

# 해 角牛

우공비  
물리 I

# 채움해설서

## 본(本) 개념비법서

### I 시공간과 우주

- 01. 시간, 공간, 운동(1) 2
- 02. 시간, 공간, 운동(2) 8
- 03. 시공간의 새로운 이해(1) 16
- 04. 시공간의 새로운 이해(2) 21

### II 물질과 전자기장

- 05. 전기장 29
- 06. 자기장 34
- 07. 물질의 구조와 성질 42

### III 정보와 통신

- 08. 소리 50
- 09. 빛 55
- 10. 정보의 전달과 저장 60

### IV 에너지

- 11. 에너지의 발생 70
- 12. 돌림힘과 유체의 이용 76
- 13. 열역학과 에너지 전환 80

## 별(別) 시험대비서 87



01 시간, 공간, 운동(1)

01 ㉠ 시간, 길이의 측정과 표준

개념 확인문제 ● 본책 9쪽

- 1 시간 2 (1) ㉠ 시각 ㉡ 계절(절기) (2) 표준 시간대  
3 1초, 1m 4 (1) × (2) ○ 5 위도

2 (2) 지구의 자전으로 인해 태양의 남중 시각이 지역마다 다르므로, 일정 지역마다 대표가 되는 곳의 남중 시각을 기준으로 하는 표준 시간대를 사용한다.

4 (1) 공간상의 한 점을 위치, 공간상의 두 점을 연결한 선분의 길이를 거리라고 한다.

5 적도에서 북쪽이나 남쪽으로 얼마나 떨어져 있는지를 나타낸 위치를 위도라 하며, 북극성의 고도를 관측하여 측정한다. 그리고 본초 자오선에서 동쪽이나 서쪽으로 얼마나 떨어져 있는지를 나타낸 위치를 경도라고 한다.

● 본책 10~11쪽

**문제 다지기**

**기본문제** 01 ② 02 ④ 03 ③ 04 오전 10시  
05 ② 06 ④ 07 ⑤

**실력문제** 08 ⑤ 09 ① 10 해설 참조 11 ⑤  
12 ①

01  
**알짜풀이** ● ② 현재 가장 정확한 시계는 원자가 방출하는 특정한 빛의 진동수를 이용하여 시간을 측정하는 원자시계이다.

**오답넘기** ● ① 두 사건 사이의 길이를 시간이라 하고, 어떤 사건이 일어난 시점을 시각이라고 한다.

③ 시간은 해나 별의 운동, 원자의 진동과 같이 자연에서 주기적으로 반복되는 현상을 이용하여 측정한다.

④ 1초에 대한 정의는 평균 태양일을 이용한 태양시에서 1년 길이를 이용한 역표시로, 다시 원자에서 방출하는 특정한 빛의 진동수를 이용한 원자시로 바뀌었다.

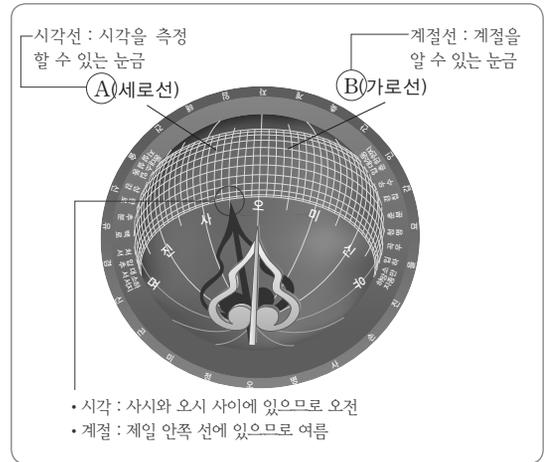
⑤ 현재는 1초를 세슘 원자가 방출하는 특정한 파장의 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸린 시간으로 정의한다.

답 ②

02  
**알짜풀이** ● 시간의 측정 기준은 지구의 자전이나 지구의 공전, 줄에 매달린 진자의 진동, 원자가 흡수 또는 방출하는 빛의 진동수 등과 같이 주기적으로 반복되는 자연 현상을 이용하여 정한다.

④ 자유 낙하 운동은 주기적으로 반복되는 운동이 아니므로 시간의 측정 기준으로 사용하기에 적절하지 않다. 답 ④

03 | 자료 분석하기 |



필수 자료 ● 알짜풀이 ● ③ 영침의 그림자가 닿는 곳의 가로선이 제일 안쪽에 있으므로 여름철이고, 세로선은 사시와 오시 사이이므로 오전이다. 즉, 현재는 6월 22일 하지 오전 11시이다.

**오답넘기** ● ① A는 세로선이므로 A를 보면 시각을 알 수 있다.  
② B는 가로선이므로 B를 보면 계절을 알 수 있다.  
④ 양부일구의 영침이 항상 북극을 가리키도록 나침반을 이용하여 양부일구를 놓아야 한다.  
⑤ 인접한 두 세로선(시각선) 사이의 간격은 1각, 즉 15분을 의미한다. 답 ③

04  
**알짜풀이** ● 동경 75°가 기준인 표준 시간대는 동경 135°가 기준인 표준 시간대보다 시간이  $\frac{60^\circ}{15^\circ} = 4(\text{시간})$  더 늦다. 따라서 철수가 출발한 시간이 A 나라의 표준시로 오전 5시이므로 그 나라에 도착한 시각은 오전 10시이다. 답 오전 10시

보충 설명 ● 알짜풀이 ● 동경 75°가 기준인 표준 시간대는 동경 135°가 기준인 표준 시간대보다 시간이  $\frac{60^\circ}{15^\circ} = 4(\text{시간})$  더 늦다. 따라서 철수가 출발한 시간이 A 나라의 표준시로 오전 5시이므로 그 나라에 도착한 시각은 오전 10시이다. 답 오전 10시

05  
**알짜풀이** ● ② 1983년 제 17차 국제도량형 총회에서 1m는 빛이 진공 중에서  $\frac{1}{299,792,458}$ 초 동안 진행한 거리라고 정의하였고, 현재 이 정의를 사용하고 있다.

**오답넘기** ● ① 소리의 속력은 공기의 밀도나 기온에 따라 달라진다. 따라서 소리의 진행 거리는 길이의 표준으로 사용하기에 적절하지 않다.

③ 1870년 파리의 미터법 국제 위원회에서 백금과 이리듐의 합금으로 된 1m 길이의 막대 모양 미터원기를 만들어 표준으로 정하였다.

④ 1791년 프랑스 과학 아카데미에서 1m를 파리를 지나는 자오선상에서 지구 둘레의  $\frac{1}{40,000,000}$ 배로 정하였다.

⑤ 1960년 제 11차 도량형 일반 협의회에서 1m를 진공에서 크립톤 원자( $^{86}\text{Kr}$ ) 스펙트럼의 적색선 파장의 1,650,763.73배로 정하였다. 답 ②

06

**알짜풀이** ● 호의 길이는 중심각의 크기에 비례한다. 따라서  $2\pi R : s = 360^\circ : \theta$ 에서  $s = \pi R \times \frac{\theta}{180^\circ}$ 이다. **답 ④**

07

**알짜풀이** ● GPS는 미사일 유도, 비행기 항법, 지도 제작, 시각 동기화의 목적으로 사용된다.  
 ⑤ 고속 차량 단속에 사용되는 속도 측정기는 달리는 자동차를 향해 전파를 발사할 때 반사되는 전파의 진동수 변화를 측정하여 자동차의 속력을 측정한다. 이것은 도플러 효과를 이용한 장치로, GPS와는 관련이 없다. **답 ⑤**

08 | 자료 분석하기 |



(가) 흐르는 물의 양 (나) 해의 움직임을 (다) 별의 규칙적인 움직임을 이용한 물시계 이용한 해시계 직임을 이용한 별시계

**알짜풀이** ● (가)는 일정한 빠르기로 흐르는 물의 양을 가지고 시각을 측정하는 자격루(물시계)이고, (나)는 해의 이동에 의한 그림자 변화를 관찰하여 시각과 계절을 측정하는 앙부일구(해시계)이다. (다)는 북극성을 중심으로 회전하는 별자리를 관찰하여 밤에 시각을 측정하는 일성정시의(별시계)이다. 물시계와 별시계는 밤에도 시각을 측정할 수 있지만, 해시계는 낮에만 시각을 측정할 수 있다. **답 ⑤**

09

**알짜풀이** ● ㄱ. 지구 둘레  $\times \frac{1}{40,000,000} = 1\text{m}$ 이므로 파리를 지나는 자오선상에서 지구의 둘레는  $40,000,000\text{m} = 40,000\text{km}$ 이다. 따라서 북극에서 적도까지 같은 자오선을 따라 이동할 때 이동한 거리는  $40,000\text{km} \times \frac{1}{4} = 10,000\text{km}$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 북극과 적도의 위도 차이는  $90^\circ$ 이므로, 경도는 같고 위도가  $9^\circ$  차이가 나는 지표면 위의 두 지점 사이의 거리는  $10,000\text{km} \times \frac{9^\circ}{90^\circ} = 1,000\text{km}$ 이다.

ㄷ. 위도는 같고 경도가  $1^\circ$  차이가 나는 지표면 위의 두 지점 사이의 거리는 적도에서 최대가 되고, 극지방으로 갈수록 작아져서 극에서는 0이 된다. **답 ①**

10

**모범답안** ● 영침의 그림자 길이가 가장 짧을 때이므로 현재 태양이 남중하고 있다. 지구는 24시간 동안  $360^\circ$ 를 자전하므로 경도  $1^\circ$ 를 자전하는 데 걸리는 시간은 4분이다. 동경  $127^\circ$ 인 지역에서 태양이 남중하는 시각은 동경  $135^\circ$ 인 지역에서 태양이 남중하는 시각(우리나라 표준시로 12시)보다 4

우공비 BOX

용어 알기

GPS(Global Positioning System)  
 인공위성을 이용한 위치 확인 시스템이에요.

보충 설명

GPS 인공위성에서 수신기까지의 거리는 인공위성에서 수신기까지 전파가 이동하는 시간  $\times$  시간으로 계산해요. 이때 GPS 인공위성은 원자시계를 사용하여 정확한 시간 측정을 하고, 수신기 중에도 정밀한 것은 원자시계와 같은 정밀한 시계가 들어 있어 상대론적 효과도 고려하여 시간을 정밀하게 측정하지요.

보충 설명

두 점 사이의 거리를  $s$ 라 하면 지구 둘레 :  $s = 360^\circ : 9^\circ$ 에서  $s = \frac{9^\circ}{360^\circ} \times 40,000\text{km} = 1,000\text{km}$ 이에요.

분  $\times 8 = 32$ 분 더 늦으므로, 현재 시각은 우리나라 표준시로 12시 32분이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 영침의 그림자 길이가 가장 짧을 때이므로 현재 태양이 남중하고 있다고 설명한 경우	50%

11

**알짜풀이** ● ㄱ. 알렉산드리아가 시에네의 정북쪽에 있으므로 두 도시는 같은 자오선상에 있고 경도가 같다.  
 ㄴ. 지구에 도달하는 태양 광선들은 평행하므로 알렉산드리아와 시에네가 지구 중심과 이루는 각은  $7.2^\circ$ 이다. 알렉산드리아와 시에네의 경도가 같으므로 두 도시의 위도 차이는  $7.2^\circ$ 이다.  
 ㄷ. 지구 둘레를  $L$ 이라 하면  $L : l = 360^\circ : 7.2^\circ$ 이므로  $L = \frac{360^\circ}{7.2^\circ} \times l = 50l$ 이다. **답 ⑤**

12

**알짜풀이** ● ㄱ. GPS 인공위성은 정밀한 원자시계를 이용하여 정확한 시간을 측정하고, GPS 수신기는 정밀도에 따라서 수정시계나 원자시계를 이용하여 시간을 측정한다.  
**오답넘기** ● ㄴ. GPS 인공위성은 시간에 따른 자신의 위치 정보(위도, 경도, 고도)를 계속해서 제공하고, GPS 수신기는 이 신호를 수신한 시각과 신호가 발사된 시각의 차이를 이용하여 수신기와 인공위성까지의 거리를 계산한다.  
 ㄷ. 지표면에 있는 GPS 수신기의 위치를 알기 위해서는 최소한 3개 이상의 GPS 인공위성에서 내보낸 전파 신호를 이용해야 한다. **답 ①**

02 강 물체의 운동

개념 확인 문제

● 본책 13쪽

- 1 평균 속력 : 2 m/s, 평균 속도 : 북쪽으로 1 m/s  
 2 서쪽으로 15 m/s 3 (1) ○ (2) ○ (3) × 4 2 m/s<sup>2</sup>

1 10초 동안 물체의 평균 속력은  $\frac{15+5}{10} = 2(\text{m/s})$ 이고, 평균 속도는 북쪽으로  $\frac{15-5}{10} = 1(\text{m/s})$ 이다.

2 동쪽을 (+)로 할 때, 철수에 대한 지수의 상대 속도 = 지수의 속도 - 철수의 속도 =  $-5 - 10 = -15(\text{m/s})$ 이다.

3 (3) 등가속도 운동은 가속도의 크기와 방향이 일정한 운동이다.

4 가속도 =  $\frac{\text{나중 속도} - \text{처음 속도}}{\text{걸린 시간}}$   
 $= \frac{20 - 10}{5} = 2(\text{m/s}^2)$

문제 다지기

● 본책 14~15쪽

- 기/본/문/제 01 (1) 5배 (2) 3 m/s 02 ④ 03 ②, ③  
 04 ⑤ 05 ④ 06 ②  
 실/력/문/제 07 ① 08 ⑤ 09 해설 참조 10 ⑤  
 11 ③

01

알짜풀이 ● (1) 0~5초 동안 물체가 이동한 거리 = 6 + 9 = 15(m)이고 물체의 변위의 크기는 3 m이므로, 평균 속력 =  $\frac{15}{5} = 3(\text{m/s})$ 이고 평균 속도의 크기는  $\frac{3}{5} = 0.6(\text{m/s})$ 이다. 즉, 평균 속력은 평균 속도의 크기의 5배이다.  
 (2) 2~4초 동안 물체는 일정한 빠르기로 6 m를 이동하므로 3초일 때의 속력 =  $\frac{6}{2} = 3(\text{m/s})$ 이다. ㉑ (1) 5배 (2) 3 m/s

02

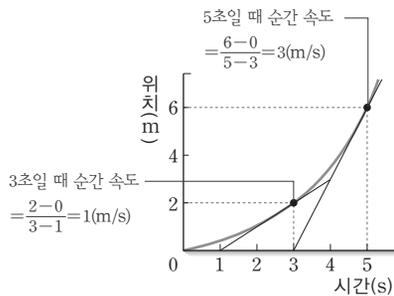
알짜풀이 ● 동쪽을 (+)라고 할 때 A에서 본 B의 속도 = 80 - 100 = -20(km/h)이므로 A가 볼 때 B는 서쪽으로 20 km/h의 속력으로 운동하는 것처럼 보인다. B에서 본 A의 속도 = 100 - 80 = 20(km/h)이므로 B가 볼 때 A는 동쪽으로 20 km/h의 속력으로 운동하는 것처럼 보인다. ㉑ ④

03

알짜풀이 ● ② 속도는 속력과 운동 방향을 함께 나타내므로 속도가 일정하면 속력과 운동 방향 모두 일정하다.  
 ③ 가속도는 속도의 변화량을 걸린 시간으로 나눈 값이므로 속도가 일정하면 가속도는 항상 0이다.  
 오답نب기 ● ① 속력이 일정해도 운동 방향이 변하면 속도는 일정하지 않다.  
 ④ 가속도가 일정하면 속도가 일정하게 증가하거나 일정하게 감소한다. 속도가 일정한 경우는 가속도가 0일 때이다.  
 ⑤ 속도의 증가량이 일정하면 가속도는 일정하다. 따라서 속도가 증가할 때 가속도가 항상 증가하는 것은 아니다. ㉑ ②, ③

04 | 자료 분석하기 |

위치-시간 그래프에서 한 점에 그은 접선의 기울기는 순간 속도를 의미하고, 두 지점 사이의 기울기는 평균 속도를 의미한다.



알짜풀이 ● ㄱ. 위치-시간 그래프에서 접선의 기울기가 증가하므로 속도의 크기, 즉 속력이 증가한다.

우공비 BOX

조심조심

물체의 운동 상태는 관찰자의 운동 상태에 따라 다르게 느껴져요.

보충 설명

등속도 운동에서 이동 거리는  $s=vt$ 로 구할 수 있어요. 등가속도 운동에서 이동 거리는  $s=vt + \frac{1}{2}at^2$ 인데, 순찰차의 처음 속도가 0이므로  $v_0=0$ 이 되어  $s=\frac{1}{2}at^2$ 으로 구할 수 있어요.

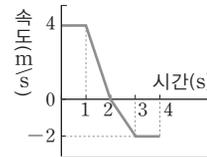
조심조심

B가 A에 대하여 동쪽으로 10 m/s의 속도로 운동한다는 말은 A에 대한 B의 상대 속도가 동쪽으로 10 m/s라는 의미예요.

ㄴ. 3~5초 동안 물체의 변위는 4 m이므로 평균 속도의 크기는  $\frac{4}{2} = 2(\text{m/s})$ 이다.  
 ㄷ. 3초일 때 순간 속도는  $\frac{2-0}{3-1} = 1(\text{m/s})$ 이고, 5초일 때 순간 속도는  $\frac{6-0}{5-3} = 3(\text{m/s})$ 이다. 따라서 3~5초 동안 평균 가속도의 크기는  $\frac{3-1}{5-3} = 1(\text{m/s}^2)$ 이다. ㉑ ⑤

05 | 자료 분석하기 |

속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 변위를 나타낸다.



구분	변위
0~2초	$\frac{1}{2} \times 4 \times (1+2) = 6(\text{m})$
2~3초	$\frac{1}{2} \times (-2) \times 1 = -1(\text{m})$
3~4초	$(-2) \times 1 = -2(\text{m})$

알짜풀이 ● ㄱ. 0~3초 동안의 이동 거리 = 6 + 1 = 7(m)이다.  
 ㄷ. 0~4초 동안 평균 가속도 =  $\frac{-2-4}{4} = -1.5(\text{m/s}^2)$ 이므로 평균 가속도의 크기는 1.5 m/s<sup>2</sup>이다.  
 오답نب기 ● ㄴ. 0~4초 동안 물체의 변위는 6 - 1 - 2 = 3(m)이므로 평균 속도의 크기는  $\frac{3}{4} = 0.75(\text{m/s})$ 이다. ㉑ ④

06

알짜풀이 ● 자동차는 등속도 운동을 하고, 순찰차는 등가속도 운동을 하며, 자동차와 순찰차의 이동 거리가 같을 때 만난다. 따라서 서로 만나는 시간을 t라고 하면  $40 \times t = \frac{1}{2} \times 5 \times t^2$ 에서 t = 16(s)이다. 또한 t = 16초이므로 순찰차가 자동차를 따라잡을 때까지 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 5 \times 16^2 = 640(\text{m})$ 이다. ㉑ ②

07

알짜풀이 ● 동쪽을 (+)로 하면 서쪽은 (-)이므로  $v_A = -25 \text{ m/s}$ 이다. 자동차 A, B, C의 지면에 대한 속도를 각각  $v_A, v_B, v_C$ 라 하면 B는 A에 대하여 동쪽으로 10 m/s의 속력으로 운동하므로  $v_{AB} = v_B - v_A$ 에서  $v_B = v_{AB} + v_A = 10 + (-25) = -15(\text{m/s})$ 이다. C는 A에 대하여 동쪽으로 35 m/s의 속력으로 운동하므로  $v_{AC} = v_C - v_A$ 에서  $v_C = v_{AC} + v_A = 35 + (-25) = 10(\text{m/s})$ 이다. 따라서 A, B, C의 속도의 크기는  $v_A > v_B > v_C$ 이다. ㉑ ①

08

알짜풀이 ● ⑤ (+)는 동쪽을, (-)는 서쪽을 나타낸다. 따라서 0~t초 동안 자동차의 운동 방향은 동쪽이고 가속도의 방향은 서쪽이지만, t초 이후에는 자동차의 가속도와 운동 방향이 모두 서쪽이다.  
 오답نب기 ● ① -2 m/s<sup>2</sup>의 가속도로 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 속도가 0초일 때 20 m/s, t초일 때 0이므로  $0 = 20 + (-2) \times t$ 에서 t = 10(s)이다.

② 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도를 나타내므로  $\text{가속도} = \frac{-4-20}{12} = -2(\text{m/s}^2)$ 이다. 따라서 가속도의 크기는  $2 \text{ m/s}^2$ 로 일정하다.

③, ④ 속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이가 변위를 나타내므로 0~10초 동안 동쪽으로 100 m 이동하고, 10~12초 동안 서쪽으로 4 m 이동한다. 따라서 0~12초 동안 이동한 거리는  $100 \text{ m} + 4 \text{ m} = 104 \text{ m}$ 이고, 변위는 동쪽으로  $100 \text{ m} - 4 \text{ m} = 96 \text{ m}$ 이다. 평균 속도는 변위를 걸린 시간으로 나눈 값이므로 평균 속도의 크기는  $\frac{96}{12} = 8(\text{m/s})$ 이다. **답 ⑤**

09

**모범답안** ● 0초에서 1초까지 이동한 거리는  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 0 \times 1 + \frac{1}{2} \times 4 \times 1^2 = 2(\text{m})$ 이고, 1초일 때 속도가  $v = v_0 + at = 0 + 4 \times 1 = 4(\text{m/s})$ 이므로 1초에서 2초까지 이동한 거리는  $4 \times 1 + \frac{1}{2} \times 2 \times 1^2 = 5(\text{m})$ 이다. 따라서 0초에서 2초까지 물체의 평균 속력은  $\frac{2 \text{ m} + 5 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 3.5(\text{m/s})$ 이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 0초에서 2초까지 이동한 거리를 바르게 구한 경우	50 %

10

**알짜풀이** ● 나. 고무풍선 차의 위치가 계속 증가하므로 속도는 모두 (+)방향이다. 즉, 고무풍선 차는 진행 방향이 변하지 않았다.

다. 0.2~0.3초 동안 속도가  $300 \text{ cm/s}$ 이므로  $\frac{(가)-30}{0.1} = 300$ 에서 (가)에 들어갈 값은  $600(\text{cm})$ 이고, 0.3~0.4초 동안 위치 변화량이  $100 - 60 = 40(\text{cm})$ 이므로 속도는  $\frac{40}{0.1} = 400(\text{cm/s})$ 이다. 따라서 (나)에 들어갈 값은 400이다.

**오답نب기** ● 가. 고무풍선 차의 속도 변화량이  $100 \text{ cm/s}$ 로 일정하므로 고무풍선 차는 등가속도 직선 운동을 한다. **답 ⑤**

11 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 다. 기준선 P에서 Q까지 운동하는 동안 A, B의 평균 속도의 크기는  $10 \text{ m/s}$ 로 같다. 따라서 기준선 Q를 지날 때 A의 속도를  $v$ 라 하면 평균 속도의 크기  $\frac{4+v}{2} = 10$ 에서  $v = 16(\text{m/s})$ 이다.

**오답نب기** ● 가. 등속 직선 운동을 하는 B가 기준선 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은  $0.5 \text{ s} \times 4 = 2 \text{ s}$ 이므로 B의 속

우공비 BOX

●보충 설명●

가속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이가 속도 변화량이에요. 처음에 물체가 정지해 있었으므로 0초에서 1초까지의 넓이를 구하면 1초일 때 물체의 속도를 구할 수 있어요.

●보충 설명●

**이동 거리**  
속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이가 이동 거리예요.

●쉽게쉽게●

기준선 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간이 같으므로 A와 B의 평균 속도는 같아요.

력은  $v = \frac{20}{2} = 10(\text{m/s})$ 이다.

나. A가 기준선 P에서 Q까지 이동하는 동안 등가속도 직선 운동을 하므로  $4 \times 2 + \frac{1}{2} \times a \times 2^2 = 20$ 에서 A의 가속도는  $a = 6(\text{m/s}^2)$ 이다. **답 ③**

우공비

비법 특강

●본책 16~17쪽

1 ② 2 ④ 3 ④ 4 ③

1

**알짜풀이** ● 나. 8초일 때 위치-시간 그래프에서 A의 접선의 기울기(=순간 속도)는 (+)값이고 B의 접선의 기울기는 0이다. 기울기의 절댓값이 속도의 크기이므로 8초일 때 속도의 크기는 A가 B보다 크다.

**오답نب기** ● 가. 1초일 때 접선의 기울기의 부호가 A의 경우는 (-)이고, B의 경우는 (+)이므로 A와 B의 속도의 방향은 반대이다. 운동 방향은 속도의 방향을 의미한다.

다. 0초에서 3초까지 A의 평균 속도는  $\frac{7-12}{3} = -\frac{5}{3}(\text{m/s})$

이고, B의 평균 속도는  $\frac{7-0}{3} = \frac{7}{3}(\text{m/s})$ 이다. 따라서 A와 B의 평균 속도의 크기는 각각  $\frac{5}{3} \text{ m/s}$ ,  $\frac{7}{3} \text{ m/s}$ 로 B가 A보다 크다. **답 ②**

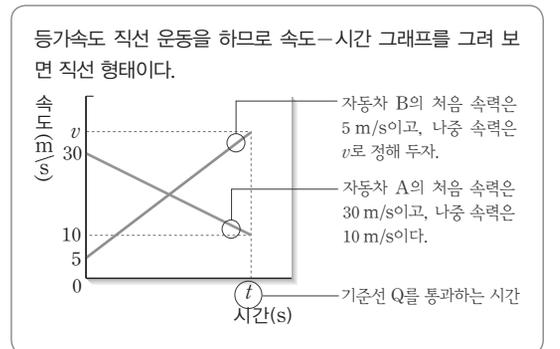
2

**알짜풀이** ● 나. 1초에서 3초까지 A의 속도가 B의 속도보다 항상 크므로 이동 거리는 A가 B보다 크다. 걸린 시간은 2초로 같으므로 평균 속력(=  $\frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}$ )은 A가 B보다 크다.

다. A, B의 속도가 1초일 때는  $2 \text{ m/s}$ 로 같고 3초일 때는  $6 \text{ m/s}$ 로 같으므로, 1초에서 3초까지 A와 B의 평균 가속도는  $\frac{6-2}{3-1} = 2(\text{m/s}^2)$ 으로 같다.

**오답نب기** ● 가. 그래프 A는 직선이므로 A의 가속도(=접선의 기울기)는 일정하다. 3초일 때 그래프 B의 접선의 기울기(=순간 가속도)가 그래프 A의 기울기보다 크므로 가속도의 크기는 B가 A보다 크다. **답 ④**

3 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 두 자동차 A와 B가 기준선 P와 Q를 동시에 통과하므로 0에서 t까지의 이동 거리가 같다. 즉, 속도-시간 그래프에서 그래프 아래 넓이가 같다.

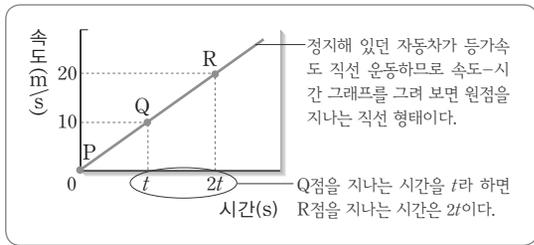
$\frac{1}{2} \times (30+10) \times t = \frac{1}{2} \times (5+v) \times t$ 이므로 기준선 Q를 통과하는 자동차 B의 속력은  $v=35(\text{m/s})$ 이다. ㉔ ④

**다른풀이** ● 등가속도 직선 운동에서 운동 방향이 변하지 않을 때 평균 속력은  $\frac{\text{처음 속도} + \text{나중 속도}}{2}$ 이므로 두 자동차

A, B의 평균 속력은  $\frac{1}{2} \times (30+10)$ 과  $\frac{1}{2} \times (5+v)$ 이다.

‘이동 거리=평균 속도×걸린 시간’이므로  $\frac{1}{2} \times (30+10) \times t = \frac{1}{2} \times (5+v) \times t$ 에서 자동차 B가 기준선 Q를 통과하는 속도는  $v=35(\text{m/s})$ 이다.

4 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. P점에서 R점까지의 거리는 P점에서 Q점까지의 거리의 4배이므로  $200 \text{ m} \times 4 = 800 \text{ m}$ 이다. 따라서 Q점에서 R점까지의 거리는  $800 \text{ m} - 200 \text{ m} = 600 \text{ m}$ 이다.

ㄴ. 자동차가 등가속도 운동을 하므로 Q점까지의 평균 속도는  $\frac{0+10}{2} = 5(\text{m/s})$ 이고, 거리가 200 m이므로 걸린 시간은

$t = \frac{s}{v} = \frac{200 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 40 \text{ 초}$ 이다.

**오답내기** ● ㄷ. Q점에서 R점까지 가는 동안의 속도 증가량이 P점에서 Q점까지 가는 동안의 속도 증가량과 같으므로, 걸린 시간도 같다. ㉔ ③

**다른풀이** ●  $2as = v^2 - v_0^2$ 을 이용한다. P점에서 Q점까지의 거리가 200 m이므로  $2a \times 200 = 10^2 - 0^2$ 에서 가속도는  $a = 0.25(\text{m/s}^2)$ 이다. Q점에서 R점까지의 거리는  $2 \times 0.25 \times s = 20^2 - 10^2$ 에서  $s = 600(\text{m})$ 이다. 이때 P점에서 Q점까지 가는 데 걸린 시간은  $v = v_0 + at$ 에서  $10 = 0 + 0.25 \times t$ 이므로  $t = 40(\text{초})$ 이다.

우공비 BOX

● 보충 설명

양부일구는 반구형의 대접 모양으로, 반구형 안에는 동지에서 하지에 이르는 24절기를 13선의 계절선(가로선)으로 새겨 넣고, 수직으로 7개의 시각선(세로선)을 새겨 넣었어오.

● 보충 설명

**북극성의 고도**  
지평선과 북극성의 별빛이 이루는 각도로, 북극성의 고도는 그 지방의 위도예요.

● 보충 설명

P점에서 Q점까지의 거리는 0에서 t까지 시간 축과 그래프를 둘러싸인 부분의 넓이와 같으므로,  $\frac{1}{2} \times 10 \times t = 200$ 에서  $t = 40(\text{s})$ 이예요. 그리고 자동차의 가속도는 그래프의 기울기와 같으므로  $\frac{10}{40} = 0.25(\text{m/s}^2)$ 이예요.

● 보충 설명

위치-시간 그래프에서 접선의 기울기는 순간 속도이므로 기울기의 부호는 속도의 방향, 즉 운동 방향을 나타내는 거예요.

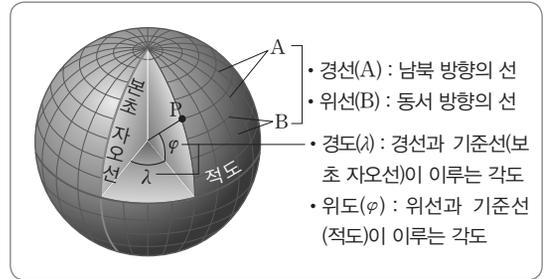
01

**알짜풀이** ● ㄱ. 영침의 그림자가 미시(14시)에서 2각 지난 곳에 위치하며, 인접한 두 시각선 사이의 간격이 1각, 즉 15분을 의미하므로 현재 시각은 오후 2시 30분이다.

ㄴ. 시각마다 그림자가 세로선의 다른 곳에 위치하여 시각을 알 수 있고, 계절마다 그림자가 가로선의 다른 곳에 위치하여 계절이나 달을 알 수 있다.

**오답내기** ● ㄷ. 양부일구는 해시계이므로 실외에 설치하고, 해가 없는 밤에는 시각을 알려줄 수 없다. ㉔ ③

02 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. λ는 경도로, 경도는 그 지점의 자오선과 본초 자오선 사이의 각도이다. φ는 위도로, 위선과 적도 사이의 각도이다.

ㄴ. 위도(φ)는 북극성의 고도를 이용하여 측정할 수 있다.

**오답내기** ● ㄴ. 양 극으로 갈수록 경선(A) 사이의 거리는 점점 더 가까워진다.

ㄷ. 양 극으로 갈수록 위선(B)의 길이가 점점 짧아진다. 따라서 적도에서 위선의 길이가 가장 길다. ㉔ ②

03

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 등가속도 직선 운동에서 변위와 시간의 관계식  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $t=2$ 초일 때는  $s = -4 \text{ m}$ 이므로

$-4 = 2 \times v_0 + \frac{1}{2} \times a \times 2^2$ 이고,  $t=4$ 초일 때는  $s=0$ 이므로  $0 = 4 \times v_0 + \frac{1}{2} \times a \times 4^2$ 이다. 이 두 식을 연립하면  $v_0 = -4 \text{ m/s}$ ,  $a = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.

**오답내기** ● ㄷ. 0초와 4초일 때 위치는 0이므로 0~4초 동안 변위는 0이고, 평균 속도의 크기는 0이다. ㉔ ③

04

**알짜풀이** ● ㄴ. 1초일 때 A의 기울기의 부호는 (+)이고, B의 기울기의 부호는 (-)이므로 운동 방향은 서로 반대이다.

ㄷ. 2초일 때 A에서 B까지의 거리는  $4 - (-4) = 8(\text{m})$ 이고, 4초일 때 A에서 B까지의 거리는  $8 - 4 = 4(\text{m})$ 이다.

**오답내기** ● ㄱ. 위치-시간 그래프에서 A의 기울기(속도)가 일정하므로 속력(속도의 크기)은 일정하다. ㉔ ⑤

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 0~4초 동안 물체가 한쪽 방향으로 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times (2+4) \times 8 = 24(\text{m})$ 이고, 4~7초 동안 물체가 반대 방향으로 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 1 \times 4 + 2 \times 4 = 10(\text{m})$ 이다.

수능만능! 실력 굳히기 ● 본책 18~21쪽

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

따라서 0~7초 동안 이동한 거리는  $24+10=34(\text{m})$ 이다.  
 나. 0~7초 동안 변위의 크기는  $24-10=14(\text{m})$ 이므로 평균 속도의 크기는  $\frac{14}{7}=2(\text{m/s})$ 이다.

**오답넘기** ● 다. 4~5초 동안 속력이 증가하며, 이때 물체가 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 1 \times 4=2(\text{m})$ 이다. **답 ④**

### 06

**알짜풀이** ● 가.  $v=v_0+at$ 에서  $30=10+a \times 20$ 이므로 자동차의 가속도의 크기는  $a=1(\text{m/s}^2)$ 이다.

나.  $v=v_0+at$ 에서  $40=30+1 \times t$ 이므로 B에서 C까지 가는 데 걸린 시간은  $t=10(\text{초})$ 이다.

다. A에서 C까지 가는 데 걸린 시간이 30초이므로, A에서 C까지의 거리는  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 10 \times 30 + \frac{1}{2} \times 1 \times 30^2 = 750(\text{m})$ 이다. **답 ⑤**

### 07

**알짜풀이** ● 가. 1초 동안 이동한 거리가 6m이므로 평균 속력은  $\frac{6\text{m}}{1\text{s}}=6\text{m/s}$ 이다.

나. 다. 가속도를  $a$ , 자동차가 A 지점을 지나는 순간의 속력을  $v_0$ 라 하면 등가속도 직선 운동의 식  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $2=v_0 \times 0.5 + \frac{1}{2} \times a \times 0.5^2$ ,  $6=v_0 \times 1 + \frac{1}{2} \times a \times 1^2$ 이다. 이 두 식을 연립해서 풀면 가속도는  $a=8(\text{m/s}^2)$ 이고, 자동차가 A 지점을 지나는 순간의 속력은  $v_0=2(\text{m/s})$ 이다. **답 ⑤**

### 08

**알짜풀이** ● 나.  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에 4초 후와 8초 후의 값을 대입하면  $360=v_0 \times 4 + \frac{1}{2} \times a \times 4^2$ ,  $640=v_0 \times 8 + \frac{1}{2} \times a \times 8^2$ 이므로 가속도는  $a=-5(\text{m/s}^2)$ 이고, 착륙하는 순간의 속력은  $v_0=100(\text{m/s})$ 이다.

**오답넘기** ● 가. 가속도의 크기는  $5\text{m/s}^2$ 이다.  
 다.  $2as=v^2-v_0^2$ 에서  $2 \times (-5) \times s=0-100^2$ 이므로 착륙하는 순간부터 정지할 때까지 이동한 거리는  $s=1,000(\text{m})=1(\text{km})$ 이다. **답 ②**

### 09

**알짜풀이** ● 가. A의 평균 속력은  $4\text{m/s}$ 이고, B의 평균 속력은  $\frac{0+6}{2}=3(\text{m/s})$ 이다.

다. 2~8초 동안 B의 가속도  $=\frac{6-0}{6}=1(\text{m/s}^2)$ 이다.

**오답넘기** ● 나. 0~6초까지 A의 변위는  $4 \times 6=24(\text{m})$ 이고, B의 변위는  $\frac{1}{2} \times 4 \times 4=8(\text{m})$ 이다. 따라서 6초일 때 B는 A를 추월하지 못한다. **답 ④**

### 10

**알짜풀이** ● 가. 자동차 A가 P에서 Q까지  $10\text{m/s}$ 의 속력으로 10초 동안 등속도 운동을 하므로 P에서 Q까지의 거리는  $10 \times 10 = 100(\text{m})$ 이다.

### 우공비 BOX

#### 쉽게쉽게

B의 평균 속도가  $10\text{m/s}$ 이므로  $\frac{5+v}{2}=10$ 에서 나중 속도는  $v=15\text{m/s}$ 가 돼요. 따라서 B의 가속도는  $\frac{15-5}{10}=1(\text{m/s}^2)$ 이에요.

#### 보충 설명

등가속도 직선 운동에서 가속도의 방향이 속도의 방향과 같으면 물체의 속력이 점점 증가하고, 가속도의 방향이 속도의 방향과 반대이면 물체의 속력이 점점 감소해요.

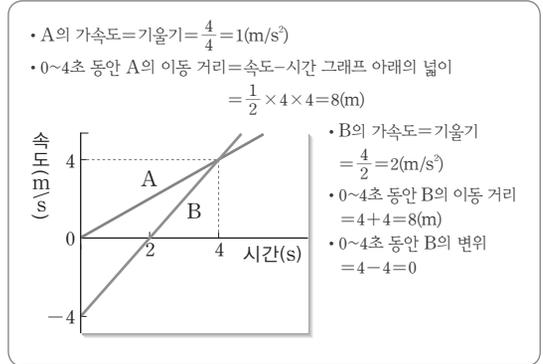
#### 쉽게쉽게

속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 변위(이동 거리를 나타내므로, 어느 시간 동안의 그래프 아래의 넓이를 구하면 물체의 추월 여부를 알 수 있어요.

**오답넘기** ● 나. A와 B 모두 10초 동안  $100\text{m}$ 를 이동하므로 A와 B의 평균 속력은  $\frac{100}{10}=10(\text{m/s})$ 로 같다.

다. B는 등가속도 운동을 하므로  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $100=5 \times 10 + \frac{1}{2} \times a \times 10^2$ 이다. 따라서 가속도의 크기는  $a=1(\text{m/s}^2)$ 이다. **답 ①**

### 11 | 자료 분석하기

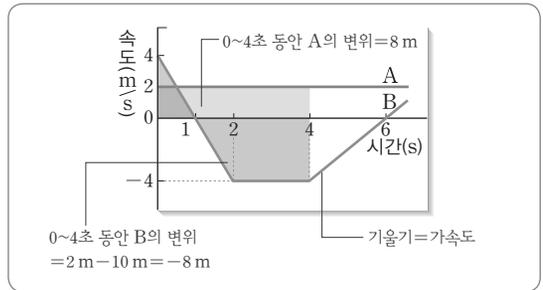


**알짜풀이** ● 다. 0~4초 동안 A와 B가 이동한 거리는 모두  $8\text{m}$ 이므로 평균 속력은  $\frac{8}{4}=2(\text{m/s})$ 로 같다.

**오답넘기** ● 가. 1초일 때 A와 B의 가속도의 방향(=기울기의 부호)은 (+)방향으로 같다.

나. 속도-시간 그래프의 기울기가 일정하므로 A, B는 모두 등가속도 직선 운동을 한다. 이때 A의 가속도  $=\frac{4}{4}=1(\text{m/s}^2)$ 이고, B의 가속도  $=\frac{4}{2}=2(\text{m/s}^2)$ 이므로 2초일 때 가속도는 B가 A보다 크다. **답 ②**

### 12 | 자료 분석하기

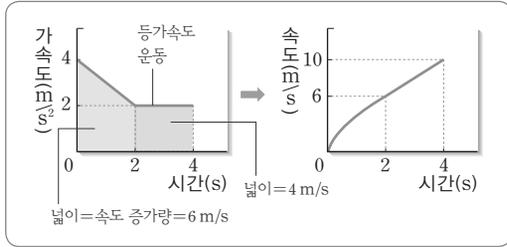


**알짜풀이** ● 나. 0~2초 동안 B의 가속도는  $-4\text{m/s}^2$ 이고, 4초 이후의 가속도는  $2\text{m/s}^2$ 이다. 따라서 1초일 때 B의 가속도의 크기는 6초일 때의 2배이다.

다. 0~4초 동안 A, B의 변위가 각각  $8\text{m}$ ,  $-8\text{m}$ 이므로 평균 속도는 각각  $\frac{8}{4}=2(\text{m/s})$ ,  $\frac{-8}{4}=-2(\text{m/s})$ 이다. 따라서 평균 속도의 크기는  $2\text{m/s}$ 로 같다.

**오답넘기** ● 가. A는 0~4초 동안 (+)방향으로  $8\text{m}$ 를 이동하였다. B는 0~1초 동안 (+)방향으로  $2\text{m}$ 를, 1~4초 동안 (-)방향으로  $10\text{m}$ 를 이동하였다. 따라서 0~4초 동안 A, B의 변위는 각각  $+8\text{m}$ ,  $-8\text{m}$ 이므로 4초일 때 A와 B 사이의 거리는  $16\text{m}$ 이다. **답 ④**

13 | 자료 분석하기



알짜풀이 ● ㄱ. 가속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 속도의 증가량 또는 속도의 감소량을 의미한다. 따라서 0~2초 동안 속도의 증가량 =  $\frac{1}{2} \times (4+2) \times 2 = 6(\text{m/s})$ 이므로 2초일 때 물체의 속도는 6 m/s이다.

ㄴ. 2~4초 동안 속도의 증가량 =  $2 \times 2 = 4(\text{m/s})$ 이고, 2초일 때의 속도가 6 m/s이므로 4초일 때 물체의 속도는  $6+4=10(\text{m/s})$ 이다. 그런데 2~4초 동안 물체는 등가속도 운동을 하므로 평균 속도 =  $\frac{6+10}{2} = 8(\text{m/s})$ 이다.

오답넘기 ● ㄷ. 0초일 때 물체의 속도는 0이고, 4초일 때 물체의 속도는 10 m/s이므로, 0~4초 동안 평균 가속도의 크기는  $\bar{a} = \frac{10-0}{4} = 2.5(\text{m/s}^2)$ 이다. ㉓

14

알짜풀이 ● 등가속도 직선 운동의 식  $v=v_0+at$ ,  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 을 이용한다.

ㄷ. 두 자동차가 기준선을 통과한 순간부터 속력이  $v$ 로 같아질 때까지 걸린 시간을  $t$ 라 하면

$$v=10+at=2at \quad \dots\dots ①$$

$$10t + \frac{1}{2}at^2 - \frac{1}{2} \times 2at^2 = 20 \quad \dots\dots ②$$

이다. 식 ①에서  $at=10(\text{m/s})$ 이므로  $v=20(\text{m/s})$ 이다.

식 ②를 변형하면  $(10 - \frac{1}{2}at)t=20$ 이 되고, 여기에  $at=10$ 을 대입하면  $t=4(\text{s})$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ.  $at=10$ ,  $t=4$ 이므로  $a=2.5(\text{m/s}^2)$ 이다.

ㄴ.  $v=2at=20(\text{m/s})$ 이다. ㉓

15

알짜풀이 ● ㄱ. A가 경사면을 올라가기 시작한 순간 B는 수평면상에서 A와 10 m 떨어져 있다. 수평면에서 B의 속력은 5 m/s이므로 B가 10 m를 이동하여 경사면 아래에 도착

하는 데 걸린 시간은  $\frac{10 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 2 \text{ s}$ 이다.

ㄴ, ㄷ. ㄱ으로부터 알 수 있듯이 A가 경사면을 올라가기 시작하여 정지할 때까지 걸린 시간은 B가 경사면을 올라가기 시작하여 그림의 B의 위치까지 가는 데 걸린 시간보다 2초만큼 더 길다. 따라서 경사면에서 A가 그림의 B의 위치를 속력  $v$ 로 통과하여 4 m를 이동한 후 정지할 때까지 걸린 시간은 2초이다. 경사면에서의 가속도를  $a$ 라 하면  $v=v_0+at$ 에서  $0=v+a \times 2$ 이고,  $s=v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $4=v \times 2 + \frac{1}{2} \times a \times 2^2$ 이다. 이 두 식을 연립하면  $a=-2(\text{m/s}^2)$ 이고  $v=4(\text{m/s})$

우공비 BOX

조심조심

관찰자가 지면에 대하여 등속도 운동을 할 때, 관찰자가 본 물체의 속도는 관찰자의 속도에 따라 다르지만 물체의 가속도는 관찰자의 속도와 관계가 없어요.

보충 설명

등가속도 직선 운동의 평균 속도

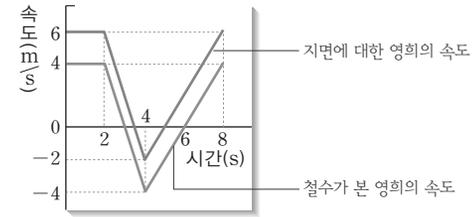
등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 평균값과 같아요.

평균 속도 =  $\frac{\text{처음 속도} + \text{나중 속도}}{2}$

이다. 이때 (-)는 가속도의 방향이 경사면 아래 방향임을 나타낸다. ㉓

16 | 자료 분석하기

지면에 대한 영희의 속도를  $v_{영}$ , 지면에 대한 철수의 속도를  $v_{철}$ , 철수에 대한 영희의 속도를  $v_{철영}$ 이라고 하면  $v_{영} = v_{철영} + v_{철} = v_{철영} + 2 \text{ m/s}$ 이므로 지면에 대한 영희의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음 그래프와 같다.



알짜풀이 ● ㄱ. 2~4초 동안 영희는 등가속도 직선 운동을 하므로 순간 가속도는 평균 가속도와 같다. 따라서 3초일 때 영희의 가속도 =  $\frac{-2-6}{2} = -4(\text{m/s}^2)$ 이고, 가속도의 크기는  $4 \text{ m/s}^2$ 이다.

ㄷ. 속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 철수에 대한 영희의 상대적인 이동 거리이다. 0~8초 동안 영희는 철수에 대하여 8 m만큼 앞으로 이동하였으므로 8초일 때 영희는 철수보다 18 m 앞선 위치에 있다.

오답넘기 ● ㄴ. 속력은 속도의 크기이므로 3~4초 동안 영희의 속력은 감소하다가 증가하였다. ㉓

I. 시공간과 우주

02 시간, 공간, 운동 (2)

03 강 운동의 법칙

개념 확인 문제

● 본책 24쪽

- 1 (1) ⊖ (2) ⊕ (3) ⊕ 2 2 m/s<sup>2</sup> 3 4,000 kg·m/s  
4 (1) ○ (2) × (3) ×

1 관성은 운동 제 1법칙(관성 법칙), 가속도는 운동 제 2법칙(가속도 법칙), 작용 반작용은 운동 제 3법칙(작용 반작용 법칙)과 관련이 있다.

2 힘(F) = 질량(m) × 가속도(a)이므로,  $10 = 5 \times a$ 에서 가속도는  $a = 2(\text{m/s}^2)$ 이다.

3 운동량 = 질량 × 속도 =  $200 \times 20 = 4,000(\text{kg} \cdot \text{m/s})$

4 (2) 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다.

(3) 충격량이 일정할 때 충격력은 시간에 반비례하므로 충격력을 크게 하려면 물체에 힘이 작용하는 시간을 짧게 해야 한다.

**문제 다지기**

●본책 25~27쪽

<b>기본문제</b> 01 ②	02 ③	03 ③	04 ①
05 $a_{\text{어린이}}=1.5\text{m/s}^2$ , $a_{\text{어른}}=0.5\text{m/s}^2$	06 ②	07 ④	
<b>실력문제</b> 08 ③	09 ②	10 해설 참조	11 ④
12 ①	13 $\frac{2}{5}a$	14 ②	15 ③
		16 ④	17 ④
18 ①			
19 해설 참조			

**01**

**알짜풀이** ● ② 로켓이 가스를 뒤로 내뿜으면 이에 대한 반작용으로 가스가 로켓을 앞으로 밀어 로켓이 앞으로 나아간다.

**오답نب기** ● ① 버스가 갑자기 출발하면 사람은 제자리에 있으려는 관성 때문에 몸이 뒤쪽으로 쏠린다.

③ 망치 자루를 바닥에 내리치면 망치 머리는 관성 때문에 계속 움직이게 되어 망치 자루에 단단히 조여진다.

④ 옷을 손으로 세게 치면 옷은 움직이지만 먼지는 관성 때문에 제자리에 머물게 되어 옷에서 먼지가 떨어진다.

⑤ 기차는 자동차보다 질량이 훨씬 크므로 관성도 커서 정지시키려면 강력한 제동 장치가 필요하다. **답 ②**

**02**

**알짜풀이** ● 다. 운동 제 1법칙에 의해 계속 정지해 있거나 등속도 운동(=등속 직선 운동)하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로, (가), (나)에서 물체에 작용하는 알짜힘은 모두 0이다.

**오답نب기** ● 가. (가)에서 중력과 수직 항력은 크기는 같고 방향은 반대이지만, 같은 물체에 작용하는 두 힘이므로 작용 반작용 관계가 아니다.

나. (나)에서 물체에 작용하는 힘은 중력, 수직 항력, 물체를 당기는 힘, 마찰력이다. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 이 네 힘들의 합력은 0이다. 따라서 물체를 당기는 힘과 마찰력의 크기는 같고 방향은 반대이며, 중력과 수직 항력의 크기는 같고 방향은 반대이다. **답 ③**

**03**

**알짜풀이** ● 가. 0~8초 동안 이동한 거리는 속도-시간 그래프 아래의 넓이와 같으므로  $\frac{1}{2} \times 8 \times 4 = 16(\text{m})$ 이다.

다. 물체의 가속도, 즉 그래프의 기울기는  $0.5\text{m/s}^2$ 로 일정하므로 4초일 때 물체를 당기는 힘의 크기  $= 4 \times 0.5 = 2(\text{N})$ 이다.

**오답نب기** ● 나. 속도가 일정하게 증가하였으므로 물체는 등가속도 직선 운동을 하였다.  $\text{힘} = \text{질량} \times \text{가속도}$ 에서 질량과 가속도가 일정하므로 물체를 당긴 힘의 크기는 일정하다. **답 ③**

**04**

**알짜풀이** ● 물체에 작용하는 알짜힘이  $20 - 10 = 10(\text{N})$ 이므로  $10 = 2 \times a$ 에서 물체의 가속도  $a = 5(\text{m/s}^2)$ 이다. **답 ①**

**05**

**알짜풀이** ● 어린이에게 작용하는 알짜힘은 어른이 어린이를

**우공비 BOX**

●보충 설명

힘이 작용할 때는 반드시 2개의 힘이 서로 쌍을 이루며 상호 작용을 해요. 이것을 작용 반작용 법칙이라고 한답니다.

●보충 설명

충격량의 단위는  $\text{N} \cdot \text{s}$ 이고, 운동량의 단위는  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 인데,  $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ 이므로 충격량과 운동량의 단위가 같아요.

$$1\text{N} \cdot \text{s} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 \times \text{s} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

●보충 설명

(가)에서 중력, 수직 항력과 같이 한 물체에 작용하며 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘은 평형을 이룬다고 말해요. 평형을 이루는 두 힘의 합력은 0이에요.

●필수 자료

속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 이동 거리를 나타내고, 그래프의 기울기는 가속도를 나타내요.

미는 힘과 같으므로  $30 = 20 \times a_{\text{어린이}}$ 에서 어린이의 가속도  $a_{\text{어린이}} = 1.5(\text{m/s}^2)$ 이다.

어른이 어린이로부터 받는 힘은 어른이 어린이를 미는 힘과 작용 반작용 관계에 있으므로 크기가 같다. 따라서  $30 = 60 \times a_{\text{어른}}$ 에서 어른의 가속도  $a_{\text{어른}} = 0.5(\text{m/s}^2)$ 이다.

**답**  $a_{\text{어린이}} = 1.5\text{m/s}^2$ ,  $a_{\text{어른}} = 0.5\text{m/s}^2$

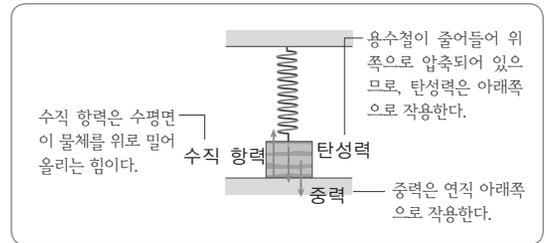
**06**

**알짜풀이** ● 트럭의 가속도  $= \frac{0 - 20}{4} = -5(\text{m/s}^2)$ 이므로 가속도의 크기는  $5\text{m/s}^2$ 이다. 트럭이  $20\text{m/s}$ 의 속력으로 운동하다가 정지하였으므로 트럭의 처음 운동량은  $200 \times 20 = 4,000(\text{kg} \cdot \text{m/s})$ 이고, 나중 운동량은 0이다. 따라서 트럭의 운동량의 변화량은  $0 - 4,000 = -4,000(\text{kg} \cdot \text{m/s})$ 이다. **답 ②**

**07**

**알짜풀이** ● 무게 = 질량  $\times$  중력 가속도이므로 이 자동차의 질량  $= \frac{\text{무게}}{\text{중력 가속도}} = \frac{12,000}{10} = 1,200(\text{kg})$ 이다. 따라서 운동량의 변화량은  $1,200 \times (40 - 0) = 48,000(\text{kg} \cdot \text{m/s})$ 이고, 자동차가 받은 충격량은  $48,000\text{N} \cdot \text{s}$ 이다. **답 ④**

**08 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● 가. 물체가 계속 정지해 있으므로 운동 제 1법칙에 의해 알짜힘은 0이다.

다. 물체에는 중력과 탄성력이 연직 아래로 작용하고, 수직 항력이 연직 위로 작용한다. 이 세 힘들의 합력이 0이므로 수직 항력의 크기는 중력의 크기와 탄성력의 크기를 합한 것과 같다. 따라서 수직 항력의 크기는 중력의 크기보다 크다.

**오답نب기** ● 나. 탄성력의 방향은 변형된 탄성체가 원래 모습으로 되돌아가려는 방향이다. 용수철이 압축되어 있으므로 탄성력의 방향은 중력의 방향과 같이 연직 아래 방향이다. **답 ③**

**09**

**알짜풀이** ● 정지해 있는 용수철 저울에 작용하는 알짜힘은 0이므로 그림 (가)에서 벽이 용수철 저울을 당기는 힘과 추가 용수철 저울을 당기는 힘이 평형을 이룬다. 또한 그림 (나)에서 왼쪽 추가 용수철 저울을 당기는 힘과 오른쪽 추가 용수철 저울을 당기는 힘이 평형을 이룬다. 평형을 이루는 두 힘의 크기는 같으므로 그림 (가)와 (나)에서 모두 용수철 저울을 양쪽에서 추의 무게와 같은 크기의 힘으로 당기고 있다. 따라서 (나)에서 용수철 저울이 가리키는 값은 (가)에서와 같은  $20\text{N}$ 이다. **답 ②**

10

**모범답안** ● 아래쪽 실을 빠르게 잡아당기면 정지 상태를 유지하려는 쇠구슬의 관성 때문에 아래쪽 실이 끊어진다.

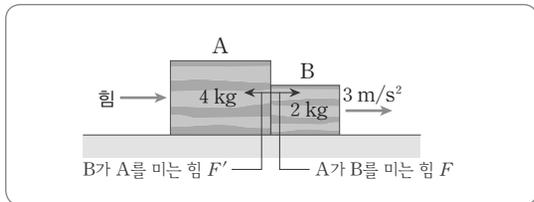
채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 쇠구슬의 관성 때문이라고 설명한 경우	40 %

11

**알짜풀이** ● ㄱ. 속도-시간 그래프의 기울기가 가속도를 나타내므로 A의 가속도  $= \frac{1.25}{1} = 1.25(\text{m/s}^2)$ 이고, B의 가속도  $= \frac{0.5}{1} = 0.5(\text{m/s}^2)$ 이다. 따라서 A의 가속도가 B의 2.5배이다. 두 물체에 작용한 알짜힘이 같을 때 질량과 가속도는 반비례하므로 B의 질량은 A의 2.5배이다.  
 ㄷ. 속도-시간 그래프의 기울기가 일정하므로 가속도가 일정하다. 따라서 물체에 작용하는 힘은 일정하다. 이와 같이 물체에 일정한 힘이 작용하게 하려면 용수철 저울이 가리키는 값을 일정하게 유지해야 한다.

**오답نب기** ● ㄴ. 속도-시간 그래프에서 A, B의 기울기가 각각 일정한 직선 모양이므로 물체 A와 B는 가속도가 일정한 운동을 한다. 답 ④

12 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 작용 반작용 관계에 있으므로 두 힘의 크기는 같고 방향은 반대이다. 또한 마찰이 없으므로 A가 B를 미는 힘의 크기  $F$ 는 B에 작용하는 알짜힘과 같다. 따라서 A가 B를 미는 힘의 크기  $F = B$ 의 질량  $\times$  가속도  $= 2 \times 3 = 6(\text{N})$ 이다. 답 ①

13

**알짜풀이** ● A의 운동 방정식은  $F = m_A \times a$ 이므로  $m_A = \frac{F}{a}$ 이고, B의 운동 방정식은  $2F = m_B \times \frac{a}{2}$ 이므로  $m_B = \frac{4F}{a}$ 이다. 따라서 물체 A와 B를 붙여 놓고  $2F$ 의 힘으로 밀 때 운동 방정식은  $2F = (m_A + m_B)a'$ 이므로 가속도는 다음과 같다.

$$a' = \frac{2F}{m_A + m_B} = \frac{2F}{\frac{F}{a} + \frac{4F}{a}} = \frac{2}{5}a \quad \text{답 } \frac{2}{5}a$$

14

**알짜풀이** ● 수레의 가속도  $= \frac{1.5}{0.5} = 3(\text{m/s}^2)$ 이고, (수레+추)의 가속도  $= \frac{0.5}{0.5} = 1(\text{m/s}^2)$ 이다. 두 경우에 작용하는 알짜힘은 같으므로 수레의 질량을  $m$ 이라고 하면  $m \times 3 = (m+3) \times 1$ 에서  $m = 1.5(\text{kg})$ 이다. 답 ②

우공비 BOX

쉽게쉽게

아래쪽 실을 갑자기 당기면 쇠구슬의 관성 때문에 아래쪽 실이 끊어지고, 천천히 당기면 쇠구슬의 무게 때문에 위쪽 실이 끊어져요.

쉽게쉽게

붙어서 움직이는 두 물체 사이에 작용하는 힘은 작용 반작용으로 크기가 같아요.

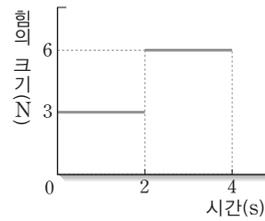
**보충 설명** ● 그래프의 형태에 관계없이 힘-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 충격량을 나타내요.

쉽게쉽게

야구 방망이로 야구공을 친 후 야구공은 왼쪽 방향으로 날아가므로 운동 방향이 (-) 방향임에 주의하세요.

15 | 자료 분석하기 |

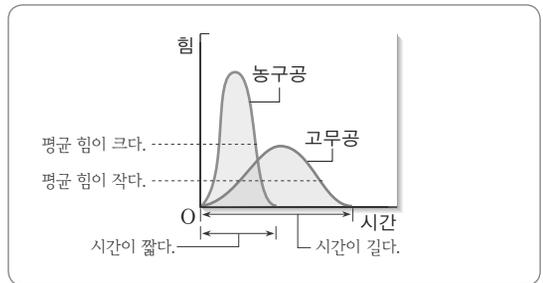
힘-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 물체가 받은 충격량을 나타낸다.



- 0~2초 동안 물체가 받은 충격량  $= 3 \times 2 = 6(\text{N} \cdot \text{s})$
- 2~4초 동안 물체가 받은 충격량  $= 6 \times 2 = 12(\text{N} \cdot \text{s})$

**알짜풀이** ● 0~4초 동안 물체가 받은 충격량은  $6 + 12 = 18(\text{N} \cdot \text{s})$ 이다. 이때 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같으므로  $2 \times (v - 0) = 18$ 에서 4초 후 물체의 속도  $v = 9(\text{m/s})$ 이다. 답 ③

16 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. 두 곡선 그래프 아래의 넓이가 같으므로 두 공에 작용한 충격량의 크기는 서로 같다.

ㄷ. 농구공에 힘이 작용한 시간은 고무공에 힘이 작용한 시간보다 짧다.

**오답نب기** ● ㄴ. 공에 작용하는 시간당 평균 힘은 농구공이 더 크다. 답 ④

17

**알짜풀이** ● 힘-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 충격량을 나타내며, 충격량은 운동량의 변화량과 같다. 따라서  $\frac{1}{2} \times 40 \times 0.3 = 2 \times (v - 1)$ 에서  $v = 4(\text{m/s})$ 이다. 답 ④

18

**알짜풀이** ● 충격량은 운동량의 변화량과 같고 야구공의 운동량의 변화량  $= 0.3 \times (-50) - 0.3 \times 40 = -27(\text{N} \cdot \text{s})$ 이므로, 야구 방망이가 야구공에 준 충격량은  $-27 \text{N} \cdot \text{s}$ 이다. 답 ①

19

**모범답안** ● 충격량의 크기는 같지만, 솜방석 위에 떨어진 달 같은 유리판에 떨어진 달걀보다 힘을 받는 시간이 길어 달걀이 받는 충격력이 작기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 힘을 받는 시간이 길어서 충격력이 작기 때문이라고만 설명한 경우	50 %

# 04 강 일과 에너지

개념 확인 문제

● 본책 29쪽

1 30 J   2 196 J   3 8 m/s   4 394 J

1 물체에 작용하는 알짜힘이  $5\text{ N} - 2\text{ N} = 3\text{ N}$ 이므로, 알짜힘이 한 일  $= 3\text{ N} \times 10\text{ m} = 30\text{ J}$ 이다.

2 물체의 퍼텐셜 에너지 증가량  $= 9.8 \times$  물체의 질량  $\times$  높이 변화  $= 9.8 \times 2 \times 10 = 196\text{ (J)}$ 이다.

3 물체에 해 준 일  $=$  운동 에너지의 변화량  $\therefore \frac{1}{2} \times 2 \times v^2 - \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 = 60$ 에서 물체의 속도  $v = 8\text{ (m/s)}$ 이다.

4 역학적 에너지  $=$  운동 에너지  $+ \text{퍼텐셜 에너지}$   
 $= \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2\right) + (9.8 \times 2 \times 15) = 394\text{ (J)}$

문제 다지기

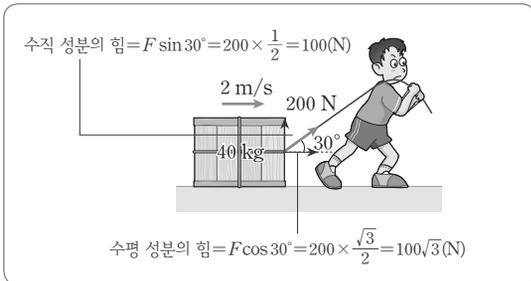
● 본책 30~31쪽

기/본/문/제 01 ②   02 ④   03 ②   04  $2\sqrt{15}$  m/s  
 05 ①   06 ③  
 실/력/문/제 07 ④   08 ⑤   09 ⑤   10 해설 참조  
 11 ④

## 01

알짜힘이 ● 힘이 한 일의 양은 물체의 이동 방향으로 작용한 힘의 크기와 이동한 거리의 곱으로 구한다. 따라서 (가)에서 한 일의 양이  $W = Fs$ 이므로, (나)에서 한 일의 양은  $W' = Fs \cos 60^\circ = \frac{Fs}{2} = \frac{W}{2}$ 이다.    ㉔ ②

## 02 | 자료 분석하기 |



알짜힘이 ● 가. 물체가 일정한 속도로 움직이므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 사람이 작용하는 수평 성분의 힘과 같으므로  $100\sqrt{3}\text{ N}$ 이다.

나. 2초 동안 사람이 한 일  $=$  수평 성분의 힘  $\times$  2초 동안 이동한 거리  $= 100\sqrt{3} \times 4 = 400\sqrt{3}\text{ (J)}$ 이다.

오답넘기 ● 다. 마찰력은 물체의 이동 방향과 반대 방향으로 작용하므로 2초 동안 마찰력이 한 일은  $100\sqrt{3} \times 4 \times \cos 180^\circ = -400\sqrt{3}\text{ (J)}$ 이다.    ㉔ ④

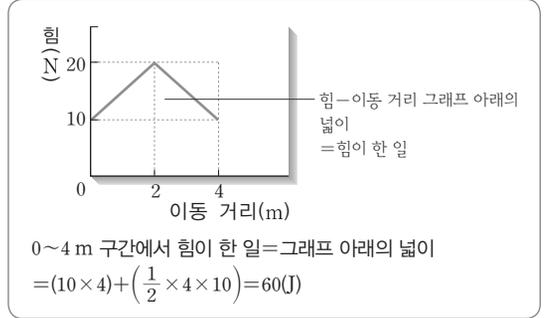
### 우공비 BOX

● 보충 설명 ● 운동 에너지는 물체의 질량과 속도의 제곱에 각각 비례해요.

## 03

알짜힘이 ● A의 질량은 B의 2배이고, A의 속력은 B의  $\frac{1}{2}$ 배이므로 A의 운동 에너지는 B의  $2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}$ 배이다. 따라서  $E_A : E_B = 1 : 2$ 이다.    ㉔ ②

## 04 | 자료 분석하기 |



알짜힘이 ● 0~4 m 구간에서 물체에 한 일이 물체의 운동 에너지로 전환되므로 0~4 m 구간에서 물체의 운동 에너지 변화량은 60 J이다. 즉,  $\frac{1}{2} \times 2 \times v^2 = 60$ 에서 4 m 이동했을 때 물체의 속도  $v = 2\sqrt{15}\text{ (m/s)}$ 이다.    ㉔  $2\sqrt{15}$  m/s

## 05

알짜힘이 ● A의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지  $E_A = 2mg \times 3h = 6mgh$ 이고, B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지  $E_B = 3mg \times 2h = 6mgh$ 이다. 따라서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 비  $E_A : E_B = 1 : 1$ 이다.    ㉔ ①

## 06

알짜힘이 ● 물체를 당기는 데 한 일이 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 따라서  $\frac{1}{2} \times k \times 0.4^2 = 8$ 에서 용수철 상수  $k = 100\text{ (N/m)}$ 이다.    ㉔ ③

## 07

알짜힘이 ● 가. 일-운동 에너지 정리에 의해 운동 에너지의 변화량은 마찰력이 한 일과 같다. 따라서  $0 - \frac{1}{2} \times m \times 4^2 = -2 \times 4$ 에서 물체의 질량  $m = 1\text{ (kg)}$ 이다.

다. 물체가 받은 충격량의 크기는 운동량의 변화량과 같으므로 마찰이 있는 수평면을 지나는 동안 물체가 받은 충격량의 크기는  $1 \times 4 = 4\text{ (N}\cdot\text{s)}$ 이다.

오답넘기 ● 나. 마찰력이 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하므로 마찰력이 한 일은  $W = 2 \times 4 \times \cos 180^\circ = -8\text{ (J)}$ 이다.    ㉔ ④

## 08

알짜힘이 ● 가. 힘-이동 거리 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 철수가 수레에 한 일의 양을 의미하므로  $(50 \times 5) + (30 \times 5) = 400\text{ (J)}$ 이다.

나. 수레의 운동 에너지 변화량은 철수가 수레에 한 일의 양과 같다. 5 m 지점을 통과할 때까지 철수가 수레에 한 일의 양  $= 5 \times 50 = 250\text{ (J)}$ 이고, 수레는 처음에 운동 에너지를 가지고 있지 않으므로 5 m 지점을 통과할 때 수레의 운동 에

### 조심조심

용수철이 늘어난 길이의 단위를 cm에서 m로 바꾸어서 계산해야 해요.

### 조심조심

마찰력의 방향과 이동 방향이 서로 반대이므로  $\theta$ 값이  $180^\circ$ 이에요.

### 조심조심

물체가 수평 방향으로 움직일 때에는 사람이 작용하는 힘 중의 수평 성분만 관계됨을 알아주세요.

너지는 250 J이다.

ㄷ. 10 m 지점을 통과할 때까지 철수가 수레에 한 일의 양이 400 J이므로 수레의 운동 에너지 변화량도 400 J이다. 즉,  $\frac{1}{2} \times 8 \times v^2 = 400$ 에서 10 m 지점을 통과할 때 수레의 속력  $v = 10(\text{m/s})$ 이므로 운동량의 크기  $= 8 \times 10 = 80(\text{kg} \cdot \text{m/s})$ 이다. **답 ⑤**

09

**알짜풀이** ● ㄴ. 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 바닥에 떨어지는 순간의 운동 에너지는 물체를 던진 순간의 역학적 에너지와 같다. 따라서 바닥에 떨어지는 순간 A의 운동 에너지  $= mgh + \frac{1}{2}mv^2$ 이고, B의 운동 에너지  $= 2mgh + \frac{1}{2} \times 2m \times v^2$ 이다. 즉, B의 운동 에너지는 A의 2배이다.

ㄷ. 일-운동 에너지 정리에 의해 중력이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같다. A와 C의 운동 에너지의 변화량이 같으므로 물체가 운동하는 동안 중력이 A에 한 일은 중력이 C에 한 일과 같다.

**오답نب기** ● ㄱ. 건물 옥상에서 던진 속력을  $v_0$ , 바닥에 떨어지는 순간의 속력을  $v$ 라고 하면,  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$ 에서  $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ 이므로, 바닥에 떨어지는 순간의 속력은 질량과 무관하다. 따라서 세 물체의 높이( $h$ )와 처음에 던진 속력( $v_0$ )이 같으므로 바닥에 떨어지는 순간 세 물체의 속력은 모두 같다. **답 ⑤**

10

**알짜풀이** ●  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 에서  $v = \sqrt{2gh}$ 이다. 즉, 속력은 질량과 무관하므로 바닥에 도달하는 순간 A, B, C의 속력은 모두 같다.

**모범답안** ● 처음 높이가 같으므로 역학적 에너지 보존 법칙에 의해 바닥에 도달하는 순간의 속력은 모두 같다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 역학적 에너지가 보존된다는 점을 이용하여 설명한 경우	50 %

11

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄷ. 물체에 작용하는 힘은 탄성력이므로 힘의 크기  $F = kx$ 이고, 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는  $E = \frac{1}{2}kx^2$ 이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 용수철을 당기는 동안 계속 일정한 힘  $F$ 가 작용하는 것이 아니므로 평균 힘을 구한 후 한 일의 양을 구해야 한다. 따라서 사람이 용수철에 한 일은  $W = \frac{1}{2}kx^2$ 이다. **답 ④**

우공비 BOX

● **필수 자료** ● ○ 알짜풀이 ● 물체를 미는 힘의 크기가 같으므로 두 물체를 한 물체로 보면 (가)와 (나)에서 가속도의 크기는 같다. 작용 반작용 법칙에 의해  $F_{(가)}$ 는 A가 B를 미는 힘, 즉 B에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로 가속도를  $a$ 라고 하면  $F_{(가)} = 2 \times a = 2a$ 이고,  $F_{(나)}$ 는 B가 A를 미는 힘, 즉 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로  $F_{(나)} = 1 \times a = a$ 이다. 따라서  $F_{(가)} : F_{(나)} = 2a : a = 2 : 1$ 이다. **답 ④**

● **쉽게 쉽게** ● ○ ㄴ. A에 작용하는 마찰력은 A에 작용하는 알짜힘이므로  $1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다. 이때 B에 작용하는 마찰력은 A에 작용하는 마찰력과 작용 반작용 관계이므로 B에 작용하는 마찰력의 크기는 2 N이다.

● **보충 설명** ● 물체를 던지는 높이와 속력이 같으면 바닥에 떨어질 때까지 중력이 하는 일은 던지는 방향에 관계없이 같아요.

1

○ 알짜풀이 ● 물체를 미는 힘의 크기가 같으므로 두 물체를 한 물체로 보면 (가)와 (나)에서 가속도의 크기는 같다. 작용 반작용 법칙에 의해  $F_{(가)}$ 는 A가 B를 미는 힘, 즉 B에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로 가속도를  $a$ 라고 하면  $F_{(가)} = 2 \times a = 2a$ 이고,  $F_{(나)}$ 는 B가 A를 미는 힘, 즉 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로  $F_{(나)} = 1 \times a = a$ 이다. 따라서  $F_{(가)} : F_{(나)} = 2a : a = 2 : 1$ 이다. **답 ④**

2

○ 알짜풀이 ● ㄱ. 총 질량이 6 kg인 물체를 12 N의 힘으로 당기고 있으므로, A와 B의 가속도의 크기  $a = \frac{12 \text{ N}}{6 \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이다.

○ ㄴ. A에 작용하는 마찰력은 A에 작용하는 알짜힘이므로  $1 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다. 이때 B에 작용하는 마찰력은 A에 작용하는 마찰력과 작용 반작용 관계이므로 B에 작용하는 마찰력의 크기는 2 N이다.

**오답نب기** ● ㄷ. A에 작용하는 마찰력의 방향은 A에 작용하는 알짜힘의 방향(=가속도의 방향)과 같으므로 오른쪽이다. **답 ③**

3

○ 알짜풀이 ● 줄 1의 장력의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기=A의 질량×가속도와 같고, 줄 2의 장력의 크기는 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기=(A의 질량+B의 질량)×가속도와 같다. 가속도를  $a$ 라고 하면 줄 1의 장력  $= 2a$ , 줄 2의 장력  $= 6a$ 이므로 줄 2의 장력의 크기는 줄 1의 3배이다. **답 ③**

4

○ 알짜풀이 ● 각 물체의 질량을  $m$ 이라 하고 세 물체를 한 물체로 보면  $2mg - mg = 3ma$ 이므로 가속도는  $a = \frac{1}{3}g$ 이다. 줄 1과 줄 2의 장력의 크기를 각각  $x, y$ 라 하면 다음 식이 성립한다.

$A : mg - x = ma \therefore x = mg - ma = mg - \frac{1}{3}mg = \frac{2}{3}mg$

$C : y - mg = ma \therefore y = mg + ma = mg + \frac{1}{3}mg = \frac{4}{3}mg$

**답 ④**

5

○ 알짜풀이 ● 줄 1의 장력의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기=A의 질량×가속도와 같고, 줄 2의 장력의 크기는 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기=(A의 질량+B의 질량)×가속도와 같다. 가속도의 크기와 물체 A, B의 질량이 같으므로 줄 2의 장력의 크기는 줄 1의 2배이다. **답 ④**

6

○ 알짜풀이 ● ㄱ. A가 4 m 낙하하는 동안 B는 4 m 올라가므로 B의 퍼텐셜 에너지는  $1 \times 10 \times 4 = 40(\text{J})$ 만큼 증가한다.

ㄴ. 질량은 A가 B의 4배이고 A와 B의 속력이 같으므로,  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 에서 A의 운동 에너지는 B의 운동 에너지의 4배이다.

우공비 **비법 특강**

● 본책 32~34쪽

1 ④ 2 ③ 3 ③ 4 ④ 5 ④ 6 ④ 7 ①

**오답넘기** ● **ㄷ.** A가 지면에 도달하기까지 A의 퍼텐셜 에너지는  $4 \times 10 \times 4 = 160(\text{J})$ 만큼 감소하므로 A와 B의 총 퍼텐셜 에너지는 120 J만큼 감소한다. A가 지면에 도달하는 순간 B의 운동 에너지를  $x$ 라 하면 A의 운동 에너지는  $4x$ 이므로 A와 B의 총 운동 에너지는  $5x$ 만큼 증가한다. 역학적 에너지는 보존되므로  $5x = 120$ 에서 B의 운동 에너지  $x = 24(\text{J})$ 이다. **답 ④**

**7**

**알짜풀이** ● B가  $h$ 만큼 낙하하는 동안 A는  $\frac{h}{2}$ 만큼 올라가므로 A와 B의 퍼텐셜 에너지의 합은  $\frac{1}{2}mgh$ 만큼 감소한다. 이때 역학적 에너지가 보존되므로 A와 B의 운동 에너지의 합이  $\frac{1}{2}mgh$ 만큼 증가하며, A와 B의 질량과 속력이 같으므로 B의 운동 에너지는  $\frac{1}{4}mgh$ 이다. **답 ①**

● 본책 35~39쪽

**수능 대비 실력 굳히기**

01 ①	02 ⑤	03 ⑤	04 ④	05 ③	06 ③	07 ①
08 ③	09 ①	10 ②	11 ①	12 ④	13 ⑤	14 ①
15 ③	16 ④	17 ②	18 ⑤	19 ⑤	20 ④	21 ③

**01**

**알짜풀이** ● **ㄴ.** 비커 속에 들어 있는 물은 관성으로 인해 기울어지고, 관성은 가속도의 방향과 반대 방향이므로 버스의 가속도 방향은 앞쪽이다. 따라서 버스에는 앞쪽 방향으로 알짜힘이 작용한다.

**오답넘기** **ㄱ.** 버스의 가속도가 앞쪽 방향이라는 것은 알 수 있으나 버스의 운동 방향은 알 수 없다.  
**ㄷ.** 버스가 등속도로 움직일 때는 가속도가 0이므로 비커 속에 들어 있는 물의 수면은 기울어지지 않는다. **답 ①**

**02**

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 물체가 정지해 있거나 등속도 운동을 하면 속도가 변하지 않으므로 가속도는 0이다.

**ㄴ.** A와 B를 한 물체로 보면  $m_B g - m_A g = (m_A + m_B)a$ 이다. 이때 가속도  $a = 0$ 이므로  $m_A = m_B$ 이다.

**ㄷ.** C와 D에 작용하는 알짜힘이 0이므로 빗면의 경사각을  $\theta$ 라 할 때  $m_D g - m_C g \sin \theta = 0$ 이다.  $0 < \sin \theta < 1$ 이므로  $m_C > m_D$ 이다. **답 ⑤**

**03**

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 힘  $F_1$ 과  $F_3$ 의 크기는 같고 방향은 반대이며, 같은 작용선상에 있으므로 힘의 평형 관계이다.

**ㄴ.** 알짜힘 = 질량  $\times$  가속도이므로  $4 = 2a$ 에서 물체의 가속도  $a = 2(\text{m/s}^2)$ 이다.

**ㄷ.** 물체에 작용하는 4개의 힘을 합성해 보면 알짜힘은  $+y$  방향이다. 따라서 가속도의 방향도  $+y$  방향이다. **답 ⑤**

**우공비 BOX**

● **보충 설명**

책을 손으로 누르면 책이 책상면에 작용하는 힘이 증가하므로 책상면이 책에 작용하는 힘  $F_2$ 도 증가해요.

● **보충 설명**

**관성의 방향**  
 물은 관성 때문에 버스가 가속되는 방향과 반대 방향으로 쏠리게 돼요.

● **조심조심**

줄이 B를 위로 당기는 힘과 중력이 B를 아래로 당기는 힘의 합력이 0임을 알 수 있어요.

**04**

**알짜풀이** ● 수레와 추의 질량을 각각  $M, m$ 이라 하고, 가속도를  $a$ 라고 하면 운동 방정식은  $(2M + m)a = 10, Ma = 4$ 이다. 이 두 식을 풀면  $M = 2m$ 이다. **답 ④**

**05**

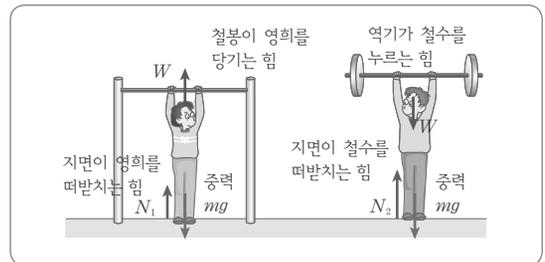
**알짜풀이** ● ③ 책을 손으로 누르는 힘의 크기를  $f$ 라 하면 이 힘과 중력  $F_1$ 의 합력이  $F_2$ 와 평형을 이루므로,  $F_2$ 의 크기는  $F_1$ 보다  $f$ 만큼 크다. 따라서 책을 손으로 누르면  $F_2$ 의 크기는 증가한다.

**오답넘기** ● ①, ② 책이 정지해 있으므로  $F_1$ 과  $F_2$ 의 합력은 0이다. 이 두 힘의 크기는 같고, 방향은 반대이므로 힘의 평형 관계이다.

④  $F_1$ 은 지구가 책을 당기는 힘(중력)이므로 이것과 작용 반작용 관계에 있는 힘은 책이 지구를 당기는 힘이다.

⑤  $F_2$ 는 책상이 책을 떠받치는 힘이므로 이것과 작용 반작용의 관계에 있는 힘은 책이 책상을 누르는 힘이다. **답 ③**

**06 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● **ㄱ.** 철봉이 영희를 당기는 힘은 영희가 철봉을 당기는 힘과 작용 반작용의 관계에 있으므로 크기는  $W$ 이다. 철수가 영희를 떠받치는 힘은 영희의 무게와 힘의 평형 관계에 있으므로 철수가 영희를 떠받치는 힘의 크기는  $W$ 이다.

**ㄴ.** 철수와 영희가 계속 정지해 있으므로 철수와 영희에게 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서  $N_1 + W = mg, N_2 = W + mg$ 의 식이 성립하므로  $N_2 > N_1$ 이다. 즉, 지면이 영희를 떠받치는 힘의 크기( $N_1$ )는 지면이 철수를 떠받치는 힘의 크기( $N_2$ )보다 작다.

**오답넘기** ● **ㄷ.** 지면이 철수를 떠받치는 힘의 반작용은 철수가 지면을 누르는 힘이고, 영희가 철수를 누르는 힘의 반작용은 철수가 영희를 떠받치는 힘이다. **답 ③**

**07**

**알짜풀이** ● **ㄱ.** B가 정지해 있을 때 줄이 B를 위로 당기는 힘의 크기가 20 N이므로, B에 작용하는 중력의 크기는 20 N이다. 따라서  $m_B \times 10 = 20$ 에서 B의 질량  $m_B = 2(\text{kg})$ 이다.

**오답넘기** ● **ㄴ, ㄷ.** 손을 치우면 A, B가 등가속도 직선 운동을 하므로  $1 = \frac{1}{2} \times a \times 1^2$ 에서 가속도  $a = 2(\text{m/s}^2)$ 이다. 이때 운동 방정식은  $m_A g - m_B g = (m_A + m_B)a$ 이므로  $10m_A - 20 = (m_A + 2) \times 2$ 에서 A의 질량  $m_A = 3(\text{kg})$ 이다. **답 ①**

08

**알짜풀이** ● ㄱ. A와 B를 한 물체로 보면 알짜힘의 크기가 (가)에서는 B에 작용하는 중력의 크기와 같으므로  $2mg$ 이고, (나)에서는 B에 작용하는 중력의 크기에서 A에 작용하는 중력의 크기를 뺀 값과 같으므로  $2mg - mg = mg$ 이다. (가), (나)에서 총 질량은 각각  $3m$ 이므로 A와 B의 가속도의 크기는 (가)와 (나)에서 각각  $\frac{2mg}{3m} = \frac{2}{3}g$ ,  $\frac{mg}{3m} = \frac{1}{3}g$ 이다.

ㄴ. B가 받는 알짜힘의 크기는 가속도의 크기에 비례하므로 (가)에서 (나)에서의 2배이다.

**오답نب기** ● ㄷ. (가)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 실이 A를 당기는 힘의 크기(=A에 작용하는 알짜힘의 크기)와 같으므로  $m \times \frac{2}{3}g = \frac{2}{3}mg$ 이다. **답 ③**

09

**알짜풀이** ● ㄴ. 세 물체 A, B, C가 등속도 운동을 하므로 세 물체에 작용하는 힘의 합력은 0이다. 따라서 A와 B의 질량의 합은 C의 질량과 같다. 즉, 물체 B의 질량은  $2m$ 이다. 등속도 운동하는 물체 B에 작용하는 알짜힘은 0이므로 실 q가 물체 B를 당기는 힘의 크기는 물체 B에 작용하는 중력의 크기(=  $2mg$ )와 같다.

