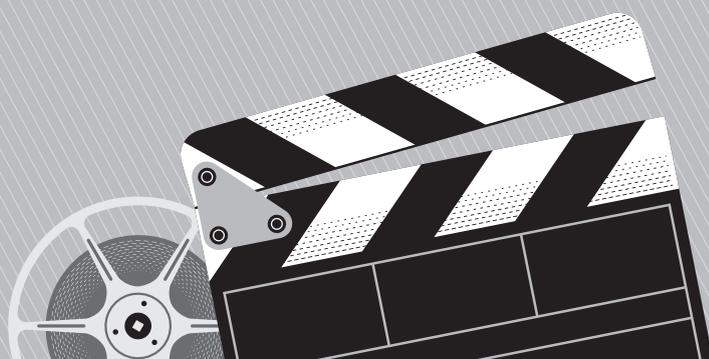




EBS 수능완성 물리 I

# 정답과 해설



# I. 시공간과 우주



## 시공간의 측정과 물체의 운동

★ **달은 끝 문제로 유형 익히기** ★ 본문 5쪽

**정답** ⑤

**예설** | 가속도가 일정한 등가속도 직선 운동에서 물체의 처음 속력이  $v_0$ , 나중 속력이  $v$ 일 때 평균 속력은  $\frac{v_0+v}{2}$ 와 같지만, 가속도의 크기가 변하는 경우에 평균 속력은  $\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}$ 로 구해야 한다.

**정답맞히기** ㄱ. B에서의 속력을  $v$ 라 할 때, A에서의 속력은 0에서부터  $v$ 까지 증가하는 등가속도 직선 운동이므로 A에서 평균 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이다. 따라서 평균 속력은 B에서가 A에서의 2배이다.

ㄴ. 각 구간을 지나는데 걸린 시간을  $t$ , B에서의 속력을  $v$ 라 할 때, B의 길이는  $vt$ 이고, A의 길이는  $\frac{1}{2}vt$ 이다. 구간 길이는 C에서가 A에서의 4배이므로 C의 길이는  $2vt$ 이다. 따라서 구간 길이는 C에서가 B에서의 2배이다.

ㄷ. 구간을 지나는데 걸린 시간은 같고, 구간 길이는 C에서가 A에서의 4배이므로 평균 속력은 C에서가 A에서의 4배이다. A에서의 평균 속력은  $\frac{1}{2}v$ , C에서의 평균 속력은  $2v$ 이다. 따라서 A에서의 속도 증가량은  $v$ 이고, C에서의 속도 증가량은  $2v$ 이다. 구간을 지나는데 걸린 시간이 같으므로 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 2배이다.

**테마별 수능 필수유제** 본문 6~7쪽

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

### 01 시간과 길이의 표준

**예설** | 세슘 원자에서 방출되는 빛의 진동수를 이용하여 1초를 정의하는 원자시로 시간을 정의하고, 빛이 진공에서  $\frac{1}{299,792,458}$ 초 동안 진행한 거리를 1m로 정의한다.

**정답맞히기** A. 현재 사용하는 시간의 표준은 원자시로, 세슘 원자에서 방출되는 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸리는 시간을 현재 1초의 정의로 사용한다.

**오답맞히기** B. 빛이 진공에서  $\frac{1}{299,792,458}$ 초 동안 진행하는 거리를 1m로 정의한다. 길이의 국제 표준 단위는 미터(m)이다.

C. 1m는 빛이 진공에서 진행하는 거리로 정의하고, 시간은 세슘 원자가 방출되는 빛의 진동수를 이용하여 정의한다.

### 02 양부일구

**예설** | 양부일구에서 세로선은 하루 중의 시각을 나타내고, 가로선은 절기를 나타내며, 하루 동안 영침의 그림자는 같은 가로선을 따라 이동한다.

**정답맞히기** ㄱ. (가)에서 영침의 그림자가 동쪽으로 향하고 있으므로 태양은 서쪽에 위치한다. 따라서 (가)는 오후에 관측한 것이다.

ㄴ. 양부일구에서 영침의 그림자가 가장 길 때가 동지이고, 가장 짧을 때가 하지이다. 따라서 (나)를 관측한 계절은 여름이다.

**오답맞히기** ㄷ. 동일한 시각에 태양의 고도가 높을수록 영침의 그림자의 길이는 짧아진다. 따라서 태양의 고도는 (가)에서가 (나)에서보다 낮다.

### 03 속도-시간 그래프

**예설** | 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도를 나타내고, 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 변위를 나타낸다.

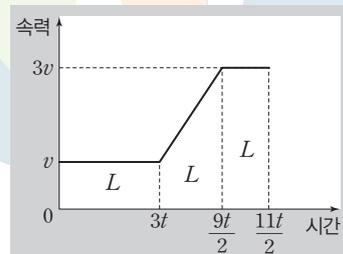
**정답맞히기** ㄱ. 속도-시간 그래프에서 속도가 (+)의 값일 때 그래프와 시간 축이 이루는 면적이 오른쪽 방향으로 이동한 거리라면, 속도가 (-)의 값일 때 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 왼쪽 방향으로 이동한 거리이다. 0부터  $2t$ 까지 이동한 거리는 오른쪽 방향으로  $vt$ 이고,  $2t$ 부터  $3t$ 까지 이동한 거리는 왼쪽 방향으로  $\frac{1}{2}vt$ 이므로  $t$ 일 때와  $3t$ 일 때 자동차의 위치는 같다.

ㄴ.  $2t$ 부터  $3t$ 까지 속도는 (-)의 값을 가지므로 운동 방향은 왼쪽 방향이다. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도이다. 가속도가 (-)의 값을 가지므로 가속도의 방향은 왼쪽 방향이다. 따라서 운동 방향과 알짜힘의 방향은 같다. 또한 속력이 증가하므로 운동 방향과 알짜힘의 방향은 같다.

ㄷ. 0부터  $4t$ 까지 이동한 거리가  $2vt$ 이므로 평균 속력은  $v_{\text{평균}} = \frac{2vt}{4t} = \frac{1}{2}v$ 이다.

### 04 등가속도 직선 운동과 등속도 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 처음 속력이  $v_0$ , 나중 속력이  $v$ 일 때 평균 속력은  $\frac{v_0+v}{2}$ 이다. 자동차의 운동을 속도-시간 그래프로 나타내면 다음과 같다.



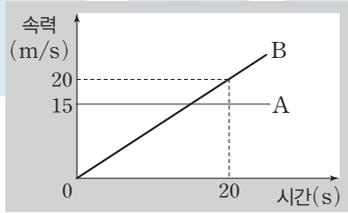
**정답맞히기** A. A, C에서 등속도 운동이고, A, C를 통과하는데 걸린 시간이 각각  $3t$ ,  $t$ 이므로 A에서 속력을  $v$ 라고 한다면 C에서 속력은  $3v$ 이다. B에서는 속력이  $v$ 에서  $3v$ 로 증가하는 등가속도 운동을 하므로 평균 속력은  $2v$ 이다. A에서 구간 거리가  $L$ 이므로  $3vt = L$ 이다. B에서 평균 속력이  $2v$ , 구간 거리  $L$ 이고, 걸린 시간이  $t_B$ 일 때  $2vt_B = L$

$=L$ 이므로  $t_B = \frac{L}{2v}$ 이고,  $\frac{L}{v} = 3t$ 이므로  $t_B = \frac{3t}{2}$ 이다.

B에서 가속도의 크기  $a = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{2v}{\frac{3t}{2}} = \frac{4v}{3t} = \frac{4L}{9t^2}$ 이다.

### 05 등가속도 직선 운동과 등속도 운동

**예설** | 등가속도 운동에서  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ,  $v = v_0 + at$ 가 성립한다. A는 등속도 운동, B는 등가속도 운동을 하므로 A와 B의 운동을 속도-시간 그래프로 나타내면 다음과 같다.



**정답맞이기** > ㄱ. A는 기준선 P를 통과하는 순간 속력이 15 m/s이고 등속도 운동하므로 도착선 R를 통과하는 순간의 속력도 15 m/s이다. P에서 R까지의 거리가 300 m이므로 P에서 R까지 A가 운동하는 데 걸린 시간은 20초이다.

ㄴ. B는 정지 상태에서 출발하여 등가속도 운동하므로  $s = \frac{1}{2}at^2$ 이 성립한다.  $200 \text{ m} = \frac{1}{2}a \times (20 \text{ s})^2$ 이므로 가속도의 크기  $a = 1 \text{ m/s}^2$ 이다.

**오답짜이기** > ㄴ. B는 정지 상태에서 출발하여 등가속도 운동을 하므로  $v = at$ 가 성립한다.  $v = 1 \text{ m/s}^2 \times 20 \text{ s}$ 이므로 B가 R에 도달하는 순간, B의 속력은 20 m/s이다.

### 06 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동에서  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ,  $v = v_0 + at$ 가 성립한다.

**정답맞이기** | 같은 시간 동안 각각 등가속도 직선 운동을 하여 A는  $2L$ , B는  $5L$ 을 이동하였다. 따라서 A는  $2L = \frac{1}{2}a_A t^2$ 이 성립하고, B는  $5L = \frac{1}{2}a_B t^2$ 이 성립한다. 따라서  $a_A = \frac{4L}{t^2}$ 이고,  $a_B = \frac{10L}{t^2}$ 이므로  $a_A : a_B = 2 : 5$ 이다.

### 07 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 운동 방정식은  $v = v_0 + at$ ,  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ,  $2as = v^2 - v_0^2$ 이다.

**정답맞이기** > ㄱ. a에서 b까지 이동한 거리가 4 m이고, 이동하는 데 걸린 시간이 0.5초이므로 가속도의 크기는  $4 \text{ m} = 9 \text{ m/s} \times 0.5 \text{ s} - \frac{1}{2}a \times (0.5 \text{ s})^2$ 에서  $a = 4 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄴ. 가속도의 크기가  $4 \text{ m/s}^2$ 이므로 0.5초마다 속력이 2 m/s씩 감소한다. 따라서 b, c, d, e에서의 속력은 각각 7 m/s, 5 m/s, 3 m/s, 1 m/s이다.

ㄷ. a에서 e까지 이동하는 데 걸린 시간은 2초이고, 총 이동 거리가 10 m이므로 평균 속력은 5 m/s이다. 또한 a에서의 속력이 9 m/s이고, e에서의 속력이 1 m/s이므로 평균 속력은  $\frac{9 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s}}{2} = 5 \text{ m/s}$ 이다.

### 08 빛면에서의 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 운동 방정식에서 처음 속도가 0이면  $v = at$ ,  $s = \frac{1}{2}at^2$ 이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 같은 시간( $t$ ) 동안 A, B가 이동한 거리가 각각  $2d$ ,  $d$ 이므로 A, B의 가속도의 크기는 각각  $a_A = \frac{4d}{t^2}$ ,  $a_B = \frac{2d}{t^2}$ 이다. 따라서 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

ㄴ. A, B의 가속도의 크기가 각각  $a_A = \frac{4d}{t^2}$ ,  $a_B = \frac{2d}{t^2}$ 이므로,  $t$ 일 때 A, B의 속력은 각각  $v_A = a_A t = \frac{4d}{t}$ ,  $v_B = a_B t = \frac{2d}{t}$ 이다. 따라서  $t$ 일 때 속력은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기  $F = ma$ 이다. A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각  $F_A = \frac{4md}{t^2}$ ,  $F_B = 2m \times \frac{2d}{t^2} = \frac{4md}{t^2}$ 이므로 알짜힘의 크기는 A와 B가 같다.

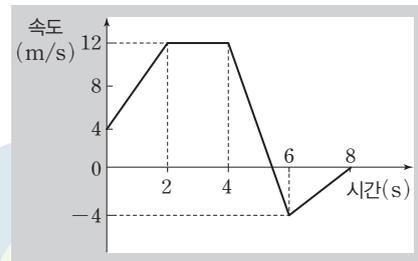
#### 테마별 수능 심화문제

본문 8~9쪽

09 ③      10 ⑤      11 ⑤      12 ④

### 09 가속도-시간 그래프

**예설** | 가속도-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 속도 변화량과 같다. 속도-시간 그래프로 변환하면 다음과 같다.



**정답맞이기** > ㄱ. 8초일 때 정지하므로 0초부터 8초까지 속도 변화량을 계산하면 된다. 0초부터 2초까지 8 m/s 증가, 2초부터 4초까지 속도 변화 없음, 4초부터 6초까지 16 m/s 감소, 6초부터 8초까지 4 m/s 증가하였다. 즉, 0초부터 8초까지 4 m/s 감소하였으므로 0초일 때 속력은 4 m/s이다.

ㄴ. 0초일 때 속력이 4 m/s이고, 0초부터 2초까지 속력이 8 m/s 증가하였으므로 2초일 때 속력은 12 m/s이다. 2초부터 4초까지는 속력이 일정하므로 이동한 거리는 24 m이다.

**오답짜이기** > ㄷ. 4초일 때 속도는 12 m/s이고, 4초부터 6초까지 16 m/s 감소하므로 6초일 때 속도는 -4 m/s이다. 4초부터 6초까지 이동한 거리는 10 m이다. 따라서 평균 속력은  $\frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$ 이다.

## 10 등가속도 직선 운동과 등속도 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 처음 속력이  $v_0$ , 나중 속력이  $v$ 일 때 평균 속력은  $\frac{v_0+v}{2}$ 이다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 A와 B가 같다. 그러므로 A의 속력과 B의 평균 속력은  $v$ 로 같다. B가 정지 상태에서 출발해 등가속도 운동하여 Q를 통과하는 순간까지 평균 속력이  $v$ 이므로 Q에서 B의 속력은  $2v$ 이다.

ㄴ. Q에서 R까지 이동하는 데 걸린 시간은 A와 B가 같다. 그러므로 B의 속력과 A의 평균 속력은  $2v$ 로 같다. A가  $v$ 로 Q를 통과하는 순간부터 등가속도 운동을 하여 R를 통과하는 순간까지 평균 속력이  $2v$ 이므로 R에서 A의 속력은  $3v$ 이다.

ㄷ. Q, R에서 A의 속력이 각각  $v$ ,  $3v$ 이고, Q에서 R까지의 거리가  $L$ 이므로  $(3v)^2 - v^2 = 2aL$ 이 성립한다. 따라서  $a = \frac{4v^2}{L}$ 이다.

## 11 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 운동 방정식은  $v = v_0 + at$ ,  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ,  $2as = v^2 - v_0^2$ 이다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. A가 빗면에서  $L$ 만큼 이동하는 동안 B는  $0.5L$ 만큼 이동하므로 평균 속력은 A가 B의 2배이다. A의 평균 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이므로 B의 평균 속력은  $\frac{1}{4}v$ 이다. 따라서 B를 가만히 놓은 지점에서  $0.5L$ 만큼 이동할 때의 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이다.

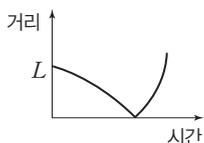
ㄴ. 같은 시간 동안 A는 속력이  $v$ 만큼 감소하고 B는 속력이  $\frac{1}{2}v$ 만큼 증가하므로 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

ㄷ. A가 빗면에 진입하는 순간부터 최고점까지 가는 데 걸린 시간은 B를 가만히 놓은 지점에서부터  $0.5L$ 만큼 내려오는 데 걸린 시간과 같다. A의 평균 속력이  $\frac{1}{2}v$ 이고 빗면에서 이동한 거리가  $L$ 이므로 걸린 시간은  $\frac{2L}{v}$ 이다. 따라서 B를 가만히 놓은 순간부터  $0.5L$ 만큼 이동하는 순간까지 B가 이동하는 데 걸린 시간은  $\frac{2L}{v}$ 이다.

## 12 등가속도 직선 운동과 등속도 운동

**예설** | 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도를 나타내고, 그래프와 시간축이 이루는 면적은 변위를 나타낸다.

**정답맞이기** ▶ 속도-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 변위를 나타낸다. P가 Q보다  $L$ 만큼 뒤에 있고, A와 B가 각각의 기준선을 같은 속력으로 통과하여 A가 속도가 빨라지는 등가속도 운동을, B가 등속도 운동을 하므로 점점 가까워진다. 그러다가 A가 B를 스쳐 지나가 더 빠르게 운동하므로 A와 B 사이의 거리는 점점 멀어진다. 그래프에서 A와 B의 그래프와 시간 축이 이루는 면적의 차가 커지므로 A와 B 사이의 거리는 시간에 따라 더 많이 가까워지고 더 많이 멀어진다.



THEME



## 운동 법칙, 일과 에너지

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 12쪽

정답 ③

**예설** | 물체가 중력만 받으면서 운동할 때 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합인 역학적 에너지는 항상 일정하다. 그러나 외력이 작용할 때는 외력이 한 일이 물체의 역학적 에너지로 전환된다.

**정답맞이기** ▶ 높이  $2h$ 인 지점에서 가만히 놓은 물체는 p에서 운동 에너지가  $2mgh$ 이다. 물체의 속력은 p에서가 물체가 q를 지난 후 높이  $h$ 인 지점에서의 2배이므로 물체의 운동 에너지는 p에서가 물체가 q를 지난 후 높이  $h$ 인 지점에서의 4배이다. 따라서 물체가 q를 지난 후 높이  $h$ 인 지점에서 물체의 운동 에너지는  $\frac{1}{2}mgh$ 이다. q에서 물체의 운동 에너지는 물체가 q를 지난 후 높이  $h$ 인 지점에서의 역학적 에너지와 같으므로 q에서 운동 에너지는  $\frac{3}{2}mgh$ 이다. p에서 q까지 운동하는 동안  $F$ 가 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. p와 q 사이의 거리를  $s$ 라 할 때,  $2mgh - \frac{3}{2}mgh = Fs$ 가 성립한다.

$F = \frac{1}{3}mg$ 이므로  $s = \frac{3}{2}h$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 13~15쪽

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

## 01 힘의 평형

**예설** | 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때 힘의 평형 상태가 된다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ, ㄴ. A와 B는 일정한 속력으로 운동하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. (A에 작용하는 중력의 크기) = (실이 A를 잡아당기는 힘의 크기)이고, (B에 작용하는 중력의 크기) +  $F$  = (실이 B를 잡아당기는 힘의 크기)이다. (실이 B를 잡아당기는 힘의 크기) = (실이 A를 잡아당기는 힘의 크기)이므로 질량은 A가 B보다 크고, B에 작용하는 알짜힘은 0이다.

**오답맞이기** ▶ ㄷ. (B에 작용하는 중력의 크기) +  $F$  = (실이 B를 잡아당기는 힘의 크기)이고, (A에 작용하는 중력의 크기) = (실이 A를 잡아당기는 힘의 크기)이므로  $F$ 는 A에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

## 02 힘의 평형과 작용 반작용

**예설** | 정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이고, 작용 반작용 관계인 두 힘의 크기는 같고, 방향은 반대이며, 작용점이 다르다.

**정답맞이기** ▶ **ㄷ.** (가)에서 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 A, B에 작용하는 중력의 크기의 합과 같고, (나)에서 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 A, C에 작용하는 중력의 크기의 합과 같다. 질량은 B가 C보다 작으므로 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 작다.

**오답피하기** ▶ **ㄱ.** 중력의 크기는 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값이므로 A에 작용하는 중력의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

**ㄴ.** (가)에서 B에는 A가 B를 떠받치는 힘과 중력이 작용하여 정지해 있으므로 두 힘은 평형 관계에 있다.

### 03 가속도 법칙

**예설** | 가속도의 크기는 작용하는 힘의 크기에 비례하고, 질량에 반비례한다.

**정답맞이기** ▶ A, B, C를 하나의 물체로 생각하여 가속도 법칙을 적용하면  $(m_A + m_B + m_C)a = F$ 가 성립한다. 각각 물체에 가속도 법칙을 적용하면 하나의 물체로 생각하여 가속도 법칙을 적용할 때와 가속도가 같다. 따라서 P로 측정된 힘의 크기를  $F_P$ , Q로 측정된 힘의 크기를  $F_Q$ 라 할 때,

$$A : F - F_P = m_A a \dots\dots ①$$

$$B : F_P - F_Q = m_B a \dots\dots ②$$

$$C : F_Q = m_C a \dots\dots ③ \text{이 성립한다.}$$

$F_P = 2F_Q$ ,  $F = 4F_Q$ 를 ①, ②, ③에 대입하면  $m_A : m_B : m_C = 2 : 1 : 1$ 이다.

### 04 가속도 법칙

**예설** | 가속도의 크기는 작용하는 힘의 크기에 비례하고, 질량에 반비례한다.

**정답맞이기** ▶ **ㄴ, ㄷ.** 질량은 A가 B의 2배이므로 A, B의 질량을 각각  $2m$ ,  $m$ 이라 하고, 가속도의 크기를  $a$ 라 할 때 가속도 법칙을 적용하면  $4F - F = 3ma$ 이다. A와 B 사이에 작용하는 힘의 크기를  $f$ 라 하고, 각각 물체에 대해 가속도 법칙을 적용하면

$A : 4F - f = 2ma$ ,  $B : f - F = ma$ 에서  $f = 2F$ 이므로 A에 작용하는 알짜힘의 크기는  $2F$ 이고, A가 B에 작용하는 힘의 크기는  $2F$ 이다.

**오답피하기** ▶ **ㄱ.** A와 B는 함께 운동하므로 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

### 05 가속도 법칙

**예설** | 알짜힘은 질량과 가속도의 곱이다. 질량이 일정할 때 가속도의 크기는 알짜힘의 크기에 비례한다.

**정답맞이기** ▶ **ㄴ.** B의 질량은  $2m$ , A의 질량은  $m$ 이므로 가속도 법칙을 적용하면  $F + mg - 2mg = (2m + m)\frac{g}{2}$ 가 성립하므로  $F = \frac{5}{2}mg$ 이다.

**ㄷ.** (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기가  $mg$ 이므로 실이 B를 당기는 힘의 크기는  $mg$ 이다. (나)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기를  $f$ 라 할 때, 가속도 법칙을 적용하면  $f - 2mg = 2m\left(\frac{g}{2}\right)$ 가 성립하므로

$f = 3mg$ 이다. 따라서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 (가)에서의 3배이다.

**오답피하기** ▶ **ㄱ.** (가)에서 A는 정지해 있으므로 실이 A를 당기는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다. 따라서 실이 A를 당기는 힘의 크기는  $mg$ 이다. 지면이 B를 떠받치는 힘의 크기가  $mg$ 이고, 실이 B를 당기는 힘의 크기가  $mg$ 이므로 B에 작용하는 중력의 크기는  $2mg$ 이다. 따라서 B의 질량은  $2m$ 이다.

### 06 운동량과 충격량

**예설** | 운동량은 질량과 속도의 곱( $p = mv$ )이다. 충격량은 작용한 힘과 힘이 작용한 시간의 곱( $I = Ft$ )으로 구할 수 있고, 운동량의 변화량( $mv - mv_0$ )으로 구할 수 있다.

**정답맞이기** ▶ **ㄱ.** 충돌 전 물체의 질량은 같고, 속력은 B가 A의 2배이므로 운동량의 크기는 B가 A의 2배이다.

**ㄴ.** 벽과 충돌하여 정지할 때까지 물체가 받은 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. B는  $2v$ 에서 0으로, A는  $v$ 에서 0으로 감소하였고, 질량은 A와 B가 같으므로 운동량 변화량의 크기는 B가 A의 2배이다. 따라서 물체가 받은 충격량의 크기는 B가 A의 2배이다.

**ㄷ.** 벽과 충돌하여 정지할 때까지 벽이 물체에 작용한 평균 힘의 크기는  $F = \frac{\Delta p}{t_0}$ 이므로 A, B의 질량을 각각  $m$ 이라 할 때 A에 작용한 평균 힘의 크기  $F_A = \frac{mv}{2t}$ 이고, B에 작용한 평균 힘의 크기  $F_B = \frac{2mv}{t}$ 이다. 따라서 벽이 물체에 작용한 평균 힘의 크기는 B가 A의 4배이다.

### 07 충격량과 일 · 운동 에너지 정리

**예설** | 물체가 받는 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같고, 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

**정답맞이기** ▶ 0부터  $t$ 까지 물체의 운동량 변화량의 크기는 질량  $\times$  속도 변화량의 크기이므로  $mv$ 이다. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도이므로 힘과 가속도의 관계를 이용한다. 따라서  $F = ma = m\frac{v}{t} = \frac{mv}{t}$ 이다. 0부터  $t$ 까지 물체의 운동 에너지 증가량은 힘  $F$ 가 한 일과 같고, 변위  $s$ 는 속도-시간 그래프 아래의 면적이다. 따라서  $\frac{1}{2} \times m \times v^2 = F \times s = F \times \frac{1}{2}vt = \frac{Fvt}{2}$ 이다.

### 08 충격량과 일 · 운동 에너지 정리

**예설** | 물체에 일정한 힘  $F$ 가 작용하고 물체가 힘의 방향으로  $s$ 만큼 이동하였을 때 힘  $F$ 가 물체에 한 일은  $W = Fs$ 이다. 작용한 힘의 방향이 물체가 이동한 방향과 서로 수직일 때 힘이 한 일은 0이다.

**정답맞이기** ▶ 힘-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 운동량 변화량의 크기이다. 따라서  $Ft + 2Ft = mv$ 이므로  $2t$ 일 때 물체의 속력  $v = \frac{3Ft}{m}$ 이다. 힘이 물체에 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로  $Fs = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{3Ft}{m}\right)^2 = \frac{9F^2t^2}{2m}$ 이다.

## 09 일·운동 에너지 정리

**예설** | 중력장에서 물체에 작용하는 중력에 의해 물체가 낙하하면 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소하고, 중력의 반대 방향으로 힘이 작용하여 물체의 속력이 증가하면 힘이 물체에 한 일은 물체의 역학적 에너지를 증가시킨다. 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

**정답맞이기** > 가. 속력-시간 그래프에서 기울기는 가속도의 크기를 나타낸다. 질량은 같고 가속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘의 크기의 2배이다.

**오답짜이기** > 나. 물체가 받은 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. A에 작용하는 힘은 P가 당기는 힘( $F_p$ )과 A에 작용하는 중력( $mg$ )이 있다. 따라서 알짜힘이 한 일은  $(F_p - mg)vt = \frac{1}{2}m(2v)^2$ 에서  $F_p(vt) = \frac{1}{2}m(2v)^2 + mg(vt)$ 이므로 P가 한 일은 A의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

다. A에 작용하는 알짜힘이 한 일은 A의 운동 에너지 증가량과 같으므로 A가 받은 일은  $\frac{1}{2}m(2v)^2 = 2mv^2$ 이다. B에 작용하는 알짜힘이 한 일은 B의 운동 에너지 증가량과 같으므로 B가 받은 일은  $\frac{1}{2}mv^2$ 이다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘이 한 일은 B에 작용하는 알짜힘이 한 일의 4배이다.

## 10 역학적 에너지 보존

**예설** | A와 B가 실로 연결되어 운동할 때 전체 역학적 에너지는 일정하지만, A와 B는 각각 역학적 에너지가 일정하지 않다. A의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지=A의 증가한 운동 에너지+B의 증가한 운동 에너지+B의 증가한 중력 퍼텐셜 에너지이다.

**정답맞이기** > 가. A와 B는 등가속도 운동하므로 속력이 계속 증가한다. 따라서 B의 운동 에너지는 증가한다.

**오답짜이기** > 나. 모든 마찰과 공기 저항을 무시하고 중력만 작용하며, A, B가 실로 연결되어 운동하므로 전체 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 A의 역학적 에너지와 B의 역학적 에너지의 합은 일정하다.

다. 'A의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지=A의 증가한 운동 에너지+B의 증가한 운동 에너지+B의 증가한 중력 퍼텐셜 에너지'가 성립한다. 등가속도 운동하는 동안 A, B의 속력이 증가하므로 A의 중력 퍼텐셜 에너지와 B의 중력 퍼텐셜 에너지의 합은 감소한다.

## 11 역학적 에너지 보존

**예설** | 역학적 에너지 보존을 적용하면,

$$mgh_a = \frac{1}{2}mv_b^2 = mgh_c + \frac{1}{2}mv_c^2 = mgh_d + \frac{1}{2}mv^2$$
이 성립한다.

**정답맞이기** > 가. a에서 중력 퍼텐셜 에너지는 a에서 역학적 에너지와 같다. a에서 중력 퍼텐셜 에너지는 c에서 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이므로 a의 높이는 c의 높이의 4배이다. a에서 중력 퍼텐셜 에너지는 d에서 운동 에너지의 2배이므로 a의 높이는 d의 높이의 2배이다. a의 높이를  $h$ 라고 하면 c의 높이는  $\frac{1}{4}h$ , d의 높이는  $\frac{1}{2}h$ 이다. a에

서 역학적 에너지는  $mgh$ , d에서 역학적 에너지는  $\frac{1}{2}mgh + \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 역학적 에너지 보존 법칙에 의해  $\frac{1}{2}mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 따라서 a에서 역학적 에너지는  $mv^2$ 이다.

**오답짜이기** > 나. a에서 역학적 에너지는 b에서 운동 에너지와 같으므로  $mgh = mv^2 = \frac{1}{2}mv_b^2$ 이 성립한다. 따라서  $v_b = \sqrt{2v}$ 이다.

다. c에서 역학적 에너지는 d에서 역학적 에너지와 같다. 따라서  $\frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{4}mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mgh$ 가 성립한다.  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgh$ 이므로  $\frac{1}{2}mv_c^2 = \frac{3}{4}mgh$ 이다. c에서 운동 에너지는  $\frac{3}{4}mgh$ 이고, d에서 중력 퍼텐셜 에너지는  $\frac{1}{2}mgh$ 이므로 c에서 운동 에너지는 d에서 중력 퍼텐셜 에너지의  $\frac{3}{2}$ 배이다.

## 12 역학적 에너지 보존

**예설** | 마찰이나 공기 저항을 무시하면 중력장에서 운동하는 물체의 역학적 에너지는 운동 경로에 관계없이 항상 일정하게 보존된다.

**정답맞이기** 정지해 있던 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 증가량과 같다. 물체가 받은 일은  $Fd$ 이며,  $F$ 를 받은 후, 물체의 속력을  $v_0$ 이라 할 때  $Fd = \frac{1}{2}mv_0^2$ 이 성립한다. 수평면에서 운동 에너지는  $\frac{1}{2}mv_0^2$ 이며, 이 값을 궤도를 따라 운동하기 직전 수평면에서 역학적 에너지와 같다. 궤도를 따라 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지는 보존되므로  $Fd = \frac{1}{2}mv_0^2 = 3mgh + \frac{1}{2}mv^2 = 2mgh + \frac{1}{2}m(3v)^2$ 이다. 따라서  $F = \frac{25mgh}{8d}$ 이다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 16~18쪽

13 ②      14 ③      15 ④      16 ⑤      17 ⑤  
18 ①

## 13 가속도 법칙

**예설** | 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때 물체는 정지 또는 등속도 운동하며, 알짜힘이 존재할 때 물체의 가속도는 알짜힘에 비례하고, 질량에 반비례한다.

**정답맞이기** (가)에서 B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. B에는 B에 작용하는 중력( $mg$ )과 실이 B를 당기는 힘이 존재한다. 따라서 실이 B를 당기는 힘  $T_{(가)} = mg$ 이다. (나)에서 B가 일정한 속력으로 운동하므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. B에는 B에 작용하는 중력( $mg$ )과 실이 B를 당기는 힘이 존재한다. 따라서 실이 B를 당기는 힘  $T_{(나)} = mg$ 이다. (다)에서 B, C는 등가속도 운동을 하므로 가속도를  $a$ 라 하고 가속도 법칙을 적용하면  $mg = 3ma$ 에서

$a = \frac{1}{3}g$ 이다. B에 대해 가속도 법칙을 적용하면  $T_{(4)} - mg = \frac{1}{3}mg$ 에서  $T_{(4)} = \frac{4}{3}mg$ 이다. 따라서  $T_{(7)} = T_{(4)} < T_{(2)}$ 이다.

### 14 등가속도 운동과 운동 법칙

**예설** | A, B, C가 연결되어 있으므로 같은 크기의 가속도로 운동을 한다. 물체에 작용하는 알짜힘은 질량과 가속도의 곱이고, 등속도 운동을 하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서 A, B, C가 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다. C에 작용하는 빗면 방향의 힘의 크기를  $f$ 라 할 때, 가속도 법칙을 적용하면  $F + mg = f \dots \dots$  ①이 성립한다. (나)에서 A, B, C가 가속도의 크기가  $\frac{1}{3}g$ 인 등가속도 운동하므로 가속도 법칙을 적용하면  $f - mg = 6m \times \frac{1}{3}g \dots \dots$  ②가 성립한다. ①, ②를 연립하면  $F$ 의 크기는  $2mg$ 이다.

ㄷ. (나)에서 C가 등가속도 운동하는 동안, C에는 중력 외에 실이 당기는 힘이 존재하므로 역학적 에너지는 보존되지 않는다. 실이 C를 당기는 힘이 C에 작용하는 중력을 방해하는 힘이므로 C의 역학적 에너지는 감소한다.

**오답맞이기** > ㄴ. (가)에서 C가 정지해 있으므로 알짜힘은 0이고, C에 작용하는 빗면 방향의 힘의 크기  $f = 3mg$ 이다. 따라서 실이 C를 당기는 힘의 크기는  $3mg$ 이다. (나)에서 C는 가속도의 크기가  $\frac{1}{3}g$ 인 등가속도 운동을 하므로 실이 C를 당기는 힘의 크기를  $T$ 라 할 때, 가속도 법칙을 적용하면  $f - T = 4m \times \frac{1}{3}g$ 에서  $T = \frac{5}{3}mg$ 이다. 따라서 실이 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서의  $\frac{9}{5}$ 배이다.

### 15 등가속도 운동과 운동량

**예설** | 운동량-시간 그래프에서 기울기는 물체에 작용하는 알짜힘을 나타낸다. 물체의 운동량은 질량×속도로 나타낸다.

**정답맞이기** > ㄴ, ㄷ. 실이 끊어지기 전 가속도의 크기는 A와 B가 같다. A의 가속도의 크기는 실이 끊어진 후가 끊어지기 전의 2배이다. 실이 끊어지기 전과 후 A와 B에 각각 가속도 법칙을 적용하면 다음과 같다. 실이 A와 B를 당기는 힘의 크기를  $T$ , 빗면과 나란하게 아래 방향으로 B에 작용하는 힘의 크기를  $f$ , 실이 끊어지기 전 B의 가속도의 크기를  $a$ 라 할 때,

A : 끊어지기 전  $F - T = m_A a \dots \dots$  ①

    끊어진 후  $F = m_A (2a) \dots \dots$  ②

B : 끊어지기 전  $T - f = m_B a \dots \dots$  ③

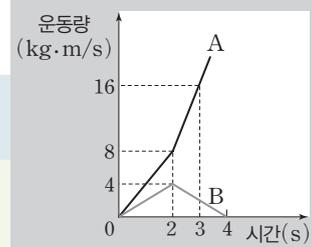
    끊어진 후  $f = m_B a \dots \dots$  ④가 성립한다.

①과 ②를 연립하면  $F = 2T$ , ③, ④를 연립하면  $T = 2f$ 이다. 실이 끊어진 후 B에는  $f$ 만 작용하고, 그래프에서 기울기는 B에 작용하는 알짜힘이므로  $f = 2$  N이다. 따라서  $T = 4$  N,  $F = 8$  N이다.

②에서  $m_A = \frac{F}{2a} = \frac{4f}{2a} = \frac{2f}{a}$ , ④에서  $m_B = \frac{f}{a}$ 이다. 따라서 질량은 A가 B의 2배이다.

실이 끊어지기 전 A와 B의 가속도의 크기는 같다. 질량은 A가 B의

2배이므로 2초일 때 A의 운동량의 크기는 B의 운동량의 크기의 2배이다. A가 받은 알짜힘은 실이 끊어진 후가 끊어지기 전의 2배이므로 같은 시간 동안 실이 끊어진 후 운동량 증가량은 실이 끊어지기 전 운동량 증가량의 2배이다. 따라서 3초일 때 A의 운동량의 크기는  $16 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.



**오답맞이기** > ㄱ. 물체의 운동량은 질량×속도로 나타낸다. 속도의 방향은 물체의 운동량의 방향과 같다. 1초일 때와 3초일 때의 운동량이 (+)의 값을 가지므로 속도도 (+)의 값을 가진다. 따라서 B의 운동 방향은 1초일 때와 3초일 때가 같다.

### 16 역학적 에너지 보존

**예설** | 물체가 낙하하는 동안 물체의 역학적 에너지가 일정하게 보존되므로 물체의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하다.

**정답맞이기** > ㄱ, ㄴ. A와 B는 실로 연결되어 함께 운동하므로 가속도의 크기가 같다. 따라서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기와 운동 에너지는 각각 질량에 비례한다. 물체의 질량은 B가 A의 2배이므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기와 A와 B의 높이가 지면으로부터 같아지는 순간 운동 에너지는 각각 B가 A의 2배이다.

ㄷ. 역학적 에너지가 보존되므로 (A의 운동 에너지 증가량) + (B의 운동 에너지 증가량) + (A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량) = (B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량)이 성립한다. B의 운동 에너지 증가량은 A의 운동 에너지 증가량의 2배이다.

$\frac{1}{2}E_0 + E_0 + E_0 = (\text{B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량})$ 이므로 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은  $\frac{5}{2}E_0$ 이다.

### 17 역학적 에너지 보존

**예설** | 역학적 에너지가 보존될 때 중력 퍼텐셜 에너지의 감소량은 운동 에너지의 증가량과 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. 추가 낙하하는 동안 가속도의 크기가  $10 \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 직선 운동을 하므로, 0초일 때 정지한 상태에서 0.2초 동안 높이의 변화를  $h$ 라 하면  $h = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0.2 \text{ s})^2 = 0.2 \text{ m}$ 이다. 그러므로 0.2초일 때 높이는  $1.0 \text{ m} - 0.2 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$ 이다. ①은 0.8이다.

ㄴ. 지면에서 중력 퍼텐셜 에너지를 0이라고 하면, 0.4초일 때 운동 에너지는 1 m일 때 중력 퍼텐셜 에너지와 0.4초일 때 중력 퍼텐셜 에너지의 차에 해당한다. 따라서 0.4초일 때 운동 에너지는 0.8 m 높이에서의 중력 퍼텐셜 에너지이다. 0.2초일 때 운동 에너지는 1 m일 때 중력 퍼텐셜 에너지와 0.2초일 때 중력 퍼텐셜 에너지의 차에 해당한다. 따라서 0.2초일 때 운동 에너지는 0.2 m 높이에서의 퍼텐

설 에너지이다. 추의 운동 에너지는 0.4초일 때가 0.2초일 때의 4배이다.

ㄷ. 추가 낙하하는 동안 중력만 작용하므로 추의 역학적 에너지는 일정하다.

## 18 일과 역학적 에너지

**예설** | 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

**정답맞이기** ▶ A, B, C 전체에 작용하는 알짜힘의 크기는  $(m_C - m)g$ 이다. P에서 Q까지 알짜힘이 A, B, C에 한 일은  $(m_C - m)gd$ 이다. P에서 B의 속력을  $v$ 라 하면 Q에서 B의 속력은  $2v$ 이다. 따라서 B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A, B, C의 운동 에너지 증가량은  $\frac{3}{2}(2m + m_C)v^2$ 이므로  $(m_C - m)gd = \frac{3}{2}(2m + m_C)v^2 \dots \dots$  ①이 성립한다.

B가 P에서 Q까지 이동하는 동안 C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은  $m_Cgd$ 이고, C의 운동 에너지 증가량은  $\frac{3}{2}m_Cv^2$ 이다. B가 P에서 Q까지 이동하는 동안 C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 C의 운동 에너지 증가량의 4배이므로  $m_Cgd = 6m_Cv^2 \dots \dots$  ②가 성립한다.

①, ②를 연립하면  $(m_C - m)gd = \frac{1}{4}(2m + m_C)gd$ 이므로  $m_C = 2m$ 이다.

THEME



## 03 케플러 법칙과 상대성 이론

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 21쪽

**정답** ⑤

**예설** | 광속 불변 원리에 의하면 관찰자의 운동 상태에 관계없이 광속은 항상 일정하다. 또한 정지한 관찰자가 광속에 가까운 매우 빠른 속력으로 운동하는 물체를 측정할 때 물체는 운동 방향으로 길이 수축이 일어나며, 정지한 관찰자의 시간보다 물체가 운동하는 좌표계의 시간이 더 느리게 가는 것으로 측정된다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. B가 측정할 때, 시간 팽창에 의해 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

ㄴ. A가 측정할 때, 광원에서 발생한 빛이 P와 R에 동시에 도달하므로 광원으로부터 P까지의 거리와 광원으로부터 R까지의 거리는 고유 길이로 같다. 그러나 B가 측정할 때, 광원과 P 사이의 길이는 길이 수축이 일어나지만 광원과 R 사이의 길이는 길이 수축이 일어나지 않으므로 광원과 P 사이의 거리는 광원과 R 사이의 거리보다 작다.

ㄷ. B가 측정할 때, 광원에서 발생한 빛이 P로 이동하는 동안 P는 광원에서 멀어지는 방향으로 이동하고, 광원에서 발생한 빛이 Q로 이동하는 동안 Q는 광원에 가까워지는 방향으로 이동하므로 광원에서 발생한 빛이 P보다 Q에 먼저 도달한다.

테마별 수능 필수유제

본문 22~24쪽

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

### 01 만유인력과 케플러 법칙

**예설** | 행성의 속력은 태양에서 가장 가까운 지점에서 가장 빠르고 태양에서 가장 먼 지점에서 가장 느리다. 행성에 작용하는 만유인력의 크기는 태양과 행성 사이 거리의 제곱에 반비례하고, 행성의 질량에 비례한다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. 모든 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도 운동을 한다.

ㄴ. p는 근일점이고, q는 원일점이다. 행성에 작용하는 만유인력의 크기는 태양과 행성 사이 거리의 제곱에 반비례하므로 p에서 q에서보다 크다.

ㄷ. 행성의 속력은 근일점에서 가장 빠르다. 운동량의 크기는 질량 × 속력이므로 행성의 운동량의 크기는 p에서 q에서보다 크다.

## 02 케플러 법칙

**예설** | 위성은 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하며, 한 위성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 위성의 공전 주기는 A가 B의  $2\sqrt{2}$ 배이므로 긴반지름은 A가 B의 2배이다. A의 궤도에서 p에서부터 q까지의 거리가  $3d$ 이므로 긴반지름은  $\frac{3}{2}d$ 이다. B는 행성의 중심으로부터 p까지의 거리와 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점까지의 거리의 합이  $\frac{3}{2}d$ 이어야 하므로 B의 궤도에서 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점까지의 거리는  $\frac{1}{2}d$ 이다.

**오답짜이기** > ㄴ. 위성의 가속도의 크기는 행성의 질량에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다. 위성의 질량과는 무관하다. 따라서 행성의 중심으로부터 p까지의 거리가 같고, 같은 행성을 중심으로 타원 운동하므로 p에서 위성의 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

ㄷ. 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다. 만유인력의 크기의 최솟값은 행성의 중심으로부터의 거리가 가장 먼 지점에서이다. A, B의 궤도에서 행성의 중심으로부터 가장 먼 지점까지의 거리는 각각  $2d$ ,  $d$ 이고, A, B의 질량은 각각  $m$ ,  $2m$ 이므로 위성에 작용하는 만유인력의 크기의 최솟값은 B가 A의 8배이다.

## 03 만유인력과 케플러 법칙

**예설** | 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 행성으로부터의 거리의 제곱에 반비례하고, 위성의 질량에 비례한다. 한 위성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄷ. 행성의 중심으로부터 위성의 중심까지의 거리가  $r_0$ 일 때, 만유인력의 크기는 위성의 질량에 비례한다. 위성의 질량은 A가 B의  $\frac{4}{9}$ 배이므로 위성의 만유인력의 크기는 A가 B의  $\frac{4}{9}$ 배이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 만유인력의 크기는 행성의 중심으로부터 A의 중심까지의 거리가  $2r_0$ 일 때와 행성의 중심으로부터 B의 중심까지의 거리가  $3r_0$ 일 때가 같다. 만유인력의 크기는 거리의 제곱에 반비례하고, 행성과 위성의 질량의 곱에 비례하므로  $m_A : m_B = 4 : 9$ 이다.

ㄴ. 위성의 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례한다. A는 행성 중심으로부터의 거리가  $r_0$ 인 지점에서부터  $2r_0$ 인 지점 사이의 궤도를 운동하므로 긴반지름은  $\frac{3}{2}r_0$ 이고, B는 행성 중심으로부터의 거리가  $r_0$ 인 지점에서부터  $3r_0$ 인 지점 사이의 궤도를 운동하므로 긴반지름은  $2r_0$ 이다. 긴반지름은 B가 A의  $\frac{4}{3}$ 배이므로 공전 주기는 B가 A의  $\frac{8\sqrt{3}}{9}$ 배이다.

## 04 만유인력과 케플러 법칙

**예설** | 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 행성으로부터의 거리의 제곱에 반비례하고, 위성의 질량에 비례한다. 한 위성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점을 지나는 순간 행성이 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 A가 B의 2배이다. 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점까지의 거리는  $R$ 로 같으므로 위성의 질량은 위성에 작용하는 만유인력의 크기에 비례한다. 따라서 위성의 질량은 A가 B의 2배이다. ㉠은  $2m$ 이다.

**오답짜이기** > ㄴ. 위성의 공전 주기는 B가 A의 8배이다. 따라서 위성의 긴반지름은 B가 A의 4배이다. 긴반지름은 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점까지의 거리와 행성의 중심으로부터 가장 먼 지점까지의 거리의 합의  $\frac{1}{2}$ 배이므로 A의 긴반지름은  $2R$ , B의 긴반지름은  $8R$ 이다. 따라서 ㉡은  $15R$ 이다.

ㄷ. A의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 A의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 가장 가까운 지점을 지나는 순간이 가장 먼 지점을 지나는 순간의 9배이다.

## 05 동시성의 상대성

**예설** | 한 관성계에서 동시에 일어난 두 사건은 다른 관성계에서 측정할 때 동시에 일어난 것이 아니다. 동시성은 절대적인 개념이 아니며, 관찰자의 운동 상태에 따라 달라지는 상대적인 개념이다.

**정답맞이기** > ㄱ. A가 측정할 때, A에서부터 P, Q까지의 거리가 같고, 빛의 속도도 같으므로 빛은 P, Q에 동시에 도달한다.

ㄷ. B가 측정할 때, P는 빛이 진행하는 방향으로 이동하고, Q는 빛이 진행하는 방향의 반대 방향으로 이동한다. 빛의 속력은 모든 관성계에서 일정하다. 따라서 빛은 P보다 Q에 먼저 도달한다.

