2025학년도 수시 입학전형 면접 기출문제

물리학 — 한국과학기술원(KAIST)

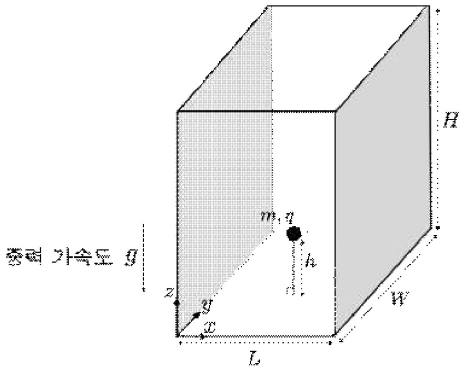
문항 및 제시문 · 채점 기준 · 예시 답안

문제 1

전기장 · 평행판 축전기 · 등가속도 운동

문항 및 제시문

아래 그림과 같이 길이 L, 너비 W, 높이 H의 직육면체 모양으로 밀폐된 방이 있다. 방의 왼쪽과 오른쪽 벽면에는 전하가 균일하게 분포되어 있으며, 두 벽면의 총 전하량의 크기는 같고 부호는 반대이다. 벽면 사이의 거리 L이 충분히 짧아서 전기장이 방 전체에 고르게 형성되어 있다고 가정한다. 중력 가속도 g는 $-z$방향이며, 방 전체는 유전율 ε의 가스로 채워져 있다.



(1) 질량 m, 양의 전하 q를 가진 구슬을 높이 h에서 속도 0으로 자유 낙하시켰더니 바닥에 닿는 순간 속도가 $v = 2\sqrt{gh}$로 측정되었다. 이때 전기장의 크기를 구하시오. 단, 구슬은 바닥면을 제외한 다른 면에 닿지 않으며, 구슬의 크기와 구슬에 작용하는 마찰력, 구슬이 방출하는 전자기파는 무시한다. (2점)

(2) 문제 (1)의 상황에서 오른쪽 벽면의 총 전하량의 크기를 구하시오. (2점)

(3) 방 안의 가스를 유전율 2ε의 가스로 교체한 후 문제 (1)을 반복했을 때, 구슬이 바닥에 닿는 순간 속도의 크기를 구하시오. (1점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	중력장과 전기장의 개념을 이해하고, 중력과 전기력이 동시에 작용하는 평면상의 등가속도 운동을 적용하여 전기장의 크기를 정량적으로 분석·계산한 경우	2
(2)	평행판 축전기의 전기 용량과 전위차–전기장 사이의 관계를 이용하여 벽면의 총 전하량을 구한 경우	2
(3)	평행판 축전기에서 유전율과 전기장 사이의 관계를 이용하여 정답을 구한 경우	1

예시 답안

(1) 정답: $E = \frac{mg}{q}$

전기장의 크기를 E라 하자. 구슬에는 $-z$방향의 중력 mg와 이에 수직인 방향의 전기력 qE가 동시에 작용하므로, 구슬은 두 힘의 합력 방향으로 등가속도 운동을 한다. 가속도의 크기는

$$a = \frac{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}{m}$$

이다. 구슬이 높이 h에서 바닥까지 낙하하는 데 걸린 시간을 t라 하면, 바닥에 닿는 순간 속도의 크기가 $v = at = 2\sqrt{gh}$이므로

$$a = \frac{2\sqrt{gh}}{t}$$

이다. 연직 방향 운동에서 $h = \frac{1}{2}gt^2$이므로 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$이고, 이를 대입하면

$$a = \frac{2\sqrt{gh}}{\sqrt{2h/g}} = \sqrt{2}g$$

이다. 따라서

$$\frac{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}{m} = \sqrt{2}g \quad \Rightarrow \quad E = \frac{mg}{q}$$

이다.

(2) 정답: $Q = \frac{mg\varepsilon WH}{q}$

방은 면적 WH, 간격 L의 평행판 축전기로 볼 수 있다. 오른쪽 벽면의 총 전하량의 크기를 Q라 하면, 전기 용량은 $C = \frac{\varepsilon WH}{L}$이고 두 벽면 사이의 전위차는 $V = \frac{Q}{C}$이다. 전기장의 크기는

$$E = \frac{V}{L} = \frac{Q}{CL} = \frac{Q}{\varepsilon WH}$$

이다. 문제 (1)에서 구한 $E = \frac{mg}{q}$와 결합하면

$$Q = \frac{mg\varepsilon WH}{q}$$

이다.

