점 기준	배점
도체를 고르고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
도체만 옳게 고른 경우	40%

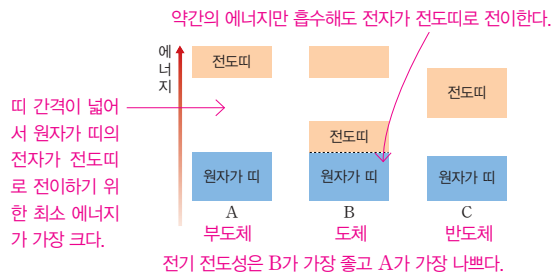
(2) 모범답안 전기 전도성은 A가 B보다 좋다. 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 좋기 때문이다.

채점 기준	배점
전기 전도성을 비교하고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
전기 전도성만 옳게 비교한 경우	40%

521 고체의 에너지띠

답 ③

자료 분석



알짜풀이

- ㄱ. B는 전도띠와 원자가 띠 사이의 띠 간격이 없으므로 B는 도체이다.
- ㄷ. 부도체인 A가 반도체인 C보다 띠 간격이 넓으므로 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하기 위해서는 A가 C보다 큰 에너지가 필요하다.

오답탐기

ㄴ. 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 좋으므로, 전기 전도성은 B가 A보다 좋다.

522 에너지띠

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. B는 반도체이고, 띠 간격은 C가 B보다 크므로 C는 부도체이다. 따라서 A는 도체이다. 도체의 띠 간격은 반도체보다 작으므로 ①은 E_0 보다 작다.
- ㄴ. 반도체는 온도가 높을수록 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하여 자유 전자와 양공의 수가 증가한다.

오답탐기

ㄷ. C(부도체)에서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하기 위해 흡수해야 하는 에너지가 매우 크므로 전도띠에는 전자가 거의 존재하지 않는다. 따라서 상온에서 전도띠의 전자는 A가 C보다 많다.

523 반도체

답 ③

알짜풀이

ㄷ. 불순물 반도체는 고유 반도체에 전자 또는 양공이 많아지도록 도핑한 반도체이다. 따라서 상온에서 전기 전도성은 ㉔이 ㉓보다 좋다.

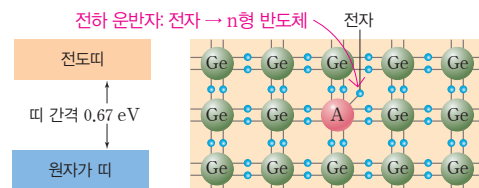
오답탐기

- ㄱ. n형 반도체는 순수한 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 첨가한 반도체이고, p형 반도체는 순수한 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 첨가한 반도체이다. 따라서 ㉔은 5, ㉓은 3이므로 ㉔은 ㉓보다 2만큼 크다.
- ㄴ. p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 하고, n형 반도체는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.

524 n형 반도체

답 ③

자료 분석



전하 운반자: 전자 → n형 반도체

- n형 반도체: 원자가 전자가 4개인 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 비소(As), 인(P), 안티모니(Sb) 등을 첨가하면 5개의 원자가 전자 중 4개는 저마늄과 결합하고, 남은 전자가 존재한다. 이 전자가 전하 운반자가 되어 전류가 흐르는 반도체이다.
- 저마늄(Ge)에 A를 첨가하면 남은 전자에 의해 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지띠가 만들어져서 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라가 전류가 흐를 수 있다.

알짜풀이

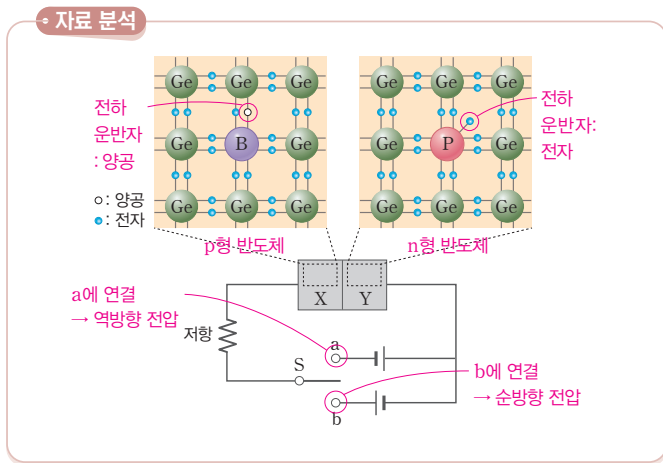
ㄷ. (나)는 주로 전자가 전류를 흐르게 하는 n형 반도체이다. n형 반도체에서는 도핑에 의해 남은 전자가 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지 준위를 만들며, 새롭게 만들어진 에너지 준위에 채워진 전자는 쉽게 전도띠로 전이할 수 있다.