**오답짜이기** > ㄴ. 광속 불변 원리가 적용되므로 B가 측정할 때, P로 진행되는 빛의 속력은 Q로 진행되는 빛의 속력과 같다.

## 06 특수 상대성 이론

**예설** | 관찰자와 함께 운동하는 물체의 길이보다 관찰자와 속도가 다른 물체의 길이가 작게 측정된다(길이 수축). 정지한 관찰자가 운동하는 관찰자를 보면 상대편의 시간이 느리게 가는 것으로 관측된다(시간 팽창).

**정답맞이기** > ㄱ. B가 측정할 때, 광원과 검출기는 B와 나란한 방향으로 운동하므로 길이 수축이 일어난다. 따라서 광원과 검출기 사이의 거리는  $L$ 보다 짧다.

ㄴ. B가 측정할 때, A가 일정한 속도  $0.9c$ 로 운동하므로 A가 B보다 시간이 느리게 간다.

ㄷ. 광원에서 발생한 빛이 검출기에 도달할 때까지 걸린 시간을 A가 측정할 때는  $\frac{L}{c}$ 이지만 B가 측정할 때는 길이 수축이 일어나고, 빛이 진행되는 동안 검출기가 왼쪽으로 움직이므로 B가 측정할 시간은  $\frac{L}{c}$ 보다 작다. 따라서 A가 측정할 때가 B가 측정할 때보다 크다.

## 07 특수 상대성 이론

**예설** | 특수 상대성 이론에 따르면 운동하는 관찰자가 정지한 물체의 길이를 측정하면 정지한 관찰자가 측정할 길이보다 짧게 측정된다. 운동하는 관찰자의 속력이 빛의 속력에 가까울수록 더 짧게 측정되

며, 운동 방향으로만 길이 수축이 일어난다.

**정답맞이기** A가 측정할 때, 막대는 정지해 있으므로 길이 수축이 일어나지 않은 고유 길이에 해당하는 길이로 측정된다. B가 측정할 때, 막대 길이는 막대의 운동 방향과 나란하므로 길이 수축이 일어난다. C가 측정할 때, 막대 길이는 막대의 운동 방향과 수직이므로 길이 수축이 일어나지 않는다. 그러므로  $L_A = L_C > L_B$ 이다.

## 08 특수 상대성 이론

**예설** 정지한 관찰자가 빠르게 운동하는 상대를 보면 상대편의 시간이 느리게 가고, 길이는 수축되는 것으로 관측된다.

**정답맞이기** ㄴ. B가 측정할 때, P와 Q가 B를 향해 운동하여 지나가므로 길이 수축이 일어난다. P와 Q 사이의 거리  $L$ 은 고유 길이이므로 B가 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는  $L$ 보다 짧다.

ㄷ. P가 우주선을 지나는 순간부터 Q가 우주선을 지나는 순간까지 P와 Q의 속력은  $0.9c$ 이고, P와 Q 사이의 거리는 길이 수축이 일어나므로 P가 우주선을 지나는 순간부터 Q가 우주선을 지나는 순간까지 걸린 시간은  $\frac{L}{0.9c}$ 보다 작다.

**오답맞이기** ㄱ. A가 측정할 때, B가 일정한 속도  $0.9c$ 로 운동하므로 B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.

## 09 특수 상대성 이론

**예설** 뮤온의 입장에서 자신은 정지해 있고 뮤온이 발생한 지점과 지표면이 움직이므로 뮤온 좌표계에서 측정한 시간이 고유 시간이고, 지표면의 정지한 관찰자 입장에서는 뮤온이 발생한 지점과 발견 지점이 상대적으로 정지해 있으므로 지표면의 정지 좌표계에서 측정한 거리가 고유 길이이다.

**정답맞이기** 뮤온과 함께 움직이는 좌표계에서는 뮤온이 발생한 지점부터 발견 지점까지의 거리가 길이 수축에 의해 고유 길이보다 짧게 측정된다. 지표면의 정지 좌표계에서는 뮤온이 움직이므로 뮤온의 시간은 시간 팽창에 의해 고유 수명보다 길게 측정된다. 뮤온이 지표면에서 발견되는 현상은 특수 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

## 10 등가 원리

**예설** 관성력에 의한 효과와 중력에 의한 효과는 근본적으로 동일한다. 이를 등가 원리라고 한다.

**정답맞이기** ㄴ. (나)에서 B는 우주선의 운동 상태를 알 수 없으므로 Q가 우주선 바닥에 떨어지는 모습을 보고 물체에 작용하는 힘이 중력에 의한 효과인지 관성력에 의한 효과인지 구별할 수 없다.

ㄷ. A가 관측할 때, P는 중력에 의해 등가속도 운동하고, B가 관측할 때, Q는 중력에 의한 효과인지 관성력에 의한 효과인지 구별할 수 없지만 Q에 작용하는 알짜힘에 의해 등가속도 운동한다고 판단한다. 같은 높이에서 가만히 놓은 P, Q가 우주선 바닥에 떨어지는 데 걸린 시간이 같으므로 P, Q의 가속도의 크기는 같다.

**오답맞이기** ㄱ. 우주선 밖에서 관성 좌표계의 관찰자가 측정한다면 우주선만 가속 운동하고, B가 놓은 Q는 어떠한 힘도 받지 않으므로 등속도 운동을 한다.

## 11 일반 상대성 이론

**예설** 일반 상대성 이론에서 중력을 힘으로 간주하지 않고 시공간의 휘어짐으로 보았으며, 이 휘어진 공간을 진행하는 빛도 휘어져 진행하고, 휘어진 공간에서는 시간도 느리게 간다.

**정답맞이기** ㄱ. 질량이 큰 블랙홀 주위에서 시공간이 휘어져 있으며 블랙홀에 가까울수록 시공간은 더 많이 휘어진다. 따라서 P에서가 Q에서보다 시공간이 더 많이 휘어져 있다.

ㄷ. 중심으로부터 거리가 가까울수록 중력의 크기는 크다. 따라서 물체에 작용하는 중력의 크기는 P에서가 Q에서보다 크다.

**오답맞이기** ㄴ. 시공간이 많이 휘어져 있을수록 시간은 느리게 간다. 따라서 P에서가 Q에서보다 시간이 느리게 간다.

## 12 일반 상대성 이론

**예설** 수성의 세차 운동, 중력파, 중력 렌즈와 같은 현상은 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

**정답맞이기** B. 질량은 시공간을 휘어지게 하므로 중력이 클수록 시공간의 휘어짐이 크게 나타난다.

C. 중력파는 시공간의 일그러짐의 변화가 파동이 되어 주위로 퍼져 나가는 것을 말한다. 중력파의 발견은 일반 상대성 이론에 따라 절대적인 시공간이 아닌 상대론적인 시공간에 대한 증명이라고 할 수 있다.

**오답맞이기** A. 중력이 큰 곳일수록 시공간이 더 많이 휘어지므로 시간이 느리게 간다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 25~27쪽

13 ②

14 ⑤

15 ②

16 ②

17 ④

18 ③

## 13 만유인력과 케플러 법칙

**예설** 질량이 각각  $m_1, m_2$ 인 두 물체가 거리  $r$ 만큼 떨어져 있을 때, 두 물체 사이에 작용하는 만유인력의 크기  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  ( $G$ : 만유인력 상수)이다.

**정답맞이기** ㄷ. 행성의 중심으로부터  $p$ 까지의 거리를  $r$ 라 할 때, A의 궤도에서 행성의 중심으로부터 가장 가까운 거리와 먼 거리는 각각  $r, 2r$ 이다. 따라서 긴반지름은  $\frac{3}{2}r$ 이다. B의 궤도에서 행성의 중심으로부터 가장 가까운 거리와 먼 거리는 각각  $r, 5r$ 이다. 따라서 긴반지름은  $3r$ 이다. 긴반지름은 B가 A의 2배이므로 공전 주기는 B가 A의  $2\sqrt{2}$ 배이다.

**오답맞이기** ㄱ. 만유인력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다. A에 작용하는 만유인력의 크기의 최댓값은  $F$ 이고, 최솟값은  $\frac{1}{4}F$ 이므로 행성의 중심으로부터 A의 중심까지의 거리의 최댓값은 행성의 중심으

로부터 A의 중심까지의 거리의 최솟값에 2배이다.

ㄴ. A, B의 속력은 p에서 가장 빠르므로 p가 가장 가까운 지점이고, 만유인력의 크기가 최대인 지점이다. 위성의 질량은 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 배이므로 만유인력의 크기의 최댓값은 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 ㉠은  $2F$ 이다.

## 14 케플러 법칙

**예설** | 면적 속도 일정 법칙은 '행성과 태양을 연결한 선은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다.'이다. 조화 법칙은 '행성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.'이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 위성의 속력은 행성의 중심으로부터 거리가 가까울수록 빠르다. 따라서 A의 속력은 p에서 q에서보다 작다.

ㄴ. A, B의 타원 궤도에서 행성의 중심에서 가장 가까운 지점과 가장 먼 지점 사이의 거리는 각각  $d$ ,  $4d$ 이므로 긴반지름은 A가 B의 4배이다. 따라서 공전 주기는 A가 B의 8배이다. B의 공전 주기가  $T$ 이므로 A의 공전 주기는  $8T$ 이다.

ㄷ. A가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 B의 공전 주기와 같으므로  $T$ 이다. A의 공전 주기가  $8T$ 이고 그 시간 동안 A의 중심과 행성의 중심을 연결한 직선이 쓸고 지나가는 면적이  $S$ 이므로 A가 p에서 q까지 이동하는 동안, A의 중심과 행성의 중심을 연결한 직선이 쓸고 지나가는 면적은  $\frac{1}{8}S$ 이다.

## 15 특수 상대성 이론

**예설** | 광속 불변 원리에 의하면 관찰자의 운동 상태에 관계없이 광속은 항상 일정하다. 또한 정지한 관찰자가 광속에 가까운 매우 빠른 속력으로 운동하는 물체를 측정할 때 물체는 운동 방향으로 길이 수축이 일어나며, 관찰자의 시간보다 물체가 운동하는 좌표계의 시간이 더 느리게 가는 것으로 측정된다.

**정답맞이기** > ㄷ. 관찰자의 시간보다 물체가 운동하는 좌표계의 시간이 더 느리게 가는 것으로 측정된다. 운동하는 속력이 빠를수록 시간은 더 느리게 가므로, A가 측정할 때 B의 시간은 C의 시간보다 빠르게 간다.

**오답피하기** > ㄱ. 광속 불변 원리에 의하면 관찰자의 운동 상태에 관계없이 광속은 항상 일정하다.

ㄴ. 정지한 관찰자가 광속에 가까운 매우 빠른 속력으로 운동하는 물체를 측정할 때 물체는 운동 방향으로 길이 수축이 일어나며, 속력이 빠를수록 길이 수축은 더 크게 일어난다. 따라서  $L_B > L_C$ 이다.

## 16 특수 상대성 이론

**예설** | 우주선과 같은 속력으로 운동하는 관찰자가 측정한 빛의 경로는 수직인 방향이지만, 정지한 관찰자가 측정한 빛의 경로는 우주선의 운동 방향으로 더 길어진 거리를 이동하는 경로이다.

**정답맞이기** > B가 측정할 때, 광원과 거울은 정지 상태에 있다. 따라서 광원에서 빛을 쏘아 거울에 반사되어 되돌아오는 빛의 경로는 수직이다. 따라서 광원으로부터 거울까지의 거리의 고유 길이를  $L$ 이라 할

때,  $L_B = L$ 이고,  $t_B = \frac{2L}{c}$ 이다. A가 측정할 때, 광원과 거울은  $0.9c$ 의 속력으로 운동하는 상태에 있다. 따라서 광원에서 빛을 쏘아 거울에 반사되어 되돌아오는 빛의 경로는 우주선의 운동 방향으로 더 길어진 거리를 이동하는 경로이다. 따라서  $t_A$ 는  $\frac{2L}{c}$ 보다 크고, 광원으로부터 거울까지의 거리는 우주선의 운동 방향에 수직인 방향으로 길이 수축이 일어나지 않으므로  $L_A = L$ 이다.

## 17 일반 상대성 이론

**예설** | 일반 상대성 이론에서 중력을 힘으로 간주하지 않고 시공간의 휘어짐으로 보았으며, 이 휘어진 공간을 진행하는 빛도 휘어져 진행하고, 휘어진 공간에서는 시간도 느리게 간다.

**정답맞이기** > ㄴ. 질량이 클수록 시공간은 더 많이 휘어진다. 가속도의 크기는 P가 Q보다 크므로 중력의 크기도 P가 Q보다 크다. 따라서 행성 표면에서 시공간이 휘어진 정도는 P에서 Q에서보다 크다.

ㄷ. 질량이 클수록 시공간은 더 많이 휘어져 있고, 더 많이 휘어져 있을수록 시간은 느리게 간다. 따라서 행성 표면에서의 시간은 P에서 Q에서보다 느리게 간다.

**오답피하기** > ㄱ. 같은 높이에서 가만히 놓은 물체가 먼저 떨어지는 이유는 물체를 당기는 만유인력이 크기 때문이다. 따라서 P가 물체를 당기는 힘의 크기는 Q가 물체를 당기는 힘의 크기보다 크다.

## 18 상대성 이론

**예설** | 일반 상대성 이론에 의하면 중력이 크면 클수록 시간이 느리게 가며, 시공간이 휘어지는 정도가 심해진다. 이러한 일반 상대성 이론으로 수성의 세차 운동, 중력과, 중력 렌즈 등을 설명할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 특수 상대성 이론에 의하면 관찰자의 시간보다 인공위성이 운동하는 좌표계의 시간이 더 느리게 가고, 일반 상대성 이론에 의하면 중력이 크면 클수록 시간이 느리게 간다. 따라서 (가)는 특수 상대성 이론, (나)는 일반 상대성 이론이다.

ㄷ. 중력이 클수록 시간은 느리게 간다. 중력은 지표면에서가 위성이 있는 곳에서보다 크므로 지표면에서가 위성에서보다 시간이 느리게 간다.

**오답피하기** > ㄴ. 특수 상대성 이론에 의한 시간 보정에서 지표면에서 관측할 때, 위성이 운동하는 좌표계에 해당하므로 지표면에서가 위성에서보다 시간이 빠르게 간다.

THEME  
04

## 현대 우주론과 기본 입자

※ 답은 끝 문제로 유형 익히기 ※

본문 30쪽

정답 ②

**예설** | 양성자는 uud이고, 중성자는 udd이다. 중성자의 전하량이 0이므로 위 쿼크(u)와 아래 쿼크(d)의 전하의 종류는 반대이고, 전하량의 크기는 위 쿼크(u)가 아래 쿼크(d)의 2배이다.

**정답맞히기** | 양성자의 전하량은  $+e$ , 중성자의 전하량은 0이므로 위 쿼크(u)의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ , 아래 쿼크(d)의 전하량은  $-\frac{1}{3}e$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 31~32쪽

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

### 01 프리드만의 우주 모형

**예설** | 프리드만이 아인슈타인의 방정식을 풀어 우주의 밀도에 따라 열린 우주, 평평한 우주, 닫힌 우주의 세 가지 모형을 제시하였다. 열린 우주는 우주 전체 밀도가 임계 밀도보다 작을 때 계속 팽창하는 우주이고, 닫힌 우주는 우주 전체 밀도가 임계 밀도보다 클 때 중력에 의해 수축하여 대붕괴하는 우주이다.

**정답맞히기** | ㄱ. 우주의 밀도가 임계 밀도보다 클 때 우주는 다시 중력에 의해 수축을 하므로 A와 같은 닫힌 우주가 된다.

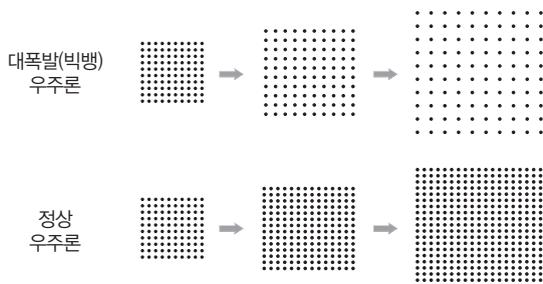
ㄴ. 우주의 밀도가 임계 밀도보다 작을 때 우주는 계속 팽창하는 C와 같은 열린 우주가 된다.

**오답짜이기** | ㄷ. B는 평평한 우주 모형이고, 우주의 밀도가 임계 밀도와 같을 때 우주가 팽창하다가 멈추는 모형이다.

포인트 짚어보기

#### 가모의 대폭발(빅뱅) 우주론과 호일의 정상 우주론의 차이점

대폭발(빅뱅) 우주론은 현재의 물질과 모든 복사들이 한 점에 뭉쳐 있다 가 급격히 팽창하여 오늘날의 시간, 공간, 물질들을 만들었다는 이론이다. 반면 정상 우주론은 우주의 밀도가 항상 일정하다는 이론으로 후퇴하는 은하계에 의해 멀어지는 물질의 밀도를 유지하기 위해 수소가 빈 우주 공간에 계속해서 만들어져야 한다. 이 정상 우주론은 우주가 과거에도 언제나 존재해 왔고, 미래에도 존재할 수 있으며 계속해서 영원히 팽창할 수 있다는 것이다.



### 02 적색 편이

**예설** | 허블은 은하의 운동을 관찰하다가 은하들의 빛의 스펙트럼이 긴 파장 쪽으로 치우치는 적색 편이를 발견하였다. 적색 편이는 은하들이 서로 멀어지고 있음을 나타내며, 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크기 때문에 적색 편이 정도가 크다.

**정답맞히기** | 적색 편이는 은하들이 서로 멀어지고(㉠) 있음을 나타내며, 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르기(㉡) 때문에 적색 편이 정도가 크다(㉢).

### 03 대폭발 우주론

**예설** | A는 러시아의 과학자 가모가 제안한 우주론으로, 우주의 팽창이 시작되는 순간에는 우주의 모든 질량과 에너지가 매우 작은 영역에 모여 밀도가 매우 높은 에너지의 수프와 같은 상태로 있었다가 급격히 폭발하여 팽창하였다는 대폭발 우주론이다.

**정답맞히기** | ㄱ. 대폭발 우주론에서는 우주의 팽창이 시작되는 순간에 우주의 모든 질량과 에너지가 매우 작은 영역에 모여 있었다.

ㄴ. 우주에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비가 약 3 : 1인 것과 우주 배경 복사의 발견은 대폭발 우주론을 지지하는 증거가 된다.

**오답짜이기** | ㄷ. 대폭발 우주론에서 우주가 팽창하는 동안에 우주의 질량이 일정하므로 우주의 밀도는 감소한다. 반면에 호일의 정상 우주론에서는 새로운 물질이 생성되므로 우주의 밀도가 일정하다고 주장하였다.

### 04 우주 배경 복사

**예설** | 대폭발(빅뱅) 우주론에 의하면 우주가 탄생한 후 약 38만 년까지 빛은 플라스마 상태의 입자들(전자나 양성자 등)과 상호 작용하며 입자들 사이에 갇혀 있었다. 전기적으로 중성인 원자가 형성됨으로써 물질과 빛이 분리되어 우주가 투명해졌고, 우주는 팽창하는 동안 점점 식어서 현재 약 2.7 K의 온도에 이르게 되었다.

**정답맞히기** | B. 우주 배경 복사는 대폭발 우주론을 뒷받침하는 증거이다.

C. 우주는 팽창하고 있으므로 우주의 온도가 높았던 과거에는 우주의 크기는 지금보다 작다.

**오답짜이기** | A. 우주 배경 복사는 모든 방향에서 관측된다.

### 05 표준 모형에서 기본 입자

**예설** | 표준 모형에서는 쿼크와 렙톤(경입자)을 기본 입자로 정하고, 그들 사이에 작용하는 힘을 매개 입자를 통해 설명한다. 기본 입자에는 쿼크 6종류와 렙톤 6종류가 있다. 쿼크에는 u, d, c, s, t, b가 있고, 렙톤에는 전자, 뮤온, 타우, 전자 중성미자, 뮤온 중성미자, 타우 중성미자가 있다.

**정답맞히기** | ㄴ. 기본 입자 중에서 전하를 띠지 않은 입자는 중성미자 3종류뿐이므로, 모두 렙톤에 속한다.

**오답짜이기** | ㄱ. 양성자는 양(+ )전하를 띠지만 기본 입자가 아니므로 A에 속하지 않는다.

ㄷ. 기본 입자 중에서 음(-)전하를 띠는 입자에는  $-\frac{1}{3}e$ 를 띠는 아래(d) 쿼크, 이상한(s) 쿼크, 바닥(b) 쿼크와  $-e$ 를 띠는 전자, 뮤온, 타우가 있다. 따라서 B에 속한 입자들의 전하량이 모두 같은 것은 아니다.

**포인트 짚어보기**

**표준 모형과 기본 입자**

구분	제1세대	제2세대	제3세대	전하량
쿼크	u	c	t	$+\frac{2}{3}e$
	d	s	b	$-\frac{1}{3}e$
렙톤	전자	뮤온	타우	$-e$
	전자 중성미자	뮤온 중성미자	타우 중성미자	0

**06 기본 입자와 매개 입자**

**예시** | ㉠은 양성자, ㉡은 전자기력, ㉢은 중성미자, ㉣은 강한 상호 작용(강력)이다.

**정답맞이기** | ㉢. ㉢은 중성미자이므로 기본 입자에 속한다.

㉣. ㉣은 강력이므로 매개 입자는 글루온이다.

**오답피하기** | ㉠. 양성자와 중성미자 사이에는 전자기 상호 작용(전자기력)이 작용하지 않는다.

**07 약한 상호 작용(약력)**

**예시** | 약한 상호 작용(약력)은 원자핵 내부의 중성자가 양성자와 전자로 붕괴할 때 또는 양성자가 양전자와 중성자로 붕괴할 때 관여하는 힘으로, 베타( $\beta$ ) 붕괴할 때 질량이 거의 없고 다른 입자들과 거의 상호 작용을 하지 않는 중성미자가 나온다.

**정답맞이기** | ㉣. ㉠과 ㉢은 전자와 중성미자이므로 모두 렙톤에 속한다.

**오답피하기** | ㉠. W 보손이 매개하는 약한 상호 작용(약력)에 의해 중성자가 양성자와 전자, 중성미자로 붕괴된다.

㉣. ㉠과 ㉢은 전자와 중성미자이므로 광자가 매개하는 상호 작용(전자기 상호 작용)을 하지 않는다.

**포인트 짚어보기**

**자연계에 존재하는 4가지 힘**

1. 강한 상호 작용(강력)은 쿼크들 사이와 핵자(양성자, 중성자)들 사이에 작용하는 힘으로, 매우 짧은 거리에서만 작용한다. 전자기 상호 작용보다 약 100~1000배 정도 크다. 핵을 구성하는 양성자와 중성자를 핵자라고 하는데, 양성자와 양성자 사이에는 전기적인 척력이 작용하여 서로 밀어내므로 핵이 안정된 상태로 있지 못할 것 같지만 그 전기적인 척력보다 큰 힘, 즉 강력이 작용하여 핵이 안정적으로 존재할 수 있는 것이다.
2. 전자기 상호 작용(전자기력)은 전기를 띤 물체 사이에 작용하는 힘으로, 그 크기는 전하량의 곱에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.
3. 약한 상호 작용(약력)은 입자를 붕괴시키는 힘으로 핵 내부의 중성자가 전자를 방출하면서 양성자로 붕괴되는 과정에서 발견되었다. 강력은 전자기 상호 작용보다 커서 강력, 약력은 전자기 상호 작용보다 작아서 약력이라는 이름을 붙였다.
4. 중력은 질량을 가진 물체 사이에 작용하는 힘으로, 그 크기는 물체의 질량의 곱에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.

**08 대폭발 우주론에서 입자의 생성**

**예시** | 대폭발(빅뱅) 후 약 38만 년이 지난 후에 원자핵과 전자가 결합하여 원자가 만들어지면서 우주 배경 복사가 등장하게 되는데, 이때

우주의 온도가 약 3000 K이었다.

**정답맞이기** | ㉠. A는 위(u) 쿼크이므로, A의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ 이다.

㉣. 양성자와 중성자는 각각 쿼크들이 강한 상호 작용(강력)에 의해 결합되어 있다.

**오답피하기** | ㉣. 우주 배경 복사의 온도가 약 3000 K일 때는 원자핵이 만들어진 시기가 아니고, 원자핵이 전자와 결합하여 원자가 만들어진 시기이다.

**테마별 수능 심화문제**

본문 33~34쪽

09 ①

10 ③

11 ③

12 ⑤

**09 대폭발 우주론에서 별의 탄생**

**예시** | 모든 방향에서 균일한 것으로 생각되었던 우주 배경 복사는 위치에 따라 미세한 온도 차가 발견되었다. 이러한 차는 우주를 구성하는 물질의 밀도 차를 나타낸다. 이에 따라 중력의 차가 발생하여 성간 물질이 모여 별과 은하가 만들어지는 과정을 설명할 수 있다. 대폭발 우주론에서 별이 탄생한 시기는 대폭발(빅뱅) 후 약 1억 년 이후이다.

**정답맞이기** | ㉠. a에서 b로 갈수록 우주가 팽창하면서 우주의 온도는 내려갔다.

**오답피하기** | ㉣. b 시기는 원자가 만들어진 시기로 아직 별은 탄생하지 않았다.

㉣. b에서 현재까지 우주의 밀도는 계속 감소하였다.

**10 COBE 위성이 관측한 우주 배경 복사**

**예시** | 펜지어스와 윌슨이 우주 배경 복사를 발견하였고, COBE, WMAP을 쏘아 올려 더 정밀한 우주 배경 복사를 측정하였다. 측정된 우주 배경 복사는 약 2.7 K의 흑체 복사 스펙트럼과 일치하였다.

**정답맞이기** | ㉠. COBE 위성이 관측한 우주 배경 복사 값과 2.7K의 이론적인 흑체 복사 곡선이 일치하므로 현재 우주의 온도가 2.7 K임을 알 수 있다.

㉣. 펜지어스와 윌슨이 발견한 우주 배경 복사는 우주가 팽창할 때 나타나는 현상으로 대폭발 우주론이 현대 우주론으로 확고한 위치를 차지하는 계기가 되었다.

**오답피하기** | ㉣. 그래프를 보면 온도 2.7 K의 흑체에서도 한 파장이 아니고, 상대적인 세기는 다르지만 어느 범위 파장대의 전자기파가 방출됨을 알 수 있다.

**포인트 짚어보기**

**흑체**

- 모든 빛을 흡수하는 이상적인 물체이다.
- 흑체는 온도에 따라 일정한 형태의 전자기파를 복사한다. (흑체 복사)

**11 베타 붕괴**

**예시** | 중성자가 양성자, 전자, 중성미자로 붕괴되는 것을 베타( $\beta$ ) 붕

괴라고 하며, 이 붕괴에 관여하는 힘은 약한 상호 작용(약력)이다.

**정답맞이기** A. 베타( $\beta$ ) 붕괴에 관여하는 힘은 약한 상호 작용(약력)이다.

B. 표준 모형에서 전자와 중성미자는 가벼운 입자인 렙톤에 속한다.

**오답짜이기** C. 베타( $\beta$ ) 붕괴 과정에서 아래(d) 쿼크 하나가 위(u) 쿼크로 바뀌므로 위(u) 쿼크의 수는 증가한다.

## 12 원자의 구조와 전기장 속에서 전하의 운동

**예설** 원자는 원자핵과 그 둘레를 도는 전자로 구성되며, 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되어 있다. 양성자와 중성자는 쿼크라고 부르는 기본 입자로 구성되어 있다. 전기장 속에서 힘을 받는 입자는 전기를 띠고 있는 입자이다. 따라서 중성자는 전기장 속에서 힘을 받지 않는다.

**정답맞이기** ㄱ. A는 핵자이고 전기장 속에서 가만히 놓인 A가 정지해 있으므로, A는 전하를 띠지 않는다. 따라서 A는 중성자이다.

ㄴ. B는 핵자이고 전기장 속에서 B는 등가속도 직선 운동을 하므로 B는 양성자이다. 양성자를 구성하는 입자들 사이에 작용하는 강한 상호 작용(강력)은 글루온이 매개한다.

ㄷ. C는 전자이므로 렙톤에 속한다.

## II. 물질과 전자기장

THEME



### 05 전기장과 정전기 유도

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 37쪽

**정답** ⑤

**예설** 전기장의 세기는 전하로부터의 거리의 제곱에 반비례하고, 전하량의 크기에 비례한다.

**정답맞이기** ㄱ. A와 B가 양(+)전하이므로  $x=0$ 에서 A, B, C에 의한 전기장이 0이 되려면 C가 양(+)전하이여야 한다.

ㄴ.  $x=0$ 에서 A와 B에 의한 전기장과 C에 의한 전기장의 세기가 같아야 하므로 전하량은 C가 A보다 크다.

ㄷ. C를  $x=d$ 로 옮겨 고정시켰을 때,  $x=0$ 에서 전기장의 방향은  $-x$  방향이다.

테마별 수능 필수유제

본문 38~39쪽

01 ④

02 ②

03 ③

04 ①

05 ⑤

06 ⑤

07 ④

08 ①

### 01 전기장과 전기력선

**예설** 전기력선의 수는 전하의 전하량에 비례하고, 전기장의 방향은 양(+)전하가 받는 힘의 방향이다. 전기력선의 한 점에서 그은 접선의 방향은 그 점에서 전기장의 방향을 나타낸다.

**정답맞이기** ㄴ. (가)에서 A와 B의 전하량의 크기가 같으므로 P와 O에서 전기장의 방향은 모두  $+x$  방향이다.

ㄷ. 전기력선이 조밀할수록 전기장의 세기가 크므로, O에서 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

**오답짜이기** ㄱ. (가)와 (나)에서 각각 전기력선이 좌우 대칭이므로 전하량의 크기는 A, B, C 모두 같다.

### 02 점전하에 의한 전기장

**예설** 전기장의 세기  $E$ 는  $E = \frac{F}{q}$ 이고, 전기장의 방향은 양(+)전하가 받는 전기력의 방향이다.

**정답맞이기** ㄴ. 음(-)전하와 양(+)전하의 전하량의 크기를  $Q$ 라고 하고, A와 B에서 전기장의 세기를 각각 구해 보면 다음과 같다.

$$E_A = +k \frac{Q}{d^2} - k \frac{Q}{(3d)^2} = +k \frac{8Q}{9d^2}$$

$$E_B = -k \frac{Q}{d^2} - k \frac{Q}{d^2} = -k \frac{2Q}{d^2}$$

따라서 전기장의 세기는 A에서가 B에서보다 작다.

**오답짜이기** ㄱ. 전기장의 방향은 A에서는  $+x$  방향이고, B에서는

-x 방향이므로 서로 반대이다.

ㄷ. x축에서 두 전하 사이에는 어느 곳에서도 -x 방향으로 전기장이 형성되므로 전기장이 0인 곳이 없다.

### 03 두 도체판 사이의 균일한 전기장

**예설** | 전하의 종류가 서로 다르고, 전하량의 크기가 같은 두 개의 평행한 금속판 사이의 전기력선은 (+)극판에서 나와 (-)극판으로 들어간다. 두 극판 사이의 간격이 매우 가까우면 판의 가운데 부분에서의 전기력선은 서로 평행하고 일정한 간격이 된다.

**정답맞이기** > ㄱ. A에서 전기력선이 나오므로 A에 대전된 전하의 종류는 양(+ )전하이다.

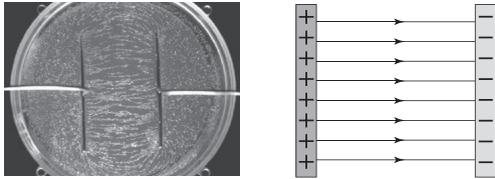
ㄴ. 전기장의 방향은 양(+ )전하에 작용하는 전기력의 방향과 같으므로 P에 양(+ )전하를 놓으면 전기장의 방향으로 전기력이 작용한다.

**오답짜이기** > ㄷ. P에 가만히 놓인 음(-)전하는 A에 도달할 때까지 일정한 전기력이 작용하므로 등가속도 직선 운동을 한다.

#### 포인트 짚어보기

##### 균일한 전기장

전기력선의 간격이 일정한 것은 두 극판 사이에서 전기장의 세기가 일정하다는 것을 의미한다. 평행한 금속판 사이에는 방향과 세기가 일정한 전기장이 형성된다. 이러한 전기장을 균일한 전기장이라고 한다.



### 04 전기장 내에서 전하를 띤 입자의 운동

**예설** | 균일한 전기장 영역에서 양(+ )전하를 띤 입자는 전기장의 방향으로 힘을 받고, 음(-)전하는 전기장의 반대 방향으로 힘을 받는다.

**정답맞이기** > ㄴ. xy 평면상의 균일한 전기장이 걸린 도체판의 왼쪽에서 +x 방향으로 입사된 양(+ )전하가 +y 방향으로 전기력을 받으므로, 음(-)전하는 -y 방향으로 전기력을 받는다. 이때 균일한 전기장이므로 음(-)전하가 받는 전기력의 크기는 일정하다.

**오답짜이기** > ㄱ. xy 평면상의 균일한 전기장이 걸린 도체판의 왼쪽에서 입사된 양(+ )전하가 위로 휘는 것으로 보아 전기장의 방향은 위쪽 방향, 즉 +y 방향이다.

ㄷ. 전기장 속에서 전기를 띤 입자는 힘을 받으므로 속력이 일정하지 않다. 즉, 음(-)전하의 속력은 증가한다.

### 05 전기력선의 이해

**예설** | 전기장 내에 있는 양(+ )전하에 작용하는 전기력의 방향을 공간에 따라 연속적으로 연결한 선을 전기력선이라고 한다. 전기력선의 방향은 양(+ )전하가 받는 전기력의 방향과 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. O 근처의 전기력선을 살펴보면, A와 B의 전하의 종류가 양(+ )전하로 서로 같고, 전하량의 크기는 B가 A보다 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 A와 B 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.

ㄴ. 전기력선의 모양이 좌우 대칭이 아니므로 전하량의 크기가 서로 다르고 B가 A보다 크다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. O에 단위 양(+ )전하를 놓는다면, 단위 양전하가 받는 전기력의 방향이 -x 방향이므로, O에서 전기장의 방향은 -x 방향이다.

### 06 검전기를 대전시키는 실험

**예설** | 검전기의 금속판에 대전체를 가까이 가져가면 대전체와 가까운 쪽(금속판)에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽(금속박)에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 과정 (1)에서 금속판에 음(-)전하로 대전된 예보나이트 막대를 가까이 가져갈 때 금속박이 벌어지는 이유는 전자가 금속판에서 금속박으로 이동하기 때문이다.

ㄴ, ㄷ. 과정 (2)에서는 전자가 손가락을 통해 빠져나가므로 금속박이 오므라들고, 과정 (3)에서는 검전기의 전자가 빠져나간 상태에서 손가락을 먼저 떼고 막대를 치우므로 검전기 전체가 양(+ )전하로 대전되어 금속박이 다시 벌어진다.

### 07 검전기

**예설** | 그림과 같이 대전되지 않은 검전기의 금속판에 대전체를 가까이 가져가 보면 정전기 유도 현상이 일어나서 금속판과 금속박에는 각각 다른 종류의 전하가 모이게 된다. 그런데 두 금속박에 모인 전하의 종류는 같으므로 서로 미는 힘이 작용하여 벌어지게 된다. 이와 같이 검전기를 이용하면 물체의 대전 여부를 알 수 있고, 금속박이 벌어진 정도에 따라 대전체가 지닌 전하량도 비교할 수 있다.



**정답맞이기** > ㄱ, ㄷ. 대전되지 않은 검전기와 대전체를 이용하여 물체의 대전 여부를 알아낼 수 있고, 금속박이 벌어진 정도를 비교하여 물체가 띤 전하의 양도 비교할 수 있다.

**오답짜이기** > ㄴ. 물체가 띤 전하의 종류를 알려면 대전된 검전기를 이용해야 한다.

### 08 정전기 유도 실험

**예설** | 대전되지 않은 도체에 대전체를 가까이 하면 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 대전된 막대 P를 대전되지 않은 A에 접촉시켰다가 떼었기 때문에 P와 A는 같은 종류의 전하로 대전된다. 이후 대전되지 않은 B, C를 서로 접촉시키고, A를 B에 가까이 하면 정전기 유도 현상에 의해 전자가 이동하여 A와 C는 같은 종류의 전하로 대전된다.

**오답짜이기** > ㄴ. 대전되지 않은 B와 C가 접촉한 상태에서 A에 의해 정전기가 유도되었으므로 (다)에서 전하량의 크기는 B와 C가 서로 같다.

ㄷ. (다)에서 B와 C의 전하의 종류가 서로 다르므로 B와 C 사이에는 당기는 전기력이 작용한다.

09 ①

10 ⑤

11 ③

12 ③

### 09 점전하에 의한 전기장

**예설** | 전기장의 세기는 전하량에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.

**정답맞히기** ▶ 나. 전하량의 크기를  $Q$ 라 놓고, B, C에서 전기장의 세기를 각각 구해 보면 다음과 같다.

$$E_B = +k\frac{Q}{d^2} - k\frac{Q}{(2d)^2} = +k\frac{3Q}{4d^2}$$

$$E_C = -k\frac{Q}{(2d)^2} + k\frac{Q}{d^2} = +k\frac{3Q}{4d^2}$$

따라서 전기장의 방향은 B에서와 C에서 모두  $+x$  방향으로 같다.

**오답피하기** ▶ 가. A에서 음(-)전하에 의한 전기장의 방향은  $-y$  방향이다.

다. 나.의 해설을 보면 전기장의 세기는 B에서와 C에서가 서로 같다.

### 10 전기장 영역에서 대전 입자의 운동

**예설** | 균일한 전기장 영역에 나란하게 입사된 대전 입자는 등가속도 운동을 한다.

**정답맞히기** ▶ 가. 음(-)으로 대전된 입자 P가  $+x$  방향으로 진행하는데, P의 속력이 점점 느려지므로 A 영역의 전기장 방향은  $+x$  방향이다.

나. B 영역에서 P의 속력이 점점 빨라지므로 P의 운동 방향과 전기장 방향은 반대이다.

다. B 영역에서 P의 속력이 점점 빨라지므로 P의 운동 에너지는 증가한다.

### 11 정전기 유도와 유전 분극

**예설** | 절연체(부도체) 내부에서 자유 전자의 이동 없이 원자가 전기력에 의해 분극이 되는 현상을 유전 분극이라고 한다. 즉, 도체에서는 정전기 유도 현상이, 절연체(부도체)에서는 유전 분극 현상이 나타난다.

**정답맞히기** ▶ 가. 양(+ )으로 대전된 대전체를 금속 막대의 A에 가까이 했을 때, 금속 막대에서 자유 전자는 B에서 A 방향으로 이동한다.

나. 절연체(부도체)인 고무풍선이 금속 막대에 끌려오는 것은 유전 분극 현상이 발생하기 때문이다.

**오답피하기** ▶ 다. 음(-)으로 대전된 물체를 금속 막대의 A에 가까이 가져가도 고무풍선에는 반대 극성으로 유전 분극 현상이 나타난다. 따라서 B와 고무풍선 사이에는 당기는 전기력이 작용한다.

### 12 정전기 유도 현상과 전기력

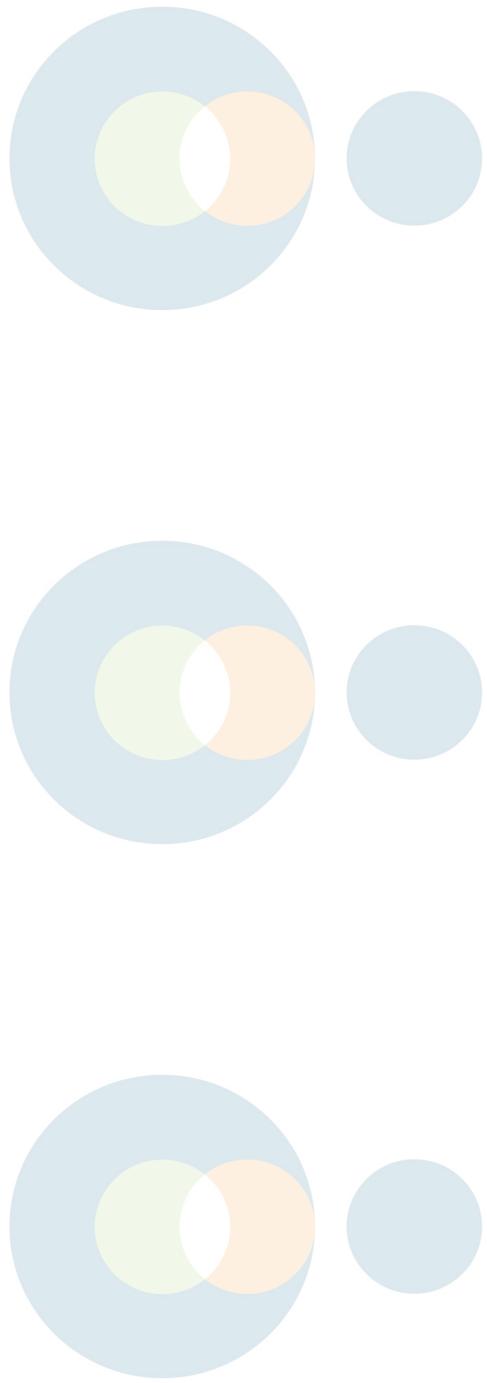
**예설** | 두 전하 사이에 작용하는 전기력은 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 전하가 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 전하량의 크기가 각각  $Q_1, Q_2$ 인 두 전하 사이의 거리가  $r$ 일 때 두 전하에 작용하는 전기력의 크기는  $F = k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$  (쿨롱 법칙)이다.

**정답맞히기** ▶ 가. (가)에서 A와 B는 서로 밀어내므로 A와 B는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다는 것을 알 수 있다. 또한 (나)에서 양(+ )

으로 대전된 대전체 C를 A에 가까이 하였을 때 B가 A 쪽으로 접근하는 것으로 보아 A와 B는 음(-)으로 대전되어 있다는 것도 알 수 있다. 따라서 B는 음(-)으로 대전되어 있다.

나. A와 B 사이의 거리보다 B와 C 사이의 거리가 더 큰데도 B에 작용하는 전기력의 크기가 같으므로, 전하량의 크기는 C가 A보다 크다.

**오답피하기** ▶ 다. A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 거리가 작은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.



THEME  
**06**

**자기장과 전자기 유도**

\* **답은 끝 문제로 유형 익히기** \*

본문 44쪽

정답 ⑤

**예설** | 코일 내부를 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율이 클수록 유도 전류의 세기가 증가하고, 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

**정답맞이기** > ㄱ. 7초일 때 자기 선속의 변화가 0이므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄴ. 0~10초 동안 자기장의 방향은 일정한데, 3초일 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이므로 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. 자기 선속의 시간적 변화율이 3초일 때가 9초일 때보다 작으므로, 유도 전류의 세기는 3초일 때가 9초일 때보다 작다.

**테마별 수능 필수유제**

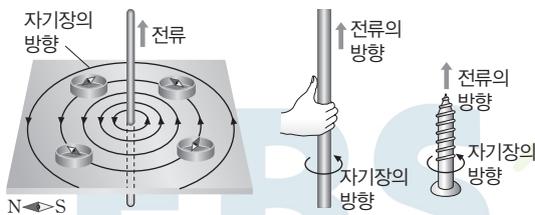
본문 45~47쪽

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

**01 직선 전류 주위의 자기장**

**예설** | 직선 도선에 전류가 흐르면 도선 주위에 도선을 중심으로 원형으로 자기장이 형성된다. 이때 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다. 자기장의 방향은 앙페르 법칙을 따른다.

**정답맞이기** > ㄱ. 직선 전류가 흐르는 도선 주위에는 그림과 같은 자기장이 형성된다.



따라서 직선 전류가 흐르는 도선 주위에 동심원 모양의 자기력선이 나타난다.

ㄴ. 앙페르 법칙을 적용하면 전류의 방향이 반대가 될 때 자기장의 방향도 반대가 된다.

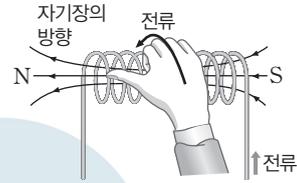
**오답맞이기** > ㄷ. 직선 도선 주위의 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다.

**02 솔레노이드 내부의 자기장**

**예설** | 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다. 내부 자

기장의 세기는 균일하며 전류의 세기가 클수록 크고, 단위 길이당 감은 수가 많을수록 크다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전류가 흐르는 솔레노이드 내부의 자기장의 방향은 그림과 같다.



따라서 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 Q → P 방향이다.

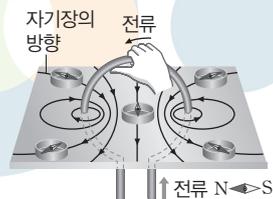
ㄷ. 솔레노이드 내부의 자기장 세기는 단위 길이당 코일의 감은 수와 전류의 세기에 비례한다. 따라서 전류의 세기를 2 A로 일정하게 하고, 구리선만 200번 감으면 솔레노이드 내부에 생긴 자기장의 세기는 증가한다.

**오답맞이기** > ㄴ. P점에서 자기장의 방향은 Q → P 방향이므로 나침반을 P에 놓으면 나침반 자침의 N극은 Q → P 방향을 향한다.

**03 원형 전류에 의한 자기장**

**예설** | 전류의 방향으로 오른손 엄지손가락을 향하게 하면 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이 자기장의 방향이 되고, 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고, 반지름이 작을수록 크다.

**정답맞이기** > ㄱ. 원형 전류 주위에는 그림과 같은 자기장이 형성된다.



원형 전류의 중심 O에서 자기장의 세기는 P, Q에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, P, Q의 반지름에 반비례한다. P, Q에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 반지름이 작은 P에 의한 자기장의 방향이 합성 자기장의 방향이다. 따라서 원형 전류의 중심 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. ㄴ. 원형 전류의 중심 O에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 반지름에 반비례하므로, Q에 흐르는 전류의 세기만 2I가 되면 O에서 자기장은 0이 된다.

ㄷ. Q에 흐르는 전류의 방향만 반대가 되면 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로, 자기장의 세기는 B보다 크다.

**04 직선 전류 주위의 자기장**

**예설** | 직선 도선에 전류가 흐르면 도선 주위에 도선을 중심으로 원형으로 자기장이 형성된다. 이때 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

**정답맞이기** > 도선에 흐르는 전류 I가 q에 형성하는 자기장을  $-B_0$ 이라 하면 q에서 자기장은  $-B_0 - 2B_0 = -3B_0$ , p와 r에서 자기장은 각각  $B_0 - \frac{2}{3}B_0 = \frac{1}{3}B_0$ ,  $-\frac{1}{3}B_0 + 2B_0 = \frac{5}{3}B_0$ 이다.

