

2019학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가  
과학탐구영역 물리Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 변위와 이동 거리

[정답 맞히기] ㄴ. A의 평균 속력은  $\frac{12\text{km}}{60\text{min}} = \frac{1}{5}\text{km/min}$ 이고, B의 평균 속력은

$\frac{15\text{km}}{50\text{min}} = \frac{3}{10}\text{km/min}$ 이다. 따라서 평균 속력은 A가 B보다 작다. 정답 ②

[오답 피하기] ㄱ. 매 순간 운동 방향이 변하므로 등가속도 운동은 아니다.

ㄷ. B는 운동 방향이 변하는 운동을 하므로 변위의 크기는 이동 거리보다 작다.

2. 파동의 회절

[정답 맞히기] 물결파가 좁은 틈을 지나갈 때 회절 현상이 나타나고, 이 회절 현상은 파동의 성질이다. 틈의 폭이 좁을수록 회절은 더 잘 일어난다. 정답 ⑤

3. 열의 이동

[정답 맞히기] 열평형 상태에 도달하기까지 한 물체가 잃어버린 열량은 다른 물체가 얻은 열량과 같다. A, B의 비열을 각각  $c_A$ ,  $c_B$ 라 하고, 물의 열용량을  $C_0$ 이라고 하면, (가)에서  $mc_A(50) = C_0(10) \cdots ①$ 이고, (나)에서  $2mc_B(50) = C_0(30) \cdots ②$ 이다. 식 ①, ②를 정리하면  $c_A : c_B = 2 : 3$ 이다. 정답 ①

4. 물결파의 굴절

[정답 맞히기] ㄱ. 유리판을 넣어 물의 깊이가 달라진 영역 A와 영역 B에서 물결파의 진동수는 같지만 파장이 달라 A와 B에서 속력이 다르므로 물결파의 굴절이 일어난다.

ㄴ. B에서가 A에서보다 물결파의 파장이 크고 속력도 더 빠르므로 굴절 법칙에 의해 굴절각  $\theta_B$ 가 입사각  $\theta_A$ 보다 크다.

ㄷ. 굴절 법칙에서  $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B} = \frac{\lambda_0}{\frac{3}{2}\lambda_0} = \frac{1}{\textcircled{1}} \frac{\lambda_0}{\lambda_0}$  이 성립하므로  $\textcircled{1}$ 은  $\frac{3}{4}\lambda_0$ 이다. 정답

⑤

5. 축전기의 연결

[정답 맞히기] 축전기의 전기 용량을  $C$ 라고 하면,  $C_{(가)} = \frac{C^2}{C+C} = \frac{1}{2}C$ ,  $C_{(나)} = C+C$

$= 2C$ ,  $C_{(다)} = C_{(가)} + C_{(가)} = \frac{1}{2}C + \frac{1}{2}C = C$ 이다. 따라서  $C_{(가)} < C_{(다)} < C_{(나)}$ 이다. 정답 ②

6. 용수철 진자

[정답 맞히기] 추의 질량이 같으므로 실을 끊기 전 용수철의 늘어난 길이는 용수철 상수가  $k$ 인 (가)에서가 용수철 상수가  $2k$ 인 (나)에서보다 2배 더 크다. 따라서 실을 끊은 후 A, B가 각각 단진동할 때, 단진동의 진폭은 A가 B의 2배이다. 한편 용수철 상수가  $k$ 인 용수철에 연결된 질량  $m$ 인 물체가 단진동할 때의 주기는  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  이므로 주기는 A가 B의 2배이다. 따라서 변위를 시간에 따라 가장 적절하게 나타낸 그림은 ④번이다. 정답 ④

7. 로런츠 힘

[정답 맞히기] ㄴ. IV에서 양성자는 등속 원운동을 하고,  $t_2 - t_1$ 은 원운동 주기의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서  $t_2 - t_1 = \frac{1}{2} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{qB}$ 이다.