오답탐기

- ㄱ. (나)에서는 4개의 전자가 공유 결합을 하고 전자 1개가 남았다. 따라서 A의 원자가 전자는 5개이다.
- ㄴ. 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.

525 p-n 접합 다이오드

답 ②



알짜풀이

ㄴ. X는 p형 반도체이고, Y는 n형 반도체이다. S를 a에 연결하면 다이오드에는 역방향 전압이 걸리므로 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

오답نب기

- ㄱ. X에서는 저마늄(Ge)에 붕소(B)를 도핑했을 때 공유 결합 중 전자의 빈자리인 양공이 생겼고, Y에서는 저마늄(Ge)에 인(P)을 도핑했을 때 공유 결합에 참여하지 못하는 여분의 전자가 생겼다. 따라서 붕소(B)는 원자가 전자가 3개인 원소이고, 인(P)은 원자가 전자가 5개인 원소이다.
- ㄷ. S를 b에 연결하면 다이오드에는 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체의 양공은 접합면 쪽으로 이동한다.

526 p-n 접합 다이오드

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. X는 전지의 (+)극에 연결되어 있고, 다이오드에는 역방향 전압이 걸리므로 X는 n형 반도체이다.
- ㄷ. Y는 p형 반도체이므로 Y의 주요 전하 운반자는 양공이다.

오답نب기

ㄱ. X와 Y에서 전하 운반자가 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동하므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다.

527 서술형 p-n 접합 다이오드

(1) 모범답안 흐르지 않는다. 다이오드에 역방향 전압이 걸리기 때문이다.

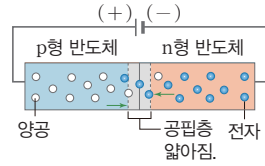
채점 기준	배점
전류가 흐르는지와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
전류가 흐르지만 옳게 쓴 경우	40%

(2) 모범답안 스위치를 b에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체의 양공은 접합면 쪽으로 이동한다.

채점 기준	배점
순방향 전압이 걸리는 것과 양공의 이동 방향을 접합면을 이용하여 옳게 서술한 경우	100%
양공의 이동 방향만 옳게 서술한 경우	50%

해설

다이오드에 순방향 전압이 걸리면 p형 반도체의 양공은 n형 반도체 쪽으로 이동하고, n형 반도체의 전자는 p형 반도체 쪽으로 이동한다.



528 발광 다이오드

답 ②

알짜풀이

ㄴ. 7초일 때 B에는 순방향 전압이 걸리고, A에는 역방향 전압이 걸리므로 B에서만 빛이 방출된다.

오답نب기

- ㄱ. 1초일 때 A에는 순방향 전압이 걸렸고, B에는 역방향 전압이 걸렸으므로 저항에 흐르는 전류의 방향은 ⊖과 반대 방향이다.
- ㄷ. 띠 간격이 넓을수록 LED에서 방출되는 빛의 파장이 짧다. 방출되는 빛의 파장은 A가 B보다 길므로 띠 간격은 A가 B보다 좁다.