따라서 자기장의 세기는  $B_q > B_r > B_p$ 이다.

## 05 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

**예설** | 직선 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 원형의 자기장이 형성되며, 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 거리가 멀수록 약해진다.

원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고, 반지름이 작을수록 크다.

**정답맞이기** > 나. (나)의 P에서 직선 도선에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 하고, 자기장의 세기는  $3B_0$ 이어야 한다.

다. (나)에서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대가 되면 P에서 원형 전류와 직선 전류에 의한 자기장의 방향이 같아서 자기장의 세기는  $4B_0$ 이 된다.

**오답짜이기** > 가. (나)의 P에서 자기장의 세기는  $2B_0$ 이고, 자기장의 방향이 (가)와 반대이므로 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 한다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 ㉞ 방향이다.

## 06 전자기 유도

**예설** | 전자기 유도 현상이란 자석과 코일의 상대적인 운동에 의해 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때, 코일에 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐르게 되는 현상이다. 이때 코일은 닫힌 회로이어야 한다.

**정답맞이기** > 가. (가)에서는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 전자기 유도 현상이 일어나고, (나)에서는 일어나지 않는다. 따라서 (가)의 금속 고리에는 유도 전류가 흐른다.

나. (나)에서는 전자기 유도 현상이 일어나지 않아서 자석의 운동 방향과 반대 방향으로 자기력이 작용하지 않으므로 (가)보다 (나)의 자석이 지면에 먼저 도달한다.

**오답짜이기** > 다. (가)에서는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 전자기 유도 현상이 일어나므로 자석이 고리에 가까이 갈 때, 자석과 고리 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

## 07 전자기 유도 현상의 이해

**예설** | 전자기 유도에서 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

**정답맞이기** > 가, 다. 검류계에 흐르는 전류의 방향이  $p \rightarrow$  검류계  $\rightarrow q$ 인 경우는 솔레노이드의 왼쪽이 N극이 되는 경우이다. 따라서 막대자석의 S극과 솔레노이드가 서로 멀어질 때이므로, 막대자석을 솔레노이드에서 멀리 하거나 솔레노이드를 막대자석에서 멀리 하는 경우이다.

**오답짜이기** > 나. 막대자석을 솔레노이드에 가까이 하면, 검류계에 흐르는 전류의 방향은  $q \rightarrow$  검류계  $\rightarrow p$ 가 된다.

## 08 자성체의 종류

**예설** | 물질이 가지는 자기적인 성질을 자성이라 하고, 자성을 갖는 물체를 자성체라고 한다. 자성체의 종류에는 강자성체, 상자성체, 반자성체가 있는데, 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 오랫동안 유지하지만, 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성을

잃는다. 강자성체와 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되지만, 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 강자성체의 예로는 철, 코발트, 니켈 등이 있고, 상자성체의 예로는 종이, 알루미늄, 마그네슘 등이 있으며, 반자성체의 예로는 구리, 유리, 플라스틱, 물 등이 있다.

**정답맞이기** > 외부 자기장의 방향으로 자기화가 되는 것은 강자성체와 상자성체이고, 외부 자기장이 사라져도 자성을 유지하는 것은 강자성체이다. 따라서 A는 강자성체, B는 상자성체, C는 반자성체이다.

### 포인트 짚어보기

#### 원자 내부의 전자 운동과 자성

1. 전자의 궤도 운동에 의한 자기장 : 전자가 원자핵 둘레를 시계 반대 방향으로 공전하면 전류는 시계 방향으로 흐르므로, 공전 중심에서 자기장의 방향은 전자의 궤도면에 수직인 아래 방향이 된다.
2. 전자의 스핀에 의한 자기장 : 전자의 자성을 나타내는 스핀은 전자가 갖는 고유의 물리량이다.
3. 물질의 자성 : 원자 내의 전자들이 서로 반대 방향으로 공전하면서 짝을 이루면, 자기장이 서로 상쇄되어 원자 자석의 효과가 나타나지 않는다. 반면에 짝을 이루지 않아서 자기장이 서로 상쇄되지 않는 전자들이 있는 원자가 있으면 강자성이나 상자성이 나타난다. 강자성은 상자성에 비해 상쇄되지 않는 전자들의 수가 많으며 원자들 사이의 상호 작용이 강할 때 나타난다. 반자성은 원자 내 전자들이 모두 짝을 이루어 자기장이 완전히 상쇄될 때 나타난다.

## 09 전자기 유도 현상의 응용

**예설** | 원형 코일 내부를 통과하는 자기 선속을 변화시키면, 원형 코일에 유도 전류가 흐르게 된다. 전자기 유도 현상이 일어날 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석은 코일로부터 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받아 속력이 느려지는 운동을 한다.

**정답맞이기** > 가. 막대자석이 P를 지나는 순간 X를 통과하는 자기 선속이 감소하므로 이를 방해하는 방향, 즉 자기 선속이 증가하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 X에 흐르는 전류의 방향은 b이다.

**오답짜이기** > 나. X에서 Y까지 이동하는 동안 자석에 작용하는 자기력의 방향이 운동 방향과 반대이므로, 자석의 속력은 점점 감소한다.

다. 코일에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로, 자석과 Y 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

## 10 전자기 유도 현상의 응용

**예설** | 전자기 유도 현상은 코일 주변에서 자기장을 변화시켰을 때 기전력이 유도되어 전류가 흐르는 현상이다. 이때 유도 기전력과 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 발생한다.

**정답맞이기** > 가. 자석이 p를 지날 때 자석이 고리에 가까워지므로 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 증가한다.

나. 자석이 q를 지날 때, 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 감소하므로 이를 방해하는 방향, 즉 증가시키는 방향으로 유도 전류가 흘러서 금속 고리와 자석 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

**오답짜이기** > 다. 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때가 서로 반대이다.

## 11 발전기의 원리

**예설** | 발전기의 원리는 전자기 유도로, 자석과 코일의 상대적인 운동에 의해 코일 내부를 통과하는 자기 선속의 변화가 생겨 코일에 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐르는 현상이다. 자기장이 형성된 공간에 코일이 회전하면 코일을 통과하는 자기 선속의 변화에 의해 유도 기전력이 만들어지는 것이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 발전기는 코일의 운동 에너지, 즉 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

ㄷ. 자기장 속에서 코일이 회전할 때 자기 선속의 변화로 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐른다.

**오답피하기** > ㄱ. 코일이 회전하면 코일을 통과하는 자기 선속이 변하면서 전류의 방향이 변하는 교류가 발생한다.

## 12 전자기 유도 현상을 이용한 실생활 예

**예설** | 전자기 유도 현상을 이용한 기기에는 전기 기타, 마그네틱 카드, 전자 펜, 발광 바퀴, 발전기, 금속 탐지기, 자기 브레이크 등이 있다.

**정답맞이기** | 전자기 유도 현상을 이용한 실생활 예로, 마그네틱 카드의 자기 인식 방식, 태블릿 PC에 터치펜으로 정보 입력, 발광 키보드의 바퀴, 자전거 발전기의 에너지 전환 등이 있다.

**오답피하기** > 휴대 전화의 유선 충전은 직류 전기를 화학 에너지로 전환시키는 것으로, 전자기 유도 현상을 이용한 예가 아니다.

### 포인트 짚어보기

#### 전자기 유도를 이용한 무선 충전



### 테마별 수능 심화문제

본문 48~50쪽

- 13 ⑤    14 ⑤    15 ③    16 ③    17 ①  
18 ⑤

## 13 직선 전류에 의한 자기장

**예설** | 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $x=4d$ 인 지점에서 A와 B에 의한 자기장이 0이므로, A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.

ㄴ.  $x=3d$ 인 지점에 도선 C를 고정시켰더니  $x=d$ 인 지점에서 A와 C에 의한 자기장은 0이므로, A와 C에 흐르는 전류의 방향은 서로 같다.

ㄷ. B에 흐르는 전류의 세기를  $I$ 라 하면, A와 C에 흐르는 전류의 세기는 각각  $4I$ ,  $8I$ 이므로, 전류의 세기는  $C > A > B$  순이다.

## 14 직선 전류에 의한 자기장 응용

**예설** | 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. P와 Q에서 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 서로 같다.

ㄴ. 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 거리에 반비례하므로 P에서가 Q에서보다 크다.

$$B_P = -k \frac{I}{2r} + k \frac{2I}{r} = k \frac{3I}{2r}$$

$$B_Q = k \frac{I}{r} - k \frac{2I}{3r} = k \frac{I}{3r}$$

ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기만 2배가 되면 Q에서 자기장의 세기는  $B_Q' = k \frac{2I}{r} - k \frac{2I}{3r} = k \frac{4I}{3r}$ 이므로 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 자기장의 세기가 커진다.

## 15 강자성체

**예설** | 강자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 큰 물질로, 외부 자기장이 제거되어도 자성을 오래 유지한다. 철, 니켈, 코발트 등이 이에 속한다.

**정답맞이기** > A. 전원이 연결된 솔레노이드에서 못을 꺼내 못의 끝을 자기화되지 않은 철가루에 가까이 가져갔을 때 철가루가 달라붙은 것으로 보아 못은 강자성체이다.

B. 강자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로, 철가루가 달라붙은 못에서 못의 머리는 N극이다.

**오답피하기** > C. 철가루가 자기화된 못의 끝에 달라붙은 것으로 보아 반자성체가 아니다.

## 16 유도 전류의 세기와 방향

**예설** | 사각형 코일이 균일한 자기장 영역을 일정한 속력으로 통과할 때에는 자기장 영역에 들어가는 동안과 나오는 동안에만 자기 선속의 변화가 있어서 유도 전류가 흐른다.

**정답맞이기** > ㄱ. C에서는 자기 선속의 변화가 없으므로 코일에 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. 자기장 영역 I과 II의 자기장 방향이 서로 같으므로, D에서는 코일에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**오답피하기** > ㄴ. B와 D에서 코일에 흐르는 유도 전류의 세기가 같으므로, 단위 시간당 자기 선속의 변화가 같다. 따라서 자기장 영역 I과 II의 자기장 방향은 서로 같다.

## 17 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

**예설** | 직선 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 원형의 자기장이 형성

되며, 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 거리가 멀수록 약해진다.

원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고, 반지름이 작을수록 크다.

**정답맞히기** > O에서 원형 도선에 흐르는 전류  $I_1$ 에 의한 자기장의 세기와 P에서 직선 도선에 흐르는 전류  $I_2$ 에 의한 자기장의 세기는 모두  $B_0$ 이다.

Q에서 전류  $I_1, I_2$ 에 의한 자기장의 세기와 방향을 구해 보면 다음과 같다.

$$B = -\frac{1}{2}B_0 + B_0 = \frac{1}{2}B_0$$

따라서 Q에서 자기장의 세기는  $\frac{1}{2}B_0$ 이고, 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

## 18 유도 전류의 세기와 방향

**예설** | 코일 내부를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 클수록 유도 전류의 세기가 증가하고, 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

**정답맞히기** > ㄱ. 도선의 p의 위치가  $x=0.5L$ 에 있을 때 도선에 흐르는 유도 전류의 방향이 시계 방향이므로, 영역 I의 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. 도선의 p의 위치가  $x=1.5L$ 에 있을 때 도선에 흐르는 유도 전류의 방향이 시계 반대 방향이고, 유도 전류의 세기가  $x=0.5L$ 에 있을 때의 3배이므로 단위 시간당 자기 선속의 변화가 3배가 되어야 한다. 따라서 영역 II의 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 자기장의 세기는  $2B_0$ 이다.

ㄷ. 자기 선속의 변화는 도선의 p의 위치가  $x=2.5L$ 일 때가  $x=1.5L$ 일 때의  $\frac{2}{3}$ 배이므로, 도선에 흐르는 전류의 세기는  $2I_0$ 이다.

THEME



## 원자 구조와 전도성

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 52쪽

**정답** ①

**예설** | 전이 과정에서 방출되는 빛의 에너지는 에너지 준위 차가 클수록 크다. 방출되는 빛의 에너지가 클수록 방출되는 빛의 파장은 짧다.

**정답맞히기** > ㄱ. 에너지 준위 차는 a에서 c에서보다 크므로 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서 c에서보다 크고, 방출되는 빛의 파장은 a에서 c에서보다 짧다. 따라서  $\lambda_a < \lambda_c$ 이다.

**오답맞히기** > ㄴ. a, b, c에서 각각 방출되는 빛의 에너지는  $\frac{hc}{\lambda_a}, \frac{hc}{\lambda_b}, \frac{hc}{\lambda_c}$ 이다. 따라서  $\frac{hc}{\lambda_a} = \frac{hc}{\lambda_b} + \frac{hc}{\lambda_c}$ 에서  $\frac{1}{\lambda_a} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_c}$ 이다.

ㄷ. b에서 방출되는 빛의 에너지는  $E_5 - E_3 = \frac{hc}{\lambda_b}$ 이고, c에서 방출되는 빛의 에너지는  $E_3 - E_2 = \frac{hc}{\lambda_c}$ 이다. 이를 정리하면  $\frac{\lambda_b}{\lambda_c} = \frac{E_3 - E_2}{E_5 - E_3}$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 53~54쪽

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

## 01 수소 원자의 에너지 준위

**예설** | 전자는 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이할 때 두 에너지 준위 차에 해당하는 빛에너지를 방출한다. 방출하는 빛의 에너지는  $E = hf$ 이다.

**정답맞히기** > ㄴ. 원자핵과 전자 사이의 거리가 가까울수록 전자에 작용하는 전기력의 크기는 크다. 따라서 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력의 크기는 전자의 에너지 준위가  $E_1$ 일 때가  $E_2$ 일 때보다 크다.

ㄷ. 전자가 전이할 때 에너지 준위 차만큼의 빛에너지를 방출한다. 따라서  $E_2 - E_1 = hf$ 에서  $f = \frac{E_2 - E_1}{h}$ 이다.

**오답맞히기** > ㄱ. 원자핵으로부터 멀어질수록 에너지 준위는 증가한다. 따라서 전자의 에너지 준위는  $E_1$ 이  $E_2$ 보다 작다. 즉,  $E_1 < E_2$ 이다.

## 02 수소 원자의 에너지 준위

**예설** | 수소 원자는 전자의 에너지 준위의 차에 해당하는 만큼의 에너지를 가진 빛을 방출한다.

**정답맞히기** > ㄱ. 전이 과정에서 방출되는 빛의 에너지가 클수록 파장은 짧다. 따라서 전이 과정에서 방출되는 빛의 파장은 A에서 C에서보다 길다.

ㄴ. 전자가 전이하면서 광자를 방출한다. 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 에너지 준위 차이다. 따라서 B에서 방출되는 광자 1개의 에너지는  $E_3 - E_2$ 이다.

ㄷ. C에서 방출되는 에너지는 A와 B에서 방출되는 빛에너지의 합과 같다. 따라서  $hf_3 = hf_1 + hf_2$ 에서  $f_1 = f_3 - f_2$ 이다.

### 03 수소 원자의 에너지 준위

**예설** | 원자 내 전자의 에너지 준위는 띄엄띄엄 분포하고 있다. 양자수가 증가할수록 이웃하는 에너지 준위와의 에너지 차가 감소한다. 원자가 빛을 흡수하면 전자의 양자수가 증가하고, 빛을 방출하면 양자수는 감소한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 수소 원자에서는 특정한 파장의 빛만 방출되므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

ㄴ. 전자는 전이하면서 에너지를 흡수하거나 방출한다. 전자가 한 궤도에서 머물러 있는 동안에는 빛이 방출되지 않는다.

ㄷ. 전자의 에너지는  $n=3$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도에서보다 크므로,  $n=2$ 인 궤도에서  $n=3$ 인 궤도로 전이할 때 전자는 빛을 흡수한다.

### 04 수소 원자의 스펙트럼

**예설** | 수소 원자에서  $n=1$ 인 상태로 전이하면서 방출하는 빛을 라이먼 계열,  $n=2$ 인 상태로 전이하면서 방출하는 빛을 발머 계열,  $n=3$ 인 궤도로 전이하면서 방출하는 빛을 파셴 계열이라고 한다.

**정답맞이기** > ㄴ. 방출되는 빛의 에너지가 작을수록 빛의 진동수가 작다. 따라서 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서 c에서보다 작다.

**오답맞이기** > ㄱ. 가시광선 영역의 빛은 발머 계열이다.

ㄷ. b는 가시광선 영역에서 두 번째로 진동수가 작은 빛이므로  $n=4$ 인 상태에서  $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 스펙트럼선이다.

### 05 수소 원자의 스펙트럼

**예설** | 전동 빛, 가열된 고체에서는 연속 스펙트럼이 나타나고, 고온의 기체에서는 방출 스펙트럼이 나타나며, 저온의 기체에서는 흡수 스펙트럼이 나타난다.

**정답맞이기** > ㄴ. 빛의 파장이 길수록 진동수는 작다. 따라서 a에 해당하는 빛의 파장은 b에 해당하는 빛의 파장보다 길다.

**오답맞이기** > ㄱ. (나)에서 스펙트럼선이 띄엄띄엄 나타나므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

ㄷ. 기체마다 전자의 에너지 준위 분포가 다르므로 방출 스펙트럼의 선의 위치도 다르다. 그리고 선 스펙트럼을 분석하면 기체의 종류를 알 수 있다.

### 06 고체의 에너지띠

**예설** | 원자 사이의 간격이 좁은 고체는 원자의 에너지 준위가 미세하게 갈라져 있어 에너지띠로 나타난다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 에너지띠 사이의 에너지로 에너지 준위가 ㉠에 해당하는 전자는 존재하지 않는다.

**오답맞이기** > ㄴ. 같은 에너지띠에 있는 전자의 경우 모두 에너지 준위가 다르다.

ㄷ. 에너지띠는 고체와 같이 원자 사이의 간격이 매우 가까울 때 나타나는 것으로 수소 기체와 같이 원자 사이의 간격이 충분히 넓은 경우 에너지 준위가 띄엄띄엄 선의 형태로 존재하며 연속적인 띠의 형태를 나타내지 않는다.

### 07 고체의 에너지띠

**예설** | 원자 사이의 간격이 좁은 고체는 원자의 에너지 준위가 미세하게 갈라져 있어 에너지띠로 나타난다.

**정답맞이기** > ㄱ. A는 음(-)전하를 띤 전자이다. 전기장 영역에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 전기장의 방향과 반대이다.

**오답맞이기** > ㄴ. 띠틈이 1.14 eV이므로 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하기 위해서는 1.14 eV 이상의 에너지를 흡수해야 한다.

ㄷ. B는 양공이다. 양공이 많아지도록 도핑한 반도체는 p형 반도체이다.

### 08 고체의 에너지띠

**예설** | 도체의 에너지띠 구조는 원자가 띠와 전도띠의 일부가 겹쳐 있으므로 A는 도체이고, 반도체는 원자가 띠와 전도띠 사이에 띠틈이 있으므로 B는 반도체이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 실리콘(Si)은 반도체이므로 B에 속한다.

ㄴ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠틈이 작을수록 전기 전도성이 좋다. 따라서 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

**오답맞이기** > ㄷ. 온도가 높을수록 에너지를 얻어 원자가 띠에서 전도띠로 전이되는 전자의 수가 증가하므로 B에서 양공의 수는 증가한다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 55~56쪽

09 ⑤

10 ③

11 ②

12 ⑤

### 09 수소 원자의 에너지 준위

**예설** | 보어의 수소 원자 모형에서 전자는 양자수가 큰 궤도에서 양자수가 작은 궤도로 전이할 때 에너지 준위의 차만큼 빛에너지를 방출한다. 방출하는 빛에너지는 진동수에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 방출되는 빛에너지는 에너지 준위의 차이다. a에서 방출되는 빛에너지는  $-\frac{1}{4}E - (-E) = \frac{3}{4}E$ 이고, c에서 방출되는 빛에너지는  $-\frac{1}{16}E - (-\frac{1}{4}E) = \frac{3}{16}E$ 이다. 따라서 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서 c에서의 4배이다.

ㄴ.  $n=2$ 인 상태와  $n=3$ 인 상태의 에너지 준위 차는  $-\frac{1}{9}E - (-\frac{1}{4}E) = \frac{5}{36}E$ 이므로  $n=2$ 인 상태에 있던 전자가  $n=3$ 인 상태로 전이하려면  $\frac{5}{36}E$ 만큼의 에너지를 흡수해야 한다.

ㄷ. 전이 과정에서 방출하는 빛에너지가 작을수록 파장이 길다. 따라서 방출되는 빛의 파장이 가장 긴 경우는 b이다.

## 10 수소 원자의 스펙트럼

**예설** | 전자의 전이 과정에서 방출되는 빛의 에너지는 진동수에 비례하고, 파장에 반비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전이 과정에서 방출되는 빛에너지가 가장 큰 것은 A로 파장이 가장 짧다. 따라서 A에서 방출되는 스펙트럼선은  $\alpha$ 이다.

ㄴ. 양자수가 커질수록 이웃하는 에너지 준위의 차는 감소한다. 따라서 전이 과정에서 방출하는 빛의 에너지는 C에서가 B에서보다 크다.  $\beta$ 는 C에서,  $\gamma$ 는 B에서 방출되는 스펙트럼선이다. 따라서  $\beta$ 의 파장은  $\frac{hc}{E_3 - E_2}$ 이다.

**오답짜이기** > ㄷ. 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 에너지 준위 차가 클수록 크다. 따라서 방출되는 빛의 진동수는 B에서가 C에서보다 작다.

## 11 수소 원자의 스펙트럼

**예설** | 각 전이 과정에서의 에너지 차는  $\Delta E = hf$ 이다. 전이 과정에서의 에너지 차가 클수록 방출되는 빛의 진동수는 크다.

**정답맞이기** > ㄴ. 빛의 파장은 빛의 에너지에 반비례한다. a에서 흡수한 빛에너지는 d에서 방출한 빛에너지보다 크므로 (가)의 a에서 흡수한 빛의 파장은 d에서 방출한 빛의 파장보다 짧다.

**오답짜이기** > ㄱ. (나)에서 오른쪽으로 갈수록 스펙트럼선 사이의 진동수의 차이가 커진다. 전이 과정에서 방출하는 빛의 에너지가 클수록 진동수가 크다. 양자수가 커질수록 이웃하는 원자의 에너지 준위 차는 감소하므로 a는 d에서 방출한 스펙트럼선이다.

ㄷ. a는  $n=1$ 인 상태에서  $n=4$ 인 상태로 전이하는 과정이다.  $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛은 자외선 영역이므로 a에서 흡수한 빛은 자외선 영역이다.

## 12 도체와 절연체

**예설** | 원자가 띠와 띠 사이의 띠틈이 작을수록 전기 전도성은 좋다.

**정답맞이기** > ㄱ. 스위치를 열었을 때 전구에 불이 꺼졌으므로 회로에는 전류가 흐르지 않는다. 스위치를 닫았을 때 불이 켜졌으므로 회로에는 전류가 흐른다. 따라서 A는 도체이고, B는 절연체이다. 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

ㄷ. 고체 내에 자유 전자의 밀도가 클수록 전기 전도성이 좋다. 상온에서 전기 전도성은 A가 B보다 좋으므로 상온에서 자유 전자의 밀도는 A가 B보다 크다.

**오답짜이기** > ㄴ. 전기 전도성은 A가 B보다 좋으므로 원자가 띠와 띠 사이의 띠틈은 A가 B보다 작다.

THEME



## 반도체와 신소재

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 58쪽

**정답** ②

**예설** | 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압을 걸어 준다.

**정답맞이기** > ㄴ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 ㉠이다.

**오답짜이기** > ㄱ. Y에는 공유 결합 중 전자의 빈자리인 양공이 생겼다. 따라서 붕소(B)는 원자가 전자가 실리콘(Si)보다 1개 적다.

ㄷ. Y는 주로 양공이 전류를 흐르게 하는 p형 반도체이다. 따라서 (가)의 회로에 연결된 트랜지스터는 n-p-n형 트랜지스터이다. n형 반도체인 X는 전원의 (+)극에 연결되어 있고, p형 반도체인 Y는 전원의 (-)극에 연결되어 있으므로 컬렉터와 베이스 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

테마별 수능 필수유제

본문 59~60쪽

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

## 01 반도체의 도핑

**예설** | 순수 반도체에 불순물을 첨가하는 것을 도핑이라고 하며, 도핑을 하면 전기 전도성이 좋아진다.

**정답맞이기** > ㄴ. B는 순수 반도체에 전자가 많아지도록 도핑한 n형 반도체이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 저마늄(Ge)의 원자가 전자의 수는 4개이다. B는 공유 결합에 참여하지 않은 전자가 있으므로, 비소(As)의 원자가 전자의 수는 5개이다.

ㄷ. B는 공유 결합에 참여하지 않은 전자가 생겼고, 이 전자에 의해 전기 전도성이 더 좋아지게 된다. 따라서 전기 전도성은 B가 A보다 좋다.

## 02 p-n 접합 다이오드의 연결

**예설** | p-n 접합 다이오드에 순방향의 전압이 걸리면 p-n 접합면 쪽으로 양공과 전자가 이동하여 양공과 전자의 결합이 일어난다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서 R<sub>1</sub>에만 전류가 흘렀으므로 A에는 순방향 전압이 걸렸다. 따라서 X는 p형 반도체, Y는 n형 반도체이다.

**오답짜이기** > ㄴ. Y는 n형 반도체이다. n형 반도체에서는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. (나)에서 스위치를 닫으면 B에는 역방향 전압이 걸리므로 전류가 흐르지 않는다.

### 03 p-n 접합 다이오드

**예설** | p-n 접합 다이오드는 전원 장치의 (+)극이 p형 반도체에, (-)극이 n형 반도체에 연결되어야 전류가 흐른다.

**정답맞이기** ㄱ. 비소(As)는 원자가 전자가 5개이고, 갈륨(Ga)은 원자가 전자가 3개이다. 실리콘(Si)은 원자가 전자가 4개이므로 실리콘(Si)으로 구성된 순수 반도체에 비소(As)를 첨가하면 공유 결합에 참여하지 못한 전자 1개가 남는 n형 반도체가 만들어지고, 갈륨(Ga)을 첨가하면 공유 결합을 위한 전자 1개가 부족하여 양공이 생성되는 p형 반도체가 만들어진다.

ㄴ. X는 n형 반도체, Y는 p형 반도체이다. 따라서 스위치를 a에 연결했을 때 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다.

**오답맞이기** ㄷ. 스위치를 b에 연결했을 때 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다. 다이오드에 역방향 전압이 걸리면 n형 반도체 내부에서 전자는 p-n 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

### 04 발광 다이오드의 에너지띠

**예설** | p-n 접합 발광 다이오드는 p-n 접합면에서 양공과 전자가 결합하면서 빛을 방출하는 전기 소자이다.

**정답맞이기** ㄱ. 전도띠의 전자와 원자가 띠의 양공이 p-n 접합면에서 결합하여 빛을 방출한다. 따라서 전자가 양공과 결합할 때 전자의 에너지는 감소한다.

ㄴ. 띠띠가 클수록 방출하는 빛의 진동수는 크고, 빛의 파장은 짧다.

**오답맞이기** ㄷ. 띠띠와 방출되는 빛의 속력은 무관하다.

### 05 발광 다이오드

**예설** | p-n 접합 발광 다이오드에 순방향의 전압이 걸리면 p-n 접합면 쪽으로 양공과 전자가 이동하여 양공과 전자의 결합이 일어난다. 이때 방출되는 빛은 다이오드의 띠띠가 클수록 진동수가 크다.

**정답맞이기** ㄱ. p-n 접합 발광 다이오드에서 빛이 방출되고 있으므로 순방향 전압이다. 따라서 a는 전원 장치의 (+)극이다.

**오답맞이기** ㄴ. p-n 접합 발광 다이오드는 전도띠의 전자가 원자가 띠의 양공과 결합하면서 빛을 방출한다. 따라서 빛이 방출되면서 n형 반도체의 전자는 에너지 준위가 낮아진다.

ㄷ. p-n 접합 발광 다이오드에서 방출되는 빛의 진동수는 띠띠에 의해 결정된다. 즉, 띠띠가 클수록 방출되는 빛의 진동수가 크다. 전원 장치의 전압과는 무관하다.

### 06 p-n 접합 발광 다이오드와 빛의 합성

**예설** | 빨간색, 초록색, 파란색 빛이 같은 세기로 합쳐지면 흰색 빛이 된다.

**정답맞이기** ㄱ. 스위치를 닫았을 때 조명 장치에서는 흰색 빛이 방출되었으므로 A, B, C에는 순방향 전압이 걸렸다. 따라서 X는 p형 반도체이다.

ㄴ. 스위치를 닫았을 때 A에는 순방향 전압이 걸렸으므로 n형 반도체의 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

**오답맞이기** ㄷ. 빛의 진동수는 파란색 빛이 초록색 빛보다 크다. 따라서 LED에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 B에서가 C에서보다 작다.

### 07 트랜지스터의 연결

**예설** | 트랜지스터에서 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸린다.

**정답맞이기** ㄱ. (나)는 양공이 많아지도록 도핑된 불순물 반도체이므로 p형 반도체이다. 따라서 A, C는 p형 반도체이고, B는 n형 반도체이다. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸리므로 a는 (+)극이다.

**오답맞이기** ㄴ. 베이스에 흐르는 전류를  $I_b$ 라 하면,  $I_e = I_b + I_c$ 이므로  $I_e > I_c$ 이다.

ㄷ. p-n-p형 트랜지스터에서는 이미터에 있는 양공의 대부분이 베이스를 통과하여 컬렉터에 도달한다.

### 08 초전도체

**예설** | 초전도체는 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 신소재이다.

**정답맞이기** ㄴ. 초전도체 내부로는 자기장이 들어가지 못하여 초전도체 내부의 자기장은 0이다.

ㄷ. 초전도체는 전기 저항이 0이 되면 많은 전류가 흐를 수 있기 때문에 강한 자기장을 만들 수 있어 자기 공명 영상(MRI) 장치에 이용된다.

**오답맞이기** ㄱ. 초전도 현상은 초전도체의 온도가 임계 온도 이하일 때 나타난다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 61~62쪽

09 ⑤

10 ②

11 ⑤

12 ③

### 09 p-n 접합 다이오드

**예설** | p-n 접합 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 정류 작용을 한다.

**정답맞이기** ㄱ.  $S_1$ 을 닫았을 때 저항에는 일정한 전류가 흘렀으므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸렸다. 따라서 A는 p형 반도체이고, p형 반도체는 양공이 많아지도록 도핑된 반도체이다.

ㄷ. 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 정류 작용을 한다.

**오답맞이기** ㄴ.  $S_1$ 을 닫았을 때에는 저항에 계속 전류가 흐르므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 n형 반도체에서 전자의 이동 방향은 p-n 접합면을 향하는 방향이다.  $S_2$ 를 닫고  $t_2$ 일 때 저항에는 전류가 흐르지 않으므로 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다. 따라서 n형 반도체에서 전자의 이동 방향은 p-n 접합면에서 멀어지는 방향이다.

### 10 p-n 접합 발광 다이오드(LED)

**예설** | 발광 다이오드는 순방향 전압이 걸렸을 때만 빛을 방출한다.

**정답맞이기** ㄴ. A와 D에는 순방향 전압, B와 C에는 역방향 전압이 걸린다. 따라서 빛이 방출되는 LED는 A와 D이다.

**오답피하기** > ㄱ. 저항에 흐르는 전류의 방향은  $a \rightarrow R \rightarrow b$ 이므로 X는 p형 반도체, Y는 n형 반도체이다.  
 ㄷ. B와 C에는 역방향 전압이 걸리므로 C에서 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합면에서 멀어지는 쪽으로 이동한다.

## 11 전자기 유도와 p-n 접합 발광 다이오드(LED)

**해설** | 막대자석이 가까워질 때와 멀어질 때 코일의 유도 기전력의 방향은 다르다.

**정답맞이기** > ㄱ. 막대자석이 코일에 가까워질 때 코일에서 발생하는 유도 기전력에 의해 LED에는 순방향 전압이 걸린다.

ㄷ. LED에 순방향 전압이 걸릴 때 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 접합면으로 향한다.

**오답피하기** > ㄴ.  $t$ 부터  $3t$ 까지 LED에서 빛이 방출되므로 코일에는 유도 전류가 흐른다. 이때 자석이 코일에 가까워져 자석과 코일 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하므로 막대자석이 받는 자기력의 방향은  $+x$  방향이다. 따라서 코일이 자석에 작용하는 자기력의 방향은  $1.5t$ 일 때와  $2.5t$ 일 때가 서로 같다.

## 12 트랜지스터

**해설** | 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압을 걸어 준다. p-n-p형 트랜지스터는 전원에서 이미터로 들어간 전류가 베이스와 컬렉터로 나오므로 이미터에 흐르는 전류의 세기는 베이스와 컬렉터에 흐르는 전류의 합과 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸려 있고, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

ㄴ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸려 있으므로 태양 전지의 X는 n형 반도체이다. 따라서 X는 원자가 전자가 5개인 원소로 도핑된 불순물 반도체이다.

**오답피하기** > ㄷ.  $I_E = I_B + I_C$ 에서  $I_B < I_E$ ,  $I_B \ll I_C$ 이다.

## III. 정보와 통신

THEME



## 소리와 음향 장치

\* 낮은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 65쪽

정답 ⑤

**해설** | 음악 소리는 사람이 들을 수 있는 가청 음파이고, 초음파는 가청 진동수보다 큰 음파이다.

**정답맞이기** A. 음악 소리는 사람이 들을 수 있고, 초음파는 사람이 들을 수 없다. 진동수는 음악 소리가 초음파보다 작다.

C. 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 진행 속력은 음악 소리와 초음파가 같고, 진동수는 음악 소리가 초음파보다 작으므로 파장은 음악 소리가 초음파보다 길다. 따라서 공기 중에서 회절은 음악 소리가 초음파보다 잘 일어난다.

**오답피하기** B. 공기 중에서 진행 속력은 음악 소리와 초음파가 같다.

테마별 수능 필수유제

본문 66~67쪽

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

## 01 소리의 반사, 굴절, 회절

**해설** | 소리가 진행하다가 장애물을 만나 되돌아오는 것을 반사, 다른 매질을 만나 속력이 달라져 진행 방향이 꺾이는 것을 굴절, 장애물 뒤 편으로 넘어 전달되는 것을 회절이라고 한다.

**정답맞이기** (가) 산에서 소리를 지르면 반사되어 되돌아오는 것을 메아리라고 하는데, 이는 소리의 반사이다.

(나) 낮에는 지표면 근처의 공기의 온도가 상대적으로 높기 때문에 소리의 속력이 지표면 근처에서가 상대적으로 빠르다. 따라서 진행하는 소리는 위로 굴절해 진행한다.

(다) 방음벽 너머로 소리가 전달되는 것은 소리의 회절 현상이다.

## 02 초음파의 특징

**해설** | 초음파는 매질의 진동 방향과 초음파의 진행 방향이 나란한 종파이고, 음파보다 파장이 짧다.

**정답맞이기** ㄴ. 소리는 매질의 상태에 따라 진행 속력이 달라진다. 소리의 속력은 고체, 액체, 기체 중 고체에서 가장 빠르고 기체에서 가장 느리다. 초음파가 (가)에서는 물속에서 진행하고 (나)에서는 공기 중에서 진행하므로 초음파의 진행 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

**오답피하기** > ㄱ. 초음파는 종파로 매질의 진동 방향과 초음파의 진행 방향은 나란하다.

ㄷ. 자동차의 후방 감지기는 초음파의 반사 현상을 이용하여 장애물과의 거리를 측정한다.

### 03 마이크에 의한 신호의 전환

**예설** | 마이크는 소리 신호를 전기 신호로 전환시키고, 음파는 마이크의 진동판을 음파의 진동수와 동일한 진동수로 진동시켜 마이크의 코일에 교류 전류를 발생시킨다.

**정답맞히기** > ㄱ. 마이크는 소리 신호를 전기 신호로 바꾸는 장치이다.  
 ㄷ. 마이크에서는 소리에 의해 공기가 진동하고, 진동판과 코일이 소리의 진동수와 같은 진동수로 진동하여 코일에 전류가 흐르게 된다. 소리의 높낮이는 진동수와 관련이 있다. (나)에서 전기 신호의 진동수는 일정하므로 소리급소 소리의 높낮이는 일정하다.

**오답피하기** > ㄴ. 코일에는 진동판과 코일의 진동에 의해 발생하는 유도 기전력에 의해 교류 전류가 흐르며, 이는 패러데이 법칙으로 설명할 수 있다. 따라서 코일에 흐르는 전류의 세기는 일정하지 않다.

### 04 마이크의 원리

**예설** | 다이내믹 마이크는 진동판과 코일이 진동하여 전자기 유도 현상에 의해 전류가 흐르고, 콘덴서 마이크는 진동판의 진동에 의해 축전기의 극판 간격이 변하여 전기 신호가 발생한다.

**정답맞히기** > ㄴ. 소리의 진동수와 진동판의 진동수는 같으므로 마이크에서 전환된 전기 신호의 진동수도 같다.

**오답피하기** > ㄱ. 다이내믹 마이크는 전자기 유도 현상에 의해 전류가 흐르므로 전류의 세기는 계속 변한다.

ㄷ. 콘덴서 마이크에서 진동판의 진폭이 클수록 전압 변화가 커져 전기 신호의 진폭이 더 커진다.

### 05 줄에서의 정상파

**예설** | 정상파에서 이웃한 마디 사이의 거리는 정상파의 반파장이다.

**정답맞히기** > ㄴ. 줄의 길이가  $L$ 이고 2배 진동의 정상파가 만들어졌으므로 정상파의 파장은  $L$ 이다.

**오답피하기** > ㄱ. 줄에서 만들어지는 정상파는 진행 방향과 진동 방향이 수직인 정상파이다.

ㄷ. 줄에서 만들어질 수 있는 정상파의 최대 파장은 기본 진동일 때인  $2L$ 이다. 파장이 최대일 때 진동수는 최소이므로 정상파를 만들 수 있는 최소 진동수는  $\frac{1}{2}f$ 이다. 따라서 진동자의 진동수가  $\frac{1}{4}f$ 일 때 정상파가 만들어지지 않는다.

### 06 현악기에서의 정상파

**예설** | 양 끝이 고정된 현악기에서 기본 진동의 정상파가 형성될 때, 정상파 파장이 짧을수록 높은 음의 소리가 발생한다.

**정답맞히기** > ㄴ. P, Q의 파장은 각각  $L$ ,  $4L$ 이다. P, Q의 진동수를 각각  $f_P$ ,  $f_Q$ 라고 하면, A, B에서 파동의 진행 속력은 같으므로  $f_P L = f_Q (4L)$ 이다. 따라서  $f_P = 4f_Q$ 이므로 P에서는 Q에서보다 두 옥타브 높은 음이 발생된다.

ㄷ. A에서 기본 진동에 의한 파장은  $2L$ 이고, B에서 기본 진동에 의

한 파장은  $4L$ 이다. 따라서 기본 진동에 의한 파장은 B에서가 A에서의 2배이다.

**오답피하기** > ㄱ. Q는 B에서의 기본 진동이다. 따라서 Q의 파장은  $4L$ 이다.

### 07 줄에서의 정상파

**예설** | 정상파는 이웃한 마디 사이의 거리가 반파장이다. 소리의 진동수의 비가 1 : 2인 관계가 한 옥타브 음정 관계이다.

**정답맞히기** > ㄱ. B는 2배 진동에 의한 정상파이므로 ㉠은  $L$ 이다.

ㄴ. A의 속력은  $f(2L)$ 이고, B의 속력은  $4fL$ 이다. 따라서 속력은 B가 A의 2배이므로 ㉡은  $v$ 이다.

**오답피하기** > ㄷ. 정상파의 진동수와 소리의 진동수는 같다. 진동수는 B가 A의 4배이므로 B에서 발생한 소리는 A에서 발생한 소리보다 두 옥타브 높은 음이다.

### 08 관에서의 정상파

**예설** | 관 속으로 들어가는 파동과 관의 끝에서 반사된 파동이 중첩되어 정상파를 이룬다. 관에서 열린 곳은 배가 되고 닫힌 곳은 마디가 된다. 기본 진동하는 관악기에서 관의 길이가 짧을수록 높은 소리가 난다.

**정답맞히기** > ㄱ. (가)에서 만들어진 정상파는 열린 관에서의 기본 진동이므로 파장은  $2L$ 이고, (나)에서 만들어진 정상파는 한쪽이 막힌 관에서의 기본 진동이므로 파장은  $4L$ 이다. 따라서 파장은 B가 A의 2배이다.

ㄴ. 두 관에서 소리의 속력은 같고, 파장은 B가 A의 2배이므로 진동수는 A가 B의 2배이다.

**오답피하기** > ㄷ. 관 속에서 만들어진 정상파는 파동의 간섭에 의해 만들어진 것이다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 68~69쪽

09 ⑤

10 ⑤

11 ①

12 ③

### 09 줄에서의 정상파

**예설** | 정상파는 동일한 파동이 서로 반대 방향으로 진행하다가 중첩될 때 만들어진다. 정상파의 마디는 상쇄 간섭으로 진동하지 않는다.

**정답맞히기** > ㄱ.  $f_1$ 일 때 발생하는 정상파는 기본 진동이므로 파장  $\lambda_1 = 2L$ 이다.  $f_2$ 일 때 발생하는 정상파는 3배 진동이므로 파장  $\lambda_2 = \frac{2}{3}L$

이다. 따라서  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 3$ 이다.

ㄷ.  $f_1$ 일 때 발생한 정상파의 속력은  $f_1 \lambda_1 = f_1 (2L)$ 이다.  $f_2$ 일 때 발생한 정상파의 속력은  $f_2 \lambda_2 = f_2 \left(\frac{2}{3}L\right) = (3f_1) \left(\frac{2}{3}L\right) = 2f_1 L$ 이다.  $f_3$ 일 때

발생한 정상파의 속력은  $f_3 \lambda_3 = f_3 \left(\frac{1}{2}L\right) = \left(\frac{4}{3}f_2\right) \left(\frac{1}{2}L\right) = \frac{2}{3}f_2 L$

이다.

**오답풀이** > 나.  $f_1$ 은 기본 진동수이므로  $f_2=3f_1$ 이고,  $f_3=4f_1$ 이다. 따라서  $f_3$ 일 때 발생한 정상파의 소리는  $f_1$ 일 때 발생한 정상파의 소리보다 두 옥타브 높다.

## 10 줄에서의 정상파

**예설** | 파동의 전파 속력은 진동수와 파장의 곱이다.

**정답맞이** > 가. A는 양 끝이 고정된 줄에서 발생한 정상파의 기본 진동이다. 따라서 A의 파장은  $2L$ 이다.

나. B의 파장은  $L$ , C의 파장은  $\frac{2}{3}L$ 이다.  $S_2, S_3$ 에서 파동의 전파 속력은 같으므로  $f_2L=f_3\left(\frac{2}{3}L\right)$ 에서  $f_3=\frac{3}{2}f_2$ 이다.

다. C는 A보다 한 옥타브 높은 음을 발생시키므로  $f_3=2f_1$ 이다.  $S_1$ 에서 파동의 속력은  $f_1(2L)$ 이고,  $S_3$ 에서 파동의 속력은  $f_3\left(\frac{2}{3}L\right)=2f_1\left(\frac{2}{3}L\right)=\frac{4}{3}f_1L$ 이다. 따라서 파동의 속력은  $S_3$ 에서가  $S_1$ 에서의  $\frac{2}{3}$ 배이다.

## 11 관에서의 정상파

**예설** | 관에서 형성되는 정상파에 의한 소리의 세기가 최대가 되는 피스톤의 위치는 정상파의 마디이고, 관의 입구는 정상파의 배에 해당한다.

**정답맞이** > 가. 관 내부에서 소리의 세기가 갑자기 커지는 이유는 관 안에서 공명이 일어났기 때문이다.

**오답풀이** > 나. 관의 열린 끝은 정상파의 배이다. 피스톤이 마디가 되는 정상파는  $x=L, 3L, 5L, \dots$ 일 때 만들어지므로,  $x=2L$ 일 때 관에서 울리는 소리는 크게 울리지 않는다.

다. 진동수가  $f_0$ 보다 큰 소리를 발생시키는 소리굽쇠를 사용하면 기본 진동의 정상파의 파장은 감소한다. 따라서 관에서 소리가 크게 울리는  $x$ 의 최솟값은  $L$ 보다 작다.

## 12 관에서의 공명

**예설** | 길이가  $L$ 인 한쪽 끝이 닫힌 관에서 만들어지는 기본 진동일 때의 정상파 파장은  $4L$ 이다.

**정답맞이** > 가. (나)의 진동수가 (가)의 진동수의 1.5배이므로 (나)에서 발생하는 음은 '솔'이다.

나. 관의 길이는 각 정상파 파장의  $\frac{1}{4}$ 이므로 관의 길이의 비는 각 파동의 파장의 비와 같다. 음파의 속력은 일정하므로  $v=f\lambda$ ,  $L \propto \frac{v}{f}$ ,  $\frac{L_1}{L_2} = \frac{3}{2}$ 이다.

**오답풀이** > 다. 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 파장은 A에서 발생한 소리가 B에서 발생한 소리보다 길다. 따라서 회절은 A에서 발생한 소리가 B에서 발생한 소리보다 잘 일어난다.

# THEME 10 빛과 영상 장치

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \* 본문 72쪽

**정답** ③

**예설** | 광전자가 방출될 때 방출되는 광전자의 수가 많을수록 흐르는 전류의 세기가 크고, 방출되는 광전자의 수는 빛의 세기가 셀수록 많다.

**정답맞이** > 가.  $t_1$ 일 때는 A만 비추고 있고, 이때 전류계에는 전류가 흐르지 않았으므로 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하지 못했다. 따라서 A의 광자 1개의 에너지는  $E_0$ 보다 작다.  $t_2$ 일 때는 A와 B를 동시에 비추고 있고, 이때 전류계에는 전류가 흘렀으므로 B의 광자 1개의 에너지는  $E_0$ 보다 크다.

나.  $t_2$ 일 때와  $t_3$ 일 때 모두 B를 비추고 있으므로 전류계에는 전류가 흐른다. B의 세기는  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 작으므로 전류의 세기는  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 작다.

**오답풀이** > 다. A의 광자 1개의 에너지는  $E_0$ 보다 작으므로 A의 세기를 증가시켜도 전류계에는 전류가 흐르지 않는다.

테마별 수능 필수유제 본문 73~74쪽

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

## 01 광전 효과

**예설** | 광전 효과는 금속 표면에서 나타나며, 광전 효과는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

**정답맞이** > 가. 빛은 광자라고 불리는 불연속적인 입자의 흐름이다.

나. 금속 표면에 문턱 진동수 이상의 빛을 비출 때 광전자가 방출된다.