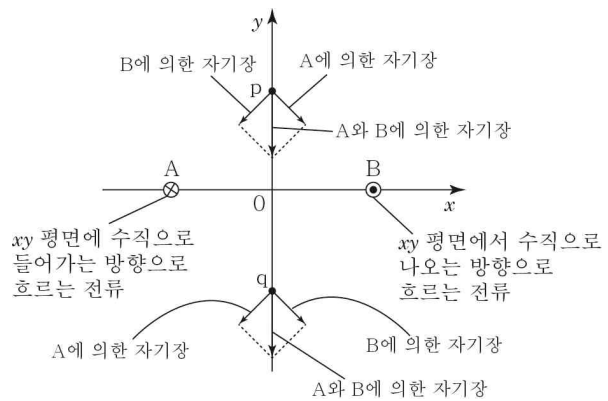
ㄷ. 양성자가 II에 들어가는 순간의 속력을  $v$ 라 하자. 양성자의 운동 에너지 변화량은 전기장이 양성자에 한 일과 같으므로 I에서  $qEd = \frac{1}{2}mv^2 \dots \textcircled{1}$ 이고, III에서  $qEd = \frac{1}{2}mv_Q^2 - \frac{1}{2}mv^2 \dots \textcircled{2}$ 이다. 식 ①, ②를 정리하면  $2qEd = \frac{1}{2}mv_Q^2$ 에서  $v_Q = \sqrt{\frac{4qEd}{m}}$ 이다.

정답 ④

[오답 피하기] ㄱ. I, III에서 양성자의 속력이 증가하므로 양성자의 운동 방향과 전기장의 방향은 같다. 따라서 I과 III에서 전기장의 방향은 서로 반대 방향이다.

8. 전류에 의한 자기장

[정답 맞히기] ㄱ. 그림과 같이 p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이  $-y$  방향이 되기 위해서는 A에는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향으로, B에는  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 같은 전류가 흘러야만 한다. 따라서 전류의 방향은 A와 B에서 반대이다. 정답 ①



[오답 피하기] ㄴ. 오른나사 법칙을 적

용해 자기장의 방향을 구해 보면 q에서도 p에서와 같이 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $-y$  방향이다.

ㄷ. 자기력의 방향과 자기장의 방향은 항상 수직이다. A에 흐르는 전류가 B가 놓인 지점에 만드는 자기장의 방향이  $-y$  방향이므로 A에 흐르는 전류에 의해 B에 작용하

는 자기력은  $-y$  방향이 될 수 없다.

### 9. 광학 기기

[정답 맞히기] ㄱ. 망원경에서 초점 거리가 긴 렌즈를 대물렌즈로, 초점 거리가 짧은 렌즈를 접안[대안]렌즈로 사용한다. 따라서 대물렌즈는 B이다.

ㄷ. 달은 대물렌즈로부터 매우 멀리 떨어져 있으므로 대물렌즈에 의한 달의 상은 대물렌즈의 초점 근처에 생기며, 이 곳은 접안[대안]렌즈의 초점과도 거의 일치한다. 즉, 대물렌즈에 의한 달의 상은 대물렌즈와 접안[대안]렌즈 사이에 있다.      정답 ③

[오답 피하기] ㄴ. 망원경에 의한 달의 상은 도립 허상이다.

### 10. 주사 터널 현미경(STM)

[정답 맞히기] ㄴ. 탐침과 시료 사이의 공간은 퍼텐셜 에너지 장벽과 같은데, 퍼텐셜 장벽의 너비가 클수록 터널링이 일어날 확률은 감소하므로 탐침과 시료 사이의 거리가 가까울수록 터널링을 하는 전자들이 많아지고 터널링 전류의 세기도 커진다.

ㄷ. 터널링 전류는 시료의 전자가 장벽을 터널링하여 탐침으로 넘어가서 흐르는 전류이므로 입자가  $x > L$ 인 영역에서 발견되는 것과 같이 양자 터널 효과로 설명할 수 있다.      정답 ④

[오답 피하기] ㄱ. 퍼텐셜 장벽의 높이가 높을수록 ( $U_0$ 이 클수록) 터널링이 일어날 확률은 감소한다.

### 11. 레이저의 원리

[정답 맞히기] ㄱ. 에너지를 흡수한 전자는 높은 에너지 준위로 전이하여 들뜬상태가 된다.

ㄴ. 에너지 준위 차가 작을수록 유도 방출된 빛의 파장이 길다. 따라서 (나)에서 유도 방출된 빛의 파장은 A에서 B에서보다 길다.