**오답نب기** ● ㄱ. 세 물체가 일정한 속력으로 운동하므로 세 물체에 작용하는 알짜힘은 모두 0이다. 즉, A에 작용하는 힘에는 실 p가 물체 A를 당기는 힘(방향: 위), 실 q가 물체 A를 당기는 힘(방향: 아래), 지구가 물체 A를 당기는 힘(중력, 방향: 아래)이 있으며, 힘의 합력이 0이므로 실 p가 물체 A를 당기는 힘의 크기는 실 q가 물체 A를 당기는 힘의 크기보다  $mg$ 만큼 더 크다.

ㄷ. 실 q가 물체 B를 당기는 힘과 지구가 물체 B를 당기는 힘(중력)은 힘의 평형 관계이다. **답 ①**

10

**알짜풀이** ● ㄴ. 공이 받은 평균 힘의 크기는 공이 받은 충격량의 크기를 힘을 받은 시간으로 나눈 값과 같다. A와 B에서 공이 받은 충격량의 크기는  $4mv$ 로 같고 힘을 받은 시간은 각각  $t$ ,  $2t$ 이므로 평균 힘의 크기는 각각  $\frac{4mv}{t}$ ,  $\frac{4mv}{2t} = \frac{2mv}{t}$ 이다.

**오답نب기** ● ㄱ. A, B에서 공이 받은 충격량의 크기는 각각 (나)에서 시간 축과 A, B의 곡선이 만드는 면적과 같고 이 두 면적은  $4mv$ 로 같으므로, 공이 받은 충격량의 크기는 A와 B에서  $4mv$ 로 같다.

ㄷ. A, B에서 공이 발을 떠나는 순간의 속력을 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 라 하면 공의 운동량의 변화량은 각각  $mv_A - (-2mv) = mv_A + 2mv$ ,  $mv_B - (-mv) = mv_B + mv$ 이다. 공이 받은 충격량의 크기는 운동량의 변화량의 크기와 같으므로  $mv_A + 2mv = mv_B + mv = 4mv$ 에서  $v_A = 2v$ ,  $v_B = 3v$ 이다. **답 ②**

11

**알짜풀이** ● ㄴ. 퍼텐셜 에너지  $E_p = mgh$ 에서 높이  $h$ 가 증

우공비 BOX

**보충 설명**  
힘  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ 은 엘리베이터가 영희에게 작용하는 힘이에요.

**보충 설명**  
오른쪽 방향을 (+)라 하면 A에서 공이 발과 접촉하는 순간의 운동량은  $-2mv$ 이고, 공이 발을 떠나는 순간의 운동량은  $mv_A$ 이므로 공의 운동량의 변화량은  $mv_A - (-2mv)$ 이에요.

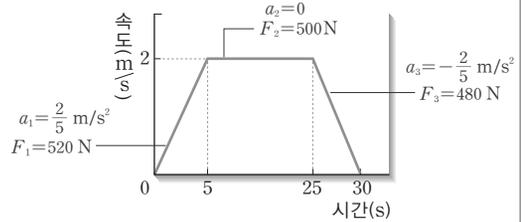
**필수 자료**  
• 위치 증가 → 퍼텐셜 에너지 증가  
• 위치 감소 → 퍼텐셜 에너지 감소

가하므로 퍼텐셜 에너지  $E_p$ 는 증가한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 헬리콥터에는 지구의 중력과 줄이 헬리콥터를 끌어당기는 힘이 작용한다.  
ㄷ. 줄이 물체를 당기는 힘의 방향으로 물체가 올라가므로 줄이 물체를 당기는 힘이 물체에 한 일은 (+)의 값이다. **답 ①**

12 | 자료 분석하기

속도-시간 그래프의 기울기는 가속도를 나타낸다.



- 0~5초 : 영희에게 작용하는 알짜힘 =  $50 \times \frac{2}{5} = 20(N)$
- 5~25초 : 영희에게 작용하는 알짜힘 = 0
- 25~30초 : 영희에게 작용하는 알짜힘 =  $50 \times \left(-\frac{2}{5}\right) = -20(N)$

**알짜풀이** ● ㄴ. 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도를 나타내므로, 0~5초 동안 엘리베이터의 가속도 =  $\frac{2-0}{5} = \frac{2}{5}(m/s^2)$

이다. 따라서 2초일 때 영희에게 작용하는 알짜힘의 크기 =  $50 \times \frac{2}{5} = 20(N)$ 이고, 방향은 위쪽이다. 이때 영희에게 작용하는 알짜힘의 크기 = 엘리베이터가 영희에게 작용하는 힘의 크기 - 영희의 무게이므로, 엘리베이터가 영희에게 작용하는 힘 = 영희에게 작용하는 알짜힘의 크기 + 영희의 무게 =  $20 + (50 \times 10) = 520(N)$ 이다.

ㄷ. 0~5초 동안 엘리베이터가 영희에게 520 N의 힘을 작용하여 5 m를 이동시키므로 한 일은  $W_1 = 520 \times 5 = 2,600(J)$ 이고, 5~25초 동안 500 N의 힘을 작용하여 40 m를 이동시키므로 한 일은  $W_2 = 500 \times 40 = 20,000(J)$ 이며, 25~30초 동안 480 N의 힘으로 5 m를 이동하므로 한 일은  $W_3 = 480 \times 5 = 2,400(J)$ 이다. 따라서 엘리베이터가 영희에게 한 일은  $W = 2,600 + 20,000 + 2,400 = 25,000(J)$ 이다.

**오답نب기** ● ㄱ. 속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 물체가 이동한 거리이므로 0~5초 동안 엘리베이터가 올라간 높이 =  $\frac{1}{2} \times 5 \times 2 = 5(m)$ 이다. 이때 영희에게 작용하는 중력의 방향은 엘리베이터의 이동 방향과 반대이므로 중력이 영희에게 한 일은  $50 \times 10 \times 5 \times \cos 180^\circ = -2,500(J)$ 이다. **답 ④**

13

**알짜풀이** ● 원 궤도의 가장 낮은 지점에서의 속력  $v_1$ 이 속력의 최댓값이고, 가장 높은 지점에서의 속력  $v_2$ 가 속력의 최솟값이다. 역학적 에너지 보존 법칙에 의해  $\frac{1}{2}mv_1^2 = 36mg$ 이고,  $\frac{1}{2}mv_2^2 + 11mg = 36mg$ 이다. 따라서  $v_1 : v_2 = 6 : 5$ 이다. **답 ⑤**

14

**알짜풀이** ● A, B, C에서 역학적 에너지가 모두 같으므로 C 점의 높이를  $H$ 라 하면 다음 식이 성립한다.

$$mgh + \frac{1}{2}m(2v)^2 = mg(2h) + \frac{1}{2}mv^2 = mgH$$

$$v^2 = \frac{2gh}{3} \text{이므로 } H = \frac{7h}{3} \text{이다.} \quad \text{답 ①}$$

15

**알짜풀이** ●  $\alpha$ . A와 B의 위치가 같게 되는 순간의 속력을  $v$ 라 하고, B의 처음 위치를 퍼텐셜 에너지의 기준으로 하면 역학적 에너지 보존 법칙에 의해  $3 \times 10 \times 4 = \left(\frac{1}{2} \times 4 \times v^2\right) + (4 \times 10 \times 2)$ 에서  $v = 2\sqrt{5}(\text{m/s})$ 이다.

**오답넘기** ●  $\gamma$ . A와 B의 속력은 같고, 질량은 A가 B의 3배이므로 A의 운동 에너지는 B의 운동 에너지의 3배이다.

$\iota$ . A의 높이가 감소한 만큼 B의 높이는 증가하지만 질량이 A가 B의 3배이므로 A의 감소한 퍼텐셜 에너지의 양은 B의 증가한 퍼텐셜 에너지의 양보다 크다. 따라서 A와 B의 중력에 의한 퍼텐셜 에너지의 합은 감소한다. **답 ③**

16

**알짜풀이** ●  $\gamma$ ,  $\iota$ . 공의 평균 속력은  $\frac{v+2v}{2} = 1.5v$ 이고,

$$2gs = (2v)^2 - v^2 \text{에서 A와 B 사이의 거리 } s = \frac{3v^2}{2g} \text{이다.}$$

**오답넘기** ●  $\alpha$ . 중력이 공에 한 일은 공의 운동 에너지의 변화량과 같으므로  $\frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}mv^2$ 이다. **답 ④**

17

**알짜풀이** ●  $\alpha$ . d에서 속력을  $v_d$ 라 하면 d에서 운동 에너지는 a에서 퍼텐셜 에너지와 같으므로  $1 \times 10 \times 6 = \frac{1}{2} \times 1 \times v_d^2$ 에서  $v_d = 2\sqrt{30}(\text{m/s})$ 이다.

**오답넘기** ●  $\gamma$ . a와 b 사이의 거리를  $h$ , b에서 속력을  $v$ 라 하면, a, b, c에서 역학적 에너지가 모두 같으므로 다음 식이 성립한다.

$$1 \times 10 \times (5+h) = 1 \times 10 \times 5 + \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 \\ = 1 \times 10 \times (1+h) + \frac{1}{2} \times 1 \times (2v)^2$$

이 식을 풀면  $h = 1(\text{m})$ ,  $v = 2\sqrt{5}(\text{m/s})$ 이다.

$\iota$ . c와 d 사이의 거리는  $1+h = 2(\text{m})$ 이고 중력은  $mg = 1 \times 10(\text{N})$ 이므로, c와 d 사이에서 중력이 물체에 한 일은  $10 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ J}$ 이다. **답 ②**

18

**알짜풀이** ●  $\gamma$ . 역학적 에너지가 보존되므로 물체의 높이가 1 m에서 0 m로 감소하는 동안 물체의 운동 에너지는 20 J만큼 증가한다. 따라서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 20 J만큼 감소한다.

$\iota$ . 높이 1 m일 때 물체의 퍼텐셜 에너지가 20 J이므로  $20 = m \times 10 \times 1$ 에서  $m = 2(\text{kg})$ 이다.

$\alpha$ . 높이 0.5 m인 지점에서 물체의 운동 에너지가  $E_k = 10 \text{ J}$ 이므로  $\frac{1}{2} \times 2 \times v^2 = 10$ 에서 물체의 속력  $v = \sqrt{10}(\text{m/s})$ 이다. **답 ⑤**

우공비 BOX

조심조심

B의 처음 위치가 기준면일 때 두 물체는 기준면으로부터 2 m 높이에서 만나게 돼요.

보충 설명

자유 낙하하는 물체는 처음 속도가 0이예요. 등가속도 직선 운동의 식에  $v_0 = 0$ 을 대입하면 자유 낙하 운동의 식이 돼요.

$$v^2 - v_0^2 = 2gh \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

보충 설명

$40 = 1 \times 10 \times h_{ac}$ 에서 a와 c 사이의 거리는  $h_{ac} = 4(\text{m})$ 이고, 마찬가지로 b와 d 사이의 거리는  $h_{bd} = 5(\text{m})$ 이예요. a와 b 사이의 거리를  $h$ 라고 하면 b와 c 사이의 거리는  $(4-h)$ 이고, c와 d 사이의 거리는  $(1+h)$ 이예요. 높이의 기준을 d로 하면 a, b, c, d의 높이는 각각 5 m + h, 5 m, 1 m + h, 0 m이예요.

19

**알짜풀이** ● 역학적 에너지가 보존되므로 충돌 전 물체의 운동 에너지는 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 따라서  $\frac{1}{2} \times 2m \times (2v)^2 = \frac{1}{2} kx^2$ 에서 용수철이 최대 압축된 길이는  $x = \sqrt{\frac{8mv^2}{k}}$ 이다. **답 ⑤**

20

**알짜풀이** ● 충돌 직전 고무공의 속력  $= \sqrt{2gh}$ , 야구공의 속력  $= \sqrt{2gh}$ 이고, 충돌 직후 고무공의 속력  $= \sqrt{2g \times \frac{4h}{5}} = \sqrt{\frac{8gh}{5}}$ , 야구공의 속력  $= \sqrt{2g \times \frac{h}{5}} = \sqrt{\frac{2gh}{5}}$ 이다.

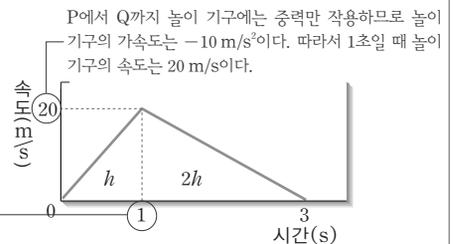
$\gamma$ . 충돌 직전 고무공의 속력을  $v_0$ , 충돌 직후 고무공의 속력을  $v$ 라고 할 때, 고무공의 운동량 변화량의 크기는  $mv - (-mv_0) = mv + mv_0$ 이다. 충돌 직전 야구공의 속력은 고무공과 같은  $v_0$ , 충돌 직후 야구공의 속력은  $\frac{v}{2}$ 이므로 야구공의 운동량 변화량의 크기는  $2m\left(\frac{v}{2} - (-v_0)\right) = mv + 2mv_0$ 이다. 즉, 바닥에 더 큰 충격량을 준 것은 야구공이다.

$\iota$ . 충돌 직전의 고무공과 야구공의 속력이 같으므로 충돌 직전의 운동량은 질량에 비례한다. 따라서 야구공의 운동량이 고무공의 운동량의 2배이다.

**오답넘기** ●  $\alpha$ . 바닥에 충돌 직후의 속력은 고무공이 야구공의 2배이지만 질량은 야구공이 고무공의 2배이므로 운동량은 같다. **답 ④**

21 | 자료 분석하기

속도-시간 그래프에서 시간 축과 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이가 이동 거리이고, 그래프의 기울기가 가속도임을 이용하여 지면에서 Q까지 놀이 기구의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



지면에서 P까지 거리와 P에서 Q까지 거리의 비가 1 : 2이므로 지면에서 P까지 가는 데 걸린 시간은 1초이고, P에서 Q까지 가는 데 걸린 시간은 2초이다.

**알짜풀이** ●  $\gamma$ ,  $\iota$ . 놀이 기구에 작용하는 중력은  $mg = 10m$ 이다. 지면에서 P까지 놀이 기구에 작용하는 알짜힘은  $ma = m \times 20$ 이므로  $F - 10m = 20m$ 에서  $F = 30m$ 이다.  $F$ 가 한 일은  $Fh = 30mh$ 이므로 Q에서 중력에 의한 퍼텐셜 에너지  $(= 10m \times 3h)$ 와 같다.

**오답넘기** ●  $\alpha$ . 0초에서 1초까지 이동한 거리는 0초에서 1초까지 그래프와 시간 축으로 둘러싸인 부분의 넓이와 같으므로,  $h = \frac{1}{2} \times 1 \times 20 = 10(\text{m})$ 이다. **답 ③**

03 시공간의 새로운 이해(1)

05 **강** 만유인력

개념 확인 문제 ● 본책 41쪽

1 (1) × (2) ○ (3) ×    2 4배    3  $F = \frac{mv^2}{r}$   
 4 ㉠ 만유인력 ㉡ 가까울 ㉢ 클

2 행성의 공전 주기의 제곱은 행성의 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례하므로  $\frac{(1년)^2}{r^3} = \frac{(8년)^2}{R^3}$ 에서  $R=4r$ 이다. 즉, 행성의 타원 궤도 긴반지름( $R$ )은 지구의 타원 궤도 긴반지름( $r$ )의 4배이다.

문제 다지기 ● 본책 42~43쪽

**기본문제** 01 ②    02 ③    03 8년    04 ②    05 ③  
 06 A : 케플러 제 3법칙(조화 법칙), B : 뉴턴의 운동 제 3법칙(작용 반작용 법칙)    07 ③  
**실력문제** 08 ④    09 ①    10 해설 참조    11 ②  
 12 ④

01 **알짜풀이** ● ② 케플러 제 3법칙(조화 법칙)에 의해 태양에서 멀리 떨어진 행성일수록 공전 주기가 길다.

**오답넘기** ● ①, ④ 케플러 제 1법칙(타원 궤도 법칙)에 의해 모든 행성은 태양을 하나의 초점으로 하는 타원 궤도를 그리며 공전한다.

③ 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 의해 행성이 태양에 가까울 때에는 빠르게 공전하고, 태양에서 멀 때에는 느리게 공전하므로 행성은 위치에 따라 공전 속도가 다르다.

⑤ 케플러 제 3법칙(조화 법칙)에 의해 행성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다. ㉠ ②

02 | 자료 분석하기 |

태양과 행성 사이의 거리가 가장 먼 곳이다.  
 → 행성의 공전 속도가 가장 느리다.

태양과 행성 사이의 거리가 가장 가까운 곳이다.  
 → 행성의 공전 속도가 가장 빠르다.

**알짜풀이** ● 태양과 행성 사이의 거리가 가까울수록 행성의 공전 속도가 빠르고, 멀수록 행성의 공전 속도가 느리다. 따라서 태양과 행성 사이의 거리가 가장 가까운 C 지점에서 행성의 공전 속도가 가장 빠르다. ㉠ ③

필수 자료 ●  
**면적 속도 일정 법칙**  
 원일점일 때 태양과 행성을 연결한 거리가  $r_1$ , 공전 속도가  $v_1$ 이고, 근일점일 때 태양과 행성을 연결한 거리가  $r_2$ , 공전 속도가  $v_2$ 이면  $r_1v_1 = r_2v_2$  이예요.

쉽게 쉽게  
 행성의 공전 궤도의 두 초점 중 한 초점은 태양이 있는 곳에 위치하고, 다른 한 초점은 우주의 빈 공간에 위치해요.

보충 설명 ●  
**등속 원운동**  
 • 알짜힘의 크기 : 일정  
 • 알짜힘의 방향 : 원의 중심 방향

보충 설명 ●  
**만유인력**  
 질량을 가지고 있는 두 물체 사이에 작용하는 인력이예요.

03 **알짜풀이** ● 케플러 제 3법칙(조화 법칙)에 의해  $\frac{T^2}{R^3} = \text{일정}$ 이므로  $\frac{T^2}{(4 \text{ AU})^3} = \frac{(1년)^2}{(1 \text{ AU})^3}$ 에서 소행성의 공전 주기  $T=8$ 년이다. ㉠ 8년

04 **알짜풀이** ● 근일점과 원일점에서는 면적 속도 일정 법칙에 의해  $1 \times v = 5 \times v_B$ 이므로 B 지점에서 행성의 속력  $v_B = \frac{v}{5}$ 이다. ㉠ ②

05 **알짜풀이** ● A(근일점)에서 C(원일점)까지 가는 동안 행성의 속력이 점점 느리므로 A에서 B까지 가는 데 걸리는 시간이 B에서 C까지 가는 데 걸리는 시간보다 짧다. 행성이 A에서 C까지 가는 데 1년(12개월)이 걸리므로 6개월( $= \frac{1}{4}$  주기) 후에 행성은 B와 C 사이에 있다. ㉠ ③

06 **알짜풀이** ● 등속 원운동을 하는 물체에 케플러 제 3법칙(조화 법칙)을 적용하여 만유인력이 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례함을 알 수 있고, 뉴턴의 운동 제 3법칙(작용 반작용 법칙)을 적용하여 만유인력이 두 행성의 질량의 곱에 비례함을 알 수 있다.

㉠ A : 케플러 제 3법칙(조화 법칙), B : 뉴턴의 운동 제 3법칙(작용 반작용 법칙)

07 **알짜풀이** ● 등속 원운동하는 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 항상 원의 중심 방향이므로 A 지점에서 인공위성에 작용하는 알짜힘의 방향은 ↓ 방향이고, B 지점에서 인공위성에 작용하는 알짜힘의 방향은 ↑ 방향이다. ㉠ ③

08 | 자료 분석하기 |

**알짜풀이** ● 가, 나, 두 물체 사이에 작용하는 만유인력은 작용 반작용 관계이므로 두 물체에는 서로 같은 크기의 힘이 반대 방향으로 각각 작용한다.

**오답넘기** ● 다. 두 물체 사이에 작용하는 만유인력은 두 물체의 질량의 곱에 비례하고, 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 만유인력의 크기가 가장 큰 경우는 (나)이다. ㉠ ④

09

**알짜풀이** ●  $r = \infty$ 일 때  $E_p = -\frac{GMm}{r} = 0$ 이다. 즉, 지구로부터 무한히 먼 곳( $r = \infty$ )에서 퍼텐셜 에너지는 0이다.  $r = \infty$ 에서 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지가 각각 0이므로 물체가 낙하하는 동안 역학적 에너지는 항상 0이어야 한다.

따라서  $\frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GMm}{2R}\right) = 0$ 이므로  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 이다. 답 ①

10

**모범답안** ● 지구와 인공위성 사이의 만유인력이 원운동에 필요한 구심력이 되므로  $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ 에서  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이다.

따라서 궤도 반지름  $r$ 이 4배가 되면 속력  $v$ 는  $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 속력은  $\frac{v}{2}$ 이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ 만 쓴 경우	50%

11

**알짜풀이** ● ㄱ. 행성의 가속도  $a = \frac{GM}{r^2}$ 이므로 행성의 가속도는 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 행성의 가속도는 태양과 행성 사이의 거리가 가장 가까운 A 지점에서 가장 크다. ㄴ. 행성의 운동 에너지는 행성의 공전 속도의 제곱에 비례하므로 공전 속도가 가장 빠른 A 지점에서 가장 크다.

**오답넘기** ● ㄴ. 케플러 제 2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 의해 태양에 가까울 때(A)에는 빠르게 공전하고, 태양에서 멀 때(C)에는 느리게 공전한다.

ㄹ. 행성에 작용하는 만유인력  $F = \frac{GMm}{r^2}$ 이므로 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 만유인력은 태양과 행성 사이의 거리가 가장 가까운 A 지점에서 가장 크다. 답 ②

12

**알짜풀이** ● ㄱ. A와 B의 주기가 같으므로 물체의 속력  $v = \frac{2\pi r}{T}$ 에서 두 물체의 속력의 비 A : B =  $r : 2r = 1 : 2$ 이다.

ㄴ. 물체의 가속도  $a = \frac{v^2}{r} = \frac{1}{r} \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \propto r$ 이므로 두 물체의 가속도의 비 A : B =  $r : 2r = 1 : 2$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력  $F = \frac{mv^2}{r} = \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \propto mr$ 이므로 구심력은 물체의 질량과 거리의 곱에 비례한다. 따라서 두 물체에 작용하는 구심력의 크기의 비는 A : B =  $2m \times r : m \times 2r = 1 : 1$ 이다. 답 ④

06 **특수 상대성 이론**

**개념 확인 문제** ● 본책 45쪽

1 ㉠ 관성 ㉡ 빛    2 2초    3 2.5 m    4  $2.7 \times 10^{14}$  J

**우공비 BOX**

● **보충 설명**  
**로런츠 인자( $\gamma$ )**  
 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ 을 로런츠 인자라고 하며, 매우 느린 좌표계에서는  $\gamma = 1$ 이 되므로 상대론의 효과를 측정하기 어려워요.

2  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}} = 2$ 이고, 고유 시간  $\Delta t_0 = 1$ 초이므로

$\Delta t = \gamma \Delta t_0 = 2 \times 1 \text{초} = 2 \text{초}$ 이다.

3  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{6}{10}\right)^2}} = \frac{10}{8}$ 이고, 정지한 관찰자의 측정 길이

이  $L_0 = \gamma L = \frac{10}{8} \times 2 \text{ m} = 2.5 \text{ m}$ 이다.

4 정지 에너지  $E = m_0 c^2 = (3 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 2.7 \times 10^{14} \text{ J}$ 이다.

● 본책 46~47쪽

**문제 다지기**

**기본문제** 01 ③    02 c    03 ④    04 ②    05 ①  
 06  $\frac{\sqrt{15}}{4}c$

**실력문제** 07 ①    08 ③    09 ②    10 해설 참조  
 11 ③

● **보충 설명**  
**마이컬슨·몰리 실험**  
 파동을 전달해 주는 물질을 에테르라고 가정하고, 이 물질이 존재한다면 에테르를 통해 전달되는 빛의 속력이 변할 것이라고 예상하여 실험을 하였지만 빛의 속력 변화를 확인하지 못하였어요. 따라서 이 실험은 에테르의 존재를 부정하는 실험이에요.

01

**알짜풀이** ● ③ 마이컬슨·몰리 실험은 빛을 전달해 주는 매질인 에테르가 존재하지 않음을 보여 준 실험이다.

**오답넘기** ● ① 빛은 전기장과 자기장의 진동이 공간 속을 전파해 나가는 전자기파로, 진공에서도 전파된다.

② 관성 좌표계의 운동 상태에 따라 시간이나 길이가 변하지만 단위 시간 동안 빛이 이동하는 거리인 빛의 속력은 모든 관성 좌표계에서 같다(광속 불변 원리).

④ 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 같은 형태로 표현되는 것(상대성 원리)은 광속 불변 원리와 함께 특수 상대성 이론의 기본 가설이다.

⑤ 관성 좌표계란 뉴턴의 운동 제 1법칙이 성립하는 좌표계이므로, 물체에 힘이 작용하지 않으면 계속 정지해 있거나 등속 직선 운동을 한다. 즉, 속도가 변하지 않으므로 가속도는 0이다. 답 ③

02

**알짜풀이** ● 모든 관성 좌표계에서 빛의 속력은 같으므로 B에서 측정된 레이저 빛의 속력은  $c$ 이다. 답 c

03

**알짜풀이** ● 피타고라스 정리에 의해서 시계 A와 B 사이의 거리  $r = \sqrt{a^2 + b^2}$ 이므로, A에서 B까지 빛이 진행하는 데 걸린 시간 =  $\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{c}$ 이다. 따라서 이 빛이 도달하는 순간 B의 시각을  $\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{c}$ 시가 되도록 맞추면 시계 A, B는 항상 같은 시각을 가리킨다. 답 ④

04

**알짜풀이** ● 우주선 조종사가 측정한 지구와 소행성 사이의 거리  $L = v \times \Delta t_0 = 0.8c \times 10 \text{년} = 8 \text{ LY}$ 이다.  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{8}{10}\right)^2}}$

**쉽게쉽게**  
**우주선 조종사와 지구의 관찰자**  
 • 지구의 관찰자 : 측정한 거리는 고유 길이이지만, 측정한 시간은 고유 시간이 아니에요.  
 • 우주선 조종사 : 측정한 길이는 고유 길이가 아니지만, 측정한 시간은 고유 시간이예요.

$=\frac{10}{6}$ 이므로 지구의 관찰자가 측정한 지구와 소행성 사이의 거리인 고유 길이  $L_0 = \gamma L = \frac{10}{6} \times 8 \text{ LY} = \frac{40}{3} \text{ LY}$ 이다. **답 ②**

**05**

**알짜풀이** ● 길이 수축은 운동 방향으로만 일어난다. A와 B 사이의 거리는 관성 좌표계의 운동 방향인 (가), (나) 방향과 수직이므로 길이 수축이 일어나지 않고, (다) 방향으로만 길이 수축이 일어난다. 따라서 (가)와 (나) 방향으로 움직이는 관성 좌표계에서 A와 B 사이의 거리는 모두 20 m로 측정된다. **답 ①**

**06**

**알짜풀이** ● 정지한 좌표계에서 측정한 A와 B 사이의 길이  $L_0 = 20 \text{ m}$ 이고, 속도  $v$ 로 움직이는 우주선에서 측정한 길이  $L = 5 \text{ m}$ 이므로  $L_0 = \gamma L$ 에서  $\gamma = \frac{L_0}{L} = \frac{20 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 4$ 이다. 즉,  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} = 4$ 에서 우주선의 속도  $v = \frac{\sqrt{15}}{4} c$ 이다. **답  $\frac{\sqrt{15}}{4} c$**

**07**

**알짜풀이** ● ㄱ. 순찰차와 자동차의 속도는 각각  $+20 \text{ m/s}$ ,  $-40 \text{ m/s}$ 이므로, 자동차 운전자가 본 순찰차의 속도 = 순찰차의 속도 - 자동차의 속도 =  $(+20 \text{ m/s}) - (-40 \text{ m/s}) = +60 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 자동차 운전자가 본 순찰차의 속력은  $60 \text{ m/s}$ 이다.

**오답내기** ● ㄴ, ㄷ. 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속도에 관계없이 일정하므로, 순찰차 운전자, 자동차 운전자, 철수가 본 점멸등에서 나오는 빛의 속력은 모두 같다. **답 ①**

**08**

**알짜풀이** ● 정지한 지면에서 측정한 시간은 움직이는 기차 안에서 측정한 시간  $t_0$ 의  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$  배만큼 더 길게 관측된다. **답 ③**

**09**

**알짜풀이** ● 자의 고유 길이는  $100 \text{ cm}$ 이고, 움직일 때 측정된 자의 길이는  $99 \text{ cm}$ 이므로 자의 속력을  $v$ 라고 하면  $99 = 100 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ 에서  $v = \frac{\sqrt{199}}{100} c \approx 0.14c$ 이다. **답 ②**

**10**

**모범답안** ● 정지한 관찰자가 정지해 있는 물체를 측정한 길이 (고유 길이)는  $L_0$ 이고, 움직이는 물체를 측정한 길이는  $L = \frac{L_0}{2}$ 이므로  $L = \frac{L_0}{2} = L_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ 에서  $\frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ 이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 속도 $v$ 로 움직일 때의 길이가 정지해 있을 때 길이(고유 길이)의 $\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ 배라고만 설명한 경우	50 %

**우공비 BOX**

**● 보충 설명** ● **지상의 관찰자**  
지상의 관찰자 입장에서는 뮤온의 수명이 늘어나기 때문에 뮤온이 지상에서 관측된다고 해석해요.

**● 조심조심**  
자동차나 순찰차와 같이 빛보다 속력이 매우 느린 경우 뉴턴의 운동 법칙이 성립해요.

**● 보충 설명** ● **길이 수축**  
정지 상태에서 측정한 물체의 길이를  $L_0$ (고유 길이)라 하고,  $v$ 의 속력으로 움직일 때 정지 상태의 관찰자가 측정한 물체의 길이를  $L$ 이라 할 때  $L = L_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}$ 이예요.

**11**

**알짜풀이** ● 뮤온의 입장에서 수명이 짧은 뮤온이 지표면에서 발견되는 이유는 뮤온과 지표면 사이의 길이가 수축되어 자신의 수명 내에 지표면에 도달하기 때문이다. **답 ③**

**우공비**

**비법 특강**

● 본책 48~49쪽

1 ④ 2 ④ 3 ⑤ 4 ④

**1**

**알짜풀이** ● ㄱ. 속력  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 에서 궤도 반지름  $r$ 이 작을수록 속력  $v$ 가 크므로, 속력은 A가 B보다 크다.

ㄴ. 운동 에너지  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2r}$ 에서 질량  $m$ 은 같고 궤도 반지름  $r$ 은 A가 더 작으므로, 운동 에너지는 A가 B보다 크다.

**오답내기** ● ㄷ. 퍼텐셜 에너지  $E_p = -\frac{GMm}{r}$ 에서 궤도 반지름  $r$ 이 클수록 퍼텐셜 에너지  $E_p$ 가 크므로, 퍼텐셜 에너지는 B가 A보다 크다. **답 ④**

**2**

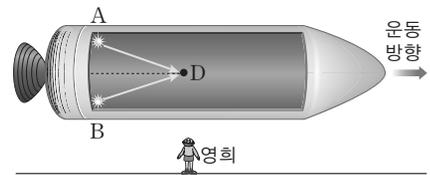
**알짜풀이** ● ㄱ. 운동 에너지  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 에서 질량  $m$ 은 같고 P점에서의 운동 에너지  $E_k$ 는 Q점에서의 4배이므로, P점에서의 속력  $v$ 는 Q점에서의 2배이다.

ㄴ. 행성이 운동하는 동안 역학적 에너지는 일정하게 보존된다.

**오답내기** ● ㄷ. 면적 속도 일정 법칙에 의해 P점과 Q점에서 '행성에서 태양 중심까지의 거리 × 행성의 속력'은 같다( $r_P v_P = r_Q v_Q$ ). 행성의 속력은 P점에서가 Q점에서의 2배이므로 행성에서 태양 중심까지의 거리는 Q점에서가 P점에서의 2배이다. **답 ④**

**3 | 자료 분석하기**

두 사건이 발생한 두 장소를 연결한 직선이 운동 방향에 수직이면 발생한 장소가 달라도 한 관찰자에게 동시에 일어난 두 사건은 다른 관찰자에게도 동시에 일어난다.



**알짜풀이** ● ㄱ. 광속 불변 원리에 의해 관찰자의 운동 상태에 관계없이 두 섬광의 속력은 같다.

ㄴ, ㄷ. 철수가 관찰할 때 두 섬광이 같은 장소(검출기 D)에 동시에 도달하였으므로, 영희가 관찰할 때에도 두 섬광은 검출기에 동시에 도달하였다. 위 그림에서 알 수 있듯이 영희가 관찰할 때 두 섬광의 이동 거리가 같으므로 두 섬광이 검

출구에 도달할 때까지 걸린 시간은 같다. 걸린 시간과 도달 시각이 같으므로 두 전구에서 섬광이 방출된 시각은 같다.

답 ⑤

4

**알짜풀이** ● ㄱ. 영희가 관찰할 때 기차 앞 끝이 터널 출구와 만날 때 기차 뒤 끝이 터널 입구와 만났으므로 터널의 길이는 기차의 길이와 같다.

ㄴ. A가 B에 대해  $+v$ 의 속도로 움직이면 B는 A에 대해  $-v$ 의 속도로 움직이므로, 영희에 대한 터널(또는 철수)의 속력(=속도의 크기)은 철수에 대한 기차(또는 영희)의 속력과 같다.

**오답넘기** ● ㄷ. 기차 앞 끝이 터널 출구와 만나는 사건과 기차 뒤 끝이 터널 입구와 만나는 사건은 운동 방향과 나란한 방향으로 서로 떨어진 두 장소에서 일어나므로, 이 두 사건이 영희에게 동시에 일어나면 영희에 대해 상대 운동을 하는 철수에게는 동시에 일어나지 않는다.

답 ④

수능문제 실력 굳히기 ● 본책 50~53쪽

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

01

**알짜풀이** ● ㄴ. 조화 법칙은 뉴턴이 만유인력 법칙을 발견하는 데 중요한 역할을 하였다.

**오답넘기** ● ㄱ. 행성의 공전 주기의 제곱( $T^2$ )은 긴반지름의 세제곱( $R^3$ )에 비례하므로 태양에서 멀리 떨어질수록, 즉 공전 궤도의 긴반지름이 길수록 공전 주기는 길어진다.

ㄷ. 두 행성 궤도의 긴반지름이 4배 차이가 나면  $\frac{T^2}{R^3} = \frac{(T')^2}{(4R)^3}$ 에서  $T' = 8T$ 이다. 따라서 공전 주기는 8배 차이가 난다.

답 ②

02

**알짜풀이** ● ㄱ. B에서 C까지 가는 데 걸리는 시간은 C에서 D까지 가는 데 걸리는 시간과 같다. A에서 C까지 가는 데 걸리는 시간이  $0.5T$ 이므로 A에서 B까지 가는 데 걸리는 시간은  $0.5T - 0.4T = 0.1T$ 이다.

ㄴ. 면적 속도 일정 법칙에 의해 행성과 태양을 연결한 선이 쓸고 가는 넓이는 걸린 시간에 비례한다. 태양을 연결한 선이  $T$  동안 쓸고 가는 넓이(=타원의 넓이)가  $A$ 이므로, 행성이  $0.1T$  동안 쓸고 가는 넓이(=빗금 친 부분의 넓이)는  $0.1A$ 이다.

우공비 BOX

● 보충 설명

P점에서 우주선에 작용하는 알짜힘은 천체 A와 우주선 사이의 만유인력 - 천체 B와 우주선 사이의 만유인력 = 0 이에요.

**오답넘기** ● ㄷ. 행성의 속력은 근일점인 A에서 최대이고 원일점인 C에서 최소이므로, 행성의 운동 에너지는 C에서 최소이다.

답 ③

03

**알짜풀이** ● P점에서 우주선에 작용하는 힘의 합력이 0이므로 우주선이 P점이 도달했을 때 각 천체와의 만유인력이 같다. 즉,  $\frac{GMm'}{a^2} = \frac{Gmm'}{b^2}$ 에서  $\frac{b}{a} = \sqrt{\frac{m}{M}}$ 이므로  $a : b = 1 : \sqrt{\frac{m}{M}}$ 이다.

답 ①

04

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)에서 만유인력은  $\frac{GMm}{R^2}$ 이고, (나)에서 만유인력은  $\frac{G(2M)(2m)}{(2R)^2} = \frac{GMm}{R^2}$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 행성과 위성 사이에 작용하는 만유인력이 구심력 역할을 한다. 따라서 (가)에서  $\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$ 이므로 운동 에너지는  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{2R}$ 이고, (나)에서  $\frac{(2m)v'^2}{2R} = \frac{G(2M)(2m)}{(2R)^2} = \frac{GMm}{R^2}$ 이므로 운동 에너지는  $\frac{1}{2}(2m)v'^2 = \frac{GMm}{R}$ 이다.

ㄷ. (가)에서 공전 주기  $T = \frac{2\pi R}{v}$ 이고, (나)에서 공전 주기  $T' = \frac{2\pi(2R)}{v'}$ 이다. 이때  $v^2 = v'^2 = \frac{GM}{R}$ 에서  $v = v'$ 이므로  $T' = 2T$ 이다.

답 ①

05

**알짜풀이** ● ① 케플러 제 3법칙(조화 법칙)에 의해  $\frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{T_B^2}{(4R)^3}$ 에서  $T_B = 8T_A$ 이다. 즉, B의 공전 주기는 A의 8배이다.

**오답넘기** ● ② A의 공전 속력은  $v_A = \frac{2\pi R}{T_A}$ 이고, B의 공전 속력은  $v_B = \frac{2\pi \times 4R}{T_B} = \frac{8\pi R}{8T_A} = \frac{\pi R}{T_A}$ 이다. 즉, B의 공전 속력은 A의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

③ A의 퍼텐셜 에너지는  $E_{pA} = -\frac{GMm}{R}$ 이고, B의 퍼텐셜 에너지는  $E_{pB} = -\frac{GMm}{4R}$ 이다. 즉, B의 퍼텐셜 에너지는 A의  $\frac{1}{4}$ 배이다.

④ A의 운동 에너지는  $E_{kA} = \frac{1}{2}mv_A^2$ 이고, B의 운동 에너지는  $E_{kB} = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_A\right)^2$ 이다. 즉, B의 운동 에너지는 A의  $\frac{1}{4}$ 배이다.

⑤ A에 작용하는 만유인력은  $F_A = \frac{GMm}{R^2}$ 이고, B에 작용하는 만유인력은  $F_B = \frac{GMm}{(4R)^2}$ 이다. 즉, B에 작용하는 힘(만유인력)은 A의  $\frac{1}{16}$ 배이다.

답 ①

● 보충 설명

만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지의 기준점 지구로부터 무한히 멀리 떨어진 곳에 있는 물체의 만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지는 0이예요.

06

**알짜풀이** ● 나. 면적 속도 일정 법칙에 의해 b에서 a로 운동하는 동안 P의 속력이 증가하므로 운동 에너지도 증가한다.  
 다. 조화 법칙에 의해 공전 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 공전 주기의 제곱은 Q가 P의 64배이다. 따라서 공전 주기는 Q가 P의 8배이다.

**오답넘기** ● 가. 위성에 작용하는 힘은 만유인력이므로  $\frac{GMm}{r^2} = ma$ 에서  $a = \frac{GM}{r^2}$ 이다. a를 지나는 순간 행성까지의 거리가 같으므로 P, Q의 가속도의 크기는 같다. ㉮ ⑤

07

**알짜풀이** ● 나. 위성에 작용하는 힘은 만유인력이다.  $\frac{GMm}{r^2} = ma$  (M : 행성의 질량)에서 위성의 가속도는  $a = \frac{GM}{r^2}$ 이므로 가속도는 위성의 질량과는 관련이 없다. 따라서 P점에서 A와 B의 가속도는 같다.

다. A와 B는 같은 타원 궤도를 공전하므로 공전 궤도의 긴반지름이 같다. 케플러 제 3법칙에 의해 긴반지름이 같으면 공전 주기는 같다.

**오답넘기** ● 가. A와 B의 공전 궤도가 같으므로 면적 속도 일정 법칙에 의해 A와 행성을 잇는 선이 단위 시간 동안 쓸고 가는 면적과 B와 행성을 잇는 선이 단위 시간 동안 쓸고 가는 면적은 같다. 시간이 지나도 A와 B를 잇는 직선이 항상 행성을 지나면 같은 시간 동안 A와 행성을 잇는 선이 쓸고 가는 면적과 B와 행성을 잇는 선이 쓸고 가는 면적이 다르게 되어 면적 속도 일정 법칙이 성립하지 않는다. ㉮ ④

08

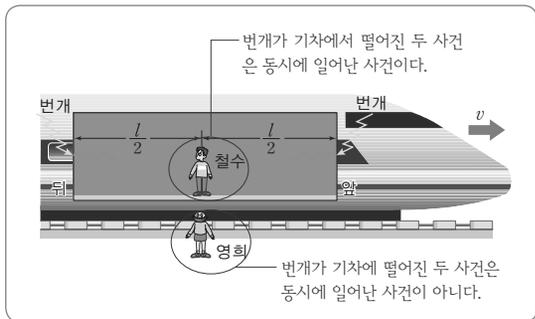
**알짜풀이** ● 가. 행성과 위성 사이의 거리가 가까울수록 만유인력의 크기가 크므로 a에서 c에서보다 크다.

나. 위성이 a에서 c까지 운동하는 데 걸리는 시간은  $\frac{T}{2}$ 이므로 b에서 c까지 운동하는 데 걸리는 시간은  $\frac{T}{2} - \frac{T}{6} = \frac{T}{3}$ 이다. 위성이 c에서 d까지 운동하는 데 걸리는 시간은 b에서 c까지 운동하는 데 걸리는 시간과 같다.

**오답넘기** ● 다. 면적 속도 일정 법칙에 의해 위성과 행성을 연결한 선이 쓸고 가는 면적은 걸린 시간에 비례하므로

$S_1 : S_2 = \frac{T}{6} : \frac{T}{3} = 1 : 2$ 이다. ㉮ ④

09 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. 철수는 자신이 객실의 중앙에 서 있으므로

우공비 BOX

**보충 설명**  
 P의 궤도의 긴반지름은  $\frac{d}{2}$ 이고, Q의 궤도의 긴반지름은  $\frac{4d}{2}$ 이므로.

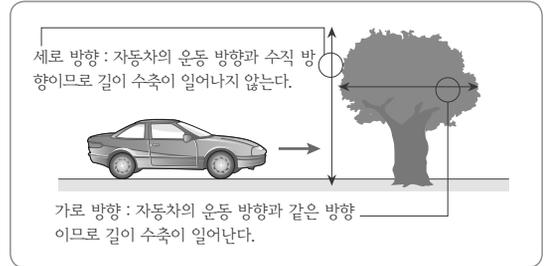
**보충 설명**  
**길이 수축**  
 정지한 관찰자가 보았을 때 빠르게 움직이는 물체의 길이가 줄어드는 현상으로, 길이 수축은 운동 방향으로만 일어나고 운동 방향과 수직 방향으로서는 일어나지 않아요.

**쉽게쉽게**  
**고유 물리량**  
 좌표계 내에서 함께 운동하는 물체에 대해 좌표계를 기준으로 측정된 길이, 시간, 질량을 고유 길이, 고유 시간, 고유 질량이라고 해요.

번개에서 발생한 두 불꽃이 철수에게 도달하는 시간이 같다. 즉, 철수가 두 불꽃을 동시에 보았으므로 철수가 볼 때 번개가 기차에 떨어진 두 사건은 동시에 일어난 사건이다.

**오답넘기** ● 나, 다. 영희가 볼 때 불꽃에서 발생한 빛의 속도는 변함이 없는데 빛이 이동하는 동안 기차가 이동하므로 번개가 객실 뒤쪽에 떨어진 사건이 객실 앞쪽에 떨어진 사건보다 먼저 일어났다고 느낀다. ㉮ ①

10 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 지면에서 있는 물체를 달리는 자동차 안에서 보면 자동차의 운동 방향으로 길이가 수축되어 보이고, 운동 방향과 수직 방향으로 길이가 수축되어 보이지 않는다. 따라서 나무는 운동 방향으로의 폭만 좁아져 보이고, 나무의 높이는 변함없이 그대로 보인다. ㉮ ②

11

**알짜풀이** ● 가. 광속은 광원이나 관찰자의 운동 상태에 관계없이 항상 같은 값으로 측정되므로 A와 B가 관측한 빛의 속도는 같다.

다. 시간 팽창에 의해 움직이는 기차 안에 있는 관찰자 A가 측정된 고유 시간보다 지표면에 있는 관찰자 B가 측정된 시간이 더 길게 관측된다.

**오답넘기** ● 나. A가 측정된 빛의 왕복 시간은  $\frac{2L_0}{c}$ 이고, B가 측정된 빛의 왕복 시간은  $\frac{2L_0}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$ 이다. ㉮ ③

12

**알짜풀이** ● 다. 두 사건 사이의 시간 간격을 운동하는 좌표계에서 측정하면 시간 팽창에 의해 정지한 좌표계에서 측정할 때보다 커지게 된다. 뮤온은 영희에 대해서는 정지해 있고 철수에 대해서는 움직이고 있으므로, 뮤온의 수명은 철수가 측정할 때가 영희가 측정할 때보다 길다.

**오답넘기** ● 가. 빛의 속력은 관찰자의 운동 상태에 관계없이 일정하다.

나. 영희는 우주선에 대해 정지해 있으므로 영희가 측정할 우주선의 길이는 고유 길이이다. 우주선은 철수에 대해 0.9c의 속력으로 날아가고 있으므로 철수가 우주선의 길이를 측정하면 정지해 있을 때의 길이(고유 길이)보다 작게 관측되는 길이 수축 현상이 일어난다. ㉮ ③

13

**알짜풀이** ● 가. 정지해 있는 좌표계(지구)에서 빠르게 움직이는 좌표계(우주선)를 보면 운동 방향으로 길이가 수축되어

보이므로 우주선의 운동 방향 쪽의 길이는 a보다 짧아 보인다.  
**오답내기** ● 나. 정지해 있는 좌표계(지구)에서 빠르게 움직이는 좌표계(우주선)를 보면 운동 방향으로만 길이가 수축되어 보이므로 운동 수직 방향 쪽의 길이는 b 그대로 보인다.  
 다. 정지해 있는 좌표계(지구)에서 빠르게 움직이는 좌표계(우주선)를 보면 시간 팽창이 일어나므로 우주선의 시간이 더 느리게 가는 것처럼 보인다. **답 ①**

14

**알짜풀이** ● 가. B는 영희에 대해 정지해 있으므로 B에서 관측할 때 철수는 0.9c의 속력으로 다가온다. 따라서 철수가 관측할 때 B는 0.9c의 속력으로 다가온다.  
 다. 우주선이 A에서 B까지 이동하는 데 걸린 시간을 철수가 측정하면  $T = \frac{L}{0.9c}$ 이고, 영희가 측정하면  $T' = \frac{L'}{0.9c}$ 이다. 따라서  $T' = T \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{0.9c}{c})^2}} > T$ 이다.

**오답내기** ● 나. 영희가 관측할 때 A, B는 정지해 있으므로 영희가 관측한 A와 B 사이의 거리 L'는 고유 길이이다. 철수가 관측할 때 A, B는 함께 같은 속도로 움직이므로 운동 방향으로 길이 수축이 일어난다.

따라서  $L = L' \sqrt{1 - (\frac{0.9c}{c})^2} < L'$ 이다. **답 ④**

15

**알짜풀이** ● 가. 뮤온이 지면과 산에 대해 0.99c의 속력으로 움직이므로 지면과 산은 뮤온에 대해 0.99c의 속력으로 움직인다.  
 나. (가)에서 산의 높이는 고유 길이이므로, (나)에서 측정된 산의 높이는 길이 수축 현상에 의해  $5,000 \times \sqrt{1 - (\frac{99}{100})^2} = 5,000 \times \frac{\sqrt{199}}{100} = 700(\text{m})$ 이다.  
 다. (나)에서 뮤온의 수명은 고유 시간이므로 (가)에서 측정된 뮤온의 수명은 시간 팽창에 의해  $(2.1 \times 10^{-6}) \times \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{99}{100})^2}} = (2.1 \times 10^{-6}) \times \frac{100}{\sqrt{199}} = 1.5 \times 10^{-5}(\text{s})$ 이다. **답 ⑤**

16

**알짜풀이** ● 가. 상대성 이론에서도 에너지 보존 법칙은 성립한다. 물체가 정지해 있을 때 에너지는 정지 에너지인  $m_0c^2$ 이다. 물체에 일을 해 주었더니 에너지가 정지해 있을 때보다  $9m_0c^2$ 만큼 증가하였으므로 에너지 보존 법칙에 의해 물체에 해 준 일의 양은  $9m_0c^2$ 이다.  
 나. 물체가 지면에 있으므로 물체의 퍼텐셜 에너지는 0이다. 따라서 물체의 운동 에너지는 총 에너지에서 정지 에너지를 뺀 값과 같으므로, 운동 에너지는  $10m_0c^2 - m_0c^2 = 9m_0c^2$ 이다.  
 다.  $E = \gamma m_0c^2$ 에서  $10m_0c^2 = \gamma m_0c^2$ 이므로,  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} = 10$ 에서 물체의 속도는  $v = \frac{3\sqrt{11}}{10}c$ 이다. **답 ⑤**

우공비 BOX

**보충 설명** ● **관성력**  
 가속도 운동을 하는 좌표계 안에 있는 관찰자가 관성에 의해 느끼는 가상적인 힘이에요.

**보충 설명** ● **일반 상대성 이론의 증거**  
 • 중력 렌즈  
 • 수성의 세차 운동  
 • 중력에 의한 시간 팽창  
 • 중력에 의한 적색 편이

**용어 알기**  
**초(")**  
 1"는 1'를 3,600 등분한 각도 단위이다.

04 시공간의 새로운 이해 (2)

07 ③ 일반 상대성 이론과 대폭발 우주론

개념 확인 문제 ● 본책 55쪽

- 1 등가 원리 2 크기: 10 N, 방향: 연직 아래 3 (1) × (2) ○ 4 대폭발 우주론

2 관성력의 크기는 물체의 질량에 가속도를 곱한 값과 같고, 방향은 가속도의 방향과 반대이다. 따라서 물체에 작용하는 관성력의 크기는  $5 \times 2 = 10(\text{N})$ 이고, 방향은 연직 위와 반대인 연직 아래 방향이다.

3 (1) 대폭발 이후 시간이 흐를수록 우주가 팽창하므로 우주의 온도는 점점 낮아지고 있다.

문제 다지기

● 본책 56~57쪽

- 기본 문제** 01 ① 02 ② 03 ③ 04 ① 05 ②  
 06 1,304만 광년 07 우주 배경 복사  
**실력 문제** 08 ④ 09 ① 10 해설 참조 11 해설 참조 12 ③ 13 ④

01

**알짜풀이** ● 가. 아인슈타인은 일반 상대성 이론에서 중력에 의해 공간이 휘어진다고 생각하였다.  
 나. 일반 상대성 이론에 의하면 중력의 영향으로 시간 팽창이 일어난다. 즉, 중력이 클수록 시간이 천천히 흐르므로 지표면의 시계가 인공위성의 시계보다 천천히 간다.  
**오답내기** ● 다. 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 동일하게 성립한다는 가정은 특수 상대성 이론의 기초가 되는 상대성 원리이다.  
 리. 뉴턴은 빛은 항상 직진하고, 중력의 영향을 받지 않는다고 생각하였으나 아인슈타인은 빛은 중력의 영향을 받아 휘어진다고 생각하였다. **답 ①**

02

**알짜풀이** ● ② 길이 수축은 정지한 관측자에게는 운동하는 물체의 길이가 짧게 측정된다는 것으로, 특수 상대성 이론으로 설명이 가능하다.  
**오답내기** ● ① 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하는 것을 중력 렌즈 효과라고 한다.  
 ③ 일반 상대성 이론을 적용하여 태양 주위의 시공간이 휘어지는 현상을 고려하면 수성의 세차 운동에서 43"(초)의 오차가 나는 이유를 설명할 수 있다.  
 ④ 지상의 시계가 인공위성의 시계보다 천천히 가는 것처럼 중력에 의해 시간이 천천히 흐른다.  
 ⑤ 적색 편이는 중력에 의한 시간 팽창으로 인해 움직이지

않는 별에서 발생하는 별빛의 진동수가 이론값보다 더 작게 관측되어 별빛의 스펙트럼이 빨간색에 더 가까워지는 현상이다. **답 ②**

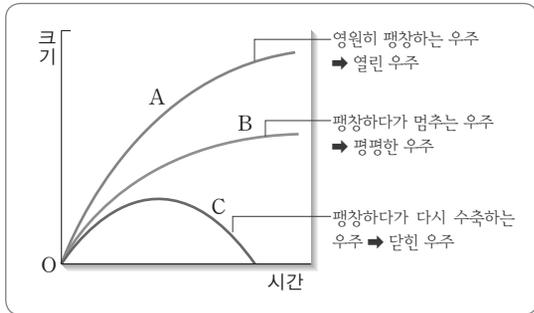
**03**

**알짜풀이** ● 가. 일반 상대성 이론에 의하면 태양과 같은 질량이 큰 천체는 주위 공간을 휘게 한다.

나. 질량이 클수록 중력이 커지고, 따라서 공간의 휘어짐도 더 커지므로 별빛이 휘는 각도도 커진다.

**오답نب기** ● 다. 별빛이 휘는 것은 태양의 중력 때문으로 지구와 별 사이의 만유인력 때문이 아니다. **답 ③**

**04 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● A는 열린 우주로 영원히 팽창하고, B는 평평한 우주이다. C는 닫힌 우주로 팽창하다가 다시 수축한다. **답 ①**

**05**

**알짜풀이** ● 대폭발 우주론은 우주의 팽창이 시작되는 순간에는 우주의 모든 질량과 에너지가 한 점에 모여 엄청나게 밀도가 높은 에너지 상태로 있다가 급격히 폭발하여 우주가 팽창한다는 이론이다. 대폭발 우주론에 의하면 우주는 대폭발과 함께 시작되어 현재에 이르렀으므로 우주의 나이는 유한하며, 우주는 계속 팽창하므로 시간이 지날수록 우주의 밀도와 온도는 점점 낮아진다. **답 ②**

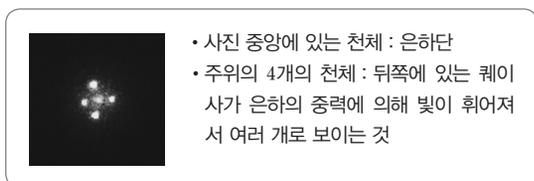
**06**

**알짜풀이** ● 은하의 후퇴 속도는 우리 은하에서 외부 은하까지의 거리에 비례하므로  $70 \text{ km/s} : 326\text{만 광년} = 280 \text{ km/s} : r$ 에서 우리 은하에서 외부 은하까지의 거리  $r = 1,304\text{만 광년}$ 이다. **답 1,304만 광년**

**07**

**알짜풀이** ● 대폭발 우주론의 결정적인 증거로 우주 배경 복사가 있다. 우주 배경 복사는 우주가 팽창하는 동안 점점 식어서 현재는 약 2.7 K의 온도에 해당하는 복사로 우주의 모든 방향에서 검출되고 있다. **답 우주 배경 복사**

**08 | 자료 분석하기 |**



- 사진 중앙에 있는 천체 : 은하단
- 주위의 4개의 천체 : 뒤쪽에 있는 퀘이사  
사가 은하의 중력에 의해 빛이 휘어져서 여러 개로 보이는 것

**알짜풀이** ● 은하 뒤쪽의 퀘이사 빛이 은하의 중력에 의해 휘

**우공비 BOX**

**보충 설명**

중력은 공간을 휘게 해요. 지구처럼 중력이 작은 천체는 공간을 휘게 하는 정도가 작으나 태양처럼 중력이 큰 천체는 공간을 휘게 하는 정도가 크지요.

**보충 설명**

**우주의 팽창**  
우주는 계속 팽창하고 있으므로 먼 과거에 우주는 한 점에 모여 있었다고 추측할 수 있어요. 즉, 대폭발 이론의 근거가 돼요.

**보충 설명**

**우주 상수**  
아인슈타인이 도입했다 폐기한 우주 상수는 중력과 달리 우주를 팽창시키는 역할을 해요.

어져서 여러 개로 보이는 현상은 일반 상대성 이론으로 설명된다. **답 ④**

**09**

**알짜풀이** ● 중력장에서 빛의 진행 경로가 휘는 현상은 아인슈타인의 일반 상대성 이론으로는 설명되지만 뉴턴의 중력 이론으로는 설명할 수 없다. **답 ①**

**10**

**모범답안** ● 가속 좌표계 안에 있는 관찰자가 관측하는 것과 중력장에 있는 관찰자가 관측하는 것은 서로 구별할 수 없다.

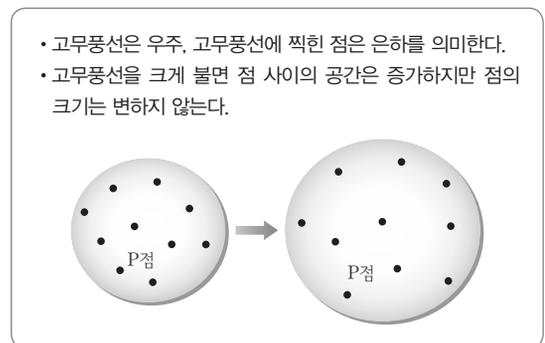
채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 중력과 관성력을 구별할 수 없다(또는 중력에 의한 현상과 가속에 의한 현상은 구분할 수 없다)고 설명한 경우	80%

**11**

**알짜풀이** ● 블랙홀은 중력이 너무 커서 빛조차도 빠져나올 수 없기 때문에 직접 관측하기 어렵고 간접적으로 관측한다. **모범답안** ● 블랙홀 주변의 물질이 블랙홀로 흡수되어 들어갈 때 방출하는 X선을 측정하여 블랙홀의 위치를 확인할 수 있다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② X선을 측정하여 블랙홀의 위치를 확인한다고 설명한 경우	50%

**12 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● 가. 고무풍선이 팽창할 때 풍선에 찍힌 점들이 서로 멀어지고 있으므로 우주의 중심을 설명할 수 없다.

나. 고무풍선이 팽창할 때 P점에서 멀리 떨어진 점일수록 P점에서 멀어지는 속력이 크다. 이것은 우리 은하에서 먼 은하일수록 후퇴 속도가 크다는 것을 설명할 수 있다.

**오답نب기** ● 다. 고무풍선이 팽창할 때 고무풍선 위의 점의 수에는 변화가 없으므로, 고무풍선 모형은 우주에서 새로운 은하들이 계속 만들어지는 것을 설명할 수 없다. **답 ③**

**13**

**알짜풀이** ● 우주 팽창이 진행되면서 은하 사이의 거리가 멀어질수록 중력의 효과가 작아지고 어느 순간 이후부터 우주 상수의 역할이 중력보다 커지는데, 이후 우주는 중력에 반하여 가속 팽창이 일어난다. **답 ④**

## 08 장 상호 작용과 기본 입자

우공비 BOX

### 개념 확인 문제

● 본책 59쪽

1 (1) 전자기 상호 작용 (2) 중력 상호 작용 (3) 약한 상호 작용 2 (1) × (2) ○ (3) ○

2 (1) 렙톤은 강한 상호 작용을 하지 않지만, 쿼크는 강한 상호 작용을 한다.

### 문제 다지기

● 본책 60~61쪽

기/본/문/제 01 ② 02 약한 상호 작용 03 ① 04 ④  
05 ④ 06 ③ 07 ④  
실/력/문/제 08 ④ 09 ③ 10 해설 참조 11 ③  
12 ② 13 ④

### 01

**알짜풀이** ● 중력 상호 작용은 전자, 양성자, 중성자 등 질량을 가진 모든 물체 사이에 나타나는 상호 작용이고, 강한 상호 작용은 매우 짧은 거리에서만 작용하는 상호 작용으로 힘의 크기는 나머지 3개의 상호 작용보다 훨씬 크다. ㉠ ②

### 02

**알짜풀이** ● 중성자가 양성자와 전자로 붕괴될 때 작용하는 상호 작용은 힘의 크기가 매우 작아 약한 상호 작용이라고 불린다. ㉠ 약한 상호 작용

### 03

**알짜풀이** ● ① 전자, 뮤온, 타우는 물질을 구성하는 가벼운 입자로, 뮤온과 타우는 전자와 같은 전하량을 가지지만 전자보다 질량이 훨씬 크다.

**오답넘기** ● ②, ③ 쿼크는 양성자와 중성자 등을 구성하는 기본 입자로, 전하량은  $-\frac{1}{3}e$  또는  $+\frac{2}{3}e$ 이다.

④, ⑤ 중성미자는 전하도 없고, 질량도 매우 작다. ㉠ ①

### 04

**알짜풀이** ● ④ 쿼크 3개가 모여 양성자나 중성자를 형성한다.

**오답넘기** ● ① 렙톤은 독자적으로 존재할 수 있지만, 쿼크는 독자적으로 존재할 수 없다.

② 렙톤은 강한 상호 작용을 하지 않지만, 쿼크는 강한 상호 작용을 한다.

③ 렙톤은 물질을 이루는 질량이 작은 입자이고, 쿼크는 원자핵을 구성하는 기본 입자이다.

⑤ 전자, 뮤온, 타우, 전자 중성미자, 뮤온 중성미자, 타우 중성미자가 렙톤이다. ㉠ ④

### 05

**알짜풀이** ● ㄱ. 위쿼크(u)의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ 이고, 아래 쿼크(d)의 전하량은  $-\frac{1}{3}e$ 이다. 이 입자는 위쿼크 1개, 아래 쿼

#### 보충 설명

##### 베타 붕괴

원자핵 내부의 중성자가 약한 상호 작용에 의해 양성자와 전자로 붕괴하는 현상으로, 이때 중성미자가 나와요.

#### 용어 알기

##### 쿼크

양성자와 중성자를 구성하는 기본 입자로, 양성자와 중성자 속에 강한 상호 작용으로 결합되어 있어요.

크 2개로 이루어져 있으므로 전하량 =  $+\frac{2}{3}e + 2 \times (-\frac{1}{3}e) = 0$ 이다.

ㄷ. 중성자는 원자핵을 이루는 입자이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 위쿼크(u) 1개와 아래 쿼크(d) 2개로 이루어져 있으므로 이 입자는 중성자이다. ㉠ ④

### 06

**알짜풀이** ● W 보손과 Z 보손은 약한 상호 작용을 매개하는 입자이다. ㉠ ③

### 07

**알짜풀이** ● 전자기 상호 작용은 전하를 띤 입자 사이에 작용하는 힘이다. 전자, 뮤온, 타우는 전하량이  $-e$ 인 기본 입자이고, 위쿼크와 아래 쿼크는 전하량이 각각  $+\frac{2}{3}e$ ,  $-\frac{1}{3}e$ 인 기본 입자이다. 또, 양성자는 전하량이  $+e$ 인 입자이다.

④ Z 보손은 약한 상호 작용을 매개하는 입자로 전하를 띠지 않기 때문에 다른 입자들과 전자기 상호 작용을 하지 않는다. ㉠ ④

### 08

**알짜풀이** ● 전자기 상호 작용은 전하를 띤 물체 사이에 나타나는 상호 작용으로, 멀리 떨어져 있어도 작용하는 힘이다. 전자기 상호 작용을 매개하는 입자는 광자로, 전기력은 전하량의 곱에 비례하고, 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. ㉠ ④

### 09

**알짜풀이** ● ㄷ. 약한 상호 작용은 중성자가 양성자와 전자로 붕괴될 때 작용하는 상호 작용이다.

**오답넘기** ● ㄱ. 약한 상호 작용은 Z 보손과 W 보손을 매개로 상호 작용이 일어난다.

ㄴ. 약한 상호 작용의 범위는  $10^{-18}\text{m}$  이내로 기본 상호 작용 중에서 가장 작다. ㉠ ③

### 10

**모범답안** ● (가)는 물질을 이루는 가장 간단한 기본 입자이고, (나)는 기본 입자 사이에서 상호 작용을 매개하는 입자이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② (가)와 (나) 중 한 가지만 바르게 설명한 경우	50%

### 11

**알짜풀이** ● ③ 쿼크의 전하량은  $-\frac{1}{3}e$  또는  $+\frac{2}{3}e$ 이다.

**오답넘기** ● ① 렙톤은 강한 상호 작용을 하지 않지만, 쿼크는 강한 상호 작용을 한다.

② 쿼크와 렙톤은 물질을 구성하는 기본 입자이다.

④ 양성자와 중성자는 쿼크 3개로 이루어져 있다.

⑤ 중성자는 전하량이  $+\frac{2}{3}e$ 인 위쿼크(u) 1개와 전하량이

$-\frac{1}{3}e$ 인 아래 쿼크(d) 2개로 구성되어 있다. ㉓

### 12

**알짜풀이** ● ② 글루온은 강한 상호 작용을 매개하는 입자이고, W 보손과 Z 보손은 약한 상호 작용을 매개하는 입자이다.

**오답نب기** ● ①, ⑤ 뮤온과 타우는 전자와 같은 전하량을 가지지만 전자보다 질량이 큰 입자이며, 중성미자는 전하도 없고 질량도 매우 작은 입자이다.

③ 원자핵을 이루는 양성자와 중성자는 3개의 쿼크로 이루어져 있다.

④ 기본 입자에는 렙톤과 쿼크가 있다. 렙톤은 전자, 뮤온, 타우 입자의 세 종류가 있고, 각각의 입자에 해당하는 중성미자가 있으므로 총 6종류가 있다. 쿼크는 위쿼크, 아래 쿼크, 맵시 쿼크, 아랫한 쿼크, 꼭대기 쿼크, 바닥 쿼크 등 총 6종류가 있다. ㉔

### 13

**알짜풀이** ● 아래 쿼크의 반입자( $\bar{d}$ )의 전하량은  $+\frac{1}{3}e$ 이고, 위쿼크(u)의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ 이므로 전하량 보존 법칙에 의해 이 입자의 전하량은  $+\frac{1}{3}e + \frac{2}{3}e = +e$ 이다. ㉔

### 비법 특강

●본책 62~63쪽

1 ④ 2 ③ 3 ④ 4 ③

### 1

**알짜풀이** ● 가속도의 방향이 연직 위이므로 철수에게 작용하는 알짜힘의 크기는 엘리베이터 바닥이 철수를 위로 미는 힘의 크기에서 중력의 크기를 뺀 것과 같다. 알짜힘의 크기는  $ma = 60 \times 0.5 = 30(N)$ 이고, 중력의 크기는  $mg = 60 \times 10 = 600(N)$ 이다. 따라서 엘리베이터 바닥이 철수를 위로 미는 힘의 크기는 630 N이다. ㉔

### 2

**알짜풀이** ● ㄴ. 일반 상대성 이론에 의하면 태양과 같이 질량이 큰 물체는 주변의 공간을 휘어지게 하기 때문에 그 물체 주변을 지나는 모든 입자의 경로가 휘어진다. (질량·에너지 동등성에 의해 에너지를 가진 입자는 질량을 가지고 있다고 볼 수 있다. 빛도 에너지를 가지고 있기 때문에 빛이 질량이 큰 물체 주변을 지나가면 중력이 작용하여 빛의 경로가 휘다고도 설명할 수 있다).

ㄷ. 일반 상대성 이론에 의하면 지구와 같이 질량이 큰 물체 주변에서는 공간뿐만 아니라 시간도 휘어지기 때문에 중력이 큰 곳(시공간이 많이 휘어진 곳)일수록 시간이 더 느리게 간다. 지구 표면에 가까울수록 중력이 크기 때문에 시간이 느리게 간다.

**오답نب기** ● ㄱ, ㄹ. 태양 주위를 공전하는 행성의 운동과 엘리베이터가 위로 출발할 때 발바닥이 느끼는 힘이 증가하는

### 우공비 BOX

#### 필수 자료

##### 기본 입자

- 물질은 구성하는 기본 입자에는 렙톤과 쿼크가 있어요.
- 렙톤 : 질량이 가벼운 기본 입자
- 쿼크 : 양성자나 중성자를 이루는 기본 입자

#### 쉽게쉽게

반입자는 기본 입자와 질량은 같고, 전하가 반대인 입자로 아래 쿼크(d)의 전하량이  $-\frac{1}{3}e$ 이므로 아래 쿼크의 반입자( $\bar{d}$ )의 전하량은  $+\frac{1}{3}e$ 인 거예요.

#### 필수 자료

##### 관성력의 방향

물은 관성 때문에 트럭이 가속되는 방향과 반대 방향으로 쏠려요.

#### 쉽게쉽게

우주의 평균 밀도가 클수록 중력에 의한 수축 효과가 크기 때문에 우주의 크기가 증가하는 속도가 작아지는 거예요. 따라서 우주의 평균 밀도의 크기는  $C > B > A$  순이에요.

현상은 뉴턴의 중력 법칙과 일반 상대성 이론으로 모두 설명할 수 있다. ㉔

### 3

**알짜풀이** ● ㄴ. 양성자는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 되어 있다. 위쿼크는 (+)전하를 띠고 있고 아래 쿼크는 (-)전하를 띠고 있기 때문에 위쿼크와 아래 쿼크 사이에는 전자기력이 작용하며, 양성자 속과 같이 아주 가까운 거리에서는 쿼크들 사이에 강한 핵력이 작용한다.

ㄷ. 수소 원자 내부에는 양성자 1개와 전자 1개가 들어 있다. 양성자와 전자는 각각 (+)전하와 (-)전하를 띠고 있기 때문에 광자를 매개로 전자기 상호 작용을 한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 강한 상호 작용(강한 핵력)은 쿼크 사이에서만 이루어진다. 전자는 렙톤이므로 양성자와 강하게 충돌시켜 쿼크에 접근시켜도 강한 상호 작용을 하지 않는다. ㉔

### 4

**알짜풀이** ● ㄱ. 양성자는 2개의 위쿼크와 1개의 아래 쿼크로 되어 있고, 중성자는 1개의 위쿼크와 2개의 아래 쿼크로 되어 있다. 헬륨 원자핵 속에 들어 있는 위쿼크의 수는  $(2 \times 2) + (2 \times 1) = 6$ 개이고, 아래 쿼크의 수는  $(1 \times 2) + (2 \times 2) = 6$ 개이므로, 위쿼크와 아래 쿼크가 같은 수만큼 들어 있다.

ㄴ. 헬륨 원자 속에 들어 있는 쿼크의 개수는 12개이고 렙톤(전자)의 개수는 2개이므로, 쿼크의 개수는 렙톤의 6배이다.

**오답نب기** ● ㄷ. 헬륨 원자핵 속의 양성자와 중성자는 모두 쿼크로 이루어져 있기 때문에 양성자와 중성자 사이에는 글루온을 매개로 강한 핵력이 작용한다. ㉔

### 수능만능

### 실력 균하기

●본책 64~67쪽

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

### 01

**알짜풀이** ● 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기가 가속도이고, 관성력의 방향은 가속도의 방향과 반대이다.  $t_1$ 일 때 가속도의 방향이 오른쪽이므로 물에 작용하는 관성력의 방향은 왼쪽이고,  $t_2$ 일 때 가속도의 방향은 왼쪽이므로 물에 작용하는 관성력의 방향은 오른쪽이다. 따라서  $t_1$ 일 때 물은 왼쪽으로 쏠리고,  $t_2$ 일 때 물은 오른쪽으로 쏠린다. ㉔

### 02

**알짜풀이** ● ㄴ. A는 계속 팽창하는 열린 우주, B는 팽창하다가 멈추는 평평한 우주, C는 팽창하다가 다시 수축하는 닫힌 우주로, 우주의 시간에 시작과 끝이 있는 모형은 C이다.

**오답نب기** ㄱ. 프리드만의 우주 모형은 일반 상대성 이론을 우주에 적용하여 방정식을 풀 결과이다.

ㄷ. A 모형은 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작고, B

모형에서는 우주의 평균 밀도와 임계 밀도가 같으며, C 모형에서는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크다. ㉔ ②

### 03

**알짜풀이** ● 우주 배경 복사는 우주의 온도가 3,000 K일 때 물질과 분리되어 빠져나온 빛으로, 현재 약 2.7 K에 해당하는 우주 복사가 우주의 모든 방향에서 검출된다. 우주 배경 복사의 등방성은 대폭발 우주론의 증거가 된다. ㉔ ①

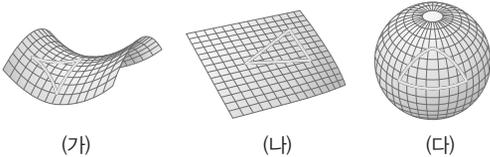
### 04

**알짜풀이** ● (가) 중력이 작용하지 않는 상태에서 우주선이 동가속도 운동을 할 때나, (나) 우주선이 중력이 작용한 공간에 있을 때 모두 빛이 아래로 휘어져 진행한다. ㉔ ④

### 05

**알짜풀이** ● 일반 상대성 이론에 의하면 지구와 같이 질량이 큰 물체는 주위 공간을 휘게 만든다. 따라서 지구 주위를 운동하는 물체의 운동 경로가 곡선이 된다. ㉔ ①

### 06 | 자료 분석하기 |



- (가): 팽창을 계속하는 열린 우주로, 삼각형의 내각의 합이 180°보다 작으며, 평균 밀도가 임계 밀도보다 작다.
- (나): 팽창하다가 멈추는 평평한 우주로, 삼각형의 내각의 합은 180°이며, 평균 밀도는 임계 밀도와 같다.
- (다): 팽창하다가 다시 수축하는 닫힌 우주로, 삼각형의 내각의 합이 180°보다 크며, 평균 밀도가 임계 밀도보다 크다.

**알짜풀이** ● ⑤ 열린 우주, 닫힌 우주, 평평한 우주 모두 과거의 어느 시점에서 우주의 크기는 0이었다.

**오답넘기** ● ① (가)는 열린 우주, (나)는 평평한 우주, (다)는 닫힌 우주이다.

② (나)는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같을 때 나타나는 평평한 우주이다.

③ (다)는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 클 때 만유인력이 커져 팽창하다가 다시 수축하는 닫힌 우주이다.

④ 닫힌 우주 공간에서는 삼각형의 내각의 합이 180°보다 크다. ㉔ ⑤

### 07

**알짜풀이** ● ㄱ. 블랙홀 근처로 갈수록 중력이 매우 커서 시간이 천천히 간다. 따라서 블랙홀의 어느 지점에서는 시간이 멈춘 것처럼 보인다.

ㄴ, ㄷ. 블랙홀은 질량이 매우 커서 빛도 빠져나오지 못하는 천체이므로 관측할 수 없으나, 블랙홀 가까이에 있는 물질들이 블랙홀로 빨려 들어갈 때 높은 온도로 가열되어 방출하는 X선을 측정하는 방법으로 관측이 가능하다. ㉔ ⑤

### 08

**알짜풀이** ● ② 위쿼크, 맵시 쿼크, 꼭대기 쿼크의 전하량은

#### 우공비 BOX

##### 보충 설명

- 우주선 안에서 빛이 직진하는 경우: 무중력이고, 우주선의 가속도가 0일 때
- 우주선 안에서 빛이 휘어지는 경우: 무중력에서 우주선이 가속될 때, 우주선에 중력이 작용할 때

##### 용어 알기

##### 렙톤

렙톤은 가벼운 입자라는 의미로 전자, 뮤온, 타우의 세 종류가 있고, 각각의 입자에 해당하는 중성미자가 있어요.

##### 보충 설명

**블랙홀의 형성**  
천체의 질량이 태양의 3~4배보다 큰 천체들이 블랙홀이 돼요.

각각  $+\frac{2}{3}e$ ( $e$ : 기본 전하량)이고, 아래 쿼크, 아랫한 쿼크, 바닥 쿼크의 전하량은 각각  $-\frac{1}{3}e$ 이다.

**오답넘기** ● ① 우주 배경 복사는 우주의 온도가 3,000 K이 되었을 때 원자가 생성되면서 물질과 분리되어 빠져나온 빛으로 대폭발 우주론의 증거이다.

③ 글루온은 강한 핵력을 매개하는 입자이다.

④ 중성자는 위쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 이루어져 있다.

⑤ 전자기력을 매개하는 입자는 광자이다. ㉔ ②

### 09

**알짜풀이** ● ④ 허블 법칙에 의하면 은하의 후퇴 속도는 은하의 거리에 비례하므로, 멀리 있는 은하일수록 후퇴하는 속력이 더 크다.

**오답넘기** ● ① 진공에서의 빛의 속력은 관측자의 운동 상태에 관계없이 같다(특수 상대성 이론의 광속 불변 원리).

② 지표면에서 관측했을 때 정지한 뮤온의 수명은 같은 장소에서 하나의 시계로 측정할 수 있는 고유 시간이다. 특수 상대성 이론의 시간 팽창에 따르면 운동하는 뮤온의 수명은 고유 시간인 정지한 뮤온의 수명보다 더 길다.

③ 일반 상대성 이론에 의하면 태양 근처의 시공간이 휘어져 있기 때문에 태양 근처를 지나가는 빛의 경로가 휘다.

⑤ 우주 배경 복사는 대폭발 우주론의 결정적 증거이다. ㉔ ④

### 10

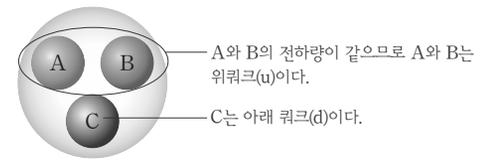
**알짜풀이** ● ㄱ. 물질을 구성하는 기본 입자는 렙톤과 쿼크로 구분한다.

ㄴ. 렙톤은 중력, 전자기력, 약한 상호 작용은 하나 강한 상호 작용은 하지 않는다.

**오답넘기** ● ㄷ. 렙톤은 물질을 이루는 기본 입자이므로 더 작은 입자들로 구성되지 않는다. ㉔ ④

### 11 | 자료 분석하기 |

양성자는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 이루어져 있다.



A와 B의 전하량이 같으므로 A와 B는 위쿼크(u)이다.

C는 아래 쿼크(d)이다.

**알짜풀이** ● ㄱ. A와 B는 위쿼크, C는 아래 쿼크이다.

ㄴ. 위쿼크의 전하량은  $+\frac{2}{3}e$ 이고, 아래 쿼크의 전하량은  $-\frac{1}{3}e$ 이므로 양성자의 전하량 =  $+\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e$ 이다.

ㄷ. 쿼크 사이에는 강한 상호 작용을 하므로 A와 B 사이의 인력을 매개하는 입자는 글루온이다. ㉔ ⑤

### 12

**알짜풀이** ● (가)는 전하량이  $-e$ 이므로 전자이고, (나)는 전하량이  $+\frac{2}{3}e$ 이므로 위쿼크, (다)는 전하량이  $-\frac{1}{3}e$ 이므로 아래 쿼크이다.

ㄱ. 양성자는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 되어 있고, 중성자는 위쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 되어 있다. 따라서 헬륨 원자 속의 위쿼크의 개수는  $(2 \times 2) + (1 \times 2) = 6$ (개), 아래 쿼크의 개수는  $(1 \times 2) + (2 \times 2) = 6$ (개)이다.

**오답범기** ● 나. 헬륨 원자 질량의 대부분은 원자핵이다.

ㄷ. 전자는 렙톤이므로 중력 상호 작용, 전자기 상호 작용, 약한 상호 작용의 영향을 받고, 쿼크는 중력 상호 작용, 전자기 상호 작용, 약한 상호 작용, 강한 상호 작용의 영향을 모두 받는다. A와 B에 공통으로 해당되는 상호 작용은 중력 상호 작용, 전자기 상호 작용, 약한 상호 작용이다. **답 ①**

### 13

**알짜풀이** ● 나. 양성자는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 구성되어 있다.

ㄷ. 강력은 강한 상호 작용을 말하며, 강한 상호 작용은 전자기력보다 큰 힘으로 양성자와 중성자와 같은 핵자들 사이에 작용하여 원자핵을 구성한다.

**오답범기** ● 가. 전자는 원자를 구성하는 입자이지만 원자핵을 구성하는 입자는 아니다. **답 ⑤**

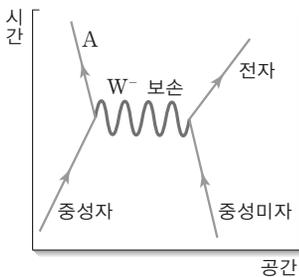
### 14

**알짜풀이** ● ㄷ. (가)의 전하량은  $+\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e$ 이고, (나)의 전하량은  $+\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0$ 이다.

**오답범기** ● 가. 쿼크 3개로 이루어진 입자를 중입자라 하고, 쿼크·반쿼크로 이루어진 입자를 중간자라고 한다. 따라서 (가)와 (나)는 쿼크 3개로 이루어져 있으므로 중입자이다.

나. (가)는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 이루어진 양성자이고, (나)는 위쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 이루어진 중성자이다. **답 ②**

### 15 | 자료 분석하기 |



- 충돌 전 : 중성자와 중성미자의 전하량은 0이다. 따라서 전하량의 합은 0이다.
- 충돌 후 : 전자의 전하량은  $-e$ 이므로, 전하량 보존 법칙에 의해 A의 전하량은  $+e$ 이다.

**알짜풀이** ● 나. 전하량 보존에 의해 A는 전하량이  $+e$ 이다.

ㄷ.  $W^-$  보손은 약한 상호 작용을 매개하는 입자이다.

**오답범기** ● 가. A는 전하량이  $+e$ 인 입자이므로 렙톤이 아니다. **답 ⑤**

### 16

**알짜풀이** ● 가. 전자기 상호 작용을 매개하는 입자는 광자이다.

### 우공비 BOX

#### 보충 설명

##### 중입자와 중간자

- 중입자 : 쿼크 3개로 이루어진 양성자나 중성자와 같은 입자
- 중간자 : 2개의 쿼크·반쿼크로 이루어진 파이온과 같은 입자

#### 조심조심

위치-시간 그래프와 속도-시간 그래프를 혼동하면 안 돼요. 위치-시간 그래프에서는 기울기가 속도를 의미하지만, 속도-시간 그래프에서는 기울기가 가속도를 의미하고, 그래프 아래의 넓이는 이동 거리를 의미해요.

나. 핵자(양성자와 중성자)는 (+)전하를 띤 위쿼크와 (-)전하를 띤 아래 쿼크로 되어 있다. 쿼크와 전자는 모두 전하를 띠고 있으므로 전자기 상호 작용을 할 수 있다.

**오답범기** ● ㄷ. (다)는 전하를 띠지 않은 중성미자이므로 전자기장 안에서 힘을 받지 않는다. **답 ③**

### 17

**알짜풀이** ● 가. 양성자는 2개의 위쿼크와 1개의 아래 쿼크로 되어 있으므로 주어진 내용은 위쿼크에 대한 설명이다.

나. 중성자는 1개의 위쿼크와 2개의 아래 쿼크로 되어 있다. ㄷ. 글루온은 강한 상호 작용을 매개한다. **답 ⑤**

### 대단원 마무리 핵심 요약 노트

● 본책 68~69쪽

- ① 경도 ② 적도 ③ 속도 ④ 가속도 ⑤ 등속 직선  
 ⑥ 반비례 ⑦ 운동량 ⑧ 충격량 ⑨ 이동 거리 ⑩ 운동 에너지  
 ⑪ 역학적 에너지 ⑫ 일정하다 ⑬ 타원  
 ⑭ 면적 ⑮ 비례 ⑯ 시간 팽창 ⑰ 길이 수축 ⑱ 등가 원리  
 ⑲ 블랙홀 ⑳ 기본 입자 ㉑ 매개 입자

### 대단원 마무리 단원 평가문제

● 본책 70~73쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 ② 06 ⑤ 07 ①  
 08 ④ 09 ① 10 ③ 11 ④ 12 ① 13 ④ 14 ③  
 15 ④ 16 ③ 17 해설 참조 18 ㉠ 시간 ㉡ 속력 19 뉴턴의 운동 제 1법칙(관성 법칙) 20 해설 참조 21  $5\sqrt{2}$  m/s  
 22 해설 참조 23 해설 참조 24 중력 상호 작용, 전자기 상호 작용, 강한 상호 작용, 약한 상호 작용

### 01

**알짜풀이** ● ④ 시간은 길이, 진류 등과 같은 다른 물리량에 대한 측정 표준의 기초로 사용되고 있어서 표준의 표준이라고 일컫는다.

**오답범기** ● ① 지구가 자전하므로 태양의 남중 시각은 지역에 따라 다르다.

② 현재 가장 정확한 시간 측정 장치는 세슘 원자( $^{133}\text{Cs}$ )에서 방출하는 특정한 파장의 빛을 이용한 원자시계이다.

