

2021학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가  
과학탐구영역 물리학Ⅱ 정답 및 해설

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

### 1. 중력 렌즈

[정답맞히기] 학생 A: 중력 렌즈 현상은 중력에 의해 시공간이 휘어지게 되고, 시공간의 휘어짐으로 인해 빛의 진행 경로가 휘어지는 현상이다.

학생 B: 중력 렌즈 효과는 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

학생 C: 천체 근처에서 빛의 휘어짐으로 인해 별의 실제 위치와는 다른 위치에 별이 있는 것처럼 관측된다. 정답 ⑤

### 2. 빛의 이중성

[정답맞히기] A, B: 회절과 간섭은 빛의 파동성에 의한 현상이다. 정답 ③

[오답피하기] C: 광전 효과 실험은 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

### 3. 역학적 에너지 보존

[정답맞히기] ㄴ. A에서 추의 운동 에너지는 최대이다. 따라서  $t_0$ 일 때와  $3t_0$ 일 때 추의 운동 에너지는 최대이다. 정답 ①

[오답피하기] ㄱ. 추는 1회 왕복하는 동안 A를 두 번 지난다. A에서 추의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이므로 단진자의 주기는  $4t_0$ 이다.

ㄷ. 추가 운동하는 동안 추의 중력 퍼텐셜 에너지의 최댓값은  $E_p$ 로 일정하므로 추의 역학적 에너지는 보존된다.

### 4. 보어의 수소 원자 모형

[정답맞히기] ㄱ. 전자는 양자 조건을 만족하는 원 궤도를 회전할 때, 전자기파를 방출하지 않는다. 전자는 전이 과정에서 에너지 차이에 해당하는 전자기파를 방출하거나 흡수한다. 즉, ㉠은 전자기파이다.

ㄴ.  $h$ 는, 즉 ㉡은 플랑크 상수이다. 정답 ③

[오답피하기] ㄷ. 원자 속 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

### 5. 열의 일당량

[정답맞히기] ㄴ. 추가 낙하한 구간이 1m일 때 액체의 온도 변화를  $\Delta t$ 라고 하면,  $20\text{kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 1\text{m} = 1\text{kg} \times 1000\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times \Delta t$ 에서  $\Delta t = 0.2^\circ\text{C}$ 이다. 즉, ㉠은 0.2이다.

ㄷ. 추가 일정한 속력으로 낙하하고, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 액체의 온도 변화에만 사용되므로 추가 낙하하는 과정에서 액체에 공급된 열량은 추의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량과 같다. 정답 ④

[오답피하기] ㄱ. 추가 낙하한 구간이 0.5m일 때 액체의 온도 변화는  $0.1^{\circ}\text{C}$ 이므로 액체의 비열을  $c$ 라고 하면,  $20\text{kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0.5\text{m} = 1\text{kg} \times c \times 0.1^{\circ}\text{C}$ 에서  $c = 1000\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 이다.

## 6. 물질파

[정답맞히기] ㄱ. A, B의 질량을 각각  $m_A$ ,  $m_B$ 라고 하면,  $\lambda = \frac{h}{m_A v} = \frac{h}{2m_B v}$ 에서  $m_A = 2m_B$ 이므로 질량은 A가 B보다 크다.

ㄴ. A의 속력이  $2v$ 일 때 A의 물질파 파장을  $\lambda_A$ 라고 하면,  $\lambda_A = \frac{h}{2m_A v} = \frac{1}{2}\lambda$ 이다.

ㄷ. 물질파 파장이  $\lambda$ 일 때, 입자의 속력은 B가 A의 2배이고 질량은 A가 B의 2배이므로 운동 에너지는 B가 A의 2배이다. 따라서 물질파 파장이  $\lambda$ 일 때, 운동 에너지는 A가 B보다 작다.

정답 ⑤

## 7. 축전기의 연결

[정답맞히기] 축전기 평행판 사이의 거리가  $d$ 일 때 전기 용량을  $C$ 라고 하면, 축전기 평행판 사이의 거리가  $\frac{d}{2}$ 일 때 전기 용량은  $2C$ 이다.

ㄴ. (다)에서 축전기 양단에 걸리는 전압은  $V$ 이므로 축전기에 저장된 전하량은  $2CV$ 이다. 따라서 축전기에 저장된 전하량은 (나)에서가 (다)에서보다 작다.

