

2013학년도 대학수학능력시험 ( 물리 I )

정답 및 해설

<정답>

1. ③ 2. ② 3. ② 4. ④ 5. ③ 6. ④ 7. ① 8. ④ 9. ⑤ 10. ①  
11. ⑤ 12. ⑤ 13. ⑤ 14. ④ 15. ② 16. ① 17. ① 18. ③ 19. ② 20. ⑤

<해설>

1. 등속도 운동의 분석

[정답맞히기] ㄱ. 철수는 10m/s의 일정한 속력으로 직선운동을 한다. 따라서 속력과 방향이 일정한 등속도 운동이므로 가속도는 0이다.

ㄴ. 철수에 대한 영희의 속도는  $v_{\text{철영}} = v_{\text{영희}} - v_{\text{철수}} = -5\text{m/s} - 10\text{m/s} = -15\text{m/s}$ 이다. 따라서 속도의 크기는 15m/s이다.

[오답피하기] ㄷ. 1초 동안 철수는 10m, 영희는 5m 운동한다. 철수와 영희는 반대 방향으로 운동하므로 1초가 지났을 때 철수와 영희 사이의 거리는 15m 가까워지므로 철수와 영희 사이의 거리는 45m(=60m-15m)이다.

2. 속도-시간 그래프의 해석

[정답맞히기] 수레의 속도-시간의 그래프에서 기울기의 크기는 가속도의 크기이다. 따라서 그림(나)의 A에서 B와 같은 결과를 얻기 위해서는 가속도의 크기가  $\frac{1}{2}$ 로 감소해야 한다. 두 물체가 함께 움직이므로 전체 가속도나 수레의 가속도가 같기 때문에 A의 가속도의 크기는  $a = \frac{g}{1+1} = \frac{g}{2}$ 이다. 영희의 방법대로 수레위에 2kg의 추를 올려놓으면 수레의 질량이 3kg으로 증가하므로 가속도의 크기는  $a_{\text{영희}} = \frac{g}{3+1} = \frac{g}{4}$ 이다. 따라서 가속도의 크기가  $\frac{1}{2}$ 배로 감소하므로 B와 같은 결과를 얻을 수 있다.

[오답피하기] 철수의 방법대로 추만 0.5kg인 것으로 바꾸면 추에 작용하는 중력이  $\frac{1}{2}$ 로 감소하므로 가속도의 크기는  $a_{\text{철수}} = \frac{0.5g}{0.5+1} = \frac{g}{3}$ 이다. 민수의 방법대로 하면, 수레의 질량이 2kg, 추의 질량이 2kg이 되므로  $a_{\text{민수}} = \frac{2g}{2+2} = \frac{g}{2}$ 이다.

3. 일과 에너지

[정답맞히기]

전동기가 물체에 한 일의 양은 중력에 의한 물체의 위치에너지 증가량과 운동 마찰

력이 한 일의 합과 같다. 물체의 위치에너지 증가량은  $10\text{J} (= 1\text{kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 1\text{m})$ , 운동 마찰력이 한 일은  $6\text{J} (= 2\text{N} \times 3\text{m})$ 이므로 전동기가 물체에 한 일의 양은  $16\text{J}$ 이다.

#### 4. 일과 에너지

[정답맞히기] 빗면에서 물체가 가지는 중력에 의한 위치에너지가 마찰이 있는 면에서 전부 운동 마찰력이 한 일로 전환이 된다. 즉 중력에 의한 위치에너지 감소량은 마찰면에서 운동 마찰력이 한 일과 같다. 높이가  $2\text{m}$ 인 Q점에 물체를 두면 높이가  $4\text{m}$ 인 P점 보다 중력에 의한 위치에너지가  $\frac{1}{2}$ 배 감소하므로 운동 마찰력이 한 일의 양도  $\frac{1}{2}$ 배 감소한다. 운동 마찰력이 한 일( $f_k \cdot s$ )에서 운동 마찰력( $f_k$ )은 일정하므로 물체가 움직인 거리( $s$ )가  $\frac{1}{2}$ 배로 감소하여야 한다. P점에 두었을 때 물체가 마찰면에서 움직인 거리가  $10\text{m} (= 6\text{m} + 4\text{m})$ 이므로 Q점에 물체를 두었을 때는 마찰면에서 움직인 거리가  $5\text{m}$ 가 된다. 즉 Q점에서 가만히 놓은 물체는 O점에서  $5\text{m}$  움직인 후 정지하므로 O점으로부터 정지한 지점까지의 거리는  $5\text{m}$ 이다.