14 특수 상대성 이론

STEP 1		O/X 문제로 4종 교과서 핵심 자료 보기				105쪽
529 ○	530 X	531 X	532 ○	533 ○	534 ○	
535 X	536 ○	537 X	538 ○	539 X	540 ○	
541 ○	542 ○	543 ○	544 X	545 ○	546 ○	
547 X	548 X					

- 530 오답내기** 광속 불변 원리에 의해 기차에서 방출된 빛의 속력은 A의 관성계에서와 B의 관성계에서가 같다.
- 531 오답내기** B가 관측할 때 공의 운동 경로는 직선 경로이고, A가 관측할 때 공의 운동 경로는 포물선 경로이다.
- 532 알짜풀이** 상대성 원리에 의해 모든 관성계에서 운동 법칙은 동일하게 성립한다.
- 534 알짜풀이** 빛 시계에 대해 정지해 있는 관찰자가 측정한 시간이 고유 시간이므로 B의 관성계에서 측정한 시간이 고유 시간이다.
- 535 오답내기** B의 관성계에서 빛은 위아래로 진행하지만 A의 관성계에서는 빛이 대각선 방향으로 진행하므로 빛이 진행하는 경로의 길이는 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다. 따라서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다.
- 536, 537 오답내기** A의 관성계에서는 B가 운동하므로 B의 시간은 A의 시간보다 느리게 가고, B의 관성계에서는 A가 운동하므로 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
- 539 오답내기** 우주선이 A에 대해 운동하므로 A의 관성계에서 우주선의 길이는 수축된다. 따라서 A가 측정한 우주선의 길이는 L_0 보다 작다.
- 540, 541 알짜풀이** B의 관성계에서는 깃발이 $0.8c$ 의 속력으로 운동하므로 깃발의 길이가 수축된다.
- 543 알짜풀이** 광원과 P 사이의 길이는 정지해 있는 영희가 측정한 길이가 고유 길이이다.
- 544 오답내기** 영희가 측정한 시간이 고유 시간이므로 $t_{\text{관수}} > t_{\text{영희}}$ 이다.
- 545 알짜풀이** 광속 불변 원리에 따라 광원에서 나온 빛의 속력은 관찰자에 관계없이 같게 측정된다.
- 546 알짜풀이** 상대 속도는 관찰자가 자신은 정지해 있다고 생각하고 측정한 물체의 속도이므로 철수가 측정한 B의 속력과 영희가 측정한 A의 속력은 같다.
- 547 오답내기** 우주선 A, B의 고유 길이가 같으므로 철수가 측정한 B의 길이와 영희가 측정한 A의 길이는 같다.
- 548 오답내기** 우주 정거장에 대해 B가 더 빠르게 운동하므로 길이 수축이 더 크게 일어난다. 따라서 영희가 측정한 우주 정거장의 길이가 더 짧다.

STEP 2		학교 기출 문제로 내신 대비하기				106~108쪽
549 ④	550 ③	551 ④	552 ③	553 ②	554 ②	
555 해설 참조	556 ⑤	557 ③	558 ①	559 ⑤	560 ①	

549 상대 속도

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. A가 측정할 때 B의 속력, 즉 A에 대한 B의 상대 속력은 B의 속력에 서 A의 속력을 뺀 값이므로 $20 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$ 이다.
- ㄴ. B와 C는 같은 속도로 운동하므로 C가 측정할 때 B는 정지해 있다.

오답내기

- ㄴ. B의 속력이 A의 속력보다 크므로 B가 측정할 때 A는 서쪽으로 운동한다.

550 특수 상대성 이론

답 ③

알짜풀이

- A: 모든 관성계에서 물리 법칙이 동일하게 성립한다는 상대성 원리는 특수 상대성 이론의 기본 가설이다.
- C: 특수 상대성 이론은 정지해 있거나 등속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 정한 관성 좌표계에서 성립하는 이론이다.

오답내기

- B: 진공에서 빛의 속력은 관찰자의 속력에 관계없이 동일하다. 이를 광속 불변 원리라고 한다.

551 특수 상대성 이론

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. 기차가 B에 대해 일정한 속도로 운동하므로 A의 관성계에서 B는 등속도 운동을 한다.
- ㄴ. A와 B의 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립하므로 가속도와 힘의 관계식은 A, B의 관성계에서 같다.

오답내기

- ㄴ. A가 관찰할 때에는 공이 연직 아래 방향으로 운동하지만 B가 관찰할 때에는 공이 포물선 경로를 따라 운동한다.

552 특수 상대성 이론

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. (가)에서 기차가 A에 대해 v 의 속력으로 운동하므로 B가 측정한 A의 속력은 v 이다.
- ㄴ. (가)에서 화살이 B에 대해 $2v$ 의 속력으로 운동하므로 A가 측정한 화살의 속력은 $2v + v = 3v$ 이다.

