

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 단자의 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 해당한 전자기파를 방출하거나 흡수한다. 즉, ⑦은 전자기파이다.

ㄴ. h 는, 즉 ⑧은 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 Δt 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, ⑨은 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°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 λ_A 라고 하면, $\lambda_A = \frac{h}{2m_A v} = \frac{1}{2}\lambda$ 이다.

ㄷ. 물질파 파장이 λ 일 때, 입자의 속력은 B가 A의 2배이고 질량은 A가 B의 2배이므로 운동 에너지는 B가 A의 2배이다. 따라서 물질파 파장이 λ 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 $U_{(가)}$, $U_{(나)}$ 라고 하면, $U_{(가)} = \frac{1}{2}CV^2$ 이고 $U_{(나)} = \frac{1}{2}(2C)V^2$ 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 속력을 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 $v_2^2 = 8gh$ 이다.

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 p에서가 원점에서보다 크다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 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 최댓

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

$$6 \times \frac{4}{3} = 8(\text{초})\text{이다.}$$

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

ㄷ. A의 구심 가속도의 크기는 $\frac{4\pi^2(1)}{8^2} = \frac{\pi^2}{16}$ (m/s²)이고, B의 구심 가속도의 크기는 $\frac{4\pi^2(4)}{6^2} = \frac{4\pi^2}{9}$ (m/s²)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 $\frac{V}{3\Omega + R} = 6(\text{A}) \cdots ①$, 스위치 S를 닫으면 저항값이 R 인 저항에는 전류

가 흐르지 않으므로 S를 닫았을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{V}{3\Omega} = 10(\text{A}) \cdots ②$

이다. 따라서 $\frac{①}{②} = \frac{3\Omega}{3\Omega + R} = \frac{3}{5}$ 이므로 $R = 2\Omega$ 이다.

정답 ②

15. 도플러 효과

[정답맞히기] (가)에서 $f_0 \left(\frac{v}{v - v_A} \right) = 2f_0 \left(\frac{v}{v + v_B} \right)$ 이므로 $2v_A + v_B = v \cdots ①$ 이고, (나)에서

$4[f_0 \left(\frac{v}{v - v_A} \right)] = 3[2f_0 \left(\frac{v}{v - v_B} \right)]$ 에서 $3v_A - 2v_B = v \cdots ②$ 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, $\frac{1}{10} + \frac{1}{(-b_1)} = \frac{1}{f} \cdots ①$, $\frac{1}{20} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} \cdots$

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 10cm 일 때, 렌즈에서 상까지의 거리가 30cm 이므로 이 경우 상의 크기가 물체의 크기의 3배이다. 따라서 물체의 크기는 상의 크기 6cm 의 $\frac{1}{3}$ 배인 2cm 이다. 한편 $x = 30\text{cm}$ 일 때, 물체와 렌즈 사이의 거리는 초점 거리(15cm)의 2배이고 이때 물체의 크기와 상의 크기는 같다. 따라서 ⑦은 2cm 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 $(\text{공전 주기})^2 \propto (\text{공전 궤도 긴반지름})^3$ 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 자기장을 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 $B = \frac{I_0 R T}{2\pi a^2}$ 이다.

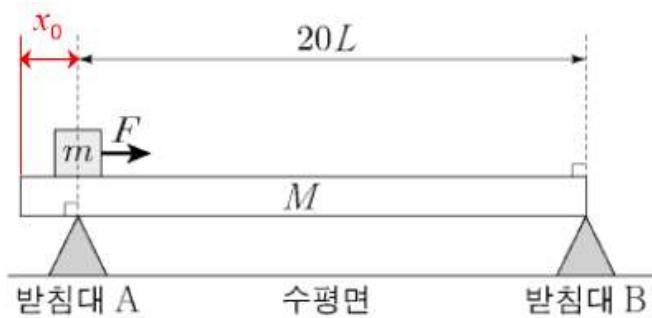
ㄷ. 소모되는 전기 에너지는 $(전류)^2 \times 저항값 \times 시간$ 으로 나타낼 수 있다. 따라서 도선이 한 바퀴 회전하는 동안, 즉 $0 \sim T$ 동안 도선에서 소비되는 전기 에너지는 $I_0^2 R \frac{T}{4} + \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 R \frac{T}{4} + I_0^2 R \frac{T}{4} + \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 R \frac{T}{4} = \frac{5}{8} I_0^2 R T$ 이다. 정답 ⑤

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 $\frac{1}{5}Mgx = (\frac{3}{4} - \frac{7}{10})Mg(20L) = MgL$ 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, $\frac{3}{4}Mgx_0 + \frac{9}{20}Mg(x_0 + 20L) = mgx_0 + Mg(\frac{x_0 + 20L}{2}) \cdots ①$ 이다. 막대의 왼쪽 끝으로부터 $t=t_0$ 일 때 물체의 위치를 x 라고 하면, $\frac{7}{10}Mgx_0 + \frac{1}{2}Mg(x_0 + 20L) = mg(x_0 + x) + Mg(\frac{x_0 + 20L}{2}) \cdots ②$ 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 $x_0 = 2L \cdots ③$ 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

$$a = \frac{10L}{t_0^2}$$
 이므로 $F = ma = \frac{1}{5}Ma = \frac{2ML}{t_0^2}$ 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° 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 $v_1 \cos 30^\circ = v_{Ax} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_1$, $v_2 \cos 30^\circ = v_{Bx} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_2$ 이다. 한편 중력 가속도를 g , A, B 가 발사된 후 충돌할 때까지 걸린 시간을 t 라고 하면, $v_{Ay} = v_1 \sin 30^\circ + gt = \frac{1}{2}v_1 + gt$, $v_{By} = -v_2 \sin 30^\circ + gt = -\frac{1}{2}v_2 + gt$ 이다. $v_{Ax} = v_{By}$, $v_{Ay} = v_{Bx}$ 므로 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_2 = \frac{1}{2}v_1 + gt \cdots ①$, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_1 = -\frac{1}{2}v_2 + gt \cdots ②$ 이다. $① - ② = \sqrt{3}(v_2 - v_1) = v_1 + v_2$ 고 $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}-1} = 2 + \sqrt{3}$ 이다.

ㄷ. $v^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_1\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_2\right)^2$ 므로 $v_1^2 + v_2^2 = \frac{4}{3}v^2$ 이다. 따라서 $\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m(v_1^2 + v_2^2) = \frac{1}{2}m\left(\frac{4}{3}v^2\right) = \frac{2}{3}mv^2$ 이다. 정답 ⑤