ㄷ. 유도 방출을 일으킨 빛과 그 빛에 의해 유도 방출된 빛은 에너지 준위 차가 같은 전자의 전이 과정에서 방출되므로 파장과 위상, 방향이 같아 중첩되어 증폭된다.      정답 ⑤

### 12. 광전 효과

[정답 맞히기] ㄴ. 같은 진동수의 단색광을 금속에 비출 때, 광전자의 최대 운동 에너지는 금속의 일함수가 작을수록 크다. 정지 전압이 클수록 광전자의 최대 운동 에너지가 크므로 점 p, r는 각각 금속 B, A에 단색광을 비추었을 때의 결과이다. 또한 p와 q는 비추어지는 단색광의 진동수가 다른데 정지 전압은 같게 나온 실험 결과이므로 다른 금속판에 비춘 실험 결과이다. 따라서 q는 A에서 측정한 실험 결과이다.      정답 ②

[오답 피하기] ㄱ. 동일한 금속판은 일함수가 같다. 따라서 진동수가 다른 빛을 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 다르다. 그런데 점 p, q는 비추어주는 단색광의 진동수가 각각  $2f_0$ ,  $3f_0$ 일 때 정지 전압이 모두  $3V_0$ 으로 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지가 같게 나온 실험 결과이다. 따라서 점 p와 q는 다른 금속판에서 측정한 실험 결과이다.

ㄷ. 플랑크 상수를  $h$ , 금속판에 비추는 단색광의 진동수를  $f$ , 금속판의 일함수를  $W$ , 정지 전압을  $V$ 라고 하면,  $hf = W + eV$ 의 관계가 성립한다. A, B의 일함수를 각각  $W_A$ ,  $W_B$ 라고 하면, p, r로부터  $h(2f_0) = W_B + 3eV_0$ ,  $h(2f_0) = W_A + eV_0$ , q로부터  $h(3f_0) = W_A + 3eV_0$ 이다. 따라서  $hf_0 = 2eV_0$ 이고 B의 일함수  $W_B = eV_0$ 이다.

### 13. 도플러 효과

[정답 맞히기] C가 측정할 때, A, B에서 발생하는 음파의 진동수는 같으므로  $f_0 \frac{V}{V-v} = \frac{8}{9} f_0 \frac{V}{V-2v}$ 이다. 이를 정리하면  $v = \frac{1}{10} V$ 이다. 정답 ①

### 14. 무한 네모 우물

[정답 맞히기] ㄱ. 1차원 무한 네모 우물에 갇혀 있는 전자는 양자수  $n=1$ 일 때가 바닥상태이고 이때 전자는 가장 낮은 에너지를 갖는다.

ㄴ. 길이가  $L$ 인 1차원 무한 네모 우물에 갇혀 있는 질량이  $m$ 인 전자가 갖는 양자수  $n$ 에 따른 에너지는  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$ 이므로 A와 B의 에너지는 같다. 정답 ③

[오답 피하기] ㄷ.  $x = \frac{L}{2}$ 에서 파동 함수  $\psi^2$ 값이 (가)와 (나)에서 다르므로  $x = \frac{L}{2}$ 에서 전자를 발견할 확률 밀도는 A와 B가 다르다.

### 15. 물질파

[정답 맞히기] ㄱ. 드브로이 파장은 입자의 운동량에 반비례한다.

ㄴ, ㄷ. 드브로이 파장은 A가  $3\lambda_0 = \frac{h}{\sqrt{2m_A E_0}}$  ... ①, B가  $\lambda_0 = \frac{h}{\sqrt{2m_B (2E_0)}}$  ... ②이다.

식 ①, ②를 정리하면  $9m_A = 2m_B$ 에서  $m_A : m_B = 2 : 9$ 이다. 또한  $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{E}}$ 이다. B의 운동 에너지가  $2E_0$ 일 때 드브로이 파장은  $\lambda_0$ 이므로, B의 운동 에너지가  $E_0$ 일 때 드브로이 파장은  $\sqrt{2}\lambda_0$ 이다. 정답 ⑤

### 16. 전기장과 전위

[정답 맞히기] A와 B의 전하량이 같으므로 A와 B는 운동하는 동안 같은 크기의 힘을 왼쪽 방향으로 받는다. 질량은 A가 B의 2배이므로 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다. 따라서 II에서 B의 속력은  $3v$ 이다. A가 I에서 II까지 운동하는 동안 A의 전기 퍼텐셜 에너지 증가량은 A의 운동 에너지 감소량과 같으므로  $qV_0 = \frac{1}{2}(2m)v^2$ 이고, B가 III에서 II까지 운동하는 동안 B의 전기 퍼텐셜 에너지 감소량은 B의 운동 에너지

증가량과 같으므로  $qV = \frac{1}{2}m(9v^2 - v^2)$ 이다. 따라서  $V = 4V_0$ 이다.