오답내기

- ㄴ. 빛의 속력은 광원의 속력에 관계없이 일정하므로 (나)에서 A가 측정한 빛의 속력은 c 이다.

553 시간 팽창과 길이 수축

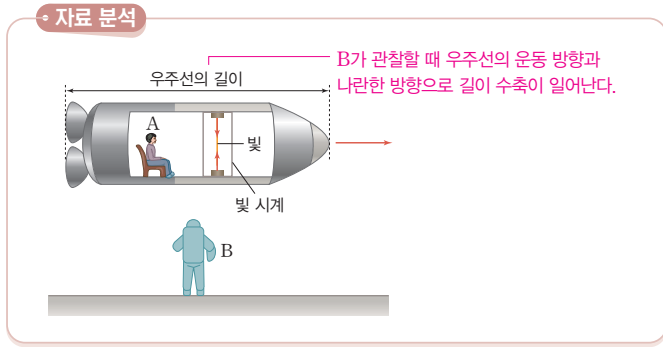
답 ②

알짜풀이

- ㄴ. 수축된 우주선의 길이가 같고, 우주선의 속력은 A가 B보다 크므로 우주선의 고유 길이는 A가 B보다 크다.

오답내기

- ㄱ. 광속 불변 원리에 의해 B의 관성계에서 레이저 빛의 속력은 c 이다.
- ㄴ. P의 관성계에서 우주선의 속력은 A가 B보다 크므로 A에서의 시간이 B에서의 시간보다 느리게 간다.



알짜풀이

ㄷ. B에 대해 우주선이 운동하므로 B의 관성계에서 우주선의 길이는 수축된다.

오답نب기

- ㄱ. 빛의 속력은 모든 관성계에서 같다.
- ㄴ. 빛 시계 속의 빛이 1회 왕복하는 동안 빛이 진행한 거리는 B의 관성계에서 A의 관성계에서보다 크다. 따라서 빛이 1회 왕복하는 데 걸린 시간은 B의 관성계에서 A의 관성계에서보다 크다.

555 서술형 길이 수축

(1) **모범답안** 광속 불변 원리에 의해 A의 관성계에서 빛의 속력과 B의 관성계에서 빛의 속력은 c 로 같다.

채점 기준	배점
광속 불변 원리에 의해 빛의 속력이 같다고 서술한 경우	100%
광속 불변 원리를 적용하지 않고, 빛의 속력이 같다고만 서술한 경우	40%

(2) **모범답안** B는 우주선에 대해 정지해 있으므로 B의 관성계에서 우주선의 길이는 고유 길이이다. A의 관성계에서 우주선은 $0.9c$ 의 속력으로 운동하므로 우주선의 길이가 수축된다. 따라서 우주선의 길이는 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 작다.

채점 기준	배점
우주선의 고유 길이를 이용하여 우주선의 길이를 옳게 비교한 경우	100%
고유 길이를 이용하지 않고 우주선의 길이를 옳게 비교한 경우	60%

556 특수 상대성 이론에 의한 현상

알짜풀이

- ㄱ. A가 탄 우주선이 수평면에 대해 $0.9c$ 의 속력으로 운동하므로 A의 관성계에서 P의 속력은 $0.9c$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서 B는 운동하므로 B에서의 시간은 A에서의 시간보다 느리게 간다.
- ㄷ. A가 B보다 속력이 크므로 P와 Q 사이의 길이 수축은 A의 관성계에서가 더 크다. 따라서 P와 Q 사이의 거리는 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 작다.

알짜풀이

- ㄱ. B의 관성계에서는 A가 운동하므로 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. B의 관성계에서 막대의 길이는 수축되고, A의 관성계에서 측정한 막대의 길이가 고유 길이이다. 따라서 막대의 고유 길이는 L 보다 크다.

오답نب기

ㄷ. B의 관성계에서 막대의 속력이 $\frac{L}{t_0}$ 이므로 A의 관성계에서 우주선의 속력도 $\frac{L}{t_0}$ 이다.