③ 앙부일구로 계절은 측정할 수 있지만, 연도는 사람이 정하는 것이므로 측정할 수 없다.

⑤ 태양시에서는 1초를 하루의  $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$ 배로 정하였다. **답 ④**

### 02

**알짜풀이** ● 가. 위치-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 속도를 나타낸다. 2초일 때 기울기가 0이므로 속력은 0이다.

ㄷ. (+)를 오른쪽 방향이라고 한다면 0~2초 동안은 기준점에서 오른쪽으로 6m 떨어진 곳에서 기준점에서 왼쪽으로

3m 떨어진 곳까지 이동하였고, 2초 이후에는 기준점에서 왼쪽으로 3m 떨어진 곳에서 기준점을 지나 오른쪽으로 계속 이동하고 있다. 따라서 1초일 때와 3초일 때의 운동 방향은 서로 반대이다.

**오답넘기** ● 나. 평균 속도 =  $\frac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}} = \frac{-6\text{m}}{3\text{s}} = -2\text{m/s}$   
 이므로 평균 속도의 크기는 2m/s이다. **답 ④**

### 03

**알짜풀이** ● 가. 가속도는 시간에 대한 속도의 변화량이므로 자동차의 가속도 =  $\frac{20 - (-10)}{6} = 5(\text{m/s}^2)$ 이다.

나. 운동 방향이 바뀌는 순간 자동차의 속도는 0이고, 이때 자동차의 가속도는  $5\text{m/s}^2$ 이므로  $\frac{0 - (-10)}{t} = 5$ 에서 자동차의 운동 방향이 바뀌게 되는 시간  $t = 2(\text{s})$ 이다.

다. 운동 방향이 바뀌는 시간은 2초이므로 0~2초 동안 자동차가 이동한 거리는  $(-10 \times 2) + (\frac{1}{2} \times 5 \times 2^2) = -10(\text{m})$ 이고, 2~6초 동안 자동차가 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 40(\text{m})$ 이다. 즉, 자동차는 0~2초 동안 서쪽으로 10m를 이동하고, 2~6초 동안 동쪽으로 40m를 이동하므로 6초일 때 자동차는 0초일 때 위치로부터 동쪽으로 30m 떨어진 곳을 지난다. **답 ⑤**

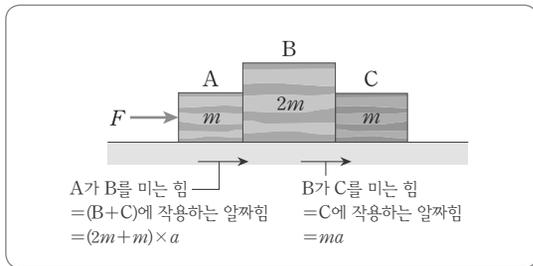
### 04

**알짜풀이** ● 가.  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $3 = 2v_0 + \frac{1}{2}a \times 2^2$ ,  $8 = 4v_0 + \frac{1}{2}a \times 4^2$ 이므로  $v_0 = 1(\text{m/s})$ ,  $a = 0.5(\text{m/s}^2)$ 이다.

다. 6초 때 위치  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 1 \times 6 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times 6^2 = 15(\text{m})$ 이다.

**오답넘기** ● 나. 2초 때 속도  $v = v_0 + at = 1 + 0.5 \times 2 = 2(\text{m/s})$ 이다. **답 ③**

### 05 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나.  $(m + 2m + m)a = F$ 에서 세 물체의 가속도  $a = \frac{F}{4m}$ 이고, B가 A를 미는 힘은 A가 B를 미는 힘과 작용 반작용의 관계에 있으므로 두 힘의 크기는 같다. 따라서  $(2m + m)a = 3m \times \frac{F}{4m} = \frac{3}{4}F$ 이다.

**오답넘기** ● 가. A, B, C는 붙어서 움직이므로 가속도가 모두 같다.

다. C에 작용한 합력은 B가 C를 미는 힘이므로  $ma$ 이고, A에 작용한 합력은  $F - B$ 가 A를 미는 힘 =  $F - 3ma = 4ma - 3ma = ma$ 이므로 두 힘의 크기는 같다. **답 ②**

### 우공비 BOX

#### ●보충 설명●

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$= (-10) \times 6 + \frac{1}{2} \times 5 \times 6^2$$

$$= 30(\text{m})\text{로 구할 수 있다.}$$

#### ●필수 자료●

#### 등가속도 직선 운동의 공식

$$v = v_0 + at$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$

#### 쉽게쉽게

중력이 물체의 이동 방향과 반대 방향으로 작용하면 중력이 물체에 한 일은 (-)가 되고, 중력이 물체의 운동 방향과 같은 방향으로 작용하면 중력이 물체에 한 일은 (+)가 돼요.

#### ●보충 설명●

세 물체가 붙어서 운동할 때 가속도는 같지만 각 물체에 작용하는 힘은 달라요.

#### 쉽게쉽게

A, C의 질량과 가속도가 같으므로 합력(=질량 × 가속도)은 같다.

### 06

**알짜풀이** ● 수레의 질량이 2배, 속력이 2배 증가하면 운동 에너지는 8배 증가한다. 이때 나무 도막이 밀려난 거리는 수레의 운동 에너지에 비례하므로  $10\text{cm} \times 8 = 80\text{cm}$ 이다. **답 ⑤**

### 07

**알짜풀이** ● 가. 운동량-시간 그래프의 기울기는 힘을 나타내므로, 0~1초 동안 물체가 받은 힘은 25N이다.

**오답넘기** ● 나. 1~3초 동안은 운동량의 변화가 없으므로 물체가 받은 충격량도 없다.

다. 3초일 때 물체의 속도 =  $\frac{25}{5} = 5(\text{m/s})$ 이고, 5초일 때 속도가 0이므로 3~5초 동안 속도 변화량 =  $0 - 5 = -5(\text{m/s})$ 이다. 따라서 평균 가속도 =  $-\frac{5}{2} = -2.5(\text{m/s}^2)$ 이므로 평균 가속도의 크기는  $2.5\text{m/s}^2$ 이다. **답 ①**

### 08

**알짜풀이** ● 가, 다. 일정한 속력으로 물체를 끌어당겼으므로 마찰력의 크기는 물체를 당기는 힘의 수평 성분과 같다. 물체의 이동 방향으로 작용하는 힘의 크기가  $600 \times \cos 60^\circ = 300(\text{N})$ 이므로 마찰력의 크기도 300N이다.

**오답넘기** ● 나. 물체에 작용한 힘이 한 일의 양은  $W = Fs \cos 60^\circ = 600 \times 3 \times \frac{1}{2} = 900(\text{J})$ 이다. **답 ④**

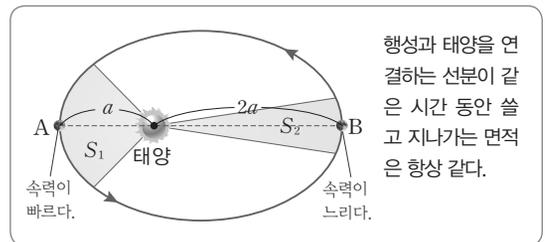
### 09

**알짜풀이** ● 0~1초 동안 중력이 물체에 한 일의 양 =  $10 \times (-5) = -50(\text{J})$ 이고, 1~3초 동안 중력이 물체에 한 일의 양 =  $10 \times 20 = 200(\text{J})$ 이다. 따라서 0~3초 동안 중력이 물체에 한 일의 양 =  $(-50) + 200 = 150(\text{J})$ 이다. **답 ①**

### 10

**알짜풀이** ● 역학적 에너지가 보존되므로 물체를 던진 순간 물체의 퍼텐셜 에너지 + 운동 에너지는 지면에 떨어지는 순간 물체의 운동 에너지와 같다. 따라서  $m \times 10 \times h + \frac{1}{2} \times m \times 10^2 = \frac{1}{2} \times m \times 20^2$ 에서 건물의 높이  $h = 15(\text{m})$ 이다. **답 ③**

### 11 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. 태양에서 A점과 B점 사이의 거리의 비가 1 : 2이므로 면적 속도 일정 법칙에 의해 A점과 B점에서 행성의 속력의 비는 2 : 1이다. 즉, A점에서 행성의 속력은 B점에서의 2배이다.

나. 행성의 역학적 에너지는 보존된다.  
**오답넘기** ● 다. 행성에 작용하는 힘은 거리의 제곱에 반비례하므로 A점에서 행성에 작용하는 힘의 크기는 B점에서 행성에 작용하는 힘의 크기의 4배이다. **답 ④**

12

**알짜풀이** •  $\gamma$ 은 광속 불변 원리,  $\gamma$ 은 상대성 원리로 특수 상대성 이론의 가정이다.

**오답넘기** •  $d$ 은 길이 수축,  $t$ 은 시간 팽창으로 특수 상대성 이론에 의한 현상이다. **답 ①**

13

**알짜풀이** • 렌즈가 빛을 휘어지게 하는 것처럼 중력에 의해 빛이 휘어지는 현상을 중력 렌즈 현상이라 하고, 이는 공간이 휘어짐에 따라 빛이 휘어져 진행한다는 일반 상대성 이론에 의해서 설명이 가능하다. **답 ④**

14

**알짜풀이** • 영수가 측정할 때 지구와 P 사이의 거리는 길이 수축에 의해 다음과 같이 수축한다.

$$L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 16 \text{광년} \times \sqrt{1 - \frac{(0.8c)^2}{c^2}} = 16 \text{광년} \times \sqrt{1 - 0.8^2} = 9.6 \text{광년이다.}$$

따라서 영수가 측정할 때 지구에서 행성 P 까지 가는 데 걸린 시간  $t = \frac{L}{v} = \frac{9.6 \text{광년}}{0.8c} = 12 \text{년이다.}$  **답 ③**

15

**알짜풀이** • ④ 새로운 물질이 계속 생겨나 밀도가 일정하게 유지된다는 것은 정상 상태 우주론이다.

**오답넘기** • ①, ③ 우주의 모든 질량과 에너지가 한 점에 모여 엄청나게 밀도가 높은 상태로 있다가 폭발 후 급격히 팽창되었다는 주장이 대폭발 우주론이다.

② 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3,000 K일 때 원자가 형성되면서 물질과 분리되어 빠져나온 빛으로, 우주가 대폭발을 통해 팽창하면서 우주의 온도가 3,000 K에서 약 2.7 K으로 낮아져 빛의 파장이 길어졌다. 즉, 우주 배경 복사는 대폭발 우주론을 뒷받침하는 증거이다.

⑤ 외부 은하에서 오는 빛을 관찰하여 빛의 파장이 길어지는 적색 편이 현상을 발견하였는데, 이 현상으로부터 은하 사이의 거리가 멀어지고 있음을 알 수 있다. 즉, 적색 편이 현상을 통해 외부 은하가 후퇴하고 있음을 알 수 있다. **답 ④**

16

**알짜풀이** • • 양성자 : 양성자의 전하량은  $+e$ 이므로 위 쿼크(u) 2개와 아래 쿼크(d) 1개로 구성되어야 한다. 즉, 양성자의 전하량은  $\frac{2}{3}e(u) + \frac{2}{3}e(u) - \frac{1}{3}e(d) = +e$ 이다.

• 중성자 : 중성자는 전하량이 0이므로 위 쿼크(u) 1개와 아래 쿼크(d) 2개로 구성되어야 한다. 즉, 중성자의 전하량은  $\frac{2}{3}e(u) - \frac{1}{3}e(d) - \frac{1}{3}e(d) = 0$ 이다. **답 ③**

17

**모범답안** • 지구 자전의 속력이 자연적으로 변하므로 하루의 길이가 변한다.

채점 기준	배점
모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
하루의 길이가 변하기 때문이라고 설명한 경우	50 %

우공비 BOX

• **보충 설명** •  
 힘-이동 거리 그래프에서 그래프 아래 부분 넓이는 일의 양을 나타내고, 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같아요.

• **용어 알기** •  
**뮤온**  
 파이( $\pi$ ) 중간자 및 케이(k) 중간자가 붕괴할 때 생기는 불안정한 입자예요.

• **보충 설명** •  
 하루의 길이가 정확하게 정해지면 1초도 그에 따라 정확해져요. 그러나 지구는 자전과 함께 타원 궤도를 공전하고 있어 자전 주기가 계속 변해요.

18

**알짜풀이** • 거리=시간×속력이므로 인공위성에서 수신기까지의 거리는 전파가 도달하는 데 걸린 시간에 전파의 속력을 곱하여 구한다. **답 ㉠ 시간 ㉡ 속력**

19

**알짜풀이** • 뉴턴의 운동 제 1법칙은 알짜힘이 0이면 물체가 자신의 운동 상태를 유지하려는 성질이다. **답 뉴턴의 운동 제 1법칙(관성 법칙)**

20

**모범답안** • 야구 장갑이 두꺼우면 공이 멈추는 시간이 길어지므로 공이 손에 작용하는 충격력이 줄어들기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 충격력이 줄어들기 때문이라고 설명한 경우	50 %

21

**알짜풀이** • 0~6 m 구간에서 물체에 한 일의 양=(10×4)+(1/2×10×2)=50(J)이므로 6 m 지점을 통과할 때 물체의 운동 에너지는 50 J이다. 따라서 1/2×2×v²=50에서 물체의 속력 v=5√2(m/s)이다. **답 5√2 m/s**

22

**모범답안** • 지표면의 관찰자 입장에서 볼 때는 **뮤온**이 충분히 빠르게 움직이므로 뮤온의 시간이 느리게 가서 실제 수명보다 더 오래 남게 되므로 지표면에 도달하고, 뮤온의 입장에서 볼 때는 자신의 여행 거리가 길이 수축으로 짧아지기 때문에 자신의 수명 내에 지표면에 도달한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 지표면의 관찰자 입장이나 뮤온의 입장 중 하나만 바르게 설명한 경우	50 %

23

**모범답안** • 빛이 중력장에 의해 휘는 현상, 중력장 내에서 시간이 느리게 가는 현상, 수성의 공전 궤도의 축이 이동하는 현상, 중력장을 통과하는 빛의 파장이 길어지는 현상 등

채점 기준	배점
① 3가지 모두 바르게 쓴 경우	100 %
② 2가지만 바르게 쓴 경우	60 %
③ 1가지만 바르게 쓴 경우	30 %

24

**알짜풀이** 네 가지 기본 상호 작용에는 질량을 가진 모든 물체 사이에 작용하는 중력 상호 작용, 전하를 띤 물체 사이에 작용하는 전자기 상호 작용, 양성자나 중성자와 같은 핵자들 사이에 작용하는 강한 상호 작용, 중성자를 양성자와 전자로 붕괴시키는 약한 상호 작용이 있다.

**답 중력 상호 작용, 전자기 상호 작용, 강한 상호 작용, 약한 상호 작용**

# 05 전기장

## II. 물질과 전자기장

### 우공비 BOX

## 09 광 전기장

### 개념 확인 문제

● 본책 77쪽

1 (1)  $4F$  (2)  $4F$  2 (1) 전기력 (2) 전기력선 3  $2N/C$

1 (1) 각 전하량이 2배가 되면 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하므로 4배가 된다.

(2) 전하 사이의 거리가  $\frac{1}{2}$ 배가 되면 전기력의 크기는 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 4배가 된다.

3  $E = \frac{F}{q} = \frac{6N}{3C} = 2N/C$

### 문제 다지기

● 본책 78~79쪽

기/본/문/제 01 ② 02 오른쪽으로  $\frac{3}{2}F$ 이다. 03 ②

04 (1)  $40N/C$  (2)  $20N/C$  05 ④ 06 ⑤

실/력/문/제 07 해설 참조 08 ④ 09 ③ 10 ⑤

11 ④

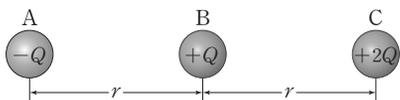
## 01

알짜풀이 ● 나. 전하량 보존 법칙에 의해 털가죽이 잃은 (-)전하만큼 유리 막대가 (-)전하를 얻게 되므로 유리 막대와 털가죽에 대전된 전하량의 크기는 같다.

오답넘기 ● 가. 유리 막대에도 (+)전하가 존재한다. 다만 (-)전하의 양이 (+)전하의 양보다 많기 때문에 유리 막대가 (-)전하를 띠는 것이다.

다. 털가죽의 전자가 유리 막대로 이동하기 때문에 전자를 잃은 털가죽은 (+)전하를 띤다. ㉠ ②

## 02 | 자료 분석하기 |



● A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기가  $F$ 이므로  $F = k \frac{|(-Q) \times (+Q)|}{r^2} = k \frac{Q^2}{r^2}$ 이다.  $\Rightarrow$  A와 C 사이에 작용

하는 전기력의 크기는  $F_{AC} = k \frac{|(-Q) \times (+2Q)|}{(2r)^2} = k \frac{2Q^2}{4r^2}$

$= \frac{F}{2}$ 이고, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는  $F_{BC} =$

$k \frac{|(+Q) \times (+2Q)|}{r^2} = k \frac{2Q^2}{r^2} = 2F$ 이다.

● A와 C 사이에는 인력이 작용하고, B와 C 사이에는 척력이 작용한다.  $\Rightarrow F_{AC}$ 의 방향은 왼쪽,  $F_{BC}$ 의 방향은 오른쪽이다.

알짜풀이 ● 오른쪽 방향을 (+)로 하면 전하 C에 작용하는 전기력의 합력은  $F_C = -\frac{F}{2} + 2F = +\frac{3}{2}F$ 이다.

㉠ 오른쪽으로  $\frac{3}{2}F$ 이다.

### 용어 알기

#### 작용 반작용

서로 다른 두 물체가 힘을 주고받는 관계로, 물체 A가 물체 B에 힘을 작용하면 동시에 물체 B도 크기가 같고, 방향이 반대인 힘을 물체 A에 작용해요.

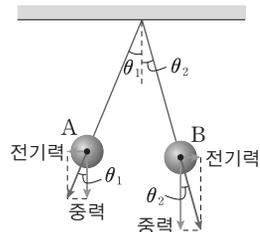
## 03

알짜풀이 ● 다. A와 B 사이가 벌어져서 정지해 있으므로 서로 밀어내는 척력이 작용하였다. 즉, A와 B는 같은 전하로 대전되어 있다.

오답넘기 ● 가. A가 B를 미는 힘을 작용이라 하면 B가 A를 미는 힘은 반작용이다. 즉, A가 B에 작용하는 전기력과 B가 A에 작용하는 전기력은 작용 반작용 관계이므로 크기가 같다.

나. A와 B에는 전기력과 중력이 각각 작용하고 있다. 이때 A와 B에 작용하는 전기력의 크기는 같은데,  $\theta_1$ 이  $\theta_2$ 보다 크므로 A에 작용하는 중력의 크기가 B에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

즉, A의 질량이 B의 질량보다 작다. ㉠ ②



## 04

알짜풀이 ● (1)  $E = \frac{F}{q} = \frac{8N}{0.2C} = 40N/C$

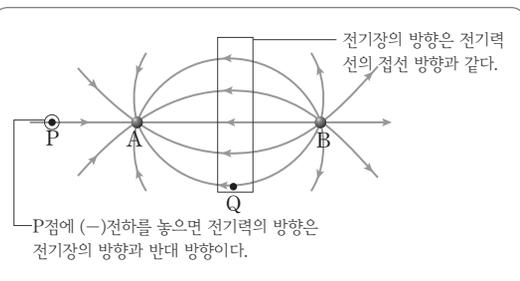
(2)  $E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-10}}{(0.3)^2} = 20(N/C)$

㉠ (1)  $40N/C$  (2)  $20N/C$

## 05

알짜풀이 ● 전기력선은 (+)전하에서 나와 (-)전하로 들어가며, 서로 교차하거나 분리되지 않는다. 전기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향은 그 점에서 전기장의 방향이다. 전기력선의 밀도가 클수록, 즉 간격이 좁을수록 전기장의 세기가 세다. 따라서 전기장의 세기는 전기장에 수직인 단위 면적을 지나는 전기력선의 수에 비례한다. ㉠ ④

## 06 | 자료 분석하기 |



알짜풀이 ● ⑤ A와 B 사이의 중간 지점에 (-)전하를 놓으면 이 전하에 작용하는 전기력의 방향은 B를 향하지만, 전기장의 방향은 전기력선의 접선 방향으로 A를 향한다.

오답넘기 ● ① 전기력선은 (+)전하에서 나와 (-)전하로 들어가므로 A는 (-)전하, B는 (+)전하로 대전되어 있다.

② 전기력선의 간격이 좁을수록, 즉 전기력선의 밀도가 클수록 전기장의 세기가 세다.

③ 전기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향이 그 점에서의 전기장 방향이다. 따라서 Q점에서 전기장의 방향은 왼쪽이다.

### 쉽게 쉽게

전자를 잃은 물체는 (+)전하로, 전자를 얻은 물체는 (-)전하로 대전돼요.

### 보충 설명

두 전하 사이에 작용하는 전기력

다른 전하 사이에는 서로 끌어당기는 인력이 작용하고, 같은 전하 사이에는 서로 밀어내는 척력이 작용해요.

④ (-)전하는 전기장의 방향과 반대 방향으로 전기력을 받는다. 따라서 P점에 (-)전하를 놓으면 (-)전하에 작용하는 전기력의 방향은 전기력선의 반대 방향, 즉 P의 왼쪽을 향한다. **답 ⑤**

07

**알짜풀이** ● 유리 막대와 명주 옷을 마찰시키면 유리 막대에 있던 (-)전하(전자)가 명주 옷으로 이동하여 유리 막대는 상대적으로 (-)전하의 양이 적어 (+)전하를 띠고, 명주 옷은 상대적으로 (-)전하의 양이 많아 (-)전하를 띤다.

**모범답안** ● 마찰 과정에서 전자가 유리 막대에서 명주 옷으로 이동하기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 전자의 이동 때문이라고만 쓴 경우	30%

08

**알짜풀이** ● ㄴ. (-)전하는 전기장과 반대 방향으로 전기력을 받는다. 따라서 (-)전하로 대전된 대전체에 작용한 전기력의 방향은 오른쪽이다.

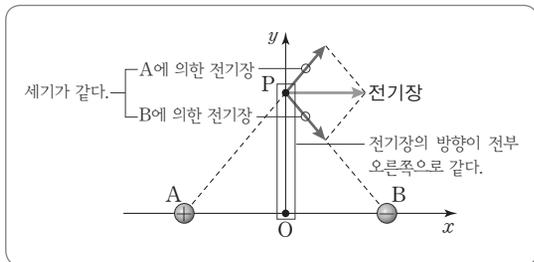
ㄷ. 대전체가 45°로 기울어졌다면 중력과 전기력의 크기가 같다. 그런데 대전체가 45°보다 작은 각으로 기울어졌으므로 중력의 크기가 전기력의 크기보다 크다.

**오답نب기** ● ㄱ. (+)전하는 전기장과 같은 방향으로 전기력을 받고, (-)전하는 전기장의 반대 방향으로 전기력을 받는다. 전기장을 왼쪽 수평 방향으로 걸어주었는데 대전체가 오른쪽으로 힘을 받아 움직였으므로 (-)전하로 대전되어 있음을 알 수 있다. **답 ④**

09

**알짜풀이** ● P점에서 +2C에 의한 전기장의 세기는  $9 \times 10^9 \times \frac{2}{1^2} = 18 \times 10^9 \text{ (N/C)}$ 이며 방향은 오른쪽이고, P점에서 -4C에 의한 전기장의 세기는  $9 \times 10^9 \times \frac{4}{2^2} = 9 \times 10^9 \text{ (N/C)}$ 이며 방향은 오른쪽이다. P점에서 두 점전하에 의한 전기장의 방향이 같으므로 두 전기장을 합하면 전기장의 세기는  $(18 \times 10^9 \text{ N/C}) + (9 \times 10^9 \text{ N/C}) = 27 \times 10^9 \text{ N/C}$ 이다. **답 ③**

10 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. P점에서 전기장의 방향이 +x 방향이 되려면 A에서 전기장이 나와 B로 들어가야 한다. 따라서 A는 (+)전하, B는 (-)전하이다.

ㄴ. 전기장의 세기는 전하량에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 P점에서 A와 B에 의한 전기장의 세기가

우공비 BOX

조심조심

전하가 받는 힘의 방향은 전하의 종류에 따라 달라져요. 즉, (+)전하는 전기장의 방향과 같은 방향으로 힘을 받고, (-)전하는 전기장의 방향과 반대 방향으로 힘을 받아요.

같으며, A와 B에서 P점까지의 거리가 같으므로 A와 B의 전하량의 크기도 같다.

ㄷ.  $\overline{OP}$  위의 모든 점에서 전기장의 방향이 오른쪽이므로 O점에 (-)전하를 놓으면 전기장의 반대 방향인 A쪽으로 힘을 받는다. **답 ⑤**

11

**알짜풀이** ● ④ y축 위의 전기장의 방향은 모두 x축과 나란한 방향으로 같다. 따라서 a점과 c점에서 전기장의 방향은 같다.

**오답نب기** ● ①, ② P와 Q 사이의 전기력선이 서로 이어져 있고, y축을 중심으로 대칭으로 나타나므로 P와 Q의 전하량의 크기는 같고, 전하의 종류는 서로 다르다.

③ P와 Q의 전하량의 크기가 같고, a점과 c점은 두 점전하로부터 같은 거리만큼 떨어져 있으므로 a점과 c점에서 전기장의 세기는 같다.

⑤ a점에서 b점으로 갈수록 전기력선의 간격이 좁아지므로 전기장의 세기는 세진다. **답 ④**

10강 정전기 유도

개념 확인 문제

● 본책 81쪽

- 1 도체 2 ㉠ 다른 ㉡ 같은 ㉢ 정전기 유도 3 유전 분극 4 ㉠ 금속판 ㉡ 금속막 5 방전

1 도체는 자유 전자가 많아서 전기가 잘 흐르는 물질이고, 절연체(부도체)는 자유 전자가 없어서 전기가 잘 흐르지 않는 물질이다.

문제 다지기

● 본책 82~83쪽

- 기/본/문/제 01 ③ 02 ④ 03 ③ 04 금속막이 더  
 별어진다. 05 ⑤ 06 ①  
 실/력/문/제 07 ⑤ 08 해설 참조 09 ④ 10 ⑤  
 11 ①

01

**알짜풀이** ● 물, 고무, 유리, 종이 등과 같은 절연체(부도체)에 대전체를 가까이 가져가면 절연체 내의 분자들이 극성을 가지고 재배열되어 대전체에 가까운 쪽은 대전체와 다른 전하가, 먼 쪽은 대전체와 같은 전하가 유도되는 유전 분극 현상이 일어난다. **답 ③**

02

**알짜풀이** ● ㄱ. 도체에 대전체를 가까이 하면 도체 내의 자유 전자가 전기력을 받아 이동하여 상대적으로 전자, 즉 (-)전하가 많이 모인 곳은 (-)전기를 띠고, (-)전하가 적

쉽게쉽게

도체에서는 자유 전자의 이동에 의해 정전기 유도 현상이 일어나고, 절연체(부도체)에서는 분자의 극성이 재배열되어 정전기 유도 현상이 일어나요.

게 모인 곳은 (+)전기를 띤다. 그림에서 원자 내의 전자가 재배열된 것이 아니라 자유 전자가 직접 이동하므로 이 물체는 도체이며, 도체는 전기가 잘 흐르는 물질이다.

ㄴ. 대전체를 물체에 가까이 하면 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 전하가 유도된다. 따라서 대전체와 물체 사이에는 항상 인력이 작용한다.

**오답받기** ● ㄷ. 대전체를 치우면 정전기 유도에 의해 이동한 자유 전자가 원래 상태로 되돌아간다. **답 ④**

### 03

**알짜풀이** ● (+)전하로 대전된 유리 막대를 도체구 A에 가까이 하면 도체구 B의 전자가 유리 막대와 가까운 A쪽으로 이동한다. 이 상태에서 두 도체구를 떼어 놓고 유리 막대를 치우면 도체구 A는 대전체와 다른 (-)전하를 띠고, 도체구 B는 대전체와 같은 (+)전하를 띤다. **답 ③**

### 04

**알짜풀이** ● (-)대전체에 의해 금속판의 전자가 금속박으로 이동하여 금속박의 (-)전하의 양이 처음보다 많아지므로 금속박은 더 벌어진다. **답 금속박이 더 벌어진다.**

### 05

**알짜풀이** ● 접지는 대전체를 도선으로 지면과 연결하는 것으로, 이때 연결한 도선을 접지선이라고 한다. 피뢰침은 건물에 설치한 금속 막대로, 대기에서 발생한 많은 양의 전하를 지면으로 직접 이동시켜 전하들이 다른 경로로 이동해 건물이나 인간에게 피해를 입히는 것을 방지할 수 있다.

⑤ 대규모 송신 안테나를 지면에 닿지 않게 높은 지역에 설치하면 번개에 의한 낙뢰의 위험이 있다. 따라서 반드시 안테나의 꼭대기에 피뢰침을 설치해서 지면과 연결시켜야 한다. **답 ⑤**

### 06

**알짜풀이** ● ㄱ. 대전체를 금속구에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 전하가 유도되는데, (-)전하는 접지선을 통해 이동하므로 금속구는 (+)전하로 대전된다.

**오답받기** ● ㄴ. 금속구 내에 유도되는 전하량은 외부 대전체의 전하량과 같지 않다.

ㄷ. 대전체를 금속구에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 전하가 유도되고, 접지선을 통해 (-)전하가 지면으로 이동한다. **답 ①**

### 07

**알짜풀이** ● A를 구성하는 원자들이 전기력을 받아서 기준 위치에서 조금씩 벗어나 있으므로 A 내부에서 유전 분극 현상이 일어났다.

ㄴ. 절연체 내부의 인접한 분극들은 서로 중화되므로 표면에서만 전하를 띤다. 따라서 A의 왼쪽 표면은 (-)전하를 띠고, 오른쪽 표면은 (+)전하를 띤다.

ㄷ. 물체에서 대전체와 가까운 쪽 표면이 (+)전하를 띠므로, 대전체는 (-)전하로 대전되어 있다. 따라서 A와 대전체 사이에는 인력이 작용한다.

**오답받기** ● ㄱ. 물체 A 내부에서 유전 분극 현상이 일어났으므로 물체 A는 절연체이다. **답 ⑤**

## 우공비 BOX

### ●보충 설명●

플라스틱 자를 털가죽으로 문지르면 털가죽에서 플라스틱 자 쪽으로 전자가 이동하므로 전자를 얻은 플라스틱 자는 (-)전하로 대전돼요.

### ●필수 자료●

#### 정전기 유도에 의한 도체의 대전 상태

대전체를 도체에 접근시키면 대전체에 가까운 쪽은 대전체와 다른 전하가, 먼 쪽은 대전체와 같은 전하가 유도돼요.

### ●보충 설명●

#### 번개

번개는 대전된 구름과 지면 사이의 방전 현상으로, 구름에 아주 많은 양의 정전기가 쌓여 전자들이 빠른 속도로 한꺼번에 이동할 때 관찰돼요.

### ●보충 설명●

대전체가 (-)전하로 대전되어 있든, (+)전하로 대전되어 있든 도체구에서 정전기 유도 현상이 일어나면 대전체와 가까운 쪽은 항상 대전체와 반대 종류의 전하가 유도되므로 항상 인력이 작용해요.

## 08

**알짜풀이** ● 물줄기에 대전체를 가까이 가져가면 대전체와의 전기력에 의해 유전 분극 현상이 일어난다. 따라서 물줄기와 대전체 사이에는 인력이 작용하므로 물줄기가 대전체 쪽으로 휘어진다.

**모범답안** ● 유전 분극에 의해 (-)전하로 대전된 플라스틱 자와 물줄기 사이에 인력이 작용하기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 대전된 플라스틱 자와 물줄기 사이에 인력이 작용하기 때문이라고만 설명한 경우	50%
③ 유전 분극이 일어나기 때문이라고만 설명한 경우	30%

## 09 | 자료 분석하기 |

점촉에 의해 (-) 전하를 얻은 금속구는 (-)전하를 띤다.

전자의 이동

(-)전하를 잃은 금속 막대는 (+)전하를 띤다.

금속구 금속 막대 유리 막대

금속구가 금속 막대에 달라붙으면 금속 막대의 (-)전하 중 일부가 금속구로 빠져나간다.

**알짜풀이** ● ㄴ. 금속구가 금속 막대에 달라붙은 순간 금속 막대에서 (-)전하의 일부가 금속구로 빠져나갔다. 따라서 유리 막대를 치우면 금속 막대는 전체적으로 (+)전하를 띤다.

ㄷ. 유리 막대를 치우면 금속구는 (-)전하를 띠고, 금속 막대는 (+)전하를 띠므로 금속구가 금속 막대에 달라붙는다.

**오답받기** ● ㄱ. 정전기 유도에 의해 금속 막대의 오른쪽에는 (+)전하가, 왼쪽에는 (-)전하가 유도된다. 금속구도 금속 막대에 의해 금속 막대와 가까운 쪽에 (+)전하가 유도되므로 인력이 작용하여 금속 막대에 달라붙는다. 이 순간 금속 막대의 (-)전하가 일부 금속구로 이동하므로 금속구는 (-)전하로 대전된다. **답 ④**

## 10

**알짜풀이** ● ⑤ 대전체를 도체구에 접근시키면 정전기 유도에 의해 대전체에 가까운 쪽은 대전체와 다른 전하가, 먼 쪽은 대전체와 같은 전하가 유도된다. 이때 도체구 내에 유도된 (+)전하량과 (-)전하량은 같으나, 외부 대전체와는 전하량이 같지 않다.

**오답받기** ● ① 대전체에 가까운 도체구 부분에는 대전체와 다른 전하인 (+)전하가 유도된다.

② 도체구 내에 유도된 (+)전하와 (-)전하의 양은 같다.

③ 대전체가 도체구에 가까이 갈수록 도체구 내의 전하에 작용하는 전기력이 커지므로 더 많은 양의 전하가 유도된다.

④ 도체구에서 대전체와 가까운 쪽은 대전체와 다른 전하가 유도된다. 따라서 대전체와 도체구 사이에는 전기적 인력이 작용한다. **답 ⑤**

11

**알짜풀이** ● (가)와 같이 대전되지 않은 금속판에 (-)전하로 대전된 유리 막대를 가까이 가져가면 전자가 금속판에서 금속박 쪽으로 이동한다. 따라서 금속판은 (+)전하로, 금속박은 (-)전하로 대전되므로 금속박이 벌어진단다. (나)에서는 금속박의 전자가 손가락을 통해 지면으로 이동하므로 금속박은 오히려 오히려 (-)전하로 대전된 유리 막대에 의해 금속판은 (+)전하로 대전된 상태를 유지한다. (나)에서 금속판에 접촉한 손가락과 유리 막대를 금속판으로부터 멀리 치우면 금속판과 금속박은 모두 (+)전하로 대전된다. ㉮ ①

유공비

비법 특강

●본책 84~85쪽

1 ④ 2 ② 3 ⑤ 4 ⑤

1

**알짜풀이** ● ㄱ. 전기력선이 들어가는 A는 (-)전하이므로, 전기력선이 나오는 B는 (+)전하이므로.

ㄴ. A로 들어가는 전기력선의 개수와 B에서 나오는 전기력선의 개수의 비(A : B)가 2 : 1이다. 따라서 A의 전하량의 크기는 B보다 크다.

**오답نب기** ● ㄷ. 전기력선의 간격이 좁을수록 전기장의 세기가 세다. 따라서 전기력선의 간격이 좁은 P에서 Q에서보다 전기장의 세기가 더 세다. ㉮ ④

2

**알짜풀이** ● (-)전하로 대전된 플라스틱 자를 도체구 B에 가까이 하면 도체구 B에는 (+)전하가 유도되고, 도체구 A에는 B와 같은 전하량의 (-)전하가 유도된다. 따라서 A와 B를 서로 떼어 내면 A는 (-)전하, B는 (+)전하를 띠게 되므로, 전기력선은 B에서 나와 A로 들어가는 모양이 된다. 이때 A와 B에 유도되는 전하량의 크기가 같으므로 전기력선의 개수는 같다. ㉮ ②

3

**알짜풀이** ● ㄴ. 전기장의 세기는 점전하의 전하량에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례하므로 전하량의 크기는 B가 A의 4배이다.

ㄷ. B는 (-)전하이므로 전하량의 크기도 A의 4배이므로  $x=2d$ 에서 전기장의 방향은  $+x$  방향이다.

**오답نب기** ● ㄱ.  $x=d$ 에서 전기장이 0이므로 A와 B는 같은 전하이므로. 이때  $x=4d$ 인 지점에서 전기장의 방향이  $-x$  방향이므로 A와 B는 모두 (-)전하이므로. ㉮ ⑤

4

**알짜풀이** ● ㄴ, ㄷ. (-)전하로 대전된 대전체를 금속판에 가까이 가져가면 금속판의 전자가 금속박으로 이동하므로 금속박은 (-)전하의 양이 더 많아진다.

**오답نب기** ● ㄱ. (-)전하로 대전된 대전체의 금속판에 대전체를 가까이 가져갔을 때 금속박이 더 많이 벌어진 것으로 금

유공비 BOX

●보충 설명●

검전기의 원리

대전되지 않은 검전기의 금속판에 대전체를 가까이 하면 금속판은 대전체와 다른 전하로 대전되고, 금속박은 대전체와 같은 전하로 대전돼요.

●필수 자료●

전기력선은 (+)전하에서 나와 (-)전하로 들어가요. 따라서 전기력선이 들어가는 전하는 (-)전하, 전기력선이 나오는 전하는 (+)전하이예요.

●보충 설명●

(-)전하로 대전된 플라스틱 자를 도체구 B에 가까이 하면 도체구 B로부터 자유 전자가 도체구 A로 이동하기 때문에 도체구 B에는 (+)전하가 유도되고, 도체구 A에는 (-)전하가 유도되는 거예요.

●쉽게 쉽게●

전하량 평형은 같은 크기의 금속구를 접촉시켰다 떼어 놓으면 두 금속구가 같은 양의 전하로 대전된다는 것이예요. 즉, 전하량이 보존되므로 두 금속구 각각에 대전된 전하량은 처음 금속구에 대전되었던 전하량의 절반이 돼요.

속판의 전자가 대전체에 의해 척력을 받아 금속박 쪽으로 이동한 것이다. 따라서 대전체는 (-)전하로 대전되어 있다. ㉮ ⑤

수능문제

실력 굳히기

●본책 86~89쪽

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

01

**알짜풀이** ● 쿨롱 법칙  $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 에 의해 접촉하기 전 (가)에서의 전기력은  $F=k\frac{4C \times 2C}{r^2}=k\frac{8}{r^2}(N)$ 이다.

두 금속구를 (나)와 같이 접촉하면 전하량 평형에 의해 전하가 A와 B에 똑같이 나뉘어지므로 A와 B에 대전된 전하량은 각각 +3 C이다. 따라서 접촉한 후 (다)에서의 전기력은

$$F'=k\frac{3C \times 3C}{r^2}=k\frac{9}{r^2}(N) \text{ 이므로 } F'=\frac{9}{8}F \text{ 이다. } ㉮ ⑤$$

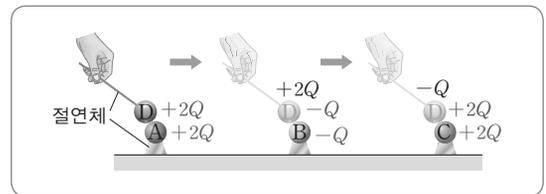
02

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)에서 A와 B가 서로 밀어내므로 A와 B는 같은 전하, 즉 같은 부호의 전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 C를 B에 가까이 하였을 때 B가 A쪽으로 접근하여 정지하였으므로 B는 힘의 평형 상태에 있으며, B와 C 사이에는 척력이 작용한다. 즉, B는 C와 같은 양(+)전하로 대전되어 있다.

**오답نب기** ● ㄷ. A와 B 사이의 거리는 (가)에서 (나)에서보다 멀다. 따라서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 (가)에서보다 크다. ㉮ ③

03 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. 동일한 도체구를 접촉하면 전하량이 평형이 되도록 분배되므로 A, B, C에는 각각 +2Q, -Q, +2Q의 전하량이 대전된다. 따라서 C의 전하량은 +2Q이다.

ㄴ. 전기력은 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하므로, B가 A로부터 받는 전기력의 크기는 B가 C로부터 받는 전기력의 크기와 같다. B는 A와 C로부터 각각 인력을 받으므로, 즉 B에 작용하는 전기력의 방향이 반대이므로 B가 A와 C로부터 받는 전기력의 합은 0이다.

**오답نب기** ● ㄷ. A가 B로부터 받는 전기력의 크기  $F_{AB}$ 와 A가 C로부터 받는 전기력의 크기  $F_{AC}$ 의 비는  $F_{AB} : F_{AC} = \frac{2}{1^2} : \frac{4}{2^2} = 2 : 1$ 이고, 방향이 반대이므로 A가 B와 C로부터 받는 전기력의 합은 0이 아니다. ㉮ ③

04

**알짜풀이** ● ㄱ. (+)전하는 전기장의 방향으로 힘을 받는다. 따라서 균일한 전기장의 방향은 +x 방향이다.

ㄴ. 모든 지점에서 전기장의 세기가 같으므로 입자가 받는 전기력의 크기도 같다. 따라서 입자가 받는 전기력의 크기는 A와 C에서 같다.

**오답نب기** ● ㄷ. 한 일은 힘과 이동 거리를 곱한 값과 같다. 입자가 운동하는 동안 받는 전기력의 크기가 같고 A, B 사이의 거리와 B, C 사이의 거리가 같으므로, A에서 B까지 운동하는 동안 전기력이 입자에 한 일은 B에서 C까지 운동하는 동안 전기력이 입자에 한 일과 같다. ㉔ ②

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 두 점전하 사이에서는 전기장의 방향이 반대이다.  $E = k \frac{Q}{r^2}$ 에서 전하량의 비가 1 : 4이므로 전기장의 세기가 0이 되려면 거리의 비는 1 : 2가 되어야 한다. 따라서  $x = -1\text{m}$ 인 곳에서 전기장의 세기가 0이 된다.

ㄴ.  $x = -2\text{m}$ 인 곳에서 +q에 의한 전기장의 세기와 +4q에 의한 전기장의 세기의 비가  $\frac{1}{1^2} : \frac{4}{5^2} = 1 : \frac{4}{25}$ 이므로 +q에 의한 전기장의 세기가 더 세다. 따라서  $x = -2\text{m}$ 인 곳에서의 전기장 방향은 +x 방향이다.

**오답نب기** ● ㄷ.  $x = 0$ 인 지점에서는 +4q에 의한 전기장의 세기가 더 세므로 전기장의 방향은 -x 방향이다. 따라서 -1C의 전하를 놓으면 -1C의 전하는 전기장의 방향과 반대 방향인 +x 방향으로 힘을 받는다. ㉔ ③

06

**알짜풀이** ● ㄴ. C 지점에서 오른쪽 +q에 의한 전기장의 방향이 왼쪽 아래 방향이고, 왼쪽 +q에 의한 전기장의 방향이 오른쪽 아래 방향이므로 두 점전하에 의한 합성 전기장의 방향은 -y 방향이다.

ㄷ. B 지점에서 두 점전하에 의한 전기장의 세기는 전하량의 비가 1 : 1이고 거리의 비가 1 : 1이므로 같다. 그런데 전기장의 방향이 반대이므로 B 지점에서 전기장의 세기는 0이다.

**오답نب기** ● ㄱ. A 지점과 C 지점에서 전기장의 세기는 같지만 전기장의 방향이 서로 반대이므로 A 지점과 C 지점의 전기장은 다르다. ㉔ ④

07

**알짜풀이** ● ㄴ. 두 점전하에 의한 전기장  $E_A, E_B$ 의 세기가 같고, 두 점전하에서 O점까지의 거리가 같으므로  $q_A$ 와  $q_B$ 의 전하량의 크기는 같다.

**오답نب기** ● ㄱ. 점전하  $q_A, q_B$ 에 의한 전기장의 방향이 모두 점전하에서 나오는 방향이므로  $q_A$ 와  $q_B$ 는 서로 같은 전하이다. ㄷ.  $q_A$ 의 전하 부호만 바뀌면  $E_A$ 의 방향이 원점을 중심으로  $q_A$ 를 향하는 방향이므로 합성 전기장  $E$ 의 방향은 -x 방향이 된다. ㉔ ②

08

**알짜풀이** ● ㄴ. 전기장의 방향은 전기력선의 각 점에서 접선

우공비 BOX

●필수 자료● ○알짜풀이 ● ㄴ. 전기력선의 모습을 보면 서로 밀어내는 모습이고, 점 P에 놓은 (-)전하가 +y 방향으로 움직였으므로 A와 B는 모두 (-)전하이다.

방향이므로, AB축상의 전기장의 방향은 모두 왼쪽 방향이다. ㄷ. q에서 나오는 전기력선의 개수와 p로 들어가는 전기력선의 개수가 같으므로 점전하 p와 q의 전하량의 크기는 서로 같다.

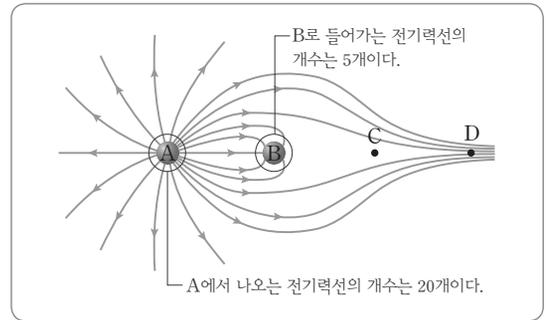
**오답نب기** ● ㄱ. 전기력선이 q에서 나와 p로 들어가므로 q는 (+)전하이므로, p는 (-)전하이다. ㉔ ④

09

○알짜풀이 ● ㄴ. 전기력선의 개수를 보면 서로 밀어내는 모습이고, 점 P에 놓은 (-)전하가 +y 방향으로 움직였으므로 A와 B는 모두 (-)전하이다.

**오답نب기** ● ㄱ. 점 P에 놓은 (-)전하가 받는 전기력의 방향이 +y 방향이므로 점 P에서 전기장의 방향은 -y 방향이다. ㄷ. 전기력선은 O에서보다 P에서 더 조밀하므로 전기장의 세기는 P에서가 O에서보다 세다. ㉔ ②

10 | 자료 분석하기 |



●쉽게쉽게 ○알짜풀이 ● ㄱ. 전기력선의 개수가 전하량에 비례하므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다. ㄴ. 전기장의 세기는  $E = k \frac{q}{r^2}$ 이므로 A의 전하량이 B의 4배이면 A와의 거리가 B와의 거리에 2배인 곳에서 전기장의 세기가 0이 된다.  $\overline{AB} = \overline{BC}$ 이므로  $\overline{AC} = 2\overline{BC}$ 가 되어 C점에서 전기장의 세기는 0이다.

○알짜풀이 ● ㄱ. 전기력선의 개수가 전하량에 비례하므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

ㄴ. 전기장의 세기는  $E = k \frac{q}{r^2}$ 이므로 A의 전하량이 B의 4배이면 A와의 거리가 B와의 거리에 2배인 곳에서 전기장의 세기가 0이 된다.  $\overline{AB} = \overline{BC}$ 이므로  $\overline{AC} = 2\overline{BC}$ 가 되어 C점에서 전기장의 세기는 0이다.

**오답نب기** ● ㄷ. 전기력선의 방향이 오른쪽 방향이므로 D점에 (-)전하를 놓으면 전기장의 반대 방향인 왼쪽으로 힘을 받는다. ㉔ ③

●조심조심 ○알짜풀이 ● ㄱ. 전기력선이 서로 밀어내는 모양이므로 B는 (+)전하이다. ㄴ. A에서 나오는 전기력선의 개수가 B에서 나오는 전기력선의 개수보다 많으므로 전하량은 A가 B보다 크다.

11

○알짜풀이 ● ㄱ. 전기력선이 서로 밀어내는 모양이므로 B는 (+)전하이다.

ㄴ. A에서 나오는 전기력선의 개수가 B에서 나오는 전기력선의 개수보다 많으므로 전하량은 A가 B보다 크다.

**오답نب기** ● ㄷ. 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 원점 O에 가만히 놓은 (-)전하는 두 점전하로부터 같은 거리에 있지만 A의 전하량이 B의 전하량보다 크므로 원점 O에 놓인 (-)전하에 작용하는 전기력의 방향은 -x 방향이다. ㉔ ③

●보충 설명● ○전기장의 방향 여러 전하에 의한 합성 전기장을 구할 때에는 각 전하에 의한 전기장을 표시하고 방향에 유의하여 이들의 벡터 합을 구하면 돼요.

12

○알짜풀이 ● A와 B가 접촉되기 전에는 A에서 전기력선이 나오고, B로 전기력선이 들어가므로 A는 (+)전하이므로, B

는 (-)전하이다. A에서 나오는 전기력선의 개수가 B로 들어가는 전기력선의 개수보다 많으므로 전하량은 A가 B보다 크다. 따라서 A와 B를 접촉시켰다가 떼어 내면 A와 B는 모두 (+)전하를 띠게 되고, 이때 전하량이 같다. 따라서 A와 B에서 같은 개수의 전기력선이 모두 나오는 모습으로 그려져야 한다. **답 ③**

13

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. A는 자유 전자의 이동에 의해 정전기 유도 현상이 일어나므로 도체이고, B는 분자들이 재배열되는 유전 분극 현상이 일어나므로 절연체이다.

ㄷ. 대전된 막대와 가까운 쪽에는 대전된 막대와 다른 전하가 유도되므로 (나)에서 대전된 막대와 A, B 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 대전된 막대는 A와 B를 끌어당긴다. **답 ⑤**

14

**알짜풀이** ● ㄱ. A는 자에 달라붙지만 곧바로 떨어지므로 도체이고, B는 오랫동안 붙어 있으므로 절연체이다.

ㄴ. A 조각은 정전기 유도에 의해 자에 달라붙는데, 이때 자에 접촉한 A 조각으로 전자가 이동하여 A 조각은 자와 같은 전하를 띠게 된다.

**오답넘기** ● ㄷ. 절연체인 B가 대전된 플라스틱 자에 달라붙어 있는 것은 유전 분극이 일어나 플라스틱 자에 가까운 쪽은 플라스틱 자와 다른 전하로, 먼 쪽은 같은 전하로 대전되어 있기 때문이다. 따라서 플라스틱 자에 붙어 있는 B 조각에는 (+)전하를 띤 부분과 (-)전하를 띤 부분이 생긴다. **답 ④**

15

**알짜풀이** ● ㄴ. 명주 옷에 문지른 유리 막대는 (+)전하로 대전된다. 따라서 정전기 유도에 의해 금속 막대의 B 부분이 (+)전하를 띠므로 검전기의 금속판은 (-)전하로, 금속 박은 (+)전하로 대전되어 벌어진다.

ㄷ. 털가죽에 문지른 유리 막대는 (-)전하로 대전된다. 따라서 정전기 유도에 의해 금속 막대 내의 전자가 척력을 받아 B 쪽으로 이동하므로 금속 막대의 A 부분은 (+)전하로, B 부분은 (-)전하로 대전되어 금속판은 (+)전하를 띠게 된다.

**오답넘기** ● ㄱ. (+)전하로 대전된 유리 막대를 금속 막대에 접근시키면 금속 막대 내 자유 전자가 인력을 받아 A쪽으로 이동한다. **답 ④**

16

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)에서 전하량 보존 법칙에 의해 털가죽이 잃은 (-)전하만큼 유리 막대가 (-)전하를 얻게 되므로, 유리 막대에 대전된 전하량과 털가죽에 대전된 전하량은 같다.

ㄴ. (나)에서 전하량 보존 법칙에 의해 도체구 A와 B에 유도되는 전하량은 같다.

**오답넘기** ● ㄷ. (-)전하로 대전된 유리 막대를 도체구 A에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 A에는 유리 막대와 다른 전하가 유도되고, B에는 유리 막대와 같은 전하가 유도된다. 따라서 대전된 도체구 A와 B를 분리한 후 대전된 유리 막대를 치우면 도체구 A는 (+)전하를, 도체구 B는 (-)전하를 띠게 된다. **답 ③**

우공비 BOX

●보충 설명●

정전기 유도

대전체를 물체에 접근시키면 대전체에 가까운 쪽은 대전체와 다른 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 전하가 유도되는 현상이에요.

●보충 설명●

한 변의 길이가 2m인 정사각형 도선의 넓이는  $2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ 이에요.

용어 알기

전하량 보존 법칙

물체를 마찰하여 대전을 시키는 경우 전자의 이동에 의해 물체가 전하를 띠게 돼요. 이때 전하가 새로 생성되거나 소멸되지 않으므로 그 총량이 일정하게 보존돼요.

06 자기장

11강 전류에 의한 자기장

개념 확인 문제

●본책 91쪽

1 (1) ㉠ N ㉡ 접선 (2) 좁음 2 서쪽 3 4B 4 20배

2 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하고, 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때 네 손가락이 서쪽 방향을 가리키므로 N극은 서쪽 방향을 가리킨다.

3 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 원형 도선의 반지름에 반비례하므로, 자기장의 세기는  $\frac{2}{\frac{1}{2}} = 4(\text{배})$ 가 된다.

4 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 전류의 세기와 단위 길이당 감은 수에 비례하므로, 자기장의 세기는  $2 \times 10 = 20(\text{배})$ 가 된다.

문제 다지기

●본책 92~93쪽

기/본/문제 01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉤ 04 ㉤  
05 P : -y 방향, Q : -y 방향 06 ㉡  
실/력/문제 07 해설 참조 08 ㉠ 09 ㉠ 10 ㉠  
11 ㉤

01

**알짜풀이** ● 나침반의 N극이 A 쪽을 가리키므로 A는 S극, B는 N극이다. 자기력선이 폐곡선을 이루므로 도중에 끊어 지거나 교차되지 않으며, 자석 내부에서 자기력선은 S극에서 N극을 향하므로 자석 내부의 자기력선은 A에서 B 방향을 향한다. **답 ④**

02

**알짜풀이** ● 자기장의 세기는  $B = \frac{\Phi}{S} = \frac{8 \text{ Wb}}{(2 \text{ m})^2} = 2 \text{ Wb/m}^2 = 2 \text{ T}$ 이다. **답 ③**

03

**알짜풀이** ● ㄱ. 자기력선속은 그 단면을 통과하는 자기력선의 개수를 의미하므로 자기력선속의 비(A : B)는 1 : 2이다. 따라서 단면을 통과하는 자기력선속은 B가 A의 2배이다.

ㄴ. 자기장의 세기는 자기장에 수직인 단위 면적을 지나는 자기력선의 개수이므로, 두 지점의 자기장의 세기의 비(A : B)는  $\frac{3}{0.01} : \frac{6}{0.1} = 5 : 1$ 이다. 따라서 자기장의 세기는 A가 B의 5배이다.

ㄷ. 자기력선의 접선 방향이 자기장의 방향이므로 A와 B에서 자기장의 방향은 모두 위쪽으로 같다. **답 ⑤**

04

**알짜풀이** ● ⑤ 전류가 위에서 아래로 흐르면 직선 도선 주 위에는 시계 방향으로 자기장이 생긴다. 자기장의 방향은 그 점에서 자기력선의 접선 방향이므로 A 지점에 나침반을 놓으면 자침의 N극은 남쪽을 가리킨다.

**오답넘기** ● ① 직선 도선에 의한 자기장의 세기는 도선으로부터의 수직 거리에 반비례한다. 따라서 도선에서 멀어질수록 자기장의 세기가 약해진다.

② 전류의 방향으로 엄지손가락을 향하게 하면 나머지 네 손가락(자기장의 방향)은 시계 방향을 가리킨다.

③ 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하므로 전류의 세기가 세지면 자기장의 세기도 세진다. 따라서 자기력선의 간격이 좁아진다.

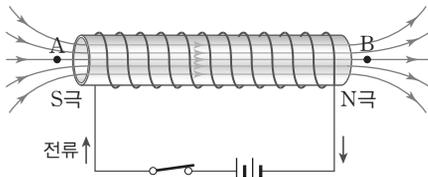
④ 전류가 아래쪽으로 흐르면 시계 방향으로 자기장이 생기고, 위쪽으로 흐르면 반시계 방향으로 자기장이 생긴다. ㉠ ⑤

05

**알짜풀이** ● 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하고, 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때 네 손가락이 향하는 방향이 자기장의 방향이다. 따라서 점 P와 Q에서 자기장의 방향은 모두  $-y$  방향이다. ㉠ P:  $-y$  방향, Q:  $-y$  방향

06 | 자료 분석하기 |

오른손의 네 손가락을 전류의 방향을 따라 감아주면 엄지손가락이 오른쪽을 가리키므로 솔레노이드의 오른쪽은 N극, 왼쪽은 S극이다.



**알짜풀이** ● 나. 솔레노이드의 오른쪽 부분은 N극이 되므로 B 지점에 나침반을 놓으면 솔레노이드와 자침의 N극 사이에 척력이 작용하여 자침의 N극이 동쪽을 향한다.

**오답넘기** ● 가. 자기력선은 끊어지지 않고 이어지므로 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 S극에서 N극을 향한다. 즉, 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 동쪽이다.

다. 솔레노이드의 왼쪽 부분은 S극이 되므로 A 지점에 막대 자석의 N극을 가까이 하면 인력이 작용한다. ㉠ ②

07

**모범답안** ●  $\tan\theta = \frac{B_{\text{전류}}}{B_{\text{지구}}}$  인데,  $B_{\text{지구}}$ 가 일정하므로  $B_{\text{전류}}$ 가 클수록  $\theta$ 가 커진다. 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하므로 전류의 세기가 셀수록 회전각도 커진다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 나침반의 회전각은 전류의 세기에 따라 달라진다고만 쓴 경우	30%

우공비 BOX

조심조심

**직선 전류에 의한 자기장**  
직선 전류에 의한 자기장은 직선 도선을 중심으로 하는 동심원 모양이에요. 따라서 도선의 앞뒤좌우에서 자기장의 방향이 모두 달라요.

08 | 자료 분석하기 |

자기장의 방향이 같다.

자기장의 방향이 반대이다.

구분	P에 의한 자기장	Q에 의한 자기장
O점	• 방향: $+y$ 방향 • 세기: $B_p = k \frac{4I}{r} = 2B$	• 방향: $+y$ 방향 • 세기: $B_q = k \frac{2I}{r} = B$
R점	• 방향: $+y$ 방향 • 세기: $B_p = k \frac{2I}{2r} = \frac{B}{2}$	• 방향: $-y$ 방향 • 세기: $B_q = k \frac{I}{r} = \frac{B}{2}$

**알짜풀이** ● 가. O점에서는 두 전류에 의한 자기장의 방향이 모두  $+y$  방향이다. 따라서 O점에서 자기장의 방향은  $+y$  방향이다.

다. R점에서는 도선 P에 의한 자기장과 도선 Q에 의한 자기장의 방향이 반대이므로 R점에서 자기장의 세기는  $\frac{B}{2} - \frac{B}{2} = 0$ 이다.

**오답넘기** ● 나. O점에서는 도선 P에 의한 자기장과 도선 Q에 의한 자기장의 방향이 같으므로 O점에서 자기장의 세기는  $2B + B = 3B$ 이다. ㉠ ④

09

**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 (+)라고 할 때 각 지점에서의 자기장은 다음과 같다.

A 지점에서 자기장:  $B_A = k \frac{2I}{r} - k \frac{I}{r} = k \frac{I}{r}$

B 지점에서 자기장:  $B_B = -k \frac{2I}{r} - k \frac{I}{r} = -k \frac{3I}{r}$

C 지점에서 자기장:  $B_C = k \frac{I}{2r} - k \frac{2I}{r} = -k \frac{3I}{2r}$

따라서 자기장의 세기를 비교하면  $B > C > A$ 이다. ㉠ ④

10

**알짜풀이** ● 가. 종이면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 (+)라고 할 때 (가)에서 두 원형 도선에 의한 합성 자기장을 구하면  $B_{(가)} = -k \frac{I}{r} + k \frac{2I}{2r} = 0$ 이다.

다. (다)에서 합성 자기장이 (-)이므로, 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

**오답넘기** ● 나. (나)에서 두 원형 도선에 의한 합성 자기장은  $B_{(나)} = -k \frac{I}{r} - k \frac{2I}{2r} = -2k \frac{I}{r}$ 이고, (다)에서 두 원형 도선에 의한 합성 자기장은  $B_{(다)} = -k \frac{2I}{r} + k \frac{2I}{2r} = -k \frac{I}{r}$ 이다. 따라서 (나)와 (다)에서 자기장의 방향은 같지만 자기장의 세기는 (나)가 (다)의 2배이다. ㉠ ④

조심조심

자기력선은 전기력선과 달리 자석의 내부에서도 끊어지지 않고 이어져요. 자석의 외부에서는 자기력선이 N극에서 나와 S극으로 들어가므로, 자석의 내부에서는 S극에서 N극을 향하는 자기력선이 형성돼요.

보충 설명

전류가 흐르는 도선에 의한 합성 자기장을 구할 때에는 먼저 한 방향을 (+)방향으로 하고, 그 반대 방향을 (-)로 하여 각각의 세기에 (+), (-)부호를 붙인 다음 더하면 돼요.

### 11

**알짜풀이** ● ㄱ. 토로이드는 솔레노이드를 구부려 양쪽 끝을 붙여 도넛 모양으로 만든 것이므로 솔레노이드의 자기장과 같다. 따라서 토로이드 내부에서 자기장의 세기는 균일하다.  
 ㄴ. 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 토로이드를 감아 줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 토로이드 내부에서 자기장의 방향이다. 따라서 토로이드 내부에서 자기장의 방향은 시계 방향이다.  
 ㄷ. 토로이드는 강한 자기장을 형성할 수 있으므로 핵융합 발전용 연료를 담아 두는 장치인 토카막에 이용된다. ㉮ ㉯

## 12 **강** 물질의 자성

**개념 확인 문제** ● **본책 95 쪽**

1 (1) 강자성 (2) 반자성 (3) 상자성 2 마이스너 효과 3  
 ㉶ 퀴드 ㉷ 스펀(회전 운동)

2 초전도체 위에 자석을 올려놓으면 자석이 공중에 뜨는 현상이 마이스너 효과이다.

3 물질이 자성을 띠는 이유는 물질을 구성하는 원자 속 전자의 운동 때문이다. 이때 원자 속 전자의 운동은 전자가 원자핵 둘레를 도는 궤도 운동과 전자 자신의 축을 기준으로 자전하는 스핀(회전 운동)으로 구분된다.

**문제 다지기** ● **본책 96~97 쪽**

**기본 문제** 01 ㉸ 02 ㉸ 03 ㉸ 04 ㉸ 05 ㉶  
 06 ㉶  
**실력 문제** 07 해설 참조 08 ㉸ 09 ㉶ 10 ㉶  
 11 ㉸

### 01

**알짜풀이** ● ㉸ 강자성체는 외부 자기장이 가해지면 외부 자기장의 방향으로 강하게 자기화되는 물질로, 외부 자기장이 사라져도 자성을 유지한다. 철, 코발트, 니켈 등은 강자성체이고, 알루미늄, 텅스텐, 마그네슘은 상자성체이다.  
**오답넘기** ● ㉶, ㉷ 자성은 물질이 자석에 반응하는 성질로, 자기화되는 정도에 따라 강자성, 상자성, 반자성으로 구분한다. 자기장 내에서 강자성, 상자성, 반자성으로 자기화되는 물질을 자성체라고 한다.  
 ㉸ 상자성체는 외부 자기장이 가해지면 외부 자기장의 방향으로 약하게 자기화된 후 외부 자기장이 사라지면 자성이 없어지는 물질이다.  
 ㉹ 반자성체는 외부 자기장이 가해지면 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된 후 외부 자기장이 사라지면 원래의 상태로 되돌아가는 물질이다. ㉮ ㉯

### 우공비 BOX

**보충 설명** ● 쇠못은 강자성체이므로 자석을 치워도 자성을 오랫동안 유지해요.

### 02

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 쇠못이 막대자석의 N극에 달라붙어 매달려 있으므로 못은 강자성체이다. 따라서 쇠못 내부의 원자 자석들이 외부 자기장 방향으로 강하게 자기화된다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 쇠못은 강자성체이므로 못에 자석을 가까이 하면 못이 자석이 된다. 이때 자석과 가까운 쪽에는 자석과 다른 자극이, 먼 쪽에는 자석과 같은 자극이 생긴다. 따라서 A는 S극, B는 N극이다. ㉮ ㉯

### 03

**알짜풀이** ● 외부 자기장을 가하기 전에 원자 자석이 없는 상태인 물질은 반자성체이다. 반자성체는 내부의 원자 자석들이 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된 후 외부 자기장이 사라지면 원자 자석이 없는 상태로 되돌아간다. ㉮ ㉯

### 04

**알짜풀이** ● 네오디뮴 자석에 잘 달라붙는 물질은 강자성체이다.  
 ㉸ 니켈, 코발트는 강자성체이다.  
**오답넘기** ● 금, 유리, 구리, 플라스틱은 네오디뮴 자석에서 밀려나는 반자성체이다.  
 종이, 알루미늄, 마그네슘은 네오디뮴 자석에 약하게 끌려오는 상자성체이다. ㉮ ㉯

### 05

**알짜풀이** ● 철수 : 자성이 나타나는 이유는 물질을 구성하는 원자 내 전자의 운동 때문이다.  
**오답넘기** ● 영희 : 전자의 운동에는 원자핵 둘레를 도는 궤도 운동과 전자 자신의 자전축을 기준으로 자전하는 스핀이 있다.  
 민수 : 한 원자 내에 짝을 이루지 않은 전자들이 있으면 강자성이나 상자성이 나타나고, 한 원자 내 전자들이 모두 짝을 이루어 전자의 궤도 운동과 스핀에 의한 자기장이 완전히 상쇄되면 반자성이 나타난다. ㉮ ㉯

### 06

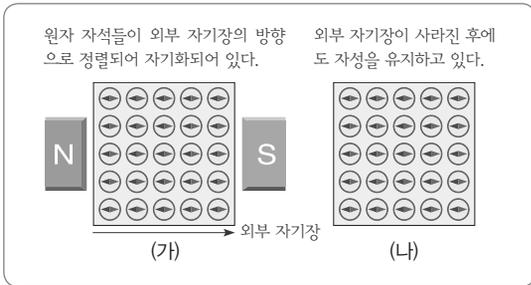
**알짜풀이** ● ㄴ. 전자가 반시계 방향으로 회전하면 전류는 시계 방향으로 흐르므로 앙페르 법칙에 의해 전자의 A쪽이 S극, 전자의 B쪽이 N극이 된다.  
 ㄷ. 전자가 시계 방향으로 회전하면 전류는 반시계 방향으로 흐르므로 앙페르 법칙에 의해 전자의 B쪽이 S극이 된다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 자기장의 방향은 원형 전류의 중심에서는 S극에서 N극을 향하므로 A에서 B 방향이다. ㉮ ㉯

### 07

**알짜풀이** ● 클립과 같은 금속이 자기장 내에 놓이게 되면 금속 내부의 원자 자석들이 자석의 N극 쪽으로는 S극이, S극 쪽으로는 N극이 향하면서 한 방향으로 정렬하여 자기화가 일어난다.  
**모범답안** ● 막대자석에 의해 클립에 외부 자기장이 가해지면 클립 내부의 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 자기화되기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 틀림이 자기화되기 때문이라고만 쓴 경우	40 %

### 08 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나. 강자성체는 자석과 인력이 작용하므로 자성에 잘 달라붙는다.

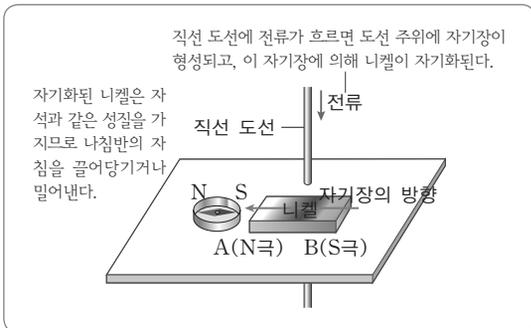
다. 강자성체에는 철, 니켈, 코발트 등이 있다.

**오답넘기** ● 가. 원자 자석들이 외부 자기장과 같은 방향으로 정렬되었으므로 이 물질은 강자성체이다. **답 ④**

### 09

**알짜풀이** ● 초전도체 위에 자석을 올려놓으면 자석이 공중에 뜨게 된다. 즉, 이 물질은 완전 반자성이 나타나는 초전도체이다. 초전도체에 외부 자기장을 걸어주면 초전도체 내부에서는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기장이 만들어져 내부 자기장이 0이 된다. 자석을 제거하면 외부 자기장이 사라지므로 다시 원자 자석이 없는 상태가 되므로 반자성이 사라진다. **답 ⑤**

### 10 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나. 나침반의 S극이 니켈관의 A쪽을 향하므로 A쪽이 N극이다. 따라서 니켈관 내부에서 자기장의 방향은 B에서 A 방향이다.

**오답넘기** ● 가. 니켈은 강자성체이므로 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. 따라서 직선 도선에 의한 자기장의 방향이 도선의 앞쪽에서 왼쪽을 향하므로 도선 주위에는 시계 방향의 자기장이 형성되었음을 알 수 있다. 즉, 직선 도선에서 전류는 위에서 아래로 흐른다.

다. 구리는 반자성체이므로 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 구리관을 B 부분에 가까이 하면 척력이 작용한다. **답 ②**

### 우공비 BOX

#### 조심조심

전자의 운동 방향과 전류의 방향은 서로 반대 방향이에요.

### 11

**알짜풀이** ● 가. 전자가 PQ축을 중심으로 A 방향(시계 방향)으로 회전하면 전류는 반시계 방향으로 흐르는 것과 같으므로, 전자의 궤도 운동으로 인해 생기는 자기장의 방향은 Q에서 P를 향한다. 즉, P 부분이 N극이다.

나. 전자가 PQ축을 중심으로 B 방향(반시계 방향)으로 회전하면 전류는 시계 방향으로 흐르는 것과 같으므로, 전자의 궤도 운동으로 인해 생기는 자기장의 방향은 P에서 Q를 향한다. 즉, Q 부분이 N극이다.

**오답넘기** ● 다. 전자의 궤도 운동은 원형 전류가 흐르는 형태와 같다. 이때 원형 전류 중심에서 자기장의 세기는 원형 도선의 반지름에 반비례하므로 반지름 r가 클수록 중심축 상에서 자기장의 세기가 약해진다. **답 ③**

#### 용어 알기

##### 원자 자석

물질 내부에서 자석의 역할을 하는 하나하나의 원자를 원자 자석이라고 해요.

### 13 강 전자기 유도

#### 개념 확인 문제

● 본책 99쪽

1 (1) 자기력선속(자기 선속, 자속) (2) 방해 (3) 비례 2 인력 3 100 V 4 발전기

2 코일로부터 S극이 멀어지면 코일 위쪽에 N극이 유도되어 자석과 코일 사이에 인력이 작용하고, S극이 가까워지면 코일 위쪽에 S극이 유도되어 자석과 코일 사이에 척력이 작용한다.

3 유도 기전력의 크기는  $|V| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 100 \times \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ s}} = 100 \text{ V}$ 이다.

4 발전기 내부에 있는 자석 사이에서 코일을 회전시키면 코일을 지나는 자기력선속이 시간에 따라 변하면서 코일에 유도 전류가 흐른다. 즉, 전자기 유도를 이용하여 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시킨다.

#### 문제 다지기

● 본책 100~101쪽

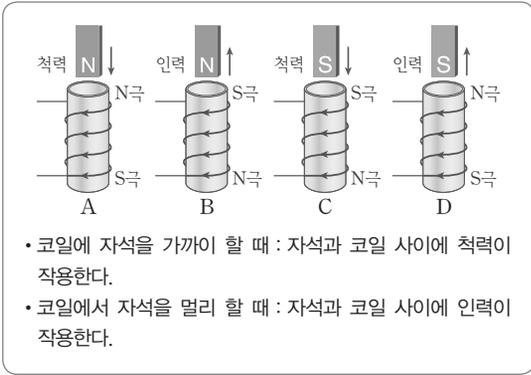
**기본문제** 01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 a → R → b  
 방향 05 (1) 10 V (2) 40 V 06 ④  
**실력문제** 07 ④ 08 ③ 09 ③ 10 ③

### 01

**알짜풀이** ● ③ 코일 속에 자석을 넣고 함께 움직이면 코일을 지나는 자기력선속의 변화가 없으므로 유도 기전력이 발생하지 않는다.

**오답넘기** ● ①, ②, ④, ⑤ 자석과 코일을 서로 가까이 하거나 멀리 할 때에는 코일을 지나는 자기력선속의 변화가 생기므로 유도 기전력이 발생한다. **답 ③**

02 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 렌츠 법칙에 의해 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 N극을 가까이 하면 코일 위쪽에 N극이 유도되고, N극을 멀리 하면 코일 위쪽에 S극이 유도된다. 반대로 S극을 가까이 하면 코일 위쪽에 S극이 유도되고, S극을 멀리 하면 코일 위쪽에 N극이 유도된다. 이때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향을 오른손을 이용하여 찾으면 유도 전류의 방향을 바르게 나타낸 것은 B와 C이다. **답 ④**

03

**알짜풀이** ● ㄱ. 자석의 N극이 코일에 가까워지므로 코일의 위쪽에 N극이 되도록 유도 전류가 흐르게 된다. 따라서 자석과 코일 사이에는 척력이 작용한다.

ㄴ. 막대자석의 속도가 빠를수록 코일을 통과하는 자기력선속의 변화가 크므로 코일에 흐르는 유도 전류의 세기가 세진다.

ㄷ. 오른손의 엄지손가락을 위쪽으로 향하고, 나머지 네 손가락으로 코일을 감아줄 때 네 손가락이 가리키는 방향이 유도 전류의 방향이므로 검류계에는 B에서 A 방향으로 유도 전류가 흐른다. **답 ⑤**

04

**알짜풀이** ● 구리 막대가 오른쪽으로 운동하므로  $\epsilon$ 자형 도선의 면적이 넓어진다. 따라서 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 증가하므로 종이면에서 나오는 방향으로 유도 전류에 의한 자기장이 생성되도록  $\epsilon$ 자형 도선에는 반시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 즉, 저항  $R$ 에는  $a \rightarrow R \rightarrow b$  방향으로 유도 전류가 흐른다. **답 a  $\rightarrow$  R  $\rightarrow$  b 방향**

05

**알짜풀이** ● (1) 유도 기전력의 크기는  $|V| = N \frac{\Delta(BS)}{\Delta t}$   
 $= 50 \times \frac{2 \text{ T} \times 0.02 \text{ m}^2}{0.2 \text{ s}} = 10 \text{ V}$ 이다.

(2) 유도 기전력의 크기는  $|V| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 2 \times \frac{0.4 \text{ Wb}}{0.02 \text{ s}} = 40 \text{ V}$ 이다. **답 (1) 10 V (2) 40 V**

06

**알짜풀이** ● 온라인 전기 자동차는 전자기 유도를 이용한다. 발광 키보드, 금속 탐지기, 휴대용 발전기, 태블릿 컴퓨터는

우공비 BOX

필수 자료

유도 전류의 방향

유도된 자기장의 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 한 후 네 손가락을 감아본 방향이 유도 전류의 방향이요.

보충 설명

코일에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 코일에 생기는 자기력선속이 증가해요. 이는 원형 도선에 자석이 가까이 다가오는 것과 같아요. 만일 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 코일에 생기는 자기력선속이 감소하므로 원형 도선에서 자석이 멀어지는 것과 같아요.

보충 설명

$\epsilon$ 자형 도선에서 발생하는 유도 전류가 만드는 자기장은 도선을 통과하는 외부 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 발생해요.

전자기 유도를 이용하지만 휴대용 선풍기는 자기력을 이용한다. **답 ④**

07

**알짜풀이** ● ㄴ. 자석이 코일로부터 멀어지고 있으므로 자석과 코일 사이에는 인력이 작용한다.

ㄷ. 자석의 S극이 코일에서 멀어지고 있으므로 코일 내부를 통과하는 자기력선속이 감소한다.

**오답범기** ● ㄱ. 검류계에 A에서 B 방향으로 유도 전류가 흐르므로, 코일의 오른쪽에는 N극, 왼쪽에는 S극이 유도된다. 따라서 자석의 S극과 코일 사이에 인력이 작용하므로 자석의 S극이 코일로부터 멀어지고 있음을 알 수 있다. **답 ④**

08

**알짜풀이** ● ㄱ. ㄷ. 1초일 때 도체 막대의 속도가 (+)이므로 도체 막대는 오른쪽으로 운동한다. 따라서 자기력선속이 증가하므로 자기력선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 즉, 1초일 때  $\epsilon$ 자형 도선에는 반시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 3초일 때 도체 막대의 속도가 (-)이므로 도체 막대는 왼쪽으로 운동한다. 따라서 자기력선속이 감소하므로 자기력선속이 증가하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 즉, 3초일 때  $\epsilon$ 자형 도선에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**오답범기** ● ㄴ. 0~2초 동안 도체 막대의 속도는 감소하지만 도체 막대가 오른쪽으로 운동하므로  $\epsilon$ 자형 도선을 통과하는 자기력선속은 증가한다. **답 ③**

09

**알짜풀이** ● ㄷ.  $2t \sim 5t$  사이에는 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하므로 자기력선속이 감소한다. 이 자기력선속의 감소를 방해하는 방향으로 원형 도선에 유도 전류가 흐르므로, 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 코일에 흐르는 전류의 방향과 같다.

**오답범기** ● ㄱ.  $t \sim 2t$  사이에는 코일에 흐르는 전류의 세기가 일정하게 증가하므로, 원형 도선을 통과하는 자기력선속의 시간적 변화율도 일정하다. 자기력선속의 시간적 변화율이 일정하므로 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 일정하다.

ㄴ. 단위 시간에 대한 전류의 변화율(그래프에서 기울기)이  $4t$ 일 때보다  $t$ 일 때 더 크므로 자기력선속의 시간적 변화율도  $t$ 일 때 더 크다. 따라서 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기도  $t$ 일 때가  $4t$ 일 때보다 더 세다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● ㄷ. 코일의 회전 속도를 증가시키면 시간에 따른 자기력선속의 변화율이 커지므로 유도 기전력이 커진다. 따라서 코일에 흐르는 유도 전류의 세기가 세진다.

**오답범기** ● ㄱ. ㄴ. 발전기는 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치로, 자석 사이에서 코일을 회전시키면 코일을 지나는 자기력선속이 시간에 따라 주기적으로 변하면서 코일에 유도 전류가 흐른다. 이와 같이 코일이 회전할 때 자기력선속의 시간적 변화율은 일정하지 않다. **답 ③**

우공비

비법 특강

●본책 102~104쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ⑤ 4 ③ 5 ③ 6 ①

1 | 유형 ① 비법 |

STEP1 A와 B에 의한 자기장의 세기와 방향을 분석한다.

구분	A에 의한 자기장	B에 의한 자기장
P점	$B_A = k \frac{2I}{r} (-y \text{ 방향})$	$B_B = k \frac{I}{2r} (+y \text{ 방향})$
Q점	$B_A = k \frac{4I}{r} (+y \text{ 방향})$	$B_B = k \frac{2I}{r} (+y \text{ 방향})$
R점	$B_A = k \frac{I}{r} (+y \text{ 방향})$	$B_B = k \frac{I}{r} (-y \text{ 방향})$

STEP2 A와 B에 의한 자기장의 방향이 같으면 더해 주고, 반대이면 빼 준다.

- P점 : 합성 자기장  $= k \frac{2I}{r} - k \frac{I}{2r} = k \frac{3I}{2r} (-y \text{ 방향})$
- Q점 : 합성 자기장  $= k \frac{4I}{r} + k \frac{2I}{r} = k \frac{6I}{r} (+y \text{ 방향})$
- R점 : 합성 자기장  $= k \frac{I}{r} - k \frac{I}{r} = 0$

**알짜풀이** ● ㄴ. Q점에서 A와 B에 의한 자기장의 방향이 모두 +y 방향이므로, 세 지점 중 Q점에서 자기장의 세기가 가장 세다.

ㄷ. R점에서 A와 B에 의한 자기장의 세기는 같지만 방향이 반대이므로 자기장의 세기는 0이다.

**오답탐기** ● ㄱ. P점에서 A에 의한 자기장의 방향은 -y 방향이고, B에 의한 자기장의 방향은 +y 방향이다. 이때 A에 의한 자기장이 더 세므로 P점에서 자기장의 방향은 -y 방향이다. ㉮ ⑤

2

**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)로 하면 합성 자기장은 다음과 같다.

A점에서 합성 자기장은  $B_A = k \frac{2I}{r} + k \frac{I}{2r} = k \frac{5I}{2r}$ 이고, B점에서 합성 자기장은  $B_B = -k \frac{2I}{2r} - k \frac{I}{r} = -k \frac{4I}{2r}$ 이므로 두 점 A, B에서 자기장의 세기의 비( $B_A : B_B$ ) = 5 : 4이다. ㉮ ④

3

**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)로 하면 P점과 Q점에서의 자기장은 각각 다음과 같다.

$$B_P = -k' \frac{I}{0.2}$$

$$B_Q = -k' \frac{I}{0.2} + k' \frac{I}{0.1} = k' \frac{I}{0.2}$$

ㄴ. P점과 Q점에서의 자기장의 세기는  $k' \frac{I}{0.2}$ 로 같다.

ㄷ. (나)에서 두 도선에는 서로 반대 방향으로 전류가 흐르므로 척력이 작용한다.

**오답탐기** ● ㄱ. P점에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, Q점에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. ㉮ ⑤

우공비 BOX

●필수 자료 ● 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장의 세기  
직선 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_{\text{직선}} = k \frac{I}{r}$ 이고, 원형 전류 중심에서 자기장의 세기는  $B_{\text{원형}} = k' \frac{I}{r}$ 이예요.

●쉽게쉽게 ● 거리-시간 그래프의 기울기는 속력을 의미하므로 그래프로부터 도선의 속력을 비교할 수 있어요. 유도 전류의 세기는 도선의 속력이 빠를수록 더 커져요.

4

**알짜풀이** ● 직선 도선에 전류 4I가 흐를 때 원형 도선의 중심 P에서 자기장의 세기가 0이면  $B_{\text{원형}} = B_{\text{직선}} = B$ 이다. 직선 도선에 12I의 전류가 흐르면 전류가 3배 증가했으므로 자기장의 세기는 3B가 된다. 이때 도선에 흐르는 전류의 방향을 반대로 바꾸었으므로 자기장의 방향은 원형 도선에 의한 자기장의 방향과 같아진다. 따라서 P점에서 자기장의 세기는  $B + 3B = 4B$ 이다. ㉮ ③

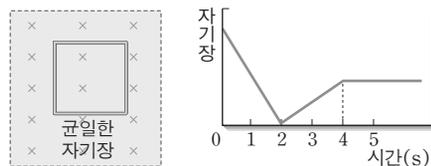
5

**알짜풀이** ● ㄱ. 4~10초 동안 사각형 도선은 균일한 자기장 영역 내에 있다. 즉, 사각형 도선을 통과하는 자기력선속의 변화가 없으므로 유도 전류는 흐르지 않는다.

ㄷ. 12초일 때는 사각형 도선이 자기장 영역에서 나오고 있으므로 도선을 통과하는 자기력선속이 감소한다. 따라서 자기력선속이 증가하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

**오답탐기** ● ㄴ. 2초일 때는 사각형 도선이 자기장 영역에 들어가는 과정이고, 12초일 때는 사각형 도선이 자기장 영역에서 나오는 과정이다. 2초일 때가 12초일 때보다 그래프의 기울기가 더 크므로 속력이 더 빠르다. 따라서 2초일 때가 12초일 때보다 시간에 따른 자기력선속의 변화율이 더 크므로 유도 전류의 세기도 더 크다. ㉮ ③

6 | 자료 ② 분석하기 |



구분	0~2초	2~4초	4~5초
자기장-시간 그래프 기울기	(-)로 일정 (자기장 감소)	(+)로 일정 (자기장 증가)	0 (자기장 일정)
유도 전류에 의한 자기장 방향	들어가는 방향	나오는 방향	-
유도 전류의 방향	시계 방향	반시계 방향	-
유도 전류의 세기	일정	일정	0

**알짜풀이** ● 0~2초까지는 자기장-시간 그래프의 기울기가 (-)이므로 유도 전류는 (+)방향이고, 2~4초까지는 자기장-시간 그래프의 기울기가 (+)이므로 유도 전류는 (-) 방향이다. 4초 이후에는 자기장의 변화가 없으므로 유도 전류는 0이다. 이때 유도 전류의 세기는 자기장-시간 그래프의 기울기의 절댓값에 비례한다. ㉮ ①

수능문제

실력 굳히기

●본책 105~109쪽

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

01

**알짜풀이** ● ㄱ. 지구 자기장의 방향이 북쪽인데, 나침반 자침의 N극이 북서쪽을 가리키므로 구리선의 전류에 의한 자기장의 방향은 서쪽이다. 따라서 구리선에는 전류가 위에서 아래로 흐른다.

ㄷ. 니크롬선의 저항을 변화시키면 전류의 세기가 변한다. 따라서 니크롬선의 저항을 변화시키면서 나침반 자침의 회전각을 측정하면 전류의 세기와 자기장 세기의 관계를 알 수 있다.