정답 ③

### 17. 포물선 운동

[정답 맞히기] 같은 시간 동안 수평 이동 거리는 A가 B의 2배이므로 A의 수평 방향 속력을  $v$ 라고 하면, B의 수평 방향 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이다. A와 B가 던져진 순간부터 수평

면에 도달하기까지 걸린 시간은  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다. A는 연직 방향으로 등가속도 운동을

하므로 수평면에 도달하는 순간 A의 속력을  $v_A$ 라고 하면,  $v_A^2 = v^2 + 2gh \cdots ①$ 이다. B

가 던져진 순간 연직 방향의 속력을  $v_{By}$ 라 하고, 수평면에 도달하는 순간 연직 방향

의 속력을  $v_{By}'$ 이라고 하면,  $v_{By}' = v_{By} + gt = v_{By} + \sqrt{2gh} \cdots ②$ ,  $v_{By}'^2 - v_{By}^2 = 2g(2h) \cdots ③$ 이

다. ③은  $(v_{By}' - v_{By})(v_{By}' + v_{By}) = 4gh$ 이므로 ②를 이용하면  $v_{By}' + v_{By} = 2\sqrt{2gh} \cdots ④$ 이다.

②와 ④를 연립하면  $v_{By}' = \frac{3}{2}\sqrt{2gh}$ 이다. 따라서 B가 수평면에 도달하는 순간의 속력

을  $v_B$ 라고 하면,  $v_B^2 = (\frac{1}{2}v)^2 + v_{By}'^2 = \frac{1}{4}v^2 + \frac{9}{2}gh \cdots ⑤$ 이다. 식 ①=⑤이므로

$v = \sqrt{\frac{10}{3}gh}$ 이다.  $v\sqrt{\frac{2h}{g}} = 2R$ 이므로  $R = \sqrt{\frac{5}{3}}h$ 이다.

정답 ④

### 18. 직렬 RLC 회로

[정답 맞히기] ㄱ. 교류 전원의 진동수가  $f$ 일 때, 축전기에 걸리는 전압의 최댓값을  $3x$ 라고 하면, 교류 전원의 진동수가  $3f$ 일 때, 축전기에 걸리는 전압의 최댓값은  $x$ 이다. 진동수가  $f, 3f$ 일 때 저항에 걸리는 전압의 최댓값이 동일하므로  $3x - V = 3V - x$ 가 성립한다. 따라서  $x = V$ 이고 교류 전원의 진동수가  $f$ 일 때  $V_C = 3V$ 이다.

ㄴ. 교류 전원의 전압의 최댓값을  $V_{\max}$ 라고 하면,  $(V_{\max})^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$ 의 관계가 성립하므로  $(V_{\max})^2 = V^2 + (3V - V)^2$ , 따라서  $V_{\max} = \sqrt{5}V$ 이다.

ㄷ. 진동수가  $f$ 일 때 코일의 유도 리액턴스는  $2\pi fL$ , 축전기의 용량 리액턴스는  $\frac{1}{2\pi fC}$ 이다. 그런데 이때 축전기에 걸리는 전압의 최댓값이 코일에 걸리는 전압의 최

댓값의 3배이므로 축전기의 용량 리액턴스도 코일의 유도 리액턴스의 3배이다. 따라

서  $2\pi fL \times 3 = \frac{1}{2\pi fC}$ 의 관계가 성립한다. 이를 정리하면,  $f = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{3}}f_0$

이다. 따라서 회로의 고유 진동수  $f_0 = \sqrt{3}f$ 이다.