558 길이 수축

알짜풀이

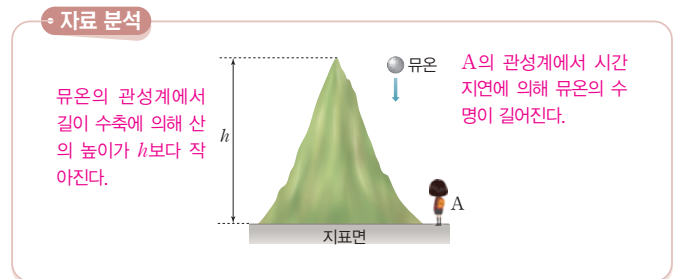
① A에 대해 P, Q가 운동하므로 우주선의 길이는 수축된다. 우주선의 속력은 Q가 P보다 크므로 우주선의 길이는 Q가 P보다 더 많이 수축된다. 따라서 $L_0 > L_P > L_Q$ 이다.

559 특수 상대성 이론

알짜풀이

- ㄱ. A가 관측할 때 빛은 대각선 방향으로 이동하므로 $L_A > L_B$ 이다.
- ㄴ. 우주선의 속력이 클수록 수평면에 놓인 막대의 길이가 더 많이 수축된다. 따라서 막대의 길이가 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크므로 우주선의 속력은 $v_A < v_B$ 이다.
- ㄷ. 빛의 속력은 A, B의 관성계에서 같으므로 $\frac{L_A}{t_A} = \frac{L_B}{t_B}$ 이다. 따라서 $\frac{L_A}{L_B} = \frac{t_A}{t_B}$ 이다.

560 특수 상대성 이론에 의한 현상



알짜풀이

ㄱ. 산에 대해 정지해 있는 A가 측정한 산의 높이가 고유 길이이므로 산의 고유 높이는 h 이다.

오답نب기

- ㄴ. A의 관성계에서 뮤온은 광속에 가까운 속력으로 운동하므로 뮤온의 시간이 느리게 간다. 따라서 A의 관성계에서 뮤온의 수명은 고유 수명 T 보다 길다.
- ㄷ. 뮤온의 관성계에서 산이 광속에 가까운 속력으로 운동하므로 산의 높이는 수축되어 고유 길이 h 보다 작다.

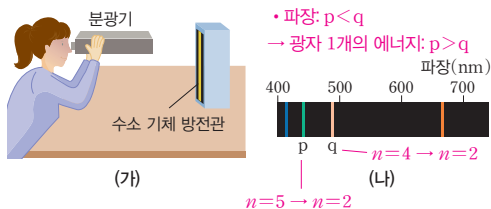
STEP 3 단원 종합 문제로 만점 도전하기 109~112쪽

- 561 ③ 562 ④ 563 ⑤ 564 ⑤ 565 ② 566 ①
 567 ③ 568 ② 569 ④ 570 ⑤ 571 ③ 572 ⑤
 서술형 문제 573~576 해설 참조

561 선 스펙트럼

답 ③

자료 분석



알짜풀이

- ㄱ. 수소 원자의 전자가 전이할 때 선 스펙트럼이 나타나므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
 ㄴ. 빛의 파장이 길수록 광자 1개의 에너지는 작다. 따라서 광자 1개의 에너지는 p에 해당하는 빛이 q에 해당하는 빛보다 크다.

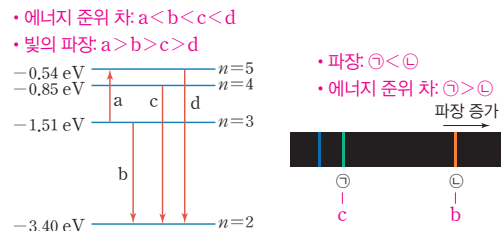
오답탐기

- ㄷ. 수소 원자의 전자가 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 가시광선 영역의 스펙트럼이 나타난다. 광자 1개의 에너지는 p에 해당하는 빛보다 q에 해당하는 빛이 작으므로 q는 전자가 $n=4$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 나타난 스펙트럼선이다.

562 에너지 준위와 수소 원자의 선 스펙트럼

답 ④

자료 분석



알짜풀이

- ㄱ. 전자가 높은 에너지 준위로 전이할 때 흡수되는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같다. 따라서 a에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 $(-0.54 \text{ eV}) - (-1.51 \text{ eV}) = 0.97 \text{ eV}$ 이다.
 ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 에너지 준위 차에 비례한다. 에너지 준위 차는 c에서 b에서보다 크므로 방출되는 빛의 진동수는 c에서 b에서보다 크다.