**오답풀이** > 다. 금속 표면에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 에너지에서 금속의 일함수를 뺀 값이다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지는 금속 표면에 비춘 빛의 에너지보다 작다.

## 02 광전 효과

**예설** | 광전 효과는 금속 표면에서 전자가 방출되는 현상이므로 검전기의 금속판에서 광전자가 방출되면 금속박에서 전기적인 척력이 감소하여 금속박이 오므라든다.

**정답맞이** > 가. (나)에서는 금속박에 아무런 변화가 없었고 (다)에서는 금속박이 오므라들었으므로 광전자는 (다)에서만 방출되었다. B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크고, A의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다. 따라서 진동수는 A가 B보다 작다.

다. 금속판에서 광전자가 방출되므로 검전기 내에서 전자는 금속박에서 금속판 쪽으로 이동한다.

**오답풀이** > 나. 광전 효과에서 금속판에 비춘 빛의 진동수가 금속의 문턱 진동수보다 작으면 빛의 세기를 크게 해도 광전자는 방출되지 않는다.

### 03 광전자의 최대 운동 에너지

**예설** | 전이 과정에서 에너지 준위의 차가 클수록 방출되는 빛의 진동수가 크다. 동일한 금속판에 단색광을 비출 때 단색광의 진동수가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지는 크다.

**정답맞이기** > ㄱ. 빛의 에너지는 B가 A보다 크다. 따라서 파장은 A가 B보다 길다.

ㄴ. 빛의 에너지는 C가 B보다 크다. 따라서 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 C를 비출 때가 B를 비출 때보다 크다.

**오답피하기** > ㄷ. 광전 효과는 광자라는 입자가 금속의 전자와 충돌하여 광전자가 방출되는 것이다. 빛의 에너지는 C가 B보다 크므로 B와 C를 금속판에 동시에 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_2$ 이다.

### 04 빛의 삼원색

**예설** | 빛의 삼원색은 빨간색, 초록색, 파란색 빛이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 노란색 빛은 빨간색 빛과 초록색 빛을 동시에 비출 때 보이는 빛이다.

**오답피하기** > ㄴ. 화면에서 보이는 노란색 빛은 빨간색 빛과 초록색 빛을 동시에 비출 때이므로 적(R)원뿔 세포와 녹(G)원뿔 세포가 동시에 반응한다. 따라서 청(B)원뿔 세포가 반응하는 정도는 세 원뿔 세포 중에서 가장 작다.

ㄷ. 초록색 빛은 빛의 삼원색 중 하나이다. 따라서 초록색은 합성된 색깔이 아니다.

### 05 빛의 합성

**예설** | 빛의 삼원색인 빨간색(R), 초록색(G), 파란색(B) 빛의 합성으로 여러 가지 색의 빛을 표현할 수 있다.

**정답맞이기** > X만 켜를 때 종이 색깔이 빨간색으로 보이므로 X는 빨간색 빛을 방출한다. X와 Y를 모두 켜를 때 종이 색깔이 흰색으로 보이므로, 종이에 빨간색 빛, 파란색 빛, 초록색 빛이 모두 비춰지고 있는 것이다. 따라서 Y는 파란색 빛과 초록색 빛이 합쳐진 청록색 빛을 방출해야 한다.

### 06 광전 효과

**예설** | 광전자가 방출될 때 같은 시간 동안 방출되는 광전자의 수는 빛의 세기가 셀수록 많다.

**정답맞이기** > ㄷ. 빛의 세기가 셀수록 같은 시간 동안 방출되는 광전자의 수는 많다.

**오답피하기** > ㄱ. A를 비출 때 금속판에서 광전자가 방출되지 않았으므로 금속판의 문턱 진동수는 A의 진동수보다 크다.

ㄴ. 단색광의 진동수는 B와 C가 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 C를 비출 때와 B를 비출 때가 같다.

### 07 색의 인식과 광전 효과

**예설** | 원뿔 세포는 색을 구별하는 시각 세포이다. 사람의 원뿔 세포는 세 종류가 있으며, 각각 빨간색, 초록색, 파란색 빛에 민감하게 반응한다.

**정답맞이기** > ㄴ. A는 빨간색 빛이므로 A에 가장 크게 반응하는 원뿔

세포는  $S_3$ 이다.

**오답피하기** > ㄱ. 광다이오드에 A를 비출 때에는 전류가 흐르지 않았고, B를 비출 때에는 전류가 흘렀으므로 빛의 진동수는 B가 A보다 크다. B에 반응하는 정도가 가장 큰 세포는  $S_2$ 이므로 B는 초록색 빛이다. 따라서 A는 빨간색 빛이고, C는 파란색 빛이다. 파장은 C가 B보다 짧다.

ㄷ. 광다이오드에 B, C를 비출 때 전류가 흐른다. 따라서 B, C의 진동수는 광다이오드의 문턱 진동수보다 크다. B와 C를 동시에 비추면 B에 의한 광전자와 C에 의한 광전자가 모두 방출된다. 따라서 광다이오드에 흐르는 전류의 세기는 B만을 비출 때가 B와 C를 동시에 비출 때보다 작다.

### 08 광전자의 최대 운동 에너지

**예설** | 광전관 실험 장치의 금속판에서 광전자가 방출되면 광전류가 흐르게 된다. 광전자의 수가 많을수록 회로에 흐르는 전류의 세기도 크다.

**정답맞이기** > ㄱ. 같은 단색광을 금속판에 비출 때 전류가 흐르는 금속판의 문턱 진동수가 작다. B를 P에 비출 때에는 전류가 흐르지 않았지만, B를 Q에 비출 때에는 전류가 흘렀으므로 금속판의 문턱 진동수는 P가 Q보다 크다.

ㄷ. 단색광의 에너지가 클수록, 금속판의 문턱 진동수가 작을수록 광전자의 최대 운동 에너지는 크다. 금속판의 문턱 진동수는 P가 Q보다 크므로 광전자의 최대 운동 에너지는 Q에 A를 비출 때가 P에 A를 비출 때보다 크다.

**오답피하기** > ㄴ. 같은 금속판에 단색광을 비출 때 전류를 흐르게 하는 단색광의 진동수가 크다. P에 A를 비출 때에는 전류가 흘렀지만, P에 B를 비출 때에는 전류가 흐르지 않았으므로 단색광의 진동수는 A가 B보다 크다. 단색광의 파장은 진동수에 반비례하므로 단색광의 파장은 A가 B보다 짧다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 75~76쪽

09 ②

10 ①

11 ⑤

12 ③

### 09 빛의 합성

**예설** | 파란색 물체는 파란색 빛을 반사하기 때문에 파란색으로 보인다. 검은색으로 보이는 물체는 반사하는 빛이 없고 모든 빛을 흡수하였기 때문에 검은색으로 보인다.

**정답맞이기** > ㄴ. a, b, c를 모두 비출 때 자홍색으로 관찰되었으므로 P는 빨간색 빛과 파란색 빛을 반사하고, 초록색 빛은 흡수한다. a만을 비추었을 때 파란색으로 관찰되었으므로 a는 파란색 빛이고, c를 비추었을 때 P가 모두 흡수하여 검은색으로 관찰되었으므로 c는 초록색 빛이다. 따라서 b는 빨간색 빛이다. 진동수는 a가 b보다 크다.

**오답피하기** > ㄱ. P가 자홍색으로 관찰되는 것은 적(R)원뿔 세포와 청(B)원뿔 세포가 주로 반응했기 때문이다. 녹(G)원뿔 세포의 반응 정도는 가장 적다.

ㄷ. 초록색 빛을 흡수하는 P에 a(파란색 빛)와 b(빨간색 빛)를 동시에 비추면 모두 반사하므로 P는 자홍색으로 관찰된다.

## 10 광전 효과

**예설** | 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때, 단색광의 세기가 클수록 회로에 흐르는 전류의 세기가 크다.

**정답맞이기** ㄱ. 단색광의 진동수는 파장에 반비례한다. 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 클 때 전류가 흐른다. 실험 I에서는 전류가 흐르고, 실험 II에서는 전류가 흐르지 않았으므로 단색광의 파장은  $\lambda_1 < \lambda_2$ 이다.

**오답짜이기** ㄴ. 실험 I과 실험 II에서 동일한 파장의 빛을 비추었을 때 회로에 흐르는 전류의 세기는 실험 III에서가 실험 I에서보다 크므로 단색광의 세기는  $E_1 < E_2$ 이다. 하지만 파장이  $\lambda_2$ 일 때 단색광의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작으므로 전류가 흐르지 않는다. ㄷ. 광전 효과는 태양광 발전에 이용된다.

## 11 광전 효과

**예설** | 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛을 금속판에 비출 때 광전자가 방출되며, 광전자가 방출될 때 비춰 준 빛의 세기가 셀수록 방출된 광전자의 수가 많다.

**정답맞이기** ㄴ. 파장은 A가 C보다 길므로, A는 빨간색 빛이고 C는 초록색 빛이다. Q는 파란색 빛과 초록색 빛이 같은 세기로 방출된 것이므로 청록색이다.

ㄷ. R를 비출 때 금속판에 B가 비춰지므로 금속판에서는 광전자가 방출된다. B의 세기는 R가 Q보다 크므로 같은 시간 동안 방출되는 광전자의 수는 R를 비출 때가 Q를 비출 때보다 많다.

**오답짜이기** ㄱ. 금속판에 P를 비출 때에는 광전자가 방출되지 않았지만, Q를 비출 때에는 광전자가 방출되었으므로 B의 진동수는 문턱 진동수보다 크며, A, B, C 중에서 진동수는 B가 제일 크다. B는 파란색 빛이다. 따라서 단색광의 진동수는 A가 B보다 작다.

## 12 광전자의 최대 운동 에너지

**예설** | 금속판에서 광전자가 방출되기 위해서는 빛의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 커야 한다.

**정답맞이기** ㄷ. 금속판의 문턱 진동수가  $f_0$ 이므로 금속판에 a, b, c를 비출 때 모두 전류계에는 전류가 흐른다. 빛의 세기가 셀수록 전류의 세기가 커지므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 b를 비출 때가 a를 비출 때보다 크다.

**오답짜이기** ㄱ. 광자 1개의 에너지는 단색광의 진동수에 비례한다. 단색광의 진동수는 a와 b가 같으므로 광자 1개의 에너지는 a와 b가 같다.

ㄴ. 단색광의 에너지가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지는 크다. 단색광의 에너지는 c가 a보다 크므로 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 a를 비출 때가 c를 비출 때보다 작다.

THEME

# 11

## 전자기파와 통신

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 79쪽

**정답** ②

**예설** | 감마선은 X선보다 진동수가 더 큰 전자기파로 X선보다 투과율이 높으며, 단일 광자의 에너지도 더 크다. 의료용으로 사용하고 있는 X선은 인체의 살은 통과할 수 있지만 뼈나 금속은 통과할 수 없어 뼈 사진을 찍는 데 사용하고, 감마선은 얇은 금속판을 통과할 수 있을 정도이므로 대부분의 인체 조직을 통과할 수 있다.

**정답맞이기** ㄷ. 감마선의 높은 투과율을 바탕으로 제품의 외형을 손상시키지 않고 제품의 성질 및 내부 구조를 검사하는 것을 비파괴 검사라고 한다.

**오답짜이기** ㄱ. 자외선은 세포 파괴 효과는 있으나 X선보다 투과력이 떨어지므로 인체 내부를 투과하지 못한다. A는 최소한 X선보다 진동수가 큰 전자기파이여야 한다.

ㄴ. 전자기파의 파장은 감마선 < X선 < 자외선 < 가시광선 < 적외선 < 마이크로파 순이다.

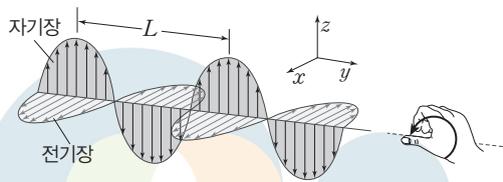
테마별 수능 필수유제

본문 80~81쪽

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

## 01 전자기파의 특성

**예설** | 전자기파의 진행 방향은 오른손의 네 손가락을 전기장에서 자기장의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.



**정답맞이기** ㄱ. 전기장의 방향(+x 방향)에서 자기장의 방향(+z 방향)으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향(-y 방향)이 전자기파의 진행 방향이므로 전자기파는 -y 방향으로 진행하고 있다.

ㄷ. 전자기파는 전기장의 변화가 자기장의 변화를 유도하기 때문에 전기장의 세기가 감소하면 자기장의 세기도 감소한다.

**오답짜이기** ㄴ. 파동이 진행하는 매질이 달라지면 진동수는 변하지 않지만, 매질 속을 진행하는 속력이 달라진다. 진공보다 굴절률이 큰 매질 속을 통과할 때 파장이 짧아지고 속력은 느려지게 된다.

## 02 전자기파의 수신

**예설** | 안테나에서는 다양한 전자기파를 수신할 수 있으나, 수신 회로

의 공명(고유) 진동수와 같은 주파수를 지닌 전자기파가 가장 잘 수신된다.

**정답맞이기** ㄱ. 번개는 대기 중으로 전하를 띤 입자(전자)들이 순간적으로 이동하는 현상(방전)으로, 전자의 가속 운동에 따른 전자기파가 발생한다.

ㄴ. TV에서는 리모컨에서 송출되는 전자기파를 수신하여야 작동한다. 하지만 형광등 안정기에서 발생하는 전자기파가 TV 리모컨의 공명(고유) 주파수와 비슷하면 TV에서 리모컨 신호와 형광등의 잡음 신호를 동시에 수신하여 TV 리모컨의 원하는 기능을 사용하기 어려워진다.

ㄷ. 전자기파는 공간으로 퍼지는 성질이 있기 때문에 거리가 멀어질수록 단위 면적당 전자기파의 에너지가 감소한다. 따라서 TV와 형광등의 안정기가 멀어지면 TV 리모컨 신호를 수신할 확률이 높아져 정상적으로 작동할 수 있다.

### 03 전자기파의 이용

**예시** | 눈에 보이는 전자기파를 가시광선이라 하며, 바코드 리더나 광마우스 등에 사용한다. 적외선은 눈에 보이지 않는 성질을 이용하여 자동문, 도난 감지, 온도 측정에 이용한다. 전파는 파장이 길어 회절이 잘 되어 정보를 송수신하는 통신에 이용한다.

**정답맞이기** A. 적외선 센서 수도꼭지 : 수도꼭지의 손잡이 아래에 적외선 송신부와 수신부가 있어 방출된 적외선이 수도꼭지 아래의 물체에 반사되어 수신부로 들어오면 물체를 인식하여 물이 흐르게 하는 장치이다.

B. 바코드 스캐너 : 바코드에 주로 가시광선 레이저를 비춰 주었을 때 반사되어 들어오는 무늬의 패턴을 읽어 정보를 해석하는 장치이다.

C. 교통카드 단말기 : 교통카드의 단말기에서 발생한 라디오파(전파)에 의해 교통카드 내부의 코일에 유도 전류가 흘러 IC칩의 정보를 읽고 새로운 정보를 기록한다.

따라서  $\lambda_A$ 는 적외선,  $\lambda_B$ 는 가시광선,  $\lambda_C$ 는 전파의 파장이므로 크기는  $\lambda_B < \lambda_A < \lambda_C$ 이다.

### 04 전자기파의 발생 및 수신

**예시** | 두 장의 금속판(축전기)을 교류 전원(발전기)에 연결하면, 축전기에 충전되는 전하량의 변화로 전기장이 시간에 따라 변하고, 이러한 전기장의 변화가 자기장의 변화를 유도하여 전자기파를 발생시킨다.

**정답맞이기** ㄱ.  $+z$  방향으로 진행하는 전자기파의 전기장이  $y$ 축 방향으로 진동하고 있으므로, 자기장은  $x$ 축 방향으로 진동한다.

**오답맞이기** ㄴ. 전자는 음(-)전하를 띠기 때문에 전기장과 반대 방향으로 힘을 받는다. P 지점에서 전기장은  $-y$  방향이므로 전자가 받는 전기력의 방향은  $+y$  방향이다.

ㄷ. 교류 전원의 진동수를 증가시켜 발생한 전자기파의 진동수가 증가하여도 진공 중에서 모든 전자기파의 속력은 동일하다.

### 05 전파의 종류 및 이용

**예시** | CT(컴퓨터 단층 촬영)는 X선을 이용하여 영상을 찍지만, MRI(자기 공명 영상)는 강한 자기장이 형성된 공간에 FM 라디오

파와 비슷한 파장의 전자기파를 이용해 수소 원자를 공명시켜 영상을 얻는다.

**정답맞이기** ㄱ. 진공 중에서 전자기파의 속력은 진동수와 무관하게 약  $3 \times 10^8$  m/s로 모두 동일하다.

ㄷ. MRI에서는 40~85 MHz 대역의 초단파로 영상을 얻어내고 있다. 따라서 MRI에서는 외부에서 유입되는 FM 라디오파의 잡음을 만들어낼 수 있기 때문에 이러한 전자기파를 차폐할 수 있는 장치가 요구된다.

**오답맞이기** ㄴ. 파동의 속력이 일정할 때 진동수와 파장은 서로 반비례한다. 진동수는 마이크로파가 중파보다 크기 때문에 파장은 마이크로파가 중파보다 짧다.

### 06 전반사가 나타나기 위한 조건

**예시** | 서로 다른 두 매질의 경계면에서 전반사가 일어나기 위해서는 굴절률이 큰 매질(밀한 매질)에서 굴절률이 작은 매질(소한 매질)로 임계각보다 큰 입사각으로 진행할 때이다.

**정답맞이기** B. 임계각( $\theta_c$ )은  $\sin \theta_c = \frac{n_{\text{소}}}{n_{\text{밀}}}$ 의 관계에 있다. 따라서 두 매질의 굴절률 차이가 클수록 임계각은 작다.

C. 임계각보다 작은 입사각으로 입사된 빛의 일부는 굴절되고, 일부는 반사된다. 전반사가 되려면 빛을 입사각이 임계각보다 크게 입사시켜야 한다.

**오답맞이기** A. 전반사는 굴절률이 큰 매질(밀한 매질)에서 굴절률이 작은 매질(소한 매질)로 입사할 때에만 가능하다.

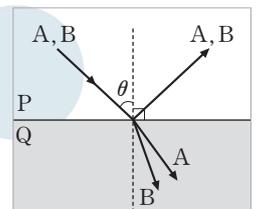
### 07 굴절과 전반사

**예시** | 빛의 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 임계각보다 큰 입사각으로 진행할 때 나타난다. 굴절률이 작은 매질에서 굴절률이 큰 매질로 입사한 빛은 일부는 굴절되고 일부는 반사된다.

**정답맞이기** ㄱ. 굴절률이 작은 매질에서 큰 매질로 진행할 때 파동의 진동수는 일정하지만 속력은 느려지게 된다. P보다 Q의 굴절률이 더 크기 때문에 A의 속력은 P에서 Q에서보다 빠르다.

**오답맞이기** ㄴ. 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 입사할 경우에 나타난다. B가 Q에서 P로 입사각  $\theta$ 로 진행하고 있을 때 전반사가 나타나고 있으므로, P와 Q 사이의 임계각은  $\theta$ 보다 작다.

ㄷ. 굴절률은 Q가 P보다 크기 때문에 동일한 입사각으로 진행하는 A, B의 굴절각은 입사각보다 작아지지만, Q에서 A보다 B의 굴절률이 더 크므로 A의 굴절각이 B의 굴절각보다 크다.



### 08 굴절과 전반사

**예시** | 굴절률이 큰 매질을 지날 때 전자기파의 속력이 더 느리고, 이에 따라 굴절률이 큰 매질 쪽으로 빛의 진행 방향이 꺾이게 된다. 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 입사할 때에만 빛의 전반사가 나타날 수 있다.

**정답맞이기** ㄱ. B에서 A로 진행하는 빛의 입사각보다 굴절각이 더 크

므로 B가 A보다 굴절률이 크다.  $n_1 < n_2$ 이므로  $\frac{n_1}{n_2} < 1$ 이다.

ㄴ. 반원형 통의 중심으로 입사되는 빛은 수직으로 입사하여 진행하므로 진행 방향이 꺾이지는 않지만, 빛의 진동수는 변하지 않고 파장이 짧아져 속력이 느려진다.

**오답피하기** > ㄷ.  $\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}$ 에서 Q에서 O로 진행하는 빛의 입사각이 임계각  $\theta_c$ 이므로, P에서 O로 진행하는 빛을 전반사시키려면 굴절률 차이가 더 커야 하고  $\frac{n_1}{n_2}$ 은 작아야 한다. 따라서  $n_1$ 보다 작은 굴절률을 지닌 액체를 넣어야 한다.

**테마별 수능 심화문제**

본문 82~83쪽

09 ③      10 ②      11 ④      12 ③

**09 전자기파의 이용**

**예설** | 살균용 전등은 형광등의 일종으로 유리 표면에 형광 가루가 칠해져 있지 않은 것이다. 전자레인지 속에 들어간 살균용 전등의 수증기는 마이크로파에 의해 자외선을 방출하게 되고, 주변에 있는 형광 가루에 흡수되어 가시광선을 방출한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전자레인지에 사용하는 마이크로파의 파장은 30 cm, 진동수는 1 GHz 정도로 물 분자의 고유 진동수와 비슷하다. 따라서 물 분자에 흡수되어 회전 진동시켜 열을 발생시킨다.

ㄴ. B는 자외선으로, 눈에 보이지 않는다. 살균용 전등은 형광등과 기본 구조가 같지만, 표면에 형광 물질이 없어서 자외선이 그대로 방출되어 작동하고 있어도 어둡게 보인다.

**오답피하기** > ㄷ. B는 자외선, C는 가시광선이다. 진동수는 B가 C보다 크고, 파장은 B가 C보다 작다.

**10 전파의 송신 및 수신**

**예설** | 방송국에서는 음성 신호를 전기 신호 A로 변환하여 발진기에서 만든 교류 신호 B와 변조하여 안테나에서 전파를 송출한다. 이 전파가 수신 회로에 있는 안테나의 전자를 진동시켜 수신 회로의 코일에 유도 전류를 만들면, 이 신호에서 A와 B를 분리(복조)하여 A를 증폭하여 스피커로 소리를 내게 된다.

**정답맞이기** > ㄷ. 전파의 진동수와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 일치할 때 신호의 강도가 가장 크다. 따라서 전파의 진동수가  $f_1 < f_2$ 이므로 수신 회로의 공명(고유) 진동수도  $f_1 < f_2$ 이다.

**오답피하기** > ㄱ. 마이크는 음성 신호를 전기 신호로 변환하는 장치로 진동수는 동일하다.

ㄴ. 전기 신호를 원거리로 전달할 목적으로 변조에 사용하는 교류 신호 B를 반송파라고 한다. 라디오 전파의 주파수는 반송파의 주파수와 같고, 진동수가 클수록 파장이 짧아 회절이 어렵지만, 고품질 방송이나 전리층 반사를 이용한 원거리 전송에 유리하다.

**11 광섬유에서의 전반사**

**예설** | 광섬유의 코어( $n=1.47$ )는 클래딩( $n=1.46$ )보다 굴절률이 약간 더 크며, 코어에서 임계각보다 큰 입사각으로 진행하는 빛은 클래딩과의 경계면에서 전반사한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 빛이 입사할 때에만 전반사가 나타난다. 따라서  $n_1 > n_2$ 이다.

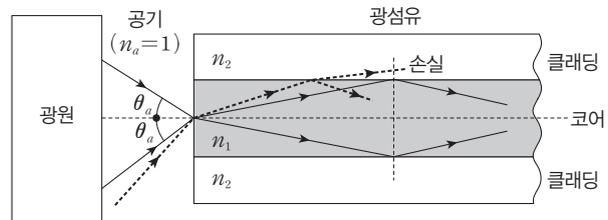
ㄷ. 코어의 굴절률을  $n_1$ 보다 큰 것으로 교체하면, 진공에서 코어로 입사할 때의 굴절각이 감소하고  $\theta$ 는 증가한다. 또한 코어의 굴절률이 증가하면서 클래딩과의 굴절률 차가 더 커지므로 임계각은 더 작아진다. 이 두 가지 요인으로 진공에서 코어로 입사할 때 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사할 수 있는 단색광의 입사각  $i$ 의 최댓값은 증가한다.

**오답피하기** > ㄴ. 클래딩과 코어 사이의 임계각이  $60^\circ$ 이므로 임계각보다 큰 입사각( $\theta$ )으로 입사한 실험 I과 II에서는 단색광이 전반사하지만, 입사각이 임계각보다 작은 실험 III에서는 단색광이 클래딩으로 굴절된다.

**포인트 짚어보기**

**광섬유의 수광각**

빛을 광섬유의 코어에 입사시킬 때 빛을 전반사시켜 코어를 통해 빛을 전송시킬 수 있는 최대 입사 원뿔각( $2\theta_a$ )



**12 광통신**

**예설** | 전자기기에서는 음성이나 영상 신호를 디지털화된 전기 신호로 바꾸고, 발광 다이오드(LED)의 점멸 형태로 디지털화된 빛 정보를 광섬유로 전달한다. 광섬유를 진행하는 빛은 전반사하여 에너지 손실 없이 진행하다가 광다이오드(Photodiode)에서 광전 효과를 통해 빛 신호를 전기 신호로 전환한다.

**정답맞이기** > ㄱ. p-n 접합 발광 다이오드에서는 전도띠에 있는 전자가 원자가 띠로 이동하면서 띠틈에 해당하는 전자기파를 방출한다.

ㄴ. 광다이오드에서는 빛을 받아 광전 효과로 이탈된 전자는 n형 반도체로 이동하고 양공은 p형 반도체로 이동하면서 쌓여 전극을 형성한다. 따라서 p형 반도체는 (+)극을, n형 반도체는 (-)극을 형성한다.

**오답피하기** > ㄷ. 광섬유는 빛을 정보 전달 매개체로 하기 때문에 외부 전자기파에 의한 간섭이 거의 없다. 따라서 동축 케이블과 같이 코일이나 금속박으로 코팅을 할 필요는 없다.

THEME  
**12**

정보의 인식과 저장

\* **답은 끝 문제로 유형 익히기** \* 본문 86쪽

정답 ①

예설 | 하드 디스크는 전자기적 상호 작용, 플래시 메모리는 전기적 상호 작용, CD와 DVD는 광학적 방법으로 정보를 읽거나 기록한다.

정답맞이기 ㄴ. B는 CD의 표면으로, 미세한 홈에 의해 빛이 간섭되어 여러 가지 색으로 보인다. 미세한 홈의 폭(간격)이 좁을수록 더 많은 정보가 저장된 것이며, 홈의 폭(간격)이 좁을수록 비춰 주는 레이저의 파장도 짧아진다.

오답맞이기 ㄱ. A는 하드 디스크(HDD)의 플래터로, 표면에는 강자성체인 산화철( $Fe_3O_4$ )이 코팅되어 있다. 코일이 감긴 헤드에 교류 전류가 흘러 산화철을 자기화시키면 자기화된 산화철의 배열이 일정하게 유지되면서 정보가 기록된다.

ㄷ. 플래시 메모리는 반도체로 되어 있는 메모리 소자의 셀(cell)에 전자를 채워 넣거나 빼내어 셀에 차 있는 전자의 전하량으로 정보를 읽는다.

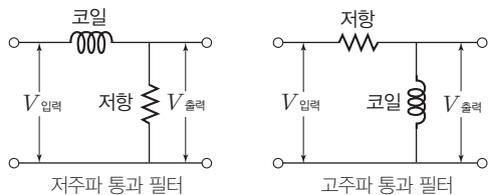
테마별 수능 필수유제					본문 87~88쪽
01 ④	02 ②	03 ④	04 ⑤	05 ③	
06 ⑤	07 ①	08 ②			

**01 코일과 저항이 직렬로 연결된 회로**

예설 | 교류 전원은 시간에 따라 변화하는 전류와 변화하는 자기장을 발생시키며, 코일에서는 이 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 형성되고, 진동수가 증가할수록 전류의 흐름을 방해하는 정도도 증가한다.

정답맞이기 ㄴ. 교류 전원의 진동수가 증가할수록 코일의 저항 역할(전류의 흐름을 방해하는 정도)도 증가한다. 코일과 저항에 흐르는 전류의 세기는 동일하므로, 코일의 저항 역할이 증가하면 코일의 양단에 걸리는 전압은 증가하고, 저항에 걸리는 전압은 감소한다.

ㄷ. 교류 전원의 진동수가 증가할수록 코일의 저항 역할도 증가하기 때문에, 코일은 저주파 신호는 잘 통과시키고 고주파 신호는 차단하는 회로에 사용된다.



오답맞이기 ㄱ. 교류 전원의 진동수가 증가할수록 저항에 흐르는 전류의 세기는 감소한다. 저항에서 소비되는 전력  $P=I^2R$ 이므로 전류의 세기가 감소하면 소비되는 전력도 감소한다.

**02 RLC 공진 회로**

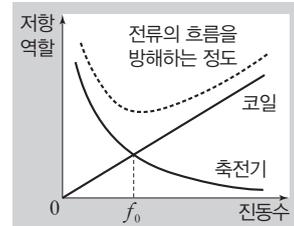
예설 | 저항, 코일, 축전기가 교류 전원에 직렬로 연결된 전기 회로에서는 교류 전원의 진동수가 증가함에 따라 축전기의 저항 역할은 감소하고, 코일의 저항 역할은 증가한다. 따라서 특정 진동수에서 전체 저항이 최소가 되어 전류가 최대로 흐르게 되는 진동수를 RLC 회로에서 공명(고유) 진동수라 한다.

정답맞이기 • A에 연결 : 교류 전원에 축전기만 연결하면 축전기에 의한 저항 역할은 진동수에 반비례한다. 따라서 진동수가 클수록 최대 전류  $I_0$ 에 수렴하게 된다. 스위치를 A에 연결하여 회로 전체의 저항값이 증가하면 교류 전원의 진동수가 증가할수록 전류의 최댓값은  $I_0$ 보다 작은 값으로 수렴한다.

• B에 연결 : 교류 전원에 축전기와 코일을 직렬로 연결하면 공명(고유) 진동수에서 저항 역할이 최소가 되어 전류의 세기는 최대가 되며, 공명(고유) 진동수보다 크거나 작은 진동수에서는 저항 역할이 증가하여 전류의 세기가 감소한다.

포인트 짚어보기

교류 전원에 축전기와 코일이 직렬로 연결되어 있을 때 코일의 저항 역할은 진동수에 비례하고, 축전기의 저항 역할은 진동수에 반비례한다. 따라서 회로에서 전류의 흐름을 방해하는 정도는 교류 전원의 진동수에 대해 다음 그래프와 같다.



**03 교류 전원에 각각 연결된 축전기와 코일**

예설 | 교류 전원에 연결된 축전기의 저항 역할은 진동수에 반비례하고, 코일의 저항 역할은 진동수에 비례한다.

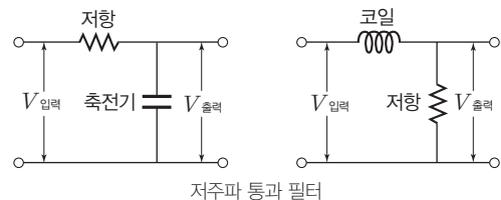
정답맞이기 ㄴ. 진동수가  $f$ 에서  $2f$ 로 증가하였으므로 축전기가 전류의 흐름을 방해하는 정도(축전기의 저항 역할)는 감소한다.

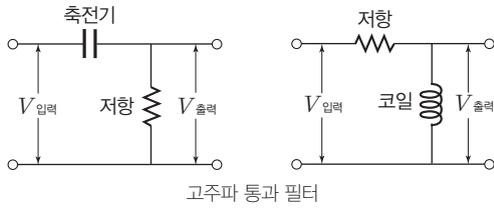
ㄷ. 진동수가  $f$ 에서  $2f$ 로 증가하였으므로 코일의 저항 역할은 증가하여,  $q$ 에 흐르는 전류의 세기는 감소한다. 따라서 저항에 걸리는 전압은 감소하고 코일에 걸리는 전압은 증가한다.

오답맞이기 ㄱ. 전기 신호 발생 장치에서는 교류 전류가 발생되고 있고, 축전기에서는 충전과 방전이 계속되면서 전류가 흐른다. 충전될 때와 방전될 때  $p$ 에 흐르는 전류의 방향이 반대이므로  $p$ 에 흐르는 전류는 교류이다.

**04 특정 주파수의 소리를 강화시키는 스피커**

예설 | 스피커에 축전기나 코일을 연결하여 저음이나 고음을 강조시킬 수 있다.





고주파 통과 필터

**정답맞이기** ㄱ. 구간 II에서가 구간 I에서보다 진동수가 크다. 구간 I에서 P와 Q에 걸리는 전압이 동일했지만, 구간 II에서 P에 걸리는 전압이 Q에 걸리는 전압보다 큰 것은 A에 걸리는 전압이 작아지고, B에 걸리는 전압은 커졌다는 것이다. 따라서 진동수가 증가하였을 때 A에서는 저항 역할이 감소하였고, B에서는 저항 역할이 증가하였으므로 A는 축전기이고, B는 코일이다.

ㄴ. 스피커와 저항이 병렬로 연결되어 있으므로 스피커와 저항에 걸리는 전압은 동일하다. 따라서 스피커에 걸리는 전압이 같았으므로, 저항에 걸리는 전압도 동일하다.

ㄷ. B는 코일로, 교류 신호의 진동수가 증가하면 코일의 저항 역할이 증가한다. 따라서 회로 전체의 저항 역할이 증가하여 B에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

## 05 전자기 유도에 의한 무선 충전

**예설** 전자기 유도에 의한 무선 충전 방식은 변화하는 전류에 의해 1차 코일에서 변화하는 자기장이 만들어지고, 2차 코일로 전달된 변화하는 자기장은 패러데이 법칙에 의해 유도 전류를 만들어 낸다.

**정답맞이기** ㄱ. 1차 코일에서 형성된 자기장을 2차 코일로 전달할 때 자기화가 잘되는 매개체가 있어야 한다. 따라서 A는 강자성체이다.

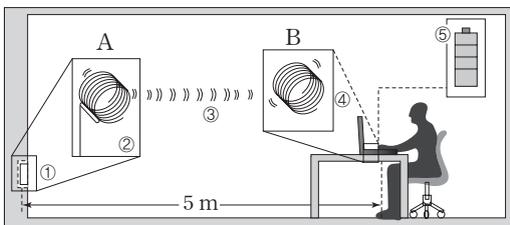
ㄴ. 1차 코일로 흐르는 교류 전류는 시간에 따라 변화하는 자기장(자기 선속)을 만들고, 2차 코일에서 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 형성되며 유도 전류가 흐르게 된다.(패러데이 법칙)

**오답짜이기** ㄷ. 전자기 유도에 의한 무선 충전 과정에서는 교류 전원의 주파수와는 무관하게 범용으로 충전할 수 있다. 하지만 전자기 유도 되는 거리가 1cm 이하로 매우 짧기 때문에 한 기기에서 하나씩 충전할 수 있다.

### 포인트 짚어보기

#### 자기 공명 무선 충전

특정 주파수로 원거리에서도 충전이 가능하다.



- ① 벽이나 천장에 자기 코일을 설치한다.
- ② 자기 코일 A에 전원을 공급하여 안테나(A) 역할을 한다.
- ③ 특정 주파수로만 안테나 A와 B가 공명한다.
- ④ 전기기와 연결된 안테나(B)에 공진된 전자기파가 흡수되어 전기 에너지로 전환된다.
- ⑤ 일정 범위 안에서 전기기는 자동으로 충전된다.

## 06 자기 테이프의 원리

**예설** 자기 테이프는 표면에 강자성 물질을 코팅한 후, 코일이 감긴

헤드에서 전류를 흘려 자기력으로 강자성 물질을 자기화시켜 정보를 저장하고, 자기화된 강자성 물질이 헤드 주위를 운동하며 발생시킨 유도 전류로 정보를 읽는다.

**정답맞이기** ㄱ. 자기 테이프는 표면에 산화철과 같은 강자성 물질이 코팅되어 있어 외부 자기장에 의해 자기화되어 정보를 저장한다.

ㄴ. 자기 테이프 표면의 강자성 물질은 외부 자기장의 방향에 나란하게 배열되므로, 코일에 흐르는 전류의 방향을 변화시켜 자기화되는 방향을 달리하는 방법으로 디지털화된 정보를 저장한다.

ㄷ. 자기 테이프에 자기화된 강자성 물질은 코일이 감긴 헤드 주위를 이동하면서 변화하는 자기 선속을 만들고, 코일에서는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 된다.(패러데이 법칙)

## 07 RFID를 이용한 정보의 전달

**예설** RFID에서는 125 kHz~900 MHz 영역대의 전파를 이용해 코일이 있는 태그(Tag)와 무선 통신을 하면서 태그에 있는 정보를 읽거나 쓰게 된다.

**정답맞이기** ㄴ. 전파를 이용하기 때문에 알루미늄 포일과 같이 금속으로 전자기 차폐가 되어 있는 경우에는 통신이 불가능하므로 정보를 읽거나 쓸 수 없다.

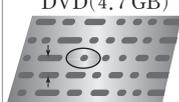
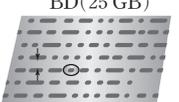
**오답짜이기** ㄱ. RFID는 용도에 따라 여러 진동수의 전파를 사용한다. 125 kHz 전파는 방문증, 13.56 MHz 전파는 교통카드와 스마트폰의 NFC, 433 MHz 전파는 원격 시동 장치, 900 MHz 전파는 하이패스나 물류 관리에 사용하고 있다.

ㄷ. 태그는 전파 송수신용 안테나와 IC칩으로 구성되며, 배터리의 유무에 따라 수동형과 능동형으로 구분한다. IC칩에는 초소형 축전기와 메모리가 있으며, 안테나로부터 전자기 유도의 방법으로 전력을 얻거나 자체 배터리로 전력을 얻어 IC칩이 작동하면서 메모리에 있는 정보를 읽고 쓸 수 있다. 메모리는 전기적 방법으로 정보를 저장한다.

## 08 여러 가지 저장 매체의 원리

**예설** 하드 디스크(HDD)나 자기 테이프, 플로피 디스크는 자기력을 이용하여 정보를 기록한다. CD, DVD, BD(블루레이 디스크)와 같은 광학 매체에서는 레이저를 이용해 빛의 간섭으로 정보를 읽는다. SSD(솔리드 스테이트 드라이브)나 SD 메모리, USB 메모리 등은 플래시 메모리로, 전기적 방법을 이용하여 정보를 저장한다.

**정답맞이기** B. 트랙 밀도는 DVD가 CD보다 높기 때문에 피트 사이의 간격, 트랙 사이의 간격이 좁다. 따라서 이를 구분해서 정보를 읽기 위해서는 사용하는 레이저의 파장도 짧아야 한다.

저장 매체	CD	DVD	BD
트랙 밀도	1.6 $\mu\text{m}$	0.74 $\mu\text{m}$	0.32 $\mu\text{m}$
피트 길이	0.8 $\mu\text{m}$	0.4 $\mu\text{m}$	0.15 $\mu\text{m}$
레이저 파장	780 nm	650 nm	405 nm
저장 용량	CD(0.7 GB) 	DVD(4.7 GB) 	BD(25 GB) 

**오답짜이기** A. HDD는 자기력을 이용하여 표면의 자성체를 자기화시키는 방법으로 정보를 저장하지만, USB 메모리는 전기적 방법으

로, DVD는 광학적 방법으로 정보를 저장한다. 따라서 외부 자기장의 영향으로부터 HDD보다는 USB 메모리나 DVD가 더 안정적이다.

C. USB 메모리는 플래시 메모리와 컨트롤러로 매우 간단하게 구성되어 있으며, HDD와 같이 자기화된 정보를 전류로 전환하는 과정을 거치지 않기 때문에 데이터 처리 속도도 빠르다. 플래시 메모리는 전하량의 변화를 감지하는 방식으로 데이터를 저장한다.

**테마별 수능 심화문제**

본문 89~90쪽

09 ②

10 ⑤

11 ③

12 ③

**09 RLC 공진 회로**

**예시** | 교류 전원에 저항, 코일, 축전기가 직렬로 연결되어 있을 때 교류 전원의 진동수가 전기 회로의 공명(고유) 진동수와 일치하면 회로에 가장 큰 전류가 흐르게 된다.

**정답맞이기** > 나. 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대일 때 회로 전체의 저항 역할은 최소화이며, 저항의 저항값은 교류 전원의 진동수에 관계 없이 일정하므로 축전기와 코일의 저항 역할은 최소가 된다. 따라서 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대일 때 축전기와 코일에 걸리는 X의 전압은 최소가 된다.

**오답피하기** > 가. (다)에서 회로에 흐르는 전류가 가장 큰 경우는 시간이  $t \sim 2t$ 인 진동수가  $3f$ 일 때이다. 전기 회로에 입력된 교류 전류의 주파수가  $3f$ 보다 크거나 작을 때는 전기 회로에 흐르는 전류의 세기가 감소하고 있으므로, 전기 회로의 공명(고유) 진동수( $f_0$ )는  $3f$  내외( $2f < f_0 < 4f$ )에 있다.

다. 시간이  $0 \sim t$ 에서와  $2t \sim 3t$ 에서 회로에 흐르는 전류의 세기는 서로 같지만, 코일의 저항 역할은 교류 전원의 진동수에 비례하므로  $2t \sim 3t$ 에서가  $0 \sim t$ 에서보다 크다. 따라서 코일에 걸리는 전압은  $2t \sim 3t$ 에서가  $0 \sim t$ 에서보다 크다.

**10 RLC 공진 회로**

**예시** | 저항과 코일과 축전기를 교류 전원에 직렬로 연결하였을 때, 전기 회로의 공명(고유) 진동수와 교류 전원의 진동수가 일치하면 전기 회로에 가장 큰 전류가 흐르며, 공명(고유) 진동수에서 벗어날수록 전류의 세기는 감소한다.

**정답맞이기** > 가. 교류 전원의 진동수가  $f_0$ 일 때 전기 회로에 흐르는 전류의 값이 최대를 나타내고 있으므로, 전기 회로의 공명(고유) 진동수는  $f_0$ 이다.

나. 코일에 교류 전류가 흐르게 되면 패러데이 법칙에 의해 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐른다.

다. 교류 전원의 진동수가  $f_0$  이하의 구간에서 증가할 때에는 회로에 흐르는 전류의 세기가 증가하므로 저항에 걸리는 전압도 증가하고, 코일의 저항 역할도 커지기 때문에 코일에 걸리는 전압도 증가한다.

**11 라디오에서 공명에 따른 전파 수신**

**예시** | 라디오의 안테나에서는 다양한 전파를 수신할 수 있지만, 수신된 신호가 라디오의 전기 회로의 공명(고유) 진동수와 일치하지 않을 때에는 전류의 세기가 약하기 때문에 전파의 주파수와 전기 회로의 공명(고유) 진동수를 일치시켜 주어야 한다.

**정답맞이기** > 가. (나)에서 라디오 전파의 진동수에 맞추어 수신 회로의 공명(고유) 진동수를  $f_0$ 에서  $f$ 로 변화시키기 위해서는 코일에 의한 저항 역할이나 축전기에 의한 저항 역할을 변화시켜야 한다.

나. 안테나로 유입되는 전파가 많아도 전파의 진동수와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 일치하지 않으면 수신되는 전파의 신호가 약해 방송을 청취하기 어렵다.

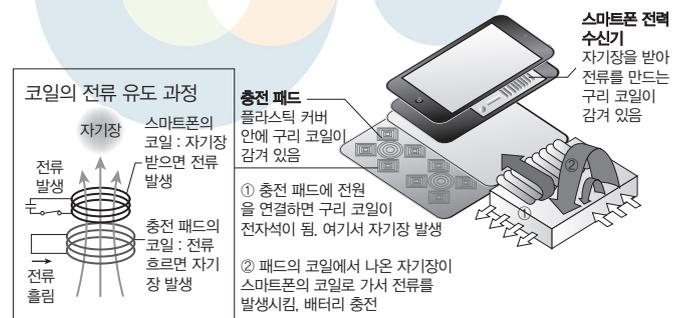
**오답피하기** > 다. 수신 회로의 저항은 수신 회로의 진동수에 영향을 받지 않으므로 가변 저항의 저항값을 변화시켜도 주파수 선국을 할 수 없다.

**12 NFC 무선 통신**

**예시** | NFC(Near Field Communication)는 RFID의 일종으로 진동수가 13.56 MHz인 마이크로파를 이용하여 양 방향 통신 및 충전이 가능하다.

**정답맞이기** > 가. 교통카드는 RFID의 일종이므로 NFC의 수신 및 송신 회로의 공명(고유) 진동수가 서로 일치할 경우에는 통신이 가능하다.

나. NFC 리더기의 코일에 변화하는 전류가 자기장을 변화시키면, 스마트폰의 루프 안테나에 유도 기전력이 형성되면서 유도 전류가 흐르게 된다.



**오답피하기** > 다. NFC(13.56 MHz)와 블루투스(2.4 GHz), 와이파이(2.4 GHz, 5 GHz)에서는 전파를 이용한 통신이 이루어지지만, IrDA는 근적외선(200 GHz)을 통신에 사용하고 있으므로, 진동수가 가장 큰 IrDA를 사용하는 적외선 통신이 파장이 가장 짧다.

## IV. 에너지

THEME



### 13 전기 에너지의 생산과 수송

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 92쪽

정답 ③

**예설** | 변전소에서 송전하는 전력은  $P=VI$ 이고 송전선의 저항으로 손실되는 전력은  $P'=I^2r$ 이다. 따라서 공장에서 소비하는 전력은  $P-P'=VI-I^2r$ 이다.

**정답맞이기** > X, Y, Z에서 소비하는 전력을 각각  $P_X, P_Y, P_Z$ 라 하면  $P_X=2V_XI-4I^2r, P_Y=V_YI-4I^2r, P_Z=V_ZI-2I^2r$ 이다.  $P_X=P_Y$ 이므로  $2V_XI-4I^2r=V_YI-4I^2r$ 에서  $2V_X=V_Y$ 이다.  $P_X=2P_Z$ 이므로  $2V_XI-4I^2r=2V_ZI-4I^2r$ 에서  $V_X=V_Z$ 이다. 따라서  $V_X : V_Y : V_Z=1 : 2 : 1$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 93~94쪽

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

### 01 발전기의 구조

**예설** | 발전기에서 자석 사이에 자기장을 형성시킨 후, 코일을 회전시켜 코일 속을 통과하는 자기 선속의 변화가 생기면 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 된다.

**정답맞이기** > ㄴ. 그래프에서 B의 주기는 A의 2배이므로 회전 속력을  $\frac{1}{2}$ 배로 줄이면 된다. 따라서 코일을 1초당 0.5n번 회전시킨다.

**오답맞이기** > ㄱ. 자석의 세기만 약해지면 전압의 주기는 동일하고 전압의 크기만 감소한다.

ㄷ. 발전기에서는 교류 전류가 발생한다. 전구와 발전기 사이에 다이오드를 연결하면 정류 작용에 의해 전류가 한 방향으로 흐른다.