ㄷ. (가), (다)에서 축전기에 저장된 전기 에너지를 각각  $U_{(가)}$ ,  $U_{(다)}$ 라고 하면,

$U_{(가)} = \frac{1}{2}CV^2$ 이고  $U_{(다)} = \frac{1}{2}(2C)V^2$ 이다. 따라서 축전기에 저장된 전기 에너지는

(가)에서가 (다)에서보다 작다.

정답 ④

[오답피하기] ㄱ. (가)에서 축전기는 전압이  $V$ 인 전원에 연결되어 있으므로 축전기 양단에 걸리는 전압은  $V$ 이고, 축전기에 저장된 전하량은  $CV$ 이다. (나)에서 축전기 양단에 걸린 전압을  $V_{(나)}$ 라고 하면, 축전기에 저장된 전하량은 (가)에서와 (나)에서가

같으므로  $V_{(나)} = \frac{CV}{2C} = \frac{1}{2}V$ 이다. 따라서 축전기 양단에 걸리는 전압은 (가)에서가

(나)에서보다 크다.

## 8. 일 · 에너지 정리

[정답맞히기] 물체의 질량을  $m$ 이라고 하면, 높이  $h$ 인 지점에서 물체의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 2배이므로 물체의 역학적 에너지는  $mgh + 2mgh = 3mgh$ 이다.

물체가 수평 구간에 들어가기 전의 속력을  $v_1$ , 물체가 수평 구간을 빠져나올 때의 속

력을  $v_2$ 라고 하면,  $\frac{1}{2}mv_1^2 = 3mgh$ 에서  $v_1^2 = 6gh$ 이고,  $\frac{1}{2}mv_2^2 = 4mgh$ 에서  $v_2^2 = 8gh$ 이

다. 길이가  $2h$ 인 수평 구간에서 일정한 힘을 받은 물체는 등가속도 운동을 하므로 가속도의 크기를  $a$ 라고 하면,  $v_2^2 - v_1^2 = 2a(2h)$ 에서  $a = \frac{8gh - 6gh}{4h} = \frac{1}{2}g$ 이다. 정답 ②

### 9. 전류에 의한 자기장

[정답맞히기] ㄴ. A와 B 사이의 영역에서 전류에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이고, 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이고, B에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄷ. A, B로부터 떨어진 거리는  $p$ 에서가 원점에서보다 크다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $p$ 에서가 원점에서보다 작다. 정답 ④

[오답피하기] ㄱ. A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점으로부터의 거리는 A가 B보다 크므로 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.

### 10. 전기장과 전위

[정답맞히기] ㄷ. II에서 전기장의 세기는  $\frac{V}{2d}$ 이고, III에서 전기장의 세기는  $\frac{2V}{d}$ 이다. 따라서 전기장의 세기는 III에서가 II에서의 4배이다. 정답 ②

[오답피하기] ㄱ. I에서 전위가  $+x$  방향으로 감소하므로 이 영역에서 전기장의 방향은  $+x$  방향이다.

ㄴ. 입자의 전하량을  $q$ ,  $x=0$ 에서 입자의 운동 에너지를  $E_0$ 이라고 하면,  $x=d$ 에서 입자의 운동 에너지는  $E_0 + 2qV$ 이고,  $x=3d$ 에서 입자의 운동 에너지는  $E_0 + qV$ 이다. 따라서 입자의 운동 에너지는  $x=d$ 에서가  $x=3d$ 에서보다 크다.

### 11. 전기력

[정답맞히기]  $y=0$ 인 점에서 전하량이  $+8q$ 인 전하에 의한 전기장의 방향과 전하량이  $-q$ 인 전하에 의한 전기장의 방향은 모두  $-y$ 방향이다.  $y=0$ 에서 전기장은 0이므로 전하량이  $Q$ 인 전하는 음(-)전하이다. 따라서  $\frac{8q}{4d^2} + \frac{q}{d^2} + \frac{Q}{d^2} = 0$ 에서  $Q = -3q$ 이다.

정답 ①

### 12. 전자기파의 수신

[정답맞히기] ㄱ. 교류 전원의 진동수가  $f_2$ 일 때 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대이므로 회로의 공명 진동수는  $f_2$ 이다. 정답 ①

[오답피하기] ㄴ. 교류 전원에 연결된 코일은 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 커진다. 따라서 진동수가  $f_2$ 에서  $f_3$ 으로 증가할 때 코일의 저항 역할은 커진다.

ㄷ. 저항 양단에 걸리는 전압은 전류의 세기에 비례한다. 저항에 흐르는 전류의 최대

값은 진동수가  $f_1$ 일 때가  $f_3$ 일 때보다 크므로 저항 양단에 걸리는 전압의 최댓값은 진동수가  $f_1$ 일 때가  $f_3$ 일 때보다 크다.