오답탐기

- ㄷ. 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 두 에너지 준위 차에 반비례한다. ㉠은 c에 의해 나타난 스펙트럼선이고, 에너지 준위 차는 b에서 d에서보다 작으므로 방출되는 빛의 파장은 b에서 d에서보다 길다. 따라서 ㉡은 b에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

563 에너지 준위

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. A에서 방출된 빛의 에너지와 B에서 방출된 빛의 에너지의 합은 C에서 방출된 빛의 에너지와 같다. 따라서 ㉠ = $1.9 + 10.2 = 12.1 (\text{eV})$ 이다.
 ㄷ. 전이 과정에서 방출된 빛의 진동수는 에너지에 비례하므로 $f_c = f_A + f_B$ 이다.

오답탐기

- ㄱ. 전이 과정에서 방출된 빛의 에너지는 B에서 A에서보다 크므로 빛의 진동수는 f_B 가 f_A 보다 크다.

564 고체의 에너지띠

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. 원자가 띠에 있던 전자가 에너지를 흡수하면 전도띠로 전이한다. 온도가 높을수록 원자가 띠의 전자는 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이하기 쉬우므로 ㉠에 존재하는 전자의 수는 증가한다.
 ㄷ. 띠 간격은 A가 B보다 크므로 전기 전도성은 B가 A보다 좋다. 따라서 A는 반도체이고 B는 도체이다.

오답탐기

- ㄱ. 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 큰 에너지띠는 원자가 띠이다. 원자가 띠 바로 위의 에너지띠인 ㉠은 전도띠이다.

565 고체의 에너지띠

답 ②

자료 분석

부도체	반도체
<p>A</p>	<p>B</p>
띠 간격이 비교적 넓고, 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있다.	띠 간격이 비교적 좁고, 원자가 띠에 전자가 가득 채워져 있다.
전자가 전도띠로 거의 이동할 수 없기 때문에 전류가 거의 흐르지 않는다.	원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하면 전도띠로 이동할 수 있다.
전기 전도성이 좋지 않다.	전기 전도성이 도체와 부도체의 중간이다.

알짜풀이

- ㄴ. 규소(Si)는 반도체이고, 다이아몬드는 부도체이다. 띠 간격은 A가 B보다 크므로 A는 부도체인 다이아몬드이고 B는 반도체인 규소(Si)이다.

오답탐기

- ㄱ. 띠 간격이 좁을수록 전기 전도성이 좋으므로 전기 전도성은 띠 간격이 좁은 B가 A보다 좋다.
 ㄷ. 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.

566 반도체의 종류

답 ①

알짜풀이

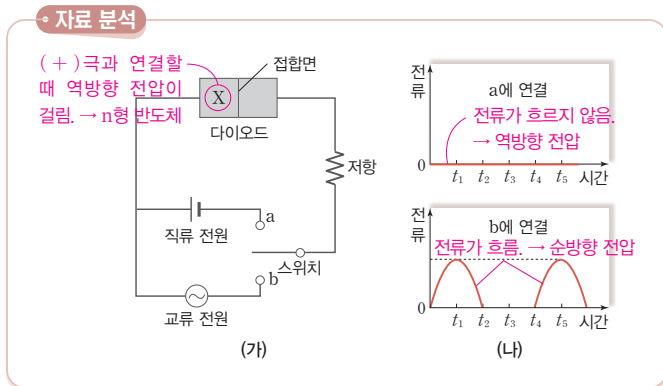
ㄴ. C는 주로 양공이 전하를 운반하므로 p형 반도체이다. 따라서 B는 n형 반도체이다. n형 반도체는 상온에서 전도띠에 전자가 있다.

오답نب기

- ㄱ. A는 순수한 반도체이고 B는 순수한 반도체에 불순물을 첨가하여 전기 전도성을 좋게 한 불순물 반도체이다. 따라서 전기 전도성은 B가 A보다 좋다.
- ㄷ. p형 반도체인 C는 순수한 반도체에 원자가 전자가 3개인 불순물을 첨가하여 만들어진다.