**오답نب기** ● ㄴ. 니크롬선의 저항이 커질수록 구리선에 흐르는 전류의 세기가 약해지므로 전류에 의한 자기장의 세기가 작아진다. 따라서 나침반 자침의 N극은 지구 자기장의 방향인 북쪽으로 더 회전한다. **답 ③**

02

**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 자기장 방향을 (+)로 하고, 각 점에서 자기장을 구해 보면 다음과 같다.

$$B_A = -k \frac{I}{r} + k \frac{2I}{3r} = -k \frac{I}{3r}, \quad B_B = k \frac{I}{r} + k \frac{2I}{r} = k \frac{3I}{r},$$

$$B_C = k \frac{I}{3r} - k \frac{2I}{r} = -k \frac{5I}{3r}$$

ㄱ. A점과 C점 모두 자기장의 방향이 (-)이므로 A점과 C점에서 자기장의 방향은 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. B점에서의 자기장의 세기는 A점의 9배이다.

ㄷ. 자기장의 세기가 0인 곳은 두 도선에 의한 자기장의 세기가 같고, 방향이 반대인 곳이다. 따라서 도선 P의 왼쪽에 생기므로 도선 P를 기준으로 자기장의 세기가 0인 곳까지의 거리를  $x$ 라고 하면  $k \frac{I}{x} = k \frac{2I}{(2r+x)}$ 에서  $x=2r$ 이다. 즉, A점을 기준으로 왼쪽으로  $r$ 인 곳이므로 A점과 C점 사이에는 자기장의 세기가 0인 곳이 없다. **답 ⑤**

03

**알짜풀이** ● ㄱ. Q점에서 A에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이고, B에 의한 자기장의 방향도  $+y$  방향이다. 따라서 Q점에서 자기장의 방향은  $+y$  방향이다.

ㄴ. O점에서 A에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이고 세기는  $k \frac{I}{r}$ 이며, B에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이고 세기는  $k \frac{I}{r}$ 이다. 따라서 A에 의한 자기장과 B에 의한 자기장이 서로 상쇄되어 O점에서 자기장의 세기는 0이다.

**오답نب기** ● ㄷ. O점에서 P점까지의 거리를  $d$ 라고 하면 P점에서 A에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이고 세기는  $k \frac{I}{r+d}$ 이며, B에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이고 세기는  $k \frac{2I}{(2r+d)}$ 이다. B에 의한 자기장의 세기를 A에 의한 자기장의 세기로 나누면 1보다 큰 값을 얻는다. 이는 B에 의한 자기장이 A에 의한 자기장보다 더 세다는 것을 의미하므로 P점에서 자기장의 방향은  $+y$  방향이다. **답 ③**

우공비 BOX

**●보충 설명** ○ **알짜풀이** ● 점 p에서 X에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로, 자기장의 세기가 0이 되면 Y에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 한다. 따라서 Y에 흐르는 전류의 방향은  $+y$  방향이다. 또한 전류의 세기는 X에 흐르는 전류의 세기와 같다. Y에 흐르는 전류의 방향을 반대로  $-y$  방향으로 하면 2사분면과 4사분면에서 자기장의 세기가 0인 지점이 나타나며, Y에 흐르는 전류의 세기가 X의 2배이므로 X와 Y로부터 떨어진 거리의 비가 1 : 2가 되는 지점인 d에서 자기장의 세기가 0이 된다. **답 ④**

**●보충 설명** ○ 니크롬선의 저항은 니크롬선의 길이를 변화시켜 조절해요. 니크롬선의 길이가 길어질수록 니크롬선의 저항은 커진답니다.

**●보충 설명** ○ 도선에 흐르는 전류의 세기와 P로부터 X와 Y까지의 거리가  $d$ 로 같으므로 P에서 X에 의한 자기장의 세기와 Y에 의한 자기장의 세기는 같아요.

04

**알짜풀이** ● 점 p에서 X에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로, 자기장의 세기가 0이 되면 Y에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 한다. 따라서 Y에 흐르는 전류의 방향은  $+y$  방향이다. 또한 전류의 세기는 X에 흐르는 전류의 세기와 같다. Y에 흐르는 전류의 방향을 반대로  $-y$  방향으로 하면 2사분면과 4사분면에서 자기장의 세기가 0인 지점이 나타나며, Y에 흐르는 전류의 세기가 X의 2배이므로 X와 Y로부터 떨어진 거리의 비가 1 : 2가 되는 지점인 d에서 자기장의 세기가 0이 된다. **답 ④**

05

**알짜풀이** ● ㄱ. P점에서 X에 의해 생기는 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, Y에 의해 생기는 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 즉, X에 의한 자기장과 Y에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다. ㄷ. 다른 조건은 그대로 두고 원형 도선에 흐르는 전류의 세기를  $2I_0$ 로 하면 두 직선 도선에 의한 자기장은 서로 상쇄되고, 원형 도선에 의한 자기장의 세기만 2배로 증가하므로 P에서 자기장의 세기는  $2B_0$ 이 된다.

**오답نب기** ● ㄴ. 원형 도선의 중심에서 자기장의 방향은 원형 도선에 흐르는 전류의 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아 쥐었을 때 엄지손가락이 가리키는 방향이므로 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. **답 ④**

06

**알짜풀이** ● ㄷ. 다른 조건은 그대로 두고, 원형 도선에 흐르는 전류의 세기를  $2I_0$ 로 하면 원형 도선에 의해 Q점에 생기는 자기장의 세기는  $2B_0$ 이고, 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 두 직선 도선에 의해 Q점에 생기는 자기장의 방향은 각각 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, 세기는  $\frac{B_0}{2}$ 이다. 따라서 Q점에서 전류에 의한 합성

자기장의 세기는  $2B_0 - \frac{B_0}{2} - \frac{B_0}{2} = B_0$ 이다.

**오답نب기** ● ㄱ, ㄴ. 그림 (다)에서 원형 도선에 의해 Q점에 생기는 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 세기는  $B_0$ 이다. 또한 두 직선 도선으로부터  $2r$ 만큼 떨어진 Q점에서 두 전류  $I_2$ 에 의한 자기장의 방향은 각각 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고, 세기는 각각  $\frac{B_0}{2}$ 이므로 두 직선 도선에 의한 자기장은  $B_0$ 이다. 따라서 Q점에서 전류에 의한 합성 자기장의 세기는 0이다. **답 ③**

07

**알짜풀이** ● 과정 (2)에서 솔레노이드 내부에 생기는 자기장의 방향은 서에서 동쪽 방향이다. 따라서 솔레노이드 내부에 있는 나침반 자침의 N극이 동쪽으로 각도  $\theta$ 만큼 회전한다. (A) : 과정 (1)에서 가변 저항기의 저항 값을 증가시키고 스위치를 닫으면, 전류의 세기가 감소하므로 솔레노이드 내부에 생기는 자기장의 세기가 약해진다. 따라서 나침반 자침의

조심조심

**나침반 자침의 회전**  
나침반 자침은 솔레노이드에 의한 자기장과 지구 자기장의 영향을 받아 회전해요.

N극이 동쪽으로 회전한 각도가  $\theta$ 보다 작아진다.

(B) : 과정 (1)에서 집게 a와 b의 위치를 서로 바꾸고 스위치를 닫으면 솔레노이드 내부에 생기는 자기장의 방향은 동에서 서쪽 방향이다. 따라서 나침반 자침의 N극이 서쪽으로 회전한다.

답 ②

### 08

**알짜풀이** ● ㄱ. 철, 니켈은 강자성체로, 강자성체는 외부 자기장을 제거하여도 자석의 효과를 유지한다.

ㄴ. 구리, 유리, 금은 반자성체로, 외부 자기장이 가해지면 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

ㄷ. 상자성체는 외부 자기장을 제거하면 자석의 효과가 바로 사라지며, 알루미늄, 마그네슘, 텅스텐 등이 있다. **답 ⑤**

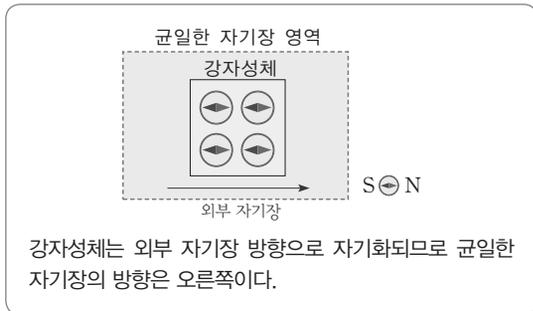
### 09

**알짜풀이** ● ㄴ. 완전 반자성을 이용한 것이 초전도체이다. 초전도체에 외부 자기장을 가하면 초전도체에는 외부 자기장과 반대 방향으로 강한 자기장이 만들어져 자석을 밀어내는 현상이 나타난다.

**오답넘기** ● ㄱ. 외부에서 자기장을 가했을 때 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된 후 외부 자기장이 사라지면 자성이 사라지는 물질을 반자성체라고 한다.

ㄷ. 반자성체는 자석과 반대 방향으로 자기화되므로 자석과 반자성체 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 이 물질은 자석을 밀어내는 성질을 갖는다. **답 ①**

### 10 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 균일한 자기장의 방향은 오른쪽이며, 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지한다.

**오답넘기** ● ㄷ. 강자성체를 자석에 가까이 하면 서로 끌어당기는 방향으로 자기력이 작용한다. **답 ④**

### 11

**알짜풀이** ● ㄱ. 앙페르 법칙에 의해 상자성 막대의 오른쪽은 N극으로 자기화되고, 강자성 막대의 왼쪽은 S극으로 자기화되므로 두 막대 사이에는 인력이 작용한다.

**오답넘기** ● ㄴ. 자기장의 방향은 N극에서 S극 방향이므로 a점에서 자기장은 오른쪽 방향이다.

ㄷ. S를 열어도 강자성 막대는 자기화된 상태를 유지하므로 두 막대 사이에는 인력이 작용한다. **답 ①**

### 12

**알짜풀이** ● ㄱ. 막대는 (가)에서 솔레노이드에 흐르는 전류가 만드는 자기장에 의해 자기화된다. 막대는 자기화된 상태

### 우공비 BOX

#### 필수 자료

물질이 자성을 띠는 원인은 물질을 구성하는 원자 내 전자의 궤도 운동과 회전 운동(스핀) 때문이에요.

#### 쉽게쉽게

코일의 감은 수가 많을수록, 자석을 빠르게 움직일수록, 자석의 개수가 많을수록 검류계 바늘이 더 많이 움직여요.

#### 보충 설명

##### 강자성과 상자성

- 강자성 : 외부 자기장이 가해지면 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 강하게 자기화되므로 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지해요.
- 상자성 : 외부 자기장이 가해지면 원자 자석들이 외부 자기장 방향으로 약하게 자기화되므로 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라져요.

를 (나)에서도 계속 유지하고 있으므로 강자성체이다. 철(Fe)은 대표적인 강자성체이다.

**오답넘기** ● ㄴ. (나)에서 원형 도선에 반시계 방향으로 유도 전류가 흐르므로 원형 도선의 위쪽은 N극, 아래쪽은 S극이 된다. 이는 원형 도선을 향해 접근하고 있는 막대의 아래쪽이 N극임을 의미하므로 막대의 P쪽이 S극이다.

ㄷ. (가)에서 막대의 P쪽이 S극으로 자기화되기 위해서는 솔레노이드에 a→b 방향으로 전류가 흘러야 하므로, 전원 장치의 단자 a는 (+)극이고, b는 (-)극이다. **답 ①**

### 13

**알짜풀이** ● ㄱ. 전자가 시계 방향으로 회전하면 전류가 반시계 방향으로 흐르는 형태가 된다. 따라서 전류의 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아주면 엄지손가락은 위쪽을 향한다. 따라서 P 부분이 N극이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 전자가 시계 방향으로 자전하면 전류가 반시계 방향으로 흐르는 형태가 되므로 R 부분이 N극이다.

ㄷ. 서로 반대 방향으로 도는 전자들이 짝을 이루게 되면 전자가 만드는 자기장이 서로 상쇄되어 원자 자석의 효과가 나타나지 않는다. **답 ①**

### 14

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 자석의 속력이 증가하거나, 세기가 더 강한 자석을 사용하면 자기력선속의 시간적 변화율이 커지므로 유도 전류의 세기가 증가하여 검류계 바늘이 더 크게 움직인다. 즉, 검류계 바늘이 움직인 각은  $\theta$ 보다 크다.

ㄷ. 자석의 극을 바꾸면 유도 전류의 방향이 바뀌므로 검류계의 바늘은 반대쪽인 왼쪽으로 움직인다. **답 ⑤**

### 15

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)에서는 막대자석이 원형 도선에 가까워지므로 자석의 N극에 의한 자기장의 세기가 증가한다. 따라서 원형 도선을 통과하는 자기력선속은 증가한다.

ㄴ. 유도 전류는 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. (가)에서는 자석의 N극이 접근하므로 원형 도선의 위쪽이 N극, 아래쪽이 S극이 되도록 반시계 방향의 유도 전류가 원형 도선에 흐른다. (나)에서는 자석의 S극이 멀어지므로 원형 도선의 위쪽이 N극, 아래쪽이 S극이 되도록 반시계 방향의 유도 전류가 원형 도선에 흐른다.

**오답넘기** ● ㄷ. 원형 도선의 중심 O에서 같은 거리에 있는 점을 지날 때 자석의 속력이 (가)에서 (나)에서보다 빠르므로 시간에 따른 자기력선속의 변화율은 (가)에서 (나)에서보다 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 (가)에서 (나)에서보다 세다. **답 ③**

### 16

**알짜풀이** ● ㄱ. 렌츠 법칙에 의해 S극이 접근할 때 자기력선속이 증가하므로 증가를 방해하려면 코일에 유도되는 자기장은 코일의 위쪽이 S극이 되어야 한다. 따라서 (가)에서 유도 전류의 방향은 A → ㉠ → B이다.

ㄷ. 코일에 흐르는 유도 전류에 의해 코일 내부에 형성되는

자기장의 방향은 자석이 접근할 때는 코일의 위쪽에 S극이 유도되고, 자석이 코일을 빠져나갈 때는 코일의 아래쪽에 S극이 유도되므로 서로 반대 방향이다.

**오답받기** ● 나. 자석의 S극이 접근할 때는 코일의 위쪽에 S극이 유도되므로 자석과 코일 사이에는 척력이 작용하고, 자석이 코일을 빠져나갈 때는 코일의 아래쪽에 S극이 유도되므로 자석과 코일 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 (가)와 (나)에서 자석에 작용하는 자기력의 방향은 모두 위쪽 방향으로 같다. **답 ④**

### 17

**알짜풀이** ● 가. 원형 도선에 의한 자기장은 위쪽이 S극, 아래쪽이 N극이다. P점을 통과할 때 금속 고리에 유도되는 전류의 방향은 원형 도선에 흐르는 전류에 의해 생기는 자기력 선속의 변화를 방해하는 방향이므로 원형 도선에 흐르는 전류와 반대 방향이다.

나. B 위치에서 금속 고리에는 위쪽에 S극, 아래쪽에 N극이 유도되어 금속 고리와 원형 도선 사이에는 인력이 작용하므로 금속 고리에 작용하는 자기력의 방향은 위쪽이다.

**오답받기** ● 다. 금속 고리가 낙하하면서 자기력에 의해 속도가 감소하므로 A에서의 퍼텐셜 에너지가 B에서의 운동 에너지로 모두 전환되지 않는다. 따라서 역학적 에너지가 보존되지 않는다. **답 ③**

### 18

**알짜풀이** ● 금속 고리에 흐르는 유도 전류는 금속 고리를 통과하는 자기력 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. 따라서 금속 고리 a, b, c를 통과하는 자기력 선속이 증가하므로 금속 고리 a, b, c에 흐르는 유도 전류의 방향은 반시계 방향이고, 금속 고리 d를 통과하는 자기력 선속이 감소하므로 금속 고리 d에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. **답 ③**

### 19

**알짜풀이** ● 원형 부분의 반지름을 일정하게 감소시키면 자기력 선속이 원형 부분을 통과하는 면적의 변화율은 점점 감소하게 된다. 즉, 시간에 따른 자기력 선속의 변화율이 감소하므로 P에 유도되는 유도 기전력의 크기는 감소한다. 도선의 원형 부분을 통과하는 자기력 선속이 감소하고 있으므로 렌츠 법칙에 의해 P에는 ㉞ 방향으로 유도 전류가 흐른다. **답 ②**

### 20

**알짜풀이** ● 가. 2초일 때는 자기력 선속이 증가하므로 렌츠 법칙에 의해 자기력 선속의 증가를 방해하는 방향으로 도선에 유도 전류가 흐른다. 따라서 반시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**오답받기** ● 나. 0~4초 동안 자기력 선속의 변화량은  $\Delta\Phi = \Delta B \cdot S = 10 \times 0.2 \times 0.2 = 0.4(\text{Wb})$ 이다.

다. 유도 기전력(유도 전류)은 자기력 선속의 시간적 변화율에 비례한다. 따라서 자기장의 세기-시간 그래프에서 그래프의 기울기에 비례한다. 그래프의 기울기가 2초일 때보다 9초일 때 더 크므로 유도 전류의 세기도 2초일 때보다 9초일 때 더 세다. **답 ①**

### 우공비 BOX

#### 필수 자료

자석의 S극이 코일에 접근할 때에는 자석과 코일 사이에 척력이, 자석의 N극이 코일에서 멀어질 때에는 자석과 코일 사이에 인력이 작용하도록 코일에 유도 전류가 흘러요.

#### 쉽게쉽게

유도 전류가 발생하는 경우는 자기력 선속의 변화가 있을 때예요.

#### 필수 자료

**유도 전류의 세기**  
유도 전류의 세기는 유도 기전력의 크기에 비례해요.

#### 보충 설명

전자가 양자수  $m$ 인 궤도에서  $n$ 인 궤도로 전이할 때 방출하거나 흡수하는 에너지는  $E_{\text{광자}} = |E_m - E_n|$ 이예요.

## 07 물질의 구조와 성질

### 14 장 에너지 준위와 에너지띠

#### 개념 확인 문제

● 본책 111쪽

- 1 (1) 양자화 (2) 에너지 준위 (3) 에너지(빛) 2 에너지띠  
3 ㉠ 허용된 띠 ㉡ 띠틈 ㉢ 원자띠 ㉣ 전도띠

1 (2) 양자 조건을 만족하는 전자가 가지는 에너지 상태를 에너지 준위라고 한다.

#### 문제 다지기

● 본책 112~113쪽

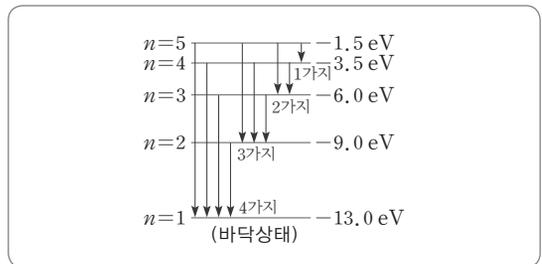
- 기본문제** 01 ㉠ 바닥 ㉡ 들뜬 ㉢ 에너지 02 ㉣  
03 ㉢ 04 ㉡ 05 ㉡ 06 ㉢  
**실력문제** 07 ㉤ 08 해설 참조 09 ㉢ 10 해설 참조  
11 ㉢ 12 ㉡

### 01

**알짜풀이** ● 에너지가 가장 낮은 상태를 바닥상태라고 하며, 바닥상태에 있던 전자가 에너지를 흡수하면 에너지 준위가 높은 궤도로 이동하는데, 이것을 전이된다고 한다. 이때 바닥상태보다 높은 에너지 준위를 들뜬상태라고 하는데, 들뜬 상태에 있는 전자는 불안정하므로 다시 에너지가 낮은 궤도로 전이되면서 에너지를 방출한다.

**답 ㉠ 바닥 ㉡ 들뜬 ㉢ 에너지**

### 02 | 자료 분석하기



**알짜풀이** ● 가. 전자는 연속적인 에너지 값이 아니라 특정한 에너지 값만을 가진다.

나.  $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 나타나는 선의 수가 4가지,  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 나타나는 선의 수가 3가지,  $n=3$ 인 궤도로 전이할 때 나타나는 선의 수가 2가지,  $n=4$ 인 궤도로 전이할 때 나타나는 선의 수가 1가지이므로 모두 10가지의 선 스펙트럼이 나타난다.

**오답받기** ● 다. 전자가 전이할 때 두 궤도의 에너지 준위 차이에 해당하는 에너지를 방출하거나 흡수한다. 따라서 전자가  $n=4$ 에서  $n=3$ 인 궤도로 전이할 때  $|-3.5 - (-6.0)| = 2.5(\text{eV})$ 의 에너지를 방출한다. **답 ④**

03

**알짜풀이** ● 기체의 원자에 포함된 전자가 가질 수 있는 에너지가 불연속적이기 때문에 선 스펙트럼이 나타나는데, 이때 기체의 종류에 따라 전자 궤도의 에너지 준위 분포가 다르므로 각기 다른 선 스펙트럼이 나타난다. **답 ③**

04

**알짜풀이** ● ② 에너지 준위는  $n=1$ 에서 위쪽으로 갈수록 높아지므로  $E_2$ 의 에너지가  $E_1$ 의 에너지보다 크다.

**오답넘기** ● ①  $n=1$ 인 상태를 바닥상태,  $n=2$  이상인 상태를 들뜬상태라고 한다.

③ 전자의 궤도는 원자핵에 가장 가까운 것부터  $n=1, n=2, n=3, \dots$ 인 궤도라 부르므로 위로 올라갈수록, 즉 양자수가 커질수록 전자의 궤도 반경이 커진다.

④ 전자 궤도의 에너지 준위를 나타내는 선이 서로 떨어져 있으므로 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

⑤ 전자는 어떤 특정한 에너지를 가진 궤도에서만 안정된 운동을 한다. **답 ②**

05

**알짜풀이** ● ② 원자가띠의 전자는 열에너지나 전기 에너지로 흡수하면 더 높은 에너지띠인 전도띠로 이동할 수 있다.

**오답넘기** ● ① 전도띠의 전자는 자유롭게 움직일 수 있어 전류를 흐를 수 있게 한다.

③, ⑤ 고체 내의 전자들이 가질 수 있는 에너지띠를 허용된 띠라 하고, 어떤 전자도 존재할 수 없는 영역을 띠틈이라고 한다.

④ 허용된 띠 중에서 전자로 채워진 가장 높은 에너지띠를 원자가띠라 하고, 그 위에 전자가 채워져 있지 않은 띠를 전도띠라 한다. **답 ②**

06

**알짜풀이** ● ㄱ. 절연체는 원자가띠에 전자가 완전히 채워져 있으며, 원자가띠와 전도띠 사이의 간격이 매우 넓다.

ㄴ. 반도체는 원자가띠와 전도띠 사이의 간격이 절연체보다 좁아 외부의 자극에 의하여 에너지를 얻으면 원자가띠에서 전도띠로 전자의 이동이 가능하다.

**오답넘기** ● ㄴ. 도체는 원자가띠와 전도띠가 일부 겹쳐 있거나 원자가띠의 일부분만 전자로 채워져 있어서 전자가 이동하기 쉽다. **답 ③**

07

**알짜풀이** ● ㄴ. 전자는 양자수와 관련된 특정 궤도에만 있을 수 있다. 따라서 전자의 에너지 준위는 양자화되어 있다.

ㄷ. (가)에서는 낮은 에너지 준위에 있던 전자가 높은 에너지 준위로 전이하므로 빛을 흡수하고, (나)에서는 높은 에너지 준위에 있던 전자가 낮은 에너지 준위로 전이하므로 빛을 방출한다.

**오답넘기** ● ㄱ. (가)에서는 전자가  $n=1$ 에서  $n=3$ 인 궤도로 전이하므로 흡수하는 빛의 에너지는  $E_{(가)} = |-13.6 - (-1.5)| = 12.1(\text{eV})$ 이고, (나)에서는 전자가  $n=3$ 에서  $n=2$ 인 궤도로 전이하므로 방출하는 빛의 에너지는  $E_{(나)} = |(-1.5) - (-3.4)| = 1.9(\text{eV})$ 이다. **답 ⑤**

우공비 BOX

필수 자료

라이먼 계열

수소 원자 내 들뜬상태의 전자가  $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 자외선 영역의 전자기파를 방출해요.

보충 설명

원자가띠와 전도띠

- 원자가띠 : 허용된 띠 중에서 전자로 채워진 가장 높은 에너지띠예요.
- 전도띠 : 원자가띠 위에 전자가 비어 있는 띠예요.

쉽게쉽게

띠틈 사이의 간격으로 도체, 절연체, 반도체의 에너지띠를 구분하면 돼요.

08

**모범답안** ● 에너지가 불연속적으로 존재하므로 전자가 가질 수 있는 에너지는 양자화되었다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 에너지가 불연속적이라고만 쓴 경우	40%

09

**알짜풀이** ● ㄱ. 전자가  $n=2$ 인 상태에서  $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지는  $E = |E_2 - E_1| = |-13.6 \left(\frac{1}{2^2} - 1\right)| = 10.2(\text{eV})$ 이다.

ㄴ. 전자가 들뜬상태에서  $n=1$ 인 궤도로 전이하므로 방출되는 빛의 파장은 라이먼 계열이다.

**오답넘기** ● ㄷ.  $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{eV}$ 이므로  $n=2$ 인 상태에서  $E_2 = -3.4 \text{eV}$ ,  $n=1$ 인 상태에서  $E_1 = -13.6 \text{eV}$ 이므로  $E_2 > E_1$ 이다. 즉, 전자의 궤도 에너지는  $n=2$ 인 상태에서  $n=1$ 인 상태에 비해 크다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● 여러 개의 원자가 고체 결정을 이루면 에너지 준위는 더욱 미세하게 차이를 두고 거의 연속적인 띠 모양으로 나타난다.

**모범답안** ● 고체는 원자 사이의 간격이 매우 가까워서 인접한 원자들이 모두 전자의 궤도에 영향을 주기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 고체의 원자 사이의 간격이 가깝기 때문이라고 설명한 경우	40%

11

**알짜풀이** ● A, C는 허용된 띠, B는 띠틈이다.

ㄱ. 허용된 띠는 전자들이 가질 수 있는 영역의 에너지 준위로, 전자가 존재할 수 있다.

ㄴ. 띠틈은 전자가 존재하지 않는 영역으로, 에너지띠 사이의 간격을 말한다.

**오답넘기** ● ㄷ. 에너지 준위는 위로 올라갈수록 높아지므로 A가 C보다 높다. **답 ③**

12

**알짜풀이** ● A는 B에 비해 띠틈이 좁으므로 A는 반도체, B는 절연체이다. C는 전도띠와 원자가띠가 겹쳐 있는 도체이다.

ㄴ. B는 C에 비해 띠틈이 커서 원자가띠의 전자가 전도띠로 이동하기 어렵다.

**오답넘기** ● ㄱ. B는 전기 전도도가 작은 물질인 절연체이고, C는 전기 전도도가 큰 물질인 도체이다. 즉, B는 C보다 전기 전도도가 크지 않다.

ㄷ. 알루미늄은 도체(C)에, 저마늄(Ge)은 반도체(A)에 속한다. **답 ②**

# 15 ㉔ 반도체와 신소재

개념 확인 문제 ● 본책 116쪽

- 1 도핑 2 (1) ㉑ 양공 ㉒ 전자 (2) 순방향 (3) 정류 3 트랜지스터 4 초전도체 5 액정 6 그래핀

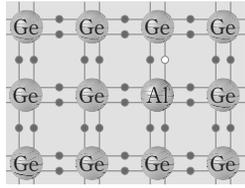
- 2 (1) p형 반도체는 양공이, n형 반도체는 전자가 전하 운반체 역할을 한다.  
3 트랜지스터는 증폭 작용을 한다.

**문제 다지기** ● 본책 117~119쪽

**기본문제** 01 ㉓ 02 ㉒ 03 ㉔ 04 ㉓ 05 ㉕  
06 ㉒

**실력문제** 07 ㉕ 08 ㉓ 09 ㉔ 10 ㉓ 11 해설  
참조 12 ㉕ 13 ㉓ 14 ㉔ 15 ㉓

## 01 | 자료 분석하기 |



원자가 전자가 4개인 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 3개인 알루미늄(Al)을 첨가하면 저마늄(Ge)이 갖는 4개의 원자가 전자 중 1개는 공유 결합을 하지 못해 양공이 생겨 전류를 흐르게 한다.

- 알짜풀이** ● ㉒. 저마늄(Ge)의 원자가 전자는 4개이고, 알루미늄(Al)의 원자가 전자는 3개이다. 즉, 원자가 전자는 저마늄(Ge)이 알루미늄(Al)보다 많다.  
**오답넘기** ● ㉑. 저마늄(Ge)에 알루미늄을 도핑하면 공유 결합에 참여하는 전자가 1개 부족하여 양공이 생긴다. 이러한 반도체를 p형 반도체라고 한다.  
나. p형 반도체의 전하 운반체는 양공이다. ㉓ ㉔

## 02

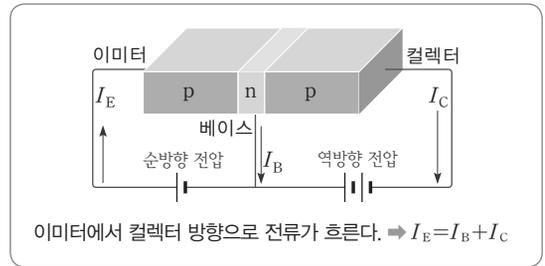
- 알짜풀이** ● 스위치를 닫았을 때 전류가 흐르지 않았으므로 p-n 접합 다이오드에 역방향 전압이 걸린 경우이다. 따라서 (-)극에 연결된 A는 p형 반도체, (+)극에 연결된 B는 n형 반도체이다.  
㉒. p-n 접합 다이오드에 역방향 전압이 걸리면 p형 반도체 내부에서는 전원의 (-)극 쪽으로 양공이 물리게 되고, n형 반도체 내부에서는 전원의 (+)극 쪽으로 전자가 물리게 된다. 따라서 접합면의 에너지띠에는 남은 전자나 양공이 없어 전류가 흐르지 않는다.  
**오답넘기** ● ㉑. A는 p형 반도체이다.  
나. B에서 전하 운반체는 전자이다. ㉔ ㉕

## 우공비 BOX

- 보충 설명** ● **반자성**  
외부 자기장을 가하기 전에는 원자 자석이 없는 상태이지만, 외부 자기장이 가해지면 물질 내부의 원자 자석들이 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되는 것을 말해요.
- 필수 자료** ● **p형 반도체**  
· 도핑 원소 : 원자가 전자가 3개인 원소 ㉒ 알루미늄(Al), 붕소(B), 인듐(In), 갈륨(Ga) 등  
· 전하 운반체 : 양공

- 쉽게쉽게**  
순방향 연결은 p형 반도체와 전지의 (+)극이 연결된 경우이고, 역방향 연결은 p형 반도체와 전지의 (-)극이 연결된 경우예요.

## 03 | 자료 분석하기 |



- 알짜풀이** ● 전하량 보존 법칙에 의해 트랜지스터의 이미터에 흐르는 전류는 베이스와 컬렉터에 각각 흐르는 전류의 합과 같다. 즉,  $I_E = I_B + I_C$ 이다. ㉔ ㉕

## 04

- 알짜풀이** ● 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 현상을 초전도 현상이라 하고, 이러한 물질을 초전도체라고 한다.  
㉓ 특정한 온도에서 일정한 모양을 기억하는 것은 형상 기억 합금이다.  
**오답넘기** ● ①, ②, ④ 초전도체는 특정한 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되므로 에너지의 손실 없이 송전할 수 있으며, 전류를 흘려보내도 열이 발생하지 않는다.  
⑤ 초전도체는 강한 반자성을 띠므로 외부 자기장을 가하면 외부 자기장과 반대 방향으로 강한 자기장이 만들어져 자석을 밀어낸다. ㉔ ㉕

## 05

- 알짜풀이** ● 나. 액정은 고체와 액체의 중간 물질로, 가늘고 긴 분자가 거의 일정한 방향으로 나란히 배열되어 있고 외부의 힘에 의해 분자의 방향과 배열을 쉽게 조절할 수 있다.  
㉒. 그래핀은 흑연의 표면층을 한 겹 벗겨 탄소 원자가 6각형의 벌집 모양으로 연결된 평면 구조의 탄소 나노 물질로, 잘 휘어지고 투명하며, 열전도율이 뛰어나다. 이 성질들을 이용하여 구부릴 수 있는 영상 표현 장치나 전자 종이, 의복형 컴퓨터 등을 만든다.  
**오답넘기** ● ㉑. 유전체에 외부 전기장을 가하면 유전 분극 현상이 일어나 가해진 외부 전기장과 반대 방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다. ㉔ ㉕

## 06

- 알짜풀이** ● ㉑. LCD는 두 개의 편광판 사이에 액정을 채워 빛이 통과하거나 통과하지 못하도록 한 장치이다. 이때 두 편광판의 편광축은 서로 수직이다.  
나. 액정 분자는 긴 방향의 양 끝이 각각 (+), (-)전하를 띠고 있으므로 전압을 가해서 분자의 방향을 쉽게 바꿀 수 있다. 즉, 전압의 세기에 따라 액정 분자의 방향과 배열을 조절할 수 있다.  
**오답넘기** ● ㉒. 액정 분자가 한 방향으로 정렬되면 빛의 진동 방향이 변하지 않는다. 따라서 위쪽 편광판을 통과한 빛은 아래쪽 편광판을 통과할 수 없다. ㉔ ㉕

## 07

- 알짜풀이** ● ⑤ 불순물 반도체는 순수 반도체에 불순물을 첨가하여 전류를 잘 흐를 수 있게 만든 반도체이다. 따라서 불

순물 반도체가 순수 반도체보다 전류가 잘 흐른다.

**오답넘기** ● ① 저마늄(Ge)은 원자가 전자가 4개인 원소로, 공유 결합을 통해 안정한 구조를 가지는 순수 반도체이다.

② 순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 도핑하면 n형 반도체가 만들어지고, 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑하면 p형 반도체가 만들어진다.

③ n형 반도체는 원자가 전자가 5개인 인, 비소, 안티모니 등을 도핑하여 만든다. 이때 공유 결합을 하지 못하는 전자 1개가 남기 때문에 n형 반도체는 전자의 이동에 의해 전류가 흐른다.

④ 도핑은 순수 반도체에 불순물을 첨가하여 전자의 수나 양공의 수를 조절하는 것이다. **답 ⑤**

### 08

**알짜풀이** ● ㄱ. 순방향으로 전압이 걸리면 양공은 전지의 (-)극 쪽으로, 전자는 전지의 (+)극 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.

ㄷ. p형 반도체에서 전하 운반체는 양공, n형 반도체에서 전하 운반체는 전자이다.

**오답넘기** ● ㄴ. p-n 접합 다이오드에 순방향으로 전압이 걸려 있으므로 회로에 전류가 흐른다. 따라서 전구에는 불이 켜진다. **답 ③**

### 09

**알짜풀이** ● ④ 순방향 전압을 걸어주면 n형 반도체의 전자가 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 이동하면서, 에너지를 빛의 형태로 방출한다.

**오답넘기** ● ① p-n 접합 다이오드는 전압이 순방향으로 걸리면 전류가 흐르고, 역방향으로 걸리면 전류가 흐르지 않는다. 따라서 전압이 순방향으로 걸릴 때에만 빛을 방출한다.

② 발광 다이오드는 p형 반도체에 비해서 n형 반도체에 더 많은 양의 불순물을 넣어 전자의 이동으로 전류가 흐르도록 제작한다.

③ 발광 다이오드는 반도체의 재료로 어떤 화합물을 사용하느냐에 따라 p형 반도체와 n형 반도체 사이의 에너지 준위 차이가 다르므로 방출하는 빛의 색이 달라진다.

⑤ 발광 다이오드는 수명이 길고 크기가 작은 장점이 있어 영상 표시 장치, 조명 장치, LED 전광판 등에 이용된다. **답 ④**

### 10

**알짜풀이** ● 교류를 직류로 바꾸어 주는 역할을 하는 정류 회로를 나타낸 것이다. 입력 전압의 파형에서 순방향(+)과 역방향(-) 모두 저항 R에서 위에서 아래 방향으로 전압이 걸리므로 (-) 부분의 파형은 사라지고 (+) 부분의 파형만 반복적으로 나타난다. **답 ③**

### 11

(1) **모범답안** ● 이미터와 베이스 사이의 전압  $V_1$ 은 순방향으로, 컬렉터와 베이스 사이의 전압  $V_2$ 는 역방향으로 걸어주어야 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 순방향 전압과 역방향 전압을 걸어준다고만 쓴 경우	30 %

### 우공비 BOX

#### ● 보충 설명 ●

##### 도핑의 목적

- n형 반도체 : 전류를 흐르게 하는 전자를 많이 만드는 것
- p형 반도체 : 전류를 흐르게 하는 양공을 많이 만드는 것

#### ● 필수 자료 ●

##### 발광 다이오드

p-n 접합 다이오드에 순방향 전압을 걸어주면 전류가 흘러요. 전류는 n형 반도체의 전자가 p형 반도체의 양공으로 이동하면서 흐르는데, 자유 전자의 위치는 전도 띠이고, 양공의 위치는 원자 띠이므로 자유 전자가 전이할 때 에너지 준위의 차이만큼의 에너지가 빛으로 방출돼요. 이러한 소자가 발광 다이오드예요.

#### ● 필수 자료 ●

(가)는 액정에 전압이 걸리지 않은 경우이므로 빛이 비틀린 액정 분자들 사이를 통과하면서 진동 방향이 변하여 빛이 편광판 B를 통과해요.

#### ● 보충 설명 ●

베이스를 매우 얇게 제작하기 때문에 이미터에서 베이스로 이동하던 대다수의 양공이 컬렉터 쪽으로 확산돼요.

(2) **모범답안** ● 증폭 기능을 극대화하여  $V_1$ 이 특정한 값 이하일 때에는 컬렉터 쪽의 전류가 0이 되도록 하고,  $V_1$ 이 특정한 값 이상으로 변하면 다량의 전류를 컬렉터에 흐르게 하여 제어한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② $V_1$ 을 조절하여 $I_c$ 를 제어한다고 설명한 경우	70 %

### 12

**알짜풀이** ● ㄱ. 특정 온도( $T$ ) 이하에서 전기 저항이 0이 되므로 이 물질은 초전도체이다. 초전도체는 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0이므로 열에너지의 손실 없이 송전할 수 있다. ㄴ. 임계 온도 이하에서 외부 자기장을 가하면 초전도체에는 외부 자기장과 반대 방향으로 강한 자기장이 만들어져 초전도체 내부의 자기장이 완전히 없어지는 현상이 나타난다. ㄷ. 초전도체는 많은 전류를 흐르게 할 수 있으므로 강력한 자석을 만들어 자기 공명 영상 장치(MRI), 핵융합로, 자기 부상 열차 등에 이용한다. **답 ⑤**

### 13

**알짜풀이** ● ㄱ. 강유전체에 외부 전기장을 가하면 유전 분극 현상이 일어나 가해진 외부 전기장과 반대 방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다. 따라서 A 부분은 (+)전하, B 부분은 (-)전하를 띤다.

ㄷ. 강유전체는 유전율이 매우 크기 때문에 저장 효율이 좋은 초소형 축전기를 만드는 데 이용된다.

**오답넘기** ● ㄴ. 강유전체는 외부의 전기장이 없어져도 유전 분극 상태를 안정되게 유지하는 물질이다. 따라서 스위치를 열어도 유전 분극 현상이 곧바로 사라지지 않는다. **답 ③**

### 14

**알짜풀이** ● ㄱ. 편광판을 통과한 빛은 편광된 빛이다. ㄷ. (나)는 액정에 전압이 걸린 경우이다. 따라서 편광판 A를 통과한 빛이 한 방향으로 정렬된 액정 분자 사이를 통과하기 때문에 진동 방향이 변하지 않아 편광판 B를 통과하지 못한다.

**오답넘기** ● ㄴ. 편광판 A와 B의 편광축은 서로 수직이다. **답 ④**

### 15

**알짜풀이** ● ㄱ. 이 물질은 그래핀이다. 그래핀은 흑연을 한 층 벗겨 만들므로 주성분은 탄소이다.

ㄷ. 그래핀은 플라스틱처럼 휘 수 있으며, 두께가 원자 하나 수준이기 때문에 투명하고 열전도율도 뛰어나다.

**오답넘기** ● ㄴ. 강도는 강철보다 200배 이상 강하며, 자연계에서 가장 강한 다이아몬드 수준이다. **답 ③**

우공비

### 비법 특강

● 본책 120~121쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ① 4 ④

실력 굳히기

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

**1**  
**알짜풀이** ● 가시광선 영역은 전자가  $n=3, 4, 5, 6$ 에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛으로, 발머 계열이다. 방출되는 광자의 에너지가  $E_{\text{광자}} = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 방출되는 광자의 에너지가 가장 큰 것은 파장이 가장 짧은 A이다. ㉠ ⑤

**2**  
**알짜풀이** ● 나. B는  $n=2$ 인 궤도에서  $n=1$ 인 궤도로 전자가 전이할 때 나오는 빛이다. 즉, 들뜬상태의 전자가  $n=1$ 인 궤도로 전이하므로 라이먼 계열이다. 라이먼 계열에서는  $n=2$ 인 궤도에서  $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지가 최소이므로 파장이 가장 긴 빛이다.  
 다. C는  $n=4$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛이므로 가시광선 영역에 속한다.

**오답탐기** ● 가.  $E_{\text{광자}} = |E_m - E_n|$ 이다. 따라서 전이 과정에서 에너지 변화는 A에서 B에서보다 크므로 방출되는 광자 한 개의 에너지도 A에서 B에서보다 크다. ㉠ ④

**3** | 자료 분석하기 |

(가) 접합면에 양공과 전자가 함께 있다.  
 (나) 접합면에 남아 있는 전자나 양공이 없다.

- (가): 전구에 불이 켜지므로 순방향 전압이 걸린 경우이다.
- (나): 전구에 불이 켜지지 않으므로 역방향 전압이 걸린 경우이다.

**알짜풀이** ● 가. (가)는 순방향 전압이 걸린 경우이다. 따라서 접합면을 통해 양공이 전지의 (-)극 쪽으로, 전자가 전지의 (+)극 쪽으로 이동하므로 p-n 접합면에 양공과 전자가 공존하는 영역이 생긴다. 이 영역에서 전도띠의 전자가 계속 아래쪽 양공을 채우게 되므로 다이오드 양 끝에서는 양공과 전자를 계속 공급한다.

**오답탐기** ● 나. (나)는 역방향 전압이 걸린 경우이다. 따라서 접합면에서 양공과 전자들이 멀어지므로 접합면에 남아 있는 전자나 양공이 없다.

다. 순방향 전압이 걸리려면 p형 반도체에 전지의 (+)극을 연결해야 하고, n형 반도체에 전지의 (-)극을 연결해야 한다. 따라서 A는 n형 반도체이고, B는 p형 반도체이다. ㉠ ①

**4**  
**알짜풀이** ● 가. 순방향 전압이 걸리려면 p형 반도체에는 전원 장치의 (+)극을, n형 반도체에는 전원 장치의 (-)극을 연결해야 한다. 따라서 순방향 전압이 걸릴 때 a는 (+)극이다.

다. 역방향 전압이 걸리면 p형 반도체 속의 양공들은 전원 장치의 (-)극 쪽으로 끌려가고, n형 반도체 속의 전자는 전원 장치의 (+)극 쪽을 끌려가므로 양공과 전자가 접합면에서 멀어진다.

**오답탐기** ● 나. p형 반도체에서는 양공이, n형 반도체에서는 전자가 전하 운반체 역할을 한다. ㉠ ④

필수 자료

**수소 원자의 스펙트럼 파장**  
 • 라이먼 계열 : 들뜬상태의 전자가  $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출  
 • 발머 계열 : 들뜬상태의 전자가  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출  
 • 파셴 계열 : 들뜬상태의 전자가  $n=3$ 인 궤도로 전이할 때 방출

쉽게쉽게

p형 반도체가 전지의 (+)극에, n형 반도체가 전지의 (-)극에 연결되어 있으면 p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸린 거예요.

보충 설명

**광자 1개의 에너지**  
 전자가 양자수가  $m$ 인 궤도에서  $n$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는  $E_{\text{광자}} = |E_m - E_n|$ 이예요. 이때  $m > n$ 이예요.

**01**  
**알짜풀이** ● 가. 쿨롱 법칙에 의해 쿨롱 힘은 전하량의 곱에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.  $n=1$ 일 때 궤도 반지름이 가장 작으므로 쿨롱 힘은  $n=1$ 인 궤도에서 가장 크다. 다.  $E_{\text{광자}} = |E_m - E_n| = hf$ 이므로 방출되는 전자기파의 진동수는 전이하는 두 에너지 준위의 차가 클수록 크다. 따라서 b일 때가 c일 때보다 작다.

**오답탐기** ● 나. a는 에너지 준위가 낮은( $E_2 = -3.4 \text{ eV}$ ) 궤도에서 에너지 준위가 높은( $E_3 = -1.5 \text{ eV}$ ) 궤도로 전이하는 과정이므로 전자는  $|-3.4 \text{ eV} - (-1.5 \text{ eV})| = 1.9 \text{ eV}$ 의 빛에너지를 흡수한다. ㉠ ⑤

**02**  
**알짜풀이** ● 나. 전자가 전이할 때 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 방출하며, 이때 방출되는 에너지는  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로  $E \propto \frac{1}{\lambda}$ 이다. 따라서 에너지 준위 차이가 큰 (가)보다 작은 (나)에서 방출되는 전자기파의 파장이 더 길다.

**오답탐기** ● 가. (가)에서의 에너지 준위 차이가 (나)에서의 에너지 준위 차이보다 크므로 (나)보다 (가)에서 전자의 에너지가 더 감소하였다.

다. (가)에서는 전자가  $n=4$ 인 궤도에서  $n=1$ 인 궤도로 전이하므로 방출되는 전자기파는 라이먼 계열(자외선 방출)이고, (나)에서는 전자가  $n=4$ 인 궤도에서  $n=3$ 인 궤도로 전이하므로 방출되는 전자기파는 파셴 계열(적외선 방출)이다. ㉠ ②

**03**  
**알짜풀이** ● 나. 전자가 들뜬상태에서  $n=3$ 인 궤도로 전이할 때 나오는 빛은 파셴 계열로, 파장이 긴 적외선 영역이다. 다. 전자가 들뜬상태에서  $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 에너지가 들뜬상태에서  $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 에너지보다 작다. 따라서  $E = \frac{hc}{\lambda}$ 에서 들뜬상태에서  $n=2$ 인 상태로 전이할 때 파장이 더 긴 빛을 방출한다.

**오답탐기** ● 가. 양자수에 따른 수소 원자 내 전자의 에너지 준위는  $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$ 이다. 따라서 전자의 에너지 준위 ( $E_n$ )는 양자수( $n$ )의 제곱에 반비례한다. ㉠ ④

**04**  
**알짜풀이** ● 가. 원자 내부의 전자는 어떤 특정한 에너지를 가진 원 궤도에서만 안정된 운동을 한다. 따라서 전자가 특정한 에너지 준위에 계속 머물러 있는 동안에는 전자의 에너지가 변하지 않으므로 빛이 방출되지 않는다.

다. (나)의 선 스펙트럼에서 오른쪽으로 갈수록 선 스펙트럼의 선 사이의 간격이 좁으므로 전이하는 전자의 에너지 준위

의 차이가 작아진다. 따라서 오른쪽으로 갈수록 양자수가 더 큰 에너지 준위에서  $n=2$ 인 궤도로 전이한 것이므로 방출되는 빛의 파장은 짧다.

**오답넘기** ● 나. 전자가 전이할 때 에너지 준위의 차이가 b에서 a에서보다 크다. 따라서 전이 과정에서 방출되는 광자의 에너지도 b에서 a에서보다 크다. ㉔ ④

### 05

**알짜풀이** ● 가.  $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$ 에서 파장이 짧을수록 에너지가 크다. 따라서 방출되는 빛에너지는 A가 B보다 크다.

나. 광자 한 개의 에너지가  $E=|E_m-E_n|=\frac{hc}{\lambda}$ 이므로 광자 한 개의 에너지, 즉 전자의 에너지 준위 차이가 작을수록 방출되는 빛의 파장이 길어진다. 따라서 B는 전자가  $n=3$ 에서  $n=2$ 로 전이할 때 방출되는 빛이다.

다. 수소 원자의 선 스펙트럼으로부터 전자가 갖는 에너지 준위가 불연속적으로 양자화되어 있음을 알 수 있다. ㉔ ⑤

### 06

**알짜풀이** ● 나. 원자가띠에 있던 전자가 더 높은 에너지띠인 전도띠로 이동할 때는 에너지를 흡수해야 한다.

**오답넘기** ● 가. 원자가띠에 있는 전자들의 에너지 준위는 미세한 차이를 두고 존재하므로 전자들의 에너지는 서로 다르다.

다. 다이아몬드는 실리콘보다 띠틈이 넓으므로 전기 전도성이 실리콘보다 나쁘다. ㉔ ②

### 07

**알짜풀이** ● (가)는 반도체, (나)는 띠틈이 가장 넓은 절연체, (다)는 전도띠와 원자가띠가 일부 겹쳐 있는 도체이다.

가. 반도체는 띠틈이 좁기 때문에 상온에서 원자가 전자의 일부는 전도띠에 분포하지만 절대 온도 0K에서는 전자들이 전도띠에 전혀 없기 때문에 절연체로 취급할 수 있다.

다. 도체인 (다)는 온도가 올라갈수록 원자의 열운동에 의해 전자와의 충돌이 증가하므로 전기 저항이 증가한다.

**오답넘기** ● 나. 상온에서 자유 전자의 수는 절연체인 (나)보다 도체인 (다)가 더 많다. ㉔ ③

### 08

**알짜풀이** ● (가)는 원자가 전자가 4개인 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 비소(As)를 첨가하여 만들었으므로 n형 반도체이고, (나)는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 3개인 인듐(In)을 첨가하여 만들었으므로 p형 반도체이다.

나. (가)에서 공유 결합에 참여하지 못한 전자 A는 에너지를 흡수하면 전도띠로 올라갈 수 있다.

**오답넘기** ● 가. (가)가 n형 반도체이므로 A는 전자이고, (나)가 p형 반도체이므로 B는 양공이다.

다. 비소(As)의 원자가 전자는 5개이고, 인듐(In)의 원자가 전자는 3개이므로 비소(As)의 원자가 전자는 인듐(In)의 원자가 전자보다 2개 더 많다. ㉔ ②

### 09

**알짜풀이** ● 가. B는 원자가 전자가 4개인 실리콘(Si)에 원자

### 우공비 BOX

#### ●보충 설명●

A는 파장이 가장 짧은 빛이므로 전자가  $n=\infty$ 에서  $n=2$ 로 전이할 때 방출돼요.

#### ●보충 설명●

#### 발광 다이오드(LED)

p-n 접합 다이오드로, n형 반도체에 더 많은 양의 불순물을 넣어 순방향 전압을 걸어주면 n형 반도체에 많이 생긴 전자가 p형 반도체의 자리로 이동하면서 빛을 방출해요.

#### ●쉽게쉽게

도체는 원자가띠와 전도띠가 일부 겹쳐져 있어서 원자가띠의 전자가 전도띠로 쉽게 이동할 수 있어요.

#### ●필수 자료●

#### n형 반도체와 p형 반도체 비교

구분	n형	p형
도핑 원소	원자가 전자가 5개인 원소	원자가 전자가 3개인 원소
전하 운반체	전자	양공

가 전자가 5개인 원소를 도핑한 n형 반도체이고, A는 원자가 전자가 4개인 실리콘(Si)에 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑한 p형 반도체이다. 따라서 a의 원자가 전자는 4개보다 적다. 나. p형 반도체인 A가 전지의 (+)극에, n형 반도체인 B가 전지의 (-)극에 연결되므로 (가)에서 전압은 순방향이다.

**오답넘기** ● 다. p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸려 있으므로 접합면을 통해 양공은 전지의 (-)극 쪽으로, 전자는 전지의 (+)극 쪽으로 이동한다. 즉, A의 내부에서 양공은 p-n 접합면으로 이동한다. ㉔ ③

### 10

**알짜풀이** ● 가. 전구에 불이 켜졌으므로 순방향으로 전압이 걸린 것이다. 따라서 전지의 (-)극 쪽에 연결된 A는 n형 반도체이고, 전지의 (+)극 쪽에 연결된 B는 p형 반도체이다. n형 반도체는 원자가 전자가 5개인 원소를 도핑하여 만든다.

나. p형 반도체는 원자가 전자가 4개인 순수 반도체에 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑하여 만들기 때문에 공유 결합 후 양공이 생성된다. 즉, p형 반도체에서는 양공에 의해 전류가 흐른다.

다. p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 접합면을 통해 양공이 전지의 (-)극 쪽으로, 전자가 전지의 (+)극 쪽으로 이동한다. 따라서 A와 B의 접합면에 양공과 전자가 공존하는 영역이 생긴다. ㉔ ⑤

### 11

**알짜풀이** ● 가. 발광 다이오드에서 빛이 나오고 있으므로 전류가 흐르는 순방향 전압이 걸려 있는 것이다. 따라서 p형 반도체에 연결된 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

나. 순방향 전압이 걸리면 p-n 접합면에 양공과 전자가 공존하는 영역이 생겨 전도띠의 전자가 아래쪽 양공을 채우게 되고, 다이오드의 양 끝에서는 양공과 전자가 계속 공급되어 전류가 계속 흐른다. 따라서 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자는 접합면으로 이동하게 된다.

**오답넘기** ● 다. 띠틈이 클수록 전이하는 전자의 에너지 준위 차이가 크므로 파장이 더 짧은 빛이 방출된다. ㉔ ③

### 12

**알짜풀이** ● 다. 베이스를 매우 얇게 제작하기 때문에 이미터에서 베이스로 이동하던 대다수의 양공이 컬렉터 쪽으로 확산된다. 컬렉터로 확산된 양공과 컬렉터와 베이스 사이에 연결된 전지의 (-)단자에서 공급되는 전자가 계속 결합하기 때문에 R에 흐르는 전류의 세기는 이미터에서 베이스로 흐르는 전류의 세기보다 세다.

**오답넘기** ● 가. 컬렉터(p형 반도체)에 (-)극이 연결되어 있으므로 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다. 나. 이미터에서 컬렉터 방향으로 전류가 흐른다. ㉔ ①

### 13

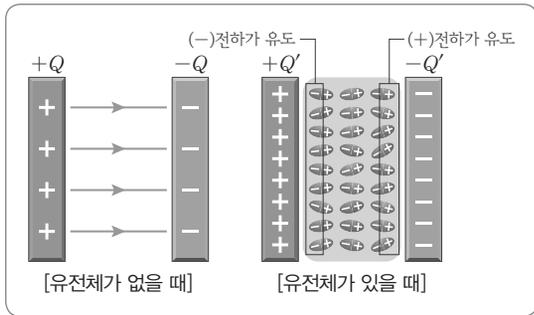
**알짜풀이** ● (가)는 온도가 높아질수록 저항이 증가하는 도체, (나)는 임계 온도 이하에서 저항이 0이 되는 초전도체, (다)는 온도가 높아질수록 저항이 감소하는 반도체이다.

나. 초전도체는 외부 자기장과 반대 방향으로 강한 자기장이 생기기 때문에 임계 온도 이하에서 내부 자기장이 0이 되어, 자석을 띄울 수 있다.

다. 반도체를 이용하면 발광 다이오드나 트랜지스터를 만들 수 있다.

**오답범기** ● 가. 도체는 전기 전도도가 커서 전기나 열을 잘 전달하는 물질이고, 절연체는 전기 전도도가 작아 전기나 열을 잘 전달하지 못하는 물질이다. **답 ④**

14 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. 외부 전기장을 유전체에 가하면 유전 분극 현상이 일어나 가해 준 외부 전기장과 반대 방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다.

다. 강유전체는 외부 전기장이 없어져도 유전 분극 상태를 계속 안정되게 유지하는 물질로, 일정 온도 이하에서 **유전율**이 매우 크다.

**오답범기** ● 나. 정전기 유도에 의해 유전체 왼쪽에는 (-)전하가, 유전체 오른쪽에는 (+)전하가 유도된다. **답 ④**

15

**알짜풀이** ● 가. 불순물 첨가시 잉여 전자가 증가한 것으로 보아 (가)는 불순물 반도체인 n형 반도체이다.

다. (다)는 임계 온도 이하에서 초전도체 내부의 자기장이 완전히 없어지는 마이스너 효과를 나타낸 것이다.

**오답범기** ● 나. 가늘고 긴 분자가 거의 일정한 방향으로 나란히 배열되어 있으므로 (나)는 고체와 액체의 중간 물질인 액정이다. 액정은 외부의 힘에 의해 분자의 방향과 배열을 쉽게 조절할 수 있다. **답 ③**

16

**알짜풀이** ● 가. 전압이 걸리지 않으면 액정 분자는 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 점점 뒤틀린 상태로 배열되어 맨 왼쪽과 맨 오른쪽 액정 분자의 배열 상태는 서로 90° 뒤틀린 상태가 된다.

나. 수직 편광판(A)을 통해 들어온 빛이 액정 분자의 배열 상태를 따라 가면서 90°까지 휘기 때문에 수평 편광판(B)을 통과할 수 있다.

**오답범기** ● 다. 전압이 걸리면 액정 분자의 방향이 일정하게 정렬되어 편광판 A를 통해 들어온 빛의 방향이 변하지 않고 그대로 액정을 통과하여 편광판 B에 도달한다. 이때 편광판 B의 편광축은 수평 방향이므로 수직 방향으로 편광된 빛은 편광판 B를 통과하지 못한다. 따라서 빛이 편광판 B를 통과할 수 없다. **답 ②**

우공비 BOX

대단원 마무리 핵심 요약 노트

● 본책 126~127쪽

- ① 쿨롱 법칙 ② 전기력선 ③ 다른 ④ 같은 ⑤ N
- ⑥ 자기력선 ⑦ 비례 ⑧ 반비례 ⑨ 비례 ⑩ 같은
- ⑪ 반대 ⑫ 궤도 운동 ⑬ 전자기 유도 ⑭ 방해하는
- ⑮ 전이 ⑯ 띠타 ⑰ 도체 ⑱ 반도체 ⑲ 전자
- ⑳ 양공 ㉑ 정류 ㉒ 초전도체 ㉓ 액정

대단원 마무리 단원 평가문제

● 본책 128~131쪽

- 01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ① 05 ① 06 ② 07 ④
- 08 ① 09 ② 10 ③ 11 ① 12 ③ 13 (1) 20 N/C
- (2) 60 N/C (3)  $27 \times 10^9$  N/C 14 0.16 V 15 E 16
- 해설 참조 17 (1) 10.2 eV (2) 3.4 eV 18 해설 참조
- 19 (가) 강유전체 (나) 그래핀

01

**알짜풀이** ● ⑤ 점 O에 (-)전하를 놓으면 전기장의 방향과 반대 방향인  $-x$  방향으로 전기력이 작용한다.

**오답범기** ● ① P에서 나오거나 Q로 들어가는 전기력선의 개수가 같으므로 점전하 P와 Q의 전하량의 크기는 같다.

②  $y$ 축상에서의 전기장의 방향은 모두 전기력선의 점선 방향인  $+x$  방향이다. 따라서 점 O와 B에서 전기장의 방향은  $+x$  방향이다.

③ 전기력선이 가장 조밀한 곳은 C이다. 따라서 전기장의 세기는 점 C에서 가장 세다.

④ 전기력선이 P에서 나와 Q로 들어가므로 P는 (+)전하, Q는 (-)전하이다. **답 ⑤**

02

**알짜풀이** ● 나. b점에 둔  $-1C$ 의 전하가 전하 P, Q에 의해 받는 전기력은 전하 P, Q로부터의 거리가 같으므로 크기가 같고, 방향은 각각 P, Q를 향하는 방향이다. 따라서 전기력의 합력을 구하면 연직 아래 방향이다.

**오답범기** ● 가. a점과 c점에서의 전기장은 좌우 대칭이므로 세기는 같지만 방향이 다르다. 따라서 전기장이 같다고 할 수 없다.

다. d점에  $-1C$ 인 전하를 두면 P, Q에 의해 받는 전기력의 크기가 같고, 방향은 반대이다. 따라서 d점에서 전기력의 크기가 0으로 가장 작다. **답 ①**

03

**알짜풀이** ● 가. 대전된 유리 막대를 가까이 가져갔을 때 A는 계속 유리 막대에 달라붙어 있으므로 절연체이고, B는 유리 막대에 달라붙었다가 곧 떨어졌으므로 도체이다.

나. 대전된 유리 막대를 B에 가까이 가져가면 B는 정전기 유도에 의해 유리 막대에 달라붙는데, 이때 전자가 이동하여 B가 유리 막대와 같은 전하를 띠게 된다. 따라서 B와 유리 막대 사이에 척력이 작용하여 곧 떨어지게 된다.

다. A는 절연체이며 절연체 내부에는 자유 전자가 없다. **답 ⑤**

용어 알기

유전율

전기장에 의해 유전 분극이 발생하는 정도를 나타내는 값으로, 유전율이 클수록 전기 에너지를 더 많이 저장할 수 있어요.

조심조심

전기장은 방향과 크기를 갖는 물리량이므로, 크기가 같다고 해서 전기장이 같다고는 할 수 없어요.

보충 설명

액정

액체의 유동성과 고체의 결정성을 모두 가지기 때문에 고체와 액체의 중간 물질이라고 하는 거예요.

보충 설명

도체 내부에는 자유 전자가 많지만 절연체 내부에는 자유 전자가 없어요.

04

**알짜풀이** ● ㄱ. 대전된 유리 막대를 가까이 가져갈 때 물줄기가 휘는 이유는 유전 분극에 의해 대전된 막대와 물줄기 사이에 인력이 작용하기 때문이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 유리 막대를 명주 형겜에 문지르면 유리 막대가 대전된다. 따라서 유전 분극에 의해 대전된 유리 막대와 물줄기 사이에 인력이 작용하여 물줄기가 유리 막대 쪽으로 끌려온다.

ㄷ. 물줄기에서는 물 분자들이 극성을 가지고 재배열되는 유전 분극 현상이 나타난다. 따라서 유리 막대와 가까운 쪽에는 유리 막대와 다른 전하가, 먼 쪽은 유리 막대와 같은 전하가 유도된다. ㉑ ①

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 원형 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장에 의해 도선 주변의 철가루들이 자기화되어 배열된 것이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 앙페르 법칙에 의해 중심 O에서 자기장의 방향은  $-x$  방향이다.

ㄷ. 원형 도선 중심 O에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 따라서 원형 도선의 반지름을 증가시키면 자기장의 세기는 감소한다. ㉑ ①

06

**알짜풀이** ● ㄱ. A의 오른쪽이 S극이 되고 B의 왼쪽이 S극이 되므로, 두 솔레노이드 사이에는 척력이 작용한다.

ㄴ. A보다 B의 자기장 세기가 더 세며, B의 왼쪽이 S극이므로 자침의 N극은 B쪽을 가리킨다.

**오답نب기** ● ㄷ. 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기는 전류의 세기와 단위 길이당 코일의 감은 수에 비례하므로 B가 A보다 더 세다. ㉑ ②

07

**알짜풀이** ● 외부 자기장을 가했을 때 원자 자석들이 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화되므로 이 물질은 강자성체이다. 강자성체는 자석에 잘 달라붙은 성질을 갖는 물질로, 철, 코발트, 니켈 등이 있다. ㉑ ④

08

**알짜풀이** ● ㄱ. 자석이 A와 B 사이를 지날 때 자석은 A에서 멀어지고 B에 가까워지므로 A와 자석 사이에는 인력이, B와 자석 사이에는 척력이 작용한다.

**오답نب기** ● ㄴ. 자석이 A와 B 사이를 지날 때 A의 오른쪽에 S극이 유도되고, B의 왼쪽에 S극이 유도되므로 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.

ㄷ. 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용하므로 역학적 에너지가 보존되지 않는다. 따라서 역학적 에너지가 감소한다. ㉑ ①

09

**알짜풀이** ● 유도 기전력의 크기는  $|V| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  이므로 자기력선속-시간 그래프의 기울기가 유도 기전력이다. 0~2초 동안은 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 증가

우공비 BOX

쉽게쉽게

전자의 에너지 준위의 차이가 클수록 파장이 짧은 빛을 흡수하거나 방출해요.

필수 자료

앙페르 법칙

오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하고, 나머지 네 손가락으로 도선을 감아질 때 네 손가락이 향하는 방향이 자기장의 방향이에요.

쉽게쉽게

자기력선속-시간 그래프의 기울기는 유도 기전력을 의미해요.

하므로 유도 전류가 반시계 방향으로 흐르고, 2~4초 동안은 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 감소하므로 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다. 4초 이후에는 자기력선속의 변화가 없으므로 유도 전류가 흐르지 않는다. 이때 0~2초 동안의 자기력선속의 변화가 2~4초 동안보다 크므로 유도 기전력의 크기도 크다. ㉑ ②

10

**알짜풀이** ● ㄱ. 가장 큰 에너지를 방출하는 경우는 가장 바깥 궤도에서  $n=1$ 인 궤도로 전자가 전이할 때이므로 B이다.

ㄷ. 가시광선은 전자가  $n=3, 4, 5, 6$ 에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되므로, 가시광선 영역의 스펙트럼을 관찰할 수 있는 경우는 E이다.

**오답نب기** ● ㄴ.  $E = |E_m - E_n| = \frac{hc}{\lambda}$  이므로 파장이 가장 짧은 빛을 흡수하는 경우는 가장 큰 에너지를 흡수하는 D이다. ㉑ ③

11

**알짜풀이** ● ㄴ. B의 간격이 넓으면 전자의 이동이 어렵고, 좁으면 전자의 이동이 쉽다. 즉, B의 간격에 따라 절연체와 반도체를 구분할 수 있다.

**오답نب기** ● ㄱ. A는 허용된 띠 중에 전자가 채워져 있지 않은 영역으로, 원자가띠 위에 위치한다.

ㄷ. C에 있는 전자가 띠틈보다 큰 에너지를 흡수하면 A로 이동한다. B는 전자가 존재할 수 없는 영역이다. ㉑ ①

12

**알짜풀이** ● ㄱ. 전구에 불이 켜졌으므로 p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸렸음을 알 수 있다. 따라서 A는 p형 반도체, B는 n형 반도체이다.

ㄴ. p형 반도체에서는 양공에 의해, n형 반도체에서는 자유 전자에 의해 전류가 흐른다.

**오답نب기** ● ㄷ. 전지의 극을 바꾸어 연결하면 다이오드에 역방향 전압이 걸리므로 전구에 불이 켜지지 않는다. ㉑ ③

13

**알짜풀이** ● (1)  $E = \frac{F}{q} = \frac{8N}{0.4C} = 20 N/C$

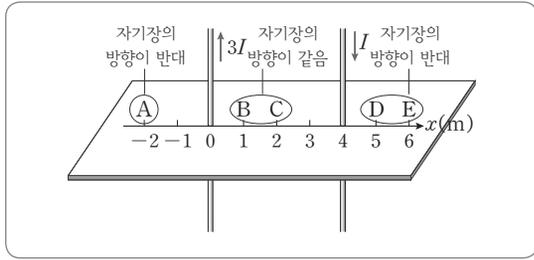
(2)  $E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-10}}{(0.3)^2} = 60(N/C)$

(3) +2C에 의한 전기장의 세기는  $k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2}{(1)^2} = 18 \times 10^9(N/C)$ 이고, 방향은 오른쪽이다. -4C에 의한 전기장의 세기는  $k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(2)^2} = 9 \times 10^9(N/C)$ 이고, 방향은 오른쪽이다. 따라서 P점에서 두 점전하에 의한 전기장의 방향이 같으므로 전기장의 세기는  $27 \times 10^9 N/C$ 이다. ㉑ (1) 20 N/C (2) 60 N/C (3)  $27 \times 10^9 N/C$

14

**알짜풀이** ●  $|V| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta BS}{\Delta t} = S \times \frac{\Delta B}{\Delta t} = (0.2) \times \frac{0.04}{0.01} = 0.16(V)$  ㉑ 0.16 V

15 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 자기장 방향을 (+) 로 하고 각 점에서 자기장을 구해 보면 다음과 같다.

$$B_A = k \frac{3I}{2} - k \frac{I}{6} = k \frac{8I}{6}, B_B = -k \frac{3I}{1} - k \frac{I}{3} = -k \frac{10I}{3},$$

$$B_C = -k \frac{3I}{2} - k \frac{I}{2} = -k \frac{4I}{2}, B_D = -k \frac{3I}{5} + k \frac{I}{1} = k \frac{2I}{5},$$

$$B_E = -k \frac{3I}{6} + k \frac{I}{2} = 0 \text{이다.} \quad \text{답 E}$$

16

**모범답안** ● 전자의 궤도 운동과 회전 운동(스핀)은 전자의 운동 방향과 반대 방향으로 전류가 흐르는 것과 같은 형태가 되어 자기장이 생기므로 자성이 나타난다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전자의 궤도 운동과 회전 운동 때문이라고만 설명한 경우	50 %

17

**알짜풀이** ● (1) 라이먼 계열에서 파장이 가장 긴 빛을 방출하는 경우는 에너지 준위의 차이가 가장 작을 때이므로 전자가  $n=2$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때이다. 이때 방출하는 에너지는  $|-3.4 - (-13.6)| = 10.2(\text{eV})$ 이다.  
 (2) 발머 계열에서 파장이 가장 짧은 빛을 방출하는 경우는 에너지 준위의 차이가 가장 클 때이므로  $n=\infty$ 에서  $n=2$ 로 전자가 전이할 때이다. 이때 방출하는 에너지는  $|0 - (-3.4)| = 3.4(\text{eV})$ 이다.      **답** (1) 10.2 eV (2) 3.4 eV

18

**모범답안** ● 순방향 전압을 가하면 p형 반도체에 도달한 전자들이 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 이동하면서 에너지를 빛의 형태로 방출하게 된다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전자가 전이하면서 빛을 방출한다고만 설명한 경우	30 %
③ 순방향 전압을 걸어준다고만 쓴 경우	20 %

19

**알짜풀이** ● 외부 전기장이 없어도 유전 분극이 어느 정도 안정되게 유지되는 물질은 강유전체이고, 6각형의 벌집 모양으로 연결된 평면 구조의 탄소 나노 물질은 그래핀이다.      **답** (가) 강유전체 (나) 그래핀

우공비 BOX

**보충 설명**  
 두 직선 도선에 의한 자기장의 방향이 반대인 곳은 A, D E 지점이에요.

**쉽게쉽게**  
 지진파의 S파, 전자기파는 횡파이고, 지진파의 P파, 소리, 초음파는 종파예요.

**보충 설명**  
**탄소 나노 튜브**  
 탄소 6개로 이루어진 육각형 모양이 서로 연결되어 관 모양을 이루어요. 관의 지름이 수십 nm에 불과해서 탄소 나노 튜브라고 부른답니다.

08 소리

16 광 소리와 초음파

개념 확인 문제

● 본책 135쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ×    2 (1) 종파 (2) 빠르다 (3) 진폭 (4) 초음파

- 1 (2) 파동이 전파될 때 매질은 이동하지 않고, 에너지만 이동한다.  
 (3) 매질의 한 점이 한 번 진동하는 데 걸린 시간을 주기라고 한다. 진동수는 매질의 한 점이 1초 동안 진동하는 횟수로, 주기와 진동수는 역수 관계이다.

문제 다지기

● 본책 136~137쪽

- 기/본/문/제** 01 (1) 진폭 : 0.1 m, 파장 : 4 m (2) 2 m/s  
 02 ④    03 ③    04 ②    05 (1) (가)=(나)<(다)  
 (2) (가)=(다)>(나)    06 340 m/s  
**실/력/문/제** 07 ①    08 해설 참조    09 ③    10 ③  
 11 ④

01

**알짜풀이** ● (1) 진폭은 진동의 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 물결파의 진폭은 0.1 m이다. 파장은 이웃한 마루와 마루 또는 이웃한 골과 골 사이의 거리이므로 물결파의 파장은 4 m이다.  
 (2) '파동의 전파 속도 = 진동수 × 파장'이므로, 물결파의 전파 속도 =  $0.5 \text{ Hz} \times 4 \text{ m} = 2 \text{ m/s}$ 이다.      **답** (1) 진폭 : 0.1 m, 파장 : 4 m (2) 2 m/s

02

**알짜풀이** ● ④ 지진파의 P파는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 종파이다. 따라서 지진파의 P파는 (가)와 같은 종류의 파동이다.  
**오답범기** ● ① (가)는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 종파이고, (나)는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직인 횡파이다.  
 ② 초음파는 종파이므로, (가)와 같은 종류의 파동이다.  
 ③ (가)와 (나)는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향의 관계에 따라서 구분한다.  
 ⑤ 매질은 파동을 따라 이동하지 않고 제자리에서 진동만 한다. 따라서 매질은 (가)에서는 제자리에서 앞뒤로 진동만 하고, (나)에서는 위아래로 진동만 한다.      **답** ④

03

**알짜풀이** ● ③ 물체를 진동시키면 소리가 발생한다.  
**오답범기** ● ① 매질인 공기 분자가 소리의 진행 방향과 나란한 방향으로 진동하므로 소리는 종파이다.

- ② 소리는 매질이 있어야만 전달된다. 따라서 매질이 없는 진공 속에서는 소리가 전달되지 않는다.
- ④ 공기의 온도가 높을수록 공기 입자의 운동 속력이 빨라져서 소리의 전파 속력도 빨라진다.
- ⑤ 소리는 매질을 이루는 분자들의 진동에 의해 전달된다. 따라서 같은 온도일 때 소리의 전달 속력은 분자 사이의 거리가 가까운 고체 매질에서 가장 빠르고, 분자 사이의 거리가 먼 기체 매질에서 가장 느리다. **답 ③**

04

**알짜풀이** ● (가) 산 정상에서 소리를 지르면 메아리가 들리는 것은 소리의 반사에 의해 일어나는 현상이다.  
 (나) 담 너머의 사람들이 보이지 않지만 대화하는 소리가 들리는 것은 소리의 회절에 의해 일어나는 현상이다.  
 (다) 소리의 진행 방향이 낮에는 위로 휘어지고, 밤에는 아래로 휘어지는 것은 소리의 굴절에 의해 일어나는 현상이다. **답 ②**

05 | 자료 분석하기 |

(가) (나) (다)

- 주기가 짧을수록 진동수가 커지므로 진동수를 비교하면 (가)=(나)<(다)이다.
- 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 진폭을 비교하면 (가)=(다)>(나)이다.

**알짜풀이** ● (1) 진동수가 클수록 높은 소리이므로 소리의 높낮이를 비교하면 (가)=(나)<(다)이다.  
 (2) 진폭이 클수록 큰 소리이므로 소리의 세기를 비교하면 (가)=(다)>(나)이다. **답 (1) (가)=(나)<(다) (2) (가)=(다)>(나)**

06

**알짜풀이** ● 초음파가 물체에서 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간이 4초이므로 초음파가 거리 측정 장치에서 물체까지 가는 데 걸린 시간은 2초이다. 따라서 초음파의 속력 =  $\frac{680 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 340 \text{ m/s}$ 이다. **답 340 m/s**

07 | 유형 비법 |

STEP1 파장과 파동이 P에서 P'까지 이동한 거리를 구한다. → 파장은 8 m이고, P에서 P'까지 이동한 거리는 2 m이다.  
 STEP2 P에서 P'까지 이동한 거리가 파장의 몇 배( $\frac{1}{n}$ )인지 구한다. → P에서 P'까지 이동한 거리(2m)가 파장(8m)의  $\frac{1}{4}$  배이다.  
 STEP3 주기는 P에서 P'까지 이동하는 데 걸린 시간×4배이다. → 주기는 3초×4=12초이다.

우공비 BOX

**필수 자료** ● 매질의 한 점이 '중심 → 골 → 중심 → 마루 → 중심'으로 진동하는 데 걸리는 시간을 주기라고 해요.

**조심조심** ● 소리는 속력이 느린 쪽, 즉 공기의 온도가 낮은 쪽으로 굴절해요.

**필수 자료** ● 소리의 파형 분석  
 • 진폭 비교 : 진폭이 클수록 큰 소리이에요.  
 • 진동수 비교 : 진동수가 클수록 높은 소리이에요.  
 • 파형 비교 : 소리의 맵시를 비교할 수 있어요.

**조심조심** ● 초음파가 거리 측정 장치에서 물체까지 가는 데 걸린 시간은 왕복 시간에  $\frac{1}{2}$  배를 해주어야 해요.

**알짜풀이** ● ㄱ. 진폭은 진동의 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 2 m이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 파장은 이웃한 마루와 마루 또는 골과 골 사이의 거리이므로 8 m이고, 파동이  $\frac{1}{4}$  파장만큼 이동하는 데 걸린 시간이 3초이므로 주기는 3초×4=12초이다. 따라서 이 파동의 전파 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{8 \text{ m}}{12 \text{ s}} = \frac{2}{3} \text{ m/s}$ 이다.

○ ㄷ. 매질은 제자리에서 진동만 하므로 P점에 있던 매질은 3초 후 y=0인 위치로 이동한다. **답 ①**

08

**모범답안** ● 고체 매질 > 액체 매질 > 기체 매질 순이다. 소리는 매질을 이루는 분자의 진동에 의해 전달되므로 분자 사이의 거리가 가까운 매질에서 더 빠르게 전달되기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 소리의 전달 속력은 바르게 비교하였으나, 이유를 설명하지 못한 경우	30%

09 | 자료 분석하기 |

구분	낮	밤
공기의 온도	지표면>상공	지표면<상공
소리의 속력	지표면>상공	지표면<상공
소리의 굴절 방향	위로 굴절	아래로 굴절

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄷ. 기온이 높을수록 소리의 전달 속력이 빠르므로 낮에는 소리가 상공 쪽으로, 밤에는 소리가 지면 쪽으로 굴절한다. 따라서 소음이 많이 발생하는 작업은 낮에 해야 소음으로 인한 피해를 줄일 수 있다.

**오답넘기** ● ㄴ. 소리는 기온이 상대적으로 낮은 쪽으로 굴절한다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● ㄷ. (가)와 (나)의 파형이 같으므로 (가)와 (나)는 같은 악기에서 발생한 소리이다.

**오답넘기** ● ㄱ. (가)의 진폭은 1cm이고, (나)의 진폭은 2cm이므로 (가)는 (나)보다 작은 소리이다.

ㄴ. (가)의 주기는 0.001초이고, (나)의 주기는 0.002초이므로 주기는 (나)가 (가)보다 더 길다. 따라서 (가)가 (나)보다 진동수가 크므로 (가)는 (나)보다 높은 소리이다. **답 ③**

11

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)는 태아에서 반사된 초음파를 이용하여 영상을 재구성한 초음파 사진이다.

ㄷ. 초음파 세척기는 수백만 개의 미세 기포를 터뜨려 이때 발생하는 에너지로 물체의 표면에 묻어 있는 작은 이물질들을 제거한다.

**오답범기** ● 나. 어군 탐지기는 수심에 따라 깊은 곳은 50 kHz, ○  
 덜 깊은 곳은 200 kHz의 초음파를 발생시켜 물고기로부터 반사되어 나오는 초음파를 감지하여 물고기의 위치를 알아낸다. 즉, (나)에서 이용한 초음파는 사람이 들을 수 있는 소리보다 진동수가 크다. **답 ④**

## 17강 공명과 화음, 마이크와 스피커

**개념 확인 문제** ● 본책 139쪽

1 정상파 2 공명 3 (1) ○ (2) × (3) ○

3 (2) 마이크는 소리를 전기 신호로 바꾸고, 스피커는 이와는 반대로 전기 신호를 소리로 바꾼다.

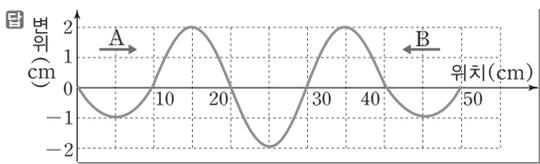
**문제 다지기** ● 본책 140~141쪽

**기본문제** 01 ㉠ 보강 ㉡ 상쇄 02 해설 참조 03 ⑤  
 04 ③ 05 ② 06 ⑤

**실력문제** 07 ④ 08 ① 09 해설 참조 10 ④  
 11 ⑤

**01**  
**알짜풀이** ● 위상이 서로 같은 두 파동이 중첩되어 합성파의 진폭이 커지는 현상을 보강 간섭, 위상이 서로 반대인 두 파동이 중첩되어 합성파의 진폭이 작아지는 현상을 상쇄 간섭이라고 한다. **답 ㉠ 보강 ㉡ 상쇄**

**02**  
**알짜풀이** ● 파동의 진행 속력이 5 cm/s이므로 4초 동안 A는 오른쪽으로 20 cm, B는 왼쪽으로 20 cm씩 진행한다. 따라서 4초일 때 두 파동은 서로 중첩된다.



**03**  
**알짜풀이** ● 기본 진동일 때는  $L = \frac{\lambda_1}{2}$ 이 성립하고, 2배 진동일 때는  $L = \lambda_2$ , 3배 진동일 때는  $L = \frac{3}{2}\lambda_3$ 이 성립한다. 즉,  $\lambda_1 = 2L$ ,  $\lambda_2 = L$ ,  $\lambda_3 = \frac{2}{3}L$ 이므로  $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 2L : L : \frac{2}{3}L = 6 : 3 : 2$ 이다. **답 ⑤**

### 우공비 BOX

#### 조심조심

사람이 들을 수 있는 소리의 진동수의 범위는 약 20~20,000 Hz이예요.

### 04

**알짜풀이** ● ③ 12음계는 평균율에 따른 음계로, 한 옥타브에 들어가는 음계의 숫자가 12개이다. 따라서 인접한 반음 사이의 진동수의 비는  $\sqrt[12]{2}$ 이다.

**오답범기** ● ① 음정은 서로 다른 두 음 사이의 간격으로, 진동수의 비율로 나타낸다.

② 낮은 '도' 음과 높은 '도' 음 사이에는 12개의 반음이 존재하므로 낮은 '도' 음과 높은 '도' 음의 진동수 차이는  $(\sqrt[12]{2})^{12} = 2$ (배)이다.

④ 진동수가 다른 여러 소리가 만나 아름다운 소리를 내는 것을 화음이라고 한다.

⑤ 440 Hz를 표준 진동수로 하여 한 옥타브를 12개의 반음으로 균일하게 나눈 것을 평균율이라고 한다. **답 ③**

### 05

**알짜풀이** ● ② 마이크는 소리를 감지하는 진동판, 전자기 유도 현상으로 전류를 발생시키는 코일, 영구 자석 등으로 구성된다.

**오답범기** ● ① 스피커도 마이크와 같이 진동판, 코일, 영구 자석으로 이루어져 있다.

③, ⑤ 스피커는 전기 신호를 소리로 바꾸는 장치로, 자기장 속에 놓인 전류가 흐르는 코일이 자기력을 받아 진동판을 떨리게 하여 소리가 발생한다. 스피커에서 나오는 소리의 진동수는 코일에 흐르는 교류 전류의 진동수와 같다.

④ 마이크는 소리를 전기 신호를 바꾸는 장치로, 진동판과 함께 코일이 진동하므로 코일을 지나는 자기력선속이 변하여 코일에 교류 전류가 발생한다. **답 ②**

### 06

**알짜풀이** ● 마이크의 진동판이 진동하면 진동판에 붙어 있는 코일도 진동하게 되고, 이때 코일을 지나는 자기력선속이 변하여 코일에 유도 전류가 흐른다. 이것은 전자기 유도 법칙으로 설명할 수 있다.

스피커에 있는 코일에 전기 신호를 보내면 코일은 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선과 같이 힘을 받는다. 코일에 흐르는 전류의 방향이 주기적으로 변하면 코일이 받는 힘의 방향도 주기적으로 바뀌어 진동하게 되고 코일에 붙어 있는 진동판도 진동하게 된다. 이것은 앙페르 법칙으로 설명할 수 있다. **답 ⑤**

### 07

**알짜풀이** ● ㄱ. 기타는 줄의 양 끝과 고정점이 마디가 되는 정상파가 만들어지면서 소리가 나는 악기로, 공명 현상을 이용하여 소리를 크게 만들므로 진동하는 줄의 진동수와 발생하는 소리의 진동수는 같다.

ㄷ. 줄감개를 돌려 줄을 팽팽하게 감을수록 줄의 장력이 커져 진동수가 커진다. 따라서 줄을 팽팽하게 감을수록 높은 소리가 난다.

