

2016학년도 수시모집

**과학인재 논술시험  
문제 해설지 - 물리**



## 과학인재 논술시험 문제 해설지 (물리)

### ■ 출제 의도 및 해설

물리학 분야 평가에서는 다양한 물리 현상을 고등학교 물리 교과과정의 내용을 이용하여 학생이 설명할 수 있는지를 판단하고자 하였다. 등가속도 운동과 같은 핵심적인 문제와 운석이 물에 떨어졌을 때의 효과 등의 물리적인 상황에 대한 문제를 출제하였다. 또한 여러 영역을 융합한 문제를 출제하여 각 영역에 대한 물리적 지식을 연계하여 문제를 해결할 수 있는지를 물었다. 모든 문제는 고교 교과과정에서 배운 내용만을 이용해 해결할 수 있도록 출제하였다.

[문제 1] 비관성 좌표계에서 운동에 대한 물리적 이해를 묻는 문제를 출제하였다. 관성력이 비관성 좌표계에서 어떤 역할을 하는지 그리고 그 효과가 어떻게 나타나는지를 설명하도록 하였다. 물리 II ‘운동과 에너지’ 단원의 ‘힘과 운동’ 영역의 내용에서 출제하였다.

[문제 2] 열에너지로 변환된 물체의 운동에너지가 물체의 온도를 어떻게 변화시키는지를 묻는 문제이다. 비열과 온도, 그리고 열에너지의 개념을 이해하고 있는지를 묻고자 했다.

[문제 3] 평행판 축전기의 직렬 연결과 병렬 연결을 함께 이용하여 회로의 합성 전기 용량을 구하고, 각 축전기에 걸리는 전위차를 계산할 수 있는 능력을 묻는 문제이다.

[문제 4] 물리 교육과정의 한 단원에 국한된 것이 아니라 여러 단원을 융합하여 출제하였다. 전하의 자기장 안에서의 운동, 입자의 드브로이 물질파, 영의 이중슬릿을 사용한 간섭실험을 종합적으로 이해하고 이를 연계하도록 하였다. 물리 II ‘운동과 에너지’ 단원의 ‘힘과 운동’ 영역, ‘파동과 빛’ 단원의 ‘파동의 간섭과 회절’ 영역, 그리고 ‘미시 세계와 양자현상’ 단원의 ‘드브로이의 물질파 이론’ 영역의 내용에서 출제하였다.

## 과학인재 논술시험 문제 해설지 (물리)

### ■ 채점기준

[문제 1] [20점]

[1-i] [15점] 비관성 기준계에서 관성력을 이해하고 이를 유도할 수 있다. 또한 등가속도 직선운동의 공식을 사용하여 수평도달거리를 구할 수 있다. 수평방향의 운동과 수직방향의 운동을 분석하여 공이 어떤 궤적을 그리며 운동하는지 이해할 수 있다.

[1-ii] [5점] 수평방향 뿐만 아니라 수직방향으로 등가속도가 작용할 때 공의 입사각에 따라서 수평도달거리가 어떻게 변하는 지를 이해하고 최대 수평도달거리가 되는 입사각을 구한다.

[문제 2] [10점]

물체의 운동에너지를 구하고 이를 cal의 단위로 표현할 수 있으며 운동에너지가 열에너지로 변환됨을 이해한다.

[문제 3] [15점]

[3-i] [5점]

전기 회로를 직렬연결, 병렬 연결된 축전기들로 적절히 분해할 수 있으며, 회로 전체의 합성 전기용량을 구할 수 있다.

[3-ii] [10점]

축전기에 걸리는 전위차와 대전된 전하량이 만족하는 관계식을 표현할 수 있으며 이들을 이용해 각 축전기에 걸리는 전위차를 설명할 수 있다.

[문제 4] [15점]

[4-i] [7점] 전하를 가진 입자가 자기장 안에서 원운동을 하는 것을 설명하고 원 궤도 반지름과 운동량 사이의 관계를 구할 수 있다. 또한 입자의 운동량으로부터 드브로이 파장을 구할 수 있다.

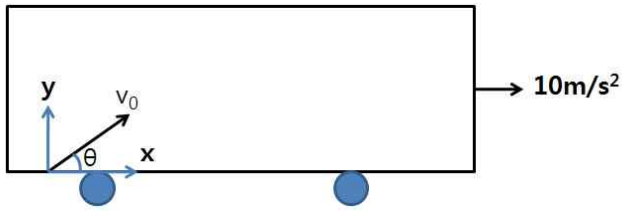
[4-ii] [8점] 이중 슬릿에 드브로이파가 입사할 때 보강간섭과 상쇄간섭이 일어나는 조건을 이해할 수 있다. 이중 슬릿 실험에서 경로차를 계산하여 간섭조건을 적용할 수 있다. 이를 이용하여 중앙 밝은 무늬의 극대점과 첫 번째 밝은 무늬의 극대점 사이의 거리를 계산할 수 있다.