567 p-n 접합 다이오드

답 ③



알짜풀이

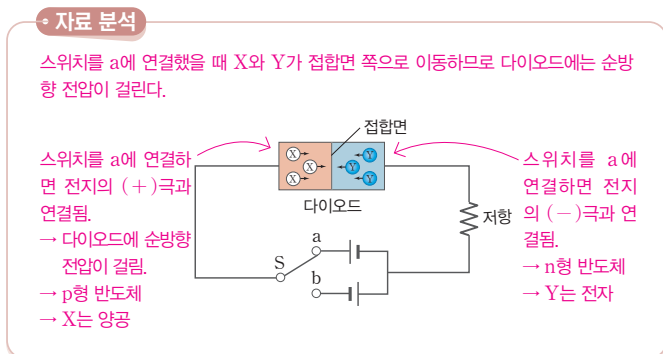
ㄷ. 스위치를 b에 연결하고 t_1 일 때와 t_5 일 때 저항에는 전류가 흐르므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다. 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 정류 작용을 하므로 저항에 흐르는 전류의 방향은 t_1 일 때와 t_5 일 때가 같다.

오답نب기

- ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 저항에는 전류가 흐르지 않았으므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다. X는 직류 전원의 (+)극과 연결되므로 X는 n형 반도체이다. 따라서 X는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.
- ㄴ. 스위치를 b에 연결하고 t_3 일 때 저항에는 전류가 흐르지 않았으므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다. 다이오드에 역방향 전압이 걸릴 때 다이오드에서 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

568 p-n 접합 다이오드

답 ②



알짜풀이

ㄴ. S를 b에 연결하면 다이오드에는 역방향 전압이 걸리므로 X와 Y는 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

오답نب기

- ㄱ. S를 a에 연결했을 때 X와 Y가 접합면 쪽으로 이동하므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 X는 양공이고, Y는 전자이다.
- ㄷ. 공핍층은 다이오드에 역방향 전압이 걸릴 때가 순방향 전압이 걸릴 때보다 두껍다.

569 특수 상대성 이론

답 ④

알짜풀이

- ㄱ. A의 관성계에서 우주선 안에 있는 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 동안 진행한 거리는 빛 시계의 고유 길이의 2배보다 크므로 빛 시계의 고유 길이는 ct_0 보다 작다.
- ㄷ. 수평면에 놓인 빛 시계에서 고유 시간은 A가 측정한 것이므로 t_0 보다 작다.

오답نب기

ㄴ. B에 대해 A가 운동하므로 B의 관성계에서 수평면에 놓인 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 t_0 이다.

570 시간 팽창

답 ⑤

알짜풀이

- ㄱ. 우주선의 관성계에서는 우주 정거장이 $0.8c$ 의 속력으로 운동한다.
- ㄴ. 우주선의 관성계에서는 우주 정거장이 운동하므로 우주 정거장에서의 시간은 우주선에서의 시간보다 느리게 간다.
- ㄷ. 광속 불변 원리에 따라 우주 정거장에서 측정할 때 빛의 속력은 c 이다.

571 시간 팽창과 길이 수축

답 ③

알짜풀이

- ㄱ. A는 P에 대해 $0.7c$ 의 속력으로 운동하므로 A의 관성계에서 P의 속력은 $0.7c$ 이다.
- ㄷ. 속력이 클수록 길이 수축이 크게 일어난다.

오답نب기

ㄴ. A의 관성계에서 P의 속력은 $0.7c$ 이고 B의 속력은 $0.7c$ 보다 작다. 즉, P의 속력이 B의 속력보다 크므로 B의 시간이 P의 시간보다 빠르게 간다.

572 특수 상대성 이론

답 ⑤

알짜풀이

- ㄴ. A의 관성계에서는 P의 길이가 수축되지 않고, B의 관성계에서는 P의 길이가 수축된다.
- ㄷ. P에 대해 A가 B보다 더 큰 속력으로 운동하므로 시간 팽창에 의해 빛이 1회 왕복하는 데 걸린 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

오답نب기

ㄱ. 빛의 속력은 A, B의 관성계에서 c 로 서로 같다.