**오답범기** ● 나. 줄의 길이가 짧아지면 파장이 짧아지므로 진동수는 커진다. 따라서 a를 누르고 줄을 튕겼을 때 발생하는 소리는 b를 누르고 줄을 튕겼을 때 발생하는 소리보다 더 높은 소리이다. **답 ④**

**보충 설명** ● 전자기 유도 법칙 : 유도 기전력은 코일의 감은 수와 자기력선속의 시간적 변화율이 비례해요.  
 ● 앙페르 법칙 : 자기장 속에 전류가 흐르는 도선이 놓이면 도선은 전류의 방향과 자기장의 방향에 수직인 방향으로 힘을 받아요.

**보충 설명** ● 장력(줄을 당기는 힘)이 클수록 복원력이 크게 작용하여 진동수가 커지는 거예요.

08

**알짜풀이** ● ㄱ. 능동 소음 제거 장치는 소음을 상쇄 간섭하도록 소리를 발생시켜 소음을 없애거나 줄이는 장치이다.

**오답نب기** ● ㄴ. (나)에서 발생하는 상쇄 소음은 외부 소음과 위상이 180° 다른 소리이다.

ㄷ. 자동차 후방 센서는 파동의 반사 현상을 이용한다. **답 ①**

09

**모범답안** ● (나)와 (라), 진폭과 진동수 및 파장이 같은 두 파동이 서로 반대 방향으로 진행하다가 중첩될 때 정상파가 발생한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 정상파를 만들 수 있는 경우는 바르게 골랐으나, 정상파의 조건을 설명하지 못한 경우	30 %

10

**알짜풀이** ● A는 진동판, B는 코일, C는 영구 자석이다.

ㄱ. A(진동판)는 공기를 통해 전달되는 소리의 진동을 감지한다.

ㄴ. 소리에 따라 A(진동판)가 떨리면 B(코일)에 전자기 유도에 의해 유도 전류가 발생한다.

**오답نب기** ● ㄷ. C는 영구 자석으로, 영구 자석은 항상 자기적 성질을 유지한다. **답 ④**

11

**알짜풀이** ● 스피커는 세기가 주기적으로 변하는 전류가 흐르는 코일과 자석 사이에 작용하는 힘에 의해 진동판이 진동하여 소리가 발생하는 장치로, 전기 신호를 소리로 바꾸어 준다. **답 ⑤**

우공비 BOX

**● 보충 설명 ●**  
대금은 관 내부의 공기의 공명을 이용한 악기이고, 해금은 줄의 공명을 이용한 악기에요.

**● 필수 자료 ●**  
마이크는 패러데이 법칙(전자기 유도)을 이용해 소리를 전기 신호로 바꾸어 주는 장치에요.

**● 쉽게 쉽게 ●**  
• 현악기 : 줄의 공명을 이용해요.  
• 관악기 : 관 내부의 공기의 공명을 이용해요.  
• 타악기 : 판이나 막의 공명을 이용해요.

**● 보충 설명 ●**  
**정상파**  
파장, 진동수, 진폭이 같은 두 파동이 서로 반대 방향으로 진행하여 중첩되었을 때 어느 방향으로도 진행하지 않는 것처럼 보이는 파동을 정상파라고 해요.

3

**알짜풀이** ● 해금은 줄을 진동시켜 소리를 내는 악기이고, 대금은 관 속의 공기를 진동시켜 소리를 내는 악기이다.

ㄱ. X의 양 끝은 배이므로 관 속 공기의 기본 진동으로 만들어진 정상파이다. 따라서 X는 대금에서 만들어진 정상파이다.

**오답نب기** ● ㄴ. X의 양 끝은 배이고, Y의 양 끝은 마디이다. ㄷ. 발생하는 소리의 음의 높이가 같으므로 X와 Y의 진동수는 같다. **답 ①**

4 | 자료 분석하기 |

높은 소리

(가) (나)

a가 만들어지는 관의 길이 > b가 만들어지는 관의 길이 → a의 파장 > b의 파장 → a의 진동수 < b의 진동수

**알짜풀이** ● ㄴ. 매질이 공기로 같기 때문에 관 속에서 만들어진 정상파의 속력이 같다. 이때 a의 파장이 b의 파장보다 길기 때문에 a의 진동수가 b의 진동수보다 작다. 따라서 a가 b보다 낮은 음이다.

ㄷ. 악기는 공명을 이용하여 듣기 좋은 음파를 만들어 내는 장치로, 관 속의 공기를 진동시켜 소리를 발생시키는 악기는 관 내부의 공기의 공명을 이용한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 열린 곳은 배가 만들어지고 닫힌 곳은 마디가 만들어지므로 a, b는 한쪽 끝이 열린 관에서 만들어지는 정상파이다. **답 ⑤**

우공비 비법 특강 ● 본책 142~143쪽

1 ③ 2 ① 3 ① 4 ⑤

1

**알짜풀이** ● ㄷ. A와 B의 속력이 4 cm/s이므로 A는 2초 동안 오른쪽으로 8 cm 진행하고, B는 왼쪽으로 8 cm 진행한다. 따라서 위치가 4 cm인 지점에서 중첩된 파동의 변위는 0이다.

**오답نب기** ● ㄱ. A가 1초 동안 한 파장(4 cm)만큼 진행했으므로, A의 주기는 1초이다.

ㄴ. 파장은 마루에서 이웃한 마루 또는 골에서 이웃한 골까지의 거리이므로 B의 파장은 4 cm이다. **답 ③**

2

**알짜풀이** ● A와 B의 진행 속력이 1 m/s이므로 3초 동안 A는 오른쪽으로 3 m, B는 왼쪽으로 3 m 진행한다. 따라서 3초 후 위치가 0~2 m인 지점에서 정상파의 변위는 0이다. **답 ①**

수능 문제 풀이 실력 굳히기 ● 본책 144~147쪽

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

01

**알짜풀이** ● ㄴ. B는 공기가 한 파장만큼 진행하는 데 걸린 시간이므로 주기이다. 따라서 음파의 주기는 4 ms이다.

**오답نب기** ● ㄱ. A는 공기가 밀한 곳에서 그 다음 밀한 곳까지의 거리이므로 파장이다.

ㄷ. 음파의 전파 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{A}{B}$ 이다. **답 ②**

02

**알짜풀이** ● ㄱ. 용수철의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하므로 종파이다.

ㄴ. 종파에서는 밀한 곳에서 그 다음 밀한 곳까지의 거리를 파장이라고 한다. 따라서 파장은 0.2 m이다.

오답내기 ●  $\lambda$ . 파동의 전파 속도 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{0.2 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0.1 \text{ m/s}$ 이다. ㉔ ④

### 03 | 자료 분석하기 |

A B

- 파면과 파면 사이의 거리는 파장을 의미한다.
- 물의 깊이가 같으므로 A와 B에서 물결파의 전파 속력은 같다.

알짜풀이 ●  $\lambda$ . 파면과 파면 사이의 거리가 넓을수록 파장이 길다. 따라서 물결파의 파장은 A가 B보다 짧다.

오답내기 ●  $\lambda$ . 전파 속도 = 진동수  $\times$  파장 = 일정에서 물결파의 파장이 A가 B보다 짧으므로 물결파의 진동수는 A가 B보다 크다.

$\lambda$ . 물의 깊이가 같으므로 A와 B에서 물결파의 전파 속력은 같다. ㉔ ①

### 04

알짜풀이 ●  $\lambda$ . 근정전의 회상은 소리의 반사를 이용한 예이다.

오답내기 ●  $\lambda$ ,  $\lambda$ . 소리가 벽에서 반사될 때 속도, 진동수 등 소리의 어떠한 성질도 변하지 않고, 진행 방향만 변한다. ㉔ ①

### 05

알짜풀이 ●  $\lambda$ . 진폭이 클수록 큰 소리이고, 진폭이 작을수록 작은 소리이다. 따라서 (나)의 경우가 (가)의 경우보다 진폭이 크므로 (나)가 (가)보다 더 큰 소리이다.

$\lambda$ . (나)와 (다)는 파형이 같으므로 (나)와 (다)는 같은 사람이 낸 소리이다.

오답내기 ●  $\lambda$ . 진동수가 클수록 높은 소리이다. 따라서 진동수가 가장 큰 (다)의 경우가 가장 높은 소리이다. ㉔ ⑤

### 06

알짜풀이 ● (나) 자동차 후방 센서는 장애물에서 반사된 초음파를 감지하여 장애물의 유무를 알아낸다.

(라) 초음파 진단 장치는 인체 내부에서 반사된 초음파를 감지하여 영상으로 재구성한다.

오답내기 ● (가) 안경 세척기는 미세 기포를 터뜨려 이때 발생하는 에너지를 이용해 작은 이물질들을 세척한다.

(다) 마사지는 초음파의 파동 에너지를 이용하는 기기이다. ㉔ ②

### 07

알짜풀이 ●  $\lambda$ . 음파는 공기 중에서 진행할 때 공기의 진동에 의해 전달된다.

### 우공비 BOX

#### ● 보충 설명

소리는 매질을 이루는 분자의 진동에 의해 전달되므로 분자간 거리가 가까운 매질에서 더 빠르게 전달돼요. 따라서 기체 상태인 공기보다 액체 상태인 물속에서 더 빨리 전달되는 거예요.

#### ● 조신조심

같은 줄에서 진동할 때나, 온도가 같은 공기에서 소리가 전달될 때에는 소리의 전달 속력이 같지만 줄에서의 진동과 관에서의 진동을 서로 비교할 때에는 파동을 전달하는 매질이 달라 소리의 전달 속도도 달라져요.

#### ● 보충 설명

**줄에서의 정상파**  
줄의 양 끝은 진동하지 못하므로 항상 마디가 형성돼요. 따라서 줄에 나타나는 정상파는 줄 전체 길이가 반 파장의 정수배일 때만 가능해요.

○  $\lambda$ . 소리의 속력은 공기 중에서도 물속에서 더 빠르다. 따라서 B는 공기 중에서도 물속에서 더 빨리 진행한다.

오답내기 ●  $\lambda$ . A는 사람이 들을 수 있는 소리이므로 진동수가 약 20~20,000 Hz 정도이고, B는 초음파이므로 진동수가 20,000 Hz 이상이다. ㉔ ④

### 08

알짜풀이 ●  $\lambda$ . 줄의 진동에서  $L = \frac{1}{2} \lambda_{(가)} = \lambda_{(나)}$ 이다. 따라서 (가)의 파장은 (나)의 2배이다.

$\lambda$ . 한쪽 끝이 막힌 관에서  $L = \frac{1}{4} \lambda_{(다)} = \frac{3}{4} \lambda_{(라)}$ 이므로 (다)의 파장은 (라)의 3배이다. '속력 = 진동수  $\times$  파장 = 일정'이므로 파장과 진동수는 반비례한다. 따라서 (라)의 소리의 진동수는 (다)의 소리의 3배이다.

○ 오답내기 ●  $\lambda$ .  $\lambda_{(다)} = 2\lambda_{(가)}$ 이다. 그러나 줄에서 소리의 속력과 관에서 소리의 속력의 비를 알 수 없으므로 파장의 비를 알아도 진동수의 비를 알 수 없다. ㉔ ④

### 09

알짜풀이 ●  $\lambda$ . (가)의 주기는 (나)의 2배이므로 (나)의 진동수는 (가)의 2배이다. 따라서 (나)의 음은 (가)의 음보다 한 옥타브 높다.

$\lambda$ . (가)는 T 동안 1회 진동하고, (다)는 T 동안 1.5회 진동하므로 (다)의 진동수는 (가)의 진동수의 1.5배이다. 따라서 (다)의 음은 '솔'이다.

오답내기 ●  $\lambda$ . (나)에서 공기가 T 동안 2회 진동하므로 (나)의 주기는  $\frac{1}{2}T$ 이다. ㉔ ⑤

### 10

○ 알짜풀이 ●  $\lambda$ . A의 파장은  $2L$ 이고, B의 파장은  $L$ 이다. 이때 줄의 장력과 공기의 온도가 일정하므로 공기를 통해 전달되는 소리의 속력은 A, B 모두 같다. 따라서 공기 중에서 소리의 속력이  $v$ 이면 A의 진동수 =  $\frac{v}{2L}$ 이고, B의 진동수 =  $\frac{v}{L}$ 이므로 B의 진동수는 A의 2배이다.

오답내기 ●  $\lambda$ . 가야금 줄의 진동에 의해 소리가 발생하므로 가야금 줄의 진동수와 가야금에서 나는 소리의 진동수는 같다. ㉔ ③

### 11

$\lambda$ . 줄의 진동에 의해 소리가 발생한다. 이때 정상파에 의해 발생한 소리는 (나)에서가 (가)에서보다 높으므로 줄의 진동수는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

$\lambda$ . A와 B 사이의 거리가 멀어짐에 따라 소리가 높아지므로 진동수는 커지고, 파장은 길어진다. 따라서 '전파 속도 = 진동수  $\times$  파장'이므로 정상파의 전파 속도도 빨라진다. 즉, 정상파의 전파 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 느리다.

오답내기 ●  $\lambda$ . A와 B 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 짧다. 따라서 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다. ㉔ ④

12

**알짜풀이** ● ㄱ. 한쪽 끝이 막힌 관의 기본 진동수는  $f = \frac{v}{4L}$   $= \frac{v}{4L}$ 이다. 따라서 소리의 속력  $v$ 는 일정하므로 관의 길이  $L$ 이 짧을수록 진동수가 크다.

ㄷ. 팬플루트는 관 속 공기를 진동시켜 소리를 내는 악기이다. 이때 관의 위쪽 구멍에는 배가 형성되고, 막힌 아래쪽에는 마디가 형성된다.

**오답نب기** ㄴ. 소리의 속력은 공기의 온도에 의해 영향을 받으며, 관의 길이와는 관계가 없다. **답 ④**

13

**알짜풀이** ● ㄱ. 한쪽 끝이 열린 관 또는 양쪽 끝이 열린 관에서 소리가 날 때에는 관 속에 정상파가 형성된다.

ㄷ. 음 A와 B는 한 옥타브 차이가 나므로 소리의 진동수는 B가 A의 2배이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 관의 아래쪽 구멍을 막았을 때 생기는 정상파의 기본 파장은  $\lambda = 4L$ 이고, 아래쪽 구멍을 막지 않았을 때 생기는 정상파의 기본 파장은  $\lambda = 2L$ 이다. 즉, 아래쪽 구멍을 손으로 막았을 때가 막지 않았을 때보다 더 낮은 소리가 나므로 A는 아래쪽 구멍을 손으로 막았을 때, B는 아래쪽 구멍을 막지 않았을 때 나는 소리이다. **답 ③**

14

**알짜풀이** ● ㄱ. 마이크의 진동판은 소리에 의한 공기의 진동으로 진동하게 된다.

ㄴ. 마이크에서는 코일이 진동하면서 전자기 유도 현상에 의해 코일에 유도 전류가 흐른다. 즉, 마이크에서는 소리가 전기 신호로 전환된다.

ㄷ. 스피커에서는 진동판이 코일에 흐르는 전류에 의해 자석으로부터 힘을 받아 진동하기 때문에 소리가 발생하므로 전기 신호가 소리로 전환된다. **답 ⑤**

15

**알짜풀이** ● ㄱ. 자기장 속에 놓인 전류가 흐르는 코일이 자기력을 받아 진동판을 떨리게 하여 소리가 발생한다. 즉, 스피커는 전기 신호를 소리로 바꾸어 주는 장치이다.

ㄷ. (나)에서 발생한 소리의 그래프로 보아 (가)의 신호선에는 전류의 세기가 일정하지 않고 변하는 교류가 흐른다.

**오답نب기** ● ㄴ. (가)에서 영구 자석의 자기장 세기가 셀수록 진동판이 세게 흔들리므로 더 큰 소리를 들을 수 있다. **답 ④**

16

**알짜풀이** ● ㄱ. 마이크의 진동판이 떨리면 진동판과 연결된 코일을 지나는 자기력선속이 변하면서 코일에 유도 전류가 발생하고, 이것을 전자기 유도 현상이라고 한다. 이 현상은 코일에 흐르는 유도 전류가 코일의 감은 수와 자기력선속의 시간적 변화율에 비례한다는 패러데이 전자기 유도 법칙으로 설명할 수 있다.

**오답نب기** ● ㄴ, ㄷ. 스피커에서 코일에 전기 신호를 보내면 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘에 의해 진동판이 떨리는데 이 현상은 앙페르 법칙으로 설명할 수 있다. **답 ①**

●보충 설명●

옥타브

두 음 사이의 진동수의 비가 1 : 2인 음정 관계이예요.

용어 알기

한계 진동수

금속으로부터 광전자를 방출시킬 수 있는 빛의 최소 진동수이예요.

●보충 설명●

광자(광양자)

아인슈타인은 일정한 에너지의 빛 입자를 광자 또는 광양자라고 불렀어요. 광자는 에너지만 있을 뿐 질량을 가지고 있지 않아요.

09 빛

18 광전 효과와 그 이용

개념 확인 문제

●본책 149쪽

- 1 광전 효과 2 한계 진동수(문턱 진동수) 3 ㉠ 세기  
㉡ 진동수 4 태양 전지

3 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )는 광자 한 개의 에너지( $hf$ )에서 일함수( $W$ )를 뺀 값과 같으므로 빛의 세기와는 관계가 없고, 빛의 진동수에 비례한다.

4 태양 전지는 광전 효과를 이용한 장치로, p형 반도체와 n형 반도체를 사용하여 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 전환한다.

●본책 150~151쪽

문제 다지기

- 기본문제 01 ㉠ 02 ㉡ 03 A : ㄷ, B : ㄴ, C : ㄱ 04 A > B = C 05 ㉡ 06 광전 효과 07 ㉡  
실력문제 08 ㉢ 09 ㉡ 10 해설 참조 11 ㉡ 12 ㉢

01

**알짜풀이** ● 진동수가  $f$ 인 빛을 한계 진동수가  $f_0$ 인 금속판에 비추었을 때 금속판에서 광전자가 방출되지 않았으므로, 진동수  $f$ 는 한계 진동수  $f_0$ 보다 작다.

ㄱ. 금속판에서 광전자를 방출시키려면 한계 진동수  $f_0$ 보다 진동수가 더 큰 빛을 금속판에 비추어야 한다.

**오답نب기** ● ㄴ. 빛의 진동수가 한계 진동수보다 작으면 아무리 오랫동안 빛을 비추어도 광전자가 방출되지 않는다.

ㄷ. 빛의 진동수가 한계 진동수보다 작으면 아무리 센 빛이라도 광전자가 방출되지 않는다. **답 ①**

02

**알짜풀이** ● ㄴ. 광센서는 광전 효과를 이용하여 빛의 양이나 상태, 움직임 등을 감지한다.

ㄷ. 광전 효과를 통해 빛이 입자라는 것을 알 수 있다. 즉, 광전 효과는 빛의 입자성의 증거가 된다.

**오답نب기** ● ㄱ. 금속 표면에서 광전자가 방출되므로 빛의 진동수  $f$ 는 금속판의 한계 진동수  $f_0$ 보다 크다. **답 ⑤**

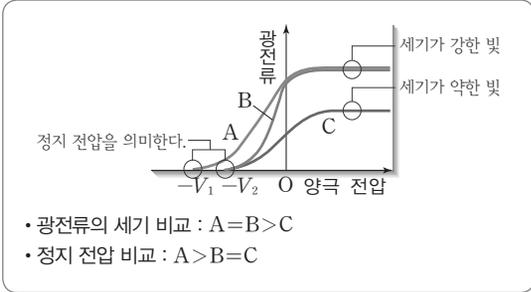
03

**알짜풀이** ● 광자가 전자와 충돌하면 광자 에너지의 일부는 전자를 금속 표면에서 떼어 내는 에너지(일함수)로 사용되고, 나머지는 광전자의 운동 에너지로 전환된다.

따라서 A는 광전자의 최대 운동 에너지(ㄷ), B는 금속의 일함수(ㄴ), C는 광자의 에너지(ㄱ)를 각각 의미한다.

**답 A : ㄷ, B : ㄴ, C : ㄱ**

04 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 정지 전압이 클수록 빛의 진동수가 크므로 빛의 진동수는  $A > B = C$ 이다. **답**  $A > B = C$

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 태양 전지는 광전 효과를 이용하여 태양 에너지를 전기 에너지로 바꾸어 주는 장치이다.

ㄷ. 도난 경보기는 광센서를 이용한 장치로, 광센서는 광전 효과를 이용하여 빛에너지를 전기 에너지로 변환한다.

**오답نب기** ● ㄴ. 액정 화면은 액정과 빛의 편광 현상을 이용한다. **답** ④

06

**알짜풀이** ● 광합성은 빛에서 에너지를 얻은 전자의 이동으로 에너지를 생성하므로 광전 효과와 유사하다. **답** 광전 효과

07

**알짜풀이** ● ㄴ, ㄷ. 태양 전지는 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 전환하며, 인공위성의 작동 전원이나 전자계산기, 태양광 발전, 태양광 주택 등에 사용된다.

**오답نب기** ● ㄱ. 태양 전지에 빛을 비추면 광전 효과에 의해 전류가 흐르게 되지만, 발광 다이오드는 순방향 전압에 의해 전류가 흐를 때 띠틈에 해당하는 만큼의 에너지가 빛의 형태로 방출된다. 즉, 태양 전지는 발광 다이오드와 유사한 구조를 가지나 에너지 전환 과정이 반대이다. **답** ④

08

**알짜풀이** ● 단색광 P를 비추었을 때 금속판 표면에서 광전자가 방출되므로 P의 진동수는 한계 진동수보다 크다.

ㄱ. 같은 진동수의 빛에 의해 단위 시간당 방출되는 광전자의 수는 빛의 세기에 비례한다. 따라서 (가)에서 단색광 P의 세기를 증가시켜 금속판에 비추면 방출되는 광전자의 개수가 증가한다.

ㄴ. 파장이 P보다 짧은 단색광은 광자 한 개의 에너지가 P보다 크므로 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 단색광 P를 비추었을 때보다 크다.

**오답نب기** ● ㄷ. 광자가 전자와 충돌하면 광자 에너지의 일부는 전자를 금속 표면에서 떼어 내는 에너지(일함수)로 사용되고, 나머지는 광전자의 운동 에너지로 전환된다. 즉, (나)에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지 = 충돌한 광자의 에너지 - 금속의 일함수이므로, 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 충돌한 광자의 에너지보다 작다. **답** ③

우공비 BOX

● **필수 자료** ● ..... **알짜풀이** ● 광전자의 최대 운동 에너지는 광자 한 개의 에너지인  $E_k = hf - W = \frac{hc}{\lambda} - W$ 이예요.

09

**알짜풀이** ● 광전자의 최대 운동 에너지는 광자 한 개의 에너지에서 일함수를 뺀 값과 같다. 따라서 실험 I에서  $2E = \frac{hc}{2\lambda} - W$ 이고, 실험 II에서  $E = \frac{hc}{3\lambda} - W$ 이므로, 이 금속의 일함수는  $W = \frac{hc}{6\lambda}$ 이다. **답** ④

10

**알짜풀이** ● 빛의 세기가 셀수록 광전류의 세기가 세고, 정지 전압이 클수록 진동수가 크다.

**모범답안** ● 단색광의 세기는 A가 B보다 세고, 단색광의 진동수는 A가 B보다 작다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 단색광의 세기 또는 진동수만 바르게 비교한 경우	50 %

11

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 광합성은 식물의 엽록체에서 빛에너지를 이용하여 이산화 탄소와 물을 포도당과 산소로 변환시키는 과정이다. 따라서 ㉠은 산소( $O_2$ )이고, ㉡은 이산화 탄소( $CO_2$ )이다.

ㄷ. 광합성은 빛에너지를 이용해 물을 분해하여 전자를 방출하므로 광전 효과와 유사한 과정이다. **답** ⑤

12

**알짜풀이** ● ㄱ. 전류의 방향은 전자의 이동 방향과 반대이다. 따라서 전자가 ㉡ 방향으로 이동하므로 전류는 ㉠ 방향으로 흐른다.

ㄷ. p형 반도체와 n형 반도체를 사용하여 빛에너지를 직접 전기 에너지로 전환하는 태양 전지의 작동 원리를 나타낸 것이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 전자는 n형 반도체 쪽으로 이동하고, 양공은 p형 반도체 쪽으로 이동하므로 A는 전자이고, B는 양공이다. **답** ③

● **보충 설명** ● 광합성은 식물의 엽록소에서 빛을 이용하여 물과 이산화 탄소를 포도당과 산소로 전환시키는 화학 반응이예요.

● **보충 설명** ● ..... **반도체**  
p형 반도체에서는 (+)전하를 띤 양공이 전하를 운반하는 역할을 하고, n형 반도체에서는 (-)전하를 띤 전자가 전하를 운반하는 역할을 해요.

쉽게쉽게

광자 한 개의 에너지는  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 파장이 P보다 짧은 단색광은 광자 한 개의 에너지가 P보다 큰 거예요.

19 ㉠ 색채 인식과 영상 장치

★ 개념 확인 문제 ● 본책 153쪽

1 자홍색 2 ㉠ 막대 ㉡ 원뿔 3 (1) × (2) ○

1 빨간색과 파란색 빛을 합성하면 자홍색 빛이 만들어진다.

2 시각 세포는 빛을 감지하는 세포로, 막대 세포와 원뿔 세포가 있다. 막대 세포는 명암을 구별하고, 원뿔 세포는 색을 구별한다.

3 (1) 화면의 색을 구현하는 최소 단위를 화소(pixel)라고 한다.

**{ 문제 다지기 }** ●본책 154~155쪽

**기본문제** 01 ④    02 ④    03 ③    04 노란색  
 05 ①    06 ⑤

**실력문제** 07 ②    08 ①    09 ②    10 해설 참조  
 11 ④

**우공비 BOX**

**01**

**알짜풀이** ● ④ 원뿔 세포는 원뿔 모양의 시각 세포로, 주로 물체의 형태와 색을 구별한다. 막대 세포는 막대 모양의 시각 세포로, 주로 물체의 형태와 명암을 구별한다.

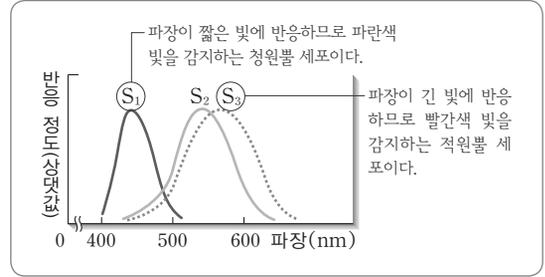
**오답넘기** ● ① 빛은 합성할수록 우리 눈에 들어오는 빛의 양이 증가하므로 더 밝아진다.  
 ② 빛은 파장이 짧을수록 파란색 빛으로 보이고, 파장이 길수록 빨간색 빛으로 보인다.  
 ③ 빛의 3원색은 빨간색, 초록색, 파란색이다.  
 ⑤ 원뿔 세포에는 빨간색 빛에 크게 반응하는 적원뿔 세포, 초록색 빛에 크게 반응하는 녹원뿔 세포, 파란색 빛에 크게 반응하는 청원뿔 세포가 있다. **답 ④**

●필수 자료●  
**원뿔 세포와 막대 세포**  
 • 원뿔 세포 : 물체의 형태와 색을 구별해요.  
 • 막대 세포 : 물체의 형태와 명암을 구별해요.

**02**

**알짜풀이** ● A에는 빨간색과 초록색 빛의 합성색인 노란색이 나타난다. B에서는 흰 종이와 빨간색, 파란색, 초록색 빛을 모두 반사하고, C에서는 흰 종이와 빨간색과 파란색 빛을 반사하므로 자홍색으로 보인다. **답 ④**

**03 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● ㄱ. S<sub>1</sub>은 파란색을 감지하는 청원뿔 세포, S<sub>2</sub>는 초록색을 감지하는 녹원뿔 세포, S<sub>3</sub>은 빨간색을 감지하는 적원뿔 세포이다.  
 ㄴ. 파란색 빛의 파장은 455~492 nm이다. 따라서 파란색 빛에서 가장 크게 반응하는 세포는 S<sub>1</sub>이다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 노란색 빛은 초록색과 빨간색 빛이 합성된 빛이므로, 눈에 들어오면 S<sub>2</sub>와 S<sub>3</sub>이 반응한다. **답 ③**

**04**

**알짜풀이** ● 빨강(R)과 초록(G)이 켜져 있고, 파랑(B)이 꺼져 있다. 이때 빨간색과 초록색 빛의 세기가 같으므로 노란색이 만들어진다. **답 노란색**

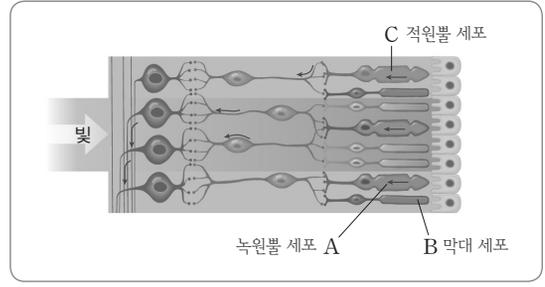
**05**

**알짜풀이** ● 빨강, 초록, 파랑의 밝기가 모두 255이면 흰색이 만들어진다. **답 ①**

**06**

**알짜풀이** ● ㄴ. A, B, C가 모두 꺼지면 우리 눈에 들어오는 빛이 없으므로 화면에는 검은색이 나타난다.  
 ㄷ. 노란색 화면을 볼 때 반응 정도가 가장 큰 세포는 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포이다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 노란색은 빨간색과 초록색 빛이 합성된 색이므로 빨강, 초록, 파랑 세 묶음 중 빨간색과 초록색 빛은 켜져 있고, 파란색 빛은 꺼져 있어야 한다. 따라서 C는 파란색이다. **답 ⑤**

**07 | 자료 분석하기 |**

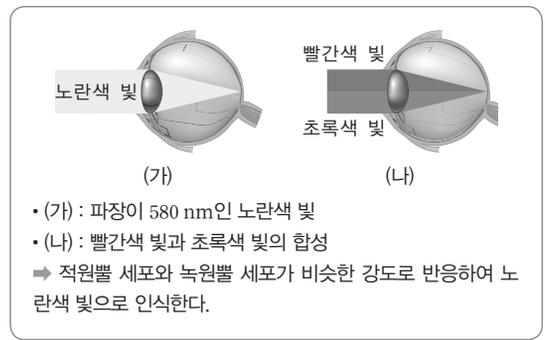


**알짜풀이** ● ㄴ. B는 막대 세포로, 물체의 형태와 명암을 구별한다.  
**오답넘기** ● ㄱ. A는 초록색을 감지하는 녹원뿔 세포이다.  
 ㄷ. A는 녹원뿔 세포이고, C는 적원뿔 세포이다. 원뿔 세포는 함께 반응하여 여러 가지 색의 빛을 인식한다. **답 ②**

**08**

**알짜풀이** ● ㄴ. S<sub>1</sub>은 청원뿔 세포, S<sub>2</sub>는 녹원뿔 세포, S<sub>3</sub>은 적원뿔 세포이다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 파장이 622~780 nm인 빨간색 빛에 반응하는 정도가 가장 큰 세포는 S<sub>3</sub>(적원뿔 세포)이다.  
 ㄷ. 파장이 580 nm인 빛이 눈에 들어오면 S<sub>2</sub>와 S<sub>3</sub>이 모두 반응한다. **답 ①**

**09 | 자료 분석하기 |**



**알짜풀이** ● 파장이 580 nm인 노란색 빛이나 빨간색과 초록색 빛이 합성되어 노란색으로 보이는 빛은 모두 적원뿔 세포와 녹원뿔 세포가 동시에 반응하여 노란색임을 인식하므로 사람이 서로 구분할 수 없다. **답 ②**

**10**

**모범답안** ● 세 가지 색의 상대적인 밝기를 달리 하면 거의 모든 색을 표현할 수 있기 때문이다.

●조심조심●  
 노란색에만 반응하는 원뿔 세포가 따로 있지 않아요.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 세 가지 색으로 모든 색을 표현할 수 있기 때문이라고만 설명한 경우	50 %

### 11

**알짜풀이** ● ㄱ. 노랑은 빨간색과 초록색 광원이 켜져 있고 파란색 광원이 꺼져 있다. 자홍은 빨간색과 파란색 광원이 켜져 있고, 초록색 광원이 꺼져 있다. 따라서 A는 빨강, B는 초록, C는 파랑이다.

ㄷ. 영상 장치에서는 빛의 3원색인 빨강(A), 초록(B), 파랑(C)의 상대적인 세기에 따라 여러 가지 색이 구현된다.

**오답نب기** ● ㄷ. 주황은 빨간색과 초록색 빛의 세기가 2 : 1의 비율로 켜져 있을 때 만들어진다. 즉, A와 B를 2 : 1의 세기로 켜면 주황이 나타난다. **답 ④**

우공비

### 비법 특강

● 본책 156~157쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ④ 4 ②

### 1

**알짜풀이** ● ㄴ.  $E_k = eV_0 = hf - W$ 이고,  $f = \frac{c}{\lambda}$ 이므로 정지 전압이 작을수록 파장이 길다. 따라서 A의 파장이 B의 파장보다 길다.

ㄷ.  $E_k = eV_0$ 이므로 정지 전압이 클수록 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

**오답نب기** ㄱ.  $E_k = eV_0 = hf - W$ 에서 진동수가 같은 빛이면 정지 전압이 같다. A와 B는 x축 절편이 다르므로 진동수가 다르다. **답 ⑤**

### 2

**알짜풀이** ● ㄱ. 직선의 기울기는 플랑크 상수  $h$ 와 같으므로  $h = \frac{W}{f_0}$ 에서 이 금속의 일함수  $W = hf_0$ 이다.

ㄴ. 이 금속판에 진동수가  $2f_0$ 인 단색광을 비추면 금속판으로부터 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = hf - W = 2hf_0 - hf_0 = hf_0 = W$ 이다.

**오답نب기** ㄷ. 이 금속판에 진동수가  $2f_0$ 인 단색광을 비추면 금속판으로부터 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = 2hf - W$ 이다. 이때 그래프로부터  $E = hf - W$ 의 관계가 성립하기 때문에  $2hf - W = E + hf = 2E + W$ 와 같다. **답 ③**

### 3

**알짜풀이** ● ㄱ. 원뿔 세포는 망막에 분포한다.

ㄴ.  $S_1$ 은 파란색 빛에,  $S_2$ 는 초록색 빛에,  $S_3$ 은 빨간색 빛에 민감하게 반응한다. 따라서 (가)에서 노란색 빛에 반응하는 세포는 (나)의  $S_2, S_3$ 이다.

**오답نب기** ● ㄷ. (가)에서 두 빛 a와 b가 눈에 들어와 노란색으로 인식이 되므로 두 빛은 빨간색과 초록색 빛이다. **답 ④**

### 우공비 BOX

#### 쉽게쉽게

빛의 3원색인 빨강, 초록, 파랑의 세기를 조절하여 합성하면 모든 색의 빛을 만들 수 있어요.

### 4

**알짜풀이** ● A는 자홍색, B는 노란색, C는 청록색, D는 흰색 빛이 만들어진다.

ㄴ. 노란색은 빨간색과 초록색 빛이 합성된 빛이므로 노란색 빛(B)에는 적외선 세포와 녹외선 세포가 반응한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 자홍색(A)은 빨간색과 파란색 빛이 합성된 빛이고, 청록색(C)은 파란색과 초록색 빛이 합성된 빛이므로, 자홍색과 청록색 빛이 들어오면 청외선 세포가 반응한다.

ㄷ. 흰색은 빨간색, 초록색, 파란색 빛이 합성된 빛이므로 빨간색, 초록색, 파란색 빛을 인식하는 원뿔 세포가 모두 반응한다. 즉, 흰색 빛(D)에는 모든 원뿔 세포가 반응한다. **답 ②**

수능문제

### 실력 굳히기

● 본책 158~161쪽

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

### 01

**알짜풀이** ● ㄱ. 진동수가  $f_A$ 인 빛을 금속판에 비추면 광전자가 방출되므로  $f_A$ 는 한계 진동수보다 크다. 반면 진동수가  $f_B$ 인 빛을 금속판에 비추면 광전자가 방출되지 않으므로  $f_B$ 는 한계 진동수보다 작다. 즉,  $f_A > \text{한계 진동수} > f_B$ 이므로 진동수는  $f_A$ 가  $f_B$ 보다 크다.

**오답نب기** ● ㄴ. 광전 효과는 빛이 입자라는 것을 증명하는 현상이다.

ㄷ. 진동수가  $f_B$ 인 빛은 한계 진동수보다 작기 때문에 빛의 세기를 증가시켜도 금속판에서 광전자가 방출되지 않는다. **답 ①**

### 02

**알짜풀이** ● ㄱ. 광전자가 방출되기 위해서는 빛의 진동수가 한계 진동수보다 커야 한다. 따라서 A의 진동수는 한계 진동수보다 크고 B의 진동수는 한계 진동수보다 작으므로, 진동수는 A가 B보다 크다.

ㄴ. 빛의 진동수가 한계 진동수보다 크면 빛의 세기가 클수록 방출되는 광전자의 개수가 많아진다. 따라서 A의 세기가 클수록 방출되는 광전자의 개수가 많다.

ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = hf - hf_0$ 이다. 따라서 빛의 진동수( $f$ )가 클수록 광자의 에너지( $hf$ )가 크므로 방출되는 광전자의 운동 에너지도 크다. **답 ⑤**

### 03

**알짜풀이** ● ㄱ. 전등 B를 비추었을 때 금속박이 벌어진 것은 금속판에서 전자가 튀어나왔음을 의미하므로, 전등 B의 빛이 전등 A의 빛보다 진동수가 크다. 따라서 전등 B의 빛이 전등 A의 빛보다 파장이 짧다.

ㄷ. (나)의 경우 전등 B를 비춘 후, 금속판에서 광전자가 튀어나왔으므로 검전기의 금속판은 (+)전하를 띠게 된다.

#### 필수 자료

최대 운동 에너지 - 진동수 그래프

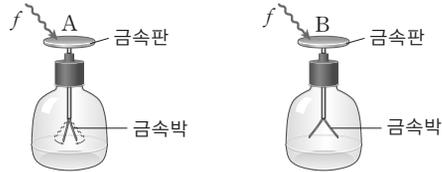
- 최대 운동 에너지 축의 절편은 금속의 일함수  $W$ 와 같아요.
- 진동수 축의 절편은 한계 진동수  $f_0$ 이에요.

#### 보충 설명

$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 진동수가 클수록 파장은 짧아요.

**오답내기** ㄴ. 진동수가 금속판의 한계 진동수보다 작으면 빛의 세기를 증가시켜도 광전 효과가 일어나지 않는다. ㉔ ④

**04 | 자료 분석하기 |**



금속박이 오므라든다. → 전자가 방출되었다. →  $f$ 는 검전기 A의 금속판의 한계 진동수보다 크다.

금속박이 오므라들지 않았다. → 전자가 방출되지 않았다. →  $f$ 는 검전기 B의 금속판의 한계 진동수보다 작다.

**알짜풀이** ● ㄱ. 진동수가  $f$ 인 빛을 검전기 A와 B의 금속판에 각각 비추었을 때 광전자가 A에서만 방출되고, B에서는 방출되지 않았으므로 금속판의 일함수는 A가 B보다 작다.

**오답내기** ● ㄴ. 빛의 진동수가 한계 진동수보다 작으면 아무리 빛의 세기를 증가시켜도 광전자는 방출되지 않는다. 따라서 진동수가  $f$ 인 빛의 세기를 증가시켜도 검전기 B의 금속박은 오므라들지 않는다.

ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 광자 한 개의 에너지에서 금속의 일함수를 빼 준 값과 같다. 따라서 진동수가  $2f$ 인 빛을 비추면 A에서 방출되는 광전자의 운동 에너지는 증가한다. ㉔ ①

**05**

**알짜풀이** ● ㄷ. 금속의 일함수는 금속의 종류에 따라 달라지는데 이 실험에서는 금속의 종류가 동일하므로 금속의 일함수는 실험 I, II, III에서 모두 같다.

**오답내기** ㄱ. 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와는 무관하고 빛의 파장에 따라 달라진다. 실험 I과 II는 파장이 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지도  $2E$ 로 같다. 실험 III은 실험 I에 비해서 파장이 2배이므로 광전자의 최대 운동 에너지는  $E_k = \frac{hc}{2\lambda} - W$ 이다.

ㄴ. 단위 시간당 방출되는 광전자의 개수, 즉 광전류의 세기는 빛의 세기에 비례한다. 따라서 빛의 세기는 실험 I이 실험 III의 2배이므로 단위 시간당 방출되는 광전자의 개수는 실험 I에서가 실험 III에서보다 많다. ㉔ ③

**06**

**알짜풀이** ● ㄱ. 빛에 의해 전류가 흐르는 현상이므로 일종의 광전 효과라고 할 수 있다.

ㄷ. 광다이오드는 광센서의 일종이다. 광센서는 디지털카메라, 스캐너, 로봇, 화재 탐지기, 자동차, 도난 경보기 등 다양한 곳에 이용된다.

**오답내기** ● ㄴ. 광전 효과는 빛을 비추면 광전자가 방출되어 전류가 흐르는 현상으로, 빛의 입자성에 의해 일어나는 현상이므로 음파로 대신할 수 없다. ㉔ ⑤

**우공비 BOX**

**필수 자료** ● 광자 한 개의 에너지는  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이므로 파장이  $\lambda_0$ 보다 긴 광자 한 개의 에너지는  $E_g$ 보다 작아요.

**쉽게쉽게** ● 금속판 A와 금속판 B는 종류가 다르므로 일함수의 크기가 달라요.

**보충 설명** ● 실험 I과 실험 II는 파장이 서로 같고, 빛의 세기만 다르므로 광전자의 최대 운동 에너지는 서로 같고, 방출되는 광전자의 개수만 달라져요.

**필수 자료** ● 빨간색(a)에서 나오는 빛의 세기가 초록색(b)에서 나오는 빛의 세기의 2배이면 주황색이 만들어져요.

**보충 설명** ● 광다이오드는 광센서의 일종으로, p-n 접합부에 빛을 비추면 광전 효과에 의해 전류가 흘러요.

**07**

**알짜풀이** ● ㄱ. 광다이오드에 전류가 흐르기 위해서는 입사되는 광자 한 개의 에너지가  $E_g$ 보다 커야 한다. 파장이  $\lambda_0$ 보다 긴 빛을 비추었을 때 전류가 흐르지 않으므로 파장이  $\lambda_0$ 보다 긴 광자 한 개의 에너지는  $E_g$ 보다 작다.

ㄴ. 파란색 빛의 파장(480 nm)이  $\lambda_0$ 보다 짧으므로 파란색 빛을 비추면 광다이오드에 전류가 흐른다. 즉, (나)에서 파랑 발광 다이오드에 흐르는 전류를 증가시키면 빛의 세기가 증가하여 광전자가 많이 방출되므로 전류계에 흐르는 전류도 증가한다.

**오답내기** ● ㄷ. 빨간색 빛의 파장은 665 nm이므로 빨간색 빛만 광다이오드에 비추면 전류가 흐르지 않는다. 반면 초록색 빛의 파장은 525 nm이므로 초록색 빛만 광다이오드에 비추면 전류가 흐른다. 따라서 빨강과 초록 발광 다이오드로 노란색 빛을 만들어 광다이오드에 비추면 전류계에 전류가 흐른다. ㉔ ④

**08**

**알짜풀이** ● (가)는 광전 효과이다. ㄱ. 광전 효과는 빛이 파동이 아니라 입자라는 것을 증명하는 현상이다.

**오답내기** ● ㄴ. 광전 효과는 금속판에 특정 진동수보다 큰 진동수를 가진 빛을 비추어야 나타나는 현상이다.

ㄷ. 전자가 방출될 때 빛의 세기가 클수록 방출되는 전자의 개수가 증가한다. ㉔ ①

**09**

**알짜풀이** ● ㄱ. 광합성은 식물의 엽록체에서 태양의 빛에너지를 이용하여 이산화 탄소와 물을 포도당과 산소로 변환시키는 과정이다. 즉, (가)에서는 태양 에너지가 화학 에너지로 전환된다.

ㄷ. 빛에서 에너지를 얻은 전자의 이동으로 에너지를 생성하므로 광합성은 광전 효과와 유사한 과정이다. 태양 전지는 광전 효과를 이용하여 태양 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 즉, (가)와 (나)는 모두 광전 효과 현상과 관련이 있다.

**오답내기** ● ㄴ. (나)에서 전자가 A쪽으로 이동하고 양공이 B쪽으로 이동하므로, A는 n형 반도체이고 B는 p형 반도체이다. ㉔ ④

**10**

**알짜풀이** ● ㄱ. 적외선 세포와 녹원뿔 세포가 반응하면 노란색으로 인식하게 되므로 (가)와 (나)에서 적외선 세포와 녹원뿔 세포가 모두 반응한다.

**오답내기** ● ㄴ. (나)에서 합성된 빛이 노란색이므로 a와 b는 빨간색과 초록색 빛이 나오는 영상 장치이다. a에서 나오는 빛의 파장이 b보다 더 길므로, a는 빨간색, b는 초록색 영상 장치이다. 따라서 c는 파란색 빛이 나오는 영상 장치이다.

ㄷ. 빨간색(a)에서 나오는 빛의 세기와 초록색(b)에서 나오는 빛의 세기가 같아야 노란색 빛이 만들어진다. ㉔ ①

10 정보의 전달과 저장

20 광 전자기파의 발생과 수신

개념 확인 문제 ● 본책 164쪽

- 1 전자기파 2 (1) 적외선 (2) 전파(라디오파) (3) X선  
3 안테나 4 (1) 변조 (2) 복조 (3) ㉠ 큰 ㉡ 작은 ㉢ 커

3 안테나는 전자기파를 송신하거나 수신하는 데 사용하는 장치로, 회로의 전기 에너지를 전파로 변환시키거나 전파를 회로의 전기 에너지로 변환시키는 역할을 한다.

4 (1), (2) 변조는 전기 신호를 일정한 주파수로 만든 교류 신호에 첨가하는 과정이고, 복조는 수신된 전파에서 교류 신호를 제거하고 원래의 전기 신호를 분리해 내는 과정이다.

● 본책 165~167쪽

**문제 다지기**

기/본/문/제 01 ㉠ 02 ㉡ 03 (1) a (2) ㉡ 04 ㉡  
05 ㉠ 06 ㉣  
실/력/문/제 07 ㉡ 08 ㉠ 09 ㉢ 10 해설 참조  
11 ㉤ 12 ㉣ 13 ㉢ 14 ㉤ 15 ㉢

01  
알짜풀이 ● ㉢ 파장이 짧을수록 진동수가 크므로 전자기파의 에너지가 크다.

오답넘기 ● ① 전기장과 자기장의 위상이 같으므로 전기장이 강하면 자기장도 강하다.  
② 전자기파는 매질이 없는 진공 속에서도 전달된다.  
④ 전기장과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이다.

⑤ 전자기파가 진공에서 물질 내로 들어가면 진공에서보다 속력이 느려진다. 따라서 물질 내에서 전자기파의 속력은 약  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 보다 느리다. ㉢ ㉢

02  
알짜풀이 ● A는  $\gamma$ (감마)선, B는 자외선, C는 적외선, D는 마이크로파, E는 라디오파이다.

② B(자외선)는 미생물을 파괴할 수 있어 식기 소독기에 이용되고, 형광 물질에 흡수되면 가시광선을 방출하므로 위조 지폐 감별에 이용된다.

오답넘기 ● ① A( $\gamma$ 선)는 투과력이 강하고 에너지가 커서 암 치료에 이용된다.

③ C(적외선)는 열을 가진 물질에서 방출되며, 리모컨 등에 이용된다.

④ 특정 파장의 D(마이크로파)는 물에 흡수되어 열을 발생 시키므로 전자레인지에 이용된다.

⑤ E(라디오파)는 회절이 잘 일어나므로 라디로나 휴대 전화 등의 무선 통신에 이용된다. ㉢ ㉡

11

알짜풀이 ● ㄱ. 시각 세포에는 막대 세포와 원뿔 세포가 있는데, 막대 세포는 물체의 형태와 빛의 명암을 구별하며, 원뿔 세포는 물체의 형태와 빛의 색을 구별한다.

ㄴ. 수정체는 빛을 굴절시켜 망막에 상을 맺게 하는 역할을 한다.

오답넘기 ● ㄷ. 원뿔 세포에 이상이 생기면 색을 구분하지 못하는 색맹이 되고, 막대 세포에 이상이 생기면 어두운 곳에서 물체를 잘 보지 못하는 야맹증이 나타난다. ㉢ ㉢

12

알짜풀이 ● 세 종류의 원뿔 세포는 민감한 영역이 다른 색깔에도 반응한다. ㉢ ㉢

13

알짜풀이 ● ㄱ. 노란색은 빨간색과 초록색 빛이 합성되어 만들어지는 색이다. 따라서 c를 꺼도 바나나가 노란색으로 보였으므로 c는 파란색이다.

ㄷ. 바나나는 빨간색과 초록색 빛을 반사하여 노란색으로 보인다. 따라서 바나나에 초록색 광원인 b의 빛만 비추면 초록색 빛만 반사하므로 바나나는 초록색으로 보인다.

오답넘기 ● ㄴ. 파장은 a가 b보다 길다. 따라서 a는 빨간색, b는 초록색 광원이므로 원뿔 세포 중 a의 빛에 반응하는 정도가 가장 큰 세포는 S<sub>3</sub>이다. ㉢ ㉣

14

알짜풀이 ● ㄱ. 빨간색은 빛의 3원색 중 파장이 가장 길다. 따라서 빨간색에 반응하는 정도가 가장 큰 세포는 파장이 긴 빛에 크게 반응하는 S<sub>3</sub>이다.

ㄴ. 화면에 노란색이 표현되려면 빨간색과 초록색은 켜지고 파란색은 꺼져야 한다. 따라서 C는 파란색이다.

오답넘기 ● ㄷ. 노란색 빛은 빨간색과 초록색 빛이 합성된 것이다. 따라서 눈이 노란색 화면을 볼 때 반응하는 정도가 가장 큰 세포는 S<sub>2</sub>와 S<sub>3</sub>이다. ㉢ ㉢

15

알짜풀이 ● ㄱ. CCD는 우리 눈의 망막과 같은 역할을 하는 장치로, CCD는 빛의 세기를 감지한다.

ㄴ. CCD는 광센서가 모인 것으로, CCD에 빛이 들어오면 빛의 세기에 따라 전기 신호로 변환되어 저장된다. 즉, 빛 신호를 전기 신호로 바꾸어 준다.

ㄷ. 백색광을 비추면 색필터에서 세 가지 색으로 분리되어 통과하므로 신호가 발생된다. ㉢ ㉤

16

알짜풀이 ● ㄴ. 전광판에서는 빛의 3원색의 세 가지 발광 다이오드(LED)의 색을 합성하여 다양한 색채를 만들어 낸다.

오답넘기 ㄱ. 화소수가 많을수록 해상도가 높고 화면이 선명해진다.

ㄷ. 노란색 부분은 화소의 빨간색과 초록색 빛이 거의 같은 세기로 켜질 때 나타나며, 주황색은 빨간색 빛의 세기가 초록색 빛의 2배의 세기로 켜질 때 나타난다. ㉢ ㉡

쉽게쉽게

원뿔 세포에 이상이 생기면 색맹이나 색약이 되고, 막대 세포에 이상이 생기면 야맹증이 나타나요.

보충 설명

물체의 색은 물체가 반사하는 빛의 색으로 보여요. 예를 들어 물체가 빨간색과 초록색 빛을 반사하면 물체는 노란색으로 보여요.

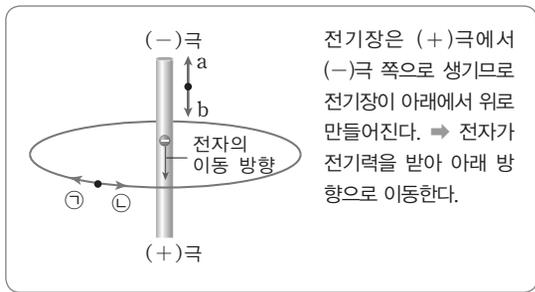
보충 설명

영상 장치에서 노란색을 구현하는 원리  
빨간색과 초록색 빛은 켜져 있고, 파란색 빛은 꺼져 있어야 해요. 이때 빨간색 빛과 초록색 빛의 세기는 같아요.

쉽게쉽게

진공에서 전자기파의 속력은 파장이나 진동수에 관계 없이 일정하지만, 매질 속에서는 느려져요.

03 | 자료 분석하기 |

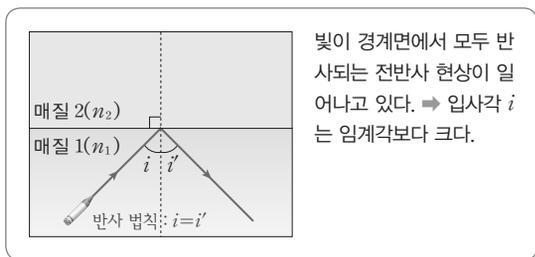


**알짜풀이** ● (1) 전자가 아래 방향으로 이동하므로 도선에 흐르는 전류의 방향은 a 방향이다.  
 (2) 도선에 흐르는 전류의 방향이 a 방향이므로 앙페르 법칙에 의해 도선 주위에 생기는 자기장의 방향은 ㉠ 방향이다.  
 ㉠ (1) a (2) ㉠

04

**알짜풀이** ● ② A에서 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 주파수를 바꾸고 있으므로 FM 방송이 수신되는 과정이다.  
**오답넘기** ● ①, ⑤ A는 전기 신호를 일정한 주파수로 만든 교류 신호에 첨가하는 변조 과정이고, B는 변조된 신호에서 교류 신호를 제거하고 원래의 전기 신호를 분리해 내는 복조 과정이다.  
 ③ 송신 안테나는 회로의 전기 에너지를 전파로 변환하고, 수신 안테나는 전파를 회로의 전기 에너지로 변환한다.  
 ④ 증폭기는 작은 전기 신호의 전압이나 전류를 크게 만드는 장치이고, 교류 신호를 발생시키는 장치는 발진기이다.  
 ㉠ ②

05 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄴ. 반사 법칙에 의해 입사각  $i$ 와 반사각  $i'$ 의 크기는 항상 같다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 전반사가 일어났으므로 빛의 입사각( $i$ )은 임계각보다 크다.  
 ㄷ. 전반사 현상이 일어나고 있으므로 매질 1의 굴절률은 매질 2의 굴절률보다 크다.  
 ㉠ ①

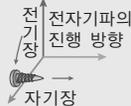
06

**알짜풀이** ● ④ 광통신은 많은 양의 정보를 동시에 교환할 수 있다.  
**오답넘기** ● ①, ② 광통신은 빛 신호가 외부로 빠져나가지 않으므로 도청이 어렵고, 먼 거리를 보내더라도 전반사에 의해 빛의 세기가 크게 감소하지 않으므로 주로 원거리 통신에 이용된다.  
 ③, ⑤ 광통신은 빛을 이용하여 정보를 주고받는 통신 방식

우공비 BOX

필수 자료

전자기파의 진행 방향



전기장 방향에서 자기장 방향으로 오른나사를 돌릴 때 나사의 진행 방향이 전자기파의 진행 방향이예요.

조심조심

전기장 내에서 (-)전하가 받는 힘은 전기장의 방향과 반대 방향이예요.

보충 설명

- 가시광선보다 파장이 긴 전자기파는 적외선이고, 파장이 짧은 전자기파는 자외선이에요.
- 가시광선보다 진동수가 큰 전자기파는 자외선이고, 진동수가 작은 전자기파는 적외선이에요.

보충 설명

- 입사각 : 입사 광선과 법선이 이루는 각
- 반사각 : 반사 광선과 법선이 이루는 각

으로, 외부 신호의 영향을 받지 않아 전파에 의한 간섭이나 혼선이 없다. ㉠ ④

07

**알짜풀이** ● ② 전기장 방향에서 자기장 방향으로 오른나사를 돌릴 때 나사의 진행 방향이 전자기파의 진행 방향이다. 따라서 자기장이  $x$ 축 방향으로, 전기장이  $z$ 축 방향으로 진동한다면 전자기파의 진행 방향은  $+y$  방향이다.  
**오답넘기** ● ① 파장은 골에서 이웃한 골 또는 마루에서 이웃한 마루 사이의 거리이므로  $a$ 는 전자기파의 반 파장이다.  
 ③ 전기장이 강하면 자기장도 강하다. 즉, 전기장과 자기장은 서로 같은 위상으로 진동한다.  
 ④ 전기장의 진동 방향과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이다.  
 ⑤ 진공 속에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 약  $3 \times 10^8$  m/s이다. ㉠ ②

08

**알짜풀이** ● 특정 파장의 마이크로파는 물에 흡수되어 열을 발생시키므로 전자레인지에 이용된다. 즉, A 영역의 전자기파는 마이크로파이다.  
 ㄴ. 마이크로파는 전기장과 자기장의 진동으로 전파되는 전자기파의 한 종류이다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 작은 미생물을 살균할 때 이용되는 전자기파는 적외선이다.  
 ㄷ. ' $c=f\lambda$ =일정'에서 진동수가 작을수록 파장이 길다. 따라서 마이크로파는 X선보다 파장이 길다. ㉠ ①

09

**알짜풀이** ● ③ C는 가시광선보다 파장이 긴 적외선으로, 열을 가진 물체에서 방출되는 전자기파이다.  
**오답넘기** ● ① A는 X선보다 파장이 짧으므로  $\gamma$ (감마)선이다.  $\gamma$ (감마)선은 투과력이 매우 강하고 에너지가 크다.  
 ② B는 X선보다 파장이 길고, 가시광선보다 파장이 짧으므로 자외선이다. 자외선은 가시광선보다 에너지가 커서 사람의 피부를 검게 만든다. 또 형광 물질에 흡수되면 가시광선을 방출한다.  
 ④ D는 마이크로파이다. 마이크로파는 직진성이 강하고, 전리층을 통과한다.  
 ⑤ E는 라디오파로, 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. ㉠ ③

10

**모범답안** ● 축전기에 교류가 흐르면 충전된 전하량이 계속 변하여 극판 사이에 진동하는 전기장과 자기장이 유도되어 전자기파가 발생한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 축전기에 교류가 흐르면 극판 사이에 전기장과 자기장이 유도되기 때문이라고만 설명한 경우	50 %

11

**알짜풀이** ● ⑤ 전자기파가 진행하는 동안 전기장의 세기와

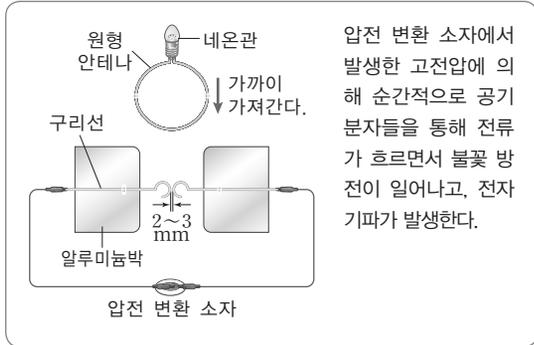
방향이 주기적으로 바뀌므로 안테나 속 전자의 운동 방향도 전기장의 방향에 따라 계속 바뀐다.

**오답보기** ● ① (가)는 전기장과 수직으로 진동하는 자기장이다.

②, ③ 안테나 속 전자는 전기장의 반대 방향으로 전기력을 받으므로 D 방향으로 이동한다.

④ 전파가 진행하는 동안 전기장의 방향이 계속 변해 안테나 속 전자들이 위아래로 진동 운동하므로 안테나에는 교류가 흐른다. **답** ⑤

## 12 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나. 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나면 전기장의 변화가 생기고, 이에 따라 자기장이 변하면서 전자기파가 발생한다.

다. 전자기파가 원형 안테나를 통과하면 원형 안테나에 전류가 유도되어 네온관에 불이 들어온다.

**오답보기** ● 가. 구리선 사이에서 전자기파가 발생하므로 구리선은 송신 안테나 역할을 한다. **답** ④

## 13

**알짜풀이** ● 가, 다. 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 진폭을 바꾸는 과정, 즉 AM 변조이다. 따라서 AM 라디오 방송에서 볼 수 있는 과정이다.

**오답보기** ● 나. 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 주파수를 바꾸는 과정은 FM 변조이다. FM 변조는 FM 라디오 방송에서 볼 수 있는 과정이다. **답** ③

## 14

**알짜풀이** ● 가, 다. 광통신에 이용되는 광섬유의 구조를 나타낸 것으로, 중심의 코어(B) 주변을 클래딩(A)이 감싸고 있다.

나. 전반사가 일어나기 위해서는 코어(B)의 굴절률이 클래딩(A)의 굴절률보다 커야 한다. **답** ⑤

## 15

**알짜풀이** ● 가. A는 0과 1로 나타내는 디지털 신호를 빛 신호로 바꾸어 주는 발광 소자로, 주로 발광 다이오드나 레이저를 이용한다.

다. 광섬유 내부의 코어로 입사한 빛은 전반사하면서 코어를 따라 진행한다.

**오답보기** ● 나. B는 수신된 빛 신호를 디지털 신호로 변환하는 광검출기이다. **답** ③

## 21 ㉠ 전기 신호의 조절

### 개념 확인 문제

● 본책 169쪽

1 (1) ㉠ 비례 ㉡ 반비례 (2) ㉠ 작을 ㉡ 작을 (3) ㉠ 클 ㉡ 클 2 (가) A (나) A

1 (2) 교류의 진동수가 작을수록, 전기 용량이 작을수록 교류 회로에서 축전기에 의한 저항 효과는 커진다.  
(3) 교류의 진동수가 클수록, 자체 유도 계수가 클수록 교류 회로에서 코일의 저항 효과는 커진다.

### 문제 다지기

● 본책 170~171쪽

기/본 문제 01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 밝아진다.  
05 ④ 06 ③  
실/력 문제 07 ③ 08 ⑤ 09 ① 10 ⑤ 11 해설 참조

## 01

**알짜풀이** ● 축전기의 전기 용량(C)은 두 금속판의 면적(S)에 비례하고, 두 금속판 사이의 거리(d)에 반비례한다. 즉,  $C \propto \frac{S}{d}$ 이다.  
(가)의 전기 용량  $\propto \frac{S}{d}$ , (나)의 전기 용량  $\propto \frac{2S}{d}$ , (다)의 전기 용량  $\propto \frac{4S}{d}$ 이다. **답** ⑤

## 02

**알짜풀이** ● 나. 교류 전원의 진동수가 클수록 코일에 흐르는 전류의 방향이 빠르게 바뀌기 때문에 자기장이 빠르게 변한다. 따라서 코일에 큰 유도 기전력이 발생하여 전류의 흐름을 더 많이 방해한다. 즉, 코일의 저항 효과가 커져서 회로에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

**오답보기** ● 가. 교류 전원의 진동수는 전류의 세기에 영향을 주지 않는다.

다. 교류 전원의 진동수가 크면 전하의 충전과 방전이 빠르게 반복되어 축전기를 적게 충전시키므로 전하들 사이에 작용하는 척력이 작다. 따라서 전하가 축전기로 쉽게 이동하므로 교류 전원의 진동수가 커질수록 전류의 세기에는 거의 영향을 주지 않는다. **답** ②

## 03

**알짜풀이** ● 교류 전원의 진동수가 클수록 축전기의 저항 효과가 작아지기 때문에 회로에 흐르는 전류의 세기는 증가한다. **답** ③

## 04

**알짜풀이** ● 교류 전원의 진동수가 작아지면 코일의 저항 효과가 작아지기 때문에 회로에 흐르는 전류의 세기가 증가한다. 따라서 전구의 밝기는 밝아진다. **답** 밝아진다.

● **보충 설명** ● 축전기에 저장된 전하의 양은 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기에 걸리는 전압에 비례하므로 (가) < (나) < (다)이요.

● **필수 자료** ● 축전기의 저항 효과(용량 리액턴스) 교류 전원의 진동수가 작을수록, 축전기의 전기 용량이 작을수록 축전기의 저항 효과는 커져요.

● **필수 자료** ● 전반사가 일어날 조건 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행할 때 입사각이 임계각보다 커야 전반사가 일어나요.

● **쉽게 쉽게** ● 교류 전원의 진동수가 클수록, 코일의 자체 유도 계수가 클수록 코일의 저항 효과가 커져요.

05

**알짜풀이** ● 저주파 통과 필터는 주파수가 작은 전류만을 선택적으로 통과시키는 장치이다.

ㄴ. 전기 기구를 축전기에 병렬로 연결하면 전기 기구에 주파수가 작은 전류가 잘 흐른다.

ㄷ. 전기 기구를 코일에 직렬로 연결하면 전기 기구에 주파수가 작은 전류가 잘 흐른다.

**오답넘기** ● ㄱ. 전기 기구를 축전기에 직렬로 연결하면 전기 기구에 주파수가 큰 전류가 잘 흐른다.

ㄷ. 전기 기구를 코일에 병렬로 연결하면 전기 기구에 주파수가 큰 전류가 잘 흐른다. **답 ④**

06

**알짜풀이** ● 교류를 직류로 바꾸는 정류 작용에서 축전기는 전류가 셀 때에는 축전기에 전하를 저장했다가 전류가 약해지면 전하를 내보내므로 회로에 거의 일정한 세기의 전류가 흐르게 한다. 즉, 축전기는 전류의 세기 또는 전압의 크기를 일정하게 유지시켜 주는 역할을 한다. **답 ③**

07

**알짜풀이** ● ㄷ. 두 금속판 사이의 거리가 멀수록 축전기의 전기 용량이 작아지므로 축전기의 저항 효과는 커진다.

**오답넘기** ● ㄱ. 교류의 진동수가 작을수록 축전기의 저항 효과는 크다.

ㄴ. 두 금속판 사이의 면적이 넓을수록 축전기의 전기 용량이 커지므로 축전기의 저항 효과는 작아진다. **답 ③**

08

**알짜풀이** ● 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 방향이 빨리 바뀌어 자기장이 빠르게 변하므로 코일에 더 큰 유도 기전력이 발생하여 전류의 흐름을 방해하므로 코일의 저항 효과가 커진다. 따라서 회로의 전체 저항이 증가하므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 감소한다. **답 ⑤**

09

**알짜풀이** ● ㄱ. 저항은 교류 전원의 진동수와 관계가 없으므로 (가)에서 전구의 밝기에는 변화가 없다.

**오답넘기** ● ㄴ. 교류 전원의 진동수가 증가하면 코일의 저항 효과가 커지므로 (나)에서 회로에 흐르는 전류의 세기가 감소한다.

ㄷ. 교류 전원의 진동수가 증가하면 축전기의 저항 효과가 작아지므로 (다)에서 회로에 흐르는 전류의 세기가 증가한다. 따라서 전구의 밝기가 밝아진다. **답 ①**

10 | 자료 분석하기 |



우공비 BOX

필수 자료

저주파 통과 필터

축전기를 이용한 경우	코일을 이용한 경우
전기 기구를 축전기에 병렬로 연결	전기 기구를 코일에 직렬로 연결

쉽게쉽게

전기 용량

전기 용량은 금속판의 면적에 비례하고, 금속판 사이의 거리에 반비례한다.

보충 설명

다이오드와 축전기

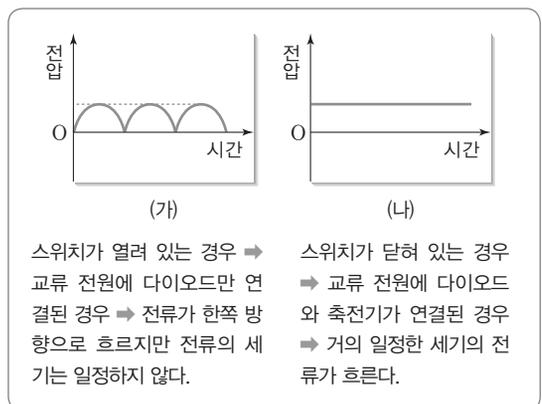
- 다이오드 : p형 반도체와 n형 반도체를 접합시켜 양 끝에 전극을 붙인 것
- 축전기 : 두 금속판을 마주 보게 하여 전하 또는 전기 에너지를 저장하는 장치

**알짜풀이** ● ㄱ. 스피커는 앙페르 법칙을 이용해 전기 신호를 소리로 전환한다.

ㄴ. 축전기는 진동수가 큰 전기 신호를 잘 흐르지 못하게 하고, 진동수가 작은 전기 신호를 잘 흐르게 하는 성질이 있다. 따라서 A에서는 저음이 고음보다 더 크게 발생된다.

ㄷ. 전기 신호의 진동수가 클수록 코일의 유도 리액턴스가 커진다. 따라서 코일은 진동수가 큰 전기 신호를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다. **답 ⑤**

11 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 스위치가 열려 있을 때, 즉 다이오드만 연결된 경우에는 다이오드에 의해 한쪽 방향의 전류만 흐르지만 전류의 세기는 일정하지 않다. 스위치가 닫혔을 때, 즉 다이오드와 축전기가 함께 연결된 경우에는 전류가 셀 때에는 축전기가 전하를 저장했다가 전류가 약해지면 전하를 내보내므로 거의 일정한 세기의 전류가 흐른다.

**모범답안** ● 다이오드는 전류가 한쪽 방향으로 흐르게 하는 역할을 하고, 축전기는 전하를 충전하거나 방전해 회로에서 전압의 크기를 일정하게 유지시켜 주는 역할을 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 다이오드 또는 축전기의 역할 중 하나만 바르게 설명한 경우	50 %

22 강 정보의 인식과 저장

개념 확인 문제

본책 174쪽

- 1 ㉠ 클 ㉡ 클 2 전자기파 공명 3 (1) 빛 (2) ㉠ 앙페르  
㉡ 패러데이 전자기 유도 4 플래시 메모리

1 코일의 자체 유도 계수가 클수록 코일에 저장할 수 있는 에너지가 커지고, 축전기의 전기 용량이 클수록 축전기에 저장할 수 있는 전기 에너지가 커지므로 각각의 에너지가 전환되는 데 많은 시간이 걸린다. 따라서 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량이 클수록 왕복하는 전류의 주기가 길어지므로 공명 진동수는 작아진다.

4 플래시 메모리는 강유전체의 유전 분극을 이용한 비휘발성 메모리 장치로, 반도체 소자로 된 셀의 특성을 이용하여 정보를 저장하거나 읽는다.

**문제 다지기** ●본책 175~177쪽

**기/본/문/제** 01 ② 02 ① 03 RFID 04 ⑤ 05 ②  
06 ①

**실/력/문/제** 07 ① 08 ⑤ 09 ④ 10 ⑤ 11 ①  
12 ④ 13 ③ 14 해설 참조 15 ① 16 ④

**01**  
알짜풀이 ● LC 회로의 공명 진동수는  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다. 주기는 진동수와 역수 관계이므로 LC 회로에서 전기 진동의 주기는  $T = \frac{1}{f_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ 이다. ㉔ ②

**02**  
알짜풀이 ● ㄱ. 2차 코일에서 전자기파가 발생하였으므로 안테나 내에 있는 전자는 가속 운동을 한다.  
오답넘기 ● ㄴ. 안테나에서 발생한 전자기파는 전기장과 자기장의 진동으로 전달되므로 매질이 없는 진공 속에서도 전파된다.  
ㄷ. LC 회로에 흐르는 전류가 주기적으로 변하므로 1차 코일에는 세기와 방향이 일정하지 않은 자기장이 형성된다. ㉔ ①

**03**  
알짜풀이 ● 교통 카드와 같이 전파를 이용하여 접촉 없이 물체의 정보를 수집하고 판독한 후 저장 처리하는 기술을 RFID라고 한다. ㉔ RFID

**04**  
알짜풀이 ● ⑤ 태그와 리더의 정보 교환 시 태그는 다른 종류의 리더에서 발생시킨 전파에는 반응하지 않아야 정보 교환 시 혼란을 피할 수 있다.  
오답넘기 ● ① RFID는 전파를 이용하여 접촉 없이 정보를 인식하는 기술이다.  
② 리더와 태그는 전파를 통해 정보를 주고받을 때 전자기파의 공명 현상을 이용한다. 따라서 리더와 태그는 서로 공명 진동수가 같다.  
③, ④ 태그는 안테나로 정보를 송수신하고, 리더는 안테나로 태그의 정보를 수집하고 판독한다. ㉔ ⑤

**05**  
알짜풀이 ● ㉔는 연속적으로 변하는 신호로, 주로 자연에서 발생하는 신호이다. ㉕는 불연속적인 신호로, 이진수(0과 1)로 표현되고 컴퓨터에서 주로 사용하는 신호이다. ㉔ ②

**우공비 BOX**

●보충 설명●  
**플래시 메모리 특징**  
• 전력 소모가 작으며, 크기가 작아요.  
• 전원이 꺼져도 저장된 정보를 가지고 있어요.  
• 읽기 속도는 하드 디스크보다는 느리지만 CD보다는 빨라요.

●쉽게쉽게●  
전하가 정지해 있거나 등속도로 운동할 때에는 전자기파가 발생하지 않지만 가속 운동을 할 때에는 전자기파가 발생해요.

●보충 설명●  
RFID는 바코드와 비슷한 역할을 하지만, 센서나 통신망의 발달과 함께 그 발전 가능성이 바코드보다 높아요.

**06**  
알짜풀이 ● ① CD는 빛을 이용하여 정보를 저장하고 재생하는 원반 모양의 저장 장치로, 아랫면은 투명한 플라스틱판으로 되어 있고, 그 위에 얇은 금속막, 보호막이 있으며, 라벨이 붙어 있다.

오답넘기 ● ② DRAM은 축전기를 이용하여 정보를 저장하는 장치이다.  
③ 하드 디스크는 알루미늄 원판에 산화철이 코팅되어 있는 원형 디스크이다.  
④ 자기 테이프는 얇은 플라스틱 테이프 위에 강자성체인 산화철 가루를 얇게 발라서 만든 장치이다.  
⑤ 플래시 메모리는 강유전체의 유전 분극 현상을 이용한 저장 장치이다. ㉔ ①

**07**  
알짜풀이 ● ㄱ. LC 회로는 충전된 축전기를 코일과 연결하면 코일의 자체 유도 현상으로 축전기는 충전과 방전을 반복하면서 전류가 흐른다. 즉, 이 회로에서는 회로에 흐르는 전류가 주기적으로 변하는 전기 진동이 일어난다.  
오답넘기 ● ㄴ. 회로에 흐르는 전류의 방향이 변하기 때문에 코일 내부의 자기장의 방향은 변한다.  
ㄷ. 회로에 흐르는 전류의 세기가 변하기 때문에 코일에 유도되는 기전력의 크기도 변한다. ㉔ ①

**08**  
알짜풀이 ● ㄱ. (가)에서 (나)의 상태가 되는 과정에서는 축전기에서 방전이 일어나 회로에 전류가 흐르고, 코일에는 자기장이 형성된다.  
ㄴ. (다)는 축전기가 완전히 방전된 순간으로 코일에 저장된 자기 에너지가 최대이다.  
ㄷ. (라)에서 (마)의 상태가 되는 과정에서는 회로에 흐르는 전류가 점점 감소하고, 축전기에 전하가 충전된다. ㉔ ⑤

**09**  
알짜풀이 ● ㄱ. 1차 코일에는 교류가 흐르므로 주기적으로 변하는 자기장이 형성된다.  
ㄴ. 1차 코일에서 변하는 자기장은 전자기 유도 현상에 의해 2차 코일에 전류를 유도한다.  
오답넘기 ● ㄷ. 1차 코일의 교류 주파수와 2차 코일의 유도 전류의 주파수는 같다. 따라서 2차 코일의 전기 신호의 주파수는 라디오에서 발생한 전기 신호의 주파수와 같다. ㉔ ④

**10**  
알짜풀이 ● ㄱ. (가)의 LC 회로에는 전하가 충전된 축전기가 방전되면서 코일에 자기 에너지가 축적되는 것이 반복된다. 따라서 회로에 교류 전류가 흐르게 되어 자기장의 방향이 계속 변하게 된다.  
ㄴ. (가)의 안테나에는 크기와 방향이 변하는 전기장과 자기장이 발생해 전자기파가 발생하는데, 코일과 축전기의 특징에 따라 특정 주파수의 전자기파가 발생한다.  
ㄷ. (나)의 LC 회로에는 정해진 주파수의 유도 전류가 흐른다. ㉔ ⑤

### 11

**알짜풀이** ● 수동형 태그는 전지가 없기 때문에 능동형 태그에 비해서 감지 거리가 짧지만, 능동형 태그는 전지가 내장되어 있기 때문에 수동형 태그에 비해서 감지 거리가 길다. **답 ①**

### 12

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)는 코일이 내장되어 있는 스마트 카드로, RFID 방식으로 정보를 주고받는다. 따라서 카드 내부에 있는 안테나에는 전자기파에 의해 전류가 흐른다.

ㄷ. (가)의 코일에 전자기파가 통과하면 전자기 유도 현상에 의해 코일에 교류가 유도되어 집적 회로가 작동된다. (나)는 정보를 재생할 때 전자기 유도 법칙을 이용한다.

**오답نب기** ● ㄴ. (나)에서 검은 선은 정보가 저장되어 있는 곳으로, 주로 강자성체로 된 마그네틱 띠이다. **답 ④**

### 13 | 자료 분석하기 |

RFID와 바코드를 비교하면 다음과 같다.

구분	RFID	바코드
최대 정보량	수천 자리	수십 자리
읽기/쓰기	모두 가능	읽기만 가능
상대적 크기	크다	작다
장애물 투과	가능	불가능
복수 인식	가능	불가능
인식 거리	수 m 이상	리더에 밀착

**알짜풀이** ● ㄱ. 전파를 이용해서 정보를 인식하는 RFID는 비금속 장애물이 있어도 정보를 인식하여 처리할 수 있지만, 빛을 이용하는 바코드는 장애물이 있으면 정보를 인식할 수 없으므로 정보를 처리할 수 없다.

ㄴ. RFID는 최대 정보량이 수천 자리까지 가능하고, 바코드는 최대 정보량이 수십 자리까지만 가능하다.

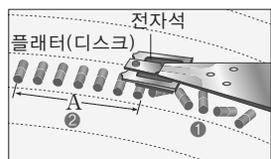
**오답نب기** ● ㄷ. RFID는 수 m 이상 떨어져 있어도 정보를 인식할 수 있지만, 바코드는 리더에 밀착시켜야 정보를 인식할 수 있다. **답 ③**

### 14

**모범답안** ● 신호의 세기를 측정하는 시간 간격을 더 짧게 하고, 신호의 크기를 나타내는 비트의 수를 늘린다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 오차를 줄일 수 있는 방법을 한 가지만 설명한 경우	50 %

### 15 | 자료 분석하기 |



- ① 자성체가 무질서하게 흩어져 있다. → 정보가 기록되지 않은 부분이다.
- ② 자성체가 한 방향으로 정렬되어 있다. → 정보가 기록된 부분이다.

#### 우공비 BOX

##### ● 보충 설명 ●

강자성체는 외부 자기장에 의해 강하게 자기화되는 물질로, 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태를 오랫동안 유지해요.

##### ● 보충 설명 ●

빛을 이용한 저장 매체는 자기장의 영향을 받지 않으므로 자기적 성질을 이용한 저장 매체보다 정보를 오랫동안 보관할 수 있어요.

#### 용어 알기

##### 바코드

문자나 숫자를 검은 선과 흰 선의 막대 기호와 조합한 코드를 말해요.

##### ● 보충 설명 ●

#### 전자기파의 파장과 진동수 비교

- 파장 :  $\gamma(\text{감마선}) < X\text{선} < \text{가시광선} < \text{마이크로파}$
- 진동수 :  $\gamma(\text{감마선}) > X\text{선} > \text{가시광선} > \text{마이크로파}$

**알짜풀이** ● ㄱ. 플래터에는 산화철인 강자성체가 얇게 입혀져 있다.

**오답نب기** ● ㄴ. A 구간의 자성체가 한 방향으로 정렬되어 있으므로 정보가 기록된 부분이다.

ㄷ. 자기적 성질을 이용한 정보 저장 매체는 정보를 기록할 때에는 앙페르 법칙을 이용하고, 정보를 읽을 때에는 전자기 유도 법칙을 이용한다. **답 ①**

### 16

**알짜풀이** ● CD 표면에서 어두운 부분은 정보가 저장된 피트(홈)이다.

ㄴ. 현미경으로 관찰한 CD의 표면에는 어두운 부분이 있으므로 CD에는 정보가 저장되어 있다.

ㄷ. 트랙 사이의 간격이 좁을수록 정보를 저장하는 어두운 부분(홈)을 많이 넣을 수 있다. 따라서 트랙 간격이 좁을수록 더 많은 정보를 저장할 수 있다.

**오답نب기** ● ㄱ. CD는 레이저를 이용해 정보를 저장하거나 읽는 장치이므로 자석을 가까이 가져가도 기록된 정보가 손상되지 않는다. **답 ④**

#### 우공비

#### 비법 특강

● 본책 178~179쪽

1 ③ 2 ② 3 ④ 4 ⑤

### 1

**알짜풀이** ● 리모컨은 적외선을 이용한다.

ㄷ. 귀 체온계는 열을 가진 물체에서 발생하는 적외선을 분석하여 온도를 측정한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 공항 검색대는 X선을 사용하여 가방 내부를 검사한다.

ㄴ. 위성 안테나는 전파(마이크로파)를 사용해 통신을 한다. **답 ③**

### 2

**알짜풀이** ● X선,  $\gamma(\text{감마선})$ , 가시광선, 마이크로파는 전자기파이다.

② 진공에서는 진동수가 클수록 전자기파의 에너지가 크다.

**오답نب기** ● ① 전자기파는 매질이 없는 공간, 즉 진공에서도 전달된다.

③ 진공에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 모두 빛의 속력과 같다.

④, ⑤ 전기장과 자기장의 진동 방향이 서로 수직이고, 전자기파는 전기장과 자기장의 진동 방향에 항상 수직으로 진행하는 횡파이다. **답 ②**

### 3

**알짜풀이** ● ㄱ. 마이크는 진동판을 이용해 소리를 전기 신호로 바꾸어 준다.

ㄷ. 안테나 속의 자유 전자가 진동하여 가속 운동을 하기 때문에 전파가 발생한다.

**오답범기** ● 나. 송신 회로의 공명 진동수는 축전기와 코일에 의해 결정된다. **답 ④**

4

**알짜풀이** ● 나. 스피커에서 진동수  $f_B$ 에 의한 방송만 나오는 것은 LC 회로의 공명 진동수가  $f_B$ 이기 때문이다.

다. LC 회로의 공명 진동수, 즉 2차 코일과 축전기에 의해 결정된 진동수  $f_B$ 와 일치하는 교류만 2차 코일에 흐른다.

**오답범기** ● 가. 안테나 속의 전자는 전자기파에 의해 전자가 가속 운동을 하여 전파를 발생시킨다. 즉, 안테나는 교류 전원의 역할을 한다. **답 ⑤**

수능문제

실력 굳히기

●본책 180~183쪽

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

01

**알짜풀이** ● A는 투과력이 매우 강해 주로 암 치료에 이용되는  $\gamma$ (감마)선, B는 살균 작용을 하는 자외선, C는 열을 가진 물체에서 방출되는 적외선이다.

**오답범기** ● 철수 : 파장이 A가 B보다 짧으므로 A는 B보다 에너지가 큰 전자기파이다. **답 ⑤**

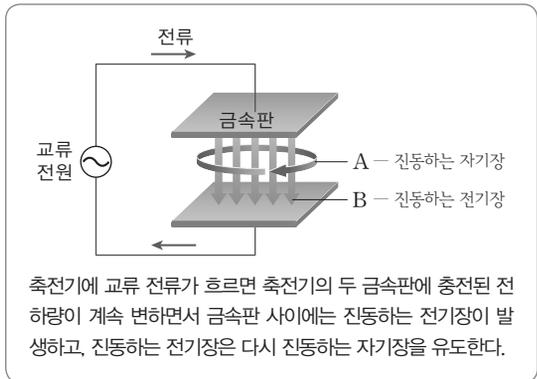
02

**알짜풀이** ● 나. 진공 속에서 전자기파의 속력은 종류에 관계없이 빛의 속력과 같다. 따라서 진공에서 속력은 (가)의 파동과 (나)의 파동이 같다.

다. (가)의 파동은 X선, (나)의 파동은 마이크로파, (다)의 파동은 적외선이다.