정답 ⑤

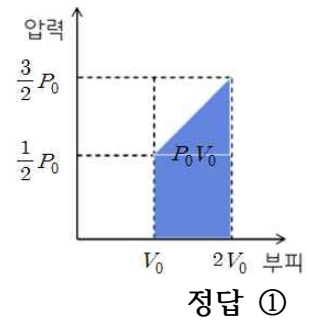
### 19. 열역학 법칙

[정답 맞히기] (가)에서 B의 압력과 온도는 각각  $P_1, T_0$ , (나)에서 B의 압력과 온도는

$P_2$ ,  $T$ 라고 하자. 따라서 (가)에서는  $P_1 V_0 = RT_0 \cdots \textcircled{1}$ , (나)에서는  $P_2 (2V_0) = RT \cdots \textcircled{2}$ 이다. 용수철에 저장된 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (가)에서 용수철의 늘어난 길이와 (나)에서 용수철이 압축된 길이는 같다. 따라서  $Q_0 = \frac{1}{2} kx^2$ 이다. (가)와 (나)에서 피스톤에 작용하는 알짜힘은 0이므로 피스톤의 단면적을  $S$ 라고 하면,  $kx = (P_0 - P_1)S = (P_2 - P_0)S$ 에서  $P_1 + P_2 = 2P_0 \cdots \textcircled{3}$ 이다. (가)에서 (나)로 변하는 과정에서 B의 부피 변화는  $V_0$ 이므로  $2xS = V_0$ 이므로  $S = \frac{V_0}{2x}$ 이다.  $Q_0 = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{V_0}{4} (P_0 - P_1) = \frac{V_0}{4} (P_2 - P_0) = \frac{1}{4} RT_0$ ,  $P_2 - P_1 = \frac{2RT_0}{V_0} = \frac{2P_1 V_0}{V_0} = 2P_1$ ,  $P_2 = 3P_1 \cdots \textcircled{4}$ 이

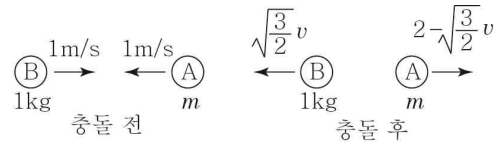
다.  $\textcircled{3}$ ,  $\textcircled{4}$ 를 정리하면,  $P_1 = \frac{1}{2} P_0$ ,  $P_2 = \frac{3}{2} P_0$ ,  $T = 6T_0$ 이다.

(가)에서 B에 공급된 열에너지는 A와 B의 내부 에너지의 변화량과 B가 한 일의 합이다. 즉,  $Q = \Delta U_A + \Delta U_B + W_B = \frac{3}{2} R(T - T_0) \times 2 + W_B = 15RT_0 + W_B$ 이다. B에 열을 공급하는 동안 B의 압력을 부피에 따라 나타내면 그림과 같고, B가 한 일은  $W_B = P_0 V_0 = 2RT_0$ 이다. 따라서  $Q = 17RT_0$ 이다.



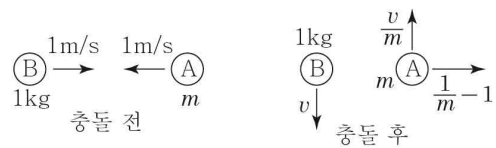
## 20. 탄성 충돌

[정답 맞히기] (계산 편의를 위해 물리량의 단위를 생략함) B가 원기둥의 윗면에서 떨어지는 동안 수평 방향의 속력은 일정하므로 수평 이동 거리의 비가 곧 원기둥에서 떨어지기 직전 속력의 비와 같다. 따라서  $\theta = 90^\circ$  일 때 충돌 후 B의 속력을  $v$ 라고 하면,  $\theta = 180^\circ$  일 때, 충돌 후 B의 속력은  $\sqrt{\frac{3}{2}} v$ 이다. 또한 1차원 탄성 충돌에서는 충돌



전 가까워지는 속력과 충돌 후 멀어지는 속력이 같으므로  $\theta = 180^\circ$  일 때, 충돌 후 A의 속력은  $2 - \sqrt{\frac{3}{2}} v$ 이다. 운동량 보존을 적용하면,  $1 - m = 2m - \sqrt{\frac{3}{2}} mv - \sqrt{\frac{3}{2}} v$ 에서  $v = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{3m-1}{m+1} \cdots \textcircled{1}$ 이다.

$\theta = 90^\circ$  일 때, 충돌 전 운동 방향과 나란한 방향과 수직인 방향에 대해 각각 운동량 보존을 적용하면 충돌 후 A의 속도 성분을 각각  $\frac{1}{m} - 1$ ,  $\frac{v}{m}$ 로 나타낼 수 있다. 탄성 충돌이므로 운동 에너지



---

보존을 적용하면,  $1+m=v^2+m\left(\frac{v^2}{m^2}+\frac{1}{m^2}-\frac{2}{m}+1\right)$ 에서  $v^2=\frac{3m-1}{m+1}$ ...②이다. 식 ①, ②

를 정리하면  $m=\frac{5}{3}$ kg이다.

정답 ①