서술형 문제

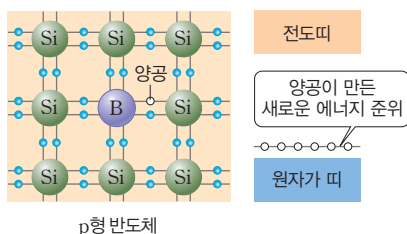
573 에너지띠와 반도체

모범답안 p형 반도체, (나)는 상온에서 원자가 띠에 양공의 수가 많아지도록 도핑되었기 때문이다.

채점 기준	배점
p형 반도체를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100%
p형 반도체를 쓰고, 양공의 수가 많기 때문이라고만 서술한 경우	60%
p형 반도체를 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30%

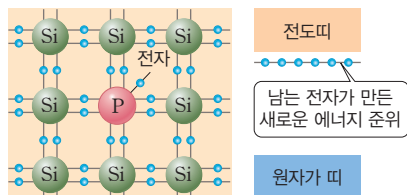
해설

p형 반도체는 원자가 띠 위에 양공에 의한 새로운 에너지 준위가 만들어진다.



p형 반도체

또한 n형 반도체는 전도띠 아래에 남은 전자에 의해 새로운 에너지 준위가 만들어진다.



574 발광 다이오드

(1) ㉠ (+)극

해설

스위치를 a에 연결했을 때 발광 다이오드에서 빛이 방출되었으므로 발광 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다. 이때 p형 반도체는 ㉠과 연결되므로 ㉠은 (+)극이다.

(2) 모범답안 스위치를 a에 연결했을 때 발광 다이오드에는 순방향 전압이 걸리므로 빛이 계속 방출되고, 스위치를 b에 연결했을 때 발광 다이오드에는 순방향 전압과 역방향 전압이 주기적으로 번갈아가며 걸리므로 발광 다이오드에서는 빛이 켜졌다 꺼졌다를 반복한다.

채점 기준	배점
빛의 차이를 a, b에 각각 연결했을 때로 구분하여 옳게 서술한 경우	100%
빛의 차이를 a, b로 각각 구분하지 않고 서술한 경우	50%

575 뮤온

모범답안 뮤온의 관성계에서는 지구가 0.99c의 속력으로 운동하기 때문에 길이가 수축되어 지표면에 도달할 수 있는 것이다. 지표면의 관성계에

서는 뮤온이 0.99c의 속도로 운동하므로 시간이 느리게 간다. 즉, 지표면의 관성계에서 뮤온의 수명은 2×10^{-6} 초보다 길기 때문에 지표면에 도달할 수 있는 것이다.

채점 기준	배점
뮤온의 관성계와 지표면의 관성계에서 뮤온이 지표면에 도달할 수 있는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100%
뮤온의 관성계 또는 지표면의 관성계 중 하나의 경우에만 뮤온이 지표면에 도달할 수 있는 까닭을 옳게 서술한 경우	80%

576 시간 팽창과 길이 수축

(1) 모범답안 B의 운동 방향과 수직인 O와 P 사이의 거리는 수축되지 않는다. 그러나 B의 운동 방향과 나란한 O와 Q 사이의 거리는 수축된다. 따라서 B의 관성계에서 O와 P 사이의 거리가 O와 Q 사이의 거리보다 크다.

채점 기준	배점
운동 방향과 나란한 방향의 길이가 수축되고, 수직인 방향의 길이는 수축되지 않는다는 것을 이용하여 옳게 서술한 경우	100%
거리 비교는 옳으나 서술이 미흡한 경우	50%

(2) 모범답안 B의 관성계에서 P, Q로 진행하는 빛의 속력은 같고, P와 Q는 B가 운동하는 방향과 반대 방향으로 이동한다. 따라서 빛이 P에 도달하는 동안 진행한 거리는 빛이 Q에 도달하는 동안 진행한 거리보다 크므로 빛이 P에 도달하는 데 걸린 시간이 Q에 도달하는 데 걸린 시간보다 길다.

채점 기준	배점
광속 불변 원리를 적용하여 빛이 도달하는 데 걸린 시간을 옳게 비교한 경우	100%
도달하는 데 걸린 시간은 옳게 비교하였으나 서술이 미흡한 경우	50%