#### 5. 마찰이 작용할 때 운동의 법칙 적용

[정답맞히기] ㄱ. 물체 A와 B가  $2\text{m/s}^2$ 의 일정한 가속도로 운동하므로 각각의 물체가 받는 알짜힘(합력)은 질량에 가속도를 곱하여 구할 수 있다. 즉  $F = ma$ 이다.

A가 받는 힘은 오른쪽으로 용수철이 당기는 힘 ( $5\text{N}$ ), 왼쪽으로 작용하는 마찰력( $\mu mg$ )이므로 A가 받는 합력은  $5 - (0.3 \times m \times 10) = 2m$ 이다. 여기서 A의 질량  $m$ 이  $1\text{kg}$ 임을 알 수 있고, 이를 이용하면 A와 수평면 사이의 마찰력은  $\mu mg = 0.3 \times 1 \times 10 = 3\text{N}$ 이다.

ㄴ. B가 받는 힘은 오른쪽으로 외부에서 당기는 힘 ( $20\text{N}$ ), 왼쪽으로 용수철이 당기는 힘 ( $5\text{N}$ ), 왼쪽으로 작용하는 마찰력( $\mu Mg$ )이다. B가 받는 합력은  $20 - 5 - (0.3 \times M \times 10) = 2M$ 이므로 B의 질량  $M$ 은  $3\text{kg}$ 이다.

[오답피하기] ㄷ. B가 받는 합력은  $3\text{kg} \times 2\text{m/s}^2 = 6\text{N}$ 이다.

#### 6. 등가속도 직선 운동

[정답맞히기] A의 가속도를  $a$ , B의 가속도를  $2a$ 라 하자. 자동차 A는  $t = 3\text{초}$  일 때 Q에 도달하므로 3초 동안 A가 이동한 거리  $L$ 은 등가속도 운동 공식,  $S = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 을 이용하면

$$L = 3v + \frac{1}{2} \times a \times 3^2 = 6v + 9a. \dots (1)$$

또한 자동차 A는 2초 일 때 B를 스쳐 지나가므로 2초 동안 A와 B가 움직인 거리의 합이  $L$ 이다.

$$2v + \frac{1}{2} \times a \times 2^2 + \frac{1}{2} \times 2a \times 2^2 = L \rightarrow 2v + 6a = L. \dots (2)$$

(1)식과 (2)식을 연립하면  $L$ 은  $9a$ 이다.

자동차 A가 Q에 도달하는 동안, 즉 3초 동안 B가 Q로부터 이동한 거리는  $\frac{1}{2} \times 2a \times 3^2 = 9a = L$ 이다.

### 7. 운동량 보존

[정답맞히기] ㄴ. 마찰이 없는 수평면에서 두 물체가 충돌하므로 충돌 전후의 운동량의 합은 같다. 충돌 전의 운동량의 총합( $p_0 - 4p_0 = -3p_0$ )이 충돌 후 A의 운동량과 같으므로 충돌 후 B의 운동량은 0이다. 즉 B는 충돌 후 정지한다.

충격량은 운동량의 변화량이고 B의 운동량의 변화량의 크기는  $0 - (-4p_0) = 4p_0$ 이므로 B가 받은 충격량의 크기는  $4p_0$ 이다.

[오답피하기] ㄱ. 충돌 후 B의 운동량은 0이다.