(3) 정답: $v = \sqrt{\frac{5gh}{2}}$

평행판 축전기에서 전하량이 일정할 때 전기장의 크기는 유전율에 반비례한다. 유전율이 2ε인 가스로 교체하면 전기장의 크기는 절반이 되어

$$E' = \frac{mg}{2q}$$

이다. 이때 가속도의 크기는

$$a = \sqrt{g^2 + \left(\frac{qE'}{m}\right)^2} = \sqrt{g^2 + \left(\frac{g}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}g$$

이고, 낙하 시간은 여전히 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$이므로 바닥에 닿는 순간 속도의 크기는

$$v = at = \frac{\sqrt{5}}{2}g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{5gh}{2}}$$

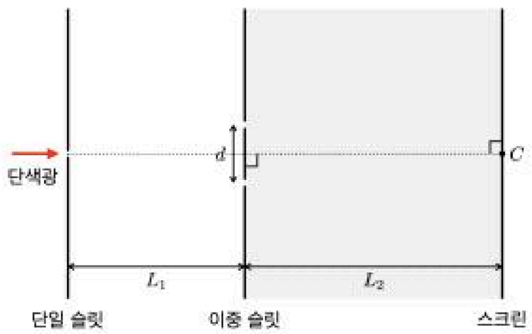
이다.

문제 2

이중 슬릿 간섭 · 경로차

문항 및 제시문

아래 그림과 같이 슬릿 사이의 간격이 d인 이중 슬릿이 있다. 이중 슬릿으로부터 왼쪽으로 거리 L_1만큼 떨어진 곳에 단일 슬릿이 있고, 오른쪽으로 거리 L_2만큼 떨어진 곳에 스크린이 있다. 스크린 위의 점 C는 이중 슬릿의 가운데와 단일 슬릿을 잇는 일직선 상에 있다. 파장이 λ인 단색광이 단일 슬릿을 통과한 후 이중 슬릿을 지나 스크린에 간섭무늬를 만든다. L_1, L_2는 λ와 d에 비해 충분히 크며($L_1, L_2 \gg \lambda, d$), 모든 공간은 진공이고, 단일 슬릿·이중 슬릿·스크린은 서로 평행하다.



(1) 점 C로부터 첫 번째 이웃한 밝은 무늬의 중심까지의 거리를 구하시오. (1점)

(2) 단일 슬릿과 단색광이 함께 아래 방향으로 속도 v의 등속도 운동을 시작하였다. 문제 (1)에서 점 C에 있던 밝은 무늬가 움직이는 방향과 속도의 크기 v_x, 그리고 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 Δx를 구하시오. 단, 도플러 효과는 무시한다. (2점)

(3) 문제 (2)의 상황에서 이중 슬릿과 스크린 사이의 영역을 굴절률 n의 매질로 채웠을 때, 밝은 무늬가 움직이는 속도의 크기 v_x와 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 Δx를 구하시오. (2점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	경로차 계산을 통해 밝은 무늬 사이의 간격을 정량적으로 구한 경우	1
(2)	두 슬릿을 통과한 빛 사이에 경로차가 존재할 때 밝은 무늬의 변화를 예측하고 정량적으로 구한 경우	2
(3)	매질이 있을 때 파장의 변화를 이해하고, 무늬의 변화를 정량적으로 구한 경우	2

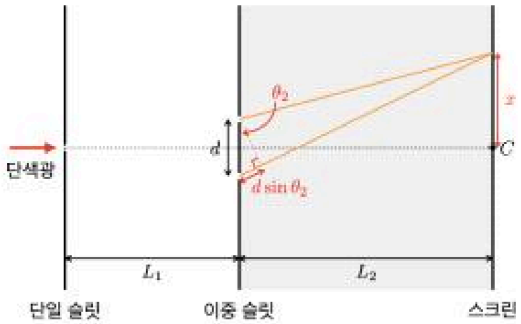
예시 답안

(1) 정답: $\Delta x = x_1 - x_0 = \frac{L_2 \lambda}{d}$

이중 슬릿을 통과한 두 빛이 스크린 위의 한 점(점 C로부터 거리 x)에 도달할 때의 경로차는

$$\Delta_2 = d\sin\theta_2 \approx d\tan\theta_2 = d\frac{x}{L_2}$$

이다. 경로차가 $\Delta_2 = m\lambda$일 때 보강 간섭이 일어나 밝은 무늬가 생기고, $\Delta_2 = (m+\frac{1}{2})\lambda$일 때 상쇄 간섭이 일어나 어두운 무늬가 생긴다. 여기서 $m = 0, 1, 2, \ldots$이다.