### 02 풍력 발전기의 원리

**예설** | 풍력 발전기는 바람에 의해 코일의 회전축과 연결된 풍차가 돌면서 코일 속을 통과하는 자기 선속의 변화가 발생하여 유도 전류가 흐른다.

**정답맞이기** > ㄱ. 발전기에서는 코일의 회전 속력이 빠를수록 코일 속에서 자기 선속의 변화율이 증가하여 유도되는 기전력이 커진다. 따라서 입바람을 세게 불면 LED에 더 큰 전압이 걸려 더 밝아지게 된다. ㄴ. LED는 다이오드의 일종이므로 순방향으로는 전류가 흘러 불이 들어오지만, 역방향으로는 전류가 흐르지 못해 불이 들어오지 않는다. 발전기에서 발생하는 전류는 교류이므로 LED는 불이 켜졌다 꺼

졌다를 반복한다.

ㄷ. 발전기에서는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 형성되고 유도 전류가 흐르게 된다.

### 03 발전기에서 전기의 생산 및 에너지 전환

**예설** | 자기장이 형성된 공간에서 회전하는 코일에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 형성되고 유도 전류가 흐른다. 이렇게 자기 선속의 변화를 방해하려는 특성은 코일에 회전 방향과 반대 방향으로 작용하기 때문에 코일의 회전 속력이 느려질 수 있다. 코일의 회전 운동을 계속 유지하기 위해서는 외부에서 일을 해주어야 하며, 코일에 일을 해 준 만큼 코일에는 유도 기전력이 발생하여 전류가 흐른다.

**정답맞이기** > ㄱ. 손잡이를 1초에 3회씩 일정한 속력으로 회전시키고 있으므로 진동수는 3 Hz이고, 주기는  $\frac{1}{3}$ 초이다.

ㄴ. 손잡이를 1초에 5회씩 회전시키면 주기가 짧아지면서 더 빠르게 코일 속에서 자기 선속의 변화를 만들어 내므로 유도 전류도 세게 흐른다.

**오답맞이기** > ㄷ. 발전기에서 생산된 전기 에너지는 외부에서 코일을 회전시키는 에너지원이 전환된 것이다. 사람이 코일을 회전시키는 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되며, 자석의 세기는 변하지 않는다.

### 04 발전기를 내장한 샤워기 헤드

**예설** | 전원 장치에 연결하지 않아도 LED의 불을 켜거나 온도 측정까지 하는 샤워기 헤드에는 발전기가 내장되어 있으며, 이는 수압에 의한 물의 흐름이 터빈을 돌리는 수력 발전소의 터빈과 유사하다.

**정답맞이기** > ㄴ. 샤워기 헤드 내부에 있는 소형 발전기는 자석 사이에서 코일이 회전하며 유도 전류를 생산해 내고 있으므로, 전자기 유도에 의한 현상이다. 따라서 패러데이 법칙이 적용되고 있다.

**오답맞이기** > ㄱ. 수압이 높아질수록 물의 흐름이 빨라져 수차의 회전 속력이 빨라진다. 수차와 연결된 코일이 자석 사이에서 회전하며 유도 전류를 생산하므로, 수압이 높아질수록 LED 불빛은 더 밝아진다.

ㄷ. 샤워기 내부를 흐르는 물의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되어 LED에 불이 들어오는 것이므로, LED에 전류가 흐르면 샤워기에서 분출되는 물줄기의 속력이 느려진다. 즉, 수압이 낮아지게 된다.

### 05 변압기의 원리

**예설** | 변압기의 1차 코일에 교류 전류가 흐르면 이에 따른 자기 선속의 변화가 있고, 동일한 양의 자기 선속의 변화가 2차 코일에 영향을 주기 때문에 유도되는 전기 에너지의 양은 1차 코일에서와 같다.

**정답맞이기** > A. 1차 코일과 2차 코일에서 전기 에너지는 서로 같아야 하므로 전력도 같아야 한다. 1차 코일의 전력은  $P_1=V_1I_1$ 이고 2차 코일의 전력은  $P_2=V_2I_2$ 이므로,  $V_1I_1=V_2I_2$ 에서  $I_2=\frac{V_1}{V_2}I_1$ 이다.

B. 패러데이 법칙에서 유도 기전력은  $V=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 이므로 코일의 감은 수(N)와 유도 기전력은 비례한다. ( $V \propto N$ ) 따라서  $N_1 : N_2 = V_1 : V_2$ 에서  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 이다.

**▶[오답피하기]** C. 옴의 법칙에서 전류는 저항에 반비례하므로 2차 코일에 연결된 저항에 흐르는 전류의 세기는  $I_2 = \frac{V_2}{R}$ 로 구할 수 있다.

## 06 전기 에너지의 송전 과정

**예시** | 발전소에서 생산한 전기 에너지는 전압이 22 kV 내외로 공장이나 가정에서 필요로 하는 전력을 공급하려면 송전선을 흐르는 전류의 세기가 매우 커야 한다. 전기 저항이 있는 송전선에서는 전기 저항에 의한 손실 전력( $P_{\text{손실}} = I^2 r$ )이 발생한다. 따라서 발전소에서는 생산한 전류를 인근의 변전소로 보낼 때는 송전 전압을 높여 송전선을 흐르는 전류의 세기를 작게 하여 송전선에서 손실되는 전력을 줄인다.

**▶[정답맞이기]** ㄱ. 원자력 발전소에서는 핵분열로 발생한 열에너지로 물을 가열하여 얻은 수증기로 터빈을 돌려 전자기 유도에 의한 방법으로 교류 전류를 생산한다.

ㄷ. 발전소에서 생산한 교류 전류를 더 높은 전압으로 승압시켜도 공급 전력은 증가하지는 않지만, 송전선에 흐르는 전류의 세기가 줄어들기 때문에 송전선에서 손실되는 전력은 감소한다. 따라서 가정에서 소비할 수 있는 전력은 증가하여  $P_0$ 보다 크다.

**▶[오답피하기]** ㄴ. 주상 변압기의 1차 코일에 22.9 kV의 전압이, 2차 코일에 220 V의 전압이 걸려 있는데, 변압 전후 전력이 서로 같아야 하므로 전류의 세기는 2차 코일에서 1차 코일에서보다 크다.

## 07 코일의 감은 수로 변압기의 출력 전압 조절

**예시** | 변압기의 전압은 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비로 결정되며, 패러데이 법칙에 의해 각 코일의 전압은 감은 수에 비례한다. 따라서 1차 코일의 감은 수를 증가시키면 상대적으로 2차 코일에 유도되는 전압이 감소하게 된다.

**▶[정답맞이기]** ㄴ. 2차 코일에 유도되는 전압은  $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$ 이므로  $N_1$ 이 증가하면  $V_2$ 는 감소한다. 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 회로의 저항값이 달라지지 않기 때문에 전압이 감소하면 전류의 세기도 감소한다. 따라서 전선에서 손실되는 전력도 감소한다. 백열전구의 저항이  $R$ 일 때  $I_2 = \frac{V_2}{(R+r)}$ 이고 전선에서 손실되는 전력은  $P_{\text{손실}} = I_2^2 r = \frac{r}{(R+r)^2} V_2^2$ 이다.

**▶[오답피하기]** ㄱ. 2차 코일에 유도되는 전압은 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비로 결정된다.  $N_1 : N_2 = V_1 : V_2$ ,  $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$ 이다.  $\frac{N_1}{N_2} > 1$ 이므로  $N_1$ 이 더 증가해도  $V_1 > V_2$ 이다. 교류 전원의 전압과 1차 코일의 전압  $V_1$ 이 같고, 백열전구에 걸리는 전압은 2차 코일에 걸리는 전압  $V_2$ 보다 작기 때문에 교류 전원의 전압은 백열전구에 걸리는 전압보다 크다.

ㄷ. 2차 코일에 유도되는 전압이 감소하기 때문에 백열전구에 걸리는 전압도 감소하여 백열전구의 밝기는 어두워진다.

## 08 승압에 따른 손실 전력의 감소

**예시** | 발전소에서 생산한 전기 에너지를 변전소에서 승압하더라도 송

전 전력은 변하지 않지만, 전압이 높아지는 것과 반비례하여 전류가 작게 흐르게 되면서 송전선에서의 손실 전력은 감소하게 된다.

**▶[정답맞이기]** ㄱ. A에서보다 B에서가 송전 전압이 2배가 되었으므로 송전선에 흐르는 전류의 세기는 A에서가 B에서의 2배가 된다.

ㄴ. A의 송전선에 흐르는 전류의 세기를  $I_0$ 이라 하면, C의 송전선에 흐르는 전류의 세기는  $\frac{1}{2} I_0$ 이다. A의 송전선에서 손실 전력은  $P_A =$

$I_0^2 \times 2r$ 이고, C의 송전선에서 손실 전력은  $P_C = \left(\frac{1}{2} I_0\right)^2 \times r$ 이므로, 송전선에서 손실되는 전력은 A에서가 C에서보다 크다. 따라서 가정에서 공급받는 전력은 A에서가 C에서보다 작다.

ㄷ.  $P_B = \left(\frac{1}{2} I_0\right)^2 \times 3r$ ,  $P_C = \left(\frac{1}{2} I_0\right)^2 \times r$ 이므로  $P_B : P_C = 3 : 1$ 이다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 95~96쪽

09 ①

10 ②

11 ②

12 ①

## 09 전동기를 이용한 발전과 에너지 전환

**예시** | 전동기와 발전기는 내부 구조가 동일하게 코일과 자석으로 되어 있기 때문에 상호 역할을 바꿀 수 있다. 전동기의 회전축에 연결된 추가 낙하하면서 감소한 중력 퍼텐셜 에너지만큼 전기 에너지가 발생한다.

**▶[정답맞이기]** ㄱ. 전동기와 발전기는 내부 구조가 같기 때문에 회전하는 코일이 자석을 지나면서 전자기 유도 현상에 의해 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐른다.

**▶[오답피하기]** ㄴ. 추의 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되고 있으며, 추의 속력이 일정하므로 추의 중력 퍼텐셜 에너지가 전기 에너지로 전환되고 있다. 따라서 추에 작용하는 중력이 한 일은 발생한 전기 에너지의 양과 같거나, 전기 저항에 의해 손실이 있다면 추의 역학적 에너지 감소량보다 적은 양의 전기 에너지가 전구에서 발생한다.

ㄷ. 낙하하는 추의 속력이 일정하므로 전동기의 코일에서 자기 선속의 변화는 시간에 따라 일정하다. 따라서 전동기의 코일에서 발생하는 유도 전류의 세기는 일정하며, 전구에서 소비하는 전력도 일정하다.

## 10 손발전기에서 전자기 유도

**예시** | 전자기 유도에서는 코일 속을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 된다. LED는 다이오드로 순방향으로 전류가 흐르면 불이 들어오지만, 역방향으로는 전류가 흐르지 않아 불이 들어오지 않는다.

**▶[정답맞이기]** ㄴ. (나)는 II 구간에서 코일로 자석의 N극이 들어가는 방향이므로 유도 전류가 만드는 자기 선속이  $+x$  방향이 되어 I 구간에서  $+x$  방향으로 자석이 움직이는 경우의 유도 전류 방향과 같다. 따라서 (나)는 '켜짐'이어야 한다. 그러나 코일의 집계를 LED 단자에 바꾸어 연결하면 역방향으로 전원이 연결되므로 LED에는 불이 들어오지 않아 '꺼짐'이 된다.

**오답피하기** > ㄱ. (가)는 II 구간에서 자석의 N극이 코일로부터 멀어지고 있으므로 유도 전류는  $-x$  방향으로 자기 선속이 증가하는 방향이다. 자석이 I 구간에서  $-x$  방향으로 움직이는 경우와 같으므로 (가)는 '꺼짐'이다.

ㄷ. 코일의 감은 수가 증가하면 유도 기전력이 증가하면서 자석의 운동을 방해하는 자기력의 크기도 증가하게 된다. 하지만 자석의 속력이 느려지면 운동을 방해하는 자기력의 크기도 감소하므로, 자석이 진행하던 방향으로의 속력만 감소할 뿐 운동 방향이 반대가 되지는 않는다.

## 11 변압기의 원리

**예설** | 변압기에서 1차 코일과 2차 코일에 걸리는 전압은 코일의 감은 수에 비례한다. 교류 전원의 전압과 코일의 감은 수가 일정하므로 2차 코일에 걸리는 전압은 가변 저항의 저항과 무관하게 일정하다. 따라서 가변 저항에 흐르는 전류는 저항의 크기에 반비례하고, 저항에서 소비하는 전력도 저항에 반비례한다.

**정답맞이기** > (가)는 2차 코일에 걸리는 전압은 일정하고 저항만 2배로 증가하였으므로,  $P = \frac{V^2}{R}$ 에서 소비 전력은  $\frac{1}{2}$ 배인  $\frac{1}{2}P_0$ 이 된다.

(나)에서는 2차 코일에 걸리는 전압은 코일의 감은 수에 비례하고, 1차 코일의 전압과 각 코일의 감은 수가 달라지지 않았으므로 2차 코일에 걸리는 전압은  $V_0$ 으로 일정하다.

## 12 전기 에너지의 송전 과정

**예설** | 변압 과정에서 전력 손실이 발생하지 않는다면, 변압기의 1차 코일에 공급되는 전력은 2차 코일에 유도되는 전력과 같다. 코일에 걸리는 유도 기전력은 코일의 감은 수에 비례하므로 1차 코일에서의 전압을  $V_1$ , 전류를  $I_1$ , 감은 수를  $N_1$ , 2차 코일에서의 전압을  $V_2$ , 전류를  $I_2$ , 감은 수를  $N_2$ 라 하면  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 의 관계에 있다.

**정답맞이기** > 발전소에서 1차 변압기의 1차 코일로의 입력 전압은 100 V이므로 전력이 10 kW가 되기 위해서는 전류의 세기가 100 A이다. 1차 변압기에서 코일의 감은 수의 비가 1 : 10이므로 1차 변압기의 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 10 A가 된다. 1차 변압기의 2차 코일의 전류의 세기는 2차 변압기의 1차 코일과 직렬로 연결되어 흐르므로 전류의 세기가 10 A로 서로 같다. 따라서 2차 변압기에서의 코일 감은 수의 비가 3 : 1이므로 2차 변압기의 2차 코일에서는 전류의 세기가 30 A가 된다.

가정에 공급되는 전압이 240 V, 전류의 세기가 30 A이므로 가정에서 소비할 수 있는 최대 전력은 7200 W가 되고, B에서 손실되는 전력은  $P = I^2 R$ 에서  $(30 \text{ A})^2 \times 3 \Omega = 2700 \text{ W}$ 가 되므로 2차 변압기의 1차 코일에 공급되는 전력은 9900 W이며, A에서 손실되는 전력은 발전소에서 공급된 10 kW와의 차인 100 W이다. 따라서 A의 저항값은  $100 \text{ W} = (10 \text{ A})^2 \times R$ 에서  $R = 1 \Omega$ 이다.

THEME



## 핵에너지 및 신·재생 에너지

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 98쪽

**정답** ⑤

**예설** | 제어봉은 중성자를 흡수해 연쇄 반응이 더 느리게 일어나도록 하고, 감속재는 중성자의 속력을 느리게 해 연쇄 반응이 더 잘 일어나도록 한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 감속재는 중성자의 속력을 느리게 해 연쇄 반응이 더 잘 일어나도록 한다.

ㄴ. 제어봉은 중성자를 흡수해 핵반응에 참가하는 중성자수를 줄여 연쇄 반응이 느리게 일어나도록 한다.

ㄷ. 핵반응 전후의 질량 결손에 의해 원자로에서는 큰 에너지가 발생한다.

테마별 수능 필수유제

본문 99~100쪽

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

## 01 핵분열 반응

**예설** | 핵반응에서 반응 전후 질량수와 전하량은 보존되고 질량은 보존되지 않는다.

**정답맞이기** > ㄷ. 전하량 보존( $92 + 0 = x + 36 + 0$ )과 질량수 보존( $235 + 1 = y + 92 + 3$ )을 적용하면 (가)는 바륨( $^{141}_{56}\text{Ba}$ )임을 알 수 있다. 바륨( $^{141}_{56}\text{Ba}$ )의 양성자 개수는 56개이다.

**오답피하기** > ㄱ. 질량이 큰 우라늄 원자핵이 질량이 작은 바륨과 크립톤 원자핵으로 분열하는 핵분열 과정이다.

ㄴ. 핵반응 전후 질량은 감소하고, 이때의 질량 결손이 에너지로 방출된다.

## 02 알파( $\alpha$ ) 붕괴

**예설** | 원자핵이 방사선  $\alpha$ 를 방출하면 양성자와 중성자가 각각 2개씩 감소하게 된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전하량 보존( $88 = x + 86$ )과 질량수 보존( $226 = y + 222$ )을 적용하면 (가)는  $\alpha$ 입자인 헬륨( $^4_2\text{He}$ ) 원자핵임을 알 수 있다. 헬륨( $^4_2\text{He}$ ) 원자핵에는 양성자와 중성자가 각각 2개씩 있다.

**오답피하기** > ㄴ. 라듐( $^{226}_{88}\text{Ra}$ )과 라돈( $^{222}_{86}\text{Rn}$ )은 서로 양성자 개수가 다르므로 동위 원소가 아니다.

ㄷ. 인체가 방사선에 노출될 경우 암의 발생과 같은 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 이때 방사선의 종류나 에너지에 따라 인체에 미치는 영향은 다르다.

### 03 헬륨 핵융합

**예설** | 높은 온도에서 수소 원자핵은 큰 에너지를 방출하며 헬륨 원자핵으로 융합할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서 전하량 보존과 질량수 보존을 적용하면 A는 중성자( ${}^1_0\text{n}$ )임을 알 수 있다. 중성자는 1개의 위 쿼크와 2개의 아래 쿼크로 구성된다.

**오답피하기** > ㄴ. (나)에서 전하량 보존과 질량수 보존을 적용하면 B는 중성자( ${}^1_0\text{n}$ )임을 알 수 있다. 중성자는 1개의 위 쿼크와 2개의 아래 쿼크로 이루어져 있고, 기본 입자가 아니다.

ㄷ. 현재 원자력 발전소에서는 핵융합이 아니라 핵분열을 이용해 전기 에너지를 생산한다.

### 04 원자로

**예설** | 원자로에서는 일반적으로 우라늄이 중성자를 흡수하며 핵분열하는 과정에서 질량 결손에 의해 생기는 에너지를 이용해 터빈을 회전시켜 전기 에너지를 생산한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 원자력 발전은 핵분열 과정에서 나오는 에너지를 이용해 증기를 발생시키고, 이 증기를 이용해 터빈을 회전시켜 전자기 유도 현상에 의해 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다.

ㄴ. 우라늄( ${}^{235}_{92}\text{U}$ ) 원자핵에 중성자가 흡수되기 위해서는 감속제를 사용해 중성자의 속력을 느리게 해야 한다.

ㄷ. (가)는 제어봉으로, 중성자를 흡수해 연쇄 반응의 속도를 조절한다. 중성자를 많이 흡수하면 연쇄 반응의 속도가 느려지고, 조금 흡수하면 연쇄 반응의 속도가 빨라진다.

### 05 방사선

**예설** | 불안정한 원자핵이 방사선을 방출하면서 안정한 원자핵으로 변한다.  $\alpha$ 선의 본질은 헬륨( ${}^4_2\text{He}$ ) 원자핵이고,  $\beta$ 선의 본질은 전자( ${}^0_{-1}\text{e}$ ),  $\gamma$ 선의 본질은 파장이 짧은 전자기파이다.

**정답맞이기** > ㄱ. P는 헬륨( ${}^4_2\text{He}$ ) 원자핵이므로  $\alpha$ 선이다.

ㄴ. (나)는 중성자가 양성자로 변환되는 베타 붕괴 과정으로, 약한 상호 작용이 관여한다.

ㄷ. Q는 전자로, 표준 모형에서 기본 입자로 분류된다.

### 06 여러 가지 발전

**예설** | 태양광 발전 방식을 제외한 대부분의 발전 방식은 터빈을 회전시켜 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 발전 방식이다. 이때 전자기 유도 현상이 이용된다.

**정답맞이기** > ㄱ. A는 태양광 발전으로, 반도체에 태양 빛을 비출 때 나타나는 광기전력 효과를 이용한다.

ㄷ. C는 화력 발전으로, 화석 연료를 연소시키는 과정에서 온실 가스인 이산화 탄소 등이 배출된다.

**오답피하기** > ㄴ. B는 풍력 발전으로, 바람의 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되는 발전 방식이다. 질량 결손에 의해 발생하는 에너지를 이용하는 발전 방식은 원자력 발전이다.

### 07 태양 전지

**예설** | 태양 전지가 빛을 흡수하면 원자 속의 전자는 띠를 넘어 전도 띠로 이동하게 되어 전자와 양공이 생성된다. 이후 접합면에 n형 반도체에서 p형 반도체 방향으로 형성되어 있는 전기장에 의해 전자는 n형 반도체로, 양공은 p형 반도체로 이동하여 n형 반도체는 (-)극, p형 반도체는 (+)극을 형성하여 외부로 전류가 흐를 수 있게 된다.

**정답맞이기** > ㄴ. 태양 전지의 접합면에서 전기장은 n형 반도체에서 p형 반도체 방향으로 형성되어 있다.

**오답피하기** > ㄱ. 발광 다이오드에 순방향 전압이 걸려 있으므로 A는 n형 반도체, B는 p형 반도체이다.

ㄷ. 발광 다이오드에 순방향 전압이 걸려 있고 빛이 방출되고 있으므로 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

### 08 수소 연료 전지

**예설** | 수소 연료 전지는 수소와 산소가 만나 물이 만들어지는 과정에서 전기 에너지를 얻는 장치이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 수소 연료 전지는 수소와 산소(A)를 이용한다.

**오답피하기** > ㄴ. 수소가 이온화되어 전자를 내놓는 극이 (-)극이고, 수소 이온, 전자와 산소가 만나 물과 열이 발생하는 극이 (+)극이다. 따라서 전류는 (나) 방향으로 흐른다.

ㄷ. 수소 연료 전지를 이용하는 자동차는 온실 가스가 거의 방출되지 않는 친환경 자동차이다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 101~102쪽

09 ⑤

10 ⑤

11 ③

12 ①

### 09 핵반응

**예설** | 핵반응 과정에서 질량수와 전하량은 보존되고 질량은 감소한다.

**정답맞이기** > ㄱ. X는 질량수가 2인  ${}^2_1\text{H}$  2개가 융합해 만들어진 원자핵이므로  ${}^4_2\text{He}$ 이다. 따라서 질량수는 4이다.

ㄴ. 핵반응 과정에서 전하량은 보존된다.

ㄷ. 질량수 보존과 전하량 보존을 적용하면 Y는  ${}^2_1\text{H}$ 이다. 한편 (가)에서 서가 (나)에서보다 질량 결손에 의한 에너지가 더 크므로

$2M_3 - M_1 > M_2 + M_3 - 2M_1$ 이다. 이를 정리하면  $M_3 > M_2 - M_1$ 이다.

### 10 핵붕괴

**예설** | 불안정한 원자핵이  $\alpha$ 선,  $\beta$ 선,  $\gamma$ 선 등의 방사선을 방출하면서 안정한 원자핵으로 변환된다.

**정답맞이기** > ㄱ. B와 C의 질량수는 모두 211이다.

ㄴ. 알파( $\alpha$ ) 붕괴 과정에서는 원자 번호가 2, 질량수가 4 감소한다.

${}^{219}_{86}\text{Rn} \rightarrow \text{A}$ ,  $\text{A} \rightarrow \text{B}$ ,  $\text{D} \rightarrow {}^{207}_{82}\text{Pb}$ 가 알파( $\alpha$ ) 붕괴 과정이다.

ㄷ. C가 D로 변환되는 과정은 베타( $\beta$ ) 붕괴 과정으로 약한 상호 작용이 관여한다.

## 11 방사선

**예설** | 불안정한 원자핵이 붕괴할 때 방출되는  $\alpha$ 선은 헬륨( ${}^4_2\text{He}$ ) 원자핵,  $\beta$ 선은 전자,  $\gamma$ 선은 파장이 짧은 전자기파이다. 따라서 P는  $\beta$ 선의 경로, Q는  $\alpha$ 선의 경로이다.

**정답맞히기** ㄱ. A는 헬륨( ${}^4_2\text{He}$ ) 원자핵, B는 전자로 입자 1개당 질량은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 인체가 고에너지 방사선에 오래 노출될수록 세포의 파괴나 변형이 더 많이 일어날 수 있다.

**오답피하기** ㄴ. P는 전기장 반대 방향으로 휘는 경로이므로 음(-)전하의 경로이다. 따라서 P는 B의 경로이다.

## 12 경수로와 중수로

**예설** | 경수로는 감속재와 냉각재로 보통 물인 경수( $\text{H}_2\text{O}$ )를 사용하고, 중수로는 감속재와 냉각재로 중수소와 산소가 결합한 중수( $\text{D}_2\text{O}$ )를 사용하는 원자력이다.

**정답맞히기** ㄱ.  ${}^{235}_{92}\text{U}$ 의 함량비는 저농축 우라늄에서는 2~5%, 천연 우라늄에서는 약 0.7% 정도이다.

**오답피하기** ㄴ. 중수로와 경수로 모두  ${}^{235}_{92}\text{U}$ 이 붕괴하는 과정에서 발생하는 에너지를 이용한다.

ㄷ. 중수는 중수소( ${}^2_1\text{H}$ )와 산소가 결합해 만들어진 물이므로 경수에 비해 중성자를 잘 흡수하지 못한다.

THEME



## 15 역학적 평형

\* 답은 골 문제 유형 익히기 \*

본문 104쪽

**정답** ②

**예설** | 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 적용하면 구가 막대에 작용하는 힘의 크기를 구할 수 있다.

**정답맞히기** (가)에서 왼쪽 구와 오른쪽 구가 각각 막대에 작용하는 힘의 크기를  $n_1$ ,  $n_2$ 라 하면, 힘의 평형 관계에 의해 구에  $n_1 + n_2 = 3mg$ 의 관계가 성립하고, 왼쪽 구와 막대가 접하는 지점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면  $2L \times mg + 3L \times 2mg = 5L \times n_2$ 이다.

따라서  $n_2 = \frac{8}{5}mg$ ,  $n_1 = \frac{7}{5}mg$ 이다. 한편 구에 작용하는 부력의 크기는 막대가 구를 누르는 힘의 크기와 구에 작용하는 중력의 크기의 합과 같고, 두 구에 작용하는 부력의 크기는 같으므로 왼쪽 구와 오른쪽 구의 질량을 각각  $m_1$ ,  $m_2$ 라 하면, 구에 각각 작용하는 부력의 크기 =  $\frac{7}{5}mg + m_1g = \frac{8}{5}mg + m_2g$ 의 관계가 성립한다. 따라서  $m_1 - m_2 = \frac{1}{5}m$ 의 관계가 성립하고, 왼쪽 구가 막대에 작용하는 힘의 크기는 오른쪽 구가 막대에 작용하는 힘의 크기보다  $\frac{1}{5}mg$ 만큼 작다.

(나)에서 오른쪽 구가 막대에 작용하는 힘의 크기를  $n$ 이라 하면, 왼쪽 구가 막대에 작용하는 힘의 크기는  $n - \frac{1}{5}mg$ 이다. 이를 힘의 평형에 적용하면,  $4mg = 2n - \frac{1}{5}mg$ ,  $n = \frac{21}{10}mg$ 이다. 따라서 왼쪽 구가 막대에 작용하는 힘의 크기는  $\frac{19}{10}mg$ 이다.

오른쪽 구와 막대가 접하는 지점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면,  $(7L - x) \times 2mg + 2L \times 2mg = 5L \times \frac{19}{10}mg$ 이므로  $x = \frac{17}{4}L$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 105~106쪽

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

## 01 돌림힘

**예설** | 돌림힘의 크기는 회전축으로부터 힘의 작용점까지의 거리와 회전축으로부터 작용점 방향에 대해 수직인 성분의 힘의 크기의 곱과 같다.

**정답맞히기** ㄱ. 막대는 역학적 평형 상태에 있으므로 돌림힘의 평형 상태이다. 받침점으로부터 A까지의 거리가 받침점으로부터 B까지의 거리보다 더 크므로 질량은 B가 A보다 크다.

ㄷ. B가 막대 위에서 받침점으로부터 멀어지게 움직이면, 받침점을 기준으로 한 막대에 작용하는 B에 의한 돌림힘의 크기가 커지므로 막대는 시계 방향으로 회전하기 시작한다.

**오답피하기** ㄴ. 돌림힘의 평형 상태이므로 받침점을 기준으로 한 막대에 작용하는 A에 의한 돌림힘의 크기와 B에 의한 돌림힘의 크기는 같다.

## 02 돌림힘의 평형

**예시** 줄이 매어진 막대 위의 점을 기준으로 할 때 시계 반대 방향으로 회전시키는 돌림힘이 커지거나 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘이 작아지면 (가)에서 (나)로 변화하는 과정이 가능하다.

**정답맞이기** ㄱ. 막대의 질량을 증가시키면 시계 반대 방향으로 회전시키는 돌림힘이 커지므로 (가)에서 (나)로의 변화가 가능하다.

ㄷ. 물체의 질량이 작아지면 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘이 작아지므로 (가)에서 (나)로의 변화가 가능하다.

**오답피하기** ㄴ. 추를 매단 실의 위치를 오른쪽으로 약간 움직이면 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘이 커지므로 막대는 시계 방향으로 회전한다.

## 03 일의 원리

**예시** 도구를 사용해 힘의 이득은 볼 수 있지만 일의 이득은 볼 수 없다.

**정답맞이기** ㄱ. 손을 놓으면, A는 연직 아래로, B는 연직 위로 각각 등가속도 운동을 하므로 실이 A에 작용하는 힘의 크기는  $mg$ 보다 작고, 실이 B에 작용하는 힘의 크기는  $2mg$ 보다 크다. 따라서 운동하는 동안 실이 B에 작용하는 힘의 크기가 실이 A에 작용하는 힘의 크기보다 크다.

ㄴ. 큰 바퀴와 작은 바퀴의 반지름이 각각  $3r$ ,  $r$ 이므로 A와 B의 같은 시간 동안 이동 거리의 비도 3 : 1이다. 따라서 A와 B가 높이가 같아질 때까지 A가 이동한 거리는  $3h$ , B가 이동한 거리는  $h$ 이다.

**오답피하기** ㄷ. A와 B의 높이가 같아졌을 때, B의 속력을  $v$ , A의 속력을  $3v$ 라 하고 역학적 에너지 보존을 적용하면,

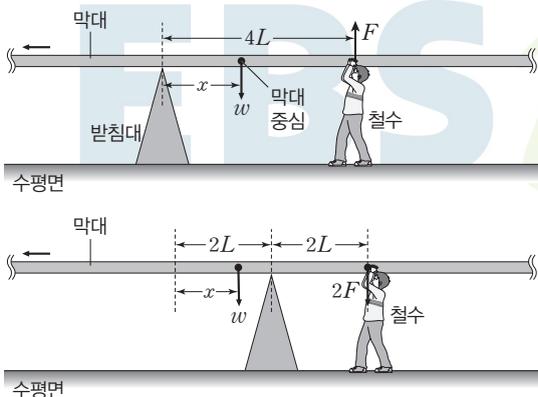
$$mg(3h) - 2mgh = \frac{1}{2}m(3v)^2 + \frac{1}{2}(2m)v^2$$

$$mgh = \frac{11}{2}mv^2 \text{이므로 } v = \sqrt{\frac{2}{11}gh} \text{이다.}$$

## 04 돌림힘의 평형

**예시** 받침대와 철수 사이의 거리가  $4L$ 일 때, 철수는 막대에 연직 위로 힘을 작용하므로 이 순간 막대의 중심은 받침대의 오른쪽에 위치한다.

**정답맞이기** 받침대와 철수 사이의 거리가  $2L$ 이 되었을 때 철수가 막대에 작용하는 힘의 크기가 받침대와 철수 사이의 거리가  $4L$ 일 때보다 크므로 받침대와 철수 사이의 거리가  $2L$ 일 때 막대의 중심은 받침대의 왼쪽에 위치한다.



받침대와 철수 사이의 거리가 각각  $4L$ ,  $2L$ 일 때 받침대와 막대가 만나는 점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면  $4L \times F = x \times w$ ,  $(2L - x) \times w = 2L \times 2F$ 이다. 두 식을 연립하면  $x = L$ ,  $F = \frac{1}{4}w$ 이다.

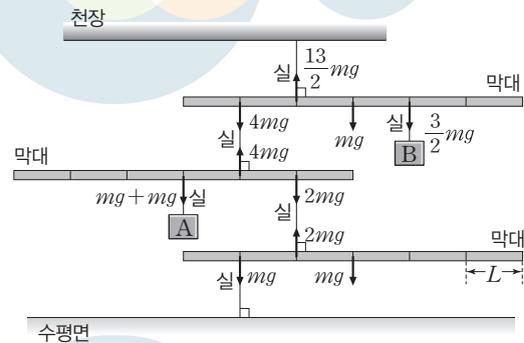
## 05 역학적 평형

**예시** 물체에 힘의 평형과 돌림힘의 평형이 이루어지면 물체는 역학적 평형 상태에 있게 된다.

**정답맞이기** ㄱ. 제일 아래 막대에 돌림힘의 평형을 적용하면 막대의 질량이  $m$ 이므로 수평면에 연결된 실이 막대를 당기는 힘의 크기는  $mg$ 이다.

**오답피하기** ㄴ. 그림과 같이 힘의 평형을 적용하면 A의 질량은  $m$ , 돌림힘의 평형을 적용하면  $4mg \times L = mg \times L + m_{Bg} \times 2L$ 에서 B의 질량은  $\frac{3}{2}m$ 이다.

ㄷ. 제일 위 막대에 힘의 평형을 적용하면 천장에 연결된 실이 막대를 당기는 힘의 크기는  $\frac{13}{2}mg$ 임을 알 수 있다.



## 06 돌림힘의 평형

**예시** 축바퀴의 큰 바퀴와 작은 바퀴의 반지름은 각각  $3r$ ,  $r$ 이므로 중력 가속도를  $g$ 라 하고 돌림힘의 평형을 적용하면 작은 바퀴에 연결된 실이 막대를 당기는 힘의 크기는  $3mg$ 이다.

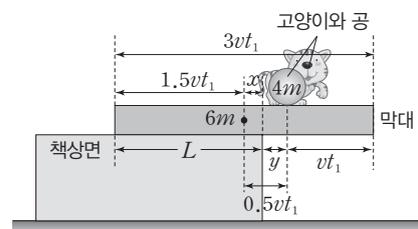
**정답맞이기**  $x$ 가  $7L$ 일 때, 왼쪽 받침대가 막대에 작용하는 힘의 크기는 0이다. A의 질량을  $m_A$ 라 하고, 오른쪽 받침대와 막대가 만나는 점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용해 보면  $3L \times m_A g = 4L \times 3mg$ 이다. 따라서  $m_A = 4m$ 이다.

## 07 역학적 평형

**예시** 고양이와 공이 막대 위에서 운동하는 동안 막대는 평형을 유지하고 있으므로 막대에 작용하는 알짜힘이 0이다.

**정답맞이기** ㄱ.  $0 \sim t_1$  동안 고양이가 움직인 거리는  $2vt_1$ , 공이 움직인 거리는  $vt_1$ 이므로 전체 막대의 길이는  $3vt_1$ 이다.

ㄷ.  $t = t_1$ 일 때, 막대가 기울어지기 시작하므로 책상면의 오른쪽 끝 모서리에서만 막대에 힘을 작용한다. 책상면의 오른쪽 모서리와 막대가 만나는 점을 기준으로 막대 중심까지의 거리를  $x$ , 고양이와 공까지의 거리를  $y$ 라 하고, 돌림힘의 평형을 적용하면,  $x \times 6mg = y \times 4mg$ 이고,  $x + y = 0.5vt_1$ 이므로  $x = 0.2vt_1$ 이다. 따라서  $L = 1.5vt_1 + 0.2vt_1 = 1.7vt_1$ 이다.



**오답피하기** > 나. 막대가 힘의 평형 상태에 있으므로  $0 \sim t_1$  동안 책상면 이 막대에 작용하는 연직 방향 힘의 크기는  $10mg$ 로 일정하다.

## 08 힘의 평형

**예설** | 물체가 평형 상태에 있을 때, 물체에 작용하는 알짜힘은 항상 0이다.

**정답맞이기** > A. (나)에서 막대가 평형을 유지하고 있으므로 막대는 힘의 평형 상태이다. 따라서 막대에 중력이 연직 아래로  $mg$ 의 크기로 작용하므로 편이 막대에 작용하는 힘은 0이다.

B. (가)에서 돌림힘의 평형을 적용해 보면  $T_a$ 가  $mg$ 보다 크다. 이때 편은 막대에 연직 아래로 힘을 작용한다.

**오답피하기** > C. (가)에서 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있으므로 막대는 힘의 평형 상태에 있다.  $T_a = mg +$  '편이 막대에 작용하는 힘'의 관계가 성립한다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 107~108쪽

09 ④      10 ④      11 ④      12 ③

## 09 돌림힘의 평형

**예설** | 막대가 회전하지 않고 평형 상태를 유지하고 있으므로 돌림힘의 평형을 적용해 막대의 질량을 구할 수 있다.

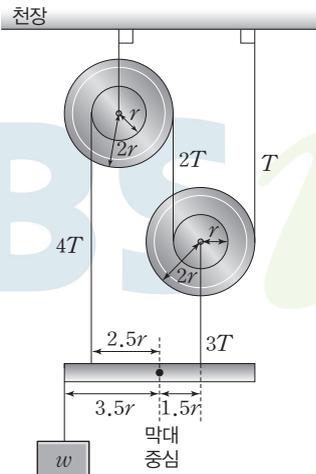
**정답맞이기** > 돌림힘의 합이 0이므로 막대의 질량을  $M$ , 추의 질량을  $M'$ 라 할 때,  $MgL = M'gL + 2mgL$ ,  $MgL + M'g3L = 10mgL$ 이다. 이를 연립하면  $M' = 2m$ ,  $M = 4m$ 이다.

## 10 역학적 평형

**예설** | 돌림힘의 평형과 힘의 평형을 이용해 막대의 무게를 구할 수 있다.

**정답맞이기** > 각 축바퀴에 돌림힘의 평형과 힘의 평형을 적용하면 각 실에 걸리는 힘의 크기를 그림과 같이 표시할 수 있다. 막대 중심을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용해 보면,  $3.5rw + 1.5r(3T) = 2.5r(4T)$ 이다.

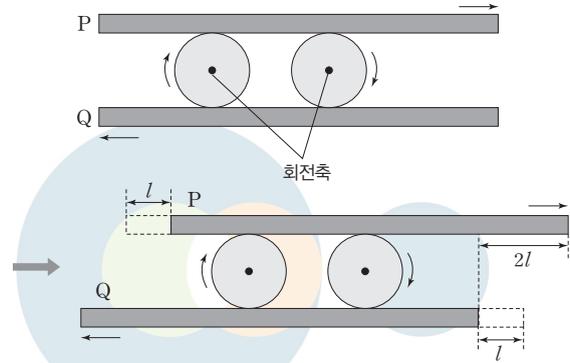
따라서  $T = \frac{7}{11}w$ 이다. 힘의 평형을 적용해 보면  $w +$  막대의 무게  $= 7T$ 이므로 막대의 무게는  $\frac{38}{11}w$ 이다.



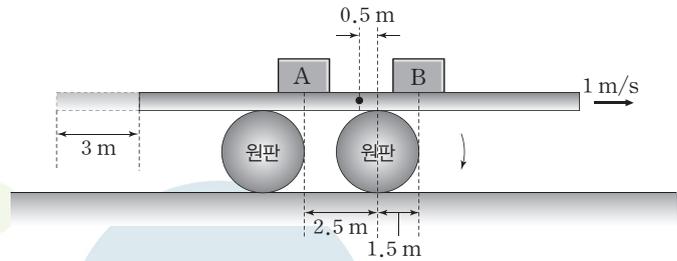
## 11 역학적 평형

**예설** | 원판이 고정된 회전축을 중심으로 회전하며 원판에 접촉해 있

는 막대 P, Q를 미끌어지지 않고 밀어내는 상황을 생각해 보자. 원판이 각각 P, Q를  $l$ 만큼 밀 때, Q에 대해서는 원판은  $l$ 만큼, P는  $2l$ 만큼 이동하게 된다. 따라서 원판이 굴러 가면 지면에 대해 막대는 원판보다 2배의 속력으로 움직이게 된다.



**정답맞이기** >  $t = 3$ 초일 때는  $t = 0$ 일 때보다 지면에 대해 막대는 3m, 원판들은 1.5m 오른쪽으로 이동해 아래 그림과 같은 모습이 된다.



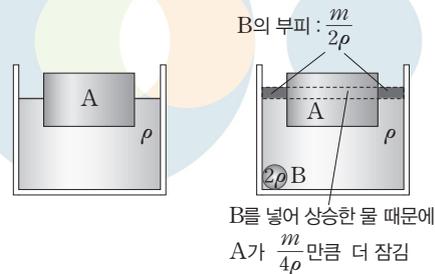
$t = 3$ 초일 때 막대가 기울어지기 시작하므로 왼쪽 원판이 막대에 작용하는 힘은 이 순간 0이다.

B의 무게를  $x$ 라 하고 오른쪽 원판과 막대가 만나는 점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용해 보면,  $2w \times 2.5 + w \times 0.5 = x \times 1.5$ 이다. 따라서  $x = \frac{11}{3}w$ 이다.

## 12 부력과 역학적 평형

**예설** | 물에 B를 넣어 A가 물에 더 잠기게 된 부피에 해당하는 물의 무게만큼 A에 작용하는 부력이 증가하게 된다.

**정답맞이기** > B의 부피는  $\frac{m}{2\rho}$ 이고, B를 넣어 상승한 물 때문에 A가 더 잠긴 부피는  $\frac{m}{4\rho}$ 이므로 A에 작용하는 부력은  $\frac{mg}{4}$ 만큼 증가하게 된다.



가운데 받침대와 막대가 만나는 점을 기준으로 한 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘의 크기가  $5L \times \frac{mg}{4}$ 만큼 감소한다. 따라서 시계 반대 방향으로 회전시키는 돌림힘의 크기도 같은 크기만큼 감소해야 한다. 즉,  $(x_2 - x_1) \times 5mg = 5L \times \frac{mg}{4}$ 이므로  $x_2 - x_1 = \frac{L}{4}$ 이다.

THEME

16

유체에서의 압력

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 110쪽

정답 ③

예설 | 질량이  $m$ 인 추가 올려진 단면적이  $S$ 인 정지한 피스톤에 의해 액체에는  $\frac{mg}{S}$ 만큼의 압력이 더 가해지게 된다.

정답맞이기 A의 질량을  $M$ 이라 하면, (가)에서  $\frac{2mg}{S} = \frac{Mg}{2S} + \rho gh$ , (나)에서  $\frac{mg}{S} + \rho gh = \frac{Mg}{2S}$ 가 성립한다. 두 식을 연립하면  $M = 3m$ 이 된다. 한편 A가  $x$ 만큼 내려올 때, 추는  $2x$ 만큼 올라간다. (가)에서 왼쪽 피스톤과 액체의 접합면을 기준으로 할 때, (나)에서 추의 높이는  $2x$ , A의 높이는  $(h-x)$ 가 된다. 이 둘의 차가  $h$ 이므로  $2x - (h-x) = h$ 이다. 따라서  $x = \frac{2}{3}h$ 이고 (가)→(나) 과정에서 A의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지 감소량은  $3m \times g \times \frac{2}{3}h = 2mgh$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 111~112쪽

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

01 부력

예설 | 물체가 유체에 잠긴 부피에 해당하는 유체의 무게가 물체에 작용하는 부력의 크기이다.

정답맞이기 ㄴ. A의 밀도는  $\rho$ 보다 작기 때문에 A의 일부만 잠긴 채로 액체에 떠 있다.

ㄷ. A와 B에 작용하는 부력의 크기는 각각  $mg$ 이므로 A와 B가 각각 액체에 잠긴 부피는 같다. 따라서 전체 부피는 A가 B보다 크다.

오답짜이기 ㄱ. A와 B는 각각 힘의 평형 상태이다. A와 B의 질량이 각각  $m$ 으로 같기 때문에 중력 가속도를  $g$ 라 할 때, A와 B에 작용하는 부력의 크기도  $mg$ 로 같다.

02 베르누이 법칙의 적용

예설 | 같은 높이에서 유체의 속력이 빠르면 압력은 낮고, 유체의 속력이 느리면 압력은 높다.

정답맞이기 A. 입으로 비닐 풍선의 입구에 강하게 바람을 불어 주면 공기의 흐름이 빨라져 비닐 풍선 입구의 압력이 주변보다 낮아지게 된다. B. 비닐 풍선 입구의 압력이 주변보다 낮아지게 되므로 날숨으로 나온 공기뿐만 아니라 주변의 공기도 비닐 풍선 안으로 빨려 들어간다. C. 이러한 현상은 유체의 속력이 빠를 때 압력이 낮아진다는 베르누이 법칙으로 설명할 수 있다.

03 부력

예설 | A와 B는 P, Q 사이에 정지해 있으므로 P보다는 밀도가 크고 Q보다는 밀도가 작은 물체이다.

정답맞이기 ㄴ. A는 P, Q 사이에서 정지해 있으므로 P보다는 밀도가 크고 Q보다는 밀도가 작다. 따라서 A의 밀도는  $\rho$ 보다 크다.

ㄷ. A와 B는 각각 힘의 평형 상태이므로 A에 작용하는 부력의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같고, B에 작용하는 부력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기와 같다. 따라서 A와 B의 질량은 각각  $4\rho V, 5\rho V$ 이다. 따라서 질량은 B가 A의  $\frac{5}{4}$ 배이다.

오답짜이기 ㄱ. 물체가 유체에 잠긴 부피에 해당하는 유체의 무게가 물체에 작용하는 부력의 크기이므로 중력 가속도를  $g$ 라 할 때, A에 작용하는 부력의 크기는  $(2\rho)Vg + \rho(2V)g = 4\rho Vg$ 이고, B에 작용하는 부력의 크기는  $2\rho(2V)g + \rho Vg = 5\rho Vg$ 이다.

04 부력

예설 | 유체 속에 물체가 있을 때, 물체에 작용하는 부력은 유체의 높이에 따라 압력이 다르기 때문에 작용하는 힘이다.