**오답범기** ● 가. X선은 적외선보다 파장이 짧다. 따라서 파장은 (가)의 파동이 (다)의 파동보다 짧다. **답 ⑤**

03 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. 축전기의 두 금속판에 충전된 전하량에 의해 금속판 사이에는 전기장이 발생하고, 이 전기장은 다시 주위에 자기장을 유도한다. 따라서 A는 자기장, B는 전기장이다.

나. 교류 전원에 연결하였으므로 회로에는 시간에 따라 세기

우공비 BOX

● **보충 설명** ○ 다. 두 금속판은 축전기 역할을 한다. 축전기가 교류 전원에 연결되면 저항의 역할을 한다. **답 ⑤**

축전기에 교류가 흐르면 전류의 방향이 바뀌면서 충전과 방전이 반복되어 회로에 흐르는 전류의 흐름을 방해해요. 따라서 축전기는 교류 회로에서 저항과 같은 역할을 해요.

와 방향이 변하는 교류가 흐른다. 따라서 자기장(A)과 전기장(B)의 세기와 방향도 계속 변한다.

04

**알짜풀이** ● 가, 다. 방전이 일어날 때 금속구 사이에 걸린 높은 전압에 의해 전자기파가 발생하고, 이 전자기파는 검출 고리에 수신된다.

**오답범기** ● 나. 금속구 사이의 거리가 가까울수록 전기장이 강하여 강한 전자기파가 발생하므로 검출 고리에서 방전이 강하게 일어난다. **답 ④**

05

**알짜풀이** ● 가. 광통신은 빛에 정보를 담아 광섬유를 통해 정보를 주고받는다.

다. 코어와 클래딩의 경계면에서 빛이 모두 전반사되므로 에너지 손실이 생기지 않는다.

**오답범기** ● 나. 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크므로 광섬유 내부의 코어로 입사한 빛은 전반사를 통해 코어를 따라 진행한다. **답 ③**

06

**알짜풀이** ● 가. 코어와 클래딩의 경계면에서 빛이 전반사하므로 코어의 굴절률  $n_1$ 은 클래딩의 굴절률  $n_2$ 보다 크다.

나. 단색광이 공기에서 코어로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 작으므로, 단색광의 속력은 공기에서가 코어에서보다 더 크다.

**오답범기** ● 다.  $n_2$ 를 작게 하면 코어에서 클래딩으로 진행할 때의 임계각이 감소하게 되므로 전반사가 일어날 수 있는 입사각의 범위가 증가하게 된다. 따라서 코어와 클래딩 사이에서 전반사가 일어나기 위해 공기에서 코어로 입사하는 각의 최댓값  $i_m$ 은 증가한다. **답 ③**

07

**알짜풀이** ● 코일의 자체 유도 계수가 클수록 코일에 많은 유도 전류가 흐르고, 이때 유도 전류는 교류의 반대 방향으로 흐르므로 코일에 흐르는 전체 전류의 세기가 작아진다. 따라서 코일의 자체 유도 계수가 클수록 코일의 저항 효과(유도 리액턴스)가 커지므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 작아진다. **답 ③**

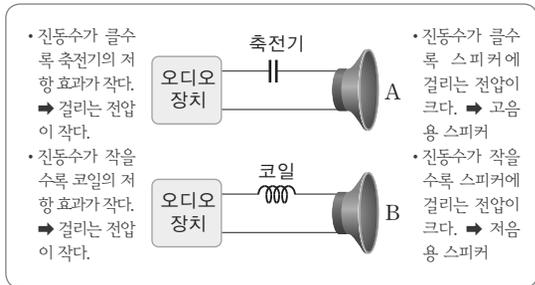
08

**알짜풀이** ● (가)에서 코일의 유도 리액턴스는  $X_L = 2\pi fL$ 이고, (나)에서 축전기의 용량 리액턴스는  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 이다.

가. (가)에서 코일의 자체 유도 계수(L)가 증가하면 코일의 유도 리액턴스가 커지므로, 즉 코일의 저항 효과가 커져 저항에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

나, 다. (나)에서 축전기의 전기 용량(C)과 교류 전원 장치의 진동수(f)가 증가하면 축전기의 용량 리액턴스가 작아지므로, 즉 축전기의 저항 효과가 작아져 저항에 흐르는 전류의 세기는 증가한다. **답 ⑤**

09 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● ㄱ. 스피커는 전기 신호를 소리로 전환한다. ○ **보충 설명**  
 ㄷ. 코일은 진동수가 작은 전기 신호를 잘 통과시키므로 B에서는 진동수가 작은 저음이 진동수가 큰 고음보다 더 크게 발생한다.  
**오답넘기** ● ㄴ. 축전기는 진동수가 큰 전기 신호를 잘 통과시키고, 코일은 진동수가 작은 전기 신호를 잘 통과시킨다. ㉓ ④

10

**알짜풀이** ● ㄴ. 코일의 감은 횟수가 늘어나면 코일의 자체 유도 계수가 증가하고, 코일의 자체 유도 계수가 클수록 코일에 저장할 수 있는 에너지가 커지므로 자기 에너지에서 전기 에너지로 전환하는 데 많은 시간이 걸린다. 즉, 코일의 자체 유도 계수가 클수록 진동 주기가 길어진다.  
 ㄷ. 축전기가 완전히 방전되면 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대이다. 즉, 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대인 순간 축전기에 충전된 전하량은 0이다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 회로에 흐르는 전류의 방향이 변하기 때문에 코일 주변에 발생하는 자기장의 방향도 시간에 따라 변한다. ㉓ ④

11

**알짜풀이** ● ㄱ. 마이크는 공기의 진동을 전자기 유도 현상에 의해 전기 에너지로 전환시킨다.  
 ㄴ. 변조된 신호가 송신 안테나에 전달되면 이 신호에 따라 송신 안테나 속의 전자가 진동하면서 전자기파가 발생하게 된다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 송신 안테나가 보내는 전자기파의 진동수는 교류 신호 B의 진동수이다. 따라서 라디오에서는 LC 회로의 공명 진동수를 B의 진동수에 맞추어 방송을 수신한다. ㉓ ③

12

**알짜풀이** ● ㄱ. 코일의 유도 리액턴스는  $X_L = 2\pi fL$ 이므로, 교류의 진동수가 클수록 유도 리액턴스(코일의 저항 효과)가 커진다. 따라서 코일은 진동수가 큰 교류 전류를 잘 흐르지 못하게 하는 성질이 있다.  
 ㄴ. 특정 진동수  $f_0$ 에서 수신 회로의 전류가 최대가 되므로 수신 회로의 공명 진동수(고유 진동수)는  $f_0$ 이다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 수신 회로의 공명 진동수는  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이므로, 공명 진동수는 수신 회로의 R의 저항 값과는 관계가 없다. ㉓ ③

우공비 BOX

**보충 설명**  
 스피커에서 소리가 나기 위해서는 큰 전압이 걸려야 해요.

**보충 설명**  
 트랙 간격이 좁을수록 같은 넓이 안에 들어갈 수 있는 홈의 개수가 많아지므로 저장할 수 있는 정보의 양이 많아져요. 따라서 CD보다 DVD에 더 많은 정보를 저장할 수 있는 거예요.

**조심조심**  
 자기 띠에 저장된 정보를 읽을 때에는 패러데이 전자기 유도 법칙이, 자기 띠에 정보를 기록할 때에는 앙페르 법칙이 이용돼요.

**필수 자료**  
**정보 저장 장치**  
 • 자기적 성질을 이용한 정보 저장 장치 : 마그네틱 카드, 자기 테이프, 하드 디스크  
 • 전기적 성질을 이용한 정보 저장 장치 : 플래시 메모리, DRAM  
 • 빛을 이용한 정보 저장 장치 : CD, DVD

13

**알짜풀이** ● ㄷ. 1차 코일에서 유도되는 자기장이 계속 변하기 때문에 2차 코일에는 유도 기전력이 발생한다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 이어폰 단자에서 나오는 전기 신호는 교류 신호로 전류의 세기와 방향이 계속 변한다.  
 ㄴ. 1차 코일에서 전류의 방향이 계속 변하기 때문에 코일 주변의 자기장이 계속 변하게 된다. ㉓ ③

14

**알짜풀이** ● ㄱ. 태그는 물체의 정보를 저장하는 집적 회로(IC칩)와 정보를 송신하기 위한 안테나로 구성되어 있다.  
 ㄷ. 호스트는 리더에서 수집하고 판독한 태그의 정보를 처리한다.  
**오답넘기** ● ㄴ. 태그와 리더는 전파를 통해 정보를 주고받을 때 전자기파(전파)의 공명 현상을 이용한다. 따라서 A 과정에서 전자기파(전파)를 이용한다. ㉓ ④

15

**알짜풀이** ● ㄱ. CD는 파장이 약 780 nm인 빛을, DVD는 파장이 약 650 nm인 빛을 사용해서 정보를 기록하고 재생한다.  
**오답넘기** ● ㄴ. 트랙 간격이 더 좁은 DVD가 CD보다 정보를 더 많이 저장한다.  
 ㄷ. CD와 DVD에 저장된 정보는 레이저를 이용해 금속막에 홈을 파서 저장한 것으로, 외부 자기장에는 영향을 거의 받지 않는다. ㉓ ①

16

**알짜풀이** ● ㄴ. 자기 띠는 강자성체 물질로 만들기 때문에 강한 자석에 의해 손상되기 쉽다.  
 ㄷ. 자기 띠에 저장된 정보를 읽는 과정은 자기 띠의 자기장의 변화에 의해 코일에 유도 전류가 흐르는 패러데이 전자기 유도 법칙으로 설명할 수 있다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 헤드가 ㉓와 ㉔ 사이에 저장된 정보를 읽는 동안 자기장의 방향이 계속 변하기 때문에 코일에 흐르는 유도 전류의 방향도 변한다. ㉓ ⑤

17

**알짜풀이** ● (가)는 강자성체를 이용하여 정보를 저장하는 장치인 하드 디스크이고, (나)는 반도체 회로를 이용해 정보를 저장하는 장치인 플래시 메모리이다. (다)는 레이저 빛을 이용해 얇은 금속막에 홈을 만들어 정보를 저장하고 읽는 장치인 DVD이다. ㉓ ①

대단원 마무리 **핵심 요약 노트** ● 본책 184~185쪽

① 진폭 ② 파장 ③ 진동수 ④ 주기 ⑤ 진동수  
 ⑥ 진폭 ⑦ 정상파 ⑧ 공명 ⑨ 광전 효과 ⑩ 광전자  
 ⑪ 진동수 ⑫ 원뿔 ⑬ 막대 ⑭ 전자기파 ⑮ 가속  
 ⑯ 저항 ⑰ 저항 ⑱ 공명 ⑲ 앙페르 ⑳ 패러데이

대단원  
마무리

단원 평가 문제

● 본책 186~189쪽

- 01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ② 06 ⑤ 07 ⑤  
08 ③ 09 ③ 10 ④ 11 ② 12 ③ 13 15 cm/s  
14 해설 참조 15 금속막이 더 빨리 오므라든다. 16 해  
설 참조 17 자외선 18  $\frac{1}{4\pi} \times 10^6$  Hz 19 해설 참조  
20 해설 참조

01

**알짜풀이** ● 가. 공기 분자들은 소리의 진행 방향과 나란한 방향으로 진동한다. 즉, 소리는 종파이다.

다. 소리의 전파 속도 = 진동수 × 파장이므로 진동수 =  $\frac{\text{전파 속도}}{\text{파장}} = \frac{340 \text{ m/s}}{0.5 \text{ m}} = 680 \text{ Hz}$ 이다.

**오답نب기** ● 나. 종파의 파장은 밀한 곳에서 그 다음 밀한 곳까지의 거리이므로 소리의 파장은 0.5m이다. ㉠ ④

02

**알짜풀이** ● 가. 진폭이 클수록 큰 소리가 나므로 큰 소리로 말을 하는 사람은 철수이다.

**오답نب기** ● 나. 진동수가 클수록 높은 소리이다. 철수와 민수의 진동수가 같으므로 철수와 민수는 같은 높낮이의 소리를 낸다.

다. 철수와 민수의 목소리 파형이 다르므로 두 사람의 음색은 서로 다르다. ㉠ ①

03 | 유형 ④ 비법 |

STEP1 정상파의 파장을 구한다. → 마디에서 마디 사이의 거리가  $L$ 일 때 파장은  $2L$ 이고,  $\frac{L}{2}$ 일 때 파장은  $L$ 이다.

STEP2 단서 조건을 확인하여 소리의 속력이 같은지 확인한다.

→ 악기에 연결된 줄의 종류가 같고, 공기의 온도가 같으므로 A와 B에서 발생한 소리의 속력은 같다.

STEP3 악기에서 발생하는 정상파의 진동수 차이에 따라 소리의 높고 낮음을 판단한다. → 진동수가 클수록 높은 소리, 진동수가 작을수록 낮은 소리이다.

**알짜풀이** ● 나. 파장이 길수록 줄의 진동 주기가 길어진다. 따라서 줄이 진동하는 주기는 A가 B보다 길다.

다. 줄의 진동수는 파장이 짧을수록 크므로 A의 진동수는 B의 진동수보다 작다. 따라서 A가 진동할 때 발생하는 소리는 B가 진동할 때 발생하는 소리보다 낮다.

**오답نب기** ● 가. 마디와 마디 사이의 거리가 A는  $L$ 이고, B는  $\frac{L}{2}$ 이므로 A의 파장은  $2L$ 이고, B의 파장은  $L$ 이다. 따라서 파장은 B가 A보다 짧다. ㉠ ⑤

04

**알짜풀이** ● 마이크의 진동판이 소리를 감지해 진동을 하면 함께 연결되어 있는 코일이 운동을 하기 때문에 자기장 안에 있는 코일에는 전자기 유도 현상으로 인해 유도 전류가 발생한다. 이때 발생하는 전류는 세기와 방향이 일정하지 않은 교류 신호이다. ㉠ ②

우공비 BOX

**● 보충 설명** ● 알짜풀이 ● 나. 파란색 빛을 내는 LED를 광다이오드에 비출 경우 전류계에 전류가 흐르므로, 파란색 빛을 내는 LED에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 광전자가 많이 방출되어 전류계에 흐르는 전류의 세기도 증가한다.

**오답نب기** ● 가. 광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례한다. 따라서 파란색 빛의 진동수가 빨간색 빛의 진동수보다 크므로 광자 한 개의 에너지도 파란색 빛이 빨간색 빛보다 크다. ㉠ ②. 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다. ㉠ ②

조심조심

보통 광전관에 연결된 기기들은 광전류가 흐를 때 작동되도록 설정되는데, 이 문제의 경우는 광전류가 흐르지 않아야 회로에 연결된 장치가 작동하므로 주의해야 해요.

● 보충 설명

액정 사이에 전압이 걸리지 않았을 때 빛이 비틀린 액정 분자를 따라 휘어지므로 수직 편광판을 통과해요.

● 필수 자료

줄의 양 끝은 진동하지 못하므로 항상 마디가 돼요. 줄에 나타나는 정상파는 줄 전체 길이가 반 파장의 정수배일 때에만 가능해요.

05

**알짜풀이** ● 나. 파란색 빛을 내는 LED를 광다이오드에 비출 경우 전류계에 전류가 흐르므로, 파란색 빛을 내는 LED에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 광전자가 많이 방출되어 전류계에 흐르는 전류의 세기도 증가한다.

**오답نب기** ● 가. 광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례한다. 따라서 파란색 빛의 진동수가 빨간색 빛의 진동수보다 크므로 광자 한 개의 에너지도 파란색 빛이 빨간색 빛보다 크다. ㉠ ②. 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다. ㉠ ②

06

**알짜풀이** ● 가. 나. 부저가 울리려면 광전류가 흐르지 않아서 전자석이 작동하지 않아야 한다. 광전관에 빛을 비추지 않거나  $f_0$ 보다 작은 진동수의 빛을 비추면 광전류가 흐르지 않아 부저가 울린다.

다. 자외선 광자는 금속의 일함수와 광전자의 운동 에너지를 합한 만큼의 에너지를 갖고 있다. ㉠ ⑤

07

**알짜풀이** ● 나. 사람은 액정 화면에서 나온 빛을 청색과 녹색 빛의 합성색인 청록색으로 인식한다.

다. 적색 필터를 향하는 빛이 통과하는 액정에는 전압이 걸려 있으므로 적색 필터를 향한 빛은 수직 편광판을 통과하지 못한다.

**오답نب기** ● 가. 청색 필터와 녹색 필터를 통과한 빛에 크게 반응하는 원뿔 세포는 청원뿔 세포( $S_1$ )와 녹원뿔 세포( $S_2$ )이다. ㉠ ⑤

08

**알짜풀이** ● 가. 나. 영상 장치에서는 빛의 3원색인 빨간색, 초록색, 파란색으로 다양한 색을 표현하고, 화면을 구성하는 빨간색, 초록색, 파란색 묶음을 화소라고 한다. 따라서 A, B, C는 빛의 3원색을 이용하고, 이를 하나로 묶어 화소라고 한다.

**오답نب기** ● 다. 노란색은 빨간색과 초록색 빛이 합성되어, 자홍색은 빨간색과 파란색 빛이 합성되어 우리 눈에 보이므로 A는 빨간색, B는 초록색, C는 파란색이다. ㉠ ③

09

**알짜풀이** ● 가. 원형 코일에 전자기파가 도달하면 자기장의 세기가 주기적으로 변하므로 원형 코일에는 유도 전류가 발생한다.

나. 전자기파는 전기장과 자기장이 서로 수직을 이루며 진동하는 파동이다. 따라서 전기장  $E$ 와 자기장  $B$ 가 이루는 각은  $90^\circ$ 이다.

**오답نب기** ● 다. 파장은 마루와 이웃한 마루 또는 골과 이웃한 골 사이의 거리이므로  $a$ 는 전자기파의 반 파장이다. ㉠ ③

10

**알짜풀이** ● 가. 교류 전류의 진동수가 작을수록 축전기의 용량 리액턴스가 커지므로, 축전기는 교류 전류의 진동수가 작을수록 전류를 잘 흐르지 못하게 하는 특성이 있다.

나. 회로에 흐르는 교류의 진폭이 최대이므로 이 회로의 공명 진동수(교류 진동수)는  $f_0$ 이다.

**오답내기** ● 다. RLC 회로에서 회로의 공명 진동수에 영향을 주는 것은 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량이며, 저항의 저항 값은 영향을 주지 않는다. **답 ④**

### 11

**알짜풀이** ● 전반사가 일어날 조건은 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 입사할 때 입사각이 임계각보다 커야 한다.

나. 매질 A와 B의 경계면에서 빛이 전반사되었으므로 굴절률은 A가 B보다 크다.

**오답내기** ● 가. 광섬유 내부에서 빛이 전반사되고 있으므로  $\theta$ 는 클래딩과 코어 사이의 임계각보다 크다.

다. 굴절률은 코어가 클래딩보다 커야 한다. 따라서 클래딩은 B로, 코어는 A로 만들었다. **답 ②**

### 12

**알짜풀이** ● 가, 나. 자기 테이프에 기록된 정보를 읽을 때에는 패러데이 전자기 유도 법칙이 이용되고, 자기 테이프에 정보를 기록할 때에는 앙페르 법칙이 이용된다.

**오답내기** ● 다. 자기 테이프에는 강자성체인 산화철 가루가 얇게 입혀져 있다. **답 ③**

### 13 | 자료 분석하기 |

파장 60 cm, 마루 진행 방향, 골, 진폭 20 cm, 40 cm, 30 cm

- 물결파의 파장은 마루에서 이웃한 마루 또는 골에서 이웃한 골 사이의 거리이므로  $30\text{ cm} \times 2 = 60\text{ cm}$ 이다.
- 물결파의 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로  $40\text{ cm} \times \frac{1}{2} = 20\text{ cm}$ 이다.

**알짜풀이** ● 마루에서 이웃한 골까지의 수평 거리가 30 cm 이므로 물결파의 파장은 60 cm이다. 이때 물결파의 주기가 4초이므로 물결파의 전파 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{60\text{ cm}}{4\text{ s}} = 15\text{ cm/s}$ 이다. **답 15 cm/s**

### 14

**모범답안** ● 밤에는 지면 쪽이 상공 쪽보다 기온이 낮으므로 지면 쪽에서 상대적으로 소리가 느리게 전달되어 소리가 아래로 휘어지기 때문에 더 멀리까지 퍼져 나간다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 지면 쪽이 상공 쪽보다 기온이 낮기 때문이라고만 설명한 경우	30 %

### 15

**알짜풀이** ● 자외선등을 아연판에 더 가까이 비추면 아연판

### 우공비 BOX

#### 쉽게 쉽게

회로의 공명 진동수가  $f_0$ 으로 같아지면 전자기파 공명에 의해 회로에 흐르는 교류의 진폭은 최대가 돼요.

#### 보충 설명

- 앙페르 법칙 : 도선에 전류가 흐르면 도선 주위에 자기장이 형성돼요.
- 패러데이 전자기 유도 법칙 : 코일을 통과하는 자기장이 변하면 전류가 유도돼요.

에 비추어지는 빛의 세기가 증가하기 때문에 방출되는 광전자의 수도 많아진다. 따라서 금속박이 오므라드는 시간도 빨라진다. **답 금속박이 더 빨리 오므라든다.**

### 16

**알짜풀이** ● 금속판의 일함수보다 에너지가 더 큰 빛을 비출 때 금속판에서 전자가 튀어나온다. 따라서 금속박이 오므라든다.

**모범답안** ● 아연판의 일함수보다 큰 에너지를 가진 자외선을 아연판에 비추면 아연판에서 광전자가 방출되기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 광전자가 튀어나왔기 때문이라고만 설명한 경우	30 %

### 17

**알짜풀이** ● 자외선은 가시광선보다 파장이 짧으며, 에너지가 커서 미생물을 파괴시킬 수 있으므로 식기나 의료 기구 살균에 이용된다. 또한 형광 물질에 흡수되면 가시광선을 방출한다. **답 자외선**

### 18

**알짜풀이** ● LC 회로의 공명 진동수는 다음과 같다.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{4\pi} \times 10^6 (\text{Hz})$$

**답**  $\frac{1}{4\pi} \times 10^6$

### 19 | 자료 분석하기 |

헤드, 플래터

- 플래터 : 알루미늄 원판에 산화철로 된 얇은 막이 덮혀 있다.
- 헤드 : 플래터에 정보를 저장하거나 플래터에 저장된 정보를 읽는다.

**모범답안** ● 플래터에 정보를 저장하거나 플래터에 저장된 정보를 읽는 역할을 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 플래터에 정보를 저장하는 또는 플래터에 저장된 정보를 읽는 역할을 한다고만 설명한 경우	50 %

### 20

**모범답안** ● 레이저를 이용하여 정보를 기록하고 재생한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 정보 저장 장치이라고만 쓴 경우	30 %

#### 필수 자료

- 트랙 사이의 간격 : CD > DVD
- 정보의 저장 용량 : CD < DVD
- 정보를 읽을 때 사용하는 레이저의 파장 : CD > DVD

11 에너지의 발생

23 ㉠ 전기 에너지의 생산과 수송

개념 확인 문제

● 본책 193쪽

- 1 (1) × (2) ○ 2 화력 발전 3 5 W 4 (1)  $\frac{1}{n^2}$   
(2) 변압기

1 유도 기전력은 코일을 통과하는 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 만들어지고, 코일을 통과하는 자기력선속의 시간적 변화율이 클수록 크다.

2 화력 발전은 석유, 석탄 등과 같은 화석 연료를 연소시켜 발생한 열로 물을 끓이고, 이때 나오는 증기로 발전기를 돌려 전기 에너지를 얻는다.

3  $P=I^2R=(0.5)^2 \times 20=5(W)$

문제 다지기

● 본책 194~195쪽

- 기/본/문/제 01 ㉠ 전기 에너지 ㉡ 패러데이 ㉢ 전자기 유도 02 ㉤ 03 ㉠ 퍼텐셜 에너지 ㉡ 전기 에너지 04 ㉠ 05 ㉡ 06 ㉣  
실/력/문/제 07 ㉡ 08 ㉢ 09 ㉢ 10 ㉣ 11 해설 참조 12 ㉣

01

알짜풀이 ● 발전은 역학적 에너지, 화학 에너지, 핵에너지, 열에너지 등의 다양한 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 것을 말하고, 자기장의 변화에 의해 전기가 발생하는 패러데이의 전자기 유도 법칙을 이용한다.

답 ㉠ 전기 에너지 ㉡ 패러데이 ㉢ 전자기 유도

02

알짜풀이 ● ㄱ. 유도 기전력은  $V=-N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 에서 코일의 감은 수  $N$ 에 비례한다.

ㄷ. 시간에 따른 자기력선속의 변화율  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 가 최대일 때 유도 기전력은 최대이다.

오답نب기 ● ㄴ. 유도 기전력은 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 만들어진다. 답 ㉤

03

알짜풀이 ● 물의 퍼텐셜 에너지가 물레방아를 회전시켜 운동 에너지로 바뀐다. 그리고 물레방아가 회전하면서 전자기 유도 법칙에 따라 전기 에너지가 발생하고, 이 전기 에너지가 전구에서 빛에너지로 전환된다.

답 ㉠ 퍼텐셜 에너지 ㉡ 전기 에너지

● 보충 설명

저항( $R$ )은 도선의 길이( $l$ )에 비례하고, 단면적( $S$ )에 반비례해요.

→  $R \propto \frac{l}{S}$

● 쉽게 쉽게

수력 발전은 물의 낙차에 의한 에너지를 이용하여 전기를 얻는 발전 방식이에요.

● 보충 설명

핵연료를 한번 원자로에 장전하면 한 주기가 끝날 때까지 계속 핵연료를 태우고, 그 주기가 끝나면 새로운 핵연료로 재장전하게 되는데, 주기는 보통 1~2년이에요.

04 | 지문 분석하기 |

ㄱ. 송전 전압을 높인다.

→ 송전 전압을  $n$ 배 높이면, 손실 전력은  $\frac{1}{n^2}$ 배로 감소한다.

ㄴ. 저항이 더 큰 송전선을 사용한다.

→ 손실 전력은 송전선의 저항 때문에 발생하므로, 저항이 클수록 손실 전력은 커진다.

ㄷ. 굵기가 더 가는 송전선을 사용한다.

→ 저항은 도선의 단면적에 반비례하므로, 송전선의 굵기가 가늘수록 저항이 커져 손실 전력은 커진다.

알짜풀이 ● ㄱ. 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류가 감소하므로 송전선에서의 손실 전력을 줄일 수 있다.

오답نب기 ● ㄴ.  $P_{\text{손실}}=I^2r$ 에서 손실 전력은 송전선의 저항  $r$ 에 비례한다. 따라서 저항이 더 작은 전선을 사용해야 손실 전력을 줄일 수 있다.

ㄷ. 전선이 가늘수록 저항이 크다. 따라서 더 가는 송전선을 사용하면 손실 전력이 커진다. 답 ㉠

05

알짜풀이 ● 같은 전력을 공급할 때 송전 전압을  $n$ 배 높이면 전류의 세기는  $\frac{1}{n}$ 배로 감소하고, 송전선에서의 손실 전력은

$\frac{1}{n^2}$ 배로 감소한다.

따라서 송전할 때 송전 전압을 10배로 높이면 전류의 세기는  $\frac{1}{10}=0.1$ (배)로 감소하고, 이때 송전선에서 손실되는 전력은  $\frac{1}{10^2}=0.01$ (배)로 감소한다. 답 ㉡

06

알짜풀이 ● 1차 코일과 2차 코일에 걸린 전압의 비는 코일의 감은 수의 비와 같으므로  $N_1 : N_2=2 : 1$ 이다.

2차 코일의 저항 50 Ω에 걸린 전압이 100 V이므로 흐르는 전류의 세기는  $I=\frac{V}{R}=\frac{100}{50}=2(A)$ 이다. 따라서 저항에서의 소비 전력은  $P=VI=100 \times 2=200(W)$ 이다. 답 ㉣

07

알짜풀이 ● ㉡ 전력 소비지 근처에 건설하기 적합한 발전소는 화력 발전소이다.

오답نب기 ● ㉠ 수력 발전소는 큰 댐이 필요하므로 대도시 근처에 건설하기 부적합하다.

㉢ 원자력 발전소는 원자로의 열을 식히는 데 많은 양의 냉각수가 필요하므로 바닷가 근처에 건설해야 한다.

㉣ 조력 발전소는 조수 간만의 차가 큰 지역에 건설해야 한다.

㉤ 풍력 발전소는 풍력의 세기와 풍차의 크기를 크게 확보할 수 있는 장소에 건설해야 한다. 답 ㉡

08

알짜풀이 ● ㄷ. 그림은 원자력 발전소의 구조이며, 원자력 발전은 핵연료가 핵분열할 때 방출하는 에너지를 이용하여 발전한다.

**오답내기** ● ㄱ. 핵연료가 핵분열할 때 방출하는 에너지를 이용하여 증기를 얻고, 이 증기의 힘으로 터빈을 회전시키면 발전기에서 전자기 유도 법칙에 의해 기전력이 만들어져 전기 에너지가 생산된다.

ㄴ. 원자력 발전은 한번에 1년 이상 가동한다. 따라서 전력 사용량에 따라 발전량을 조절하기에 적합하지 않다. **답 ③**

09

**알짜풀이** ● ㄱ. A의 소비 전력이 4 W이므로, A에서 10초 동안 소비하는 전기 에너지는  $E=Pt=4 \times 10=40(J)$ 이다.

ㄴ. A에 걸린 전압이 B의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 그런데 A와 B의 소비 전력이 같기 때문에  $P=VI$ 에서 전구에 흐르는 전류는 A가 B의 2배이다.

**오답내기** ㄷ. B에 걸린 전압은 A의 2배이고, B에 흐르는 전류는 A의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서  $V=IR$ 에서 B의 저항은 A의 4배이다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● 소비 전력은  $P=I^2R=\frac{V^2}{R}$ 이므로, 2 V의 전원에 연결된 저항이 0.5 Ω인 니크롬선에서 소비되는 전력은  $P=\frac{2^2}{0.5}=8(W)$ 이다. **답 ④**

11

**알짜풀이** ● 같은 전력을 공급할 때 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류의 세기가 작아진다.

**모범답안** ● (1) ㉠으로 송전할 때 전류의 세기가 더 작다. (2) ㉠으로 송전하면 송전선에서 손실되는 전력이 줄어드는 장점이 있다. 이는 송전 전압이 높을수록 송전선에 흐르는 전류의 세기가 작기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 장점과 그 이유만 바르게 설명한 경우	70 %
③ 전류의 세기만 바르게 비교한 경우	30 %
④ 장점만 바르게 설명한 경우	30 %

12

**알짜풀이** ● ㄱ. 1차 코일과 2차 코일에 걸린 전압의 비가 1 : 2이고, 전압의 비는 코일의 감은 수의 비와 같으므로  $N_1 : N_2=1 : 2$ 이다.

ㄴ. 전열기에 걸린 전압은 200 V이고, 전열기의 저항은 100 Ω이므로 전열기에 흐르는 전류의 세기는  $I=\frac{V}{R}=\frac{200}{100}=2(A)$ 이다. 따라서 전열기의 소비 전력은  $P=VI=200 \times 2=400(W)$ 이다.

**오답내기** ● ㄷ. 2차 코일에서 1초 동안 소비하는 전기 에너지가 400 J이므로 1분 동안 소비하는 전기 에너지는  $400 J/s \times 60 s=24,000J=24 kJ$ 이다. 따라서 변압기에서 에너지의 손실이 없다면, 1차 코일에 1분 동안 공급되는 전기 에너지는 24 kJ이다. **답 ④**

**보충 설명**  
전기 에너지는 전류가 공급하는 에너지로,  $E=VIt=I^2Rt=\frac{V^2}{R}t$ 이요.

**쉽게쉽게**  
소비 전력은 전압과 저항을 알 때는  $P=\frac{V^2}{R}$  식으로 전류와 저항을 알 때는  $P=I^2R$  식으로 구할 수 있어요.

**보충 설명**  
소비자의 전력 소비에 따라 약간씩 차이가 있겠지만, 하나의 원자력 발전소에서 공급하는 전력은 거의 일정하다고 할 수 있어요. 따라서 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류의 세기가 감소하여 송전선에서의 손실 전력이 감소해요.

**용어 알기**  
**동위 원소**  
양성자수는 같으나 질량수가 서로 다른 원소를 동위 원소라고 해요. 따라서 동위 원소는 원자 번호가 서로 같아요.

24 강 핵에너지

**개념 확인 문제** ● 본책 197쪽  
1 (1) × (2) ○ 2 A=17, Z=2 3 경수로

1 (1) 핵연료의 연쇄 반응이 일어나기 위해서는 중성자의 속력을 느리게 해야 하는데, 이때 중성자의 속력을 느리게 하는 물질을 감속재라고 한다.

2 핵반응식에서 질량수와 전하량이 보존된다.  
질량수의 보존 :  $14+4=A+1 \therefore A=17$   
전하량의 보존 :  $7+Z=8+1 \therefore Z=2$

**문제 다지기** ● 본책 198~199쪽

**기본문제** 01 연쇄 반응 02 ④ 03 ③ 04 ②  
05 ① 06 400 Bq  
**실력문제** 07 해설 참조 08 ③ 09 ③ 10 ②  
11 ④

01

**알짜풀이** ● 핵연료의 원소들이 중성자를 흡수, 방출하면 다른 원소가 중성자를 흡수하면서 연쇄적으로 계속 분열하는 현상을 연쇄 반응이라고 한다. **답 연쇄 반응**

02

**알짜풀이** ● ④ 제어봉은 원자로 내에서 중성자를 흡수하여 핵분열 속도를 조절하는 장치이다.  
**오답내기** ● ① 원자력 발전은 핵분열 반응을 이용한다.  
② 제어봉에는 카드뮴이나 붕소 등이 사용된다.  
③ 감속재는 중성자의 속력을 느리게 하는 물질로, 물이나 흑연 등이 사용된다.  
⑤ 우라늄  $^{235}_{92}U$ 는 빠른 중성자를 잘 흡수하지 못한다. **답 ④**

03

**알짜풀이** ● ㄱ. 양성자수는 원자 번호와 같다. 따라서 A를 구성하는 양성자는 6개이다.  
ㄴ. 중성자수는 질량수에서 원자 번호를 뺀 값과 같으므로, A는 8개이고 B는 7개이다.  
**오답내기** ● ㄷ. A와 B는 원자 번호가 서로 다르므로 동위 원소가 아니다. **답 ③**

04

**알짜풀이** ● ㄴ. 핵반응 후에도 질량수가 보존되므로  $2+3=A+1$ 에서 (가)의 질량수는  $A=4$ 이다.  
**오답내기** ● ㄱ. 가벼운 원자핵이 융합하여 더 무거운 원자핵으로 바뀌는 핵융합 반응이다.  
ㄷ. 핵반응에 의해 에너지가 방출되므로 질량 결손이 발생한다. 따라서 전체 질량이 감소한다. **답 ②**

05

**알짜풀이** ● 나. A는 경수로이며, 경수로는  $^{235}_{92}\text{U}$ 를 2~4 % 정도 농축한 저농축 우라늄을 원료로 사용한다.

**오답넘기** ● 가. 경수로와 중수로는 감속재와 냉각재로 사용하는 물의 종류에 따라 구분된다.

다. B의 중수는 감속재와 냉각재로 사용된다. **답 ①**

06

**알짜풀이** ● 반감기가 1번 지날 때마다 방사능량은  $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하므로 반감기가 4번 지나면 방사능량은  $\frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$ (배)로 감소한다. 따라서 48시간이 지난 후 남아 있는 방사능량은  $6,400 \times \frac{1}{16} = 400$ (Bq)이다. **답 400 Bq**

07

**모범답안** ● 감속재는 중성자의 속력을 느리게 한다. 제어봉은 중성자를 흡수하여 핵분열 속도를 조절한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 둘 중 1개의 역할만 바르게 설명한 경우	50 %

08

**알짜풀이** ● 가. 핵분열 전후에 질량수의 합이 보존되므로  $235 + 1 = A + 92 + (3 \times 1)$ 에서 X의 질량수는  $A = 141$ 이다.

나. 전하량의 합이 보존되므로  $92 = 56 + Z$ 에서 Y의 양성자수는  $Z = 36$ 이다. 따라서 Y에 포함된 중성자는  $92 - 36 = 56$ (개)이다.

**오답넘기** ● 다. 핵분열을 하면서 엄청난 에너지가 방출되는 데, 이것은 질량 결손에 의해 방출되는 에너지이다. 따라서 핵반응 과정에서 전체 질량은 감소한다. **답 ③**

09

**알짜풀이** ● 다. 질량 결손이  $\Delta m$ 일 때 발생하는 에너지는  $E = \Delta mc^2$ 이다. 여기서  $c$ 는 광속이다.

**오답넘기** ● 가. (가)는  $(1 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{13}$ (J)이다.

나. ㉠이 1시간 동안 생산하는 전기 에너지는  $(1.4 \times 10^9 \text{ J/s}) \times 3,600 \text{ s} = 5.04 \times 10^{12}$  J이다. 그러므로 (가)보다 작다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● 나. 중수로에서는 천연 우라늄을 핵연료로 사용한다.

**오답넘기** ● 가. 감속재와 냉각재로 중수가 사용되므로 이 원자리의 종류는 중수리이다.

다. 중수는 감속재와 냉각재로 사용된다. 따라서 ㉠은 중성자의 속력을 느리게 한다. **답 ②**

11

**알짜풀이** ● 중성자는 질량수가 1이고 원자 번호가 0이므로 ㉠은 질량수가 1이고 원자 번호가 1인 양성자이다.

우공비 BOX

영어 알기

Bq(베크렐)

매초 1개의 방사성 원소가 붕괴하는 방사능량이 1 Bq 이예요.

조심조심

핵반응 전후로 질량수는 보존되지만, 질량은 일부가 에너지로 전환되면서 감소해요.

보충 설명

eV

1 eV는 전자가 1V의 전위차에 의해 갖는 퍼텐셜 에너지예요. 전자의 전하량이  $e = -1.6 \times 10^{-19}$  C이므로 1 eV를 J의 단위로 환산하면 다음과 같아요.  
 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

11,520년은 반감기의 2배이므로 11,520년이 지나면  $^{14}\text{C}$ 의 양은 살아 있을 때의  $\frac{1}{4}$ 배가 된다. **답 ④**

25강 여러 가지 발전 방식

개념 확인 문제

● 본책 201쪽

- 1 (1) ㉠ p형 반도체 ㉡ n형 반도체 (2) ㉠ p ㉡ n  
2 (-)극 3 물 분자,  $\text{H}_2\text{O}$

2 연료 전지의 (-)극에서는 수소 분자( $\text{H}_2$ )가 전자를 내놓고 수소 이온( $\text{H}^+$ )이 된다.

3 연료 전지의 (+)극에서는 공급된 산소와 전자, 수소 이온이 결합하여 물 분자( $\text{H}_2\text{O}$ )가 만들어진다.

문제 다지기

● 본책 202~203쪽

- 기본문제 01 ② 02 ② 03 ㉠ 셀 ㉡ 어레이 04 ④  
05 ③ 06 ④  
실력문제 07 ① 08 ① 09 ④ 10 (1) A극 : (-)  
극, B극 : (+)극 (2) 해설 참조 11 ③

01

**알짜풀이** ● 나. 빛을 쬐이면 p형 반도체에서는 양공이 생성된다.

**오답넘기** ● 가. 태양 전지는 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 따라서 (가)는 빛에너지이다.

다. n형 반도체에서 전하 나르개는 (-)전하인 자유 전자이다. **답 ②**

02

**알짜풀이** ● p형 반도체에서는 (+)전하를 띠는 양공이 만들어지고, n형 반도체에서는 (-)전하를 띠는 자유 전자가 만들어진다. **답 ②**

03

**알짜풀이** ● • ㉠ : 태양 전지의 기본 단위는 셀이다.  
• ㉡ : 여러 개의 모듈을 연결하여 제작한 장치를 어레이라고 한다. **답 ㉠ 셀 ㉡ 어레이**

04

**알짜풀이** ● 나, 다. 연료 전지는 에너지 전환 효율이 40~60 % 정도로 높으며, 공해 물질을 거의 배출하지 않는다.

**오답넘기** ● 가. 연료 전지는 수소와 산소를 반응시켜 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. **답 ④**

05

**알짜풀이** ● • ⊖, ⊕ : 연료 전지의 (-)극에는 수소(H<sub>2</sub>)를 공급하고 (+)극에는 산소(O<sub>2</sub>)를 공급한다.

• ⊕ : 연료 전지의 (+)극에서는 공급된 산소(O<sub>2</sub>)와 수소 이온(H<sup>+</sup>), 전자가 결합하여 물 분자(H<sub>2</sub>O)가 만들어진다.

답 ③

06

**알짜풀이** ● 오목거울을 이용하여 태양 광선을 모으고, 그 열로 물을 끓여 발전하는 방식은 태양열 발전이다. 태양 전지를 이용한 발전 방식은 태양광 발전이다.

답 ④

07 | 자료 분석하기 |

태양 빛

P (-)극 n형 반도체

Q (+)극 p형 반도체

전구

- 원자 속의 전자가 원자가띠에서 전도띠로 갈 수 있는 에너지를 흡수하면 p형 반도체에서는 양공(+), n형 반도체에서는 자유 전자(-)가 생성된다.
- 태양 전지에 태양 빛이 입사되면 반도체 내의 전자와 양공이 들뜬상태가 되어 반도체 내부를 자유로이 이동하는 상태가 된다.
- p형 반도체와 n형 반도체 표면에 전극을 형성하여 전자를 외부 회로로 흐르게 하면 전류가 발생한다.

**알짜풀이** ● ㄱ. 태양 전지에서 (+)전하의 운반체는 양공이므로, 양공은 p형 반도체에서 만들어진다.

**오답넘기** ● ㄴ. p형 반도체가 (+)극이고, n형 반도체가 (-)극이다. 따라서 전류의 방향은 Q → 전구 → P이다.

ㄷ. n형 반도체에서는 (-)전하를 띠는 자유 전자가 생성된다.

답 ①

08

**알짜풀이** ● ㄱ. 태양 전지에 빛을 쬐일 때 LED에 불이 켜지므로 LED에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 도선 A는 태양 전지의 (+)단자에 연결되어 있다.

**오답넘기** ● ㄴ. 태양 전지의 p형 반도체는 (+)단자이고 n형 반도체는 (-)단자이다. 따라서 B에는 태양 전지의 n형 반도체가 연결되어 있다.

ㄷ. LED에 불이 들어오는 것은 순방향 전압이 걸리기 때문이다.

답 ①

09

**알짜풀이** ● ㄴ. A가 (-)극이고 B가 (+)극이므로 전자는 A → 전구 → B 방향으로 이동한다.

ㄷ. (+)극에서는 공급된 산소와 이동해 온 전자, 수소 이온이 결합하여 물 분자(H<sub>2</sub>O)가 만들어진다. 따라서 (가)는 물(H<sub>2</sub>O)이다.

우공비 BOX

조심조심

태양열 발전은 빛에서 발생한 열을 이용하여 전기 에너지를 얻고, 태양광 발전은 태양 전지라는 반도체를 이용하여 직접 전기 에너지를 얻어오.

쉽게쉽게

n형 반도체에서 전하 운반체는 전자이고, p형 반도체에서 전하 운반체는 양공이요.

보충 설명

LED(발광 다이오드)

순방향 전압에 의해 전류가 흐를 때, n형 반도체에서 p형 반도체에 도달한 전자들이 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 이동하면서 띠틈에 해당하는 만큼의 에너지가 빛의 형태로 방출되는 다이오드예요.

**오답넘기** ● ㄱ. 연료 전지에서 수소(H<sub>2</sub>)는 (-)극에 공급된다. 따라서 A는 (-)극이다.

답 ④

10

**알짜풀이** ● (1) 연료 전지의 (-)극에서는 수소 분자가 수소 이온으로 되고, (+)극에서는 물 분자가 만들어진다.

답 A극 : (-)극, B극 : (+)극

**모범답안** ● (2) 전류의 방향은 B극 → 전기 기구 → A극이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 전류의 방향을 B → A라고 설명한 경우	50%

11

**알짜풀이** ● ㄷ. 태양광 발전, 풍력 발전, 조력 발전은 환경 오염 물질을 거의 배출하지 않는다.

**오답넘기** ● ㄱ. 태양광 발전, 풍력 발전, 조력 발전은 재생 에너지를 이용한다.

ㄴ. 태양광 발전은 발전기를 사용하지 않는다.

답 ③

우공비

비법 특강

● 본책 204~205쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ④ 4 ②

1

**알짜풀이** ● ㄴ. 같은 전력을 송전할 때 송전 전압이 2배로 증가하면 회로에 흐르는 전류의 세기는 1/2 배로 감소한다.

따라서  $P_{손실} = I^2 r$ 에서 송전선에서의 손실 전력이 1/4 배로 감소한다.

ㄷ. 소비지에 공급하는 전압은 증가하므로 흐르는 전류의 세기는 감소한다. 따라서 전압 2V로 전력을 공급하는 경우에는 소비지의 저항이 R보다 커져야 한다.

**오답넘기** ● ㄱ. 공급 전력이 같으므로 공급 전압이 2배로 증가하면 회로에 흐르는 전류의 세기는 1/2 배로 감소한다. 따라서 소비지에 흐르는 전류의 세기가 1/2 배로 감소한다.

답 ⑤

2

**알짜풀이** ● 변압기 (가)의 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비가 1 : 4이므로 2차 코일의 전압은 400 V이고, 전류는 10 A이다. 변압기 (나)에서 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비가 2 : 1이므로 2차 코일에 연결된 전기 기구의 전압은 200 V이고, 흐르는 전류는 20 A이다.

답 ③

3

**알짜풀이** ● ㄱ. 반응 전후에 질량수가 보존되므로  $238 + 1 = A + 0$ 에서 (가)의 질량수는  $A = 239$ 이다.

ㄷ.  $^{239}_{94}\text{Pu}$ 의 중성자수는  $239 - 94 = 145$ 이고,  $^{238}_{92}\text{U}$ 의 중성자수는  $238 - 92 = 146$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. (나)의 질량수와 전하량(원자 번호)을 각각 x, y라고 하면  $239 = 239 + x$ ,  $93 = 94 + y$ 에서  $x = 0$ ,  $y = -1$ 이다. 따라서 (나)는 렙톤의 일종인 전자이다.

답 ④

4

**알짜풀이** ● **ㄷ.** B는 n형 반도체, C는 p형 반도체로, 빛을 쬐이면 p형 반도체에서는 양공이 만들어진다.

**오답탐기** ● **ㄱ.** A는 빛을 받아서 전기를 생산하는 태양 전지이다.

**ㄴ.** 태양 전지에서 전류의 방향은 'p형 반도체 → 전기 기구 → n형 반도체'이다. 따라서 B는 n형 반도체이다. **답 ②**

수능 문제

실력 굳히기

● 본책 206~209쪽

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

01

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 화석 연료와 태양열은 물을 끓여 증기를 발생시켜 발전기를 돌린다. 따라서 (가)에 속한다.

**ㄴ.** 원자로에서는  $^{235}_{92}\text{U}$ 가 핵분열하면서 에너지가 발생한다. 따라서 핵에너지가 열에너지로 전환된다.

**오답탐기** ● **ㄷ.** 송전선에 의한 에너지 손실을 줄이기 위해서는 송전 전압을 높여야 한다. **답 ③**

02

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 자석이 플라스틱관을 낙하하는 데 걸린 시간이 0.4초이므로 관의 길이는  $h = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.4)^2 = 0.8(\text{m}) = 80(\text{cm})$ 이다.

**ㄴ.** 네오디뮴 자석은 구리관을 낙하하는 동안 운동 반대 방향으로 자기력을 받는다. 따라서 낙하하는 데 걸리는 시간은 0.4초보다 길다.

**ㄷ.** 네오디뮴 자석이 도체인 구리관을 통과하는 동안 전자기 유도 법칙에 의해 유도 기전력이 발생하므로 구리관에 전류가 흐르고, 이 때문에 자석은 운동 반대 방향으로 자기력을 받는다. **답 ⑤**

03

**알짜풀이** ● **ㄴ.** 발전소에서 공급하는 전력은  $P = 1\text{만} \times 400 = 400\text{만}(\text{W})$ 이다. 따라서 에너지 손실을 무시하면 소비자에서 사용하는 전력도 400만 W이다.

**오답탐기** ● **ㄱ.** 전압과 전류를 곱한 값이 같은데, 송전선에서의 전압이 더 크기 때문에 전류는 더 작다( $I_2 > I_1$ ).

**ㄷ.** 에너지 손실을 무시하면 변전소에 들어오는 전력과 변전소에서 나가는 전력이 같다. **답 ②**

04

**알짜풀이** ● (나)의 전압이 (가)의 2배이고, 전구의 소비 전력이 같으므로 전구에 흐르는 전류는 (나)에서가 (가)에서의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 전구의 저항은 (나)에서가 (가)에서의 4배가 되므로  $R = 40 \Omega$ 이다.

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

태양 전지의 p-n 접합부에서 p형 반도체의 양공 중 일부가 n형 반도체로, n형 반도체의 전자 중 일부가 p형 반도체로 이동하여 n형 반도체는 (+)전하를 띠고 p형 반도체는 (-)전하를 띠게 돼요. 따라서 n형 → p형 반도체 쪽으로 약한 전기장이 형성되는 거예요.

● 쉽게 쉽게 ●

자유 낙하하는 물체는 중력 가속도로 등가속도 운동하는 것과 같으므로 낙하 거리는 다음과 같아요.  
 $s = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow h = \frac{1}{2}gt^2$

● 조심조심 ●

전열기의 저항이 전구의 저항에 비해 매우 작기 때문에 회로 전체의 합성 저항을 구할 때, 전열기의 저항은 무시할 수 있는 거예요. 따라서 회로에 흐르는 전류는 전구의 저항에 의해 결정돼요.

회로에 흐르는 전류가 (나)에서가 (가)에서의  $\frac{1}{2}$ 배이고, 전열기의 소비 전력은  $P = I^2R$ 에서 (나)에서가 (가)에서의  $\frac{1}{4}$ 배이므로 (나)에서 전열기의 소비 전력은  $(2 \times 10^{-3}) \times \frac{1}{4} = 5 \times 10^{-4}(\text{W})$ 이다. **답 ⑤**

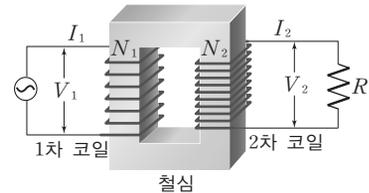
05

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 교류는 전류의 방향과 세기가 주기적으로 바뀌는 전류이다.

**ㄴ.** 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류가 감소하므로 송전선에서의 전력 손실이 감소한다.

**ㄷ.** 변압기에 입력되는 전압과 출력되는 전압의 비는 코일의 감은 수의 비와 같다. 따라서 전압을 높이기 위해서는 1차 코일의 감은 수보다 2차 코일의 감은 수를 크게 해야 한다. **답 ⑤**

06 | 자료 분석하기



변압기

• 1차 코일과 2차 코일을 통과하는 자기력선속이 같으므로 ( $\Phi_1 = \Phi_2$ ), 1차 코일과 2차 코일에 걸리는 전압의 비는 코일의 감은 수의 비와 같다.

$$V_1 : V_2 = N_1 \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} : N_2 \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} = N_1 : N_2$$

• 1차 코일에 흐르는 전류의 위상과 전압의 위상이 같도록 조절하면 공급 전력은  $V_1I_1$ 이다. 따라서  $V_1I_1 = V_2I_2$ 에서 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

**알짜풀이** ● **ㄱ.** 2차 코일의 감은 수가 1차 코일의 감은 수의  $\frac{1}{2}$ 배이므로, 2차 코일에 걸린 전압은  $V$ 이다. 따라서 저항 A에 걸린 전압은  $V$ 이다.

**ㄴ.** 저항 A, B에 흐르는 전류는 각각  $\frac{V}{R}, \frac{V}{2R}$ 이다. 따라서 전류계의 측정값은  $\frac{V}{R} + \frac{V}{2R} = \frac{3V}{2R}$ 이다.

**오답탐기** ● **ㄷ.** 저항 A, B는 병렬로 연결되어 있으므로 걸린 전압이 같다. 따라서 저항이 B의  $\frac{1}{2}$ 배인 A에 흐르는 전류가 B의 2배이다. 그러므로 소비 전력은 A가 B의 2배이다. **답 ④**

07

**알짜풀이** ● **ㄴ.** 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 가 중성자를 흡수, 방출하면 다른 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 가 중성자를 흡수하면서 연쇄적으로 분열한다. 따라서 연쇄 반응이 일어난다.

**오답넘기** ● ㄱ. 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 는 중성자를 흡수하여 핵분열하면서 2~3개의 중성자를 방출한다. 따라서 ㉠은 중성자이다.

ㄷ. 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 는 빠른 중성자를 흡수하지 못하고, 느린 중성자를 잘 흡수한다. 따라서 ㉠의 속력이 느릴수록 잘 분열된다. **답 ㉡**

### 08

**알짜풀이** ● ㄷ. ㉠은 중성자이다. 따라서 3개의 쿼크로 이루어져 있다.

**오답넘기** ● ㄱ. 가벼운 원자핵이 더 무거운 원자핵으로 바뀐다. 따라서 핵융합 과정이다.

ㄴ. 핵반응에 의해 에너지가 방출되므로 질량 결손이 발생한다. 따라서 A의 질량이 B의 질량보다 크다. **답 ㉢**

### 09

**알짜풀이** ● ㄴ. B는 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 의 핵분열 과정이다. 따라서 원자력 발전소에서 일어나는 반응이다.

**오답넘기** ● ㄱ. A, B 모두 핵반응 과정에서 에너지가 방출된다. 따라서 A, B 모두 질량 결손이 일어난다.

ㄷ. (가)는 중성자이다. 따라서 질량수는 1이다. **답 ㉠**

### 10

**알짜풀이** ● ㄱ. 입자 (가)의 원자 번호를  $x$ 라고 하면 핵반응식에서 전하량(원자 번호)의 합이 보존되므로,  $7+2=x+1$ 에서 (가)의 원자 번호는  $x=8$ 이다.

ㄷ. 헬륨  $4\text{(He)}$ 는 원자 번호가 2이고, 질량수가 4이므로 양성자 2개와 중성자 2개로 구성되어 있다.

**오답넘기** ● ㄴ. 입자 (가)의 질량수를  $y$ 라고 하면 핵반응식에서 질량수의 합이 보존되므로,  $14+4=y+1$ 에서 (가)의 질량수는  $y=17$ 이다. 따라서 (가)의 중성자수는 질량수-원자 번호= $17-8=9$ 이다. **답 ㉣**

### 11

**알짜풀이** ● ㄱ. 핵반응식에서 전하량의 합이 보존되므로,  $92+0=(가)+38$ 에서 (가)는 54이다.

ㄴ. 핵반응 과정에서 질량 결손이 일어나므로 A의 질량은 B의 질량보다 크다.

**오답넘기** ● ㄷ. 흑연은 감속재로 사용된다. 따라서  $^1_0\text{n}$ 의 속력을 느리게 하는 물질로 사용된다. **답 ㉢**

### 12

**알짜풀이** ● ㄱ. (가), (나) 모두 질량수가 0이고 전하량이 -1이다. 따라서 (가), (나)는 전자이다.

ㄴ. 고속 중성자에서는  $^{238}_{92}\text{U}$ 이 핵연료인  $^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 바뀐다. 따라서 핵연료의 증식이 일어난다.

**오답넘기** ● ㄷ. 고속 중성자에서는  $^{238}_{92}\text{U}$ 에 빠른 중성자를 충돌시킨다. 따라서 감속재를 사용하지 않는다. **답 ㉢**

### 13

**알짜풀이** ● ㄴ. 아이오딘 131의 반감기가 8일이므로, 16일이 지나면 방사능량이  $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

### 우공비 BOX

#### ● 보충 설명 ●

#### 방사능의 단위

• 방사능량 : 어떤 물질에서 얼마만큼 방사능 변환이 일어나는가를 알려주는 값으로, 단위는 Bq(베크렐)을 사용해요.

• 방사선량 : 방사선이 얼마나 쬐이는가를 나타내는 값으로, 단위는 Gy(그레이) 또는 Sv(시버트)를 사용해요.

#### ● 보충 설명 ●

#### 양성자와 중성자를 이루는 쿼크

• 양성자 : u 쿼크 2개와 d 쿼크 1개로 이루어져 있어요.

• 중성자 : u 쿼크 1개와 d 쿼크 2개로 이루어져 있어요.

**오답넘기** ● ㄱ. Bq(베크렐)은 얼마만큼 방사능 변환이 일어나는지를 기준으로 정한 값이다.

ㄷ. 60년이 지나면 아이오딘 131은 거의 남아 있지 않고 세슘 137은 처음 양의  $\frac{1}{4}$ 배가 된다. 따라서 남아 있는 방사성 물질의 양은  $(4 \times 10^{15}) \times \frac{1}{4} = 1 \times 10^{15}(\text{Bq})$ 이 된다. **답 ㉡**

### 14

**알짜풀이** ● ㄱ. LED에서 빛이 방출되므로 LED에는 순방향 전압이 걸렸다. 따라서 B는 p형 반도체이고 A는 n형 반도체이다. 따라서 태양 전지의 p-n 접합면에 형성된 전기장에 의해 전자는 A쪽으로 이동한다.

ㄴ. LED에 전류가 흐른다. 따라서 LED의 p-n 접합면에서 전자와 양공이 결합한다.

**오답넘기** ● ㄷ. 집게 a, b를 서로 바꾸어 연결하면 LED에 역방향 전압이 걸려 전류가 흐르지 않는다. 따라서 LED는 빛을 방출하지 않는다. **답 ㉢**

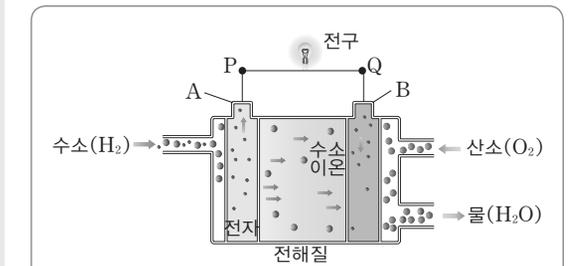
### 15

**알짜풀이** ● ㄴ. 전자는 (-)극에서 나와 (+)극으로 들어간다. 따라서 전자의 이동 방향은 P → 전구 → Q이다.

**오답넘기** ● ㄱ. A는 n형 반도체에 의해 만들어지는 극이므로 (-)극이고, B는 p형 반도체에 의해 만들어지는 극이므로 (+)극이다.

ㄷ. p-n 접합면에서 (-)전하를 띤 자유 전자는 n형 반도체 쪽으로 이동하고, (+)전하를 띤 양공은 p형 반도체 쪽으로 이동한다. **답 ㉡**

### 16 | 자료 분석하기 |



**반응 과정**

- A((-)극)에서 수소가 수소 이온과 전자로 분해된다.
- 수소 이온은 전해질을 거쳐 B(+극)로 이동하고, 전자는 도선을 따라 이동하여 전류를 발생시킨다.
- (+)극에서 수소 이온과 전자, 산소가 결합해 물이 생성된다.

**알짜풀이** ● ㄱ. A에서 수소가 수소 이온과 전자로 분해되고, 전자는 도선을 따라 P에서 Q로 이동한다. 따라서 A는 (-)극이다.

ㄷ. 수소와 결합하는 반응은 환원 반응이다. 따라서 B에서 산소 기체가 수소와 결합하여 물이 되므로, 산소 기체는 환원된다.

**오답넘기** ● ㄴ. 전자의 이동 방향은 P → 전구 → Q이다. 따라서 전류의 방향은 Q → 전구 → P이다. **답 ㉣**

#### ● 쉽게 쉽게

산소를 얻거나 수소를 잃거나 전자를 잃는 경우에 산화되었다고 해요. 반대로 산소를 잃거나 수소를 얻거나 전자를 얻는 경우에 환원되었다고 해요.

12 돌림힘과 유체의 이용

26 ㉔ 돌림힘과 평형 상태

개념 확인 문제

●본책 212쪽

- 1 (1) 두꺼울 (2) 클 2 2 : 1 3 힘의 평형, 돌림힘의 평형 4 ㉠ 올라 ㉡ 내려

2 돌림힘의 크기는 팔의 길이가 길수록, 힘의 크기가 클수록 크다.

3 물체가 평형 상태를 유지하려면 모든 힘의 합력이 0이고, 모든 돌림힘의 합도 0이어야 한다.

문제 다지기

●본책 213~215쪽

- 기/본/문/제 01 ㉠ 돌림힘(또는 토크) ㉡ N·m 02 (1) ㉠ (2) ㉡ 03 ㉢ 04 ㉡ 05 ㉠ 무게 중심 ㉡ 포물선 06 ㉡  
 실/력/문/제 07 ㉢ 08 ㉡ 09 ㉡ 10 ㉠ 11 ㉣  
 12 해설 참조 13 ㉡ 14 ㉣ 15 ㉢

01

알짜풀이 ● 회전 운동을 변화시키는 원인을 돌림힘(토크)이라고 하며, 단위로는 N·m를 사용한다.

답 ㉠ 돌림힘(또는 토크) ㉡ N·m

02

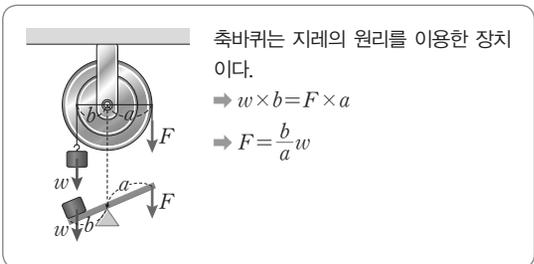
알짜풀이 ● (1) 돌림힘의 크기는  $\tau = Fl \sin \theta = 20 \times 0.15 \times \sin 90^\circ = 3(\text{N}\cdot\text{m})$ 이다.

(2) 돌림힘의 크기가 3 N·m인데, 너트의 반지름이 0.5 cm = 0.005 m이다. 따라서  $3 = F \times 0.005$ 에서 너트에 작용해야 하는 힘의 크기는  $F = 600 \text{ N}$ 이다. 답 (1) ㉠ (2) ㉡

03

알짜풀이 ● 정지 상태에 있으므로 돌림힘의 합이 0이 되어야 하며, 이것은 시계 방향으로 회전시키려는 돌림힘과 반시계 방향으로 회전시키려는 돌림힘의 크기가 같다는 것을 의미한다. 반시계 방향으로 회전시키려는 돌림힘의 크기는  $800 \times 0.05 = 40(\text{N}\cdot\text{m})$ 이고, 시계 방향으로 회전시키려는 돌림힘의 크기는  $F \times 0.8 = 40$ 이므로  $F = 50 \text{ N}$ 이다. 답 ㉢

04 | 자료 분석하기 |



우공비 BOX

●보충 설명  
 $F = \frac{b}{a} w$ 에서  $a > b$ 이므로  $F < w$ 이요, 즉, 축바퀴를 사용하면 반지름의 차이에 의해 물체의 무게보다 작은 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있어요.

●보충 설명  
 드라이버 손잡이의 지름이 클수록 나사를 돌릴 때 힘이 작게 들어요.

●조심조심  
 돌림힘의 단위는 N·m이므로 팔의 길이가 cm 단위로 표시되어 있다면 m 단위로 환산해서 계산해야 해요.

○알짜풀이 ● 물체의 속력이 일정하므로 평형 상태에 있다. 따라서 돌림힘의 합이 0이 되어야 하므로  $w \times b = F \times a$ 에서  $F = \frac{b}{a} w$ 이다. 답 ㉡

05

알짜풀이 ● 물체를 구성하는 입자들의 평균적인 위치를 무게 중심이라고 한다.

물체를 비스듬하게 던져 올리면 무게 중심은 포물선 경로를 따라 이동한다. 답 ㉠ 무게 중심 ㉡ 포물선

06

알짜풀이 ● ㄴ. 장난감이 정지해 있으므로 평형 상태에 있다. 따라서 장난감에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.

오답넘기 ● ㄱ. 기울었다가 놓으면 흔들리다가 다시 원래 상태로 되돌아오므로 장난감은 안정한 평형 상태에 있다.  
 ㄷ. 무게 중심이 받침대 연직 아래쪽에 있어 기울었을 때 위로 올라간다. 따라서 무게 중심이 낮아지려는 방향으로 복원력이 작용해 원래의 상태로 되돌아가는 것이다. 답 ㉡

07

알짜풀이 ● ㄱ. 이 나사를 풀 때 필요한 돌림힘의 크기는  $\tau = Fl \sin \theta = 20 \times 0.03 = 0.6(\text{N}\cdot\text{m})$ 이다.

ㄴ. B의 반지름은 1 cm이므로,  $0.6 = F \times 0.01$ 에서 B를 사용할 때 필요한 힘의 크기는  $F = 60 \text{ N}$ 이다.

오답넘기 ● ㄷ. 어떤 드라이버를 사용하더라도 일의 이득은 없다. 따라서 A와 B를 사용할 때 필요한 일은 같다. 답 ㉢

08

알짜풀이 ● ㄷ.  $F = 100 \text{ N}$ 이고  $F$ 를 작용하여 이동한 거리가 45 cm = 0.45 m이다. 따라서 힘  $F$ 가 한 일은  $W = 100 \times 0.45 = 45(\text{J})$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. 돌림힘의 평형에 의해  $150 \times 10 \times 0.05 = F \times 0.75$ 이므로  $F = 100 \text{ N}$ 이다.

ㄴ. 일의 원리에 의해  $150 \times 10 \times 0.03 = 100 \times s$ 이므로 손이 이동한 거리는  $s = 0.45 \text{ m} = 45 \text{ cm}$ 이다. 답 ㉡

09

알짜풀이 ● ㄱ. 돌림힘이 평형을 이루고 있으므로  $40 \times 10 \times 2.5 = m \times 10 \times 2$ 에서 철수의 질량은  $m = 50 \text{ kg}$ 이다.

ㄴ. 힘의 평형에 의해 받침대가 시소를 떠받치는 힘의 크기는 영희, 철수, 시소의 무게 합과 같다.

$F = (40 + 50 + 30) \times 10 = 1,200(\text{N})$

ㄷ. 받침대를 기준으로 영희가 시소에 작용하는 돌림힘의 크기는  $\tau = 40 \times 10 \times 2.5 = 1,000(\text{N}\cdot\text{m})$ 이다. 답 ㉡

10

알짜풀이 ● ㄱ. p를 기준으로 A의 무게에 의한 돌림힘의 크기는  $\tau_A = 20 \times 0.2 = 4(\text{N}\cdot\text{m})$ 이다.

오답넘기 ● ㄴ. 막대의 무게 중심은 p로부터 5 cm 오른쪽에 있다. 따라서 돌림힘의 평형에 의해  $20 \times 0.2 = (m \times 10 \times 0.05) + (10 \times 0.3)$ 이므로 막대의 질량은  $m = 2 \text{ kg}$ 이다.

ㄷ. 힘의 평형에 의해 실이 막대를 당기는 힘의 크기는 물체

A, B와 막대의 무게의 합과 같다.

$$F = (2 + 1 + 2) \times 10 = 50(\text{N}) \quad \text{답 ①}$$

### 11

**알짜풀이** ● 아래쪽 막대의 무게 중심이 실로부터 20 cm 오른쪽에 있으므로, 돌림힘의 평형에 의해  $2 \times 10 \times 0.3 = m \times 10 \times 0.2$ 에서 막대의 질량은  $m = 3 \text{ kg}$ 이다. 물체와 막대의 전체 질량이 11 kg이므로 힘의 평형에 의해 천장이 실을 당기는 힘의 크기는  $F = 11 \times 10 = 110(\text{N})$ 이다. **답 ④**

### 12

**모범답안** ● 돌림힘의 합을 0으로 만들어 평형 상태를 유지하기 위해서이다.

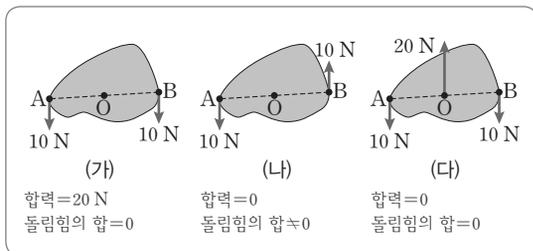
채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 평형 상태를 이루기 위해서라고 설명한 경우	30 %

### 13

**알짜풀이** ● 페달 기어의 반지름이 작을수록, 뒷바퀴 기어의 반지름이 클수록 오르막길을 쉽게 오를 수 있다.

**오답넘기** ● 뒷바퀴 기어의 회전수와 뒷바퀴의 회전수는 같고, 페달 기어와 뒷바퀴 기어는 체인으로 연결되어 있어 회전 속력이 같으며, 페달과 페달 기어의 회전수는 같다. 페달을 한 바퀴 회전시킬 때, 뒷바퀴가 가장 조금 회전할 때 힘이 최소가 된다. **답 ②**

### 14 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. (가)에서 물체에 작용하는 합력이 아래 방향으로 20 N이다. 따라서 무게 중심 O의 가속도의 크기는  $a = \frac{F}{m} = \frac{20}{10} = 2(\text{m/s}^2)$ 이다.

다. (다)에서 물체에 작용하는 합력이 0이고, 돌림힘의 합도 0이므로 물체는 평형 상태에 있다.

**오답넘기** ● 나. (나)에서는 A, B에 작용하는 힘이 모두 O에 대하여 반시계 방향의 돌림힘을 만든다. 따라서 돌림힘의 합이 0이 아니다. **답 ④**

### 15

**알짜풀이** ● 가. 인형은 안정한 평형 상태에 있다. 따라서 인형의 무게 중심은 철사보다 아래쪽에 있다.

나. 인형을 기울였다가 놓으면 인형이 흔들리다가 원래의 상태로 돌아가 정지하는데, 이것은 인형이 약간 기울어질 때 복원력이 작용하기 때문이다.

**오답넘기** ● 다. 인형은 안정한 평형 상태에 있으므로 약간 기울어지면 무게 중심이 위로 올라간다. **답 ③**

### 유공비 BOX

#### 쉽게쉽게

mm 단위에서 m 단위로 바꾸어서 계산할 때,  $1 \text{ mm}^2 = 10^{-3} \text{ m} \times 10^{-3} \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}^2$ 이예요.

#### 보충 설명

나무에 사다리 모양의 받침대를 세우는 것도 나무의 무게에 의한 돌림힘으로 나무가 쓰러지는 것을 막기 위해서예요.

#### 쉽게쉽게

cm 단위에서 m 단위로 바꾸어서 계산할 때  $1 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m} \times 10^{-2} \text{ m} = 10^{-4} \text{ m}^2$ 임에 유의하세요.

#### 보충 설명

질량은 밀도와 부피를 곱한 값과 같아요. 따라서 물의 밀도를  $\rho$ , 수면 아래에 잠긴 배의 부피를  $V$ , 중력 가속도를  $g$ 라고 하면, 부피에 해당하는 물의 무게는  $\rho V g$ 이예요.

## 27 장 유체의 법칙과 베르누이 법칙

### 개념 확인 문제

● 본책 218쪽

- 1 (1) 1 (2)  $10^6$  2 5,000 N 3 (1)  $\times$  (2)  $\times$  (3)  $\circ$

1 (2) 압력은  $P = \frac{F}{A} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6(\text{Pa})$ 이다.

2 물체가 물 위에 떠서 정지해 있으므로 부력과 무게가 평형을 이루고 있다. 따라서 부력의 크기는 무게와 같은  $500 \times 10 = 5,000(\text{N})$ 이다.

3 (1) 증가한 압력은 모든 지점에서 같다.

(2) 유압 장치를 이용하여 작은 힘으로 무거운 물체를 움직이는 경우 힘의 크기에 반비례하여 이동 거리가 길어지므로, 전체적으로 일의 양은 변함이 없다.

### 문제 다지기

● 본책 219~221쪽

- 기본문제 01 ④ 02  $20 \text{ m}^3$  03 ② 04 ④ 05 ④  
 06 ⑤  
 실력문제 07 ③ 08 ④ 09 ③ 10 ① 11 ⑤  
 12 ③ 13 ② 14 ④

### 01

**알짜풀이** ● 주사기의 단면적이  $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ 이므로, 증가한 주사기 내부의 압력은  $P = \frac{20}{10^{-4}} = 2 \times 10^5(\text{Pa})$ 이다. **답 ④**

### 02

**알짜풀이** ● 배에 작용하는 중력과 부력이 평형을 이루고 있으므로,  $mg = \rho V g$ 가 성립한다. 따라서  $(2 \times 10^4) \times 10 = (1 \times 10^3) \times V \times 10$ 에서 수면 아래에 잠긴 배의 부피를  $V = 20 \text{ m}^3$ 이다. **답  $20 \text{ m}^3$**

### 03

**알짜풀이** ●  $F$  : 두 주사기에 작용하는 압력이 같으므로  $\frac{1 \text{ N}}{2 \text{ cm}^2} = \frac{F}{1 \text{ cm}^2}$ 에서  $F = 0.5 \text{ N}$ 이다.  
 ●  $s$  : 추를 들어 올리는 데 한 일과  $F$ 가 한 일이 같다. 따라서  $W = 1 \text{ N} \times 2 \text{ cm} = 0.5 \text{ N} \times s$ 에서  $s = 4 \text{ cm}$ 이다. **답 ②**

### 04

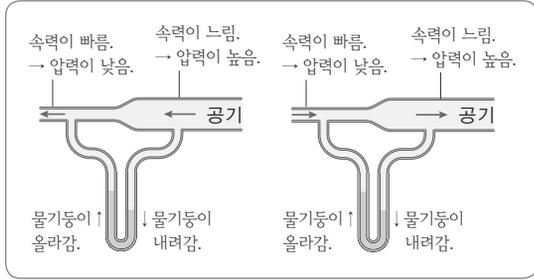
**알짜풀이** ● 가, 다. 유압 장치를 사용하면 파스칼 법칙에 따라 작은 힘으로도 무거운 물체를 들어 올릴 수 있다.

**오답넘기** ● 나. 유압 장치를 사용하더라도 필요한 일은 줄일 수 없다. **답 ④**

### 05

**알짜풀이** ● 연속 방정식에서 단면적과 유속을 곱한 값이 일정하므로,  $10 \times 2 = 5 \times v$ 에서  $v = 4 \text{ m/s}$ 이다. **답 ④**

06 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나, 리. 관의 단면적이 좁을수록 공기의 속력이 빠르므로 압력이 낮다. 압력이 낮으면 관 속의 물기둥을 약하게 누르므로 물기둥의 높이는 높아진다. 따라서 좁은 관에 연결된 쪽의 물기둥이 더 높아야 한다. ㉔ ⑤

07

**알짜풀이** ● 물체의 무게가 5 N이고, 물체의 부피에 해당하는 물의 무게가 2 N이다. 따라서 물체의 비중은  $\frac{5}{2} = 2.5$ 이다. ㉔ ③

08

**알짜풀이** ● 가. 부력은 물속에 잠긴 물체의 부피에 비례하며 물속에 잠긴 부피는 A가 B의 2배이다. 따라서 부력은 A가 B의 2배이다.

나. A, B 모두 중력과 부력이 평형을 이루므로, 중력의 크기는 부력의 크기와 같다. 따라서 A에 작용하는 중력이 B의 2배이므로 A의 질량은 B의 2배이다.

**오답넘기** ● 다. A와 B의 부피는 같고, 질량은 A가 B의 2배이므로 비중은 A가 B의 2배이다. ㉔ ④

09

**알짜풀이** ● 가. 빙산의 질량이  $9.0 \times 10^5$  kg이므로 무게는  $9.0 \times 10^6$  N이며, 물에 떠 있는 빙산에 작용하는 부력의 크기는 무게와 같은  $9.0 \times 10^6$  N이다.

나. 부력이  $9.0 \times 10^6$  N이고 물의 밀도가  $1.0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>이므로,  $9.0 \times 10^6 = (1.0 \times 10^3) \times V \times 10$ 에서 물속에 잠긴 빙산의 부피는  $V = 9.0 \times 10^2$  m<sup>3</sup>이다.

**오답넘기** ● 다. 얼음의 비중이 0.9이므로 얼음의 90%가 물속에 잠기고 10%가 물 밖으로 솟아 있게 된다. 따라서 물 밖으로 나온 빙산의 질량은  $9.0 \times 10^4$  kg이다. ㉔ ③

10

**알짜풀이** ● 가. 플라스틱병 내부의 압력이 증가하면 풍선의 크기는 작아진다.

**오답넘기** ● 나. 모든 방향에서 압력이 똑같이 증가하므로 풍선은 모든 방향으로 작아진다.

다. 증가한 압력은 모든 지점에서 같다. ㉔ ①

11

**알짜풀이** ● 가. 두 피스톤에 작용하는 압력이 같으므로  $\frac{F}{0.2} = \frac{5,000}{1}$ 에서  $F = 1,000$  N이다.

우공비 BOX

조심조심

공기의 흐름이 반대 방향으로 된다고 관에 들어 있는 물의 모습 또한 반대로 될 것이라고 생각하면 안돼요. 물기둥의 높이는 관의 단면적(즉, 공기의 속력 및 압력)과 관련이 있어요.

필수 자료

자유 낙하 운동의 식 중에서  $v^2 - v_0^2 = 2gh$ 를 사용해요.

나.  $F$ 가 한 일은 물체의 퍼텐셜 에너지 증가량과 같다. 따라서  $W = 500 \times 10 \times 0.1 = 500$ (J)이다.

다. 한 일이 같으므로  $500 = 1,000 \times s$ 에서 힘  $F$ 를 작용한 피스톤이 이동한 거리는  $s = 0.5$  m = 50 cm이다. ㉔ ⑤

12

**알짜풀이** ● 가. 이 수도꼭지에서 1초 동안 나오는 물의 양은  $(2 \times 10^{-4}) \times 2 = 4 \times 10^{-4}$ (m<sup>3</sup>)이다.

나. 수도꼭지에서 나온 물줄기는 자유 낙하한다. 따라서  $v^2 - 2^2 = 2 \times 10 \times 0.25$ 이므로 P에서 물줄기의 속력은  $v = 3$  m/s이다.

**오답넘기** ● 다. 유체의 연속 방정식에 의해 단면적과 속력의 곱이 일정하므로  $2 \times 2 = A_P \times 3$ 에서 P의 단면적은  $A_P = \frac{4}{3}$  cm<sup>2</sup>이다. ㉔ ③

13

**알짜풀이** ● 다. A점의 압력이 B점보다 낮으므로, 관 P를 따라 물이 위로 올라온다.

**오답넘기** ● 가. A점에서 관의 단면적은 관을 빠져나간 후보다 좁으므로, A점에서 공기의 속력이 관 밖에서보다 빠르다. 따라서 A점에서의 압력은 관 밖에서보다 낮다. 그런데 관 밖에서 압력은 대기압과 같고 이 값은 B점에서의 압력과 같으므로 A점의 압력이 B점보다 낮다.

나. A점의 압력이 대기압보다 낮으므로 관 P를 따라 물이 올라온다. ㉔ ②

14

**알짜풀이** ● 나, 다. 베르누이 법칙  $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh =$  일정에 의해 공기 흐름이 빠르고 높이가 높으면 압력은 낮다. A 지점에서 압력이 B 지점에서보다 높으므로 굴 내부에서 바람의 방향은 p → q → r이다.

**오답넘기** ● 가. B 지점이 불록하므로 유선이 A 지점보다 촘촘하다. 이것은 B 지점에서 공기의 흐름이 A 지점에서보다 빠르다는 것을 의미한다. ㉔ ④

우공비

비법 특강

● 본책 222~223쪽

1 ④ 2 ⑤ 3 ③ 4 ①

1

**알짜풀이** ● (가) 금속의 비중이 4이고 부피가 50 cm<sup>3</sup>이므로 금속 덩어리의 질량은 200 g이다. 따라서 금속 덩어리의 무게는 2 N이다. 그런데 물속에서 받는 부력은 부피 50 cm<sup>3</sup>에 해당하는 물의 무게와 같으므로 0.5 N이다. 따라서 금속 덩어리가 바닥을 누르는 힘의 크기는 2 N - 0.5 N = 1.5 N이다.

(나) 식용유의 비중이 0.6이므로 부피 50 cm<sup>3</sup>의 질량은  $0.6 \times 50 = 30$ (g) = 0.03(kg)이다. 따라서 금속 덩어리에 작용하는 부력은 0.3 N이고, 금속 덩어리가 바닥을 누르는 힘의 크기는 2 N - 0.3 N = 1.7 N이다. ㉔ ④

보충 설명

유체 속에 정지해 있는 물체가 유체로부터 받는 힘은 물체의 모든 면에 수직이며, 유체의 한 점에 작용하는 힘은 모든 방향으로 그 크기가 같아요.

우공비 BOX

2

**알짜풀이** ● ㄱ. A와 B에서 단면적이 같으므로 유체의 속력은 같다.

ㄷ. 속력이 같으므로  $P_A + \rho gh_A = P_B + \rho gh_B$ 가 성립한다. 따라서 더 낮은 곳에 위치한 A에서의 압력이 B에서의 압력보다 높다.

**오답넘기** ● ㄴ. 이상 유체는 압축되지 않는다. 따라서 A와 B에서 유체의 밀도는 같다. ㉔ ⑤

3

**알짜풀이** ● ㄱ. A의 단면적이 작으므로 A에서 공기의 속력이 B에서보다 빠르다. 따라서 압력은 B에서가 A에서보다 높다.

ㄴ. 물기둥은 압력이 낮은 쪽으로 올라간다. 따라서 관에 공기가 흐르면 물기둥은 왼쪽으로 올라간다.

**오답넘기** ● ㄷ. 관에 흐르는 공기의 방향이 반대로 바뀌어도 물기둥이 올라가는 방향은 변하지 않는다. 따라서 관에 오른쪽으로 공기가 흐르더라도 물기둥은 왼쪽으로 올라간다. ㉔ ③

4

**알짜풀이** ● ㄱ. 공이 반시계 방향으로 회전하므로 공의 아래쪽에 작용하는 저항력이 위쪽보다 크다. 따라서 공의 속력은 A에서가 B에서보다 빠르다.

**오답넘기** ● ㄴ, ㄷ. A에서 공기의 속력이 B에서보다 빠르므로, B에서 압력이 A에서보다 높다. 따라서 마그누스 힘의 방향은 B → A이다. ㉔ ①

조심조심

공의 진행 방향과 바람의 방향은 반대인 것에 주의해요.

보충 설명

물속에 잠긴 물체가 정지해 있으면 중력과 부력의 크기가 같아요.



실력 굳히기

● 본책 224~227쪽

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

01

**알짜풀이** ● ㄱ. 볼트를 풀기 위해 필요한 돌림힘의 크기는 일정하다. 따라서 스패너의 길이가 길수록 작은 힘으로 볼트를 풀 수 있다.

**오답넘기** ● ㄴ. 볼트를 풀기 위한 돌림힘의 크기는 스패너의 길이와 관계없이 일정하다.

ㄷ. 적당한 도구를 사용하면 힘의 크기는 줄일 수 있지만, 일의 원리에 따라 일을 줄일 수는 없다. ㉔ ①

02

**알짜풀이** ● 실이 연결된 지점에서 돌림힘의 합이 0이어야 한다. 따라서  $mga = 4mgb$ 에서  $a : b = 4 : 1$ 이다. ㉔ ⑤

03

**알짜풀이** ● ㄱ. 막대의 중심에 가까울수록 큰 힘을 작용해야 한다. 따라서 막대의 중심에서 점점 멀어지는 민수가 막대를

떠받치는 힘의 크기는 점점 작아진다.

ㄴ. 출발 후 2초인 순간, 막대 중심으로부터 철수와 민수까지 떨어진 거리는 2m로 같다. 따라서 철수와 민수가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 같다.