ㄷ. A와 B의 질량을  $m_A, m_B$ 라 하자. 한편 운동에너지는  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ 로 표현할 수

있다. A와 B의 운동에너지의 합은 충돌 전과 후가 같기 때문에  $\frac{p_0^2}{2m_A} + \frac{16p_0^2}{2m_B} = \frac{9p_0^2}{2m_A}$

이고, 이 식을 정리하면  $\frac{4}{m_A} = \frac{8}{m_B}$ 이다. 즉  $m_A : m_B = 1 : 2$ 이므로 B의 질량은 A의 4배이다.

### 8. 운동량 보존

[정답맞히기] ㄱ. 운동량 보존 법칙에 의해서 충돌 전의 A의 운동량과 용수철이 최대 압축되는 순간 A와 B의 운동량의 합은 같다. 따라서  $1\text{kg} \times 6\text{m/s} = (1\text{kg} + 2\text{kg})V$ 이므로  $V$ 는  $2\text{m/s}$ 이다.

ㄴ. 충돌과정에서 역학적 에너지의 손실이 없기 때문에 충돌 전의 A의 운동에너지는 최대 압축되는 순간 A와 B의 운동에너지와 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치에너지의 합과 같다. 즉  $\frac{1}{2}m_A v_A^2 = \frac{1}{2}(m_A + m_B)V^2 + \text{용수철에 저장된 탄성에너지}$ 이므로 용수철에 저장되는 에너지는  $12\text{J}$ 이다.

[오답피하기] ㄷ. 운동량 보존 법칙에 의해서 용수철이 최대 압축되는 순간 A와 B의 운동량의 합은 충돌 후 A와 B의 운동량의 합과 같다.

$(1\text{kg} + 2\text{kg}) \times 2\text{m/s} = -1\text{kg} \times 2\text{m/s} + 2\text{kg} \times v_B$ 이므로  $v_B$ 는  $4\text{m/s}$ 이다.

### 9. 저항이 혼합 연결된 전기 회로

[정답맞히기] ㄴ. 전압계에 걸리는 전압  $4\text{V}$ 와  $R_1$ 의 양단에 걸리는 전압의 합이 전

원장치의 전압 8V이므로  $R_1$ 의 양단에 걸리는 전압은 4V이다. 따라서  $V=IR$ 에서 전압이 4V, 저항이  $2\Omega$ 이므로 전류계에 흐르는 전류는 2A이다.

ㄷ. 회로(전류계)에 흐르는 전체 전류가 2A이므로 전체 저항이  $4\Omega$ 이다. 따라서 병렬 연결된  $6\Omega$ 과  $R_2$ 의 합성저항이  $2\Omega$ 이므로  $\frac{1}{2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{R_2}$ 에서  $R_2$ 는  $3\Omega$ 이다.

[오답피하기] ㄱ. 전압계에 걸리는 전압 4V와  $R_1$ 의 양단에 걸리는 전압의 합이 원장치의 전압 8V이다. 따라서  $R_1$ 의 양단에 걸리는 전압은 4V이다.

## 10. 저항의 크기와 전류

[정답맞히기] 저항체의 저항  $R$ 은  $\rho \frac{l}{S}$ 이므로 저항체 A,B,C의 저항의 비는 4 : 1 : 2이다. 즉 A의 저항값을  $4R$ 이라고 하면 B의 저항 값은  $R$ , C의 저항 값은  $2R$ 이다. 스위치를 a에 연결하면 A와 C가 직렬연결이므로 합성 저항 값은  $6R$ , 스위치를 b에 연결하면 B와 C가 직렬연결이므로 합성 저항 값은  $3R$ 이다. 회로에 흐르는 전류  $I = \frac{V}{R}$ 에서 전체 전압이 일정하면 전체 전류는 전체 저항에 반비례한다. 전체 저항의 비가 2:1이므로 전체 전류의 비는  $I_a : I_b = 1 : 2$ 이다.