점 C의 위치를 x_0, 첫 번째 이웃한 밝은 무늬의 중심 위치를 x_1이라 하면

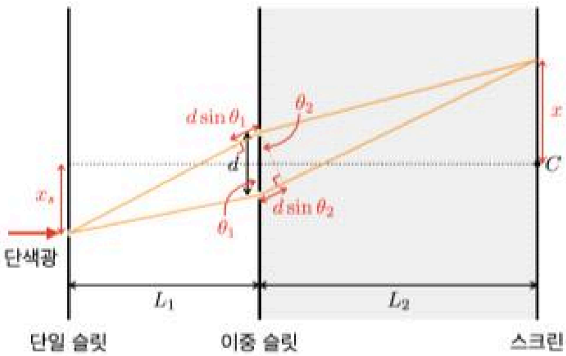
$$\Delta_2(x = x_0) = d\frac{x_0}{L_2} = 0, \quad \Delta_2(x = x_1) = d\frac{x_1}{L_2} = \lambda$$

이므로, 점 C로부터 첫 번째 이웃한 밝은 무늬 중심까지의 거리는

$$\Delta x = x_1 - x_0 = \frac{L_2\lambda}{d}$$

이다.

(2) 정답: 스크린 중앙에 있던 밝은 무늬는 **위쪽**으로 움직인다. 속도의 크기는 $v_x = \frac{L_2}{L_1}v$이고, 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x = x_1 - x_0 = \frac{L_2\lambda}{d}$이다.



단일 슬릿과 단색광이 등속도 운동을 시작해 거리 x_s만큼 움직였을 때, 위의 그림에서 단일 슬릿을 출발해 이중 슬릿에 도달할 때도 경로차가 생기며, 이러한 경로차를 Δ_1이라 할 때, 이는 Δ_2과 유사하게 주어진다.

$$\Delta_1 = d\sin\theta_1 \approx d\tan\theta_1 = d\frac{x_s}{L_1}$$

따라서 빛이 단일 슬릿에서 스크린에 이르기까지 전체 경로차는 다음과 같다.

$$\Delta_2 - \Delta_1 \approx d\left(\frac{x}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right)$$

전체 경로차가 $m\lambda$일 때 보강 간섭이 일어나 상대적으로 밝아지며, 경로차가 $(m+\frac{1}{2})\lambda$일 때 상쇄 간섭이 일어나 어두워진다. 이때 $m = 0, 1, 2, ...$이다. 스크린 중앙에 나타났던 밝은 무늬는 경로차가 0이므로 $x = x_s \frac{L_2}{L_1}$로 이동한다.

단일 슬릿과 단색광이 등속 운동하며 아래 방향으로 움직일 때, 스크린 중앙에 있던 밝은 무늬는 위쪽으로 움직이며 속도의 크기는 (거리가 시간에 정비례하므로) $v_x = \frac{L_2}{L_1}v$이다.

한편, 밝은 무늬 사이의 간격은 $m+1$번째 밝은 무늬와 m번째 밝은 무늬의 위치 차이로 구할 수 있다.

$$d\left(\frac{x_{m+1}}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right) = (m+1)\lambda$$

$$d\left(\frac{x_m}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right) = m\lambda$$

밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{L_2\lambda}{d}$로 문제 (1)의 경우와 동일하다.

(3) 정답: 속도의 크기 $v_{x,n} = \frac{L_2}{L_1}\frac{v}{n}$, 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x = \frac{L_2\lambda}{nd}$

이중 슬릿과 스크린 사이 영역이 굴절률 n의 매질로 채워졌을 때, 이중 슬릿을 구성하는 각 슬릿으로부터 스크린 상의 임의의 점까지 진행하는 빛은 파장이 λ/n으로 줄어든다. 따라서 빛이 단일 슬릿에서 스크린에 이르기까지 경로차 $(n\Delta_2 - \Delta_1)$는 다음과 같다.

$$n\Delta_2 - \Delta_1 \approx d\left(\frac{nx}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right)$$

스크린 중앙에 나타났던 밝은 무늬는 경로차가 0이므로 $x = \frac{x_s}{n}\frac{L_2}{L_1}$로 이동한다.

밝은 무늬는 문제 (2)처럼 위쪽으로 움직이고, 속도의 크기는 $v_{x,n} = \frac{L_2}{L_1}\frac{v}{n}$이다.

한편, 밝은 무늬 사이의 간격은 $m+1$번째 밝은 무늬와 m번째 밝은 무늬의 위치 차이로 구할 수 있다.

$$d\left(\frac{nx_{m+1}}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right) = (m+1)\lambda$$

$$d\left(\frac{nx_m}{L_2} - \frac{x_s}{L_1}\right) = m\lambda$$

밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{L_2\lambda}{nd}$이다. 즉, 무늬의 이동 속도와 간격 모두 (2)에 비해 $\frac{1}{n}$배로 변한다.