2022년 2학기 물리학 II

Hui-Jae Lee[1,*] and 김현철[†1,‡]

[1] *Hadron Theory Group, Department of Physics, Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea*

(Dated: Autumn Semester, 2022)

Quiz 15

문제 1 [20pt]. 어떤 렌즈 앞에 물체를 놓았더니 4배 크기의 실상이 생겼고, 이 물체를 렌즈에서 4.00 cm 더 멀리 하였더니 2배 크기의 실상이 생겼다. 이 렌즈의 초점거리는 얼마인가?

풀이 : 렌즈에서 물체까지의 거리를 p, 렌즈에서 상까지의 거리를 q, 렌즈의 초점거리를 f라 하면 다음의 얇은 렌즈 방정식이 성립한다.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}. \tag{1}$$

또한 상의 배율 M은

$$M = -\frac{q}{p} \tag{2}$$

이므로 식 (1)에 대입하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{1}{p}\left(1 - \frac{1}{M}\right) = \frac{1}{f} \tag{3}$$

처음 렌즈와 물체 사이의 거리를 p_1이라 하면 4배 크기의 실상이 생겼으므로

$$\frac{1}{p_1}\left(1 - \frac{1}{-4}\right) = \frac{5}{4p_1} = \frac{1}{f} \tag{4}$$

이다. 볼록렌즈에 의해 생기는 실상은 도립 실상 뿐이므로 배율의 부호가 $-$이다. 물체를 렌즈로부터 4.00 cm 멀리 하였을 때 2배 크기의 실상이 생겼으므로

$$\begin{aligned}&\frac{1}{p_1 + 4.00\ \text{cm}}\left(1 - \frac{1}{-2}\right) = \frac{3}{2p_1 + 8.00\ \text{cm}} = \frac{1}{f} \\ &\Longrightarrow 3f = 2p_1 + 8.00\ \text{cm}\end{aligned} \tag{5}$$

로 쓸 수 있다. 식 (4)와 식 (5)을 연립하면

$$3f = \frac{5}{2}f + 8.00\ \text{cm} \Longrightarrow f = 16.0\ \text{cm} \tag{6}$$

초점거리 16.0 cm를 얻을 수 있다.

문제 2 [30pt]. 굴절율이 1.62인 유리로 만든 얇은 렌즈가 있다. 이 렌즈의 한쪽 면은 오목하며 곡률 반지름이 100 cm이고, 다른 한쪽 면은 볼록하며 곡률 반지름이 40.0 cm이다. 이 렌즈의 초점거리를 구하여라.

---

† Office: 5S-436D (면담시간 매주 수요일-16:15∼19:00)

*Electronic address: `hjlee6674@inha.edu`

‡Electronic address: `hchkim@inha.ac.kr`

풀이 : 렌즈의 굴절률을 n, 렌즈의 앞면 곡률 반지름을 R_1, 뒷면 곡률 반지름을 R_2라 하면 렌즈의 초점거리 f는 렌즈 제작자의 공식에 의해 다음과 같다.

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right). \tag{7}$$

렌즈의 볼록한 면을 앞면이라 하자. 두 면의 곡률 중심이 렌즈 뒤에 있으므로 R_1, R_2의 부호는 +이고 식 (7)에 대입하여

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= (1.62-1)\left(\frac{1}{40.0\ \text{cm}} - \frac{1}{100.0\ \text{cm}}\right) = \frac{0.62\times 3}{200.0\ \text{cm}} \\ &\Longrightarrow f = 108\ \text{cm}\end{aligned} \tag{8}$$

초점거리 108 cm를 얻을 수 있다.

문제 3 [50pt]. 너비 a와 간격이 d인 이중실틈(doubleslit)에 파장이 λ인 결맞은 빛을 비춘다. 실틈에서부터 D만큼 떨어진 화면에 나타나는 밝은 간섭무늬 사이의 거리는 얼마인가?
풀이 : $a \ll d$이고 D가 충분히 크다고 하자. 밝은 간섭무늬가 나타나는 보강간섭의 경로차는 파장의 정수배이다.

$$d\sin\theta = m\lambda,\ \ m = 1,\, 2,\, 3,\, \cdots \tag{9}$$

D가 충분히 크므로 $\theta \ll 1$로 근사할 수 있고 이 때 $\sin\theta$는

$$\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{y}{D} \tag{10}$$

로 근사할 수 있다. y는 가운데 밝은 무늬로부터 다른 밝은 무늬까지의 거리이다. 식 (9)에 대입하여

$$\frac{dy}{D} = m\lambda \Longrightarrow y_m = \frac{mD}{d}\lambda \tag{11}$$

를 얻을 수 있고 간섭무늬 사이 거리는

$$y = \frac{D}{d}\lambda \tag{12}$$

이다.

문제 4 [50pt]. 폭이 a인 단일슬릿에서부터 L만큼 떨어진 곳에 스크린을 두었다. 단일슬릿 앞에서 파장이 λ인 빛을 쪼였다. $a \ll L$ 이라고 하자. 만약에 회절 무늬에서 어두운 부분을 나타내는 두 최소점 $m = m_1$과 $m = m_2$ 사이의 거리를 Δy라고 둔다면, 이 슬릿의 폭 a는 얼마인가?
풀이 : 단일 슬릿의 경우 중심에서부터 어두운 부분까지의 거리를 y_m이라 하면

$$y_m = \frac{m\lambda L}{a},\ \ m = 1,\, 2,\, 3,\, \cdots \tag{13}$$

로 쓸 수 있고 두 중심에서 두 최소점 까지의 거리 y_1, y_2는

$$y_1 = \frac{m_1\lambda L}{a},\ \ y_2 = \frac{m_2\lambda L}{a} \tag{14}$$

이다. 따라서 Δy는

$$\Delta y = y_2 - y_1 = \frac{m_2\lambda L}{a} - \frac{m_1\lambda L}{a} \tag{15}$$

이고 a는

$$a = \frac{(m_2 - m_1)\lambda L}{\Delta y} \tag{16}$$

이다.