## 11. 직선 전류에 의한 자기장의 합성

[정답맞히기] ㄱ. 원점 O에서 세 도선 P,Q,R에 의한 자기장의 합성 방향이  $+y$ 방향이기 위해서는 도선 P와 R이 원점 O에 만드는 자기장의 세기는 같고 방향이 반대이어야 한다. 도선 P와 R이 원점 O에 만드는 자기장 방향이 반대이므로 도선 P와 Q에 흐르는 전류의 방향은 같다.

ㄴ. 도선 P와 R이 원점 O에 만드는 자기장의 크기가 같기 때문에 도선 P와 Q에 흐르는 전류의 세기는 같다. 따라서 R에 흐르는 전류의 세기는  $I$ 이다.

ㄷ. 원점 O의 자기장의 세기  $B_0$ 는 도선 Q에 의한 자기장의 세기이다. R은 거리는 같지만 전류의 세기가  $\frac{1}{2}$ 배이므로 O에서 R에 의한 자기장의 세기는  $\frac{B_0}{2}$ 이다.

## 12. 전자기 유도 현상

[정답맞히기] ㄱ. 도체 막대가 영역 I에서 운동하면 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자속이 감소하므로 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장이 만들어 지도록 시계방향으로 유도전류가 흐른다. 도체 막대가 영역 II에서 운동하면 종이면에 수직으로 나오는 방향의 자속이 감소하므로 종이면에 수직으로 나오는 방향의 자기장이 만들어 지도록 반시계방향으로 전류가 흐른다. 따라서 영역 I, II에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.

ㄴ. 유도전류는 자기장의 세기, 도선의 길이, 도선이 움직이는 속력에 비례하는데,

도선이 길이, 속력이 같으므로 자기장의 세기  $B$ 가 큰 영역 II에서 저항에 흐르는 전류의 세기가 크다.

ㄷ. 플레밍의 왼손법칙을 사용하면 영역 I, II에서 전류의 방향과 자기장의 방향이 반대이므로 도선에 작용하는 자기력의 방향은 같다.

### 13. 파동의 속력

[정답맞히기] ㄴ. 그림(나)는 진폭이 3cm이므로 파동 B임을 알 수 있다. 따라서 B의 파장은 1m이다.

ㄷ. 파동의 진행 속력  $v = \frac{\lambda}{T}$ 이다. 파동 B의 진행 속력  $v_B = \frac{\lambda_B}{T_B} = \frac{1\text{m}}{1\text{s}} = 1\text{m/s}$ 이고

파동의 A의 진행 속력은 B의 2배이므로 파동A의 진행 속력은 2m/s이다.

[오답피하기] ㄱ. 그림(가)에서 파동의 A의 주기를  $T_A$ 라고 한다면  $3T_A = 2\text{s}$ 이므로

파동의 A의 주기  $T_A = \frac{2}{3}\text{s}$ 이다. 파동의 B의 주기를  $T_B$ 라고 한다면  $2T_A = 2\text{s}$ 이므로

파동의 B의 주기  $T_B = 1\text{s}$ 이다. 따라서 A와B의 주기의 비가 2:3 이므로 역수관계인 진동수의 비는 3:2이다.

### 14. 빛의 굴절

[정답맞히기] ㄱ. 단색광이 P점에서 굴절할 때 입사각을  $i$ , 굴절각을  $r$ 이라고 한다면

$v_{\text{공프}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{공기}}}{v_{\text{프리즘}}}$ 이 성립한다. 여기서 입사각( $i$ )이 굴절각보다 큰 경우이므로 공기에서

빛의 속력이 프리즘에서 빛의 속력보다 크다.

ㄷ. P점에서 전반사가 일어나므로 반사의 법칙에 의해서 입사각과 반사각이 같다. 이를 이용하면  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 의 크기가 같음을 알 수 있다.

[오답피하기] ㄴ. Q점에서 빛이 전반사한다. 전반사는 빛이 밀한 매질에서 소한 매질로 진행할 때 일어나므로 프리즘이 밀한 매질이며 물체가 소한 매질이다. 밀한 매질의 굴절률이 크다. 따라서  $n_1 > n_2$ 이다.