과학인재 논술시험 문제 해설지 (물리)

■ 모범답안

[문제 1]

[1-i] 컨테이너 안에 있는 관찰자의 좌표계에서는 공에 연직 아래 방향으로  $10\text{m/s}^2$ 의 가속도가 작용하고 관성력에 의해 컨테이너의 운동방향과 반대 방향으로  $10\text{m/s}^2$ 의 가속도가 작용한다. 좌표계를 다음 그림처럼 수평축을  $x$ 축, 수직축을  $y$ 축으로 정한다.



처음 속도  $v_0$ 의  $x$ 방향 성분은  $v_0\cos\theta$ ,  $y$ 방향 성분은  $v_0\sin\theta$ 로 주어지며 가속도의  $x$ 성분은  $-10\text{m/s}^2$ ,  $y$ 성분은  $-10\text{m/s}^2$ 가 된다. 시간  $t$ 일 때, 각 좌표축 방향의 변위는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = v_0\cos\theta t - \frac{1}{2}at^2 \quad (a = 10 \text{ m/s}^2)$$

$$y = v_0\sin\theta t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (g = 10 \text{ m/s}^2)$$

수평도달 거리는  $y=0$ 가 되는 시간을 계산하여 구할 수 있다.  $y$ 에 대한 식으로부터  $t = \frac{2v_0\sin\theta}{g}$ 가

되고 이를  $x$ 에 대한 식에 대입하면, 수평도달거리  $R = x(t = \frac{2v_0\sin\theta}{g})$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$R = v_0\cos\theta \times \frac{2v_0\sin\theta}{g} - \frac{1}{2}a\left(\frac{2v_0\sin\theta}{g}\right)^2 = \frac{2v_0^2\sin\theta\cos\theta}{g} - \frac{2av_0^2\sin^2\theta}{g^2} = \frac{2v_0^2\sin\theta\cos\theta}{g} - \frac{2v_0^2\sin^2\theta}{g}$$

$\theta = 45^\circ$ 의 값을 대입하면 수평도달거리는 0이 된다. 관찰자의 좌표계에서는 궤적의 방정식이  $y=x$ 가 되어 공은  $\theta = 45^\circ$  방향으로 멀어지다가 같은 직선궤도를 따라서 원래의 위치로 되돌아온다.

[1-ii] [1-i]에서 구한 수평도달거리  $R$ 을 정리하면 다음과 같다.

$$R = \frac{v_0^2}{g}(2\sin\theta\cos\theta - 2\sin^2\theta) = \frac{v_0^2}{g}(\sin 2\theta + \cos 2\theta - 1)$$

$$\cos 2\theta + \sin 2\theta = \sqrt{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\cos 2\theta + \frac{1}{\sqrt{2}}\sin 2\theta\right) = \sqrt{2}(\sin 45^\circ \cos 2\theta + \cos 45^\circ \sin 2\theta) = \sqrt{2}\sin(45^\circ + 2\theta)$$

따라서  $45^\circ + 2\theta = 90^\circ$  일 때 수평도달거리  $R$ 은 최대가 된다. 이 경우  $\theta$ 는  $22.5^\circ$ 가 된다.

과학인재 논술시험 문제 해설지 (물리)

[문제 2]

물체가 충돌 전 가지고 있던 운동에너지는  $E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}84(10^4)^2\text{J} = 42 \times 10^8\text{J} = 10^9\text{cal}$ 이다. 평형상태에 도달한 후와 충돌전의 온도의 차이를  $\Delta T$ 라 하고 문제에 주어진 물체의 비열  $0.1 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 과 물의 비열  $1 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 을 이용하면 에너지 보존법칙으로부터 다음의 식을 얻는다.

$E_K = (mc + MC)\Delta T = (84 \cdot 0.1 \times 10^3 + 10^5 \cdot 1 \times 10^3)\Delta T$ . 또, 물체의 열용량  $8.4 \times 10^3$ 은 물의 열용량  $10^8$  보다 아주 작아 무시하면,  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ 임을 얻는다. 즉, 물의 나중 온도는  $30^\circ\text{C}$ 가 된다.

[문제 3]

[3-i]

$C_2$ 와  $C_3$ 는 직렬연결이므로 둘의 합성 전기 용량은  $\frac{1}{2}\mu\text{F}$ 이다. 이 둘과  $C_1$ 은 병렬연결이므로  $C_1, C_2, C_3$ 의 합성 전기용량은  $\frac{5}{2}\mu\text{F}$ 이 되고, 이는 다시  $C_4$ 와 직렬 연결이므로  $\frac{1}{C} = \frac{2}{5} + \frac{1}{3} = \frac{11}{15}$ 이고, 따라서 전체 합성 전기용량은  $\frac{15}{11}\mu\text{F}$ 이다.