정답맞이기 ㄱ. A의 아랫면에 액체가 작용하는 힘은 크기가  $2PS$ 이고 방향은 연직 위 방향이다. A의 윗면에 액체가 작용하는 힘은 크기가  $PS$ 이고 방향은 연직 아래 방향이다. 따라서 액체는 A에 연직 위로 크기가  $PS$ 인 힘을 작용한다. 이 힘이 A에 작용하는 부력이다.

오답짜이기 ㄴ. 윗면과 아랫면의 단면적이 모두  $2S$ 이고 B와 높이가 같은 직육면체에 작용하는 부력의 크기가  $2PS$ 이므로, 이 직육면체보다 부피가 작은 B에 작용하는 부력의 크기는  $2PS$ 보다 작다.

ㄷ. B, C는 동일한 물체이므로 작용하는 부력의 크기는 같다.

05 파스칼 법칙

예설 | 밀폐된 용기 속에 담겨 있는 유체의 한쪽 부분에 주어진 압력은 그 세기에는 변화 없이 같은 크기로 액체의 각 부분에 골고루 전달된다.

정답맞이기 (가)에서 P, Q가 같은 높이이므로 액체가 P, Q에 작용하는 압력은 같다. A, B의 질량을 각각  $m_A, m_B$ 라 하고, 중력 가속도를  $g$ 라 하면, 대기압은 일정하므로  $\frac{m_A g}{S} = \frac{m_B g}{2S}$ 의 관계가 성립하기 때문에  $2m_A = m_B$ 이다.

(나)에서 Q로부터 아래로  $h$ 만큼 낮은 액체 내부 지점과 P에서 압력은 같다.

$$\frac{m_B g}{S} = \frac{2m_A g}{S} = \frac{m_A g}{2S} + \rho gh \text{이므로 } m_A = \frac{2}{3} \rho Sh \text{이다.}$$

06 베르누이 법칙

예설 | 관에 베르누이 법칙을 적용하면 a와 b에서 물의 속력이 같으므로 b에서 물의 압력은 a에서 물의 압력보다  $\rho gh$ 만큼 높다.

정답맞이기 ㄱ. 연속 방정식을 적용하면 단면적은 c에서가 b에서의  $\frac{1}{2}$ 배이므로 속력은 c에서가 b에서의 2배이다.

ㄷ. a에서와 c에서 물의 압력이 같으므로 그때의 압력을  $P$ 라 하면, b에서 물의 압력은  $P + \rho gh$ 이다. b와 c 두 지점에서 베르누이 법칙을 적용하면  $P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = P + \frac{1}{2} \rho (2v)^2$ 이므로  $v = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$ 이다.

오답짜이기 ㄴ. a와 b는  $h$ 만큼 높이 차이가 나므로 b에서 물의 압력이 a에서 물의 압력보다  $\rho gh$ 만큼 크다.

## 07 베르누이 법칙

**예설** | 정지한 유체에서 유체 내부의 압력은 높이에 의해서 결정되며, 높이가 낮을수록 압력은 높다.

$$\rho gh + P = \text{일정}$$

**정답맞이기** > ㄱ. 정지한 유체에서 높이가 같은 동일한 유체는 압력이 같지만 밀도가 다른 유체는 압력이 다를 수 있다. 오른쪽 관의 A의 제일 윗면과 왼쪽 관에서 높이가 같은 면은 동일한 액체 내부의 지점이므로 압력이 같다. B의 밀도를  $\rho'$ 라 하면  $\rho g(4h) = \rho' g(6h)$ 이다. 따라서  $\rho' = \frac{2\rho}{3}$ 이다.

ㄴ. p에서의 압력은 대기압 +  $\rho gh$ , q에서 압력은 대기압 +  $\frac{2\rho}{3}g(3h)$ 이므로 q에서의 압력이 p에서의 압력보다 크다.

**오답맞이기** > ㄷ. B의 밀도가  $\frac{2\rho}{3}$ 이므로 A와 B의 최고점의 높이 차는 항상 B의 윗면과 아랫면의 높이 차의  $\frac{1}{3}$ 배이다. (나)에서 오른쪽 관이 기울어지면 B의 윗면과 아랫면의 높이 차가  $6h$ 보다 작아지므로  $h'$ 는  $2h$ 보다 작다.

## 08 베르누이 법칙의 적용

**예설** | P, Q 두 지점에서 압력을 각각  $P_0, P_0'$ 라 하고 베르누이 법칙을 적용하면,  $P_0 + \frac{1}{2}\rho v^2 = P_0' + \frac{1}{2}\rho(3v)^2$ ,  $P_0 = P_0' + 4\rho v^2$ 이다.

**정답맞이기** > P, Q에서 압력이 각각  $P_0' + 4\rho v^2, P_0'$ 이므로 다음의 관계가 성립한다.

$$P_0' + 4\rho v^2 + 10\rho gh = P_0' + 12\rho gh$$

$$4\rho v^2 = 2\rho gh$$

따라서  $v = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ 이다.

### 테마별 수능 심화문제

분문 113~114쪽

09 ⑤

10 ③

11 ④

12 ③

## 09 부력

**예설** | 부력의 크기는 유체 속에 잠긴 물체의 부피에 해당하는 유체의 무게와 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가) → (나) 과정에서 B가 액체 속에 잠긴 부피가  $\frac{V}{6}$ 만큼 감소하고 바닥면이 A에 작용하는 힘의 크기가  $\frac{F}{8}$ 만큼 증가하므로,  $\rho \frac{V}{6}g = \frac{F}{8}$ 이다. 즉, 부피가  $V$ 인 액체의 무게는  $\frac{6F}{8}$ 이다. 한편 (나)에서 B가 액체에 절반만 잠겨 정지해 있으므로 B의 밀도는 액체의 밀도  $\rho$ 의 절반인  $\frac{\rho}{2}$ 이다. 따라서 부피가  $V$ 인 B의 무게는  $\frac{\rho V g}{2} = \frac{3F}{8}$ 이다.

ㄴ. A의 부피는  $V$ 인데, 액체 속에 완전히 잠겨 있으므로 A에 작용

하는 부력의 크기는  $\rho V g = \frac{6F}{8} = \frac{3F}{4}$ 이다.

ㄷ. (나)에서 바닥면이 A에 작용하는 힘의 크기가  $\frac{9F}{8}$ 이고, A에 작용하는 부력의 크기가  $\frac{3F}{4}$ 이므로, 힘의 평형에 의해 A의 무게는  $\frac{15F}{8}$ 이다. 한편 부피가  $V$ 이고, 밀도가  $\rho$ 인 액체의 무게는  $\frac{6F}{8}$ 이다. 따라서 부피가  $V$ 이고, 무게가  $\frac{15F}{8}$ 인 A의 밀도는  $\frac{5}{2}\rho$ 이다.

## 10 베르누이 법칙의 적용

**예설** | 베르누이 법칙 ' $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{일정}$ '을 적용하면 A와 B에서 속력을  $H$ 가 포함된 식으로 표현할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. A와 B에서 압력을  $P$ 라 하고, B와 액체의 왼쪽 윗면 사이의 높이 차를  $h'$ 라 하면,

$$P + \rho'gh + \rho gh' = P + \rho g(H + h) + \rho gh'$$

$$\rho' h = \rho H + \rho h$$

이다. 따라서  $\rho' = \rho\left(\frac{H}{h} + 1\right)$ 이다.

ㄴ. 연속 방정식을 적용하면 B에서 물의 속력은  $3v$ 이다. 베르누이 법칙을 적용하면,  $P + \rho gH + \frac{1}{2}\rho v^2 = P + \frac{1}{2}\rho(3v)^2$ 이므로

$$v = \frac{1}{2}\sqrt{gH}$$

**오답맞이기** > ㄷ. A와 B에서의 압력을 각각  $P_A, P_B$ 라 하고 베르누이 법칙을 적용해 보면,

$$P_A + \rho gH + \frac{1}{2}\rho v^2 = P_B + \frac{1}{2}\rho(3v)^2$$

이다. 따라서  $P_A - P_B = 4\rho v^2 - \rho gH$ 이다. 즉, 속력  $v$ 가 더 증가하면  $P_A - P_B$  값이 더 커져 관 오른쪽의 유리관 속 액체 기둥의 높이 차는  $h$ 보다 커진다.

## 11 부력

**예설** | (가)에서 A 때문에 B가 눌러져 물속에 잠긴 부피가  $V$ 일 때, A에 작용하는 중력은  $\rho V g$ 이다.

**정답맞이기** > (가)에서 A의 무게 때문에 B가 더 잠겨 물이 올라온 부피를  $V$ , A의 실제 부피를  $V'$ 라 하면, A에 작용하는 중력의 크기는  $\rho V g$ 이고, (나)에서 A에 작용하는 부력의 크기는  $\rho V' g$ 이다. 따라서  $\rho V g - \rho V' g = F$ 의 관계가 성립하고,  $\rho S(h_1 - h_2)g = F$ ,  $h_1 - h_2 = \frac{F}{\rho Sg}$ 이다.

## 12 압력

**예설** | 압력은 단위 면적당 힘으로, 압력에 면적을 곱하면 힘이 된다.  $F_{(하)}$ 는 양쪽 관의 압력 차와 단면적  $2S$ 의 곱으로 구할 수 있다.

**정답맞이기** > 중력 가속도를  $g$ 라 하면, (나)에서 물체에 의한 왼쪽 관에서의 압력 증가는  $\frac{mg}{S}$ 이므로  $F_{(하)} = \frac{mg}{S} \times 2S = 2mg$ 이다.

(다)에서 물체에 의한 오른쪽 관에서의 압력 증가는  $\frac{mg}{3S}$ 이므로

$$F_{(하)} = \frac{mg}{3S} \times 2S = \frac{2mg}{3}$$

이다. 따라서  $\frac{F_{(나)}}{F_{(다)}} = 3$ 이다.

THEME  
**17**

## 열역학 법칙 및 전기 에너지의 이용

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 116쪽

정답 ①

**예설** | (가) → (나) 과정에서 위쪽 피스톤에 질량이 일정한 추가 놓여 있으므로 A의 압력은 일정하게 유지된다.

**정답맞이기** > 가. (가) → (나) 과정에서 B가 외부로부터 일을 받아 B의 온도가 높아지고 열평형에 도달하기 위해 B의 열이 A로 이동한다. 따라서 A의 온도는 증가한다.

**오답맞이기** > 나. (나)에서 A와 B의 온도가 같은데, 부피는 B가 A보다 작으므로 압력은 B가 A보다 크다.

다. (가) → (나) 과정에서 A는 압력이 일정한 상태로 온도가 증가하므로 A의 부피는 증가해야 한다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 A는 외부에 일을 한다. 즉, (가) → (나) 과정에서 B가 받은 일은 A와 B의 내부 에너지 증가량과 A가 외부에 한 일의 합과 같다.

테마별 수능 필수유제

본문 117~118쪽

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

### 01 열역학 과정

**예설** | 풍선이 상승하는 동안 주변의 기온과 기압이 낮아져 풍선은 팽창하고, 열이 풍선에서 외부로 빠져나간다.

**정답맞이기** > 나. 풍선이 하늘 위로 올라가는 동안 헬륨의 부피가 팽창하므로 헬륨은 외부에 일을 한다.

다. 헬륨이 외부에 일을 하고 외부에 열도 뺏기고 있으므로 헬륨의 내부 에너지는 감소하고 온도도 내려간다.

**오답맞이기** > 가. 풍선이 저절로 상승하는 이유는 헬륨이 주변의 공기보다 가벼워 풍선에 작용하는 중력이 풍선에 작용하는 부력보다 작기 때문이다.

### 02 열역학 과정

**예설** | 공기가 압축되는 동안 부피는 감소하지만 압력은 증가하기 때문에 공기의 온도는 증가한다.

**정답맞이기** > A. 밀폐된 공기를 압축시키고 있으므로 공기의 압력은 증가한다.

B. 공기가 피스톤으로부터 힘을 받아 부피가 감소하므로 공기는 피스톤으로부터 일을 받는다.

C. 단열된 공기가 외부로부터 일을 받으면 내부 에너지는 증가해야만 한다. 따라서 공기의 온도는 증가한다.

### 03 등압 과정과 등적 과정

**예설** | 열을 가하는 동안 압력이 일정하게 유지되면 기체의 부피는 증가하고, 부피가 일정하게 유지되면 기체의 압력이 증가한다.

**정답맞이기** > 가. A는 열을 가하는 동안 압력이 일정하므로 부피는 증가해야 한다.

다. B는 외부에 일을 하지 않으므로 B의 내부 에너지 증가량은 Q이고, A는 외부에 일을 하므로 A의 내부 에너지 증가량은 Q보다 작다.

**오답맞이기** > 나. B는 부피가 일정하므로 외부에 일을 하지 않는다.

### 04 단열 압축

**예설** | 단열 압축은 기체가 외부와의 열 출입이 없는 상태에서 기체의 부피가 감소하는 열역학 과정으로, 이 과정에서 기체의 압력과 온도가 높아진다.

**정답맞이기** > 가. 기체가 단열 압축되므로 기체의 온도는 높아진다.

나. 기체의 부피는 (나)에서가 (가)에서보다 작은데 기체의 온도는 (나)에서가 (가)에서보다 높으므로 기체의 압력은 (나)에서가 (가)에서보다 높아야 한다. 따라서 (나)에서 기체의 압력은 P보다 크다.

다. (가)에서 (나)로 되는 과정은 단열 과정이므로, 열역학 제1법칙  $Q = \Delta U + W$ 에 의해 (가)에서 (나)로 되는 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 변화량과 같다.

### 05 열역학 과정

**예설** | 모래가 쌓이는 동안 A는 압축되므로 A의 온도는 증가한다. 따라서 금속판에서 열은 A에서 B로 이동한다.

**정답맞이기** > 가. (가) → (나) 과정에서 모래가 피스톤에 쌓이며 A의 부피가 감소한다. 따라서 A는 외부로부터 일을 받고 A의 내부 에너지는 증가한다. A의 온도가 상승하므로 열평형에 도달하기 위해 열은 A에서 B로 이동한다.

나. (나) 상태에서 피스톤이 정지해 있기 때문에 A와 B는 열평형 상태이다. 따라서 A와 B의 온도와 내부 에너지는 같다.

**오답맞이기** > 다. B의 온도가 (나)에서가 (가)에서보다 더 높으므로 (가) → (나) 과정에서 B는 부피는 일정하지만 압력은 증가한다.

### 06 전기 에너지의 이용

**예설** | 전기 기구는 전기 에너지를 다른 에너지로 전환하여 다양하게 이용된다.

**정답맞이기** > 가. 전동기는 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환하는 대표적인 전기 기구이다.

다. 헤어드라이어에서 바람의 온도는 열선에 흐르는 전류의 세기에 따라 조절될 수 있다. 열선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 열선에서는 더 많은 열이 발생해 온도가 더 높은 바람이 나온다.

**오답맞이기** > 나. A가 2단일 때가 1단일 때보다 더 강한 바람이 나오므로 A가 1단일 때가 2단일 때보다 전동기에 흐르는 전류의 세기는 더 작다.

### 07 물의 상태 변화

**예설** | 고체에서 액체, 액체에서 기체로 상태 변화가 일어날 때는 에너지가 흡수되며, 기체에서 액체, 액체에서 고체로 상태 변화가 일어날

때는 에너지가 방출된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 얼음에서 물이 되는 과정에서는 얼음에 에너지가 흡수된다.

ㄴ. 더운 여름날 땀이 나는 이유는 액체인 땀이 기화하며 에너지를 흡수하여 피부의 온도를 낮출 수 있기 때문이다.

ㄷ. 바다에 내려 쪼이는 태양 에너지가 바닷물을 수증기로 변화시킬 때 기화 잠열로 저장되었다가, 그 수증기가 상승하여 응결할 때 방출되는 잠열이 태풍의 주된 에너지원이다.

## 08 열기관

**예설** | 열기관에서도 에너지 보존 법칙이 성립하므로  $Q_1 = Q_2 + W$ 의 관계가 성립한다. 또한 열효율이 100%인 열기관은 불가능하기 때문에  $Q_2$ 가 0이 될 수는 없다.

**정답맞이기** > ㄴ. 한 번의 순환 과정에서 열을 흡수하는 과정은 D → A 과정뿐이므로 D → A 과정에서 기체가 흡수한 열량은  $Q_1$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 한 번의 순환 과정에서 기체가 하는 전체 일이  $W$ 이므로,  $W$ 는 A → B 과정에서 기체가 한 일에서 C → D 과정에서 기체가 받은 일을 빼 준 양과 같다.

ㄷ. 기체가 D → A 과정에서 흡수한 열량과 B → C 과정에서 방출한 열량이 같으면,  $Q_1 = Q_2$ 가 되므로  $W = 0$ 이 되어야 한다. 그러나 그래프로부터  $W$ 는 0이 아니므로 기체가 D → A 과정에서 흡수한 열량과 B → C 과정에서 방출한 열량은 같지 않다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 119~120쪽

09 ②

10 ②

11 ③

12 ④

## 09 열역학 과정

**예설** | (가) → (나) 과정에서 A와 B의 압력이 서로 같고 A와 B의 부피 변화량의 크기가 같으므로 A가 한 일은 B가 받은 일과 같다.

**정답맞이기** > ㄴ. A와 B를 하나의 계로 취급하면 A와 B의 전체 부피 변화가 없으므로 열을 받는 동안 기체가 한 일의 합은 0이다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 A와 B의 내부 에너지 증가량의 합은  $Q$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. (나)에서 A와 B의 압력은 같은데, 부피가 A가 B보다 더 크기 때문에 온도는 A가 B보다 높다.

ㄷ. (가)에서 A와 B는 같은 양과 같은 온도의 동일한 이상 기체였는데, (나)에서 온도는 A가 B보다 높다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 내부 에너지 증가량은 A가 B보다 크다. 따라서 A의 내부 에너지 증가량은  $\frac{Q}{2}$ 보다 크다.

## 10 열역학 과정

**예설** | A와 B가 각각 외부에 한 일은 추의 역학적 에너지 증가량과 같다.

**정답맞이기** > ㄴ. 기체가 외부에 한 일만큼 추의 역학적 에너지가 증가한

다. (가)와 (나)에서 추의 역학적 에너지 증가량이  $mgh$ 로 같기 때문에 A가 외부에 한 일과 B가 외부에 한 일은 같다.

**오답짜이기** > ㄱ. A와 B가 외부에 한 일은  $mgh$ 로 서로 같다. 그런데 이 과정에서 A의 부피 변화가 B의 부피 변화의 2배이므로 압력은 B가 A의 2배이다.

ㄷ. 기체가 열량  $Q$ 를 공급받아 기체가 외부에 일을 하지만 기체의 내부 에너지도 증가하므로  $Q$ 는  $mgh$ 보다 크다.

## 11 상태 변화와 잠열

**예설** | 외부에서 열을 가해 물의 상태 변화가 일어날 때, 물의 온도가 일정하게 유지되는 이유는 가하는 열이 상태 변화 과정에서 잠열로 저장되기 때문이다.

**정답맞이기** > ㄱ. B가 A보다 용해되는 데 더 오랜 시간이 걸리므로 용해되는 데 필요한 열량은 B가 A보다 크다. 따라서 질량은 B가 A보다 크다.

ㄴ. 가열을 하고 있는데도 온도가 일정한 이유는 상태 변화가 일어나며 에너지가 잠열로 저장되기 때문이다.

**오답짜이기** > ㄷ. 용해되는 동안 온도는 일정하지만 에너지가 잠열의 형태로 계속 저장되고 있으므로 B가 녹은 물이 갖는 에너지는  $t \sim 3t$ 일 때가  $t \sim 2t$ 일 때보다 크다.

## 12 기상 현상에서 에너지의 순환

**예설** | 기상 현상은 대기와 물의 순환을 통하여 에너지가 흡수 또는 방출되는 과정에서 나타나는 현상이며, 기상 현상의 근본적인 에너지원은 태양 에너지이다.

**정답맞이기** > ㄴ. A는 물이 수증기로 상태 변화하는 과정으로, 수증기의 잠열로 에너지가 저장된다.

ㄷ. B는 수증기가 물방울로 응결되는 과정으로, 수증기의 잠열이 구름의 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지로 전환된다.

**오답짜이기** > ㄱ. 기상 현상에서 에너지의 순환을 일으키는 근본적인 에너지원은 태양 에너지이다.

## 실전 모의고사

### 실전 모의고사 1회

본문 122~126쪽

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

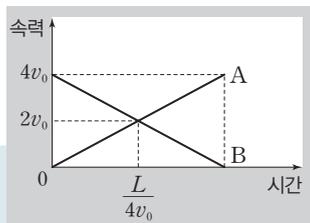
### 01 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동에서 가속도의 크기는  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 이다. 평균 속력은  $\frac{v_{\text{최종}} + v_{\text{초기}}}{2}$ 으로 구할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. B가 Q를 통과하는 순간 A가 P에서 출발한 후 A와 B가 스쳐 지나갈 때까지 운동 시간과 가속도가 같으므로 A의 속도 증가량과 B의 속도 감소량은 같다. 따라서 A와 B가 스쳐 지나가는 순간, A와 B의 속력은  $2v_0$ 으로 같다.

ㄴ. 같은 시간 동안 A가 이동한 거리와 B가 이동한 거리의 합은  $L$ 이다. A가 이동한 거리  $s_A = \frac{1}{2}at^2$ 이고, B가 이동한 거리는  $s_B = 4v_0t - \frac{1}{2}at^2$ 이다.  $s_A + s_B = 4v_0t = L$ 이므로, A가 출발한 순간부터 A와 B가 스쳐 지나가는 순간까지 걸린 시간은  $\frac{L}{4v_0}$ 이다.

ㄷ. Q에서 B의 속력은  $4v_0$ 이고, A와 B가 스쳐 지나가는 순간 B의 속력은  $2v_0$ 이므로 속도 변화량의 크기는  $2v_0$ 이다. B가 Q에서부터 A와 B가 스쳐 지나가는 순간까지 걸린 시간은  $\frac{L}{4v_0}$ 이므로 B의 가속도의 크기는  $\frac{2v_0}{\frac{L}{4v_0}} = \frac{8v_0^2}{L}$ 이다.



### 02 운동 법칙

**예설** | 연결된 물체들은 같은 크기의 가속도로 운동을 한다. 이때  $F = ma$ 에서 가속도의 크기를 구할 수 있다.

**정답맞이기** > (가)에서 뉴턴 법칙을 적용하면

$$F + m_c g - mg = (2m + m_c) \frac{1}{2}g \dots\dots ① \text{이 성립한다.}$$

(나)에서 뉴턴 법칙을 적용하면

$$m_c g - mg = (2m + m_c) \frac{1}{4}g \dots\dots ② \text{가 성립한다.}$$

②에서  $m_c = 2m$ 이다.

$m_c = 2m$ 을 ①에 대입하면

$$F + 2mg - mg = (2m + 2m) \frac{1}{2}g \text{이므로 } F = mg \text{이다.}$$

### 03 운동량과 충격량

**예설** | 운동량은 물체의 질량과 속도의 곱이고, 충격량은 물체에 작용한 힘과 힘이 작용한 시간의 곱으로 운동량의 변화량과 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. 운동량의 크기는 질량과 속력의 곱이다. (가)에서 A의 운동량의 크기는  $p = 2mv_A$ 이고, B의 운동량의 크기는  $2p = mv_B$ 이다. 따라서  $v_A = \frac{p}{2m}$ ,  $v_B = \frac{2p}{m}$ 이므로 물체의 속력은 B가 A의 4배이다.

**오답맞이기** > ㄴ. (나)에서 B가 벽과 충돌한 후 속력은 A의 속력과 같다. A의 속력은  $v_A = \frac{p}{2m}$ 이다. 따라서 B가 벽과 충돌한 후, B의 운동량의 크기는  $m \times \frac{p}{2m} = \frac{1}{2}p$ 이다.

ㄷ. (나)에서 B가 벽과 충돌하는 동안 B가 벽으로부터 받은 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. 벽과 충돌한 후 B의 운동량은  $-\frac{1}{2}p$ 이고, 벽과 충돌하기 전 B의 운동량은  $2p$ 이므로 B의 운동량 변화량은  $\Delta p = -\frac{1}{2}p - 2p = -\frac{5}{2}p$ 이다. 따라서 충격량의 크기는  $\frac{5}{2}p$ 이다.

### 04 역학적 에너지 보존

**예설** | 물체가 중력만 받으면서 운동할 때 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합인 역학적 에너지는 항상 일정하다.

**정답맞이기** > p에서 A의 중력 퍼텐셜 에너지를  $E_p$ 라고 할 때,  $E_p = 2mgh$ 이다. q에서 A의 운동 에너지를  $E_k$ 라고 할 때, r에서 B의 운동 에너지는  $4E_k$ 이다. A의 역학적 에너지 보존을 적용하면  $E_p = 2mgh = E_k + mgh \dots\dots ①$

B의 역학적 에너지 보존을 적용하면

$$4E_k = \frac{1}{2}(2m)v_0^2 + (2m)gh \dots\dots ②$$

①과 ②를 연립하면  $2mgh = mv_0^2$ 이므로  $v_0 = \sqrt{2gh}$ 이다.

### 05 만유인력과 케플러 법칙

**예설** | 케플러 제3법칙(조화 법칙)은 '행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.'이다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $M$ 은 행성의 질량,  $m$ 은 위성의 질량,  $r$ 은 행성의 중심으로부터 위성의 중심까지의 거리일 때, 만유인력의 크기는  $F = G \frac{Mm}{r^2}$ 이다. A와 B의 질량이 각각  $m$ ,  $2m$ 이고, p에서 행성으로부터 위성까지의 거리가 같으므로 만유인력의 크기는 B가 A의 2배이다.

ㄷ. 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 위성의 공전 궤도에서 행성으로부터 가장 가까운 지점에서 행성으로부터 가장 먼 지점까지의 거리의  $\frac{1}{2}$ 배에 해당하는 거리가 긴반지름이다. 행성으로부터 가장 가까운 지점은 같고, 행성으로부터 가장 먼 지점까지의 거

리는 A가 B보다 작으므로 공전 궤도의 긴반지름은 A가 B보다 작다. 따라서 공전 주기는 A가 B보다 작다.

**오답풀이** > 나. 위성의 가속도의 크기  $a = G \frac{M}{r^2}$ 이다. 타원 궤도에서 행성으로부터 가장 먼 지점까지의 거리는 A가 B보다 작으므로 위성의 가속도의 크기는 A가 B보다 크다.

## 06 특수 상대성 이론

**예설** | 상대적으로 움직이는 관성계의 시간은 느리게 가고(시간 팽창), 길이는 운동 방향으로만 수축되는데(길이 수축), 속력이 빠를수록 시간 팽창 효과와 길이 수축 효과는 더 크게 나타난다.

**정답풀이** > 나. A가 관측할 때, 기준선 P와 Q가 운동을 하고 있으므로 P와 Q 사이의 거리는 길이 수축이 일어나  $L_0$ 보다 짧게 관측된다.

**오답풀이** > 가. A가 관측할 때 B가 일정한 속도  $0.9c$ 로 운동하므로, B가 A보다 시간이 느리게 간다.

다. A가 관측할 때, P와 Q 사이의 거리를  $L$ 이라 하면, P, Q가 우주선을 차례로 지나는 데 걸린 시간은  $T_A = \frac{L}{0.9c}$ 이다. B가 관측할 때, P와 Q 사이의 거리는  $L_0$ 이므로 우주선이 P, Q 사이의 거리를 운동하는 데 걸린 시간은  $T_B = \frac{L_0}{0.9c}$ 이다. 따라서  $L < L_0$ 이므로  $T_A = \frac{L}{0.9c} < \frac{L_0}{0.9c} = T_B$ 이다.

## 07 표준 모형

**예설** | 표준 모형에서는 물질을 구성하는 기본 입자는 렙톤과 쿼크이다. 쿼크들 사이에서 작용하여 핵자를 구성하는 데 관여하는 힘은 강한 상호 작용, 원자핵에서 일어나는 베타( $\beta$ ) 붕괴에 관여하는 힘은 약한 상호 작용, 전하를 띤 물체 사이에 관여하는 힘은 전자기 상호 작용이다. 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온, 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 W 보손, 전자기 상호 작용을 매개하는 입자는 광자이다.

**정답풀이** > 다. A가 전자이므로 B는 중성미자이다. 중성미자는 렙톤에 속한다.

**오답풀이** > 가. 원자핵에서 일어나는 베타( $\beta$ ) 붕괴에 관여하는 힘은 W 보손이 매개하는 약한 상호 작용이다.

나. 전하량의 크기는 A와 양성자가 같다고 하였으므로 A는 전자이다. 전자는 음(-)전하를 띠므로 전기장에서 A가 받는 힘의 방향은 전기장 방향과 반대이다.

## 08 전기장

**예설** | 두 전하의 종류가 같으면 서로 밀어내는 전기력이 작용하고, 두 전하의 종류가 다르면 서로 당기는 전기력이 작용하며, 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

**정답풀이** > 나. q에서 전기장이 0이고, q에서 A까지의 거리가 q에서 B까지의 거리보다 크므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

다. q에서 전기장이 0이므로 q를 기준으로 B에서 q까지는 B에 의해 전기장의 방향이 결정되고, q의 오른쪽은 A에 의해 결정된다. r는 q에서 오른쪽이므로 A에 의해 결정되고, A가 양(+)-전하이므로 r에

서 전기장의 방향은  $+x$  방향이다.

**오답풀이** > 가. q에서 전기장이 0이므로 전하의 종류는 A와 B가 다르고, q에서 A까지의 거리가 q에서 B까지의 거리보다 크므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다. p에서 전기장의 방향은 A에 의해 결정되며 p에서 전기장의 방향이  $-x$  방향이므로 A는 양(+)-전하이므로, B는 음(-)-전하이므로,

## 09 정전기 유도

**예설** | 도체에 대전체를 가까이 가져가면 대전체에 의해 도체 내부의 자유 전자가 이동하여 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 대전체와 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

**정답풀이** > 가. A는 대전되지 않은 도체구이다. 따라서 양(+)-으로 대전된 대전체에 의해 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되므로 A의 p 부분에는 음(-)-전하가 유도된다.

나. 양(+)-으로 대전된 대전체를 B에 가까이 가져갔을 때 멀어지므로 B는 양(+)-으로 대전된 도체구이다.

다. A는 대전되지 않은 도체구, B는 양(+)-으로 대전된 도체구이므로 A와 B를 가까이 두면 B에 의해 A에 정전기 유도 현상이 일어나 B와 가까운 A 부분에는 음(-)-전하가, B와 먼 A 부분에는 양(+)-전하가 유도되어 A와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

## 10 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

**예설** | 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하고 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줬을 때 네 손가락이 가리키는 방향으로 형성된다. 자기장의 세기는 직선 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 직선 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

**정답풀이** > 나. b에서 전류에 의한 자기장이 0이면 Q에 흐르는 전류의 방향은 P에 흐르는 전류의 방향과 같다. a 지점은 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 같고, d에서는 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다. 전류의 세기는 P에서가 Q에서보다 작으므로 전류에 의한 자기장의 세기는 a에서가 d에서보다 작다.

다. Q의 전류의 방향만을 반대로 하면 P와 Q 사이에서는 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다. 따라서 자기장의 방향은 b와 c에서 같다.

**오답풀이** > 가. b에서 전류에 의한 자기장이 0이다. P에서 b까지 거리가  $d$ 이고, Q에서 b까지 거리가  $2d$ 이면서 b에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 전류의 세기는 P에서가 Q에서보다 작다.

## 11 보어의 수소 원자 모형

**예설** | 원자 내 전자의 에너지 준위는 띄엄띄엄 분포하고 있다. 양자수가 증가할수록 이웃하는 에너지 준위와의 에너지 차가 감소한다. 전자는 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이할 때 두 에너지 준위 차에 해당하는 빛에너지를 방출한다.  $h$ 는 플랑크 상수,  $c$ 는 빛의 속력이라 할 때 방출되는 빛에너지는  $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$ 이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 원자 내 전자의 에너지 준위는 띄엄띄엄 분포하고 있으므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

ㄷ. ⑥는 ③보다 파장이 길므로 전자가  $n=4$ 에서  $n=2$ 로 전이 과정에서 방출된 빛에 의한 스펙트럼선이다. ③은 ⑥보다 파장이 길므로 전자가  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이 과정에서 방출된 빛에 의한 스펙트럼선이다.  $n=4$ 에서  $n=2$ 로 전이 과정에서 방출된 빛의 에너지는  $-0.85\text{eV} - (-3.40\text{eV}) = 2.55\text{eV}$ 이다.  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이 과정에서 방출된 빛의 에너지는  $-1.51\text{eV} - (-3.40\text{eV}) = 1.89\text{eV}$ 이다. 따라서 ⑥와 ③의 에너지 차는  $2.55\text{eV} - 1.89\text{eV} = 0.66\text{eV}$ 이다.

**오답맞이기** > ㄴ. ⑥는 ③보다 파장이 길므로 전자가  $n=4$ 에서  $n=2$ 로 전이 과정에서 방출된 빛에 의한 스펙트럼선이다.

## 12 음파와 초음파

**예설** | 진동수가 가청음보다 커서 사람이 들을 수 없는 소리를 초음파라고 한다. 초음파는 가청음보다 파장이 짧으며, 회절이 잘 안 되고 직진하는 성질이 강하다.

**정답맞이기** > ㄷ. 회절은 파장이 길수록 잘 일어나므로 소리 A가 초음파 B보다 잘 일어난다.

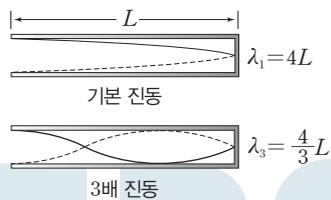
**오답맞이기** > ㄱ. 소리는 고체에서 가장 빠르고, 그 다음이 액체, 기체 순이므로 초음파 B의 속력은 공기 중에서도 물속에서보다 작다.

ㄴ. 진동수가 가청음보다 커서 사람이 들을 수 없는 소리를 초음파라고 한다. 따라서 진동수는 B가 A보다 크다.

## 13 정상파

**예설** | 관 내부에서 소리에 의한 정상파가 생길 때 닫힌 쪽에는 정상파의 마디가 열린 쪽에서는 정상파의 배가 형성된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 관의 길이가  $L$ 일 때 관에서 생기는 정상파는 다음과 같다.



소리의 속력을  $v$ 라 할 때, 첫 번째 음은 기본 진동에 의한 소리이므로  $f_1 = \frac{v}{4L}$ 이고, 두 번째 음은 3배 진동에 의한 소리이므로 ㉠  $= \frac{3v}{4L} = 3f_1$ 이다.

ㄴ. 첫 번째 음은 관에서 기본 진동에 의한 소리이므로 관의 길이가  $L$ 일 때  $f_1 = \frac{v}{4L}$ 이고, 관의 길이가  $2L$ 일 때  $f_2 = \frac{v}{8L}$ 이다. 따라서  $f_1 = 2f_2$ 가 성립한다.

**오답맞이기** > ㄷ.  $f_1 = 2f_2$ 가 성립하고, 관의 길이가  $2L$ 인 관에서 첫 번째 음의 진동수는 두 번째 음의 진동수의  $\frac{1}{3}$ 배이다. 따라서 (3)에서 두 번째 음의 진동수는 (2)에서 첫 번째 음의 진동수의  $\frac{3}{2}$ 배이다. 따라서 한 옥타브는 두 음 사이의 진동수가 2배일 때이므로 (2)에서 첫

번째 음은 (3)에서 두 번째 음보다 한 옥타브 낮은 음이 아니다.

## 14 전반사

**예설** | 광섬유는 빛을 전송시킬 수 있는 투명한 유리 섬유로 된 관으로 코어를 클래딩이 감싸고 있다. 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크므로 코어와 클래딩의 경계면에서 빛은 전반사되면서 코어를 따라 진행한다.

**정답맞이기** > ㄴ. 광섬유에서 빛이 진행하는 곳은 코어이다. 따라서 코어는 A이다.

**오답맞이기** > ㄱ. 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크다. 굴절률이 클수록 빛의 진행 속력은 작다. 따라서 빛의 속력은 A에서 B에서보다 작다.

ㄷ. 공기와 A의 경계면에 입사시키는 입사각  $i$ 를 감소시키면 굴절각은 감소하고, A와 B의 경계면에 입사하는 입사각은 증가하므로 A와 B의 경계면에서 전반사한다.

## 15 광전 효과

**예설** | 문턱 진동수보다 진동수가 큰 빛은 광전 효과를 보이고, 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 비취 준 빛의 진동수가 클수록 크다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $t$ 일 때는 X와 Y를 동시에 광전관에 비추는 경우로 광전자가 방출되었고,  $4t$ 일 때는 Y만 광전관에 비추는 경우로 광전자가 방출되지 않았다. 따라서 빛의 진동수는 X가 Y보다 크다.

**오답맞이기** > ㄴ. Y는 광전자를 방출시키지 못하므로 방출되는 광전자의 수는 X에 의해 결정된다.  $t$ 부터  $2t$ 까지와  $2t$ 부터  $3t$ 까지는 X의 세기가 같으므로 방출되는 광전자의 수는  $t$ 부터  $2t$ 까지와  $2t$ 부터  $3t$ 까지가 같다.

ㄷ. X와 Y는 빛의 삼원색에 해당하는 빛이므로 Y가 빨간색이면 X는 초록색 또는 파란색이고, Y가 초록색이면 X는 파란색이다. 흰색 빛은 빨간색, 초록색, 파란색의 빛을 같은 세기로 합성할 때 나타나므로 X와 Y를 같은 세기로 합성할 때 나타나는 빛의 색은 흰색이 아니다.

## 16 교류 신호와 축전기

**예설** | 교류 전원의 진동수가 증가할수록 축전기가 전류의 흐름을 방해하는 정도가 감소하고, 코일이 전류의 흐름을 방해하는 정도는 증가한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 스피커의 코일에 교류가 흐르면 자석과 코일 사이에 작용하는 자기력에 의해 진동판이 진동하게 되어 소리가 발생한다. 따라서 스피커는 전기 신호를 소리로 변환한다.

ㄴ. 교류의 진동수와 축전기의 전기 용량이 클수록 축전기는 전류의 흐름을 방해하는 정도가 작아진다.

ㄷ. 저항과 축전기가 직렬로 연결된 회로에서 전기 신호의 진동수가 커지면 축전기에 걸리는 전압은 작아지고, 저항에 걸리는 전압은 커진다. A는 저항에 연결되어 있으므로 A에 걸리는 전압은 커지고, B는 축전기에 연결되어 있으므로 B에 걸리는 전압은 작아진다. 따라서 A에서 발생하는 소리의 세기는 증가하고, B에서 발생하는 소리의 세기는 감소한다.

## 17 여러 가지 발전

**예설** | 화력 발전은 증기를 발생시켜 터빈을 돌리고 터빈에 연결된 발전기에서 전자기 유도를 이용하여 전기를 얻는 발전 방식이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 화력 발전은 화석 연료를 이용해 열을 공급하여 증기를 발생시켜 터빈을 돌려 전기를 생산하는 방식이다.

ㄷ. 발전기에서 발전하는 방식은 전자기 유도를 통해 전기를 생산한다.

**오답짜이기** > ㄴ. 터빈을 돌리고 터빈에 연결된 발전기에서 전자기 유도를 이용하여 전기를 생산하므로 발전기에서 생산되는 전기는 교류이다.

## 18 연속 방정식과 베르누이 법칙

**예설** | 이상 유체가 흐르는 관에서 베르누이 법칙  $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh =$  일정을 적용하면 높이  $h$ 가 같을 때, 유체의 속력이 빠른 곳에서는 압력이 낮고, 유체의 속력이 느린 곳에서는 압력이 높다. 연속 방정식은 유체의 흐름관에서 각 지점의 단면을 같은 시간 동안 통과한 유체의 부피가 같음을 의미한다.

**정답맞이기** > (가)에서 단면적이 변하는 관에서 A가 정지해 있으므로 같은 높이에서 압력이 같다. 단면적이 3S인 곳과 S인 곳에서의 압력을 각각  $P_P, P_Q$ 라 할 때 베르누이 법칙에 의해

$P_P + \rho gh + 5\rho gh = P_Q + \rho g(2h)$ 이고,  $P_P = P_Q$ 이므로  $\rho_1 = 3\rho$ 이다.

(나)의 P에서 단면적이 3S인 관을 밀도가  $\rho$ 인 유체가 속력  $v$ 로 흐르고 있으므로 연속 방정식에 의해 단면적이 S인 관에서의 유체의 속력은  $3v$ 이다. 단면적이 3S인 곳과 S인 곳에서의 압력을 각각  $P_P', P_Q'$ 라 할 때 베르누이 법칙에 의해

$P_P' + \frac{1}{2}\rho v^2 = P_Q' + \frac{1}{2}\rho(3v)^2$ 이므로  $P_P' - P_Q' = 4\rho v^2 \dots \dots$  ①이다.

유리관에서는 베르누이 법칙에 의해

$P_P' + \rho g(3h) = P_Q' + 3\rho g(2h) + 5\rho gh$ 이므로  $P_P' - P_Q' = 8\rho gh \dots \dots$  ②이다. ①, ②에 의해  $8\rho gh = 4\rho v^2$ 이고  $v = \sqrt{2gh}$ 이다.

## 19 돌림힘

**예설** | 돌림힘은 회전축으로부터 작용점까지의 수직 거리가 클수록 커지고, 작용점에 작용하는 힘의 크기가 클수록 커진다.  $\tau = rF$ 이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서 받침대가 막대를 받치고 있는 힘을  $f$ 라 할 때 힘의 평형을 적용하면  $2f = (m_A + m)g \dots \dots$  ①이 성립하고 막대의 중심에 있는 받침대를 회전축으로 하는 돌림힘의 평형을 적용하면  $4df + 4dmg = 3dm_Ag \dots \dots$  ②가 성립한다. ①과 ②를 연립하면  $m_A = 6m$ 이다.

ㄴ. (나)에서 힘 F의 크기를 증가시키면 막대의 왼쪽 끝에 있는 받침대가 막대를 떠받치는 힘은 감소한다. 그러다가 막대의 중심에 있는 받침대가 모든 힘을 받고 막대의 왼쪽 끝에 있는 받침대가 막대를 떠받치는 힘이 0일 때 평형이 깨진다.

ㄷ. (나)에서 평형이 깨지는 순간, 막대의 중심에 있는 받침대를 회전축으로 하는 돌림힘의 평형을 적용하면  $4dmg + 2dF = 3dm_Ag$ 이고,  $m_A = 6m$ 이므로 F의 크기는  $7mg$ 이다.

## 20 열역학 법칙

**예설** | 열기관이란 외부로부터 열에너지를 받아 일부를 다른 형태의

에너지로 전환하여 일을 하는 기관이다. 일반적으로 고열원으로부터 열을 받아 역학적인 일을 하고, 남은 열을 저열원으로 방출한다.

**정답맞이기** B. 기체가  $Q_1$ 의 열량을 흡수하여 W의 일을 하고  $Q_2$ 의 열량을 방출할 때, 열기관의 열효율은  $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ 이다.  $Q_2 = W$ 일 때,  $Q_1 = 2W$ 이다. 따라서 열효율은 0.5이다.

**오답짜이기** > A. 열효율은  $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ 이므로  $\frac{Q_2}{Q_1}$ 가 클수록 열효율은 낮아진다.

C.  $Q_2 = 0$ 은 열효율이 1이므로 열역학 법칙에 의해  $Q_2 = 0$ 인 열기관을 만들 수 없다.

### 실전 모의고사 2회

본문 127~132쪽

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

## 01 이동 거리와 변위

**예설** | 이동 거리는 A가  $\frac{4}{3}d$ , B가  $\frac{5}{3}d$ 이고, 변위의 크기는 A가  $\frac{2}{3}d$ , B가  $\frac{1}{3}d$ 이다. 평균 속력은 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

**정답맞이기** > ㄷ. 평균 속력은 같은 시간 동안 이동 거리가 작은 A가 B보다 작다.

**오답짜이기** > ㄱ. 이동 거리는 A가  $\frac{4}{3}d$ , B가  $\frac{5}{3}d$ 이므로 A가 B보다 작다.

ㄴ. 변위의 크기는 A가  $\frac{2}{3}d$ , B가  $\frac{1}{3}d$ 이므로 A가 B보다 크다.

## 02 뉴턴 운동 제2법칙

**예설** | 물체에 뉴턴 운동 제2법칙을 적용하여 가속도의 크기  $a$ 와 실이 물체를 당기는 힘의 크기  $T$ 를 구해 보면 다음과 같다.

$$3g - 2g = 5a \quad \therefore a = \frac{1}{5}g$$

$$3g - T = 3a \quad \therefore T = \frac{12}{5}g$$

**정답맞이기** > ㄱ. 실로 연결되어 함께 운동하므로 두 물체의 가속도의 크기는 같다.

ㄷ. 실의 질량을 무시하므로 A와 B는 실을 이용하여 힘을 주고받는다. 따라서 실이 A를 당기는 힘의 크기와 실이 B를 당기는 힘의 크기는 같다.

**오답짜이기** > ㄴ. 두 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 질량에 비례하므로 B가 A의  $\frac{3}{2}$ 배이다.

## 03 일과 에너지

**예설** | 물체가 가속도 운동을 할 때 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은

물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 문제는 빗면상에서의 운동이므로 B에 작용하는 중력이 한 일은 A, B의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다. 즉, A와 B의 총 역학적 에너지가 일정하게 보존된다.

**정답맞이기** > ㄱ. A가 B와 실로 연결된 채 빗면을 따라 등가속도 운동을 하므로 A의 운동 에너지는 증가한다.

**오답짜이기** > ㄴ. A와 B의 총 역학적 에너지는 일정해야 하는데, A의 역학적 에너지가 증가하므로 B의 역학적 에너지는 감소한다.

ㄷ. B에 작용하는 중력이 한 일은 A, B의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

### 04 케플러 법칙

**예시** | 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하며, 행성과 태양을 연결하는 선은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다. 또한 행성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. p는 B가 타원 궤도를 돌 때 지구에서 가장 가까운 지점이므로 p에서 B의 가속도의 크기는 최대이다.

ㄴ. A의 궤도 반지름이 r이므로 B의 긴반지름은 4r이다.

ㄷ. B의 긴반지름이 A의 4배이므로 케플러 제3법칙을 적용하면 B의 공전 주기는 8T이다.

### 05 헬륨 원자핵의 형성

**예시** | Z는 원자핵 속에 들어 있는 양성자수이고, A는 원자핵 속에 들어 있는 양성자수와 중성자수의 합이다.

$$\begin{matrix} \text{질량수} - A \\ \text{원자 번호} - Z \end{matrix} X$$

삼중수소 원자핵이 헬륨 원자핵으로 변환되는 과정에서 핵자의 구성이 바뀌는데, A가 양성자, B가 중성자이다. 즉, 중성자가 양성자로 바뀌면서 전자 C와 중성미자를 방출한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 삼중수소 원자핵에 A가 1개, B가 2개 있으므로, A는 양성자이다.