### 15. 정상파

[정답맞히기] ㄴ. 정상파의 주기가 8초이므로 4초 후의 모양은 그림(가)에서 반주기( $\frac{T}{2}$ ) 후

의 모양이다. 즉 그림(가)에서 위상이  $180^\circ$  바뀐 상태가 되므로 그림(가)가 뒤집힌 모양이 된다. 3초에서 4초 사이 P점은 위로 진동하므로 P점에서 정상파의 변위는  $y_p$ 보다 크다.

[오답피하기] ㄱ. 두 파동이 중첩되어 만들어지는 정상파의 주기는 중첩되기 전의 두 파동의 주기와 같다. 따라서 정상파의 주기는 8초이다.

ㄷ. 정상파에서 두 배의 진폭 즉 정상파의 변위의 최댓값으로 진동하는 곳을 배라고 한다.

배 지점에서만 정상파의 최대 변위가 나타나는데 P점은 배가 아니므로 변위의 최댓값이 될 수 없다.

### 16. 광전효과

[정답맞히기] ㄱ. 빛의 세기가 강하면 금속판에 도달하는 광자의 수가 많아지므로 금속판에서 방출되는 전자의 수도 많아진다. 따라서 빛의 세기가 강한 단색광 B를 비출 때 단위 시간당 방출되는 광전자의 수가 빛의 세기가 약한 A보다 많다.

[오답피하기] ㄴ. 방출되는 광전자의 운동에너지의 최댓값  $E_K = E - W$ 이다. 여기서 동일한 금속판이므로 일함수는  $E_0$ 로 같다. 단색광 A와 B를 비출 때 방출되는 운동에너지의 최댓값이  $5E_0$ 로 같으므로 단색광 A와 B의 에너지  $E$ 가 같다. 단색광의 에너지  $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$ 이므로 두 단색광 A와 B의 진동수와 파장은 같다.

ㄷ. 방출되는 광전자의 운동에너지의 최댓값은  $E_K = E - E_0$ 이다. 따라서 단색광 A의 에너지는  $5E_0 = E - E_0$ 이므로  $6E_0$ , 단색광 C의 에너지는  $2E_0 = E - E_0$ 이므로  $3E_0$ 이다. 단색광 A의 에너지가 C의 2배이므로 진동수도 A가 C의 2배이다.

### 17. 물질파의 파장

[정답맞히기] ㄱ. 물질파의 파장  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$ 이다. 따라서 운동량( $p$ )의 비가 1:2 이므로 파장의 비는 2:1이다. 즉 물질파의 파장은 A가 B보다 길다.

[오답피하기] ㄴ. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격  $\Delta x = d\frac{\lambda}{l}$ 이다. 따라서 파장이 긴 A일 때의 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격( $\Delta x$ )이 B보다 크다.

ㄷ. 운동에너지  $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ 이므로 질량  $m = \frac{p^2}{2E}$ 이다. 따라서  $m_A = \frac{p^2}{2E}$ ,  $m_B = \frac{4p^2}{E}$ 이므로 B의 질량이 A의 8배이다. 즉 질량은 B가 A보다 크다.

### 18. 저항의 연결에 따른 소비 전력

[정답맞히기] 저항  $R$ 와 저항  $X$ 가 직렬연결이므로 흐르는 전류의 세기는 같다. 소비전력  $P = I^2R$ 에서 소비전력은 저항에 비례한다. 따라서 저항  $X$ 의 소비전력이 저항  $R$ 의 소비 전력의 2배이므로 저항  $X$ 의 저항 값은  $2R$ 이다. 그리고 회로 전체에 흐르는 전류를  $I$ 로 가정한다면  $4R$ 의 소비전력이  $R$ 와 같기 때문에  $4R$ 에 흐르는 전류는  $\frac{I}{2}$ ,  $3X(6R)$ 에 흐르는 전류는 저항에 반비례하므로  $\frac{I}{3}$ 이다. 회로에 흐르는 전체 전류가  $I$ 이므로  $Y$ 에 흐르는 전류  $I_Y$ 는  $I = \frac{I}{2} + \frac{I}{3} + I_Y$ 에서  $I_Y$ 는  $\frac{I}{6}$ 이다. 즉  $4R$ 에 흐르는 전류는  $\frac{I}{2}$ ,  $Y$ 에 흐르는 전류  $\frac{I}{6}$ 로 전압이