[3-ii]

각 축전기에 걸리는 전위차를  $V_1, V_2, V_3, V_4$ 라하고, 각 축전기에 대전된 전하량을  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ 라 하자. 주어진 전기 회로로부터 (1)  $V = V_1 + V_4$ , (2)  $V_2 = V_3$ , (3)  $V_1 = V_2 + V_3 = 2V_2$ 임을 알 수 있다. 또,  $Q_2 = Q_3$ ,  $Q_1 + Q_2 = Q_1 + Q_3 = Q_4$ 이므로, (4)  $C_1V_1 + C_2V_2 = C_4V_4$ 를 얻는다. 전기 용량의 값들을 (4)에 대입하면, (5)  $2V_1 + V_2 = 3V_4$ 를 얻는다. (1)로부터  $V_4 = V - V_1$ , (3)으로부터  $V_2 = (1/2)V_1$ 을 얻고 이 둘을 (5)에 다시 넣어  $V_1 = \frac{6}{11}V$ 를 얻는다.  $V_4 = V - V_1 = \frac{5}{11}V$ ,  $V_2 = V_3 = \frac{3}{11}V$ 이다. 즉,  $V$ 가 점점 커지면서 가장 먼저  $1000 \text{ V}$ 에 도달하게 되는 축전기는  $C_1$ 이다.

(별해) 각 축전기에 걸리는 전위차를 구하지 않고도 가장 큰 전위차가 걸리는 축전기를 찾을 수 있다.  $V_1 > V_2$ 이므로,  $V_1$ 과  $V_4$ 의 크기만을 비교하면 된다.  $C_1, C_2, C_3$ 의 합성 전기 용량을  $C_{eq}$ 라 하고,  $C_{eq}$ 에 걸리는 전위차를  $V_{eq}$ 라 하자.  $C_{eq}$ 와  $C_4$ 는 직렬연결이므로 같은 전하량이 대전된다. 또,  $V_1 = V_{eq} = Q/C_{eq}$ ,  $V_4 = Q/C_4$ 이고  $C_{eq} < C_4$ 이므로  $V_1 > V_4$ 임을 알 수 있다. 즉  $C_1$ 이 가장 먼저 고장나게 된다.

과학인재 논술시험 문제 해설지 (물리)

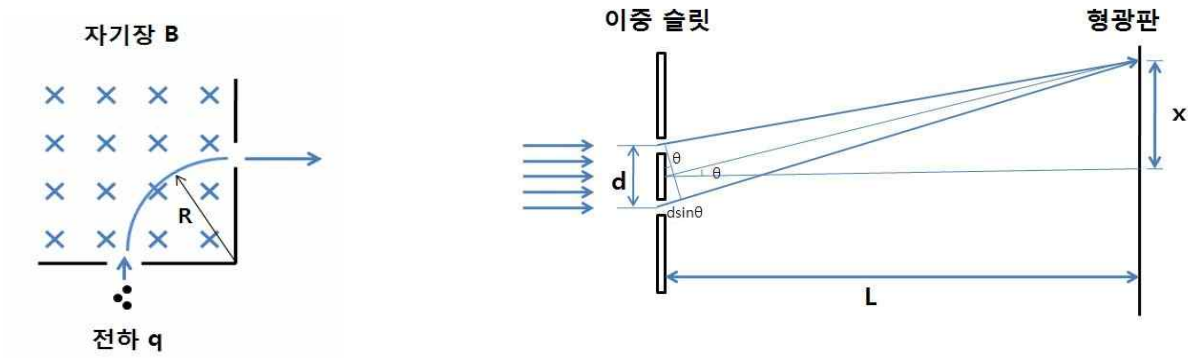
[문제 4]

[4-i] 전하  $q$  ( $q < 0$ )를 가진 입자가 자기장  $B$ 에 수직하게 속도  $v$ 로 운동하는 경우 로런츠 힘  $F = |q|vB$ 를 받게 되는데 이 힘은 구심력으로 작용하여 입자를 원운동을 하게 한다. 원궤도 반지름을  $R$ , 입자의 질량을  $m$ 이라고 하면

$$\frac{mv^2}{R} = |q|vB \rightarrow p = |q|RB \quad (p = mv: \text{운동량})$$

입자의 드브로이 파장  $\lambda = h/p$ 이므로

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{|q|RB}$$



[4-ii] 슬릿에서 형광판까지의 거리  $L$ 이 슬릿사이의 간격  $d$ 보다 충분히 큰 경우  $\theta$ 가 작다. 이 경우  $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{L}$ . 따라서 슬릿 사이의 경로차는  $d \sin\theta \approx d \frac{x}{L}$ 이 된다. 중앙 밝은 무늬의 경로차는 0이므로 극대점의  $x$ 좌표는 0이 된다. 첫 번째 밝은 무늬의 경우 경로차는 드브로이 파장  $\lambda$ 가 되므로 극대점의  $x$ 좌표는  $L\lambda/d$ 로 주어진다. 중앙 밝은 무늬의 극대점과 첫 번째 밝은 무늬의 극대점 사이의 거리  $\Delta x$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta x = L \frac{\lambda}{d} = \frac{hL}{|q|dRB}$$