**오답짜이기** > ㄴ. B는 중성자, C는 전자이므로 전하량의 크기가 다르다.

ㄷ. 중성자와 전자는 강한 상호 작용(강력)을 하지 않는다.

### 06 정전기 유도 현상

**예시** | 정전기 유도란 대전되지 않은 도체에 대전체를 가까이 할 때, 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도되는 현상이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 금속박은 금속판에 있던 자유 전자가 이동하여 모이므로 에보나이트와 같은 종류의 전하, 즉 음(-)전하로 대전된다.

ㄷ. 이 현상은 정전기 유도 현상이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 금속판은 양(+)전하로 대전된다.

### 07 일반 상대성 이론

**예시** | 일반 상대성 이론에서는 중력을 힘으로 간주하지 않고 시공간의 굽어짐으로 보았으며, 이 굽어진 공간을 진행하는 빛도 휘어져 진행한다. 또한 관성력에 의한 효과와 중력에 의한 효과는 근본적으로 동일하여 관성력과 중력을 구별할 수 없다는 것이 등가 원리이다.

**정답맞이기** > A. 큰 질량을 가진 천체가 운동할 때 공간의 일그러짐이 주위로 퍼져 나가는 것이 중력파인데, 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

C. 가속도 운동에서 중력에 의한 현상과 가속에 의한 현상은 구별되지 않는다는 것이 일반 상대성 이론의 등가 원리이다.

**오답짜이기** > B. 진공 중에서 빛의 속도가 일정하다는 것은 특수 상대성 이론의 광속 불변 원리이다.

### 08 반자성체

**예시** | 물질이 가지는 자기적인 성질을 자성이라 하고, 자성을 갖는 물체를 자성체라고 한다. 자성체의 종류에는 강자성체, 상자성체, 반자성체가 있는데, 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 오랫동안 유지하지만, 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃는다. 강자성체와 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되지만, 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 강자성체의 예로는 철, 코발트, 니켈 등이 있고, 상자성체의 예로는 종이, 알루미늄, 마그네슘 등이 있고, 반자성체의 예로는 구리, 유리, 플라스틱, 물 등이 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 반자성체는 외부의 자기장과 반대 방향으로 자기화되는데, 반자성체 내부의 자기장 방향이 오른쪽이므로 균일한 자기장의 방향은 왼쪽이다. 상자성체의 경우 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되기 때문에 균일한 자기장의 방향은 오른쪽이다. 따라서 (가)와 (나)에서 균일한 자기장의 방향은 서로 다르다.

**오답짜이기** > ㄴ. 반자성은 스핀이 서로 짝을 이루지 않는 전자들이 없을 때, 즉 원자 내 전자들이 모두 짝을 이루어 자기장이 완전히 상쇄될 때 나타난다.

ㄷ. 외부의 자기장이 사라져도 원자 자석 배열이 그대로 유지되는 물체는 강자성체이다.

### 09 전자기 유도

**예시** | 코일 속을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 되고, 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 유도 전류의 세기도 크다.

**정답맞이기** > ㄴ. 마그네틱 카드에서 정보를 읽어낼 때 카드 단말기에 코일이 있어서 카드를 통과시키면 전자기 유도 현상으로 정보를 읽어낸다.

**오답짜이기** > ㄱ. 서로 다른 물체를 마찰시킬 때 전기가 발생하는 것은 마찰 전기이다.

ㄷ. 대전체를 도선으로 지면과 연결하여 정전기가 빠져나가도록 하는 것은 접지(방전 현상)이다.

### 10 파동의 간섭을 이용한 소음 제거

**예시** | 소리(파동)의 간섭 현상은 두 개 이상의 소리(파동)가 중첩되어 진폭이 커지거나 작아지는 현상이다. 진폭이 커지는 경우를 보강 간섭, 진폭이 작아지는 경우를 상쇄 간섭이라고 한다. 상쇄 간섭을 이용하면 소음을 제거할 수 있다.

**정답맞이기** > A. 원래의 소리 파형과 겹쳤을 때 진폭이 0이 되도록 소리를 발생시키면 상쇄 간섭이 일어나서 진폭이 0이 되어 소음이 제거된다.

**오답피하기** B. 진폭은 소리의 크기와, 진동수는 소리의 높낮이와 관계가 있다.

C. 소음 제거는 소리의 회절 현상이 아니고 간섭 현상, 즉 상쇄 간섭 현상을 이용한 것이다.

## 11 다이오드

**예설** | p형 반도체와 전원의 (+)극이, n형 반도체와 전원의 (-)극이 연결되면 다이오드에는 순방향 전압이 걸리고 반대로 연결되면 역방향 전압이 걸려 다이오드는 정류 작용을 한다.

**정답맞이기** > 다이오드에 전류가 흐르려면 순방향 전압이 걸려야 하고, 다이오드에 전류가 흐르면 p-n 접합면에서 전자와 양공이 결합한다. 스위치를 b(㉠)에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸린다. 스위치를 a에 연결하면 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합면에서 멀어진다(㉡).

## 12 무선 통신 과정

**예설** | 전파를 송신하거나 수신하는 안테나는 도체로 되어 있어 진동하는 전기장을 통해 전파를 송신하거나 전파에서 진동하는 전기장을 수신한다. 전파를 송신하고 수신하는 두 회로는 같은 구조를 가지며 공명(고유) 진동수가 같을 때 수신 회로에 흐르는 전류의 진폭이 최대가 된다.

**정답맞이기** > 나. 전자기파의 진동수와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 같을 때 수신 회로에 강한 전류가 흐른다.

**오답피하기** > 가. 정보를 담고 있는 전기 신호를 일정한 주파수의 전송 수단(교류 신호)에 첨가하는 과정을 변조, 수신된 전파에서 교류 신호를 제거하고 원래의 정보(전기 신호)를 분리하는 과정을 복조라고 한다. 변조에는 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 진폭을 바꾸는 변조 방식인 진폭 변조(AM), 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 주파수를 바꾸는 변조 방식인 주파수 변조(FM)가 있다.

다. 발신기에 일정한 세기의 직류가 아닌 교류가 흘러야 전자기파가 발생한다.

## 13 초전도체

**예설** | 초전도체는 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 초전도 현상이 나타나는 물질이다. 임계 온도란 전기 저항이 갑자기 0으로 변하는 온도이다.

**정답맞이기** > 가. 초전도체는 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되므로, 온도가 T인 X의 전기 저항은 0이다.

다. 문제의 그림과 같은 상태일 때 X는 자기장을 밀어내는 성질을 가지고 있다. 이것을 마이스너 효과라고 한다.

**오답피하기** > 나. T는 X의 임계 온도보다 낮으므로 초전도 현상이 나타난다는 것을 알 수 있다.

## 14 에너지 준위와 스펙트럼

**예설** | 수소의 에너지 준위는 불연속적이고 수소 기체의 선 스펙트럼에서 선 사이의 간격이 좁아질수록 빛의 파장이 짧다(빛의 진동수가 크다). 발머 계열은 양자수가  $n=2$ 보다 높은 에너지 준위에서 양자수

$n=2$ 인 궤도로 전자가 전이할 때 방출되는 빛이다.

**정답맞이기** > 발머 계열에서 양자수가 증가할수록 에너지 준위의 차가 작아진다. 이에 따라 파장과 진동수의 차도 작아지게 된다. 따라서 a는 R일 때, c는 P일 때 나타나는 스펙트럼선이다. 진동수는 광자 1개의 에너지가 큰 a(R)에서가 b(Q)에서보다 크다.

## 15 코일과 축전기의 필터 효과

**예설** | 축전기는 진동수가 큰 신호를 잘 통과시키고, 코일은 진동수가 작은 신호를 잘 통과시킨다. (가)는 진동수가 작은 전기 신호를 잘 통과시키므로 저항-코일 회로이고, (나)는 진동수가 큰 전기 신호를 잘 통과시키므로 저항-축전기 회로이다.

**정답맞이기** > 나. 코일은 진동수가 작은 신호를 잘 통과시킨다. 즉, 진동수가 큰 신호의 흐름을 방해하는 정도가 크므로, 교류 전원의 진동수가 클수록 코일에 흐르는 전류의 세기는 작아진다.

**오답피하기** > 가. (가)는 진동수가 작은 전기 신호를 잘 통과시키므로 저항-코일 회로이다.

다. 축전기는 진동수가 큰 신호를 잘 통과시킨다. 즉, 진동수가 작은 신호의 흐름을 방해하는 정도가 크다.

## 16 송전 과정의 이해

**예설** | 송전선에서의 손실 전력은  $P=I^2R$ 이므로 손실 전력을 줄이기 위해서는 송전선의 저항을 줄이거나 송전선에 흐르는 전류의 세기를 작게 해야 한다.

**정답맞이기** > 나. 송전선에 걸어 준 전압이 C가 B보다 작으므로 주상 변압기의 1차 코일의 감은 수는 2차 코일의 감은 수보다 많다.

**오답피하기** > 가. A와 B의 저항값은 같은데 송전 전압은 B가 A보다 크고, 손실 전력은 A가 B보다 크므로 송전선에 흐르는 전류의 세기는 B가 A보다 작다.

다. 송전 과정에서 전력 손실이 있으므로 가정에 공급된 전력은  $P_0$ 보다 작다.

## 17 태양 전지의 원리

**예설** | 금속에 특정 진동수 이상의 진동수를 가진 빛을 비출 때 금속에서 전자가 방출되는 현상을 광전 효과라고 한다. 광전 효과를 이용하여 빛에너지를 전기 에너지로 변환하는 소자에는 광다이오드, 태양 전지, CCD가 있다.

**정답맞이기** > 나. 태양 전지가 빛에너지를 흡수하면 원자 속의 전자는 띠 틈을 넘어 전도띠로 이동하게 되어 두 반도체의 접합부에 전자와 양공이 생성된다. 이후 전자는 n형 반도체로, 양공은 p형 반도체로 이동하여 n형 반도체는 (-)전극, p형 반도체는 (+)전극을 형성하여 외부 회로로 전류가 흐른다.

다. 태양 전지의 p-n 접합면에 형성된 전기장에 의해 전자는 접합면에서 n형 반도체 쪽으로 이동한다. 따라서 ㉠은 n형 반도체이다.

**오답피하기** > 가. 태양 전지는 광전 효과에 의해 빛에너지로 전기 에너지를 생산한다.

### 18 기상 현상과 단열 팽창

**예설** | 단열 과정은 기체가 외부와의 열 출입이 없는 과정으로, 단열 팽창 과정과 단열 압축 과정이 있다.

$Q = \Delta U + W$ 에서  $Q = 0$ 이므로 기체가 외부에 한 일이나 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 변화량과 같다.

**정답맞이기**  $\kappa$ .  $Q = \Delta U + W$ 에서  $Q = 0$ 이므로, 단열 팽창 과정에서 기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.

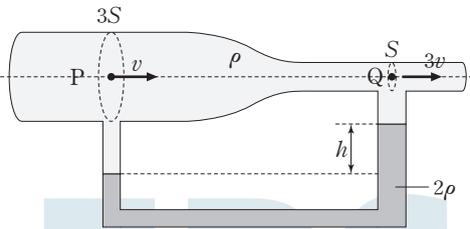
**오답짜이기**  $\gamma$ . 기체 덩어리가 상승하는 동안 단열 팽창하므로 기체의 온도는 감소한다.

$\iota$ . 기체 덩어리가 상승하는 동안 기체의 압력이 감소하므로 기체의 부피가 증가한다. 따라서 단열 팽창하는 동안 기체의 압력은 감소한다.

### 19 베르누이 법칙

**예설** | 이상 유체의 연속 방정식에서 같은 시간 동안 각 지점의 단면을 통과한 유체의 부피가 서로 같다.

$$3Sv = S(3v)$$



밀도가  $\rho$ 인 이상 유체가 관을 따라 흐를 때 서로 같은 두 높이에서 유체의 압력과 속도 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

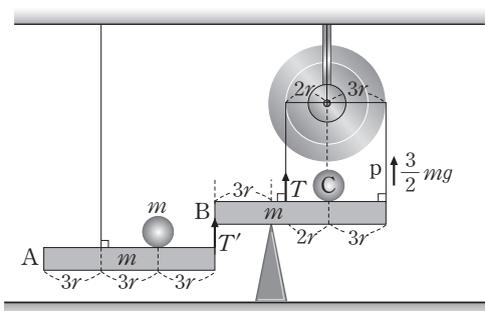
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

**정답맞이기** 관 내부의 두 지점 P, Q의 높이가 같고, P에서 속력이  $v$ , Q에서 속력이  $3v$ 이므로 두 지점에 베르누이 법칙을 각각 적용하면  $P_1 + \frac{1}{2}\rho v^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho(3v)^2$ 이다. U자관의 단면적은 서로 다르지만 압력은 밀도, 높이와 관련이 있으므로,  $P_1 - P_2 = 2\rho gh - \rho gh$ 가 되어  $P_1 - P_2 = \rho gh$ 이므로  $h = \frac{4v^2}{g}$ 이다.

### 20 돌림힘의 평형

**예설** | 물체가 안정 상태에 있다는 것은 힘의 평형 조건과 돌림힘의 평형 조건을 만족하는 것이다.

**정답맞이기** 작은 바퀴에 연결된 실이 B를 당기는 힘의 크기를  $T$ , 막대 A와 B에 연결된 실이 A를 당기는 크기를  $T'$ 라고 하면 다음 그림과 같다.



축바퀴에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 평형을 적용하면

$$3r\left(\frac{3}{2}mg\right) = 2rT \quad \therefore T = \frac{9}{4}mg$$

이고, 천장과 연결된 실과 A가 만나는 점을 회전축으로 하여 A에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 평형을 적용하면

$$\frac{3}{2}r(mg) + 3r(mg) = 6rT' \quad \therefore T' = \frac{3}{4}mg$$

이며, 받침점을 회전축으로 하여 B에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 평형을 적용하면  $3rT' = -rT + \frac{3}{2}r(mg) + 3r(Mg) - 6r\left(\frac{3}{2}mg\right)$ 이다.  $T, T'$ 을 대입해서 계산하면 C의 질량은  $M = 4m$ 이다.

### 실전 모의고사 3회

본문 133~138쪽

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

### 01 전자기파

**예설** | 전자기파의 종류에는 감마( $\gamma$ )선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파가 있으며, 진동수는 감마( $\gamma$ )선이 가장 크고, 파장은 라디오파가 가장 크다.

**정답맞이기**  $\iota$ . B-몸의 온도에 따라 다르게 방출되는 전자기파는 적외선이다. 열화상 카메라는 적외선을 측정하여 체온을 나타낸다.

**오답짜이기**  $\gamma$ . A-암을 치료하는 데 사용되는 의료기기에서 방출되는 전자기파는 감마( $\gamma$ )선이다.

$\kappa$ . C-공항에서 수하물을 검색하는 데 사용되는 전자기파는 X선이다.

### 02 정전기 유도

**예설** | 대전체를 도체에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 대전체에 가까운 곳은 대전체와 다른 종류의 전하로, 대전체와 먼 곳은 같은 종류의 전하로 대전된다.

**정답맞이기** 대전체가 양(+)전하로 대전되어 있으므로 (가)에서 대전체에 가까이 있는 A는 음(-)전하로, 대전체에서 멀리 떨어진 B는 양(+)전하로 대전된다. (나)에서 B와 C가 접촉하면 B에 대전되었던 양(+)전하를 C와 나누어 가지므로 B와 C는 모두 양(+)전하로 대전된다. (다)에서는 A는 음(-)전하, B는 양(+)전하, C는 양(+)전하로 대전된다. 따라서 (가)에서 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 오른쪽이고, (다)에서는 B와 C가 같은 종류의 전하로 대전되어 있으므로 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 왼쪽이다.

### 03 전기력

**예설** | 두 전하 사이에 작용하는 전기력은 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ. p에서 A와 B에 의한 전기장이 0이고, A는 음(-)전하이므로 B는 양(+)-전하이다.

ㄴ. p에서 A와 B에 의한 전기장은 0이고, p로부터 떨어진 거리는 B가 A보다 크다. 따라서 전하량의 크기는 B가 A보다 크다.

ㄷ. A, B, C는 같은 거리만큼 떨어져 있고, 전하량의 크기는 B가 A보다 크므로 B가 C에 작용하는 전기력의 크기가 A가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다. 만약 C가 음(-)전하이면 A와 B가 C에 작용하는 전기력의 방향은  $-x$  방향이고, B와 C가 A에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$  방향이다. 만약 C가 양(+)전하이면 A와 B가 C에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$  방향이고, B와 C가 A에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$  방향이다. 따라서 C는 양(+)전하이다. p에서 A와 B에 의한 전기장은 0이므로 p에 음(-)전하를 놓으면 C는 양(+)전하이므로 음(-)전하에 작용하는 전기력의 방향은  $+x$  방향이다.

#### 04 케플러 법칙

**예설** | 행성을 중심으로 원운동을 하는 위성의 가속도의 크기는 일정하고, 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도로 공전하는 위성의 가속도의 크기는 행성과의 거리가 가까울 때는 가속도의 크기가 크고, 행성과의 거리가 멀 때는 가속도의 크기가 작다.

**정답맞이기** > ㄴ. B의 가속도의 최댓값은  $4a$ 이고, 최솟값은  $a$ 이므로 행성으로부터 B가 가장 가까운 지점까지의 거리가  $r$ 이면, 가장 멀리 떨어진 지점까지의 거리는  $2r$ 이다. 따라서 B의 공전 궤도의 긴반지름은  $\frac{3}{2}r$ 이다. A의 가속도의 크기는  $2a$ 로 일정하므로 A의 원 궤도의 반지름은  $\sqrt{2}r$ 이다. 따라서  $T_A^2 : T_B^2 = (\sqrt{2}r)^3 : \left(\frac{3}{2}r\right)^3 = 16\sqrt{2} : 27$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. A는 가속도의 크기가 일정하므로 A는 행성을 중심으로 원운동을 한다.

ㄷ. B가 한 번 공전하는 동안 A와 B의 가속도의 크기가 같은 지점은 2곳이다. 따라서 타원 궤도와 원 궤도가 만나는 점의 개수는 2개이다.

#### 05 특수 상대성 이론

**예설** | 특수 상대성 이론에서 일정한 속도로 운동하는 좌표계에서는 모든 물리 법칙은 동일하며, 광속은 광원이나 관찰자의 운동에 관계없이 항상 일정하다.

**정답맞이기** > ㄴ. P와 Q 사이의 고유 거리는 A가 측정했을 때이다. 따라서 B가 측정할 P와 Q 사이의 거리는 고유 거리인  $L$ 보다 작다.

**오답짜이기** > ㄱ. 광속은 광원이나 관찰자의 운동에 관계없이  $c$ 로 일정하다.

ㄷ. B가 측정했을 때, P와 Q 사이의 거리는  $L_B$ , P에서 방출된 빛이 Q까지 도달하는 데 걸린 시간을  $t$ 라 하면  $ct = L_B + 0.6ct$ 에서  $t = \frac{5L_B}{2c}$ 이다.  $L_B < L$ 이므로 B가 측정할 시간은  $\frac{5L}{2c}$ 보다 작다.

#### 06 핵반응

**예설** | 핵반응 과정에서 반응 전과 후의 전하량의 합과 질량수의 합은 보존되지만 반응 후의 질량은 반응 전보다 감소한다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $\ominus$ 은 중성자( ${}_0^1n$ )이다. 중성자수는 질량수와 양성자수의 차이므로  ${}_{56}^{141}\text{Ba}$ 의 중성자수는 85이고,  ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ 의 중성자수는 56이다. 따라서  ${}_{56}^{141}\text{Ba}$ 은  ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ 보다 중성자가 29개 더 많다.

ㄷ. 핵분열 과정인 A에서는 핵자수 236에서 200 MeV의 에너지가 방출되고, 핵융합 과정인 B에서는 핵자수 5에서 17.6 MeV의 에너지가 방출된다. 따라서 핵자당 방출되는 에너지는 B에서가 A에서보다 크다.

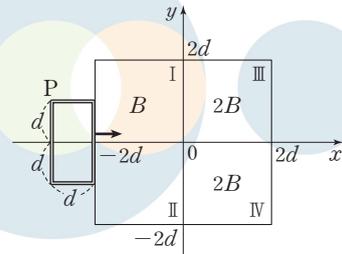
**오답짜이기** > ㄴ. B에서 반응 후 에너지가 발생하였으므로 입자들의 질량의 합은 반응 전이 반응 후보다 크다. 핵반응 과정에서 감소한 질량만큼 에너지가 발생한다.

#### 07 자기 유도

**예설** | 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 발생한다.

**정답맞이기** > ㄴ. P의 이동 거리가  $0.5d$ 일 때 유도 전류의 방향은 시계 방향이므로, 이때 P를 통과하는 자기 선속은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로 증가하고 있다. 따라서 자기장의 세기는 I에서가 II에서보다 작다.

ㄷ. IV에서 자기장은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로 세기는  $2B$ 이므로 P를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화율의 크기는 P의 이동 거리가  $0.5d$ 일 때와  $2.5d$ 일 때가 서로 같다. 따라서  $\ominus$ 은  $I_0$ 이다.



**오답짜이기** > ㄱ. P의 이동 거리가  $4.5d$ 일 때 P에는 유도 전류가 흐르지 않았으므로, 이때 P를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화율은 0이다. 따라서 자기장의 방향은 III에서와 IV에서가 반대이고, 세기는 III에서와 IV에서가 같다. 즉, IV에서 자기장의 세기는  $2B$ 이고, 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

#### 08 수소 원자와 에너지 준위

**예설** | 보어의 수소 원자 모형에서 양자수가 큰 궤도의 전자가 양자수가 낮은 궤도로 전이할 때 에너지 준위의 차만큼 빛에너지를 방출하게 된다. 방출되는 빛에너지는 진동수에 비례한다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 가시광선 영역이고,  $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 자외선 영역이다. 방출되는 빛의 진동수는  $\ominus$ 이  $\omin�$ 보다 크므로 a는  $\omin�$ 에 의한 스펙트럼 선이다.

ㄷ.  $n=3$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지는  $E_3 - E_1 = hf_{\omin�}$ 이고,  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지는  $E_3 - E_2 = hf_{\omin�}$ 이며,  $n=2$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지는  $E_2 - E_1 = hf_{\omin�}$ 이다. 이를 정리하면  $f_{\omin�} = f_{\omin�} + f_{\omin�}$ 이므로  $\omin�$ 과  $\omin�$ 에서 방출되는 빛의 진동수 차는  $\omin�$ 에서 방출되는 빛의 진동수와 같다.

**오답피하기** > 나. 진이 과정에서 방출하는 빛의 진동수는 ㉠에서가 ㉡에  
서보다 작으므로 광자 1개의 에너지는 ㉠에서가 ㉡에서보다 작다.

### 09 관에서의 정상파

**예설** | 관에서는 내부 공기가 진동하는 파동의 중첩에 의해 정상파가  
만들어진다. 관의 내부 공기의 진동에 의해 발생하는 소리의 진동수  
는 내부 공기의 진동수와 같다.

**정답맞이기** > 가. A는 한쪽 끝이 닫힌 관의 3배 진동이다. 따라서 A의  
파장은  $\frac{4}{3}L$ 이다.

나. 소리의 속력을  $v$ 라 하면, B에서 발생하는 소리의 진동수는  $\frac{v}{4L}$ 이  
다. A에서 기본 진동일 때 진동수는  $\frac{v}{4L}$ 이므로 B의 음은 A가 발생  
한 관에서 기본 진동의 정상파를 만들 수 있다.

**오답피하기** > 나. B는 양쪽이 열린 관에서의 기본 진동이므로 파장은  
 $4L$ 이다. 파장은 B가 A의 3배이므로 진동수는 A가 B의 3배이다.  
한 옥타브 올라갈 때마다 진동수는 2배가 되므로 B의 진동수를  $f$ 라  
하면 B의 음보다 세 옥타브 높은 음은 진동수가  $8f$ 인 음이다.

### 10 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

**예설** | 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 직  
선 도선으로부터의 수직 거리에 반비례하고, 직선 도선에 흐르는 전  
류의 세기에 비례한다.

**정답맞이기** > 가. q에서 전류에 의한 자기장은 0이고, q로부터 떨어진  
거리는 A가 B보다 멀므로 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.  
나. p는 A와 B의 중간 지점이므로 p에서 전류에 의한 자기장의 세  
기는 A에 의한 자기장의 세기가 B에 의한 자기장의 세기보다 크다.  
p에서 전류에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이므로 A에 흐르는 전  
류의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이고, B에 흐르는 전  
류의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

**오답피하기** > 나. A를 p로 옮기기 전에는 q에서 전류에 의한 자기장은  
0이다. A를 p로 옮기면 q에 더 가까워지므로 q에서 A에 흐르는 전  
류에 의한 자기장의 세기는 증가한다. A에 흐르는 전류의 방향은  $xy$   
평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 A를 p로 옮겨 고정시키면 q  
에서 전류에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이다.

### 11 송전과 전력 손실

**예설** | 변압기에서 에너지 손실이 없으므로, 변압기의 1차 코일에 입력  
되는 전력은 2차 코일에서 출력되는 전력과 같다. 코일에 걸리는 유  
도 기전력은 코일의 감은 수에 비례하므로 1차 코일에서의 전압을  
 $V_1$ , 전류를  $I_1$ , 감은 수를  $N_1$ , 2차 코일에서의 전압을  $V_2$ , 전류  
를  $I_2$ , 감은 수를  $N_2$ 라 하면,  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ 의 관계가 있다.

**정답맞이기** > 가. 변압기에서 코일에 걸린 전압은 1차 코일이 2차 코일  
의 5배이므로 코일의 감은 수는 1차 코일이 2차 코일의 5배이다.

**오답피하기** > 나. 변압기에서 에너지 손실은 없으므로 1차 코일에 입력  
되는 전력은 2차 코일에서 출력되는 전력과 같다. 코일에 걸린 전압  
은 1차 코일이 2차 코일의 5배이므로 송전선에 흐르는 전류의 세기는

B에서가 A에서의 5배이다.

나. 송전선에서 손실 전력은  $I^2r$ 이다. A, B의 저항값을 각각  $R_A$ ,  
 $R_B$ 라 하면,  $I^2R_A = 0.2P$ 이고  $(5I)^2R_B = 0.4P$ 이다. 따라서  
 $R_A = \frac{25}{2}R_B$ 이다.

### 12 물질의 자성

**예설** | 강자성체는 외부 자기장에서 자기화된 후 외부 자기장을 제거  
해도 자성이 남아 있지만, 상자성체와 반자성체는 외부 자기장에서  
자기화된 후 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라진다.

**정답맞이기** > 나. A는 솔레노이드에 흐르는 유도 전류에 의해 운동을 방  
해하는 자기력을 받는다. 따라서 A가 솔레노이드와 멀어질 때 A와  
솔레노이드 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용하고, A가 솔레노이  
드와 가까워질 때 A와 솔레노이드 사이에는 서로 미는 자기력이 작  
용한다.

**오답피하기** > 가. (나)에서 A가 운동하는 솔레노이드에서만 유도 전류가  
흐렸으므로 A는 자성이 남아 있고, B는 자성이 사라졌다. 따라서 A  
는 강자성체이고, B는 상자성체이다.

나. A는 강자성체이므로 (가)에서 A의 윗면은 N극, 아랫면은 S극으  
로 자기화된다. (나)에서 A의 아랫면은 S극으로 자기화되므로 A가  
솔레노이드에 가까워질 때 저항에 흐르는 전류의 방향은 ㉠ 방향과  
반대이다.

### 13 p-n 접합 다이오드의 연결

**예설** | p-n 접합 다이오드에 걸리는 전압이 순방향일 때 회로에 전류  
가 흐른다.

**정답맞이기** > 가. 빨간색 빛과 초록색 빛이 동시에 켜지면 노란색 빛으로  
보인다.  $S_1$ 을 닫았을 때 발광 다이오드에서 나오는 빛이 합쳐진 색이  
노랑이므로  $S_1$ 을 닫으면 A, B만 켜진다. 따라서 X는 p형 반도체  
이다.

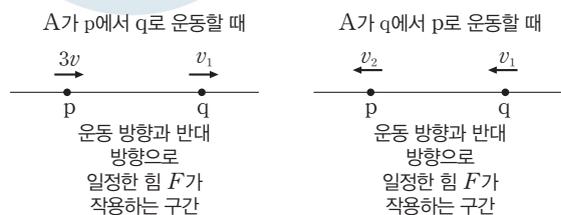
**오답피하기** > 나.  $S_1$ 만을 닫았을 때 C는 켜지지 않았으므로 C에는 역방  
향 전압이 걸린다.

나.  $S_2$ 만을 닫으면 B에는 역방향 전압이 걸려 B는 켜지지 않는다.  
따라서  $S_2$ 를 닫았을 때 B의 p형 반도체에서 양공은 p-n 접합면에  
서 멀어지는 방향으로 이동한다.

### 14 운동량과 충격량

**예설** | 물체가 받은 충격량의 크기는 물체의 충돌 전후의 운동량 변화  
량의 크기와 같다.

**정답맞이기**



A가 q를 지날 때 속력을  $v_1$ 이라고 하면, A가 p에서 q까지 운동하는  
동안 걸린 시간이  $T_1$ 이고 물체에 작용한 힘의 크기는  $F$ 이므로 이 동안

A가 받은 충격량의 크기는  $F(T_1) = 2m(3v) - 2mv_1 \dots \textcircled{1}$ 이다. A는 q를 통과한 후 경사면에 올라간 뒤 내려와 q를  $v_1$ 의 속력으로 통과하고, p를 지날 때 속력을  $v_2$ 라고 하면, A가 q에서 p까지 운동하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는  $F(T_2) = 2mv_1 - 2mv_2 \dots \textcircled{2}$ 이다. A가 수평면에 정지해 있던 B와 충돌하고 정지하였으므로 이 과정에서 A가 받은 충격량의 크기는  $2mv_2$ 이므로  $2mv_2 - 0 = 2mv \dots \textcircled{3}$ 에서  $v_2 = v$ 이다.  $\textcircled{2} - \textcircled{1}$ 은  $F(T_2 - T_1) = 4mv_1 - 8mv \dots \textcircled{4}$ 이다. A가 F로부터 받은 일은 A의 운동 에너지 변화량과 같다. p에서 q까지의 거리를  $x$ 라 하면, A가 p에서 q까지 운동할 때는  $Fx = \frac{1}{2}(2m)(9v^2) - \frac{1}{2}(2m)v_1^2 \dots \textcircled{5}$ 이고, A가 q에서 p까지 운동할 때는  $Fx = \frac{1}{2}(2m)v_1^2 - \frac{1}{2}(2m)v^2 \dots \textcircled{6}$ 이다.  $\textcircled{5} + \textcircled{6}$ 에서  $Fx = 4mv^2 \dots \textcircled{7}$ 이고,  $\textcircled{7}$ 을  $\textcircled{5}$ 에 대입하여 정리하면  $mv_1^2 = 5mv^2$ 에서  $v_1 = \sqrt{5}v$ 이다. 따라서  $T_2 - T_1 = \frac{4m}{F}(v_1 - 2v) = \frac{4mv}{F}(\sqrt{5} - 2)$ 이다.

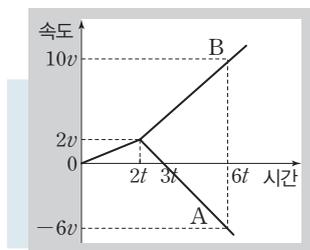
### 15 힘과 가속도 법칙

**예설** | 실로 연결되어 운동하는 물체는 같은 속력과 같은 크기의 가속도로 운동하고, 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서 실이 끊어지기 전, A에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘을  $F_A$ , B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘을  $F_B$ , 실이 물체를 당기는 힘을  $T$ , 물체의 가속도를  $a$ 라고 하면  $T - F_A = m_A a \dots \textcircled{1}$ ,  $F_B - T = m_B a \dots \textcircled{2}$ 이다.  $\textcircled{1}$ ,  $\textcircled{2}$ 에서 실이 끊어지기 전 A, B의 가속도의 크기는  $a = \frac{F_B - F_A}{m_A + m_B} \dots \textcircled{3}$ 이다.

(나)에서 B의 가속도의 크기는 실이 끊어지기 전이  $a$ 이면, 실이 끊어진 후에는  $2a$ 이다. 실이 끊어진 후에는 B에는 빗면 아래 방향으로만 힘이 작용하므로  $m_B(2a) = F_B \dots \textcircled{4}$ 이다. 실이 끊어진 후 A도 빗면 아래 방향으로만 힘이 작용하고, 가속도의 크기는 A와 B가 같으므로  $m_A(2a) = F_A \dots \textcircled{5}$ 이다.  $\textcircled{4}$ 와  $\textcircled{5}$ 를  $\textcircled{3}$ 에 대입하여 정리하면  $(m_B - m_A)(2a) = (m_B + m_A)a$ 에서  $m_B = 3m_A$ 이다. 따라서 질량은 B가 A의 3배이다.

ㄴ. 실이 끊어진 후 A와 B의 가속도의 크기는 같으므로 A, B의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



따라서 A는  $3t$ 일 때 정지한다.

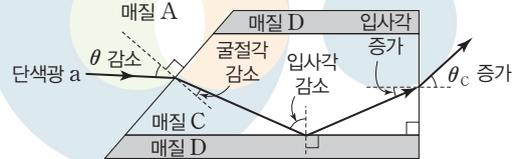
**오답맞이기** > ㄷ. A가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은  $2t$ 이므로 p에서 q까지 거리는  $2v \times 2t \times \frac{1}{2} = 2vt$ 이다. 실이 끊어지고 A는 빗면 위로 올라갔다 다시 내려오면서 q를  $2v$ 의 속력으로 지나고 가속도의 크기는  $\frac{2v}{t}$ 이다. A가 빗면을 내려가면서 p를 지날 때 속력을  $v_p$ 라 하면, A는 등가속도 운동을 하므로  $v_p^2 - (2v)^2 = 2\left(\frac{2v}{t}\right)(2vt)$ 이다. 따라서  $v_p = 2\sqrt{3}v$ 이다. A가 q에서 p까지 운동하는 데 걸린 시

간을  $t_0$ 이라 하면,  $\frac{2\sqrt{3}v + 2v}{2}t_0 = 2vt$ 이므로  $t_0 = (\sqrt{3} - 1)t$ 이다.

### 16 광섬유에서의 전반사

**예설** | 빛의 반사와 굴절에서 입사각이 증가하면 반사각, 굴절각도 증가한다. 전반사는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 클 때 일어난다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $\theta$ 가 감소  $\rightarrow$  A와 C의 경계면에서 굴절각이 감소  $\rightarrow$  C와 D에서 입사각 감소  $\rightarrow$  C와 A의 경계면에서 입사각 증가  $\rightarrow \theta_C$  증가이다.



ㄷ. (가)에서 C와 D의 경계면에서는 전반사가 일어났고, (나)에서 C와 D의 경계면에서는 전반사가 일어나지 않았으므로 C와 D의 경계면에서 입사각은 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 (가)에서 a가 A에서 C로 진행할 때 A와 C의 경계면에서의 굴절각은 (나)에서 a가 B에서 C로 진행할 때 B와 C의 경계면에서의 굴절각보다 크다. (가)와 (나)에서 입사각  $\theta$ 가 같고, (가)의 A와 C의 경계면에서의 굴절각은 (나)의 B와 C의 경계면에서의 굴절각보다 크므로 C와의 굴절률의 차는 A가 B보다 작다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 크므로 a의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.

**오답맞이기** > ㄴ. (나)에서는 C와 D의 경계면에서 전반사가 일어나지 않았으므로 입사각이 임계각보다 작다.  $\theta$ 가 감소  $\rightarrow$  B와 C의 경계면에서 굴절각이 감소  $\rightarrow$  C와 D에서 입사각이 감소이다. 즉,  $\theta$ 를 감소하면 (나)에서 C와 D의 경계면에서의 입사각보다 더 작아지므로 전반사가 일어나지 않는다.

### 17 열역학 과정

**예설** | 기체의 온도가 높을수록 기체 분자의 평균 속력은 크다.

**정답맞이기** > ㄱ. 피스톤 위에 올려진 추의 질량은 변화가 없으므로 기체의 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

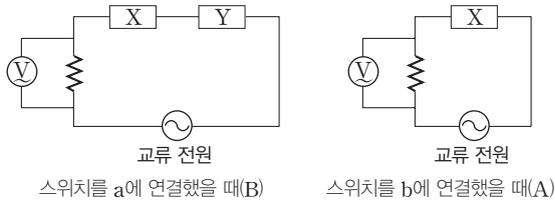
ㄷ. (가)  $\rightarrow$  (나) 과정에서 기체의 부피는 감소하고, 기체의 온도는 감소한다. 따라서 기체는 열을 방출한다.

**오답맞이기** > ㄴ. 기체의 부피가 감소하였으므로 기체의 온도는 감소한다. 금속판은 열전달이 잘되므로  $T_1 > T_0$ 이다. 기체의 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 기체 분자의 평균 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

### 18 축전기와 코일

**예설** | 교류 전원의 진동수가 증가할수록 축전기는 전류의 흐름을 방해하는 정도가 감소하고, 코일은 전류의 흐름을 방해하는 정도가 증가한다.

**정답맞이기** > ㄱ. A는 진동수가 커질수록 저항에 걸리는 전압이 감소하므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 감소한다. 따라서 A는 스위치를 b에 연결했을 때의 결과이고, X는 코일이다.



**오답피하기** > 나. X가 코일이므로 Y는 축전기이다. 축전기는 진동수가 작은 전기 신호를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다.

다. B는 진동수가  $f_0$ 일 때 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대이므로  $f_0$ 은 공명(고유) 진동수이다. 공명(고유) 진동수는 저항값과 무관하다. 따라서 B에서 저항의 저항값을 증가시켜도 공명(고유) 진동수는 일정하다.

## 19 부력

**예설** | 부력의 크기는 액체에 잠긴 부피에 비례한다.

**정답맞이기** > (가)에서 P가 A에 잠긴 부피를  $V_A$ , 실이 P를 당기는 힘을  $T$ 라 하면, P에 작용하는 힘은  $2\rho_0\left(\frac{4}{5}V_0+V_A\right)g+T=\rho_0\left(\frac{4}{5}V_0\right)g+3\rho_0V_Ag$ .....①이다.

(나)에서 P가 B에 잠긴 부피를  $V_B$ 라 하면,  $2\rho_0(V_0+V_B)g=\rho_0V_Bg+3\rho_0V_0g$ .....②이다.

(가)에서 P의 부피는  $\frac{4}{5}V_0+V_A$ 이고, (나)에서 P의 부피는  $V_0+V_B$

이므로  $\frac{4}{5}V_0+V_A=V_0+V_B$ .....③이다. ②에서  $\rho_0V_Bg=\rho_0V_0g$ 이

므로  $V_B=V_0$ .....④이다. ④를 ③에 대입하여 정리하면

$V_A=\frac{6}{5}V_0$ .....⑤이다. ⑤를 ①에 대입하여 정리하면  $T=\frac{2}{5}\rho_0V_0g$

이다. P에 작용하는 중력의 크기는  $W=2\rho_0(2V_0)g=4\rho_0V_0g$ 이므로

$T=\frac{1}{10}W$ 이다.

## 20 역학적 에너지 보존

**예설** | 역학적 에너지가 보존되는 운동에서는 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 같다.

**정답맞이기** > 가. A, B의 질량을 각각  $m_A, m_B$ 라 하면, A에  $F$ 의 힘을 작용했을 때 A와 B가 정지해 있었으므로  $F+m_Ag=m_Bg$ .....①

이다. A에  $3F$ 의 힘이 작용하여 A는  $\frac{1}{2}h$ 만큼 내려가면, B는  $\frac{1}{2}h$ 만큼 올라간다. A와 B는 줄로 연결되어 있으므로 속력이 같고, A가 q를 지날 때 속력을  $v$ 라 하면

$3F\left(\frac{1}{2}h\right)+m_Ag\left(\frac{1}{2}h\right)-m_Bg\left(\frac{1}{2}h\right)=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v^2$ .....②이

다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은  $m_Bg\left(\frac{1}{2}h\right)=E_0$ .....③이고, 운동 에너지 증가량은  $\frac{1}{2}m_Bv^2=E_0$ .....④이다. ③, ④에서  $v=\sqrt{gh}$ 이다.

A가 q를 지난 후 r에서 운동 방향이 바뀌었으므로 질량은 B가 A보다 크다. A가 q에서 r까지 운동하는 동안 A, B의 가속도의 크기를  $a$ 라 하면,  $a=\frac{m_B-m_A}{m_A+m_B}g$ 이다.  $v^2-0=2ah$ 에서  $(\sqrt{gh})^2=$

$2\times\frac{m_B-m_A}{m_A+m_B}g\times h$ 이고, 이를 정리하면  $m_A+m_B=2\times(m_B-m_A)$

이므로  $m_B=3m_A$ 이다.

나. ①에서  $F=(m_B-m_A)g=2m_Ag$ 이므로  $F$ 는 A에 작용하는 중력의 크기의 2배이다.

**오답피하기** > 다. A와 B가 정지해 있을 때 A와 B의 높이 차는  $h$ 이므로 A와 B가 같은 높이를 지나는 위치는 p로부터  $\frac{1}{2}h$ 만큼 높은 지점이

다. 즉, r로부터는  $h+\frac{1}{2}h+\frac{1}{2}h=2h$ 이다. A와 B가 같은 높이를

지날 때 A의 속력을  $v_1$ 이라고 하면, 가속도의 크기는  $a=\frac{m_B-m_A}{m_A+m_B}g$

$=\frac{1}{2}g$ 이므로  $v_1^2=2a(2h)=2\left(\frac{1}{2}g\right)(2h)=2gh$ 이다. 이때 A의 운동

에너지는  $\frac{1}{2}m_Av_1^2=\frac{1}{2}m_A(2gh)=m_Agh$ 이다. ④에서  $\frac{1}{2}(3m_A)(gh)$

$=E_0$ 이므로 A와 B가 같은 높이를 지나는 순간 A의 운동 에너지는

$\frac{2}{3}E_0$ 이다.

### 실전 모의고사 4회

본문 139~145쪽

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

## 01 GPS의 원리

**예설** | GPS 위성에는 원자 시계가 탑재되어 있으며, 인공위성의 위치와 시각 정보를 전파로 송출한다. 지표면의 수신기에서는 GPS 위성으로부터 송출된 시각과 현재 시각의 차이만큼 전파가 이동한 거리를 계산하여 수신기의 위치를 측정한다.

**정답맞이기** > C. GPS 위성으로부터 전파가 송출된 시각과 수신기에서 수신한 시각과의 차이를 이용하여 GPS 위성과 수신기 사이의 거리를 구할 수 있다.

**오답피하기** > A. GPS 위성에서는 두 개의 극초단파 주파수 대역인 L1(1575.42 MHz)과 L2(1227.60 MHz)에 대한 전파(마이크로파) 신호를 전송한다.

B. 3차원 공간상에서 수신기의 위치를 정확히 측정하기 위해서는 최소 3개 이상의 GPS 위성과의 거리 정보가 필요하며, 다양한 요인에 의한 오차를 줄이기 위해 시간 보정용 위성이 추가로 필요하다.

## 02 등가속도 직선 운동

**예설** | 등가속도 직선 운동하는 물체의 이동 거리는 시간에 대해 포물선의 형태가 된다.  $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 에서 2차항 앞의 계수가 가속도와 관련되므로 2차항의 계수가 클수록 포물선의 폭이 좁고 같은 시간 동안 기울기가 크게 변한다.

**정답맞이기** > 나. B보다 C에서 같은 시간 동안 기울기의 변화가 크므로 가속도의 크기는 C가 B보다 크다.

**[오답피하기]** > ㄱ. A, B, C 모두 출발한 지점으로 되돌아오는 등가속도 운동을 하고 있으므로, 출발하는 순간의 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 지속적으로 받고 있다. 따라서 모든 순간 A, B, C에 작용하는 힘의 방향은 동일하다. 다만  $t_1$  일 때 A는 운동 방향이 출발할 때와 반대로 되돌아오고 있는 상태이므로 운동 방향과 힘의 방향이 동일하여 A의 속력은 증가하고 있고, B는 속력이 계속 줄고 있는 상태이므로 운동 방향과 힘의 방향이 서로 반대이다.

ㄷ. 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 그래프의 접선의 기울기는 그 순간에서의 속력을 나타낸다.  $t_2$  일 때 접선의 기울기는 C에서가 B에서보다 크기 때문에 순간 속도도 C가 B보다 크다.

### 03 운동량과 충격량

**예설** | 충돌 과정에서 물체에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 그래프에서 그래프 아래의 면적은 충격량(운동량의 변화량)의 크기를 의미한다.

**[정답맞이기]** > ㄴ. 물체에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 그래프에서 그래프 아래의 면적은 충격량의 크기를 의미하므로 유리창이 야구공으로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A보다 크다. 따라서 야구공이 유리창으로부터 받은 충격량의 크기도 B가 A보다 크다.

ㄷ. 유리창과 야구공이 충돌하는 동안 정지해 있던 유리창의 운동량이 발생하였으므로 그 크기만큼 야구공은 운동량이 감소해야 한다.

**[오답피하기]** > ㄱ. 유리창이 깨지는 것은 충돌 과정에서 힘이 크게 작용했다는 것이고, 충돌 과정 이외의 힘이 없었다면 충돌 후 야구공이 같은 방향으로 계속 진행하는 경우 운동량 변화량(충격량)의 크기가 더 작게 되므로 A의 경우가 (나)를 의미한다.

### 04 실로 연결되어 함께 움직이는 물체의 운동

**예설** | 실로 연결되어 함께 운동하는 물체는 매순간 물체의 속력과 가속도의 크기가 서로 같다. 빗면에 놓인 물체는 중력의 영향으로 빗면과 나란한 방향으로 일정한 힘을 받게 된다.

**[정답맞이기]** > ㄱ. 실로 연결되어 함께 움직이는 물체들의 속력은 항상 같기 때문에 운동 에너지( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ )는 질량에 비례한다. 따라서 A의 운동 에너지가 B의 운동 에너지의 2배이므로, 질량도 A가 B의 2배이다. B의 질량은 3 kg이다.

ㄴ. 세 물체의 속력이 일정하므로 운동 에너지의 변화는 없다. 따라서 A를 잡아당기는 힘이 한 일은 세 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가로만 나타난다.  $W_A = 80 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 320 \text{ J}$ 이고, B의 중력 퍼텐셜 에너지 변화는 없고, C는  $5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m} = 200 \text{ J}$ 만큼 중력 퍼텐셜 에너지가 증가하므로 A의 중력 퍼텐셜 에너지는 120 J만큼 증가한다.