ㄷ. 민수가 오른쪽 끝에 도달했을 때 막대 중심으로부터 철수와 민수까지 떨어진 거리의 비는 1 : 2이다. 그런데 돌림힘이 평형을 이루므로 철수와 민수가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 비는 2 : 1이다. 따라서 철수가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 100 N이다. ㉔ ⑤

04

**알짜풀이** ● 돌림힘의 평형 조건  $aF = mgb$ 에서  $F = \frac{b}{a}mg$ 이다.

ㄱ, ㄷ.  $F_{\text{ㄱ}} = \frac{2b}{a}mg = 2F$ ,  $F_{\text{ㄷ}} = \frac{b}{a}(2mg) = 2F$

**오답넘기** ● ㄴ.  $F_{\text{ㄴ}} = \frac{b}{2a}mg = \frac{1}{2}F$  ㉔ ④

05

**알짜풀이** ● ㄴ. 안정한 평형 상태일 때 무게 중심이 가장 낮다. 따라서 무게 중심의 높이는 A가 B보다 높다.

**오답넘기** ● ㄱ. A는 돌림힘의 평형을 이루지 않는다. 따라서 평형 상태가 아니다.

ㄷ. A의 상태에서 반시계 방향으로 돌림힘이 작용하여 B의 상태가 되므로, A 상태에서 무게 중심은 접촉점의 연직선보다 왼쪽에 있다. ㉔ ②

06

**알짜풀이** ● ㄱ. 얼음에 작용하는 중력과 부력이 평형을 이루고 있으므로 얼음에 작용하는 부력의 크기는 얼음의 무게와 같다. 따라서  $F_{\text{부}} = 10 \times 10 = 100(\text{N})$ 이다.

ㄷ.  $m = \rho V$ 에서  $10 = (9.2 \times 10^2) \times V$ 이므로 얼음의 전체 부피는  $\frac{10}{9.2} \times 10^{-2} = \frac{25}{23} \times 10^{-2}(\text{m}^3)$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 물속에 잠긴 부피에 해당하는 물의 무게가 부력과 같다. 물속에 잠긴 부피에 해당하는 물의 질량이 10 kg이므로  $10 = 1 \times 10^3 \times V_{\text{잠}}$ 에서 물속에 잠긴 얼음의 부피는  $V_{\text{잠}} = 0.01 \text{ m}^3$ 이다. ㉔ ④

07

**알짜풀이** ● (가)에서 부력의 크기는 ' $2\rho Vg + A$ 의 무게'이고, (나)에서 부력의 크기는 ' $\rho Vg + A$ 의 무게'이므로, 부력의 크기는 (가)가 (나)보다  $\rho Vg$ 만큼 크다. 따라서 물속에 잠긴 부피는 (가)가 (나)보다  $V$ 만큼 크므로  $V = S(h_1 - h_2)$ 에서  $h_1 - h_2 = \frac{V}{S}$ 이다. ㉔ ③

08

**알짜풀이** ● ㄴ. 액체 A 200 cm<sup>3</sup>의 질량은  $0.8 \times 200 = 160(\text{g})$ 이므로, A가 금속 도막에 작용하는 부력은  $160 \text{ gf} = 1.6 \text{ N}$ 이다.

ㄷ. 금속 도막의 무게가  $2.4 \times 200 = 480(\text{gf}) = 4.8(\text{N})$ 이고, B가 금속 도막에 작용하는 부력이  $0.6 \times 200 = 120(\text{gf}) = 1.2(\text{N})$ 이므로 Q의 측정값은  $4.8 - 1.2 = 3.6(\text{N})$ 이다.

보충 설명

물의 밀도가 1 g/cm<sup>3</sup>이므로 표의 비중은 그 물질의 밀도와 같아요. 따라서 비중에 부피를 곱한 값이 그 물질의 질량이 돼요.

오답넘기 ● ㄱ. A와 B가 금속 도막에 작용하는 부력은 각각 1.6 N, 1.2 N이다. **답 ④**

09

알짜풀이 ● 두 피스톤 A와 B의 높이가 같으므로 액체가 A와 B에 작용하는 압력이 같다. 따라서 대기압을  $P_0$ 이라고 하면  $P_0 + \frac{F}{10^{-4}} = P_0 + \frac{10^4}{1}$ 에서  $F=1\text{ N}$ 이다. **답 ①**

10

알짜풀이 ● ㄱ. 기름이 피스톤을 미는 힘의 크기는 자동차의 무게와 같으므로 기름이 피스톤에 작용하는 압력 =  $\frac{10,000\text{ N}}{0.01\text{ m}^2} = 10^6\text{ Pa}$ 이다.

ㄷ. 기름통 내부에서 기름을 누르는 힘이  $10^6\text{ N}$ 이다. 따라서  $10^6 \times h = 10^4 \times 1$ 이므로 기름의 높이는  $h=0.01(\text{m})=1(\text{cm})$ 만큼 낮아진다.

오답넘기 ● ㄴ. 파스칼 법칙에 따라 기름통 내부의 공기의 압력과 피스톤의 압력은 같다. **답 ③**

11

알짜풀이 ● ㄴ. 한 단면을 통과하는 물의 양이 같으므로 물의 속력은 단면적에 반비례한다. 그런데 A, C에서 단면적이 같으므로 물의 속력은 같다.

ㄷ. 물의 속력이 같으므로  $P_A = P_C + \rho gh$ 에서 A와 C에서의 압력 차는  $P_A - P_C = \rho gh$ 이다.

오답넘기 ● ㄱ. A와 B의 높이가 같으므로  $P + \frac{1}{2}\rho v^2$ 이 같다. 그런데 물의 속력은 단면적이 좁은 B에서가 A에서보다 빠르다. 따라서 물의 압력은 A에서가 B에서보다 높다. **답 ⑤**

12

알짜풀이 ●  $P + \left(\frac{1}{2}\rho \times 12^2\right) = P + \left(\frac{1}{2}\rho v^2\right) + (\rho \times 10 \times 7)$ 이 성립하므로, B에서 물의 속력은  $v=2\text{ m/s}$ 이다. 따라서  $1 \times 12 = S \times 2$ 에서  $S=6\text{ cm}^2$ 이다. **답 ⑤**

13

알짜풀이 ● 굵은 관과 가는 관에서의 압력을 각각  $P_1, P_2$ 라고 하면,  $P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(12^2 - 2^2) = 70\rho$ 이다. 따라서 액체 기둥에 의한 압력은 B가 A보다  $70\rho$ 만큼 더 크다. 그런데 두 액체 A, B 기둥의 높이가 0.1 m로 같으므로  $70\rho + (\rho_A \times 10 \times 0.1) = (\rho_B \times 10 \times 0.1)$ 에서  $\rho_B - \rho_A = 70\rho$ 이다. **답 ④**

14

알짜풀이 ● 굵은 관과 가는 관에서 압력 차이는 액체 1.4 cm 높이에 의한 압력 차와 같다. 따라서 굵은 관과 가는 관에서의 압력을 각각  $P_1, P_2$ 라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - 2^2) = 500\rho \times 10 \times 0.014$   
따라서  $v_2^2 - 2^2 = 140$ 에서  $v_2 = 12\text{ m/s}$ 이고,  $30 \times 2 = A \times 12$ 에서  $A = 5\text{ cm}^2$ 이다. **답 ②**

우공비 BOX

조심조심

B 지점의 압력은 공기와 접해 있으므로 대기압과 같아요. 물통 속 물의 압력에 의한 효과를 고려하지 않도록 주의해야 해요.

조심조심

골프공의 진행 방향과 공기의 이동 방향은 반대임에 유의해야 해요.

보충 설명

기체가 일정한 압력  $P$ 을 유지하면서  $\Delta V$ 만큼 팽창하면, 기체는 외부에  $W$ 의 일을 한 거예요.  
→  $W = P\Delta V$

15

알짜풀이 ● ㄱ. 수면 A와 구멍 B에서 압력은 대기압으로 같다.

오답넘기 ● ㄴ. A에서 물의 속력이 거의 0이므로  $P_0 + \rho gh = P_0 + \frac{1}{2}\rho v^2$ 이 성립한다. 따라서 B를 통과할 때 물줄기의 속력은  $v = \sqrt{2gh}$ 이다.

ㄷ. 물줄기가 구멍 B를 통과한 후에는 자유 낙하한다. 이것은 한 번 구멍을 통과한 물 입자들이 뒤따라오는 물 입자들에 힘을 작용하지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 물이 낙하하는 동안 압력은 대기압으로 일정하다. **답 ①**

16

알짜풀이 ● 공의 진행 방향 : 공기의 이동 방향과 골프공의 회전 방향이 같으면 공기의 이동이 빠르므로 유선이 촘촘하다. 따라서 골프공의 진행 방향은 (가)와 (나) 모두  $-x$  방향이다.

• 마그누스 힘의 방향 : 유선이 촘촘할수록 속력이 빠르므로 압력이 낮다. 따라서 마그누스 힘은 (가)에서는  $+y$  방향이고, (나)에서는  $-y$  방향이다. **답 ④**

IV. 에너지

13 열역학과 에너지 전환

28 강 열역학 법칙

개념 확인 문제

● 본책 229쪽

1 15 °C 2 (1) 열평형 상태 (2) 열량 보존 법칙 3 (1) ○ (2) ×

1 288 K은 절대 온도로  $T=273+t$ 의 관계가 성립하므로,  $288=273+t$ 에서 섭씨온도  $t=15\text{ °C}$ 이다.

3 (1) 온도가 일정할 때 이상 기체의 부피는 압력에 반비례한다.

(2) 압력이 일정할 때 일정량의 이상 기체의 부피가 증가하면 기체가 외부에 일을 한 것이다.

● 본책 230~231쪽

{ 문제 다지기 }

기/본/문/제 01 (1) (가) 섭씨온도 (나) 273 (2) K 02 ②  
03 2T 04 ⑤ 05 ④ 06 ②  
실/력/문/제 07 ③ 08 ④ 09 ③ 10 ① 11 해설  
참조

01

**알짜풀이** ● (1) (가) : 1기압에서 순수한 물의 어는점을 0 °C, 끓는점을 100 °C로 하고, 그 사이를 100등분한 온도 체계는 섭씨온도이다.

(나) : 절대 온도의 간격은 섭씨온도와 같으며, 절대 온도 (T)와 섭씨온도(t)의 관계는  $T=273+t$ 이다.

(2) 절대 온도의 단위는 K(켈빈)이다.

답 (1) (가) 섭씨 온도 (나) 273 (2) K

02

**알짜풀이** ● 액체 A가 잃은 열량과 찬물이 얻은 열량이 같으며, 액체 A와 찬물의 온도 변화는 각각 49 °C, 7 °C이다. 따라서  $(4.2 \times 10^3) \times 0.2 \times 7 = c \times 0.1 \times 49$ 에서 액체 A의 비열은  $c=1.2 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ 이다. **답 ②**

03

**알짜풀이** ● 이상 기체 상태 방정식  $PV=nRT$ 에서 압력 (P)이 일정하므로 기체의 부피(V)는 절대 온도(T)에 비례한다. 따라서 부피를 2배 팽창시킨 B 상태에서 이상 기체의 절대 온도는 2T이다. **답 2T**

04

**알짜풀이** ● ㄱ.  $PV=nRT$ 에서 압력이 일정하므로 절대 온도는 부피에 비례한다. 따라서 이상 기체의 부피가 팽창하므로 온도가 높아진다.

ㄴ. 기체의 부피가 팽창한다. 따라서 기체가 외부에 일을 한다.  
 ㄷ. 기체가 외부에 일을 하므로  $W>0$ 이고, 기체의 온도가 높아지므로 내부 에너지도 증가한다( $\Delta U>0$ ). 따라서  $Q=W+\Delta U>0$ 이므로 이상 기체는 외부로부터 열을 흡수한다. **답 ⑤**

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 피스톤 위에 추를 올려놓았을 때 기체의 부피가 감소하므로 외부로부터 일을 받은 것이다.

ㄷ. 외부로부터 일을 받았고( $W<0$ ), 내부 에너지는 변하지 않았으므로( $\Delta U=0$ )  $Q=W+\Delta U<0$ 이다. 즉, 기체는 외부에 열을 방출하였다.

**오답넘기** ● ㄴ. 실린더 내부 기체의 온도는 변하지 않으므로 내부 에너지는 변하지 않았다. **답 ④**

06

**알짜풀이** ● 열기관의 에너지 효율 =  $\frac{\text{한 일}}{\text{공급받은 열}}$ 이다. 따라서 이 열기관의 에너지 효율은  $e = \frac{600}{2,000} = 0.3 = 30\%$ 이다. **답 ②**

07

**알짜풀이** ● 금속 A와 B, 찬물의 질량이 모두 같다. 따라서 스타이로폼 컵에 넣은 후, 찬물과 금속의 온도 변화는 비열에 반비례한다. 따라서 물을 기준으로 하여 A와 B의 비열을 구한 후, 두 값을 비교해야 한다.

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

단열 변화

외부와 열의 출입을 차단시키고 기체의 부피를 변화시키는 과정을 단열 변화라고 해요.

● 조심조심 ●

B → C 과정에서 그래프 아래의 면적은 그래프 BC와 부피 축이 이루는 넓이를 말하는 거예요.

● 용어 알기 ●

내부 에너지

물체를 구성하는 모든 분자들의 운동 에너지와 분자 사이에 작용하는 힘에 의한 퍼텐셜 에너지를 모두 합하여 그 물체의 내부 에너지라고 해요.

● 보충 설명 ●

열기관의 원리

열기관은 고열원에서 열을 흡수하여 외부에 일을 하고 남은 열을 주위의 저열원으로 방출한 다음 원래 상태로 되돌아와요.

● A의 온도 변화는 75 °C, A를 넣은 찬물의 온도 변화는 5 °C이다. 따라서 물의 비열을  $c$ 라고 하면, A의 비열은  $c_A = \frac{5}{75}c = \frac{1}{15}c$ 이다.

● B의 온도 변화는 60 °C, B를 넣은 찬물의 온도 변화는 20 °C이다. 따라서 B의 비열은  $c_B = \frac{20}{60}c = \frac{1}{3}c$ 이다.

∴  $c_A : c_B = \frac{1}{15}c : \frac{1}{3}c = 1 : 5$  **답 ③**

08

**알짜풀이** ● ㄱ. 단열 팽창에 의해 내부 에너지가 감소하면서 수증기가 응결한다. 따라서 (가)는 공기를 팽창시키는 과정이다.

ㄴ. 피스톤을 갑자기 잡아당겨 기체가 팽창하면서 외부에 일을 하므로 내부 에너지가 감소한다. 따라서 플라스크 내부의 공기 온도는 낮아진다.

**오답넘기** ● ㄷ. 구름의 생성 원리는 단열 팽창으로 설명할 수 있다. **답 ④**

09

**알짜풀이** ● ㄱ. A → B 과정에서 한 일이 0이므로  $\Delta U=Q$ 에서 내부 에너지 변화량은 흡수한 열량과 같다. 따라서 내부 에너지는 1.5 J 증가한다.

ㄴ. B → C 과정에서 외부에 한 일은 압력-부피 그래프 아래의 면적과 같다. 따라서  $W = \left(\frac{1}{2} \times 1 \times 1\right) + (1 \times 1) = 1.5(\text{J})$ 이다.

**오답넘기** ● ㄷ.  $PV=nRT$ 에서 절대 온도는 압력과 부피를 곱한 값에 비례한다. 그런데 B 상태와 C 상태에서 압력과 부피를 곱한 값이 같으므로 온도는 같다. **답 ③**

10

**알짜풀이** ● ㄱ. (가)와 (나)에서 P에서 Q까지 동일한 경로로 상태가 변한다. 따라서 P에서 Q까지 외부로부터 흡수한 열량은 같다.

**오답넘기** ● ㄴ. Q에서 P까지 내부 에너지 변화량은 같고, 외부로부터 받은 일은 그래프 아래의 면적과 같으므로 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 외부에 방출한 열량은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. 압력-부피 그래프에서 그래프 아래의 면적은 열기관이 외부에 하거나 외부로부터 받은 일이다. 열기관이 한 번 순환하는 동안 외부에 하는 일은 그래프 내부의 면적과 같으므로 (나)가 (가)의 2배이다. **답 ①**

11

**모범답안** ● 진술이 옳지 않다. 고립계에서 열은 반드시 고온에서 저온으로 이동하지만, 에너지를 공급하면 저온에서 고온으로 열을 이동시킬 수 있다. 우리가 사용하는 냉장고나 에어컨은 저온에서 고온으로 열을 이동시키는 장치이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 진술의 진위만 옳게 말한 경우	30%

# 29 ㉔ 에너지 전환과 이동, 전기 에너지의 이용

개념 확인 문제 ● 본책 233쪽

1 (1) ㉔ (2) ㉔ (3) ㉔ 2 용해, 기화 3 전기밥솥, 다리미, 전기장판 4 (1) 5 A (2) 44 Ω

4 (1) 전열기에 흐르는 전류는  $I = \frac{P}{V} = \frac{1,100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 5 \text{ A}$ 이다.  
 (2) 전열기의 전기 저항은  $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220 \text{ V})^2}{1,100 \text{ W}} = 44 \text{ } \Omega$ 이다.

● 본책 234~235쪽

**문제 다지기**

**기/본/문/제** 01 ② 02 ㉔ 대류 ㉔ 복사 ㉔ 전도 03  
 (1) B, C, F (2) A와 B, 승화 04 ④ 05 ⑤ 06 ②

**실/력/문/제** 07 해설 참조 08 ④ 09 ⑤ 10 ③ 11 ④

**01**  
**알짜풀이** ● 감자에 쇠 젓가락을 꽂아 삶으면 쇠 젓가락을 통해 열이 감자 내부까지 빨리 전달되어 감자가 빨리 익는다. 즉, 전도와 관련된 예이다. 햇볕을 양산으로 막으면 태양 복사 에너지를 차단할 수 있다. ㉔ ②

**02**  
**알짜풀이** ● ㉔ 공기는 대류에 의해 열을 전달한다.  
 ㉔ 전자기파 형태로 전달되는 열의 이동 방법은 복사이다.  
 ㉔ 난로에서 주전자로 전달되는 열은 전도에 의해 이동한다. ㉔ ㉔ 대류 ㉔ 복사 ㉔ 전도

**03**  
**알짜풀이** ● (1) 고체 → 액체, 액체 → 기체, 고체 → 기체 과정에서 열을 흡수하고, 반대 과정에서는 열을 방출한다.  
 (2) A, B는 승화과 같다. ㉔ (1) B, C, F (2) A와 B, 승화

**04**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 0 °C일 때 고체에서 액체로 상태가 변한다. 따라서 어는점은 0 °C이다.  
 ㄴ. 0 °C 고체 0.01 kg를 0 °C 액체로 변화시킬 때 공급된 열량이 800 cal이다. 따라서 용해열은  $\frac{800}{0.01} = 80,000(\text{cal/kg}) = 80(\text{kcal/kg})$ 이다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 고체일 때 온도를 20 °C 높이는 데 필요한 열량과 액체일 때 온도를 10 °C 높이는 데 필요한 열량이 같다. 따라서 비열은 액체일 때가 고체일 때의 2배이다. ㉔ ④

**05**  
**알짜풀이** ● ㄴ. 형광등의 에너지 효율은 약 20~25 %이고, 백열전구의 에너지 효율은 5 % 미만이다.  
 ㄷ. LED는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든다.

**우공비 BOX**

**조심조심**

열의 이동 방법 중 복사는 매질을 통하지 않고도 전달된다는 점을 알아 두세요.

**보충 설명**

전열기의 전기 저항은 옴의 법칙으로도 구할 수 있어요. 미리 구한 전류의 세기를  $R = \frac{V}{I}$  공식에 대입하면  $R = \frac{220 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 44 \text{ } \Omega$ 이에요.

**보충 설명**

대류는 온도에 따라 부피가 변하여 밀도가 달라지는 유체가 중력이 작용하는 공간에 있을 때 일어나요. 따라서 중력이 작용하지 않는 무중력 상태에서는 대류가 일어나지 않아요.

**오답넘기** ● ㄱ. 백열전구에서는 모든 파장의 빛이 방출된다. ㉔ ⑤

**06**  
**알짜풀이** ● 형광등의 효율이 백열전구의 4배이고, 밝기가 같으므로 형광등의 소비 전력은 백열전구의  $\frac{1}{4}$ 배인 25 W이다. ㉔ ②

**07**  
**모범답안** ● 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있다. 전도는 이웃한 분자들의 충돌에 의해 열이 전달되는 현상이고, 대류는 밀도 차에 의해 물질을 구성하는 분자들이 순환하면서 열이 전달되는 현상이며, 복사는 빛이나 전자기파의 형태로 열이 직접 전달되는 현상이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 열의 이동 방법만 쓴 경우	30 %

**08**  
**알짜풀이** ● (가) 전열기의 가열 장치가 아래쪽에 있어야 가열된 물이 대류하면서 물이 전체적으로 가열된다.  
 (나) 흰색의 옷으로 온몸을 감싸면 뜨거운 태양 복사 에너지를 차단할 수 있다.  
 (다) 나무나 플라스틱은 금속에 비해 열을 잘 전도시키지 않는다. ㉔ ④

**09**  
**알짜풀이** ● ㄴ. 용해열은 녹는점에서 고체 1 kg을 액체로 변화시키는 데 필요한 열량을 말한다.  
 ㄷ. 얼음에 열량을 공급하면 일부는 상태 변화에 사용되고, 상태 변화가 끝난 이후에 물의 온도가 높아지기 시작한다. 따라서 0 °C 물이 0 °C 얼음보다 온도가 더 많이 높아진다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 순물질은 상태가 변하는 동안 열이 모두 상태 변화에 사용되므로 온도가 변하지 않는다. ㉔ ⑤

**10**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 수증기는 기체 상태이고, 물방울은 액체 상태이다. 따라서 ㉔에서 상태 변화가 나타난다.  
 ㄴ. 수증기가 물방울로 응결하는 과정에서 잠열을 방출한다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 수증기가 물방울로 잘 응결하기 위해서는 기온이 낮아야 한다. 따라서 비행운은 여름철보다 겨울철에 더 잘 생긴다. ㉔ ③

**11**  
**알짜풀이** ● ㄴ. 빛으로 전환되는 비율이 A는 5 %, B는 25 %이다. 따라서 에너지 효율은 B가 A의 5배이다.  
 ㄷ. A의 소비 전력이 B보다 크다. 그런데 A, B에 공급되는 전압이 같으므로, 조명 기구에 흐르는 전류의 세기는 A가 B보다 세다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 밝기는 같은데 에너지 효율은 B가 A보다 높다. 따라서 소비 전력은 A가 B보다 크다. ㉔ ④

비법 특강

●본책 236~237쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ① 4 ②

1

**알짜풀이** ● 나. 외부에 한 일은 그래프 아래의 면적과 같다. 따라서 과정 I 이 II보다 크다.

다.  $PV=nRT$ 에서 절대 온도는 압력과 부피를 곱한 값에 비례하는데, 과정 II에서 압력과 부피를 곱한 값이 감소하므로 기체의 절대 온도는 낮아진다.

**오답넘기** ● 가. 단열 과정이 등온 과정보다 압력이 더 빠르게 감소한다. 따라서 II가 단열 과정이다. ⑤

2

**알짜풀이** ● 가. 단열 과정이므로 온도가 낮아진다. 따라서 압력과 부피를 곱한 값도 작아진다.

나. 외부에 한 일은 그래프에서 색칠한 부분의 면적과 같으므로  $W$ 이다.

**오답넘기** ● 다.  $Q=W+\Delta U=0$ 에서  $\Delta U=-W$ 이다. 따라서 내부 에너지는  $W$ 만큼 감소한다. ④

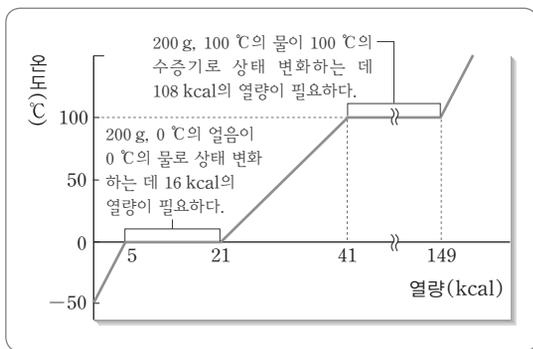
3

**알짜풀이** ● 가. 과정 I에서는 흡수한 열량과 외부에 한 일이 같으므로  $\Delta U=Q-W=0$ 에서 내부 에너지가 일정하다. 따라서 등온 과정이다.

**오답넘기** ● 나. 과정 II에서 흡수한 열량은 0이고 외부에 일을 한다. 따라서  $\Delta U=Q-W<0$ 에서 내부 에너지는 감소한다.

다. 과정 I에서  $A$ 만큼 열량을 흡수하고, 과정 III에서  $C$ 만큼 열량을 방출한다. 따라서 열효율은  $e=\frac{A-C}{A}=1-\frac{C}{A}$ 이다. ①

4 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나. 그래프가 열량 축과 나란한 구간이 2군데 나타난다. 따라서 잠열이 나타나는 구간은 2군데이다.

**오답넘기** ● 가. 0°C 얼음 0.2kg을 0°C 물로 변화시킬 때 공급한 열량이  $21-5=16$ (kcal)이다. 따라서 용해열은  $\frac{16}{0.2}=80$ (kcal/kg)이다.

다. 같은 열량을 공급할 때 얼음의 온도가 더 빨리 증가한다. 따라서 얼음의 비열이 물의 비열보다 작다. ②

우공비 BOX

조심조심

일반적으로 액체의 비열이 고체보다 크며, 물의 비열은 다른 물질에 비해 매우 큰 편이에요.

보충 설명

질량이  $m$ 이고 비열이  $c$ 인 물체가  $\Delta T$ 만큼 온도가 변했을 때, 물체가 얻거나 잃은 열량은  $Q=cm\Delta T$ 이에요.

보충 설명

잠열 (숨은열)

어떤 물질 1kg의 상태를 변화시키는 데 필요한 열량으로, 상태가 변할 때는 열을 가해도 온도 변화가 일어나지 않으므로 숨은열이라고 하는 거예요.

수능 실력 굳히기

●본책 238~241쪽

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

01

**알짜풀이** ● 가. 물과 식용유의 질량은 같고, 열평형에 도달하였을 때 온도 변화는 식용유가 물의 2배이므로 비열은 물이 식용유의 2배이다.

**오답넘기** ● 나. 열용량은 온도 변화에 반비례한다. 온도 변화는 식용유가 물의 2배이므로 열용량은 물이 식용유의 2배이다.

다. 식용유가 잃은 열량과 물이 얻은 열량은 같다. ①

02

**알짜풀이** ● 물의 온도 변화는  $20-12=8$ (°C)이고, 물체의 온도 변화는  $100-20=80$ (°C)이다. 따라서  $1 \times 300 \times 8 = c \times 100 \times 80$ 이므로 물체의 비열은  $c=0.3$  cal/g·°C이다.

④

03

**알짜풀이** ● 이상 기체 상태 방정식  $PV=nRT$ 에서 절대 온도는 압력과 부피를 곱한 값에 비례한다. 따라서 (가)는  $8T$ 이다. ⑤

04

**알짜풀이** ● •철수 : 페트병이 팽창했으므로 페트병 안의 공기는 외부에 일을 했다.

•민수 : 페트병을 따뜻한 물에 넣었으므로, 물에서 페트병 안의 공기로 열이 이동했다.

**오답넘기** ● •영희 : 페트병 내부로 열이 이동하여 페트병 내부의 온도가 증가하면서 팽창한다. 따라서 내부 에너지는 증가했다. ④

05

**알짜풀이** ● 가. 단열 팽창하면  $Q=0$ ,  $W>0$ 이므로  $\Delta U=Q-W<0$ 이다. 따라서 내부 에너지가 감소하여 상자 내부의 온도가 낮아진다.

나. 온도가 낮아지고 부피가 증가하였으므로  $PV=nRT$ 에서 압력은 감소한다.

**오답넘기** ● 다. 수증기가 물로 응결하는 과정에서는 열을 방출한다. ③

06

**알짜풀이** ● 가. 단열 압축하면 온도가 높아지고 부피가 감소한다. 따라서  $PV=nRT$ 에서 압력은 증가한다.

다.  $Q=0$ ,  $W<0$ 이므로  $\Delta U=Q-W>0$ 이다. 따라서 내부 에너지가 증가한다.

**오답넘기** ● 나. 기체의 부피가 감소하였으므로 외부로부터 일을 받는다. ③

07

**알짜풀이** ● 나. 단열 압축하면  $Q=0$ ,  $W<0$ 이므로  $\Delta U=Q-W>0$ 이다. 따라서 (나)에서는 이상 기체의 온도가 높아진다.

**오답نب기** ● 가. (가)에서 외부로부터 일을 받고, 내부 에너지는 변하지 않는다. 따라서 외부로부터 받은 일만큼 열을 외부에 방출한다.

나.  $PV=nRT$ 에서  $V$ 는  $\frac{1}{2}$ 배로 감소하고  $T$ 는 증가한다. 따라서 압력  $P$ 는 2배보다 많이 증가한다. **답 2**

08

**알짜풀이** ● 가. 구름은 단열 팽창에 의해 만들어진다. 따라서 (가)는 B이다.

나. A, B 모두 부피가 팽창하므로 외부에 일을 한다.

**오답نب기** ● 나. A는 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하다. **답 4**

09

**알짜풀이** ● 나. 기체의 내부 에너지가 증가하므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 증가한다. 따라서 기체 분자의 평균 속력은 커진다.

**오답نب기** ● 가. 압력이 일정하므로 기체의 부피와 절대 온도는 비례한다. 따라서 기체의 온도는 높아진다.

나.  $Q=W+\Delta U$ 에서  $\Delta U>0$ 이다. 따라서 기체가 흡수한 열량은 외부에 한 일보다 크다. **답 1**

10

**알짜풀이** ● 가. 기체의 부피가  $V$ 에서  $3V$ 로 팽창하였다. 따라서 기체는 외부에 일을 하였다.

나. 기체의 압력이 일정한 상태로 부피가 증가하였으므로 기체의 온도가 상승하였다. 따라서 내부 에너지도 증가하였다.

다. 압력이 일정하므로 부피는 절대 온도에 비례한다. 따라서 (나)에서 절대 온도는  $3T$ 이다. 즉, 기체의 절대 온도는  $2T$ 만큼 상승하였다. **답 5**

11

**알짜풀이** ● 나. (나)가 가장 먼저 찍은 사진이고, (다)가 가장 나중에 찍은 사진이다.

**오답نب기** ● 가. 사진을 순서대로 나열하면 (나) → (가) → (다)이다. 그런데 엔트로피가 증가하는 방향으로 변화가 일어나므로, (가)는 (나)보다 엔트로피가 크다.

나. 엔트로피가 감소하는 (다) → (가)와 같은 변화는 저절로 일어나지 않는다. **답 2**

12

**알짜풀이** ● 나. 한 번 순환하는 동안 흡수하는 열량이 120J이고 방출하는 열량이 90J이므로 열효율은  $e = \frac{120-90}{120} = 0.25 = 25\%$ 이다.

**오답نب기** ● 가. 한 번 순환하는 동안 하는 일은  $W=120-90=30$ (J)이다.

나. 고열원의 절대 온도가  $T_1$ 이고 저열원의 절대 온도가  $T_2$

우공비 BOX

보충 설명

기체의 온도가 일정한 상태에서 부피가 변하는 과정을 등온 과정이라고 해요. 온도가 일정하면 내부 에너지의 변화가 없으므로  $\Delta U=0$ 이 되어 흡수되는 열량은 모두 외부에 대한 일로 전환돼요.

보충 설명

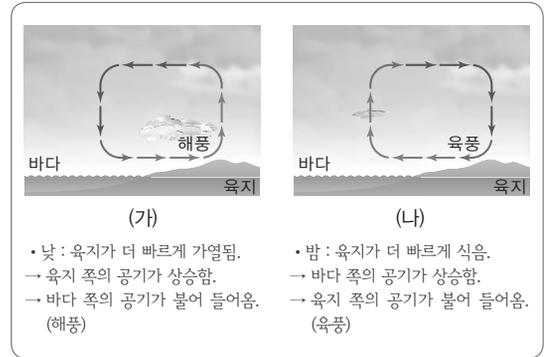
물질을 데우거나 식힐 때, 비열이 큰 물질은 온도가 잘 변하지 않으므로 천천히 데워지고, 천천히 식어요. 반면에 비열이 작은 물질은 온도가 잘 변하므로 빨리 데워지고, 빨리 식어요.

조심조심

실제의 열기관에서는 마찰이나 외부로의 열 손실이 있기 때문에 최대 효율보다 열효율이 작아요.

일 때, 가능한 열효율의 최댓값은  $e_M = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 이다. 열기관의 열효율이 0.25이므로  $0.25 \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 에서  $\frac{T_2}{T_1} \leq 0.75$ 이다. **답 2**

13 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 나. 낮에는 육지가 빨리 가열되므로 육지에서 상승 기류가 발생한다.

나. 밤에는 육지가 빨리 식으므로 상대적으로 바다의 온도가 높다. 따라서 바다에서는 상승 기류, 육지에서는 하강 기류가 발생하여 육지에서 바다 쪽으로 바람이 분다.

**오답نب기** ● 가. (가)는 육지에서 상승 기류가 발생한다. 이것은 육지가 빠르게 가열되는 시간대인 낮이다. **답 4**

14

**알짜풀이** ● 나.  $-5^\circ\text{C}$  고체가  $5^\circ\text{C}$  액체로 변할 때  $Q_2$ 의 열량을 흡수한다. 따라서  $5^\circ\text{C}$  액체가  $-5^\circ\text{C}$  고체로 변한다면  $Q_2$ 의 열량을 방출한다.

나. 고체의 온도가  $5^\circ\text{C}$  올라가는 데 흡수하는 열량이  $Q_1$ 이고, 액체의 온도가  $5^\circ\text{C}$  올라가는 데 흡수하는 열량이  $Q_3$ 이다. 따라서  $0^\circ\text{C}$ 의 고체 상태에서부터 같은 온도의 액체 상태로 변하는 데 필요한 열량은  $Q_2 - (Q_1 + Q_3)$ 이다.

**오답نب기** ● 가.  $Q_1 < Q_3$ 이므로 같은 온도만큼 상승시킬 때, 액체가 고체보다 더 많은 열이 필요하다. 따라서 액체의 비열이 고체의 비열보다 크다. **답 5**

15

**알짜풀이** ● 나. B 구간에서는 기화가 일어난다. 따라서 액체와 기체가 섞여 있다.

나. 그래프의 기울기가 작을수록 비열이 크다. 따라서 액체의 비열은 고체의 비열보다 크다.

**오답نب기** ● 가. A 구간에서는 용해가 일어난다. **답 4**

16

**알짜풀이** ● 가.  $P=VI$ 이므로  $880=220 \times I$ 에서 헤어드라이어에 흐르는 전류는  $I=4$  A이다.

나. 소비 전력이 880 W이므로 10초 동안 소비하는 전기 에너지는  $E=880 \times 10=8,800$ (J)이다.

**오답نب기** ● 나. 10분은  $\frac{1}{6}$  시간이다. 따라서 10분 동안 소비하는 전력량은  $880 \times \frac{1}{6} = \frac{440}{3}$ (Wh)이다. **답 3**

대단원 마무리

핵심 요약 노트

● 본책 242~243쪽

- ① 손실 전력   ②  $\frac{I_2}{I_1}$    ③ 질량수   ④ 경수로   ⑤ 중수로
- ⑥ 태양 전지   ⑦ 연료 전지   ⑧ 돌림힘   ⑨ 압력
- ⑩ 파스칼   ⑪ 일정   ⑫  $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh$    ⑬ 열
- ⑭ 증가   ⑮ 전도   ⑯ 대류   ⑰ 흡수   ⑱ 방출

대단원 마무리

단원 평가문제

● 본책 244~247쪽

- 01 ②   02 ③   03 ⑤   04 ③   05 ⑤   06 ③   07 ④
- 08 ④   09 ③   10 ①   11 ⑤   12 ①   13 해설 참조
- 14 질량수 보존 :  $a+b=c+d$ , 전하량 보존 :  $e+f=g+h$
- 15 해설 참조   16 해설 참조   17 (1) 4 : 3   (2) 4 : 3
- 18 해설 참조   19 열을 흡수하는 과정 : A, B, 열을 방출하는 과정 : C, D

01

**알짜풀이** ● ㄴ.  $P=VI$ 에서 송전 전력이 같으므로 전압과 전류의 곱이 같다. 따라서  $r$ 에 흐르는 전류는 (가)가 (나)의 2배이다.

**오답넘기** ● ㄱ.  $r$ 의 저항 값이 같으므로  $V=IR$ 에서 걸리는 전압은 전류에 비례한다. 따라서  $r$ 에 걸리는 전압은 (가)가 (나)의 2배이다.

ㄷ. 동일한 전력을 공급할 때, 송전 전압이 높을수록 송전선에서의 손실 전력이 감소한다.   ㉔ ②

02 | 자료 분석하기 |

- **α붕괴** :  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$   
 → α붕괴를 하면 양성자 2개가 감소하므로 원자 번호가 2만큼 감소(88 → 86)하고, 질량수는 4만큼 감소(226 → 222)한다.
- **β붕괴** :  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$   
 → β붕괴를 하면 원자핵의 전하량은 +e만큼 증가하므로 원자 번호가 1만큼 증가(6 → 7)하며 질량수는 변하지 않는다.
- **γ붕괴** :  ${}^{20}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{20}_{10}\text{Ne} + \gamma$ 선  
 → 원자핵이 안정한 상태로 되면서 전자기파를 방출한다. 이때 나오는 것이 γ선이므로 원자 번호나 질량수는 변하지 않는다.

**알짜풀이** ● ㄱ. α붕괴를 하면 원자 번호가 2만큼 감소한다. 따라서 양성자가 2개 감소한다.

ㄷ. γ붕괴를 하면 질량수와 원자 번호가 모두 변하지 않는다. 따라서 양성자와 중성자 모두 개수가 변하지 않는다.

**오답넘기** ● ㄴ. β붕괴를 하면 질량수는 변하지 않고 원자 번호가 1만큼 증가한다. 따라서 중성자가 1개 감소한다.   ㉔ ③

03

**알짜풀이** ● ㄱ.  $92+0=Z-1$ 에서 A의 원자 번호  $Z=93$ 이다. ㄴ. A의 질량수가 239이므로 B의 전하량(원자 번호)과 질량수  $x, y$ 는  $93=94+x \rightarrow x=-1, 239=239+y \rightarrow y=0$ 이다. 따라서 B는 렙톤의 일종인 전자이다.

ㄷ.  ${}^{238}_{92}\text{U}$ 은 속력이 빠른 고속 중성자를 잘 흡수하며, 2번의 β붕괴를 거쳐  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 변환된다.   ㉔ ⑤

우공비 BOX

용어 알기

평형 상태

물체가 운동 상태의 변화 없이 안정적으로 정지해 있는 상태를 의미해요.

04

**알짜풀이** ● ㄱ. 태양 전지에 전기 기구를 연결하면 p형 반도체 → 전기 기구 → n형 반도체 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 전류가 흐르는 방향은 ㉔이다.

ㄴ. 태양 전지에서 전도띠로 전이된 자유 전자는 n형 반도체 방향으로 이동한다.

**오답넘기** ● ㄷ. 프로펠러에서는 전류의 자기 작용에 의해 전기 에너지가 운동 에너지로 전환된다.   ㉔ ③

05

**알짜풀이** ● ㄱ. 물체가 정지해 있으므로 평형 상태에 있다.

ㄷ. 지레가 받침대를 누르는 힘의 크기는  $F+mg$ 이다. 따라서 받침대가 지레를 받치는 힘의 크기도  $F+mg$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ.  $mga=Fb$ 에서  $F=\frac{a}{b}mg$ 이다.   ㉔ ⑤

06

**알짜풀이** ● ㄱ. 물의 깊이가 같으므로 물이 A와 B의 바닥에 작용하는 압력은 같다.

ㄷ. 용기와 물의 전체 질량은 (가), (나)에서 같다. 따라서 저울의 측정값은 같다.

**오답넘기** ● ㄴ. 두 용기 바닥에서의 압력은 같은데, 바닥의 넓이는 B가 A보다 넓다. 따라서 물이 바닥에 작용하는 힘의 크기는 B가 A보다 크다.   ㉔ ③

07

**알짜풀이** ● ㄱ. 면 A와 B의 높이가 같으므로, 면 A와 B에 작용하는 압력은 같다.

ㄴ. 파스칼 법칙으로부터 면 A와 B에는 똑같은 압력이 전달되므로  $\frac{F}{10\text{cm}^2} = \frac{1,000\text{N}}{50\text{cm}^2}$ 에서  $F=200\text{N}$ 이다.

**오답넘기** ● ㄷ. 이상 유체에 대한 연속 방정식으로부터 일에는 이득이 없다. 면 A를 10cm 누를 때 물체가 올라간 높이를  $h$ 라고 하면 일에는 변화가 없으므로  $200 \times 10 = 1,000 \times h$ 에서  $h=2\text{cm}$ 이다.   ㉔ ④

08

**알짜풀이** ● ㄴ. 단면적과 속력을 곱한 값이 같으므로  $2 \times 60 = 4 \times v_B$ 에서 B를 통과하는 속력은  $v_B=30\text{cm/s}$ 이다.

ㄷ. 관의 높이가 같으므로  $P + \frac{1}{2}\rho v^2$ 이 일정하다. 따라서 유체의 속력이 느린 C에서 압력이 A에서보다 크다.

**오답넘기** ● ㄱ. 1초 동안 단면 A를 통과하는 유체의 양이  $2 \times 60 = 120(\text{cm}^3)$ 이므로, 1분 동안 통과하는 양은  $120 \times 60 = 7,200(\text{cm}^3)$ 이다.   ㉔ ④

09

**알짜풀이** ● ㄱ. 물의 온도 변화가  $8^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 물이 얻은 열량은  $Q=1 \times 200 \times 8 = 1,600(\text{cal})$ 이다.

ㄷ.  $1 \times 200 \times 8 = c \times 100 \times 80$ 에서 물체의 비열은  $c=0.2\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. 열량이 보존되므로 물체가 잃은 열량은 물이 얻은 열량과 같다. 따라서 1,600 cal이다.   ㉔ ③

● 보충 설명 ●

압력

$1\text{m}^2$ 의 면적에 수직으로 작용하는 힘으로, 면적이 A인 물체에 수직으로 작용하는 힘의 크기를 F라고 할 때 압

력은  $P=\frac{F}{A}$ 이예요.

● 보충 설명 ●

연속 방정식

유체의 질량은 어느 지점에서나 같아야 하므로 단면적과 속력의 곱이 일정해요. 즉, ' $A_1v_1=A_2v_2$ =일정'이 성립해요.

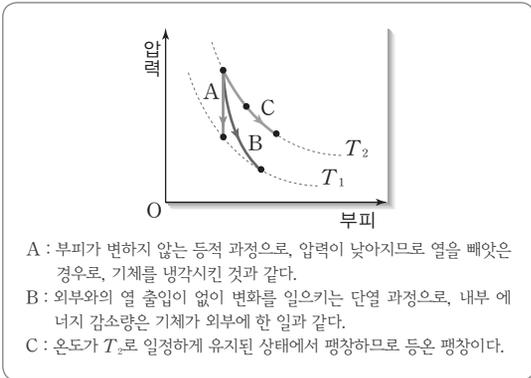
10

**알짜풀이** ● 가. (가)는 온도가 일정하므로 부피는 압력에 반 비례한다. 따라서 압력이 2배로 증가한다.

**오답نب기** ● 나. (가)는 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하고, (나)는 단열 압축이므로 외부로부터 일을 받은 만큼 내부 에너지가 증가한다.

ㄷ. (가)와 (나)는 기체의 부피가 감소하므로 외부로부터 일을 받는다. **답 ①**

11 | 자료 분석하기 |



**알짜풀이** ● 가. 피스톤을 서서히 잡아당기면 열이 출입할 시간이 충분하므로 등온 팽창이 된다. 따라서 C 과정이다.

나. 피스톤을 갑자기 잡아당기면 열이 출입할 시간이 없으므로 단열 팽창이 된다. 따라서 온도가 감소하는 B 과정이다.

ㄷ. 부피는 변하지 않고 온도가 낮아지므로 압력이 낮아진다. 따라서 A 과정이다. **답 ⑤**

12 | 자료 분석하기 |

구간	A	C	B	D
상태	얼음	물	얼음+물	물+수증기
비교	같은 열량을 가할 때 물이 얼음보다 온도 변화가 작으므로 물의 비열이 크다.		B 구간보다 D 구간에서 더 많은 열량이 필요하므로 기화열이 용해열보다 크다.	

**알짜풀이** ● (가) 그래프의 기울기가 A 구간이 C 구간보다 크다. 이는 같은 열량을 공급할 때 얼음의 온도가 물보다 크게 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 A와 C 구간을 비교하면 물의 비열이 얼음의 비열보다 크다는 것을 알 수 있다.

(나) B, D 구간은 온도 변화 없이 상태가 변하는 구간으로, B 구간에서 흡수한 열량이 D 구간보다 작으므로 물의 기화열이 얼음의 용해열보다 크다는 것을 알 수 있다. **답 ①**

13

**모범답안** ● 동일한 전력을 송전할 때 송전 전압을 높이면 전류가 감소하므로 송전선에서의 손실 전력을 줄일 수 있기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 손실 전력을 줄인다고만 쓴 경우	50 %

우공비 BOX

- **보충 설명**
  - 원자 번호 : 원자핵 속에 있는 양성자수를 원자 번호라고 하고, 원자 번호는 중성 원자의 전자수이기도 해요.
  - 질량수 : 원자핵을 구성하는 양성자수와 중성자수의 합. 즉 핵자들의 총 수를 질량수라고 해요.

쉽게쉽게

**태양 전지의 원리**  
태양 빛의 광자가 전자를 n형 반도체로 이동시켜 반도체에 기전력을 형성해요.

보충 설명

**등온 팽창**  
등온 팽창할 때 내부 에너지의 변화가 없으므로 기체에 가한 에너지는 모두 외부에 일을 하는 데 사용돼요.

쉽게쉽게

**공이 휘는 방향**  
공이 회전하면서 날아갈 때 공의 앞부분이 회전하는 방향으로 진행 방향이 휘어져요.

14

**알짜풀이** ● 핵반응식에서 질량수와 원자 번호의 합, 즉 전하량이 보존된다.

- 질량수의 보존 :  $a+b=c+d$
- 전하량의 보존 :  $e+f=g+h$

**답** 질량수 보존 :  $a+b=c+d$ , 전하량 보존 :  $e+f=g+h$

15

**모범답안** ● 전류의 방향은 B → 전구 → A이고, 전자의 이동 방향은 A → 전구 → B이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 전류나 전자의 이동 방향 중 한 가지만 설명한 경우	50 %

16

**모범답안** ● 모든 힘의 합력이 0이고, 모든 돌림힘의 합도 0이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 한 가지만 설명한 경우	50 %

17

**알짜풀이** ● (1) 부력의 크기는 물속에 잠긴 물체의 부피에 해당하는 물의 무게이므로 물속에 잠긴 부피에 비례한다. 따라서 부력의 크기의 비(A : B)는 4 : 3이다.

(2) A와 B의 비중을 각각  $x_A$ ,  $x_B$ 라고 하면  $x_A \times 5V = 4V$ ,  $x_B \times 5V = 3V$ 이므로  $x_A = 0.8$ ,  $x_B = 0.6$ 이다. 따라서  $x_A : x_B = 4 : 3$ 이다. **답** (1) 4 : 3 (2) 4 : 3

18

**모범답안** ● 마그누스 힘을 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 받아야 하므로, 공의 중심을 기준으로 할 때 축구공의 오른쪽에서 공기의 속력이 더 빨라야 한다. 따라서 위에서 볼 때, 축구공이 시계 방향으로 회전하도록 차야 한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 축구공을 회전시키는 방향만 쓴 경우	50 %

19

**알짜풀이** ● A 과정 : 일은 0이고 내부 에너지가 증가한다. 따라서 외부로부터 열을 흡수한다.

B 과정 : 외부에 일을 하면서 내부 에너지가 증가한다. 따라서 외부로부터 열을 흡수한다.

C 과정 : 일은 0이고 내부 에너지가 감소한다. 따라서 외부에 열을 방출한다.

D 과정 : 외부로부터 일을 받으면서 내부 에너지가 감소한다. 따라서 외부에 열을 방출한다.

**답** 열을 흡수하는 과정 : A, B, 열을 방출하는 과정 : C, D



꼭 나오는

중 단 원 별 문제 점검하기 ○ 별책 1~2쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ④ 04 ⑤ 05 ④ 06 ① 07 ⑤  
 08 ③ 09 42 m 10 15 m/s 11 62.5 cm/s<sup>2</sup> 12 해  
 설 참조

### 01

**알짜풀이** ● ㄱ. 원자시계는 천체나 지구의 운동을 기준으로 측정할 시간보다 정밀하고 안정된 시계이다.

ㄴ. 인공위성이나 GPS 수신기는 원자시계를 사용하여 정확한 시간을 측정한다.

**오답نب기** ● ㄷ. 수정 결정의 진동을 이용하여 시간을 측정하는 시계는 수정시계이다. 답 ④

### 02

**알짜풀이** ● 1983년부터 빛이 진공 중에서  $\frac{1}{299,792,458}$  초 동안 진행한 거리를 1 m로 정의하였다. 답 ⑤

### 03

**알짜풀이** ● 대원은 구의 중심을 지나가도록 잘랐을 때 단면의 경계를 이루는 선으로, 경선은 모두 대원이지만 위선의 경우는 적도를 제외하고는 대원이 아니다. 위선 중에서 북극과 남극에서 같은 거리만큼 떨어진 곳을 적도라고 한다. 답 ④

### 04

**알짜풀이** ● GPS는 위성에서 내보내는 신호를 수신하여 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성 항법 장치로, 현재 위치에 대한 위도, 경도, 고도 및 시간의 정보를 제공한다. 답 ⑤

### 05

**알짜풀이** ● ㄴ. A의 평균 속력 =  $\frac{0.08 \text{ m}}{0.5 \text{ s}} = 0.16 \text{ m/s}$ 이고, B의 평균 속력 =  $\frac{0.08 \text{ m}}{0.4 \text{ s}} = 0.2 \text{ m/s}$ 이다.

ㄷ. A의 경우 종이테이프에 기록된 타점 사이의 간격이 넓어지다가 좁아지므로 A의 속력은 증가하다가 감소한다.

**오답نب기** ● ㄱ. 8 cm를 A는 0.5초 동안 이동하고, B는 0.4초 동안 이동하므로 A와 B의 평균 속력은 다르다. 답 ④

### 06

**알짜풀이** ● ㄱ. 0~2초 동안 속력이 일정한 운동을 하므로 1초일 때 물체의 속력은 0~2초 동안 위치-시간 그래프의 기울기와 같다. 즉, 1초일 때 속력 =  $\frac{2-0}{2-0} = 1 \text{ (m/s)}$ 이다.

**오답نب기** ● ㄴ. 2~6초 동안 평균 속력 =  $\frac{4-2}{6-2} = 0.5 \text{ (m/s)}$ 이다.

ㄷ. 접선의 기울기가 6초일 때보다 4초일 때 더 크므로 물체의 속력은 4초일 때가 6초일 때보다 빠르다. 답 ①

### 07

**알짜풀이** ● ㄴ. 같은 위치에서 출발하여 0~2초 동안 반대 방향으로 운동하다가 2초 이후부터 방향을 바꾸어 서로를 향해 운동하므로, 2초일 때 두 물체 사이의 거리가 최대이다.

## 유공비 BOX

### ● 보충 설명 ●

**평균 속력**  
 속력이 일정하게 증가하거나 감소하는 경우 평균 속력 =  $\frac{\text{처음 속력} + \text{나중 속력}}{2}$

예요.

### ● 보충 설명 ●

원자시계는 세슘 원자에서 방출하는 특정한 빛이 9,192,631,770번 진동하는 데 걸린 시간을 이용하여 시간을 측정하는 시계예요.

### 조심조심

A와 B는 서로 반대 방향으로 움직이다가 8초일 때 충돌하였으므로 0초일 때 A와 B 사이의 거리=A의 이동 거리+B의 이동 거리예요.

### ● 보충 설명 ●

태양시는 지구의 자전 때문에 동쪽으로 갈수록 경도 15°마다 시간이 1시간씩 빨라지고, 서쪽으로 갈수록 경도 15°마다 시간이 1시간씩 늦어져요.

ㄷ. 0~3초 동안 A의 평균 속도 =  $\frac{-2+1}{2} = -0.5 \text{ (m/s)}$ 이고, B의 평균 속도 =  $\frac{4+(-2)}{2} = 1 \text{ (m/s)}$ 이다. 즉, 평균 속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

**오답نب기** ● ㄱ. 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도와 같으므로 A의 가속도 =  $\frac{1-(-2)}{3} = 1 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이고, B의 가속도 =  $\frac{-2-4}{3} = -2 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이다. 답 ⑤

### 08

**알짜풀이** ● ㄱ. 등가속도 직선 운동을 하는 자동차의 평균 속력 =  $\frac{30+34}{2} = 32 \text{ (m/s)}$ 이므로, 2초 동안 자동차가 이동한 거리 = 평균 속력 × 걸린 시간 =  $32 \times 2 = 64 \text{ (m)}$ 이다.

ㄴ. 철수의 가속도 =  $\frac{4-0}{2} = 2 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이고, 자동차의 가속도 =  $\frac{34-30}{2} = 2 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 이다.

**오답نب기** ● ㄷ. 자동차의 평균 속력은 32 m/s이고, 철수의 평균 속력 =  $\frac{0+4}{2} = 2 \text{ (m/s)}$ 이므로 평균 속력은 자동차가 철수의 16배이다. 답 ③

### 09

**알짜풀이** ● 속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 물체의 이동 거리를 나타낸다. 따라서 0~8초 동안 A가 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times (8+4) \times 4 = 24 \text{ (m)}$ 이고, 2~8초 동안 B가 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 6 \times 6 = 18 \text{ (m)}$ 이므로 0초일 때 A와 B 사이의 거리는  $24 \text{ m} + 18 \text{ m} = 42 \text{ m}$ 이다. 답 42 m

### 10

**알짜풀이** ● A와 B는 같은 시간 동안 같은 거리를 이동하므로 평균 속도가 같다. A의 평균 속도 =  $\frac{20}{2} = 10 \text{ (m/s)}$ 이고, B의 평균 속도 =  $\frac{5+v}{2}$ 이므로  $\frac{5+v}{2} = 10$ 에서 기준선 Q에 도달하는 순간 B의 속력  $v = 15 \text{ (m/s)}$ 이다. 답 15 m/s

### 11

**알짜풀이** ● 각 구간의 속도가  $\frac{10 \text{ cm}}{0.4 \text{ s}} = 25 \text{ cm/s}$ , 50 cm/s, 75 cm/s, 100 cm/s, 125 cm/s이므로, 0.4초마다 속도가 25 cm/s씩 일정하게 증가한다. 따라서 장난감 자동차의 가속도  $a = \frac{25 \text{ cm/s}}{0.4 \text{ s}} = 62.5 \text{ cm/s}^2$ 이다. 답 62.5 cm/s<sup>2</sup>

### 12

**오답답안** ● 지구가 24시간 동안 360°를 자전하기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 지구가 자전하기 때문이라고 설명한 경우	30%

꼭 나오는

중 단 원 별 문제 정복하기 ○ 별책 3쪽

01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ③

01

**알짜풀이** ● ㄴ. 0~2초 동안 A의 변위가  $2.5 \times 2 + \frac{1}{2} \times (-2.5) \times 2^2 = 0(\text{m})$ 이므로 2초일 때 A의 위치는 30m이다. 2초일 때 B의 위치는 15m이므로, A와 B 사이의 거리는 15m이다.

ㄷ.  $v = v_0 + at$ 에서  $v_0 = 2.5 \text{ m/s}$ ,  $a = -2.5 \text{ m/s}^2$ 이므로, 4초일 때 A의 속도는  $v = 2.5 + (-2.5) \times 4 = -7.5(\text{m/s})$ 이다. B는 등속 직선 운동을 하므로 B의 속도(=직선의 기울기)는  $\frac{20-10}{4} = 2.5(\text{m/s})$ 이다. 따라서 4초일 때 A에 대한 B의 상대 속도는  $v_{AB} = v_B - v_A = 2.5 - (-7.5) = 10(\text{m/s})$ 이다.

**오답نب기** ● ㄱ. A의 변위가 0~4초 동안은  $20 - 30 = -10(\text{m})$ 이고, 0~6초 동안은  $0 - 30 = -30(\text{m})$ 이다.  $s = vt + \frac{1}{2}at^2$ 에서  $-10 = v_0 \times 4 + \frac{1}{2} \times a \times 4^2$ ,  $-30 = v_0 \times 6 + \frac{1}{2} \times a \times 6^2$ 이므로, 0초일 때 속도  $v_0 = 2.5 \text{ m/s}$ 이고, 가속도  $a = -2.5 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 A의 가속도의 크기는  $2.5 \text{ m/s}^2$ 이다. **답 ④**

02

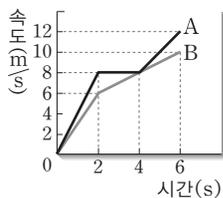
**알짜풀이** ● ㄱ. 0초일 때와 12초일 때 A와 B의 위치가 같은데, 0초에서 8초까지는 A가 B보다 빠르고 8초 이후에는 B가 A보다 빠르므로 A와 B 사이의 거리는 8초일 때 최대가 된다. 0초에서 8초까지 A의 이동 거리는  $\frac{1}{2} \times 8 \times 8 = 32(\text{m})$ 이고 B의 이동 거리는  $\frac{1}{2} \times 2 \times 8 = 8(\text{m})$ 이므로, A와 B 사이의 거리의 최댓값은  $32 - 8 = 24(\text{m})$ 이다.

ㄴ. 8초일 때 A의 가속도는  $\frac{12}{12} = 1(\text{m/s}^2)$ 이고, B의 가속도는  $\frac{24}{6} = 4(\text{m/s}^2)$ 이다.

**오답نب기** ● ㄷ. A에 대한 B의 상대 속도  $v_{AB} = v_B - v_A = 6 \text{ m/s}$ 인 시간을  $T(\text{s})$ 라 하면, 이때 A의 속도는  $T(\text{m/s})$ 이고, B의 속도는  $T(\text{m/s}) + 6 \text{ m/s}$ 이다. B의 가속도(=그래프의 기울기)는  $4 \text{ m/s}^2$ 이므로  $\frac{T+6}{T-6} = 4$ 에서  $T = 10(\text{s})$ 이다. 0초에서 10초까지 A의 이동 거리는  $\frac{1}{2} \times 10 \times 10 = 50(\text{m})$ 이고 B의 이동 거리는  $\frac{1}{2} \times 4 \times 16 = 32(\text{m})$ 이므로, 10초일 때 A와 B 사이의 거리는  $50 - 32 = 18(\text{m})$ 이다. **답 ③**

03

**알짜풀이** ● ㄱ. A, B의 속도-시간 그래프는 오른쪽 그림과 같다. 따라서 0초일 때 A와 B의 위치가 같고, 0초에서 6초 사이에 4초일 때 속력이 같고 나머지 시간에는 A의 속력이 B의 속력보다 빠르므로, A와 B 사이의 거리는 계속 증가한다.



ㄴ. 2초에서 6초까지 A의 평균 가속도는  $\frac{12-8}{6-2} = 1(\text{m/s}^2)$ 이고, B의 평균 가속도는  $\frac{10-6}{6-2} = 1(\text{m/s}^2)$ 이다.

ㄷ. 3초일 때 A의 속도는  $8 \text{ m/s}$ 이고, B의 속도는  $7 \text{ m/s}$ 이므로 A에 대한 B의 상대 속도는  $v_{AB} = v_B - v_A = -1 \text{ m/s}$ 이고, 상대 속도의 크기는  $1 \text{ m/s}$ 이다. **답 ⑤**

우공비 BOX

**보충 설명**  
등가속도 직선 운동에서 변위는  $s = vt + \frac{1}{2}at^2$ 으로 구하고, 속도는  $v = v_0 + at$ 로 구할 수 있어요.

**쉽게쉽게**  
가속도-시간 그래프에서 그래프 아래의 넓이는 속도의 변화량을 의미해요. 이를 이용하여 속도-시간 그래프를 그리면 두 물체의 속도를 쉽게 비교할 수 있어요.

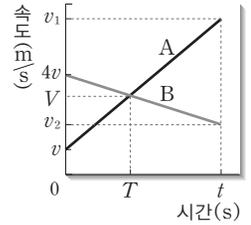
**쉽게쉽게**  
등가속도 직선 운동에서 순간 가속도는 평균 가속도와 같으므로 평균 가속도를 구해서 가속도의 크기를 비교할 수 있어요.

**보충 설명**  
두 물체가 붙어서 운동할 때 가속도는 같지만 각각의 물체에 작용하는 합력은 달라요.

**보충 설명**  
A와 B의 가속도가 같을 때 알짜힘의 크기는 질량에 비례해요.

04

**알짜풀이** ● ㄱ. A와 B가 P를 동시에 통과하여 Q에 동시에 도달하였고 가속도의 방향이 반대이므로, A의 속력은 증가하고 B의 속력은 감소한다.



ㄴ. A와 B는 각각 등가속도 직선 운동을 하였으므로 속도-시간 그래프를 그려보면 오른쪽 그림과 같다. 그런데 가속도의 크기는 A가 B의 2배이므로  $v_1 - v = 2(4v - v_2)$ 이고, 0에서  $t$ 까지 이동 거리는 같으므로  $v + v_1 = 4v + v_2$ 이다. 따라서 Q에 도달한 순간 A의 속력은  $v_1 = 5v$ 이고, B의 속력은  $v_2 = 2v$ 이다.

**오답نب기** ● ㄷ. P와 Q 사이의 거리가  $L$ 이므로  $\left(\frac{v+5v}{2}\right) \times t = L$ 에서 Q에 도달하는 데 걸린 시간은  $t = \frac{L}{3v}$ 이다. P를 통과한 순간부터 A와 B의 속력이 같아질 때까지 걸린 시간을  $T$ , A와 B의 속도를  $V$ 라 하면  $\frac{V-v}{T} = \frac{5v-v}{t}$ ,  $\frac{V-2v}{t-T} = \frac{4v-2v}{t}$ 이다. ( $\therefore$  삼각형의 닮음비 이용)  
 $V - v = \left(\frac{4v}{t}\right)T$ ,  $V - 2v = \left(\frac{2v}{t}\right)(t - T)$ 에서  $v = \left(\frac{2v}{t}\right)(3T - t)$ 이므로  $T = \frac{t}{2} = \frac{L}{6v}$ 이다. **답 ③**

꼭 나오는

● 별책 4~5쪽

**중 단 원 별 문제** 점검하기

01 ④ 02 ③ 03 ① 04 ① 05 ③ 06 ④ 07 ⑤  
08 310 J 09 49 J 10 해설 참조

01

**알짜풀이** ● A, B의 가속도  $= \frac{12}{2+4} = 2(\text{m/s}^2)$ 이다.  
ㄷ. 작용 반작용 법칙에 의해 B가 A에게 작용하는 힘은 A가 B에게 작용한 힘과 같으므로  $4 \times 2 = 8(\text{N})$ 이다.  
**오답نب기** ● ㄴ. A에 작용하는 합력은  $2 \times 2 = 4(\text{N})$ 이고, B에 작용하는 합력은  $4 \times 2 = 8(\text{N})$ 이다. **답 ④**

02

**알짜풀이** ● ㄱ. A에 작용하는 알짜힘의 크기를  $f$ 라고 하면 B에 작용하는 알짜힘의 크기는  $2f$ 이므로  $f + 2f = 12(\text{N})$ 에서  $f = 4 \text{ N}$ 이다. 즉, B에 작용하는 알짜힘은  $8 \text{ N}$ 이다.  
ㄴ. A에 작용하는 마찰력의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로  $4 \text{ N}$ 이다.  
**오답نب기** ● ㄷ. A에 작용하는 마찰력과 B에 작용하는 마찰력은 작용과 반작용이므로 두 힘의 방향은 반대이다. **답 ③**

03

**알짜풀이** ● 운동량-시간 그래프에서 기울기는 물체에 작용하는 힘을 나타내므로, 2~4초 동안 물체에 작용하는 힘  $= \frac{6-4}{4-2} = 1(\text{N})$ 이다. **답 ①**

04

**알짜풀이** ● 가. B가 받은 충격량은 B의 운동량의 변화량과 같다. 이때 B의 처음 운동량이 0이므로 B의 운동량의 변화량  $=5v=30$ 에서 충돌 후 B의 속도  $v=6(m/s)$ 이다.

**오답넘기** ● 나. A가 받은 충격량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기와 같으므로  $30 N \cdot s$ 이다.  
 다. A와 B가 받은 충격력의 방향은 서로 반대이다. ㉑ ①

05

**알짜풀이** ● 충격량 = 운동량의 변화량이므로  $25 = 5 \times (v - 10)$ 에서 공의 속도는  $v = 15(m/s)$ 이다. ㉑ ③

06

**알짜풀이** ● 가, 나. 물체의 이동 방향으로 작용하는 힘의 크기가  $100 N \times \cos 60^\circ = 50 N$ 이므로 철수가 물체에 한 일  $= 50 N \times 10 m = 500 J$ 이다.

**오답넘기** ● 다. 철수가 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지의 변화량과 같으므로  $\frac{1}{2} \times 20 \times v^2 = 500$ 에서 물체를 10m만큼 끌고 갔을 때 물체의 속도  $v = 5\sqrt{2}(m/s)$ 이다. ㉑ ④

07

**알짜풀이** ● 알짜힘이 한 일은 수레의 운동 에너지의 변화량과 같다. 즉, 수레의 운동 에너지 변화량은 힘-이동 거리 그래프 아래의 넓이이므로  $\frac{1}{2} \times 2 \times (v^2 - 4^2) = 8 \times 10$ 에서 10m인 지점에서 수레의 속도  $v = 4\sqrt{6}(m/s)$ 이다. ㉑ ⑤

08

**알짜풀이** ● 0~2초 동안 전동기가 물체를 끌어올리는 힘은  $(5 \times 10) + (5 \times 1) = 55(N)$ 이고, 물체의 이동 거리는 그래프 아래의 넓이이므로 2m이다. 2~4초 동안 전동기가 물체를 끌어올리는 힘은  $5 \times 10 = 50(N)$ 이고, 물체의 이동 거리는 그래프 아래의 넓이이므로 4m이다. 따라서 0~4초 동안 전동기가 한 일은  $(55 \times 2) + (50 \times 4) = 310(J)$ 이다. ㉑ 310 J

09

**알짜풀이** ● A지점에서의 역학적 에너지가  $(\frac{1}{2} \times 2 \times 3^2) + (2 \times 10 \times 2) = 49(J)$ 이고 역학적 에너지가 보존되므로, 가장 낮은 높이에서 운동 에너지는 최대로  $E_2 = 49(J)$ , 가장 높은 높이에서 운동 에너지는 최소로  $E_1 = 0$ 이다. 따라서  $E_2 - E_1 = 49(J)$ 이다. ㉑ 49 J

10

**모범답안** ● 운전자가 유리창에 부딪치는 것보다 에어백에 부딪칠 때 충격을 받는 시간이 길어져 운전자에게 작용하는 충격력의 크기가 작아지기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 운전자에게 작용하는 힘이 줄어들기 때문이라고 쓴 경우	50 %

이런... **중 단 원 별 문제 정복하기** ㉑ 별책 6쪽  
 01 ③ 02 ① 03 ② 04 ③

우공비 BOX

**보충 설명** ● 두 사람이 서로 마주 보고 미는 문제에서는 두 사람에게 작용하는 힘, 가속도, 질량, 이동 거리를 비교하는 문제가 자주 출제돼요.

**쉽게쉽게** ● 세 물체가 함께 붙어서 움직이는 경우나 세 물체가 줄로 연결되어 움직이는 경우, 세 물체의 가속도는 같아요. 세 물체를 한 물체로 보고 합력과 총 질량으로부터 가속도를 구할 수 있어요.

**쉽게쉽게** ● 물체가 수평 방향으로 이동하므로 수평 성분의 힘을 알아야 해요. 이때 수평 성분의 힘은 당기는 힘의  $\cos \theta$  값이에요.

**보충 설명** ● 압축된 용수철이 A와 B에 가한 충격량이 같으므로 B의 운동량의 변화량이  $2mv$ 이면 A의 운동량의 변화량도  $2mv$ 이에요. 따라서 용수철과 분리된 직후 A의 속력은  $2v$ 이에요.

**보충 설명** ● 에어백 센서에 의해 충돌이 감지되면 기계 장치가 작동하여 폭발하고, 폭발한 기체로 인해 에어백이 순간적으로 부풀어 올라 운전자를 보호해요.

01

**알짜풀이** ● 알짜힘이 일정할 때 가속도는 질량에 반비례한다. 서로 미는 동안 작용 반작용 법칙에 의해 A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 같고, 그래프에서 가속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 B의 질량은 A의 2배이다. ㉑ ③

02

**알짜풀이** ● 가. A, B, C를 한 물체로 보면 알짜힘의 크기는  $(2m + m)g - mg = 2mg$ 이고, 총 질량은  $4m$ 이므로  $2mg = 4ma$ 에서 가속도의 크기는  $a = \frac{g}{2}$ 이다.

**오답넘기** ● 나. A에 작용하는 알짜힘의 크기는  $2m \times (\frac{g}{2}) = mg$ 이므로 p가 A, B를 당기는 힘의 크기를  $T_p$ 라 하면  $2mg - T_p = mg$ 에서  $T_p = mg$ 이다. B에 작용하는 알짜힘의 크기는  $m \times (\frac{g}{2}) = \frac{mg}{2}$ 이므로 q가 B, C를 당기는 힘의 크기를  $T_q$ 라 하면  $mg + T_p - T_q = \frac{mg}{2}$ 에서  $T_q = \frac{3mg}{2}$ 이다. 따라서  $T_q$ 는  $T_p$ 보다 크다.

다. B와 C의 질량이 같으므로 운동 중에 p가 끊어지면 B와 C는 각각 등속 직선 운동을 한다. 따라서 q가 C를 당기는 힘의 크기는 C에 작용하는 중력의 크기( $=mg$ )와 같다. ㉑ ①

03

**알짜풀이** ● A와 B가 위아래로 각각 5m씩 이동하였으므로 힘을 작용하여 당긴 거리는 5m이다. 따라서 힘이 한 일은  $10 \times 5 = 50(J)$ 이고, 일-운동 에너지 정리에 의해 A와 B의 운동 에너지의 합은 힘이 한 일과 같은 50 J이다. ㉑ ②

04

**알짜풀이** ● 가. 역학적 에너지가 보존되므로 A는  $\frac{1}{2}m(2v)^2 + mg(5h) = mgH$ 이고, B는  $\frac{1}{2}(2m)v^2 + 2mg(5h) = \frac{1}{2}(2m)(2v)^2 + 2mg(2h)$ 이므로  $v^2 = 2gh$ 이다. 따라서 P점의 높이는  $H = 9h$ 이다.

나. 용수철을 압축시켰을 때 용수철에 저장된 퍼텐셜 에너지는 분리된 직후 A와 B의 운동 에너지의 합과 같으므로  $\frac{1}{2}m(2v)^2 + \frac{1}{2}(2m)v^2 = 3mv^2 = 6mgh$ 이다.

**오답넘기** ● 다. 분리 직후 A의 역학적 에너지는  $9mgh$ , B의 역학적 에너지는  $\frac{1}{2}(2m)v^2 + 2mg(5h) = 12mgh$ 이다. ㉑ ③

꼭 나오는 **중 단 원 별 문제 점검하기** ㉑ 별책 7~8쪽  
 01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ① 06 ④ 07 (1)  
 1 : 8 (2) 2 : 1 08  $H = 30 m, L = 20 m$  09 해설 참조

01

**알짜풀이** ● 가. 행성의 속력은 태양에서 가까울수록 빠르고, 멀수록 느리다. 따라서 A → B → C로 가는 동안 행성과 태양 사이의 거리가 가까워지므로 행성의 속력은 증가한다.

ㄴ.  $\frac{GMm}{r^2} = ma$ 에서  $a = \frac{GM}{r^2}$ 이므로 가속도의 크기는 태양과 행성 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 행성이 A → B → C로 가는 동안 태양과 행성 사이의 거리가 감소하므로 가속도의 크기는 증가한다.

**오답범기** ● ㄷ. 행성이 A → B → C로 가는 동안 운동 에너지는 증가하지만, 만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지는 그만큼 감소하므로 역학적 에너지는 변하지 않는다. ㉮ ③

### 02

**알짜풀이** ● 구심력의 크기는  $\frac{mv^2}{r}$ 이고, 행성의 공전 주기는  $T = \frac{2\pi r}{v}$ 이므로  $v = \frac{2\pi r}{T}$ 이 된다. 따라서  $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ 이므로  $T^2 = kr^3$ 이 성립된다. ㉮ ③

### 03

**알짜풀이** ● ㄱ. 행성의 속력은 근일점인 A에서 가장 빠르고, 원일점인 C에서 가장 느리다.

ㄷ. 행성과 태양을 연결하는 선은 같은 시간 동안 같은 면적을 휩쓸기 때문에 행성과 태양을 연결하는 선이 휩쓴 면적과 걸린 시간은 서로 비례한다. 행성이 B에서 C까지 이동하는데 걸리는 시간은 3T이므로 A에서 C까지 이동하는데 걸리는 시간은 4T이고, 공전 주기는 4T × 2 = 8T이다.

**오답범기** ● ㄴ. A에서 C로 가는 동안 행성에 작용하는 태양의 중력의 크기가 감소하므로 가속도의 크기는 감소한다. ㉮ ③

### 04

**알짜풀이** ● (가)에서  $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ 이므로 위성 A의 속력은  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이고, (나)에서  $\frac{mv'^2}{r} = \frac{G(4M)m}{r^2}$ 이므로 위성 B의 속력은  $v' = \sqrt{\frac{G(4M)}{r}} = 2\sqrt{\frac{GM}{r}} = 2v$ 이다. ㉮ ④

### 05

**알짜풀이** ● 진공에서 빛의 속력은 관찰자의 속도와 무관하게 항상 같다(광속 불변 원리). ㉮ ①

### 06

**알짜풀이** ● 길이 수축에 의해  $300 = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \times 500$ 이므로 지면에 대한 우주선의 속력  $v = \frac{4}{5}c = 0.8c$ 이다. ㉮ ④

### 07

**알짜풀이** ● (1) 케플러 제 3법칙에 의해  $\frac{T^2}{R^3} = \text{일정}$ 이므로  $\frac{T_A^2}{T_B^2} = \frac{1^3}{4^3} = \frac{1}{64}$ 에서  $T_B = 8T_A$ 이다. 따라서 행성 A와 B의 공전 주기의 비 A : B = 1 : 8이다.

(2)  $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ 에서  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 이므로  $v_A = \sqrt{GM}$ 이고,  $v_B = \sqrt{\frac{GM}{4}} = \frac{\sqrt{GM}}{2}$ 이다. 따라서 행성 A와 B의 공전 속력의 비 A : B = 2 : 1이다. ㉮ (1) 1 : 8 (2) 2 : 1

### 08

**알짜풀이** ● 운동 방향과 수직인 방향으로 길이는 수축이 일어나지 않으므로 수레의 높이 H = 30(m)이고, 운동 방향과

### 우공비 BOX

나란한 방향으로 길이는 수축이 일어나므로

$$L = \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \times 40 \text{에서 수레의 길이 } L = 20(\text{m}) \text{이다.}$$

㉮ H = 30 m, L = 20 m

### 09

**모범답안** ● 질량·에너지 동등성은 질량은 에너지로 전환될 수 있고, 에너지는 질량으로 전환될 수 있다는 것을 의미한다. 핵분열 반응, 핵융합 반응, 쌍소멸 등은 질량이 에너지로 전환되는 예이고, 가속기 충돌 실험이나 우주선이 지구 대기와 충돌할 때 새로운 입자들이 만들어지는 것은 에너지가 질량으로 전환되는 예이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 질량·에너지 동등성에 대한 설명만 바르게 한 경우	50 %

● 별책 9쪽

[ **어려운** **중·원별 문제** 정복하기 ]

01 ① 02 ④ 03 ① 04 ②

### 01

**알짜풀이** ● ㄱ. 행성의 긴반지름이  $\frac{2+6}{2} = 4(\text{AU})$ 이므로 행성의 긴반지름의 세제곱은 지구의 64배이다. 따라서 행성의 공전 주기는 지구 공전 주기의 8배, 즉 8년이다.

**오답범기** ● ㄴ.  $ma = \frac{GMm}{r^2}$ 에서  $a = \frac{GM}{r^2}$ 이다. 즉, 행성의 가속도의 크기는 태양과 행성 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로, A에서 C에서의  $3^2 = 9(\text{배})$ 이다.

ㄷ. A에서 C까지 가는 데 걸리는 시간은 4년이고 A에서 C까지 속력이 계속 감소하므로, B에서 C까지 가는 데 걸리는 시간은 2년보다 길다. 따라서 행성과 태양을 잇는 선이 2년 동안 쓸고 가는 넓이는 S보다 작다. ㉮ ①

### 02

**알짜풀이** ● ㄱ. 움직이는 자동차의 길이가 L이므로 지면에 정지해 있는 자동차의 길이는 L보다 크다.

ㄷ. 두 사건이 서로 다른 장소에서 일어나므로 철수에게는 동시에 일어난 두 사건이 자동차에 탄 영희에게는 동시에 일어나지 않는 것으로 보인다.

**오답범기** ● ㄴ. 자동차에 탄 영희에게는 차고가 움직이는 것으로 보이므로 길이 수축에 의해 차고의 길이가 L보다 작게 보인다. ㉮ ④

### 03

**알짜풀이** ● ㄱ.  $\overline{SM}$ 의 길이(고유 길이)는  $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2}} \times L = \frac{5L}{4}$ 이므로 레이저광의 왕복 거리는  $\frac{10L}{4} = 2.5L$ 이다. 빛의 속력이 c이므로 레이저광의 왕복 시간은  $\frac{2.5L}{c} = 2.5T$ 이다.

**오답범기** ● ㄴ. 우주선은 정지해 있고 지표면이 움직이므로

● **보충 설명** ● 같은 장소에서 동시에 일어난 두 사건은 관찰자의 운동 상태에 관계없이 모든 관찰자에게 동시에 일어난 것으로 보여요. 하지만 서로 다른 장소에서 일어난 두 사건은 관찰자의 운동 상태에 따라 동시성이 달라요.

● **조심조심** ● 길이 수축이 일어날 때 물체의 운동 방향과 나란한 길이만 수축되고, 운동 방향과 수직인 길이는 수축되지 않아요.



우공비 BOX

지표면에 고정된 시계가 우주선에 고정된 시계보다 느리게 간다(시간 팽창).

ㄷ. Z, W, B가 일직선을 이루는 시간이 X, Y, A가 일직선을 이루는 시간보다 빠르다. ㉑

04

알짜풀이 ● 레이저광과 우주선이 반대 방향으로 진행되는 t1 동안 레이저광이 진행한 거리와 우주선이 진행한 거리의 합은 L이므로 ct1 + (0.6c)t1 = L에서 t1 = 5L/8c = 5/8 T이다. 레이저광과 우주선이 같은 방향으로 진행되는 t2 동안 레이저광이 진행한 거리에서 우주선이 진행한 거리를 뺀 값이 L이므로 ct2 - (0.6c)t2 = L에서 t2 = 5L/2c = 5/2 T이다. ㉒

꼭 나오는

중단원별 문제 점검하기 ㉑ 별책 10~11쪽
01 ㉑ 02 ㉑ 03 ㉑ 04 ㉑ 05 ㉑ 06 ㉑ 07 ㉑
08 일반 상대성 이론 09 급팽창(인플레이션)이론 10 위
쿼크 : 24개, 아래 쿼크 : 24개, 전자 : 8개 11 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 자유 낙하하는 엘리베이터 안은 아무 힘도 작용하지 않는 무중력 상태이므로 던진 공은 엘리베이터 벽에 부딪지기 전까지 등속도 운동을 하고, 관찰자는 엘리베이터 바닥으로부터 아무런 힘도 느끼지 못한다.

오답넘기 ● ㄷ. 무중력 상태에서는 물이 든 병을 뒤집어도 물이 엘리베이터 바닥으로 쏟아지지 않는다. ㉑

02

알짜풀이 ● 영수, 철수, 수영 : 세차 운동은 뉴턴의 중력 이론으로는 설명할 수 없었으나 일반 상대성 이론을 적용하여 태양의 중력 효과를 고려하면 정확하게 설명할 수 있다.

오답넘기 ● 영희 : 세차 운동은 다른 행성에 의한 중력의 효과에 의해서도 일어난다. ㉑

03

알짜풀이 ● 물질과 에너지에 의해 시공간이 휘어진다는 일반 상대성 이론은 뉴턴의 만유인력 법칙보다 더 정확하게 여러 가지 현상을 설명할 수 있고, 새로운 현상들(블랙홀, 우주의 탄생과 진화, 암흑 물질 등)까지도 다루게 되어 현대 우주론의 이론적인 근간이 되고 있다. ㉑

04

알짜풀이 ● 우주가 계속 팽창하므로 시간이 지날수록 은하 사이의 거리가 멀어진다. ㉑

05

알짜풀이 ● ㄱ. 약 2.7 K에 해당하는 우주 배경 복사가 우주의 모든 방향에서 검출되는데, 이는 대폭발 우주론의 증거가 된다.

오답넘기 ● ㄴ. 현대 우주론에 의하면 우주의 팽창 속도는 우주 탄생부터 현재까지 일정하지 않았다.

조심조심

지면에 대해 동시에 일어난 두 사건이 우주선에 대해서는 동시에 일어나지 않을 수 있어요. 우주선은 정지해 있고 지표면이 움직이므로 SM의 길이보다 AB의 길이가 짧고(길이 수축), 따라서 지표면이 왼쪽으로 이동하면서 Z, W, B가 일직선을 이룬 후에 X, Y, A가 일직선을 이룬다.

보충 설명

관성력은 가속도 운동을 하는 좌표계 안에 있는 관찰자가 관성에 의해 느끼는 가상적인 힘이에요. 관성력의 크기는 물체의 질량에 가속도를 곱한 값과 같고, 방향은 가속도의 방향과 반대이므로 중력 가속도로 낙하하는 엘리베이터 안에서 관성력은 중력과 크기가 같고, 방향은 반대예요.

보충 설명

원자핵 속에 들어 있는 기본 입자는 위쿼크와 아래 쿼크이고, 원자핵 둘레에 분포하는 전자는 렙톤에 속하는 기본 입자예요. 양성자는 위쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 되어 있고, 중성자는 위쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 되어 있어요.

보충 설명

중력에 의해 시간 팽창 현상이 일어나요. 따라서 지표면에 가까이 있는 시계일수록 시간이 천천히 가는 거예요.

ㄷ. 현재 존재만이 알려진 암흑 물질과 암흑 에너지는 현대 우주론으로도 아직 정체를 밝혀내지 못하고 있다. ㉑

06

알짜풀이 ● 중력 상호 작용을 매개하는 입자는 중력자(ㄷ), 전자기 상호 작용을 매개하는 입자는 광자(ㄱ), 강한 상호 작용을 매개하는 입자는 글루온(ㄴ), 약한 상호 작용을 매개하는 입자는 Z 보손(ㄹ)이다. ㉑

07

알짜풀이 ● ㄱ, ㄴ. 기본 상호 작용은 매개 입자의 교환으로 이루어지며, 원자핵 내부에서는 4가지 기본 상호 작용이 모두 일어날 수 있다.

ㄷ. 강한 상호 작용과 약한 상호 작용은 원자핵 내부와 같이 매우 가까운 거리에서만 작용하므로, 수소 원자의 원자핵과 그 둘레에 분포하는 전자 사이에는 작용하지 않는다. ㉑

08

알짜풀이 ● 수성의 세차 운동, 중력에 의한 시간 팽창과 빛의 휘어짐은 일반 상대성 이론의 증거이다. ㉑ 일반 상대성 이론

09

알짜풀이 ● 대폭발 직후 극미한 시간 동안 우주는 상상을 초월하는 엄청난 속도로 팽창하는 급팽창(인플레이션)의 시기를 거친 후 오랫동안 팽창 속도가 일정한 시기를 지나면서 별과 은하가 탄생하게 되었다. ㉑ 급팽창(인플레이션) 이론

10

알짜풀이 ● 산소 원자핵 속에 들어 있는 위쿼크와 아래 쿼크의 개수는 각각 3x8=24개이다. 원자에는 양성자의 수와 같은 수의 전자가 들어 있으므로 전자가 8개 들어 있다. ㉑ 위쿼크 : 24개, 아래 쿼크 : 24개, 전자 : 8개

11

모범답안 ● A, 중력이 큰 곳에서는 시간이 천천히 가기 때문이다.

Table with 2 columns: 채점 기준, 배점. Row 1: ㉑ 모범답안과 같이 설명한 경우, 100%. Row 2: ㉒ 시간이 천천히 가는 시계만 바르게 고른 경우, 30%.