### 13. 등속 원운동

[정답맞히기] ㄱ. A가 한 바퀴의  $\frac{3}{4}$ 배를 도는 데 걸린 시간은 6초이므로 A의 주기는  $6 \times \frac{4}{3} = 8(\text{초})$ 이다.

ㄴ. B가 한 바퀴를 도는 데 걸린 시간은 6초이므로 B의 주기는 6초이다. B가 회전하는 원 궤도의 반지름은 4m이고, B의 주기는 6초이므로 B의 속력은  $\frac{2\pi(4)}{6} = \frac{4\pi}{3} (\text{m/s})$ 이다.

ㄷ. A의 구심 가속도의 크기는  $\frac{4\pi^2(1)}{8^2} = \frac{\pi^2}{16} (\text{m/s}^2)$ 이고, B의 구심 가속도의 크기는  $\frac{4\pi^2(4)}{6^2} = \frac{4\pi^2}{9} (\text{m/s}^2)$ 이다. 따라서 구심 가속도의 크기는 A가 B보다 작다. 정답 ⑤

### 14. 저항의 연결

[정답맞히기] 전원 장치의 전압을  $V$ 라고 하면, 스위치 S를 닫기 전 전류계에 흐르는 전류의 세기는  $\frac{V}{3\Omega + R} = 6(\text{A}) \cdots \text{①}$ , 스위치 S를 닫으면 저항값이  $R$ 인 저항에는 전류가 흐르지 않으므로 S를 닫았을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기는  $\frac{V}{3\Omega} = 10(\text{A}) \cdots \text{②}$ 이다. 따라서  $\frac{\text{①}}{\text{②}} = \frac{3\Omega}{3\Omega + R} = \frac{3}{5}$ 이므로  $R = 2\Omega$ 이다. 정답 ②

### 15. 도플러 효과

[정답맞히기] (가)에서  $f_0(\frac{v}{v-v_A}) = 2f_0(\frac{v}{v+v_B})$ 이므로  $2v_A + v_B = v \cdots \text{①}$ 이고, (나)에서  $4[f_0(\frac{v}{v-v_A})] = 3[2f_0(\frac{v}{v-v_B})]$ 에서  $3v_A - 2v_B = v \cdots \text{②}$ 이다. 따라서 식 ①, ②를 정리하면  $v_A = 3v_B$ 이므로  $v_A : v_B = 3 : 1$ 이다. 정답 ④

### 16. 볼록 렌즈에 의한 상

[정답맞히기]  $x$ 가 10cm, 20cm일 때 렌즈에서 상까지의 거리를 각각  $b_1$ ,  $b_2$ 라고 하면, 두 경우 상의 크기가 같으므로  $\frac{b_1}{10} = \frac{b_2}{20}$ 가 성립한다. 따라서  $b_2 = 2b_1$ 이다. 렌즈의 초

점 거리를  $f$ 라 하고 렌즈 방정식을 적용하면,  $\frac{1}{10} + \frac{1}{(-b_1)} = \frac{1}{f} \cdots \textcircled{1}$ ,  $\frac{1}{20} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} \cdots$

②를 구할 수 있다.  $b_2 = 2b_1$ 을 적용해 ①과 ②를 연립하면,  $b_1 = 30\text{cm}$ ,  $b_2 = 60\text{cm}$ ,  $f = 15\text{cm}$ 이다. 렌즈에서 물체까지의 거리가  $10\text{cm}$ 일 때, 렌즈에서 상까지의 거리가  $30\text{cm}$ 이므로 이 경우 상의 크기가 물체의 크기의 3배이다. 따라서 물체의 크기는 상의 크기  $6\text{cm}$ 의  $\frac{1}{3}$ 배인  $2\text{cm}$ 이다. 한편  $x = 30\text{cm}$ 일 때, 물체와 렌즈 사이의 거리는 초점 거리( $15\text{cm}$ )의 2배이고 이때 물체의 크기와 상의 크기는 같다. 따라서 ㉠은  $2\text{cm}$ 이다.