ㄷ. A, B, C가 일정한 속력으로 운동하고 있었으므로 세 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. A에는 빗면 위 방향으로 80 N의 힘이 작용하고, 실로 연결되어 B가 A를 50 N의 힘으로 빗면 아래 방향으로 당기고 있다. 따라서 빗면에 놓인 A에는 빗면 아래 방향으로 중력에 의해 30 N의 힘이 작용하고 있다. 이 상태에서 A와 B 사이의 실이 끊어지게 되면, A에 작용하는 알짜힘의 크기는  $80 \text{ N} - 30 \text{ N}$ 으로, 50 N의 힘이 빗면 위로 작용하여 가속도의 크기는  $\frac{50}{6} \text{ m/s}^2$ 이 된다.

B와 C는 실로 연결되어 함께 움직이므로 C에 작용하는 중력의 크기는 50 N으로, 두 물체가 등가속도 운동을 하기 때문에 가속도의 크기는  $\frac{50 \text{ N}}{(3+5) \text{ kg}} = \frac{50}{8} \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 가속도 크기는 A가 B의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

### 05 특수 상대성 이론

**예설** | 특수 상대성 이론에서는 관찰자의 운동에 관계없이 빛의 속력은 항상 동일하게 측정되며, 관찰자에 대해 빠르게 운동하는 경우 시간은 느리게 가고 운동 방향의 길이는 수축된 것으로 측정된다.

**[정답맞이기]** > ㄱ. 정지해 있는 민수가 측정할 때 영희의 시간이 철수의 시간보다 느리게 가고 있으므로 영희의 우주선 속력이 철수의 우주선 속력  $v$ 보다 빠르다. ( $v < 0.8c$ )

**[오답피하기]** > ㄴ. 특수 상대성 이론에서는 진공에서 빛의 속력은 관찰자의 운동에 관계없이 항상  $c$ 로 일정하므로, 영희에게는 a와 b의 속력이 동일하게  $c$ 로 측정된다.

ㄷ. 민수의 키는 영희와 철수의 진행 방향에 대해 수직으로 길이 측정을 하는 값으로 특수 상대성 이론에 따른 길이 수축 효과가 나타나지 않아 영희와 철수에게 서로 같은 크기로 측정된다.

### 06 케플러 제3법칙(조화 법칙)

**예설** | 항성 주위를 타원 궤도 운동을 하고 있는 행성의 공전 주기( $T$ )의 제곱은 긴반지름( $a$ )의 세제곱에 비례한다.

**[정답맞이기]** > ㄱ.  $\frac{a^3}{T^2} = k$ 로 일정하므로 실험 2에 대해 실험 1에서 공전 주기( $T$ )는 8배로 증가하였다. 따라서 실험 1에서 긴지름(가)는  $8^{\frac{2}{3}} = \sqrt[3]{64} = 4$ 배로 증가한  $12L_0$ 이다.

ㄴ. 행성이 p를 지날 때에는 타원 궤도의 원일점으로 공전 속력이 가장 느릴 때이고, 행성이 q를 지날 때에는 타원 궤도의 근일점으로 공전 속력이 가장 빠를 때이다. 즉, p에서는  $v$ 보다 느리고, q에서는  $v$ 보다 빠르다.

**[오답피하기]** > ㄷ. 행성의 운동은 항성에 의한 가속도에 따라 달라진다. 행성의 질량이 증가하여 만유인력이 증가하여도 항성에 의한 행성의 가속도의 크기는 변하지 않는다. 따라서 궤도 크기 및 공전 주기는 그대로이다.

### 07 베타( $\beta$ ) 붕괴와 표준 모형에서의 기본 입자

**예설** | 원자핵 속의 불안정한 중성자가 양성자로 바뀌면서 전자와 전자 중성미자를 방출하는 분열 과정을 베타( $\beta$ ) 붕괴라고 한다( $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$ ). 이 과정에서 W 보손이 매개하는 약한 상호 작용이 나타난다.

**[정답맞이기]** > ㄷ. 베타( $\beta$ ) 붕괴를 쿼크 단위로 표현하면  $d \rightarrow u + e^- + \nu_e$ 로 아래(down) 쿼크가 위(up) 쿼크로 붕괴되면서 전자와 전자 중성미자를 내놓게 되므로, 정지 질량은 아래(down) 쿼크가 위(up) 쿼크보다 크다.

**[오답피하기]** > ㄱ. 핵자인 중성자(X)와 양성자(Y)는 질량이 있으므로 중력자를 매개로 한 중력 상호 작용, 글루온을 매개로 한 강한 상호 작용, 베타 붕괴 시에 나타나는 약한 상호 작용이 가능하다. 중성자는 전기적 성질이 없으므로 광자를 매개로 하는 전자기적 상호 작용은 나타나지 않는다.

ㄴ. 중성자는 위(up) 쿼크 1개와 아래(down) 쿼크 2개가, 양성자는 위(up) 쿼크 2개와 아래(down) 쿼크 1개가 쌍을 이루고 있다. 3개의 쿼크가 전하량이 0인 중성자와  $+e$ 인 양성자가 되기 위해서는 위(up) 쿼크인 A의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ , 아래(down) 쿼크인 B의 전하량은  $-\frac{1}{3}e$ 가 되어야 한다. 따라서  $Q_A=2Q_B$ 이다.

## 08 점전하에 의한 전기장

**예설** | 두 점전하에 의한 전기장이 0인 지점은, 두 점전하의 전하가 같은 종류일 경우에는 두 점전하 사이에 있고, 서로 반대 종류일 경우에는 두 점전하의 바깥쪽에 있다. 또한 두 전하 중 전하량이 작은 쪽 근처에 위치한다.

**정답맞이기** ㄱ.  $q$ 와  $r$ 에서 전기장의 방향이 서로 반대인 것을 통해 두 점전하에 의한 전기장이 0인 지점은  $q$ 와  $r$  사이에 있음을 알 수 있다. 따라서 전기장이 0인 지점이 두 점전하의 바깥쪽에 있고 B와 가까이 있으므로, 두 점전하 A, B는 반대의 전하이며 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.  $q$ 에서의 전기장은 A보다 B에 의한 영향이 더 크기 때문에 B는 양(+)-전하이므로 A는 음(-)-전하이므로 A의 영향이 더 크기 때문에 전기장의 방향은  $+x$  방향이다.

**오답맞이기** ㄷ. 전기장의 세기는  $E=\frac{F}{q}$ 이고  $E=k\frac{q}{r^2}$ 이므로 A의 전하량의 크기가 B의 전하량의 크기의 4배일 경우에는  $q$ 에서 전기장은 0이 된다. A의 전하량의 크기가 B의 전하량의 크기의 4배보다 큰 경우에는  $q$ 에서 A의 영향이 더 커지게 되므로 전기장의 방향은  $-x$  방향이 된다. 따라서 A의 전하량의 크기는 B의 전하량의 크기의 4배보다 작다.

## 09 두 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

**예설** | 직선 도선에 흐르는 전류  $I$ 에 의한 자기장의 세기  $B=k\frac{I}{r}$ 이다.

두 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 같을 때에는 두 도선의 전류에 의한 자기장이 0인 지점은 두 직선 도선 사이에 있으며, 전류의 방향이 반대일 때에는 두 직선 도선 바깥쪽에 있다.

**정답맞이기** ㄴ. A와 B에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대이므로  $q$ 에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 모두  $+y$  방향으로 자기장의 세기가 세지지만,  $r$ 에서는 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 반대이므로 서로 상쇄되어 약해진다.

ㄷ. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $B=k\frac{I}{r}$ 이므로, B에 흐르는 전류의 세기가  $3I$ 인 경우  $p$ 에서 자기장이 0이 된다. 따라서 B에 흐르는 전류의 세기가  $3I$ 보다 커야  $p$ 에서의 자기장의 방향이 B에 의한 자기장의 방향과 같은  $+y$  방향으로 나타난다.

**오답맞이기** ㄱ. A에 흐르는 전류에 의한  $p$ 에서의 자기장 방향은  $-y$  방향임에도  $p$ 에서의 자기장의 방향이  $+y$  방향인 것은 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 A에 의한 자기장의 세기보다 크기 때문이다. 따라서 B에는  $-z$  방향으로 전류가 흐르고 있으며, B에 흐르는 전류의 세기는 A에 흐르는 전류의 세기  $I$ 보다 크다. A와  $p$  사이에서 A와 가까운 지점은  $-y$  방향으로 자기장이 형성되고 있으므로, 자기장이 0인 지점은  $p$ 와 A 사이에 있다.

## 10 물질의 자성과 패러데이 법칙

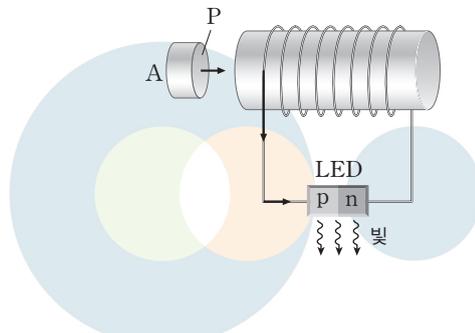
**예설** | 강자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되면서 서로 당기는 힘이 작용하지만, 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되면서 서로 밀어내는 힘이 작용한다. 자기화된 물체를 솔레노이드에 가까이 하면 자기화된 물체의 움직임을 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 되고, LED가 전기 회로에 순방향으로 연결되면 전류가 흘러 LED에 불이 들어온다.

**정답맞이기** ㄴ. A는 외부 자기장에 대해 끌어당기는 힘에 의해 중력과 반대 방향으로 운동하고 있고, B는 외부 자기장에 대해 밀어내는 힘으로 중력과 평형을 이루고 있다. 따라서 B는 반자성체이고, A는 상자성체나 강자성체이다.

**오답맞이기** ㄱ. (가)에서 A와 B는 각각 자기력이 중력과 반대 방향으로 작용하고 있으므로 솔레노이드에 작용하는 자기력의 방향은 위 방향으로 서로 같다.

ㄷ. (나)에서 LED에 불이 들어오려면 유도 전류의 방향은 그림과 같아야 한다. 자성체 A는 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태를 그대로 유지할 수 있는 강자성체이며, 솔레노이드에 가까워질 때 유도 전류의 방향이 그림과 같게 되려면 A의 면 P는 S극이어야 한다.

(가)에서 P를 S극으로 자기화시키려면 ㉠은 (-)극이어야 한다.



## 11 상자성체의 특성

**예설** | 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되어 끌어당기는 힘이 작용하지만, 외부 자기장이 사라지면 상자성체의 자성도 사라진다.

**정답맞이기** ㄴ. 실험 결과 P에서 액체 X가 네오디뮴 자석에 의해 끌려오는 힘이 작용하고 있으므로 액체 X는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되는 상자성체나 강자성체이다.

ㄷ. (나)에서 자기화 과정을 거친 액체 X가 철 막대 근처를 지날 때 (가)에서의 경로를 그대로 움직이고 있으므로 X는 자성이 없다는 의미이다. 따라서 외부 자기장에 의해 자기화 과정을 거친 후, 외부 자기장이 사라졌을 때 자성을 함께 잃어버리는 액체 X는 상자성체이다.

**오답맞이기** ㄱ. 원자의 전자들이 쌍을 이루지 않아 스핀에 의한 자기장이 상쇄되지 않고 물질의 자성을 띠게 하는 것은 강자성체이며, 서로 반대 방향의 스핀을 지닌 전자들이 쌍을 이루어 스핀에 의한 자기장이 상쇄되는 경우는 반자성체이다.

## 12 LCD 모니터의 원리

**예설** | LCD 모니터는 서로 수직인 편광축을 지닌 편광 필름이 액정의 앞과 뒤에 있으며, 전극에 전압을 가해 액정을 배열하여 편광된 빛의 투과광을 조절한다. 화면에는 각 RGB 화소를 투과한 빛의 양에 따

라 다양한 색으로 표현된다.

**정답맞이기** > 7. LCD는 발광 소자가 아니라 비편광 백색 광원(백라이트)이 있어야 하며, 전극이 고장나게 되면 액정 분자를 배열시킬 수 없기 때문에 수직-수평 편광 필름을 빛이 모두 통과하게 되어 LCD는 백색 화면으로 보인다.

ㄴ. 작동하고 있는 LCD의 검은색 화면은 비편광 백색 광원(백라이트)이 수직 편광 필름을 통과한 후 전극에 전압을 걸어 주면 편광된 빛의 편광축이 변하지 않아 수평 편광 필름에 의해 차단되어 어둡게 보이는 것이다.

ㄷ. 전극에 전압이 걸려 전기장 방향으로 정렬된 액정 분자들에 압력을 가하면 배열이 일시적으로 흐트러지게 되어 차단되었던 편광된 빛이 통과하면서 화면이 일시적으로 밝아진다. 그러나 손가락을 치워 압력을 가하지 않으면 전극의 전기장에 의해 액정이 배열하면서 화면이 다시 어두워진다.

### 13 수소 원자 스펙트럼과 광전 효과

**예설** | 수소 원자의 전자의 에너지 준위는 양자화되어 있으며, 전자의 에너지 준위가 달라짐에 따라 빛(전자기파)의 형태로 에너지를 흡수하거나 방출한다. 전자의 에너지 준위 차가 클수록 진동수가 큰 빛이 방출되거나 흡수된다.

**정답맞이기** > 7.  $n=2$ 로 전이하는 과정에서 방출되는 빛은 가시광선 영역(발머 계열)이다. 에너지 준위 차는 B보다 C가 크므로 방출되는 전자기파의 진동수는 C에서 B에서보다 크다. A는  $n=1$ 로 전이하는 과정으로, 방출되는 빛은 자외선 영역(라이먼 계열)이다. D는  $n=3$ 으로 전이하는 과정으로, 방출되는 빛은 적외선 영역(파셴 계열)이다. 따라서 빛의 진동수는  $D < B < C < A$ 의 순이다. B와 D를 동시에 입사시킨 경우에는 광전 효과가 발생하지 않았고, B와 C를 동시에 입사시킨 경우에는 광전 효과가 발생하였으므로 P의 문턱 진동수는 B와 C 사이가 된다.

ㄴ. A와 D의 혼합광은 눈에 보이지 않는 빛이고 B와 D의 혼합광은 빨간색으로 보이므로 B는 빨간색의 가시광선임을 알 수 있으며, B와 C의 혼합광은 백색으로 보이므로 C는 빨간색 빛과 혼합되어 백색광이 되는 가시광선임을 알 수 있다. B보다 에너지가 작은 D는 적외선, C보다 에너지가 큰 A는 자외선이다. 따라서 A와 D의 혼합광에서는 A에 의해 광전 효과가 나타난다.

**오답맞이기** > ㄷ. 단일 광자의 에너지  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$  이고, 전자가 양자수  $n=4$ 에서  $n=3$ 으로 전이된 후  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이될 때 방출되는 광자의 에너지는  $n=4$ 에서  $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지와 같다. 따라서  $\frac{1}{\lambda_B} + \frac{1}{\lambda_D} = \frac{1}{\lambda_C}$  이다.

### 14 원형 와이어의 정상파

**예설** | 양 끝이 고정된 직선 형태에서의 정상파는 마디의 개수가 배의 개수보다 1개 더 많지만, 원형 와이어에서의 정상파는 마디의 개수와 배의 개수가 서로 같다.

**정답맞이기** > 7. 진동수가  $n$ 배로 커질수록 파장이  $\frac{1}{n}$ 배로 짧아지고, 마디 수는  $n$ 배가 된다. 따라서 실험 II에서 마디 수가 실험 I에서의  $\frac{5}{3}$ 배로

증가하였으므로 진동수 (가)는  $\frac{5}{3}f_0$ 이 된다.

ㄴ. 원형 와이어의 정상파에서는 마디 수와 배의 수가 같다. 진동수가  $f_0$ 일 때 정상파 마디 수는 3개이므로, 정상파의 파장은  $\frac{2L}{3}$ 이다. 진동수가  $2f_0$ 으로 2배 증가하면 정상파의 파장은  $\frac{1}{2}$ 배인  $\frac{L}{3}$ 이다.

ㄷ. 와이어의 진동에 의해 주변 공기 입자들이 진동하면서 소리가 발생하므로 와이어의 진동수와 소리의 진동수는 서로 같다. 따라서 실험 I과 실험 III에서 소리의 진동수 비는 1 : 3이고, 파장은 진동수에 반비례하므로 소리의 파장 비는 3 : 1이다.

### 15 전자기파의 송수신

**예설** | 유도 코일의 금속구에서 발생한 방전에 의해 전자기파가 발생하면 수신 고리를 통과하는 전자기파의 자기장이 변화하여 전자기 유도에 의해 전류계에 유도 전류가 흐른다.

**정답맞이기** > 7. 전자기파의 진동수와 수신 고리의 공명(고유) 진동수가 일치할 때 수신 회로에는 가장 센 전류가 흐르게 된다.

ㄴ. 전자기파에서는 변화하는 전기장이 변화하는 자기장을 상호 유도하면서 공간에서 전파되므로, 전기장의 변화가 생기도록 전자는 가속도 운동을 해야 한다.

**오답맞이기** > ㄷ. 전자기파의 전기장은 시간에 따라 변화하고 있으므로 수신 고리의 전자도 변화하는 전기장에 의해 가속 운동을 하면서 속력과 방향이 주기적으로 변화하여 교류가 발생한다.

### 16 빛의 굴절과 전반사

**예설** | 단색광이 진행하던 매질이 달라지면 속력이 변하면서 굴절률이 큰 쪽으로 경로가 휘게 된다. 이때 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 임계각 이상으로 입사한 빛은 전반사하게 된다.

**정답맞이기** > 7. P로 입사한 단색광의 진행 경로가 B 쪽으로 꺾여 진행하므로, B의 굴절률이 A의 굴절률보다 크다. A와 C의 굴절률이 같다면 B에서 C로 입사한 단색광의 굴절각은  $\theta$ 가 되겠지만, C의 굴절률이 A의 굴절률보다 크면 굴절각은  $\theta$ 보다 작고, C의 굴절률이 A의 굴절률보다 작으면 굴절각은  $\theta$ 보다 크다. 따라서 C의 굴절률이 A의 굴절률보다 작기 때문에 단색광의 속력은 A에서 C에서보다 느리다.

ㄴ. A, B, C의 굴절률은  $n_C < n_A < n_B$ 이다. B에서 D로 입사하는 단색광이 전반사하고 있으므로 B의 굴절률이 D의 굴절률보다 크다. 따라서 B의 굴절률은 다른 A, C, D의 굴절률보다 크다.

**오답맞이기** > ㄷ. A에서 B로 입사한 단색광의 굴절각을  $r$ 라 하면, B에서 C로 입사하는 단색광의 입사각이  $r$ 이면서 C로 굴절되고 있다. B에서 C로 입사하는 빛을 전반사시키려면 입사각을 임계각보다 크게 해야 하므로,  $r$ 보다 큰 입사각이 되어야 하며, 이를 위해 P에서는  $\theta$ 보다 큰 각으로 입사시켜야 한다.

### 17 송전 과정에서의 손실 전력

**예설** | 발전소에서 생산된 전력( $P_0$ )을 가정에 공급할 때에는 송전선의 저항에 의해 전력 손실이 발생하게 된다. 송전선에 흐르는 전류가 클수록 손실되는 전력도 커지므로 송전시키는 전압( $V_0$ )을 증가시켜 전

선에 흐르는 전류의 세기( $I_0$ )를 작게 한다.

**정답맞이기** ㄴ. 송전선의 저항에 의한 손실 전력은  $P=I_0^2r$ 이므로,  $P_A=\left(\frac{P_0}{3V}\right)^2 \times 2r=\frac{2P_0^2r}{9V^2}$ 이고,  $P_B=\left(\frac{P_0}{2V}\right)^2 \times r=\frac{2P_0^2r}{9V^2}$ 이다.

따라서  $P_A : P_B = \frac{2}{9} : \frac{1}{4} = 8 : 9$ 이다.

**오답피하기** ㄱ. 발전소에서 A, B로 송전하는 전력이  $P_0$ 로 동일하므로  $P_0=V_0I_0=3V \times I_A=2V \times I_B$ 에서  $I_A : I_B=2 : 3$ 이다. 따라서 송전선에 흐르는 전류의 세기는 B에서가 A에서의 1.5배이다.

ㄷ. A로 송전 전압이  $V$ 일 경우 손실 전력은  $\left(\frac{P_0}{V}\right)^2 \times 2r=\frac{2P_0^2r}{V^2}$ 로  $P_B$ 의 8배이다. 따라서 A와 B에서 소비하는 전력은 B에서가 A에서 보다 크다.

### 18 핵분열

**예시** | 원자로에서 우라늄( $^{235}_{92}\text{U}$ )은 느린 중성자를 포획하여 원자핵이 불안정해지면 2개의 안정한 원자핵으로 분열하면서 중성자와 에너지를 방출하게 된다. 이때 방출된 중성자는 감속재에 의해 속력이 느려지고 다른 우라늄의 핵분열을 일으켜 연속적으로 반응이 일어난다.

**정답맞이기** ㄷ. 원자핵이 분열되면서 방출되는 중성자의 속력은 매우 빠르기 때문에 다른 우라늄의 원자핵에 포획되지 않는다. 따라서 경수( $\text{H}_2\text{O}$ )나 중수( $\text{D}_2\text{O}$ ), 탄소(C)와 같은 감속재를 통과시켜 중성자의 속력을 느리게 한다.

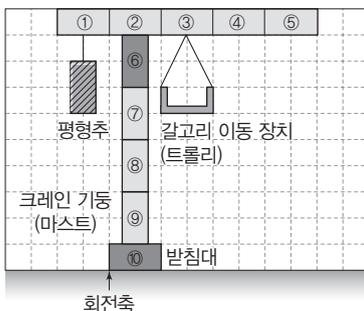
**오답피하기** ㄱ. ③는 중성자( $^1_0\text{n}$ )로 중성자는 전하를 띠지 않는다. ㄴ. 핵분열 전 입자들의 총 질량은 핵분열 후 입자들의 총 질량보다 크다. 핵분열 과정에서 발생한 질량 결손만큼 에너지로 방출된다 ( $E=\Delta mc^2$ ). 따라서  $m_A - 2m_n > m_B + m_C$ 이다.

### 19 돌림힘의 평형

**예시** | 타워 크레인이 무거운 물체를 들어 올릴 때 물체의 반대 방향으로 평형추를 매달아 위치를 조정하여 돌림힘의 평형을 이룬다.

**정답맞이기** 무거운 물체를 가로대에서 먼 거리로 운반하기 위해서는 평형추의 질량이 커야 한다. 평형추의 질량이 크면서도 평형 상태를 유지하기 위해 평형추와 같고리 이동 장치(트롤리)는 타워 크레인의 기둥(마스트)에 최대한 가까워야 한다. 트롤리가 가장 멀리 있을 때 평형추의 질량이 가장 크지만, 트롤리가 기둥 쪽으로 이동하면 균형이 깨지면서 시계 반대 방향으로 기울어지게 된다. 이때 받침대의 왼쪽 모서리가 회전축이 된다.

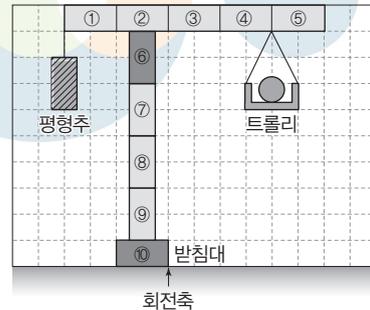
①, ② 블록은 회전축에서 서로 대칭으로 상쇄시키고 ③, ④, ⑤는 한 덩어리로 3 kg의 물체를 ④의 위치에 있는 것으로 하고, ⑥~⑩ 블록은 7 kg의 물체가 ⑥의 위치에 있는 것으로 계산한다.



평형추의 질량을  $M$ , 중력 가속도를  $g$ 라 하면, 시계 반대 방향의 돌림힘 성분은 평형추에 의한 것밖에 없으므로  $M \times g \times 1 = Mg$ 이다. 시계 방향의 돌림힘 성분은 기둥과 가로대, 트롤리에 의한 것으로  $7 \times g \times 1 + 3 \times g \times 5 + 1 \times g \times 3 = 25g$ 이다. 따라서 평형추의 최대 질량은 25 kg이다.

트롤리에 19 kg의 물건을 실게 되면 20 kg의 트롤리가 되고, 트롤리를 가로대에서 최대한 멀리까지 이동시키기 위해서는 평형추도 가장 왼쪽에 위치해야 한다. 이때 받침대의 오른쪽 모서리가 회전축이 된다.

①, ② 블록은 ③, ④ 블록과 회전축에서 서로 대칭되어 상쇄시키고, ⑥~⑩ 블록은 7 kg의 물체가 ⑥의 위치에 있는 것으로 계산한다.



회전축으로부터 최대로 떨어진 트롤리의 이동 거리를  $x$ 라 하면, 시계 반대 방향의 돌림힘 성분은 평형추와 기둥에 의한 것으로  $25 \times g \times 4 + 7 \times g \times 1 = 107g$ 이다. 시계 방향의 돌림힘 성분은 ⑤ 블록과 물건을 실은 트롤리에 의한 것으로  $1 \times g \times 5 + 20 \times g \times x = 5g + 20gx$ 이다. 따라서 돌림힘의 평형에 의해  $x = \frac{102}{20} = 5.1(\text{m})$ 이고, 트롤리의 이동 구간의 시작점이 받침대 오른쪽 회전축으로부터 1 m 떨어진 지점이므로 트롤리가 실제로 이동할 수 있는 최대 길이는 4.1 m이다.

### 20 파스칼 법칙

**예시** | 밀폐된 용기에 담긴 비압축성 유체에 가해진 압력의 변화는 유체의 모든 부분과 유체를 담은 용기의 벽까지 그 세기가 감소되지 않고 전달된다.

**정답맞이기** (가)에서 A의 질량을  $m_A$ , B의 질량을  $m_B$ 라고 하면 파스칼 법칙에 의해 유체의 압력이 서로 같으므로  $\frac{m_A g}{2S} = \frac{m_B g + Mg}{S}$ 이고,  $m_A - 2m_B = 2M$ 이다. (나)에서  $\frac{m_A g + Mg}{2S} = \frac{m_B g}{S} + \rho g H$ 이고,  $m_A + M = 2m_B + 2\rho H S$ 에서  $m_A - 2m_B = 2\rho H S - M$ 이므로  $2M = 2\rho H S - M$ 이 되어  $M = \frac{2}{3} \rho g H S$ 이다.

실전 모의고사 5회					본문 146~152쪽
01 ⑤	02 ④	03 ④	04 ③	05 ⑤	
06 ⑤	07 ⑤	08 ①	09 ②	10 ③	
11 ⑤	12 ④	13 ⑤	14 ④	15 ③	
16 ④	17 ④	18 ①	19 ④	20 ③	

## 01 뉴턴 운동 법칙

**예설** | 도르래에 연결된 A, B, C를 한 물체라 가정하고 전체 힘을 구해 가속도를 구할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. (나)에서 물체가 등속도 운동하고 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 A와 C의 질량의 합은 B의 질량과 같다.

ㄴ. (가)에서 C는 연직 아래 방향으로 가속도의 크기가  $a$ 인 등가속도 운동을 한다.  $p$ 가 C에 작용하는 힘의 크기를  $T$ 라 하면,  $m_Cg - T = m_Ca$ 이고  $T = m_Cg - m_Ca$ 이다. (나)에서 C에 작용하는 알짜힘은 0이므로  $p$ 가 C에 작용하는 힘의 크기는  $m_Cg$ 이다. 따라서  $p$ 가 C에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

ㄷ.  $m_A + m_C = m_B$ 이고  $(m_B + m_C)g - m_Ag = (m_A + m_B + m_C)a$ 이므로  $a = \frac{m_C}{m_B}g$ 이다.

## 02 운동량과 충격량

**예설** | 힘-시간 그래프에서 그래프의 곡선과 시간 축이 이루는 면적은 충격량을 의미하고 이는 운동량의 변화량과 같다.

**정답맞이기** > ㄱ. 막대가 A에 작용하는 힘과 A가 막대에 작용하는 힘은 서로 상대방에게 작용하는 힘이므로 작용 반작용 관계의 힘이다.

ㄷ. 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. 따라서 충격량이 큰 B가 더 큰 운동량을 갖고 막대를 떠나야 하므로  $v_B > v_A$ 이다.

**오답짜이기** > ㄴ. 힘-시간 그래프에서 그래프의 곡선과 시간 축이 이루는 면적이 B가 A보다 크다. 따라서 막대로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A보다 크다.

## 03 역학적 에너지 보존

**예설** | 정지해 있던 물체가 중력에 의해 같은 높이로부터 낙하하기 시작하면, 역학적 에너지 보존에 의해 물체가 운동하는 동안 같은 높이에서 물체들의 속력은 항상 같다.

**정답맞이기** > ㄴ. 수평면으로부터 높이가 같은 지점에서 A와 B는 운동을 시작하므로 역학적 에너지 보존에 의해 수평면에서 A와 B의 속력은 같다.

ㄷ. 처음 속력과 나중 속력이 같으므로 실이 끊어진 후 수평면에 닿을 때까지 평균 속력은 A와 B가 같은데, 수평면에 닿을 때까지 A의 이동 거리가 B의 이동 거리보다 크기 때문에 실이 끊어진 후 수평면에 닿을 때까지 걸린 시간은 A가 B보다 크다.

**오답짜이기** > ㄱ. 실이 끊어지기 전 A와 B는 각각 힘의 평형 상태에 놓여 있었다. 따라서 A, B에 각각 빗면과 나란하게 아래로 작용하는 힘의 크기는 같고  $\theta_2 > \theta_1$ 이므로 A, B가 수평면에 닿을 동안 이동한 거리는 A가 B보다 크다. 따라서 빗면을 내려와 수평면에 닿기 직전까지 A의 운동 에너지가 B의 운동 에너지보다 더 많이 증가해야 한다. 따라서 A의 질량이 B의 질량보다 크고, 역학적 에너지가 보존되므로 실이 끊어지기 전 A의 역학적 에너지가 B의 역학적 에너지보다 크다.

## 04 특수 상대성 이론

**예설** | 같은 장소에서 일어나는 사건은 관찰자가 달라져도 동시성의

상대성(불일치)이 나타나지 않고, 운동 방향에 대해 다른 장소에서 일어난 사건들은 동시성의 상대성(불일치)이 나타날 수 있다.

**정답맞이기** > ㄷ. 영희가 측정할 때, A와 O 사이의 거리와 B와 O 사이의 거리가 같기 때문에 철수가 측정하더라도 A와 O 사이의 거리와 B와 O 사이의 거리는 같다. 그런데 철수가 측정할 때 B에서 발생한 빛이 A에서 발생한 빛보다 O에 먼저 도달하므로 철수는 B에서가 A에서보다 빛이 먼저 발생한 것으로 측정한다.

**오답짜이기** > ㄱ. 영희가 측정할 때, A와 O 사이의 거리와 B와 O 사이의 거리가 같고 A, B에서 동시에 빛이 발생하지만, 빛이 진행하는 동안 우주선이 오른쪽으로 등속도 운동을 하므로 B에서 발생한 빛이 A에서 발생한 빛보다 먼저 O에 도달한다.

ㄴ. A와 B에서 발생한 빛이 O에 도달하는 사건은 같은 장소에서 일어나는 사건이기 때문에 관찰자에 따른 동시성의 상대성이 일어나지 않는다. 영희가 측정할 때 B에서 발생한 빛이 A에서 발생한 빛보다 먼저 O에 도달하므로 철수가 측정하더라도 B에서 발생한 빛이 A에서 발생한 빛보다 먼저 O에 도달한다.

## 05 대폭발 우주론

**예설** | 대폭발 우주론에 의하면 우주가 생긴 이후로 우주의 밀도와 온도는 계속 낮아지고 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 초기 온도가 높은 우주에서는 양성자와 중성자 사이의 변환이 자유로웠지만, 온도가 내려가며 양성자에서 중성자로의 변환이 어려워지게 되었다. 그래서 우주에는 양성자(수소 원자핵)가 중성자보다 많아져 수소가 헬륨(중성자가 필요함)보다 더 많이 되었다. 따라서 우주에 수소의 질량 비가 헬륨의 질량 비보다 큰 것은 우주의 탄생 이후로 우주의 온도가 내려갔음을 의미하므로 대폭발 우주론의 증거가 될 수 있다.

ㄴ. 대폭발 우주론에 의하면 우주는 처음 탄생 이후로 계속 팽창하면서 밀도와 온도가 내려가고 있다.

ㄷ. 전자가 양성자와 결합해 중성 원자가 생기면서 빛이 진행하며 전자와 상호 작용하는 일이 대폭 감소하게 되었다. 이때 자유롭게 우주 공간을 떠돌게 된 빛이 현재 우주 배경 복사로 관찰된다.

## 06 표준 모형

**예설** | 표준 모형에 의하면 물질을 구성하는 기본 입자는 쿼크와 렙톤으로 구분할 수 있다. 위 쿼크를 비롯한 쿼크들은 기본 상호 작용을 모두 하고, 전자와 같은 렙톤들은 기본 상호 작용 중 강한 상호 작용은 하지 않는다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전자기력에 의해 원자핵과 결합해 원자를 이루는 기본 입자는 전자이다.

ㄴ. 표준 모형에 의하면 전자기력을 매개하는 매개 입자는 광자이다.

ㄷ. 중성자가 양성자로 변환되는 베타( $\beta$ ) 붕괴 과정에는 약한 상호 작용이 관여한다.

## 07 전기장과 전기력

**예설** | C와 D에 작용하는 전기력이 0이므로 C가 놓인 지점에서 A, B, D에 의한 전기장이 0, D가 놓인 지점에서 A, B, C에 의한 전기

장이 0이다.

**정답맞이기** ㄱ. D가 놓인 지점에서 A, B, C에 의한 전기장이 0이다. A, B에 의해 D가 놓인 지점에는  $-x$  방향의 전기장이 형성되어 있으므로 C는 양(+)전하이다.

ㄴ. C가 놓인 지점에서 A, B, D에 의한 전기장이 0이다. A, B에 의해 C가 놓인 지점에는  $-x$  방향의 전기장이 형성되어 있으므로 D는 음(-)전하이므로, 전하량의 크기는 Q보다 작다.

ㄷ. C는 양(+)전하, D는 음(-)전하이므로 둘 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.

## 08 자기장

**예설** 도선에 흐르는 전류에 의해 도선 주변에는 자기장이 생기는데, 이때 자기장의 방향은 오른나사 법칙으로 구할 수 있다.

**정답맞이기** ㄱ. A와 C에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 A와 C에 같은 방향으로 전류가 흐르면 p에서 A와 C의 전류에 의한 자기장은 0이다. 즉, A와 C에  $+y$  방향으로 전류가 흐를 때 p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 B의 전류에 의한 자기장과 같다. B의 전류는 p에 세기가  $3B_0$ 이고 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장을 형성한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.

**오답맞이기** ㄴ. A와 C에 각각  $-y, +y$  방향으로 전류가 흐를 때 A와 C의 전류는 p에서 각각  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장을 형성한다. 즉, B의 전류가 p에 형성하는 자기장이  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향의  $3B_0$ 이고, p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기가  $8B_0$ 임을 감안하면, A와 C가 각각 p에 형성하는 자기장의 세기는  $2.5B_0$ 임을 알 수 있다.

A와 C에 각각  $+y, -y$  방향으로 전류가 흐를 때 A와 C의 전류는 p에서 각각  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장을 형성하므로 A, B, C의 전류에 의한 p에서의 자기장의 세기는  $5B_0 - 3B_0 = 2B_0$ 이다.

ㄷ. ⊙은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이고, ⊗은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

## 09 전자기 유도

**예설** 자석이 구리관 내부를 내려가는 동안 구리관에 유도 전류가 흐른다. 즉, 자석의 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되고 있으므로 자석에는 항상 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용한다.

**정답맞이기** ㄴ.  $t=1$ 초일 때 자석이 구리관에 작용하는 힘의 크기는  $0.1w$ 이고,  $t=2$ 초 이후 자석이 구리관에 작용하는 힘의 크기가  $0.2w$ 이므로  $t=1$ 초는 자석의 속력이 증가하고 있는 순간이다. 따라서 자석의 가속도 방향은 중력 가속도 방향과 같은 연직 아래 방향이다.

**오답맞이기** ㄱ. 자석이 구리관을 내려가는 동안 구리관은 자석의 운동 방향과 반대 방향으로 자석에 자기력을 작용한다. 자석이 p를 지나기 직전과 직후 구리관에 작용하는 자기력의 방향은 항상 아래 방향이다.

ㄷ.  $t=3$ 초일 때, 저울로 측정된 구리관의 무게가  $1.2w$ 이므로 자석이 구리관에 작용하는 자기력이  $0.2w$ 이다. 따라서  $t=3$ 초일 때, 구리관에는 유도 전류가 흐르고 있다.

## 10 에너지 준위와 빛의 방출

**예설** 보어의 수소 원자 모형에서 전자 1개가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때 두 준위의 에너지 차에 해당하는 에너지를 갖는 광자 1개가 방출된다.

**정답맞이기** ㄱ. a는  $n=2$ 에서  $n=1$ 로 전이하는 과정에서 방출되는 광자이며, b는  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이하는 과정에서 방출되는 광자이다. 따라서 에너지가 더 큰 a가 b보다 진동수가 크다.

ㄴ. a의 진동수를  $f_a$ , b의 진동수를  $f_b$ 라 하면,

$$E_2 - E_1 = hf_a, E_3 - E_2 = hf_b \text{이다. 따라서 } f_a + f_b = \frac{E_3 - E_1}{h} \text{이다.}$$

**오답맞이기** ㄷ. 바닥상태의 수소 원자에 a를 입사시키면 a는 수소 원자에 흡수될 수 있다.

## 11 줄에서의 정상파

**예설** 줄에서 정상파가 생길 때 줄 양 끝의 고정된 지점이 정상파의 마디가 된다.

**정답맞이기** ㄱ. A와 B에서 모두 기본 진동의 정상파가 생겼으므로 줄의 양 끝 사이의 거리가 반파장에 해당한다. 따라서 A에서의 파장은  $2L$ , B에서의 파장은  $4L$ 이다.

ㄴ. A의 진동수가 B의 진동수의 2배이므로 A에서 만들어진 소리는 B에서 만들어진 소리보다 한 옥타브 높은 음이다.

ㄷ. 파동의 속력을  $v$ , 진동수를  $f$ , 파장을  $\lambda$ 라 할 때,  $v = f\lambda$ 라는 식이 성립한다. A에서의 정상파는 파장과 진동수가 각각 B에서의 정상파에 비해  $\frac{1}{2}$ 배, 2배이므로 A를 따라 진행하는 파동의 속력과 B를 따라 진행하는 파동의 속력은 같다.

## 12 광전 효과

**예설** 금속에 문턱 진동수 이상의 빛을 비추면 광전자가 방출되고, 이때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비추는 빛의 진동수가 클수록 크다.

**정답맞이기** ㄱ. B와 C를 비추었을 때, P에서는 광전자가 방출되지 않고 Q에서는 광전자가 방출되고 있으므로 문턱 진동수는 P가 Q보다 크다.

ㄷ. A, B, C 중에서 A가 진동수가 가장 큰 파란색 빛이므로, Q에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 A와 B를 비출 때가 B와 C를 비출 때보다 크다.

**오답맞이기** ㄴ. P에 A와 B를 비출 때는 광전자가 방출되지만, B와 C를 비출 때 광전자가 방출되지 않는 것을 통해 A가 빛의 삼원색 중 진동수가 가장 큰 파란색 빛임을 알 수 있다.

## 13 안테나와 무선 통신

**예설** 안테나는 전파를 송신하거나 수신하기 위하여 사용하는 장치로, 전파를 수신할 때 전자기 공명을 이용한다.

**정답맞이기** ㄴ. 수신 회로의 진동수를 수신하고자 하는 전파의 진동수와 같도록 조절했을 때 나타나는 전자기 공명을 이용해 전파를 수신한다.

ㄷ. 수신 회로의 코일과 축전기의 특성을 조절하여 수신 회로의 공명

(고유) 진동수를  $1.2f_0$ 으로 바꾸면 진동수가  $1.2f_0$ 인 전파의 방송을 수신할 수 있다.

**오답피하기** > ㄱ. 안테나의 전자는 진동수가 다양한 전파에 의해 다양하게 진동할 수 있다.

## 14 교류와 신호 조절

**예설** | 코일에는 교류 전원의 진동수가 클수록 전류가 잘 흐르지 못하고, 축전기에는 교류 전원의 진동수가 클수록 전류가 잘 흐른다.

**정답맞이기** > 코일은 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 커지고, 축전기는 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 작아진다. 따라서  $I_A < I_0$ 이고  $I_0 < I_B$ 이다.

## 15 정보 저장 장치

**예설** | 하드 디스크는 자기장을, DVD는 빛을, 플래시 메모리는 반도체를 이용해 정보를 저장하는 장치이다.

**정답맞이기** > ㄷ. 플래시 메모리는 반도체를 이용해 정보를 저장하는 장치로 전력 소모가 작고 물리적 충격이나 외부 자기장에도 거의 정보가 손상되지 않는다.

**오답피하기** > ㄱ. 하드 디스크에 자기장을 이용해 정보를 저장하기 위해서는 외부 자기장을 제거하더라도 자기화된 상태가 유지될 수 있는 강자성체를 이용해야 한다.

ㄴ. DVD는 CD보다 사용하는 빛의 파장이 짧아 더 많은 정보를 저장할 수 있다.

## 16 핵의 변환

**예설** | 질량이 작은 원자핵이 큰 원자핵으로 변하는 핵융합이나 질량이 큰 원자핵이 작은 원자핵으로 나누어지는 핵분열 과정에서는 반응 전후 질량 결손에 의해 큰 에너지가 방출된다.

**정답맞이기** > ㄴ. (나)에서 질량이 작은 원자핵이 질량이 큰 원자핵으로 변하고 있으므로 (나)는 핵융합 과정이다.

ㄷ. 핵반응 과정에서 방출되는 에너지가 (나)에서가 (가)에서보다 더 크기 때문에 핵반응 과정에서 질량 결손은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

**오답피하기** > ㄱ. (가)에서 질량수 보존을 적용하면 X의 질량수는 1, 전하량 보존을 적용하면 X의 양성자수는 1이다. 따라서 X는 수소( $H$ ) 원자핵(양성자)이다.

## 17 여러 가지 발전

**예설** | 태양광 발전을 제외한 대부분의 발전 방식은 터빈의 회전을 통해 전자기 유도 현상에 의해 발생하는 유도 전류를 이용해 전기 에너지를 생산한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 재생 에너지를 이용하지 않는 발전 방식은 화력 발전과 원자력 발전 2가지이다.

ㄷ. A~E 중에서 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되지 않는 발전 방식은 태양광 발전 방식이다. 태양광 발전에는 p형 반도체와 n형 반도체가 이용된다.

**오답피하기** > ㄴ. A는 핵분열할 때 발생하는 에너지를 이용하는 발전 방식으로 원자력 발전을 말한다. 원자력 발전은 날씨에 거의 영향을 받

지 않는다.

## 18 힘의 평형과 안정성

**예설** | 물체가 역학적 평형 상태에 있기 위해서는 힘의 평형뿐만 아니라 돌림힘의 평형도 이루어야 한다.

**정답맞이기** > 평형이 깨지면 바벨 봉이 왼쪽으로 기울어지기 시작할 것이므로 오른쪽 받침대가 떠받치는 힘은 고려하지 않고, 왼쪽 받침대를 기준으로 단위를 생략하고 중력 가속도는 상쇄시킨 후 돌림힘의 평형을 적용하면, 시계 반대 방향으로 회전시키는 돌림힘의 상대적 크기는  $22 \times 20 = 440$ 이고, 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘의 상대적 크기는  $(82 \times 20) + (30 \times 20) = 2240$ 이다. 즉, 시계 방향으로 회전시키는 돌림힘의 상대적 크기가 1800 더 크다.

왼쪽과 오른쪽 바벨 봉에 각각 추가하는 질량 20 kg짜리 바벨과 5 kg짜리 바벨의 최대 개수를  $n$ 이라 하면,  $(24 + 2n)20n - (84 + 2n)5n < 1800$ 의 관계가 성립한다. 정리하면  $n < \sqrt{61} - 1$ 이고, 최대 개수  $n = 6$ 개이다.

## 19 유체에서의 압력

**예설** | 밀도가  $\rho$ 인 유체가 정지해 있을 때,  $h$ 만큼 높이 차가 나는 두 지점의 압력 차는  $\rho gh$ 이다.

**정답맞이기** > C의 질량을  $m$ , 중력 가속도를  $g$ 라 하면,  $\rho gh = \frac{2mg}{2S}$ 이고,  $m = \rho Sh$ 이다. C를 피스톤 위에서 치우기만 할 경우를 가정하면, 이 경우 A와 B에 있는 두 액체면의 높이 차는  $\frac{h}{2}$ 가 되는데, 이때 B의 액체면이 올라간 높이를  $x$ 라 하면 A의 액체면이 내려온 높이는  $2x$ 이다. 즉,  $x + 2x = \frac{h}{2}$ 일 때 두 액체면 사이의 높이 차는  $\frac{h}{2}$ 이므로 B의 액체면이 올라간 높이는  $x = \frac{h}{6}$ 가 된다. 그런데 C를 액체에 넣으면 B의 액체면이 올라간 높이가  $\frac{h}{3}$ 가 된다고 하였으므로 C의 부피 때문에 A와 B 전체에서  $\frac{h}{6}$ 만큼의 액체면의 상승이 일어났다고 생각할 수 있다. 즉, C의 부피는  $3S \times \frac{h}{6} = \frac{Sh}{2}$ 이다. 따라서 C의 밀도는  $\frac{\rho Sh}{\frac{Sh}{2}} = 2\rho$ 이다.

## 20 열역학 법칙

**예설** | 열을 가하는 동안 A 위에 놓여 있는 추의 질량 변화가 없으므로 (가) → (나) 과정은 A와 B의 압력이 일정한 등압 과정이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가) → (나) 과정에서 B는 열량  $Q$ 를 받아 등압 팽창하였으므로 온도가 증가하고 내부 에너지도 증가하였다.

ㄴ. A 위에 놓여 있는 추의 질량 변화가 없으므로 A의 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

**오답피하기** > ㄷ. (가) → (나) 과정에서 A는 단열된 상태로 압력이 일정하게 유지되므로 부피도 일정해야만 한다. 따라서 온도도 일정하게 유지되고 내부 에너지 변화도 없다. 즉, B가 A에 한 일만큼 A도 추에 동일한 일을 하므로 A의 내부 에너지 변화는 없다.