아려움

중단원별 문제 정복하기 ㉑ 별책 12쪽
01 ㉑ 02 ㉑ 03 ㉑ 04 ㉑

01

알짜풀이 ● 특수 상대성 이론에 의하면 움직이는 시계는 정지한 시계보다 느리게 가므로 B가 A보다 느리게 간다. 일반 상대성 이론에 의하면 중력이 큰 곳일수록 시간이 느리게 가므로 A가 B보다 느리게 간다. 관측 센터의 관측 결과 A

가 B보다 느리게 가므로 일반 상대성 이론의 효과가 특수 상대성 이론의 효과보다 크다. **답 ⑤**

02

**알짜풀이** ● 나. 태양계, 별, 은하는 인플레이션 시기가 끝나고 팽창 속도가 거의 일정하게 된 (나) 시기에 만들어졌다.

**오답نب기** ● 가. 우주 배경 복사는 빅뱅 약 38만년 후 우주의 온도가 약 3,000 K이 되었을 때 원자가 형성되면서 물질과 분리되어 빠져나온 빛으로 (나) 시기에 만들어졌다.

다. (다) 시기는 가속 팽창 시기로, 은하 사이의 거리가 멀어지면서 팽창 속도를 지연시키는 중력의 효과보다 팽창 속도를 가속시키는 우주 상수의 효과가 더 강해졌기 때문이다. **답 ②**

03

**알짜풀이** ● 나. 베타 붕괴를 일으키는 원인은 약한 상호 작용이다. 그림의 베타 붕괴 과정에서 a가 b로 변하므로, 베타 붕괴는 a와 b가 약한 상호 작용을 하여 나타나는 현상이다.

다. A는 중성자이고 B는 양성자이므로 a는 아래 쿼크(d)이고 b는 위쿼크(u)이다. 위쿼크와 아래 쿼크의 전하량은 각각  $+\frac{2}{3}e$ ,  $-\frac{e}{3}$ 이므로 a의 전하량은  $-\frac{e}{3}$ 이고 b의 반입자  $\bar{b}$ 의 전하량은  $-\frac{2}{3}e$ 이다. 따라서 a와  $\bar{b}$ 로 구성된 입자의 전하량은  $(-\frac{e}{3}) + (-\frac{2}{3}e) = -e$ 로 C의 전하량과 같다.

**오답نب기** ● 가. 베타 붕괴 이전과 이후의 총 전하량은 같으므로(전하량 보존 법칙), B의 전하량과 C(전자)의 전하량(-e)의 합은 A의 전하량과 같다. 양성자의 전하량은 +e이므로 A는 중성자이고, B는 양성자이다. **답 ④**

04

**알짜풀이** ● 가. 전자는 강한 상호 작용을 하지 않으므로 (나)의 상호 작용은 전자기적 상호 작용이다. 전자기적 인력이 작용하므로 (나)에서 쿼크는 (+)전하를 띤 위쿼크이다.

**오답نب기** ● 나. (가)와 (나)의 상호 작용은 모두 전자기적 상호 작용이므로 매개 입자 a와 b는 모두 광자이다.

다. 두 전하 사이의 거리가 같을 때 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례한다(쿨롱 법칙). 전자와 위쿼크의 전하량은 각각  $-e$ ,  $+\frac{2}{3}e$ 이므로 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. **답 ①**

꼭 나오는

중 단원 별 문제 점검하기

● 별책 13~14쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ① 07 ④
- 08 세기 :  $9 \times 10^9$  N/C, 방향 : 왼쪽 09 접지 10 해설
- 참조 11 해설 참조

01

**알짜풀이** ● 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례하므로 A, B 사이의 거리가 멀어지면 전기력의 크기는 작아진다. **답 ④**

우공비 BOX

● 보충 설명 ●

(가) 시기는 빅뱅 후 1초보다 훨씬 짧은 시간 동안 우주가 엄청난 크기로 팽창한 시기로 인플레이션 시기라고 해요. 대폭발 이론이 처음으로 제안되었을 때 우주의 팽창 속도는 일정했다고 믿었으므로 (나) 시기를 대폭발 시기라고 해요.

● 보충 설명 ●

**반입자**  
기본 입자와 질량은 같고, 전하가 반대인 입자예요.

● 보충 설명 ●

전하를 띠고 있는 도체가 다른 도체와 접촉하게 되면 (-)전하가 이동하므로 전하의 종류와 크기에 따라 전하의 재분포가 일어나게 돼요.

● 보충 설명 ●

만약 A가 양성자이고 B가 중성자라면 전하량 보존 법칙이 성립하지 않아요.

● 필수 자료 ●

**전기장의 세기**  
점전하 Q로부터 거리가 r만큼 떨어진 곳의 전기장의 세기는  $E = k \frac{Q}{r^2}$  (N/C)이예요.

02

**알짜풀이** ● A와 B에는 모두 중력과 전기력이 작용하여 장력과 평형을 이룬다. A와 B 사이에 작용하는 전기력은 작용 반작용 관계이므로 크기가 같다. 따라서 B쪽의 기울기가 작은 것은 중력이 더 크게 작용하기 때문이므로 B가 A보다 질량과 중력이 더 크다. **답 ④**

03

**알짜풀이** ● 가. A에서 나오는 전기력선이 B로 들어가므로, A는 (+)전하이고 B는 (-)전하이다.

나. A에서 나오는 전기력선의 개수가 B로 들어가는 전기력선의 개수보다 많으므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

다. P점에 놓은 (-)전하는 전기장과 반대 방향으로 전기력을 받는다. **답 ⑤**

04

**알짜풀이** ● 대전된 플라스틱 막대를 종이 조각에 가까이 가져가면 플라스틱 막대에 가까운 쪽에는 다른 전하가, 먼 쪽에는 같은 전하가 유도되는 유전 분극 현상이 나타난다. **답 ⑤**

05

**알짜풀이** ● 전하를 띤 금속판에 손가락을 접촉하면 금속박의 (-)전하가 손가락을 통해 이동하므로 금속박의 (-)전하량이 감소하여 금속박이 오므라든다. **답 ⑤**

06

**알짜풀이** ● 가. 그림은 자유 전자의 이동에 의한 도체에서의 정전기 유도를 나타낸 것이다. 도체에 대전체를 가까이 했다가 치우면 전하의 재분포에 의해 원래 상태로 돌아간다.

**오답نب기** ● 나. 정전기 유도가 일어나는 것으로 보아 이 물체는 도체이다. 고무, 유리, 플라스틱 등은 절연체로, 유전 분극 현상이 나타난다.

다. 대전체의 (-)전하량과 물체 내부의 (+)전하량은 크기가 같지 않고, 물체에 유도되는 (+)전하와 (-)전하의 전하량이 같다. **답 ①**

07

**알짜풀이** ● 가. (가)에서 (-)전하로 대전된 대전체를 접근시키면, 대전체에 가까운 금속망에는 (+)전하가 유도되므로, 검전기의 금속판은 (-)전하, 금속막은 (+)전하로 대전되어 금속막이 벌어진다.

다. (나)에서도 대전체에 가까운 금속망에는 (+)전하가 유도되지만 금속망에서 먼 곳의 (-)전하는 접지선을 통하여 빠져나간다. 즉, 정전기 차폐가 일어나 금속막에는 아무런 변화가 없다.

**오답نب기** ● 나. 정전기 차폐가 일어나면 금속막은 대전되지 않으므로 벌어지지 않는다. **답 ④**

08

**알짜풀이** ● P점에서 두 점전하에 의한 전기장을 구하면 다음과 같다.

$$E_A = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(2)^2} = 9 \times 10^9 \text{ (N/C)} \text{ (방향 : 오른쪽)}$$

$$E_B = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2}{(1)^2} = 18 \times 10^9 \text{ (N/C)} \text{ (방향 : 왼쪽)}$$



따라서 P점에서의 전기장의 세기는  $(18 \times 10^9) - (9 \times 10^9) = 9 \times 10^9 (N/C)$ 이고, 방향은 왼쪽이다.

답 세기 :  $9 \times 10^9 N/C$ , 방향 : 왼쪽

### 09

**알짜풀이** ● 접지는 대전체를 도선으로 지면과 연결하는 것으로, 이때 연결한 도선을 접지선이라고 한다. [답] 접지

### 10

**모범답안** ● 머리카락은 같은 전하로 대전되어 서로 밀어내므로 곳곳이 선 모양이 된다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 서로 밀어내는 힘이 작용하기 때문이라고만 쓴 경우	40 %

### 11

**모범답안** ● 정전기 유도를 이용한 것으로, 그을음이 포함된 연기를 원통 안으로 보내면 그을음이 (-)전하로 대전되어 원통의 안쪽 벽에 부착되어 제거되고 원통의 상부로 빠져나가는 연기는 깨끗해진다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 정전기 유도를 이용한 것이라고만 설명한 경우	40 %

어려움

[중단원별 문제 정복하기]

○ 별책 15쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ④ 04 ③

### 01

**알짜풀이** ● ⑤ A점의 +Q를 D점에 놓으면 B점의 -Q에 의한 전기력의 방향은 B쪽이고, D점의 +Q에 의한 전기력의 방향도 B쪽이므로 전기력의 크기가 커진다.

**오답넘기** ● ① C에 있는 +q가 받는 전기력의 방향은 A점의 +Q에 의해서는 D쪽이고, B점의 -Q에 의해서는 B쪽이다. 이때 거리가 가까운 B점의 -Q에 의한 전기력의 크기가 더 크므로 전기력의 방향은 B쪽이다.

② +Q를 B쪽으로 옮기면 C에 있는 +q와의 거리가 감소하므로 +Q에 의한 전기력의 크기가 커진다. 따라서 +q가 받는 전기력의 크기는 작아진다.

③ 전하 +q를 -q로 바꾸면 A점과 B점의 전하에 의한 전기력의 방향은 모두 반대로 바뀐다. 그런데 B점의 -Q에 의한 전기력의 크기가 더 크므로 전기력의 방향은 반대로 바뀐다.

④ B점의 -Q를 D점에 놓으면 D점의 -Q에 의한 전기력의 방향이 A점의 +Q에 의한 전기력의 방향과 같으므로 +q가 받는 전기력의 방향이 바뀐다. [답] ⑤

### 02

**알짜풀이** ● 나. 점전하가 받는 힘의 방향이 왼쪽이므로 가속도의 방향은 왼쪽이고, 운동 제 2법칙에 의해 점전하의 가속도의 크기는  $F = ma = qE$ 에서  $a = \frac{qE}{m}$ 이다.

### 우공비 BOX

#### ● 보충 설명

머리카락은 같은 전하로 대전되어 서로 밀어내므로 곳곳이 선 모양이 되는데, 머리카락이 선 방향이 전기장의 방향이에요.

#### ● 쉽게 쉽게

여러 전하에 의한 전기장은 각 전하에 의한 전기장을 구하고 이들의 벡터 합을 구하면 돼요.

#### ● 조심조심

전기력의 합력을 구할 때에는 전기력의 방향에 유의하도록 해요. 또한 전기력의 크기가 어떤 경우에 달라지는지도 잘 알아두세요.

다. 점전하는 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받으므로 운동 에너지가 감소한다. 이때 점전하의 운동 에너지 감소량은 전기장이 해 준 일과 같다.

**오답넘기** ● 가. 점전하가 (-)전하를 띠므로 점전하가 받는 전기력의 방향은 전기장의 방향과 반대 방향이다. 따라서 속도가 일정하게 감소하는 등가속도 운동을 한다. [답] ④

### 03

**알짜풀이** ● 나. (나)에서 B가 유리 막대에 달라붙어 있는 것은 유전 분극 현상이 일어났기 때문이다. 따라서 유전 분극은 일어나지만 이동하는 전자는 없다.

다. A는 도체이므로 정전기 유도가 일어나지만 대전체를 치우면 자유 전자가 원래의 상태로 되돌아간다.

**오답넘기** ● 가. (가)에서 A가 대전된 유리 막대와 접촉하면 전자가 이동하여 A도 유리 막대와 같은 전하로 대전되기 때문에 척력에 의해 A가 유리 막대에서 떨어진다. [답] ④

### 04

**알짜풀이** ● 정사각형의 중심 O에 형성되는 전기장은 네 개의 전하가 만드는 전기장의 벡터 합과 같다. 각 전하에 의한 전기장의 세기는 E로 같고, 방향은 각각 (+)전하에서 (-)전하를 향하므로 벡터 합을 구하면 -y축 방향으로  $2\sqrt{2}E$ 이다. D의 전하를 +Q로 바꾸면 A와 D에 의한 전기장의 합이 0이므로 O에서 전기장의 세기는 2E이다. [답] ③

꼭 나오는

[중단원별 문제 점검하기]

○ 별책 16~17쪽

01 ③ 02 ① 03 ② 04 ① 05 ③ 06 ④ 07 ①  
08 4 A 09 해설 참조 10 해설 참조 11 (1) 강자성 (2) 해설 참조

### 01

**알짜풀이** ● 전류의 세기를 증가시키면 직선 도선에 의한 자기장의 세기가 증가하므로  $\theta$ 는 커진다. [답] ③

### 02

**알짜풀이** ●  $B = k' \frac{I}{r} = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{10}{0.02} = \pi \times 10^{-4} (T)$ 이다. [답] ①

### 03

**알짜풀이** ● 솔레노이드 내부에서의 자기장 세기는  $B = k'' nI = k'' \frac{N}{l} I$ 이므로 원통의 길이와는 무관하다.  $B_A = k'' \frac{100}{0.2} \times 2$ ,  $B_B = k'' \frac{200}{0.1} \times 1$ 이므로 자기장 세기의 비는  $B_A : B_B = 1 : 2$ 이다. [답] ②

### 04

**알짜풀이** ● 가. (가)는 전자의 궤도 운동을 나타내고, (나)는 전자의 회전 운동(스핀)을 나타낸다. 두 운동 모두 물질이

자성을 나타내는 원인이 된다.

**오답넘기** ● 나. (가)에서 전자가 반시계 방향으로 회전하면 전류는 시계 방향으로 흐르게 되므로 아래쪽이 N극이 된다. 따라서 자기장의 방향은 위에서 아래 방향이다.

ㄷ. 한 원자 내 전자들이 모두 짝을 이루어 전자의 궤도 운동과 회전 운동(스핀)에 의한 자기장이 완전히 상쇄되는 물질은 반자성체이다. **답 ①**

### 05

**알짜풀이** ● 가. 외부 자기장을 가했을 때 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되었고, 외부 자기장이 사라지면서 자기화가 사라졌으므로 이 물질은 반자성체이다.

나. 반자성체에는 유리, 금, 플라스틱, 수소, 물 등이 있다.

**오답넘기** ㄷ. 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 자석과 척력이 작용한다. **답 ③**

### 06

**알짜풀이** ● 가. S극을 접근시킬 때 원형 도선의 왼쪽에 S극이 유도되므로 척력이 작용하여 원형 도선은 밀려난다.

나. S극이 접근하므로 원형 도선의 왼쪽에 S극이 유도되도록 원형 도선에는 b 방향으로 유도 전류가 흐른다. **조심조심**

**오답넘기** ㄷ. 자석의 N극을 접근시키면 원형 도선의 왼쪽에 N극이 유도되므로 척력이 작용하여 원형 도선은 밀려난다. **답 ④**

### 07

**알짜풀이** ● 나. 유도 기전력의 크기는 자기장의 시간적 변화율인 그래프의 기울기의 절댓값에 비례한다. 이때 기울기는 4초일 때가 2초일 때보다 크다.

**오답넘기** ● 가. 1초일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 증가하므로 렌즈 법칙에 의해 도선에 반시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

ㄷ. 3초일 때는 자기장이 증가하다가 다시 감소하는 전환점으로 순간적인 그래프의 기울기가 0이다. 따라서 유도 기전력의 크기도 0이다. **답 ①**

### 08

**알짜풀이** ●  $B = k \frac{I}{r} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{I}{0.2} = 4 \times 10^{-6} (\text{T})$ 에서  $I = 4(A)$ 이다. **답 4 A**

### 09

**모범답안** ● 금속이 자기장 내에 놓이게 되면 금속 내부의 원자 자석들이 자기장의 방향으로 정렬한다. 즉, 자기화가 일어나 서로 다른 자극 사이에 작용하는 인력에 의해 자석 쪽으로 끌린다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 서로 다른 자극 사이에 인력이 작용하기 때문이라고만 설명한 경우	30 %

### 10

**모범답안** ● 자석을 더 빠르게 접근시킨다. / 자석을 자극이 같은 방향으로 두 개 포개어 접근시킨다(또는 세기가 센 자석을 접근시킨다). / 코일의 감은 수를 증가시킨다.

### 우공비 BOX

#### ●보충 설명●

외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되고 자기화 상태가 오래 유지되면 강자성체이고, 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되면 반자성체이요.

#### ●조심조심●

유도 전류는 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐르는데, 이는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 작용하도록 유도 전류가 흐른다는 의미예요.

#### ●필수 자료●

금속 고리가 원형 도선에 가까워지면 원형 도선에 흐르는 전류와 반대 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흐르고, 원형 도선에서 멀어지면 원형 도선에 흐르는 전류와 같은 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흘러요.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 한 가지 방법만 바르게 설명한 경우	50 %

### 11

(1) **알짜풀이** ● 외부 자기장을 가하면 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된 후 자기장이 사라져도 자기화가 남아 있는 성질을 강자성이라고 한다. **답 강자성**

(2) **모범답안** ● 외부에서 자기장을 가할 때 강자성체의 원자 자석들이 외부 자기장의 방향으로 배열되기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 원자 자석들이 한 방향으로 배열된다고만 설명한 경우	40 %

아려움

종. 단. 원. 별. 문제 정복하기

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ③

●별책 18쪽

### 01

**알짜풀이** ● 종이면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)로 하고, 각 점에서 자기장의 세기를 구해 보면 다음과 같다.

$$B_A = k \frac{2I}{r} - k \frac{4I}{3r} = k \frac{2I}{3r}, \quad B_B = -k \frac{2I}{r} - k \frac{4I}{r} = -k \frac{6I}{r},$$

$$B_C = -k \frac{2I}{3r} + k \frac{4I}{r} = k \frac{10I}{3r}$$

자기장의 세기가 0인 곳은 두 도선에 의한 자기장의 세기가 같고 방향이 반대인 곳이므로 도선 P의 왼쪽으로  $k \frac{2I}{x} = k \frac{4I}{(2r+x)}$ 인 곳이다. 즉, P의 왼쪽으로  $x=2r$ 인 곳이다. 따라서 A~C점 사이에는 자기장의 세기가 0인 곳이 없다. 자기장의 세기가 가장 센 곳은 B점과 도선 Q 사이에 있다. **답 ⑤**

### 02

**알짜풀이** ● 가. 원형 도선에 의한 자기장은 위쪽이 S극, 아래쪽이 N극이다. 원형 도선을 통과하기 전 금속 고리에 유도되는 전류의 방향은 반시계 방향이다. 따라서 원형 도선에 흐르는 전류와 반대 방향이다.

나. B 위치에서는 금속 고리를 통과하는 자기장이 감소하므로 금속 고리에 자기장을 증가시키는 방향으로 전류가 유도된다. 따라서 금속 고리에 작용하는 자기력의 방향은 위쪽이다.

**오답넘기** ● ㄷ. A에서 B로 내려오는 동안 감소한 퍼텐셜 에너지는  $E_p = mgh = 1 \times 10 \times 0.8 = 8(\text{J})$ 이고, 증가한 운동 에너지는  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2(\text{J})$ 이다. 따라서 자기력에 의해 손실된 에너지는 6J이다. **답 ③**

### 03

**알짜풀이** ● 나. 위쪽 전자 5개와 아래쪽 전자 5개는 서로 상쇄되고, 위쪽 전자 4개에 의한 자성이 나타난다. 이때 위쪽 전

우공비 BOX

자 4개는 반시계 방향으로 자전하므로 시계 방향으로 원형 전류가 흐르는 형태가 되어 위쪽이 S극, 아래쪽이 N극을 만든다.  
**오답넘기** ㄱ. 철은 강자성체로, 강자성체는 외부 자기장이 없는 보통 상황에서는 원자 자석들이 서로 무질서하게 흩어져 있기 때문에 전체적으로는 자성을 띠지 않는다.  
 ㄷ. 강자성체는 외부에서 자기장을 가했을 때 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화된 후 외부 자기장이 사라져도 자기화 상태가 남아 있는 물질이다. **답 ②**

**04**  
**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. (나)에서 자기화가 그대로 유지되므로 금속 막대는 강자성체이고, 코일에 Q → ㉔ → P 방향으로 유도 전류가 흐르므로 코일의 왼쪽이 S극, 오른쪽은 N극이다. 따라서 코일에 접근하고 있는 금속 막대의 자극은 S극이므로 B쪽은 N극이다. 강자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 자석의 A쪽은 N극이다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 강자성체는 원자 내에 짝을 이루지 않은 전자의 개수가 많고 원자들 사이 상호 작용이 강한 물질이다. **답 ③**

**꼭 나오는**

[ **중단 원별 문제** 점검하기 ] ● 별책 19~20쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③ 07 ③  
 08 ⑤ 09 베타 원리 10 흡수 스펙트럼 11 해설 참조  
 12 강유전체 13 그래핀

**01**  
**알짜풀이** ● 계단 모형에서는 계단의 간격이 일정하므로 에너지 간격이 일정하게 나타나지만, 수소 원자의 에너지 준위는 일정하지 않다. **답 ⑤**

**02**  
**알짜풀이** ● 허용된 띠는 원자 내의 전자들이 가질 수 있는 에너지띠로, 전자가 존재할 수 있는 영역이다. 금지된 띠는 에너지띠가 존재하지 않는 영역으로, 에너지띠 사이의 간격(띠틈)을 말한다. **답 ①**

**03**  
**알짜풀이** ● 원자가띠와 전도띠가 겹쳐 있거나 띠틈이 매우 좁아 전자가 띠틈보다 큰 에너지를 얻으면 전도띠로 전이할 수 있는 물질은 도체이다. 도체는 원자가띠에 전자가 완전히 채워져 있지 않아 전자의 이동이 자유롭다. **답 ⑥**

**04**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 반도체인 실리콘은 도체인 알루미늄보다 띠틈이 넓다.  
 ㄴ. 절대 온도 0 K에서는 반도체의 전자들이 전도띠에 전혀 없기 때문에 절연체로 취급할 수 있다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 전도띠로 올라간 전자가 있던 자리는 비어서 원자가띠에 있는 다른 전자가 들어올 수 있다. 이렇게 전자가 비어 있는 빈자리를 양공이라 하며, 원자가띠에 존재한다. **답 ③**

**쉽게쉽게**

순방향 연결은 p형 반도체와 전지의 (+)극이 연결된 경우이고, 역방향 연결은 p형 반도체와 전지의 (-)극이 연결된 경우예요.

**● 보충 설명**

강유전체는 어떤 전압 이상을 가하여 유전 분극 상태로 만들면 전압을 제거하여도 분극 상태를 유지할 수 있어요.

**● 보충 설명**

원자가띠는 허용된 띠 중에서 전자로 채워진 가장 높은 에너지띠이고, 전도띠는 원자가띠 위에 있는 에너지띠로 전자가 차 있지 않은 띠예요.

**● 보충 설명**

0 K 모든 원자의 에너지가 최소로 되는 온도로, 0 K일 때 물질을 구성하는 원자들의 열운동은 0이 되며, 이상 기체의 부피도 0이 돼요.

**05**  
**알짜풀이** ● 실리콘은 원자가 전자가 4개이다. 따라서 실리콘에 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑하면 공유 결합에 필요한 전자가 한 개 모자라 양공이 생긴다. 이와 같은 반도체를 p형 반도체라고 한다. **답 ⑤**

**06**  
**알짜풀이** ● n형 반도체는 공유 결합 후 전자가 1개 남기 때문에 전자가 이동하여 전류가 흐른다. **답 ③**

**07**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 이미터의 전하 운반체는 양공이다.  
 ㄴ. 이미터와 베이스 사이에는 이미터에 (+)극을 연결하여 순방향 전압을, 컬렉터와 베이스 사이에는 컬렉터에 (-)극을 연결하여 역방향 전압을 걸어주어야 전류가 흐른다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 베이스를 얇게 제작하므로 대부분의 양공은 컬렉터 쪽으로 이동한다. 따라서 베이스보다 컬렉터 쪽으로 더 센 전류가 흐른다. 즉,  $I_C$ 가  $I_B$ 보다 크다. **답 ③**

**08**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 강유전체는 외부의 전기장이 없어도 유전 분극 상태를 안정되게 유지하는 물질로, 일정 온도 이하에서 유전율이 매우 크다. 티탄산바륨, 인산칼륨, 로셀염 등이 있으며, 저장 효율이 좋은 초소형 축전기 부품에 많이 이용된다.

ㄴ. LCD는 액정을 이용해 얇게 만든 영상 표현 장치로, 액정에 걸어주는 전압을 조절하면 액정의 배열 상태가 달라져 액정을 통과하는 빛의 색을 조절할 수 있다. 이를 이용하여 다양한 색의 영상을 표현할 수 있다.  
 ㄷ. 그래핀은 잘 휘어지고 투명하며 열전도율이 뛰어나므로 구부릴 수 있는 영상 표현 장치에 이용된다. **답 ⑤**

**09**  
**알짜풀이** ● 파울리의 배타 원리는 한 원자 내에서 2개의 전자가 같은 에너지를 가질 수 없다고 한 것으로, 전자뿐만 아니라 입자에서도 양자 이론이 성립함을 밝혔다. **답 배타 원리**

**10**  
**알짜풀이** ● 검은 선은 그 파장에 해당하는 빛이 저온의 기체 원자에 흡수되어 나타나는 것이며, 이러한 스펙트럼을 흡수 스펙트럼이라고 한다. **답 흡수 스펙트럼**

**11**  
**모범답안** ● 수소 원자에 포함된 전자가 가질 수 있는 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 에너지 준위가 불연속적이기 때문이라고만 쓴 경우	30%

**12**  
**알짜풀이** ● 강유전체는 유전 분극과 같은 전기 분극 작용이 잘 일어나는 물질을 말한다. 외부 전기장을 유전체에 가하면 유전 분극 현상이 일어나 가해진 외부 전기장과 반대 방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다. **답 강유전체**

13

**알짜풀이** ● 탄소 원자가 6각형의 벌집 모양으로 연결된 평면 구조를 그래핀이라고 한다. 그래핀은 반도체보다 전자 이동 속도가 100배 이상 빠르며, 강도는 강철보다 200배 이상 강하다. 또 잘 휘어지고 투명하며 열전도율이 뛰어나다. **답** 그래핀

이러닝  
○ 별책 21쪽

중 단 원 별 **문제** 정복하기

01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ③

01

**알짜풀이** ●  $n, p, I_B + I_C = I_E$ 이고 트랜지스터는 베이스를 얇게 제작하므로 전류는 컬렉터에서 이미터 쪽으로 대부분 흐른다. 따라서  $I_E$ 가  $I_C$ 보다 크다.

**오답넘기** ●  $\gamma, V_1$ 은 n-p 접합에 걸린 순방향 전압이고,  $V_2$ 는 p-n 접합에 걸린 역방향 전압이다. **답** ④

02

**알짜풀이** ● 온도에 따른 **비저항** 그래프를 보면 A는 절연체, B는 반도체, C는 도체이다.

$n, B$ 는 반도체로, 온도를 증가시키면 원자가띠에 있던 전자가 전도띠로 이동하여 전류가 흐른다.

$p, C$ 는 도체로, 원자가띠와 전도띠가 겹쳐있거나 원자가띠에 전자가 완전히 채워져 있지 않고 일부만 채워져 있기 때문에 약간의 에너지만 흡수해도 전자가 비어 있는 전도띠로 전이한다.

**오답넘기** ●  $\gamma, A$ 는 절연체로, 유전 분극이 일어나며, 원자가띠와 전도띠 사이의 간격이 넓다. **답** ④

03

**알짜풀이** ●  $d, d$ . 정전기 유도에 의해 유전체 왼쪽에는 (-)전하가, 오른쪽에는 (+)전하가 유도되고, 금속판 A와 B에 유도되는 전하량의 크기가 같다.

**오답넘기** ●  $\gamma, d$ . 유전체에 의해 더 많은 전하를 끌어당길 수 있기 때문에 금속판 A에 유도되는 전하량은 (가)보다 (나)에서 더 많다.

$n, d$ . 외부 전기장을 유전체에 가하면 유전 분극 현상이 일어나 가해진 외부 전기장과 반대 방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다. **답** ③

04

**알짜풀이** ●  $\gamma, d$ . 라이먼 계열은 전자가  $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 스펙트럼이다. 따라서 A에서 방출하는 전자기파는 라이먼 계열에 속한다.

$n, d$ . 발머 계열은 전자가  $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 스펙트럼이다. 따라서 B에서 방출하는 전자기파는 가시광선 영역에 속하므로 눈으로 볼 수 있다.

**오답넘기** ●  $d, E = hf = h \frac{c}{\lambda}$ 이므로 에너지가 클수록 파장이 짧다. A에서가 B보다 더 큰 에너지를 방출하므로 전자기파의 파장은 A에서가 B에서보다 짧다. **답** ③

우공비 BOX

● **보충 설명** ● 파동은 매질의 한 점에서 생긴 흔들림(진동)이 매질을 따라 규칙적으로 퍼져 나가는 현상이에요.

용어 알기

**비저항**  
단위 면적이고, 단위 길이일 때 전기 저항을 말하며, 물질에 따라 달라요.

쉽게쉽게

주기는 진동수에 반비례하므로 주기가 길수록 진동수가 작아지고, 주기가 짧을수록 진동수가 커져요.

꼭 나오는

○ 별책 22~23쪽

중 단 원 별 **문제** 점검하기

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ④ 04 ② 05 ① 06 ② 07 ③  
08 3 m 09 해설 참조 10 해설 참조

01

**알짜풀이** ● ⑤ 파동의 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{10 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$ 이다.

**오답넘기** ● ① 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직이므로 횡파이다.

② 파동의 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 2 m이다.

③ 파장은 마루(골)에서 이웃한 마루(골) 사이의 거리이므로 10 m이다.

④ 진동수는 주기의 역수이다. 따라서 진동수는  $\frac{1}{5 \text{ s}} = 0.2 \text{ Hz}$ 이다. **답** ⑤

02

**알짜풀이** ●  $n, d$ . 소리는 진행 방향과 매질(공기 입자)의 진동 방향이 나란한 종파이다.

$p, d$ . 밀한 부분은 공기 입자들이 밀집되어 있고, 소한 부분은 공기 입자들이 퍼져 있으므로 압력은 밀한 부분이 소한 부분보다 높다.

**오답넘기** ●  $\gamma, d$ . 종파의 파장은 밀한 부분에서 다음 밀한 부분까지의 거리이다. **답** ⑤

03

**알짜풀이** ●  $\gamma, d$ . 파동의 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 3 m이다.

$d, d$ . 파동의 전파 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{4 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}$ 이다.

**오답넘기** ●  $n, d$ . 파동의 주기는 2초이다. 이때 진동수는 주기의 역수이므로 파동의 진동수는  $\frac{1}{2 \text{ s}} = 0.5 \text{ Hz}$ 이다. **답** ④

04

**알짜풀이** ● ② (가)보다 (나)의 주기가 짧으므로 (가)보다 (나)의 진동수가 더 크다.

**오답넘기** ● ① (가)의 주기가 (나)의 주기보다 길다.

③ 진동수가 큰 (나)가 (가)보다 높은 소리이다.

④ 진폭이 큰 (나)가 (가)보다 더 큰 소리이다.

⑤ (가)와 (나)는 소리의 맵시가 같으므로 같은 악기에서 나는 소리이다. **답** ②

05

**알짜풀이** ●  $\gamma, d$ . P와 Q의 주기가 같으므로 주기의 역수인 진동수도 P와 Q가 서로 같다.

**오답넘기** ●  $n, d$ . Q의 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}} = \frac{4L}{T}$ 이다.

$d, d$ . 이 순간으로부터 T가 지난 순간, 5L인 지점에서 중첩된 파동의 진폭은 2A이다. **답** ①

06

**알짜풀이** ● **ㄷ.** 같은 줄에서 파동의 전파 속도는 같으므로  $v=f\lambda$ 를 이용하면  $1\lambda_1=4\lambda_2$ 이다. 이때  $\lambda_1=12\text{ m}$ 이므로  $\lambda_2=3\text{ m}$ 이다.

**오답넘기** ● **ㄱ.** (나)에서 용수철의 길이가  $\frac{\lambda_1}{2}=6\text{ m}$ 이므로 정상파의 파장은  $\lambda_1=12\text{ m}$ 이다.

ㄴ. 정상파의 전파 속도  $=\frac{\lambda_1}{T}=\frac{12\text{ m}}{1\text{ s}}=12\text{ m/s}$ 이다. **답 ②**

07

**알짜풀이** ● **ㄱ.** (가)는 마이크로, 마이크에서는 소리가 진동판을 진동시켜 코일에 유도 전류를 흐르게 만든다.

ㄴ. (나)는 스피커로, 신호선에 흐르는 전류는 방향이 주기적으로 바뀌는 교류이다.

**오답넘기** ● **ㄷ.** (가)는 전자기 유도 현상을, (나)는 앙페르 법칙을 이용한다. **답 ③**

08

**알짜풀이** ● 초음파 센서에 감지되는 초음파 왕복 시간이  $t_0$  이라면, 거리는  $d=\frac{v \times t_0}{2}$ 이다. 따라서 자동차와 물체 사이의 거리는  $d=\frac{300 \times 20 \times 10^{-3}}{2}=3(\text{m})$ 이다. **답 3 m**

09

**모범답안** ● 외부로부터 들어오는 소음을 마이크를 이용해 저장한 다음 이것을 다시 전기 장치를 이용해 소음과 위상이  $180^\circ$  다른 반사 파동을 만들어 스피커로 발생시키면 외부로부터 들어오는 소음과 상쇄 간섭이 일어나 소음을 줄일 수 있다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 스피커에서 나오는 소리와 소음의 상쇄 간섭을 이용한다고 설명한 경우	60 %
③ 파동의 간섭 현상을 이용한다고만 설명한 경우	30 %

10

**모범답안** ● 마이크에서는 소리가 전기 신호로 변환되고, 스피커에서는 전기 신호가 소리로 변환된다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② 마이크 또는 스피커에서 일어나는 신호 변환 과정만 바르게 설명한 경우	50 %

● 별책 24쪽

[ 중단원 별 문제 정복하기 ]

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ③

01

**알짜풀이** ● **ㄷ.** ‘웅’하는 소리가 들리는 이유는 소리굽쇠로부터 발생한 소리와 수면으로부터 반사된 소리가 중첩되어

우공비 BOX

● **보충 설명** ● 정상파의 이웃한 마디와 마디 사이의 거리, 이웃한 배와 배 사이의 거리는 원래 파동의 파장의  $\frac{1}{2}$  배예요.

● **보충 설명** ● 마이크는 전자기 유도 법칙을 이용하여 소리를 전기 신호로 바꾸어 주는 장치이고, 스피커는 앙페르 법칙을 이용하여 전기 신호를 소리로 바꾸어 주는 장치예요.

● **용어 알기** ● **옥타브** 두 음 사이의 진동수의 비가 1 : 2인 음정 관계예요.

진폭이 원래의 파동보다 더 큰 정상파를 형성하기 때문이다.

**오답넘기** ● **ㄱ.** 정상파의 이웃한 마디와 마디 사이의 거리는 반 파장과 같으므로,  $\frac{\lambda}{2}=24\text{ cm}-8\text{ cm}$ 에서 소리의 파장은  $\lambda=32\text{ cm}$ 이다.

ㄴ.  $v=f\lambda$ 이고 소리의 속력이  $340\text{ m/s}$ 이므로,  $340\text{ m/s}=f \times 0.32\text{ m}$ 에서 소리굽쇠의 진동수는  $f \approx 1,063\text{ Hz}$ 이다. **답 ②**

02

**알짜풀이** ● **ㄷ.** (나)의 그래프에서 진동수는 변하지 않고 A보다 C의 진폭만 증가했으므로 소리의 세기만 증가했음을 알 수 있다.

**오답넘기** ● **ㄱ.** 청진기는 우리가 들을 수 있는 소리를 전달해 주는 역할을 하는 의료 장비이다.

ㄴ. B가 길면 소리가 전달되면서 에너지가 점점 약해져 소리의 세기가 약해진다. 따라서 B가 길수록 정밀한 소리를 전달할 수 없다. **답 ③**

03

**알짜풀이** ● **ㄱ.** (가)에서 첼로를 연주하면 줄에서 정상파가 형성되면서 소리가 난다.

ㄷ. (나)에서 a를 누를 때보다 b를 누를 때 나는 소리의 주기가  $\frac{1}{2}$ 배 짧기 때문에 진동수는 b를 누를 때가 a를 누를 때보다 2배 크다. 따라서 b를 누를 때 나는 소리가 a를 누를 때 나는 소리보다 한 옥타브 높다.

**오답넘기** ● **ㄴ.** (나)에서 두 그래프의 진폭이 서로 같기 때문에 a를 누를 때와 b를 누를 때 나는 소리의 세기(크기)는 서로 같다. **답 ④**

04

**알짜풀이** ● **ㄷ.** 줄의 길이  $L$ 을 짧게 하므로 철사의 진동수가 증가하므로 높은 소리가 발생한다.

**오답넘기** ● **ㄱ.** 줄의 길이가  $L$ 일 때  $\frac{\lambda}{2}$ 인 정상파가 생긴다.

따라서 철사에서 발생하는 기본 진동의 파장은  $2L$ 이다.

ㄴ. 철사에서 발생하는 정상파의 전파 속력은  $v=f\lambda$ 이므로, 철사의 종류가 바뀌지 않으면 전파 속력의 변화는 없다. 따라서 철사의 길이를  $L$ 보다 길게 하면 파장이 길어지기 때문에 진동수가 작아진다. **답 ③**

● 별책 25~26쪽

[ 중단원 별 문제 점검하기 ]

01 ④ 02 ② 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ⑤ 07 ②

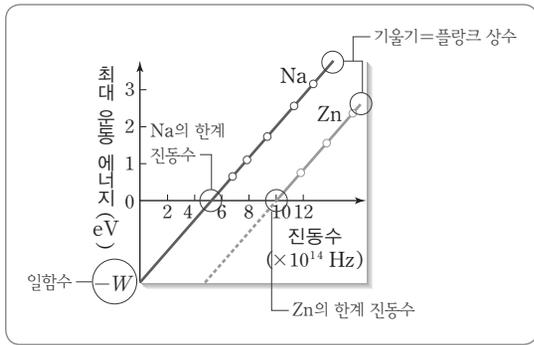
08 해설 참조 09 광전 효과 10 해설 참조

01

**알짜풀이** ● **ㄱ.** ㄴ. 아연판에 빛을 비추면 아연판으로부터 전자가 방출된다. 이때 금속막이 더 벌어졌으므로 아연판과 금속막이 (+)전하를 띤다는 것을 알 수 있다.

오답범기 ● **ㄷ**. 광자 한 개의 에너지는 진동수에 비례하는데, 자외선보다 진동수가 작은 가시광선을 비추면 광전자가 방출되지 않으므로 금속막은 더 벌어지지 않는다. **답 ④**

**02 | 자료 분석하기 |**



알짜풀이 ● **ㄷ**. 그래프에서 빛을 비출 때 빛의 진동수가 증가할수록 광전자의 최대 운동 에너지가 증가함을 알 수 있다.

오답범기 ● **ㄱ**. 한계 진동수가 큰 금속은 아연(Zn)이다.  
**ㄴ**. 그래프의 기울기는 플랑크 상수를 나타낸다. **답 ②**

**03**

알짜풀이 ● **ㄱ**. 광전 효과는 금속에 특정 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추었을 때 금속에서 전자가 방출되는 현상이다.

오답범기 ● **ㄴ**. 실험 결과로 보아 파란색 빛의 진동수가 빨간색 빛의 진동수보다 커서 에너지가 크다는 것을 알 수 있으며, 빛의 세기는 전류의 세기를 비교해 보아야 하기 때문에 이 실험으로는 알 수 없다.

**ㄷ**. 금속의 일함수는 물질의 고유 성질이다. **답 ①**

**04**

알짜풀이 ● **ㄷ**. 태양 전지는 n형 반도체와 p형 반도체를 사용하여 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치로, 광전 효과를 이용한다.

오답범기 ● **ㄱ**. 전자가 A쪽으로 이동하는 것으로 보아 A는 n형 반도체, B는 p형 반도체이다.

**ㄴ**. 태양 빛을 받으면 태양 전지는 직류 전류를 발생한다. **답 ③**

**05**

알짜풀이 ● 원뿔 세포는 빨간색, 초록색, 파란색 빛에 크게 반응한다.

**ㄷ**. 빨간색과 초록색 빛을 합성하면 노란색 빛이 되므로, 노란색 빛이 눈에 들어오면 B와 C가 크게 반응한다.

오답범기 ● **ㄱ**. A는 청원뿔 세포, B는 녹원뿔 세포, C는 적원뿔 세포이다.

**ㄴ**. A는 C에 비해 파장이 짧은 빛, 즉 진동수가 큰 빛에 크게 반응한다. **답 ③**

**06**

알짜풀이 ● **ㄱ**. 막대 세포는 물체의 명암을, 원뿔 세포는 물체의 색을 감지한다.

**ㄴ**, **ㄷ**. 원뿔 세포는 빨간색, 초록색, 파란색 빛에 크게 반응한

**우공비 BOX**

**용어 알기**

**플랑크 상수**

1900년에 물리학자 막스 플랑크가 도입한 상수로, 약  $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 이요.

**보충 설명**

일함수는 금속 내의 전자를 금속 표면 밖으로 떼어 내는데 필요한 최소한의 에너지로, 금속의 종류에 따라 달라요.

**필수 자료**

**광전자의 최대 운동 에너지**  
 광전자의 최대 운동 에너지는 광자 한 개의 에너지에서 일함수를 빼 준 값과 같아요.  
 $E_k = hf - W = hf - hf_0$

**보충 설명**

막대 세포는 약한 빛에 반응하고, 물체의 형태와 명암을 감지해요. 원뿔 세포는 강한 빛에 반응하고 물체의 형태와 색깔을 감지해요.

다. 따라서 빨간색, 초록색, 파란색이 빛의 3원색이다. **답 ⑤**

**07**

알짜풀이 ● 옥외 전광판은 빨간색, 초록색, 파란색의 세 가지 발광 다이오드로 수많은 색을 만들 수 있다. **답 ②**

**08**

알짜풀이 ● (가) 단색광 P의 세기가 증가하면 광자의 개수가 증가하므로 금속판 A에서 방출되는 전자의 개수도 증가한다. (나) 파장이 단색광 P보다 짧은 단색광은 광자 한 개의 에너지가 P보다 크므로 A에서 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는 P를 비추었을 때보다 크다.

모범답안 ● (가) 전자의 개수는 증가한다.  
 (나) 전자의 최대 운동 에너지는 증가한다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② (가) 또는 (나)만 바르게 설명한 경우	50%

**09**

알짜풀이 ● 식물의 엽록소에서 빛을 흡수하여 에너지가 높아진 전자를 방출하는데, 이는 광전 효과와 유사한 과정이다. **답 광전 효과**

**10**

모범답안 ● 노란색 빛이 눈에 들어오면 빨간색과 초록색을 인식하는 원뿔 세포가 크게 반응을 해 우리 뇌가 노란색으로 인식하게 되는 것이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 원뿔 세포가 반응해 우리의 뇌가 노란색으로 인식한다고만 설명한 경우	30%

○ 별책 27쪽

[ 중단원별 문제 정복하기 ]

01 ① 02 ④ 03 ③ 04 ⑤

**01**

알짜풀이 ●  $2E_0 = hf_1 - W_A \cdots$  ①,  $4E_0 = hf_2 - W_A \cdots$  ②, (가)  $= hf_1 - W_B \cdots$  ③,  $3E_0 = hf_2 - W_B \cdots$  ④이다.

**ㄱ**. 식 ② - ①에서  $h = \frac{2E_0}{f_2 - f_1}$ 이다.

오답범기 ● **ㄴ**. 식 ② - ④에서  $W_B - W_A = E_0$ 이므로, ③에서 (가)  $= hf_1 - W_B = hf_1 - W_A - E_0 = 2E_0 - E_0 = E_0$ 이다.

**ㄷ**. 빛의 세기는 광전자의 최대 운동 에너지와 관계없다. **답 ①**

**02**

알짜풀이 ● **ㄴ**. 태양 전지는 광전 효과를 이용해 태양 에너지를 전기 에너지로 전환한다.



우공비 BOX

ㄷ. 에너지 전환 과정은 빛에너지 → 전기 에너지 → 역학적 에너지이다.

오답넘기 ● ㄱ. 태양 전지는 p-n 접합 다이오드로 만든다. ㉓ ④

03

알짜풀이 ● ㄱ. (가)는 빛의 3원색으로, 빛은 합성할수록 밝아져서 3원색을 모두 같은 세기로 합성하면 흰색(백색광)이 된다.

ㄴ. (나)는 색의 3원색으로, 물감은 합성할수록 어두워져서 3원색을 모두 같은 농도로 합성하면 검은색이 된다.

오답넘기 ● ㄷ. 전광판은 빨간색, 파란색, 초록색 LED를 사용하여 빛을 합성함으로써 모든 색을 구현한다. ㉓ ③

04

알짜풀이 ● ㄱ. 사물에서 나오는 빛 신호는 아날로그 신호이다.

ㄴ. 신호 변환기에 들어 있는 CCD는 광전 효과를 이용하여 전류를 발생한다.

ㄷ. 메모리 카드로 전송되는 B는 빛의 3원색을 이용해 전송된다. ㉓ ⑤

꼭 나오는

중 단 원 별 문제 점검하기 ① 별책 28~30쪽

01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ① 05 ④ 06 ⑤ 07 ④  
 08 ① 09 ⑤ 10 ④ 11 ② 12 ㉓ 마이크로파 ㉔ 자외선 ㉕ X선 13 해설 참조 14 해설 참조

01

알짜풀이 ● ㄱ. A 영역의 진동수가 C 영역의 진동수보다 작다. 따라서 A 영역의 전자기파의 파장은 C 영역의 전자기파의 파장보다 길다.

ㄷ. X선은  $\gamma$ 선 다음으로 진동수가 크므로 C 영역에 속한다.

오답넘기 ● ㄴ. 진동수가  $1 \times 10^8$  Hz인 전자기파의 파장은  $c=f\lambda$ 에서  $3 \times 10^8 = (1 \times 10^8) \times \lambda$ 이다. 따라서 FM 방송 전파의 파장은  $\lambda=3$  m이다. ㉓ ③

02

알짜풀이 ● ㄴ. 전자기파는 전기장과 자기장의 진동 방향에 각각 수직 방향으로 진행하므로, +z 방향으로 진행한다.

ㄷ. 전기장과 자기장이 퍼져 나갈 때, 전기장과 자기장의 진동 방향은 항상 서로 수직이다.

오답넘기 ● ㄱ. 음파는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파로, 매질이 있어야만 전달된다. 전자기파는 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 횡파이다. ㉓ ④

03

알짜풀이 ● 압전 변환 소자를 누를 때마다 발생된 (+)전하와 (-)전하가 각각 두 알루미늄박에 충전된다. 두 알루미늄

필수 자료

광섬유의 구조

광섬유는 굴절률이 큰 코어와 굴절률이 작은 클래딩으로 구성되어 있어요. 광섬유 내부의 코어로 입사한 빛은 클래딩으로 빠져나가지 못하고 경계면에서 전반사돼요.

용어 알기

CCD(전하 결합 소자)

수백만 개의 포토다이오드를 규칙적으로 배열한 반도체로, 빛을 전기 신호로 변환해요.

쉽게쉽게

교류 회로에서 코일의 저항 효과는 자체 유도 계수가 클수록, 교류의 진동수가 클수록 커져요.

보충 설명

직류 전원에 연결된 코일의 저항

직류는 진동수가 거의 0에 가까운 전류로 생각할 수 있으므로 코일에 의한 저항 효과를 무시할 수 있어요.

박에 (+)전하와 (-)전하가 충분히 충전되면 불꽃 방전이 일어나며, 불꽃 방전이 일어날 때 발생한 전자기파가 안테나에 전파되어 네온관에 전류가 흐르기 때문에 네온관에 불이 들어오는 것이다. ㉓ ②

04

알짜풀이 ● ㄱ. 전반사 현상은 입사각이 임계각보다 클 때 굴절률이 큰 물질에서 굴절률이 작은 물질로 빛이 진행해야 일어난다. 따라서 코어의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 크다.

오답넘기 ● ㄴ. (나)에서 빛이 전반사되는 것으로 보아 각  $\theta$ 는 임계각보다 크다.

ㄷ. (나)에서 각  $\theta$ 가 임계각보다 크게 입사했으므로 그 값이 증가하더라도 전반사 현상만 나타난다. ㉓ ①

05

알짜풀이 ● ㄱ. 복조 과정은 수신된 전자기파에서 전기 신호를 분리하는 과정이고, 변조 과정은 전기 신호에 교류 신호를 추가하는 과정이다.

ㄴ. 전기 신호의 세기에 따라 교류 신호의 주파수를 바꾸는 과정을 주파수 변조(FM), 교류 신호의 진폭을 바꾸는 과정을 진폭 변조(AM)라고 한다.

오답넘기 ● ㄷ. 송신 안테나는 전기 신호를 전파로 변환시키고, 수신 안테나는 전파를 전기 신호로 변환시킨다. ㉓ ④

06

알짜풀이 ● ㄴ. ㄷ. 코일의 유도 리액턴스는  $X_L=2\pi fL$ 이므로 교류 전원의 진동수( $f$ )나 코일의 자체 유도 계수( $L$ )를 감소시키면 회로의 전체 저항이 감소해 회로에 흐르는 전류의 세기가 증가하므로 전구는 밝아진다.

오답넘기 ● ㄱ. 전구의 저항을 증가시키면 회로에 흐르는 전류의 세기가 감소하므로 전구는 어두워진다. ㉓ ⑤

07

알짜풀이 ● 스피커를 축전기에 직렬로 연결하면 높은 진동수의 전류만 잘 흐르게 하는 고주파 통과 필터가 되고, 스피커를 코일에 병렬로 연결하면 높은 진동수의 전류만 잘 흐르게 하는 고주파 통과 필터가 된다. ㉓ ④

08

알짜풀이 ● ㄴ. (나)에서는 주기적으로 변하는 교류 전원에 의해 코일 내부에서 자기장이 시간에 따라 변한다.

오답넘기 ● ㄱ. 직류 전원에 연결되면 코일의 저항은 무시할 수 있지만, 교류 전원에 연결된 코일은 저항 역할을 한다. 따라서 (나)의 저항  $R$ 에 흐르는 전류의 실효값이 (가)보다 작다.

ㄷ. (나)에서 교류 전원의 진동수를 증가시키면 코일의 저항 효과가 커지므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 감소한다. ㉓ ①

09

알짜풀이 ● 전파의 진동수와 전파 수신 장치의 공명(교류) 진동수가 같을 때 공명 현상이 일어나서 수신 장치에 가장

센 전류가 흐른다.

답 ⑤

### 10

**알짜풀이** ● ㄱ. 자연에서 나오는 신호는 대부분이 아날로그 신호이다.

ㄴ. (나)의 신호는 짧은 시간 간격으로 데이터를 불연속적으로 표현한 것이다.

**오답범기** ● ㄷ. (가)에서 (나)로 변환하는 과정에서는 정보의 손실이 일어난다. **답 ④**

### 11

**알짜풀이** ● ㄷ. (가)는 자기적 성질을 이용한 정보 저장 장치이고, (나)는 빛을 이용한 정보 저장 장치이므로 강한 자석을 가까이 가져가면 (가)에 저장된 정보는 손실되지만 (나)에 저장된 정보는 손실되지 않는다.

**오답범기** ● ㄱ. (가)의 표면에는 알루미늄 원판에 강자성체인 산화철로 된 얇은 막이 입혀져 있고, (나)의 표면에는 알루미늄 금속막이 입혀져 있다.

ㄴ. (나)에서는 레이저를 쏘아 반사되는 빛의 세기를 이용하여 정보를 읽는다. 이때 저장된 정보는 디지털 정보이다. **답 ②**

### 12

**알짜풀이** ● ㉠ 마이크로파는 파장이 1mm에서 1m까지인 전자기파로, 음식물을 데우는 전자레인지나 레이더, 위성통신 등에 이용된다.

㉡ 자외선은 파장이 380nm보다 짧은 전자기파로, 살균 기능이 있어서 식기 소독기 등에 이용된다. 자외선에 오래 노출될 경우 피부 손상을 일으키고 노화가 촉진되기도 한다.

㉢ X선은 파장이  $10^{-3} \sim 1\text{nm}$ 인 전자기파로, 투과력이 강해서 인체의 장기 또는 뼈 사진을 찍거나, 물질 내부의 구조를 파악하는 데 이용된다.

**답 ①** 마이크로파 ㉡ 자외선 ㉢ X선

### 13

**모범답안** ● LC 회로에 연결된 1차 코일에서 특정 진동수의 교류 전류가 흐르면 주변에 자기장이 변하면서 2차 코일에 1차 코일과 같은 진동수의 유도 전류가 흐르게 된다. 그 결과 안테나에서 특정 진동수의 전자기파가 발생하는 것이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100%
② 2차 코일에 1차 코일과 같은 진동수의 교류가 흐르면 안테나에 특정 진동수의 전자기파가 발생한다고만 설명한 경우	50%

### 14

**모범답안** ● RFID에 사용하는 전파는 장애물의 영향을 적게 받으며, 인식할 수 있는 거리가 길다. 또한 바코드에 비해 많은 양의 정보를 담을 수 있고, 읽기와 쓰기가 가능하다.

채점 기준	배점
① 모범답안의 내용 중 두 가지를 설명한 경우	100%
② 한 가지만 설명한 경우	50%

### 우공비 BOX

#### ● 보충 설명 ●

##### 전자기파의 특성

- 전기장과 자기장의 진동 방향에 수직으로 진행해요.
- 매질이 없는 진공에서도 전달돼요.
- 진공에서 속력은 일정해요.  $\rightarrow$  진공이 아닌 물질을 통과할 때는 속력이 느려져요.

#### ● 보충 설명 ●

##### CD의 원리

- 정보의 저장 : 레이저로 금속막에 흠을 새겨 정보를 기록해요.
- 정보의 재생 : 반사층에서 반사된 레이저의 세기에 따라 정보를 읽어요.

#### ● 보충 설명 ●

RFID는 우리 생활에 많이 이용되고 있습니다. 예를 들면 교통 카드나 하이패스, 개인 정보 인식, 상품의 유통 관리 등의 여러 분야에 이용되고 있어요.

○ 별책 31쪽

[ 중단원별 문제 정복하기 ]

01 ① 02 ③ 03 ② 04 ④

### 01

**알짜풀이** ● ㄷ. 빛에 정보를 담아 광섬유를 통해 정보를 주고받는 광통신은 전반사 현상을 이용하여 빛 신호를 전달한다.

**오답범기** ● ㄱ, ㄴ. 전반사 현상은 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 빛이 진행할 때 입사각이 임계각보다 커야 일어난다. 따라서 (가)에서는 매질 A의 굴절률이 B보다 크고, (나)에서는 물의 굴절률이 공기의 굴절률보다 크다. **답 ①**

### 02

**알짜풀이** ● ㄷ. 전류의 세기가 가장 클 때는 스위치를 닫았을 때로,  $V=IR$ 에서  $\frac{Q}{2C}=IR$ 이므로  $I=\frac{Q}{2RC}$ 이다.

**오답범기** ● ㄱ. 축전기의 전기 용량이 동일하기 때문에 충전된 전하량은  $\frac{Q}{2}$ 이다.

ㄴ. LC 회로가 아니기 때문에 회로에 흐르는 전류는 축전기가 방전될 때까지 지속적으로 감소한다. **답 ③**

### 03

**알짜풀이** ● 교류 전원의 진동수가 공명(고유) 진동수와 일치할 때 공명 현상이 일어나므로 회로에는 최대 전류가 흐른다. 즉, 교류 전원의 진동수를 변화시킬 때 어느 한 진동수에서만 최대 전류가 나타나는 그래프가 그려진다. **답 ②**

### 04 | 자료 분석하기 |

**[정보의 재생]**  
반사층에서 반사되는 레이저의 세기에 따라 정보를 읽는다.  
 $\rightarrow$  빛의 간섭에 의해 레이저의 세기가 달라진다.

빛의 경로차가 반 파장 차이가 나므로 상쇄 간섭이 일어난다.  $\rightarrow$  신호 : 0

빛의 경로차가 0이므로 보강 간섭이 일어난다.  $\rightarrow$  신호 : 1

**알짜풀이** ● ④ 빛 C와 D는 경로차가 0이므로 보강 간섭이 일어난다.

**오답범기** ● ① CD를 위에서 보면 a는 흠이 있는 부분이므로 피트이고, b는 평평한 면이므로 랜드이다.

② 빛 B는 A보다  $\frac{\lambda}{4} \times 2 = \frac{\lambda}{2}$ 만큼 더 이동하였다.

③ 빛 C와 D의 경로차는 0이므로 보강 간섭이 일어난다. 따라서 정보가 신호 1로 저장된다.

⑤ 빛 A와 B의 경로차가 반 파장만큼 나므로 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 정보가 신호 0으로 저장된다. **답 ④**



유공비 BOX

중·단원별 문제 점검하기 ○ 별책 32~33쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ④ 06 ⑤ 07 ③  
 08 ② 09 ⑤ 10 ③ 11 ㉠ 10 ㉡ 100 12 8 : 3  
 13 A : 수소, B : 산소 14 해설 참조

**01**  
**알짜풀이** ● 발전기 내부의 코일이 회전하면서 전기가 발생하므로 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되는 것이다. 답 ⑤

**02**  
**알짜풀이** ● ㄱ. 원자력 발전의 핵반응은 원자로 내에서 일어난다.  
**오답넘기** ● ㄴ. 원자력 발전은 핵분열할 때 발생하는 에너지를 이용한다.  
 ㄷ. 사고가 발생하지 않으면, 원자력 발전은 발전 과정에서 대기 오염 물질을 방출하지 않는다. 답 ①

**03**  
**알짜풀이** ● (가)의 합성 저항이 3 Ω이므로, (가)의 전류계에 흐르는 전류는  $I = \frac{V}{R} = \frac{6V}{3\Omega} = 2A$ 이다. (나)의 A와 B에 걸린 전압이 각각 6V이므로, A와 B에 흐르는 전류는 각각 6A, 3A로 (나)의 전류계에 흐르는 전류는 9A이다. 따라서 (가)와 (나)의 전류계의 측정값의 비는  $I_{(가)} : I_{(나)} = 2 : 9$ 이다. 답 ⑤

**04**  
**알짜풀이** ● (가) 전압이 6V이고 회로에 흐르는 전류가 2A이다. 따라서 회로 (가)의 전체 소비 전력은  $P_{(가)} = 6V \times 2A = 12W$ 이다. (나) 전압이 6V이고 회로에 흐르는 전류가 9A이다. 따라서 회로 (나)의 전체 소비 전력은  $P_{(나)} = 6V \times 9A = 54W$ 이다. 답 ②

**05**  
**알짜풀이** ● ㄴ, ㄷ. 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류의 세기가 감소한다. 따라서 송전선에서의 손실 전력이 감소한다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 송전 전압을 높이면 송전선에 흐르는 전류의 세기가 감소하므로 송전선에 걸리는 전압이 감소한다. 답 ④

**06**  
**알짜풀이** ● ㄱ, ㄷ. 우라늄  $^{235}_{92}\text{U}$ 와 플루토늄  $^{239}_{94}\text{Pu}$ 는 연쇄 반응을 일으키므로 원자 폭탄의 원료로 사용된다.  
**오답넘기** ● ㄴ. 우라늄  $^{238}_{92}\text{U}$ 은 연쇄 반응을 일으키지 않는다. 답 ⑤

**07**  
**알짜풀이** ● 양성자를 가속시켜 리튬(Li)의 원자핵에 충돌시키는 과정을 핵반응식으로 나타내면 다음과 같다.  
 $^1_1\text{p} + ^7_3\text{Li} \rightarrow 2^4_2\text{He}$   
 따라서 실험에 사용된 리튬의 원자 번호는  $1+x=4$ 로부터

● **보충 설명**  
 방사선 중 α선은 투과력이 작아서 종이 한 장으로도 차단할 수 있고, γ선은 투과력이 커서 2cm 두께의 납도 통과할 수 있어요.

● **보충 설명**  
**옴의 법칙**  
 전류, 전압, 저항의 관계를 알 수 있는 식이에요.  
 $V = IR \Rightarrow I = \frac{V}{R}$

● **보충 설명**  
**반감기**  
 방사성 원소가 붕괴하여 그 수가 처음의  $\frac{1}{2}$ 로 줄어드는데 걸리는 시간을 의미해요.

● **보충 설명**  
**연쇄 반응**  
 원자핵이 분열되어 1개 이상의 중성자가 방출되면 연쇄적으로 핵분열 반응이 일어 나는 것을 말해요.

$x=3$ 이고, 질량수는  $1+y=8$ 로부터  $y=7$ 이다. 답 ③

**08**  
**알짜풀이** ● ㄴ. 중수로는 감속재와 냉각재로 중수(D<sub>2</sub>O)를 사용한다.  
**오답넘기** ● ㄱ. 경수로는 저농축 우라늄을, 중수로는 천연 우라늄을 핵연료로 사용한다.  
 ㄷ. 고속 증식로에서는 고속 중성자를 우라늄  $^{238}_{92}\text{U}$ 에 충돌시키면 플루토늄  $^{239}_{94}\text{Pu}$ 로 전환되는 반응이 일어난다. 답 ②

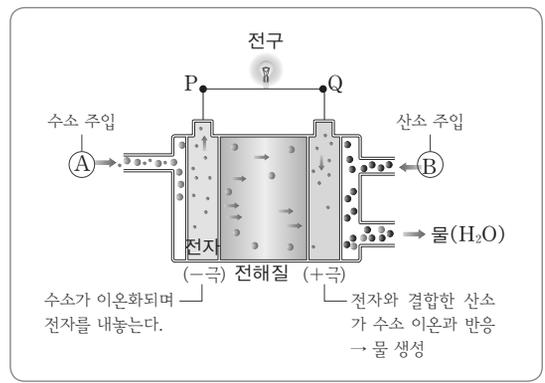
**09**  
**알짜풀이** ● ㄴ. β선의 전하량은 -e로, 전자의 흐름이다.  
 ㄷ. γ선은 파장이 짧은 전자기파로, 투과력이 커서 금속의 두께 측정에 사용된다.  
**오답넘기** ● ㄱ. γ선은 β선보다 투과력이 크고, β선은 α선보다 투과력이 크다. 답 ⑤

**10**  
**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 풍력 발전과 태양광 발전은 환경오염이 거의 없으며, 온실가스를 배출하지 않는다.  
**오답넘기** ● ㄷ. 화력 발전은 화석 연료의 연소로 대기오염 물질을 배출한다. 또한 온실가스인 이산화 탄소를 배출한다. 답 ③

**11**  
**알짜풀이** ● 송전 전압을  $\frac{1}{10}$  배로 줄이면 같은 전력을 공급할 때 송전선에 흐르는 전류는 10배가 된다. 따라서 송전선에서의 손실 전력은 100배로 증가한다. 답 ㉠ 10 ㉡ 100

**12**  
**알짜풀이** ● 방사성 원소 A는 반감기가 2번 지나면  $N_0$ 이 되고, B는 반감기가 3번 지나면  $N_0$ 이 된다. 따라서 A는 80분, B는 30분이 걸리므로  $t_A : t_B = 8 : 3$ 이다. 답 8 : 3

**13 | 자료** 분석하기



**알짜풀이** ● A에 공급되는 기체는 수소(H<sub>2</sub>)이고, B에 공급되는 기체는 산소(O<sub>2</sub>)이다. 답 A : 수소, B : 산소

**14**  
**모범답안** ● (-)극에서는 수소가 수소 이온과 전자로 분해되고, (+)극에서는 수소 이온과 전자, 산소가 결합해 물이

생성된다. (-)극에서 수소 이온은 전해질을 거쳐 (+)극으로 이동하고 전자는 도선을 따라 P → 전구 → Q 방향으로 이동한다. 따라서 전류의 방향은 Q → 전구 → P이다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② (-)극, (+)극에서의 반응 과정만 설명한 경우	60 %
③ 전류의 방향만 설명한 경우	30 %

어려움

○ 별책 34쪽

중 단 원 별 문제 정복하기

01 ① 02 ③ 03 ② 04 ①

### 01

**알짜풀이** ● ㄱ. 전압은 (가)의 경우가 (나)의 경우보다 크게, 전류는 (가)의 경우가 (나)의 경우보다 작다. 따라서  $R_A > R_B$ 이다.

**오답넘기** ● ㄴ. A, B에서 전압과 전류를 곱한 값이 같다. 따라서 A, B가 공급하는 전력은 같다.

ㄷ. 송전선에서의 손실 전력은 송전선에 흐르는 전류가 작을수록 작다. 따라서 (가)의 경우가 (나)의 경우보다 작다.

답 ①

### 02

**알짜풀이** ● ㄱ. 핵반응에 의해 에너지가 방출되므로 질량 결손이 발생한다. 따라서 A의 질량은 B의 질량보다 크다.

ㄷ. (가)는 원자 번호가 0이고 질량수가 1이므로 중성자( $^1_0n$ )이다. 따라서 위쿼크(u) 1개와 아래 쿼크(d) 2개로 이루어져 있다.

**오답넘기** ● ㄴ. 제어봉은 연쇄 반응이 너무 빠르게 일어나지 않도록 중성자를 흡수하여 핵분열 속도를 조절한다. 중성자의 속력을 느리게 하는 물질은 감속재이다.

답 ③

### 03

**알짜풀이** ● 아이오딘  $^{131}_{53}I$ 의 반감기는 세슘  $^{137}_{55}Cs$ 에 비해 훨씬 짧으므로, 90년이 지난 후 남아 있는 방사성 물질의 총량은 남아 있는 세슘  $^{137}_{55}Cs$ 에 의해 결정된다. 그런데 아이오딘과 세슘이 유출된 비율이 1 : 1이므로  $^{137}_{55}Cs$ 의 처음 양이  $4.0 \times 10^{15}$  Bq이고, 90년은 반감기 3번을 거친 것이므로 90년이 지난 후 남아 있는 방사성 물질의 총량은 다음과 같다.

$$\frac{4.0 \times 10^{15}}{8} \approx 5.0 \times 10^{14} (\text{Bq}) \quad \text{답 ②}$$

### 04

**알짜풀이** ● ㄱ. p형 반도체에서는 (+)전하인 양공이 생성된다.

**오답넘기** ● ㄴ. n형 반도체는 (-)극이다.

ㄷ. 전류는 (+)극에서 나와 (-)극으로 들어가므로 전류의 방향은 Q → 전구 → P이다.

답 ①

## 우공비 BOX

### 용어 알기

#### 돌림힘

물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량으로, 토크라고도 해요.

### 쉽게쉽게

옴의 법칙  $V=IR$ 에서  $R = \frac{V}{I}$ 이예요. 따라서  $R_A = \frac{2V}{I}$   
 $-r, R_B = \frac{V}{2I} - r$ 이므로  
 $R_A > R_B$ 가 돼요.

### 보충 설명

#### 질량 결손

핵반응이 일어날 때 질량의 일부가 에너지로 전환되므로 질량이 감소해요. 이때 감소하는 질량을 질량 결손이라고 해요.

### 조심조심

부력의 크기는 유체 속에 잠긴 물체의 부피에 해당하는 유체의 무게와 같아요.

꼭 나오는

○ 별책 35~36쪽

## 중 단 원 별 문제 점검하기

01 ③ 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ④ 06 ③ 07 ④  
 08 ④ 09 해설 참조 10 2 N 11  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$  12 해설 참조

### 01

**알짜풀이** ● 돌림힘의 크기는  $\tau = Fl \sin \theta$ 이므로 지레의 팔의 길이(L)가 길수록 커지며, 지레의 팔과 힘의 방향이 수직을 이룰 때 최대이다.

답 ③

### 02

**알짜풀이** ● ㄱ. 받침점에 대하여 어린이가 작용하는 돌림힘의 크기는  $350 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 700 \text{ N} \cdot \text{m}$ 이다.

ㄴ. 어린이와 어른이 시소에 앉아 정지해 있으므로 돌림힘의 합이 0이다. 따라서 어른의 몸무게를 w라고 하면,  $w \times 1 \text{ m} = 700 \text{ N} \cdot \text{m}$ 에서 어른의 몸무게는  $w = 700 \text{ N}$ 이다.

ㄷ. 시소는 균형을 이루고 정지해 있으므로 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 모두 이루고 있다.

답 ⑤

### 03

**알짜풀이** ● 저울이 기울어지지 않고 정지해 있으므로 저울에 작용하는 돌림힘의 합이 0이다. 물체의 질량을 m이라고 할 때  $m \times 1 \text{ cm} = 100 \text{ g} \times 10 \text{ cm}$ 에서 물체의 질량은  $m = 1,000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$ 이다.

답 ②

### 04

**알짜풀이** ● 유압식 브레이크는 파스칼 법칙을 이용한 것이다.

답 ③

### 05

**알짜풀이** ● ㄱ, ㄴ. 이상 유체는 비압축성이므로 밀도가 균일하고, 점성이 없으므로 마찰에 의한 에너지 손실이 없다.

**오답넘기** ● ㄷ. 이상 유체를 이루는 입자들은 맴돌이 흐름을 하지 않는다.

답 ④

### 06

**알짜풀이** ● ㄱ. 두 물체 A, B가 물에 떠 있으므로 물체 A, B에 작용하는 중력과 부력의 크기는 같다. 따라서 물체의 무게는 물에 잠긴 물체의 부피에 해당하는 물의 무게와 같다. 질량은 지구 상에서 무게에 비례하므로 A가 B보다 크다. ㄷ. 부력의 크기는 물에 잠긴 물체의 부피에 비례한다. 따라서 A가 B보다 크다.

**오답넘기** ● ㄴ. 비중은  $\frac{\text{물에 잠긴 부피}}{\text{전체 부피}}$ 와 같다. 따라서 A

의 비중은  $\frac{3V}{5V} = 0.6$ , B의 비중은  $\frac{2V}{3V} \approx 0.67$ 이므로 B의 비중이 A보다 크다.

답 ③

### 07

**알짜풀이** ● 물체 A, B가 물에 잠긴 부피가 각각 3V, 2V이다. 부력의 크기는 물속에 잠긴 물체의 부피에 해당하는 물의 무게이므로  $F_A : F_B = 3V : 2V = 3 : 2$ 이다.

답 ④

우공비 BOX

**08**  
**오답넘기** ●  $\rho$ . 연속 방정식  $A_1v_1=A_2v_2$ 에 의해  $A_1 < A_2$ 이므로  $v_1 > v_2$ 이다. ㉔ ④

**09**  
**모범답안** ● 지레를 사용하여 힘의 이득이 있더라도 이동 거리에서 손해를 보기 때문에 일의 이득은 없다.

채점 기준	배점
모범답안과 같이 설명한 경우	100 %

**10**  
**알짜풀이** ● 물의 밀도가  $1 \text{ g/cm}^3$ 이므로 물  $200 \text{ cm}^3$ 의 질량은  $m = \rho V = 1 \text{ g/cm}^3 \times 200 \text{ cm}^3 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$ 이다. 따라서 부력의 크기는 물의 무게와 같으므로  $0.2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ N}$ 이다. ㉔ 2 N

**11**  
**알짜풀이** ● 단면적이  $A_1$ 인 실린더 1에  $F_1$ 의 힘을 가하면 유체에  $P_1$ 의 압력이 작용한다. 이때 파스칼 법칙에 의해 단면적이  $A_2$ 인 실린더 2에 같은 압력  $P_2$ 가 전달되어 실린더 2는 외부에  $F_2$ 의 힘을 작용한다. 즉,  $P_1 = P_2$ 이므로  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ 에서  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$ 의 관계가 성립한다. ㉔  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$

**12**  
**모범답안** ● 날개의 위쪽(P점)에 흐르는 공기의 속력이 아래 쪽(Q점)에 흐르는 공기의 속력보다 빠르다. 공기의 속력이 빠른 쪽의 압력이 낮아지기 때문에 날개는 위 방향으로 힘을 받아 뜨게 된다.

채점 기준	배점
① 모범답안과 같이 설명한 경우	100 %
② P점과 Q점에서의 속력만 비교한 경우	50 %

이런

○ 별책 37쪽

중 단 원 별 문제 정복하기

01 ① 02 ④ 03 ① 04 ③

**01**  
**알짜풀이** ●  $\gamma$ . 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 이루므로,  $x = 1 \text{ m}$ 일 때 다음 관계가 성립한다.  
 $|F_P| + |F_Q| = 400 \text{ N}$   
 $(300 \times 1) + (100 \times 1.5) = |F_Q| \times 3$   
 따라서  $|F_P| = 250 \text{ N}$ ,  $|F_Q| = 150 \text{ N}$ 이다.

**오답넘기** ●  $\rho$ .  $x$ 가 증가하면 P점으로부터 물체까지의 거리가 멀어진다. 따라서  $F_P$ 의 크기는 감소한다.  
 $\rho$ . P를 기준으로 하면  $F_P$ 에 의한 돌림힘의 크기가 0이다. 따라서  $F_Q$ 에 의한 돌림힘의 크기가 더 크다. ㉔ ①

**02**  
**알짜풀이** ●  $\gamma$ . 유압 장치에 밀어 넣은 기름의 부피만큼 오른쪽 피스톤도 같은 부피만큼 올라간다. 기름의 높이 변화는

● 필수 자료 ●  
**혈류의 속력**  
 혈관을 흐르는 혈류의 속력은 전체 혈관의 단면적이 넓을수록 느려요.

● 보충 설명 ●  
 날개 위쪽의 압력보다 아래 쪽의 압력이 크기 때문에 날개는 위 방향으로 힘을 받는 데, 이 힘을 양력이라고 해요.

● 보충 설명 ●  
**열량 보존 법칙**  
 온도가 다른 물체들 사이에는 열이 이동하는데, 이때 고온의 물체가 잃은 열량은 저온의 물체가 얻은 열량과 같아요.

$x$ 라고 할 때 피스톤 위의 자동차가  $1 \text{ m}$  위로 올라가므로  $1 \text{ m}^2 \times x \text{ m} = 0.01 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$ 에서 기름의 높이 변화는  $x = 0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$ 만큼 낮아진다.

$\rho$ . 힘이  $F = PA = (1.1 \times 10^6) \times 1 = 1.1 \times 10^6 \text{ (N)}$ 이고, 이동한 거리가  $0.01 \text{ m}$ 이므로 기름이 피스톤을 미는 힘이 한 일은  $W = (1.1 \times 10^6) \text{ N} \times 0.01 \text{ m} = 1.1 \times 10^4 \text{ J}$ 이다.

**오답넘기** ●  $\rho$ . 자동차가 피스톤을 누르는 힘은 자동차의 무게이므로  $10,000 \text{ N}$ 이고, 이 힘에 의한 압력이  $\frac{10^4}{0.01} = 10^6 \text{ (Pa)} = 10 \text{ 기압}$ 이다. 그런데 대기압이 1기압이므로, 기름통 내부에서 기름 윗면에 작용하는 압력은 11기압이다. ㉔ ④

**03**  
**알짜풀이** ● 물을 채운 높이가 모두 같으므로 용기 바닥에서의 압력은 모두 같다. ㉔ ①

**04**  
**알짜풀이** ●  $\gamma$ . 단면적과 속력을 곱한 값이 같다. 따라서  $3 \times 30 = (1.8 \times 10^3) \times (가)$ 에서 (가) =  $0.05 \text{ cm/s}$ 이다.

$\rho$ . 1초 동안 대동맥에 공급되는 혈액의 양은  $3 \times 30 = 90 \text{ (cm}^3)$ 이다.

**오답넘기** ●  $\rho$ . 베르누이 법칙에 의하면 속력이 느릴수록 압력이 높다. 그런데 속력이 느린 모세혈관에서의 압력이 대동맥에서보다 낮으므로 베르누이 법칙으로 설명할 수 없다. 이것은 혈관을 지날 때 마찰에 의해 에너지가 손실되기 때문이다. ㉔ ③

꼭 나오는

중 단 원 별 문제 점검하기

01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 ① 06 ① 07 ④

08 ② 09 (1) 1 : 2 (2) 4 : 9 10  $Q_{(P)} > Q_{(A)} > Q_{(B)}$

○ 별책 38~39쪽

**01**  
**알짜풀이** ● 질량이  $100 \text{ g}$ 인 물과 식용유의 온도 변화가 각각  $20^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$ 이므로, 물의 비열이 식용유의 2배이다. 그런데 식용유의 질량을 2배 증가시키면 물과 식용유의 열용량이 같다. 따라서 열평형 온도는 온도 변화량이 같은  $50^\circ\text{C}$ 이다. ㉔ ③

**02**  
**알짜풀이** ●  $\rho$ .  $Q = W + \Delta U$ 에서 부피가 팽창하였으므로  $W > 0$ 이고,  $PV$ 값이 일정하므로  $\Delta U = 0$ 이다. 따라서  $Q > 0$ 이므로 기체는 외부로부터 열을 흡수하였다.  
**오답넘기** ●  $\gamma$ . 기체의 부피가 팽창하므로 외부에 일을 하였다.  $\rho$ . A와 B에서 압력과 부피를 곱한 값이 같으므로  $PV = nRT$ 에서 절대 온도가 같다. 따라서 내부 에너지는 변하지 않았다. ㉔ ②

**03**  
**알짜풀이** ● 온도가 일정하므로  $PV = nRT$ 에서 압력과 부피를 곱한 값이 일정하다. 따라서 압력은 부피에 반비례한다. ㉔ ⑤

04

**알짜풀이** ● 가. 온도가 일정하면 부피는 압력에 반비례한다. 따라서 부피가 팽창하므로 기체의 압력이 감소한다.

나. 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다.

**오답넘기** ● 다.  $\Delta V > 0$ 에서  $W > 0$ 이고  $\Delta U = 0$ 이므로,  $Q = W + \Delta U > 0$ 이다. 따라서 기체는 외부로부터 열을 흡수한다. ㉑ ③

05

**알짜풀이** ● 가. 외부에 한 일은 흡수한 열량에서 방출한 열량을 뺀 값과 같으므로  $W = Q_1 - Q_2$ 이다.

**오답넘기** ● 나. 열효율은  $\frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ 이다.

다.  $Q_2 = 0$ 인 열기관은 열역학 제 2법칙에 위배되므로 제작할 수 없다. ㉑ ①

06

**알짜풀이** ● ① 자연 현상은 엔트로피가 증가하는 방향으로만 일어나기 때문에 나타나는 현상들이다.

**오답넘기** ● ② 에너지 보존 법칙을 설명한 것이다.

④ 역학적 에너지 보존 법칙을 설명한 것이다. ㉑ ①

07

**알짜풀이** ● 알루미늄 포일은 담요보다 열을 잘 전도시킨다. 따라서 이 현상은 열의 전도와 밀접한 관련이 있다.

가. 쇠 젓가락이 전도를 잘 시키기 때문에 감자 속까지 빨리 익는다. 따라서 전도와 관련된 현상이다.

다. 철 의자는 열전도를 잘 시키기 때문에 몸에서 나온 열이 철 의자 전체로 잘 퍼져 나간다. 그러나 나무 의자는 열전도를 잘 시키지 않기 때문에 몸에서 나온 열이 퍼져 나가지 못하고, 접촉한 부위의 온도가 몸과 쉽게 비슷해진다. 따라서 철 의자는 차갑게 느껴지고, 나무 의자는 덜 차갑게 느껴진다. 즉, 열전도와 관련된 현상이다.

**오답넘기** ● 나. 방에 난로를 피울 때, 난로에서 먼 곳에 있는 공기가 따뜻해지는 것은 대류와 관련된 현상이다. ㉑ ④

08

**알짜풀이** ● 100 V-500 W인 전기 기구는 100 V 전압을 걸었을 때 500 W의 전력을 소비한다는 의미이다. 따라서 이 전기 기구에 흐르는 전류의 세기는  $P = VI$ 에서  $I = \frac{P}{V} = \frac{500 \text{ W}}{100 \text{ V}} = 5 \text{ A}$ 이고, 전기 저항은  $I = \frac{V}{R}$ 에서  $R = \frac{V}{I} = \frac{100 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 20 \text{ } \Omega$ 이다. ㉑ ②

09

**알짜풀이** ● (1) 두 금속이 잃은 열량은 찬물이 얻은 열량과 같다. 따라서  $Q_A : Q_B = (28 - 20) : (36 - 20) = 1 : 2$ 이다.

(2) 물의 비열을  $c$ 라고 하면  $c \times 100 \times (28 - 20) = c_A \times 100 \times (100 - 28)$ 에서  $c_A = \frac{1}{9}c$ ,  $c \times 100 \times (36 - 20) = c_B \times 100 \times (100 - 36)$ 에서  $c_B = \frac{1}{4}c$ 이다. 따라서  $c_A : c_B = 4 : 9$ 이다.

㉑ (1) 1 : 2 (2) 4 : 9

우공비 BOX

●보충 설명●

엔트로피 증가 법칙

엔트로피란 무질서도를 나타내는 물리량으로, 자연 현상은 항상 무질서도(엔트로피)가 증가하는 방향으로 진행된다.

●보충 설명●

열의 이동 방법

- 전도 : 고온의 물체에서 저온의 물체 쪽으로 물질을 통하여 열이 이동하는 현상이에요.
- 대류 : 분자들이 밀도 차에 의해 집단적으로 순환하면서 열에너지를 이동시키는 현상이에요.
- 복사 : 매질을 통하지 않고 전자기파 형태로 열이 직접 이동하는 현상이에요.

10

**알짜풀이** ● (가) 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하다. 즉,  $\Delta U_{(가)} = 0$ 이고 부피가 팽창하므로  $W_{(가)} > 0$ 이다. 따라서  $Q_{(가)} = W_{(가)} + \Delta U_{(가)} > 0$ 이다.

(나) 외부와의 열을 차단했으므로 흡수하는 열량은  $Q_{(나)} = 0$ 이다.

(다) 부피가 일정하므로  $W_{(다)} = 0$ 이고, 온도가 낮아지므로  $\Delta U_{(다)} < 0$ 이다. 따라서  $Q_{(다)} = W_{(다)} + \Delta U_{(다)} < 0$ 이다.

㉑  $Q_{(가)} > Q_{(나)} > Q_{(다)}$

○별책 40쪽

[ 중단원별 문제 정복하기 ]

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ①

01

**알짜풀이** ● 가. A → B 과정에서 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다.

나. A → B 과정에서 내부 에너지는 변하지 않으므로  $\Delta U = 0$ 이다. 그런데  $W > 0$ 이므로  $Q > 0$ 이다. 따라서 A → B 과정에서 기체는 외부로부터 열을 흡수한다.

다. A → C 과정은 단열 과정으로  $Q = W + \Delta U = 0$ 이다. 그런데 부피가 팽창하므로  $W > 0$ 이고,  $\Delta U = -W < 0$ 이다. 따라서 기체는 온도가 내려간다. ㉑ ⑤

02

**알짜풀이** ● 철수 : 냉장고는 전기 에너지를 이용하여 저온에서 고온으로 열을 이동시킨다.

민수 : 열효율이 100 %인 열기관은 열역학 제 2법칙에 위배되므로 제작할 수 없다.

**오답넘기** ● 영희 : 열역학 제 2법칙에 위배되므로 열은 저온에서 고온으로 자발적으로 이동할 수 없다. ㉑ ③

03

**알짜풀이** ● 나. 융해열은  $105 - 25 = 80(\text{kcal/kg})$ 이다.

**오답넘기** ● 가. 얼음이 물보다 그래프의 기울기가 2배이므로, 같은 열량을 공급할 때 얼음의 온도가 2배 많이 올라간다. 따라서 물의 비열이 얼음의 2배이다.

다. 열평형 온도를  $t$ 라고 하면  $0^\circ\text{C}$  얼음이 얻은 열량은  $80 + (t - 0)$ 이고,  $100^\circ\text{C}$  물이 잃은 열량은  $100 - t$ 이다. 따라서  $80 + t = 100 - t$ 에서  $t = 10^\circ\text{C}$ 이다. ㉑ ②

04

**알짜풀이** ● 가.  $1,100 \text{ W} = 220 \text{ V} \times I$ 에서 헤어드라이어에 흐르는 전류는  $I = 5 \text{ A}$ 이다.

**오답넘기** ● 나. 소비 전력이 1,100 W이므로 1초 동안 소비하는 전기 에너지는 1,100 J이다. 따라서 10초 동안 소비하는 전기 에너지는  $1,100 \times 10 = 11,000(\text{J}) = 11(\text{kJ})$ 이다.

다. 30분은 0.5시간이므로 30분 동안 소비하는 전력량은  $1,100 \text{ W} \times 0.5 \text{ h} = 550 \text{ Wh}$ 이다. ㉑ ①