정답 ①

### 17. 케플러 법칙

[정답맞히기] 위성에 작용하는 만유인력의 크기가 최대일 때 행성에서 위성까지의 거리와 위성에 작용하는 만유인력의 크기가 최소일 때 행성에서 위성까지의 거리의 합의 절반이 위성의 공전 궤도 긴반지름이다. 한편 위성의 질량이 같으므로 위성에 작용하는 만유인력의 크기는 행성에서 위성까지의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 B에 작용하는 만유인력의 크기가  $F_0$ 일 때 B에서 행성까지의 거리를  $r$ 라고 하면, A의 공전 궤도 긴반지름은  $\left(\frac{2}{3}r + \frac{7}{3}r\right) \times \frac{1}{2} = \frac{9}{6}r$ 이고, B의 공전 궤도 긴반지름은  $\left(\frac{1}{3}r + r\right) \times \frac{1}{2} = \frac{4}{6}r$ 이다. 케플러 제3법칙에 의해 (공전 주기) $^2 \propto$  (공전 궤도 긴반지름) $^3$  이므로  $\frac{T_B}{T_A} = \frac{\sqrt{((2)^2)^3}}{\sqrt{((3)^2)^3}} = \frac{2^3}{3^3} = \frac{8}{27}$ 이다.

정답 ③

### 18. 전자기 유도 법칙

[정답맞히기] ㄱ. 반원형 도선을 통과하는 자기 선속 변화는  $0 \sim \frac{T}{4}$  동안에는 I에 의해서,  $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$  동안에는 II에 의해서 생긴다. 한편 두 시간 구간에서 유도 전류의 방향이 서로 반대이므로 I과 II에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.

ㄴ. II에서 자기장의 세기를  $B$ 라고 할 때, 전자기 유도 법칙에 의해  $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$  동안 유도 기전력의 크기  $V = \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = B \frac{\Delta A}{\Delta t}$ 이다. 여기서 시간당 II를 통과하는 도선의 면적 변화율  $\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{\pi a^2}{T}$ 이다. 따라서  $V = \frac{B\pi a^2}{T}$ 이고  $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$  동안 유도 전류의 세기가

$\frac{I_0}{2}$ 이므로 옴의 법칙에 의해  $\frac{I_0}{2} = \frac{V}{R} = \frac{\frac{B\pi a^2}{T}}{R} = \frac{B\pi a^2}{TR}$ 이다. 따라서  $B = \frac{I_0 RT}{2\pi a^2}$ 이다.

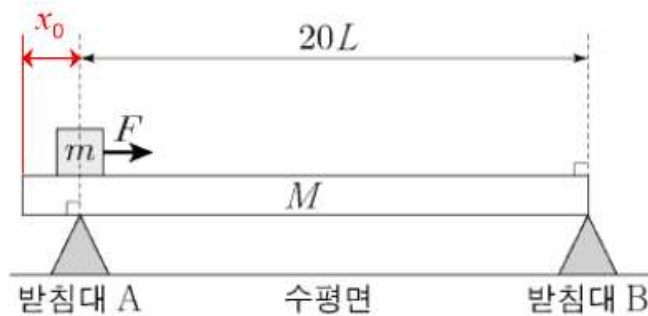
ㄷ. 소모되는 전기 에너지는 (전류)<sup>2</sup>×저항값×시간으로 나타낼 수 있다. 따라서 도선이 한 바퀴 회전하는 동안, 즉  $0 \sim T$  동안 도선에서 소비되는 전기 에너지는  $I_0^2 R \frac{T}{4} + \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 R \frac{T}{4} + I_0^2 R \frac{T}{4} + \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 R \frac{T}{4} = \frac{5}{8} I_0^2 RT$  이다. 정답 ⑤

## 19. 역학적 평형

[정답맞히기] 받침대 A, B가 떠받치는 힘의 크기는 질량  $m$ 인 물체와 질량  $M$ 인 물체에 작용하는 중력의 크기와 같으므로  $(m+M)g = \frac{3}{4}Mg + \frac{9}{20}Mg$ 이다. 따라서  $m = \frac{1}{5}M$ 이다.  $t=0$ 부터  $t=t_0$ 까지 질량  $m$ 인 물체가 이동한 거리를  $x$ 라고 할 때, 이 기간 동안 받침대 B가 떠받치는 지점을 기준으로 한 질량  $m$ 인 물체에 작용하는 중력에 의한 돌림힘의 변화량의 크기는  $\frac{1}{5}Mgx$ 이다. 이는 이 기간 동안 동일한 기준점에 대한 받침대 A가 떠받치는 힘에 의한 돌림힘의 변화량의 크기와 같아야 한다. 따라서  $\frac{1}{5}Mgx = \left(\frac{3}{4} - \frac{7}{10}\right)Mg(20L) = MgL$ 이고  $x=5L$ 이다. 질량  $m$ 인 물체의 가속도의 크기가  $\frac{5F}{M}$ 이므로  $5L = \frac{1}{2} \frac{5F}{M} t_0^2$ 이다. 따라서  $F = \frac{2ML}{t_0^2}$ 이다. 정답 ③

### [별해]

막대의 왼쪽 끝으로부터  $t=0$ 일 때 물체의 위치를  $x_0$ 이라고 하자.