일정한 병렬연결이므로 전류는 저항에 반비례하므로  $Y$ 의 저항은  $12R$ 이다. 전압이 일정한 병렬연결에서 소비전력  $P = \frac{V^2}{R}$ 에서 저항에 반비례한다. 소비전력이  $P_0$ 인  $4R$ 와  $Y$ 의 저항의 비가 1:3이므로 소비전력의 비는 3:1이므로  $4R$ 의 소비전력이  $P_0$ 이면  $Y$ 의 소비전력은  $\frac{P_0}{3}$ 이다.

### 19. 역학적 에너지 보존 법칙

[정답맞히기] 그림(가)에서 용수철이  $d$ 만큼 늘어나 평형을 이루고 있으므로 탄성력( $kd$ )과 중력( $mg$ )의 크기는 같다. 즉  $kd = mg$ 이다. 그림(나)에서는 용수철의 늘어난 길이가  $3d$ 에서  $d$ 로 감소한다. 공기 저항 및 마찰력을 무시하므로 전체 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 용수철의 탄성력에 의한 위치에너지가 감소한 양  $\frac{1}{2}k(3d)^2 - \frac{1}{2}kd^2 = 4kd^2$ 과 물체 A와 B의 중력에 의한 위치에너지, 운동에너지가 증가한 양의 합  $mg(2d) + \frac{1}{2}(2m)v^2$ 은 같다.

즉  $4kd^2 = mg(2d) + \frac{1}{2}(2m)v^2$ 이다.  $kd = mg$ 이므로 이 식을 대입해서 정리하면  $4mgd = 2mgd + mv^2$ 이다. 따라서 속력  $v^2 = 2gd$ 이므로  $v = \sqrt{2gd}$ 이다.

### 20. 저항이 혼합 연결된 전기회로

[정답맞히기] ① 가변 저항값이  $R_A$ 일 때 전체 전류(전류계의 전류)가  $3A$ 이므로 위쪽  $R$ 에 흐르는 전류를  $I$ 로 가정한다면  $IR = 3V$ ,  $IR_A + 3R = 6V$ 이다. 여기서  $3R = 6 - IR_A$ ---(1)식이다.

그리고 아래쪽 저항  $R$ 에 흐르는 전류는  $(3 - I)$ 이므로  $R$ 에 걸리는 전압은  $(3 - I)R$ 이다. 여기서  $(3 - I)R = 3 + IR_A$ 이므로 이 식을 정리하면  $3R - IR = 3 + IR_A$ 이다. 이식에 식(1)을 대입하면  $3R - IR = 3 + IR_A$ 은  $6 - IR_A = 6 + IR_A$ 이므로  $R_A$ 는 저항 값이 0이다. 따라서  $R$ 은  $2\Omega$ 이다.

② 가변 저항값이  $R_B$ 일 때 회로에 흐르는 전체 전류를  $I$ 라고 한다면 전압계에 걸리는 전압이  $1V$ 이므로  $V = IR$ 에 의해서 저항이  $R$ 이  $2\Omega$ 이므로 위쪽으로 흐르는 전류는  $0.5A$ 이다. 따라서 위쪽에 걸리는 전압은  $1 + 0.5R_B + 2I = 9V$ ---(2)식이다. 그리고 아래쪽으로 흐르는 전류는  $(I - 0.5)$ 이므로 아래쪽에 걸리는 전압은  $2(I - 0.5) + 2I = 9$ 이므로 회로에 흐르는 전체 전류  $I$ 는  $2.5A$ 이다. 따라서 전류를 (2)식에 대입하면  $R_B$ 는  $6\Omega$ 이므로  $R_B - R_A = 6\Omega$ 이다.