$t=0$ 일 때 막대의 왼쪽 끝을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면,  $\frac{3}{4}Mgx_0 + \frac{9}{20}Mg(x_0 + 20L) = mgx_0 + Mg\left(\frac{x_0 + 20L}{2}\right) \cdots \textcircled{1}$ 이다. 막대의 왼쪽 끝으로부터

$t=t_0$ 일 때 물체의 위치를  $x$ 라고 하면,  $\frac{7}{10}Mgx_0 + \frac{1}{2}Mg(x_0 + 20L) = mg(x_0 + x)$

$+ Mg\left(\frac{x_0 + 20L}{2}\right) \cdots \textcircled{2}$ 이다.  $m = \frac{1}{5}M$ 이므로 ①에서  $\frac{3}{4}x_0 + \frac{9}{20}x_0 + 9L = \frac{1}{5}x_0 + \frac{1}{2}x_0 + 10L$

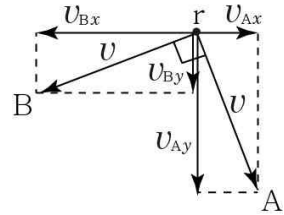
이므로  $x_0 = 2L \cdots \textcircled{3}$ 이다. 식 ③을 ②에 대입하여 정리하면  $\frac{1}{5}x = \frac{7}{5}L - \frac{2}{5}L = L$ 이므로

$x=5L$ 이다. 질량이  $m$ 인 물체의 가속도의 크기를  $a$ 라고 하면,  $\frac{1}{2}at_0^2=5L$ 에서

$$a = \frac{10L}{t_0^2} \text{ 이므로 } F=ma = \frac{1}{5}Ma = \frac{2ML}{t_0^2} \text{ 이다.}$$

## 20. 포물선 운동

[정답맞히기] ㄱ. 그림과 같이  $r$ 에서 A, B의  $x$ 방향과  $y$ 방향 속도의 크기를 각각  $v_{Ax}$ ,  $v_{Ay}$ ,  $v_{Bx}$ ,  $v_{By}$ 라고 하면,  $r$ 를 기준으로 화살표 A를 시계 방향으로  $90^\circ$ 만큼 회전하면 화살표 B와 완전히 일치해야 한다. 따라서  $v_{Ax}=v_{By}$ 이고,  $v_{Ay}=v_{Bx}$ 이다. 그러므로  $r$ 에서 A의  $y$ 방향 속도의 크기와 B의  $x$ 방향 속도의 크기가 같다.



ㄴ. 포물선 운동을 하는 동안 수평 방향 성분의 속도는 변하지 않으므로

$$v_1 \cos 30^\circ = v_{Ax} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_1, \quad v_2 \cos 30^\circ = v_{Bx} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_2 \text{ 이다. 한편 중력 가속도를 } g, \text{ A, B}$$

가 발사된 후 충돌할 때까지 걸린 시간을  $t$ 라고 하면,  $v_{Ay} = v_1 \sin 30^\circ + gt = \frac{1}{2}v_1 + gt$ ,

$$v_{By} = -v_2 \sin 30^\circ + gt = -\frac{1}{2}v_2 + gt \text{ 이다. } v_{Ax} = v_{By}, \quad v_{Ay} = v_{Bx} \text{ 이므로 } \frac{\sqrt{3}}{2}v_2 = \frac{1}{2}v_1 + gt \cdots \textcircled{1},$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}v_1 = -\frac{1}{2}v_2 + gt \cdots \textcircled{2} \text{ 이다. } \textcircled{1} - \textcircled{2} = \sqrt{3}(v_2 - v_1) = v_1 + v_2 \text{ 이고 } \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}-1} = 2 + \sqrt{3}$$

이다.

$$\text{ㄷ. } v^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_1\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_2\right)^2 \text{ 이므로 } v_1^2 + v_2^2 = \frac{4}{3}v^2 \text{ 이다. 따라서 } \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 =$$

$$\frac{1}{2}m(v_1^2 + v_2^2) = \frac{1}{2}m\left(\frac{4}{3}v^2\right) = \frac{2}{3}mv^2 \text{ 이다.}$$

정답 ⑤