

## 7. 프리즘의 최소편각 측정

### (1) 실험목적

프리즘과 분광계(Prism Spectrometer)의 원리를 이해하고, 이를 사용하여 프리즘의 정각과 최소 편각(Minimum Deviation)을 측정하여 프리즘의 굴절률을 산출한다.

### (2) 기초원리

그림1과 같이 프리즘 ABC를 통과한 단색광이  $LMM'T$ 라 하고 이들이  $AB, AC$ 양면의 법선과 이루는 각을 각각  $i, r, r', i'$  이라 하면, 이때의 입사광선과 굴절광선이 이루는 편각  $\delta$ 는

$$\delta = (i - r) + (i' - r') \quad (1)$$

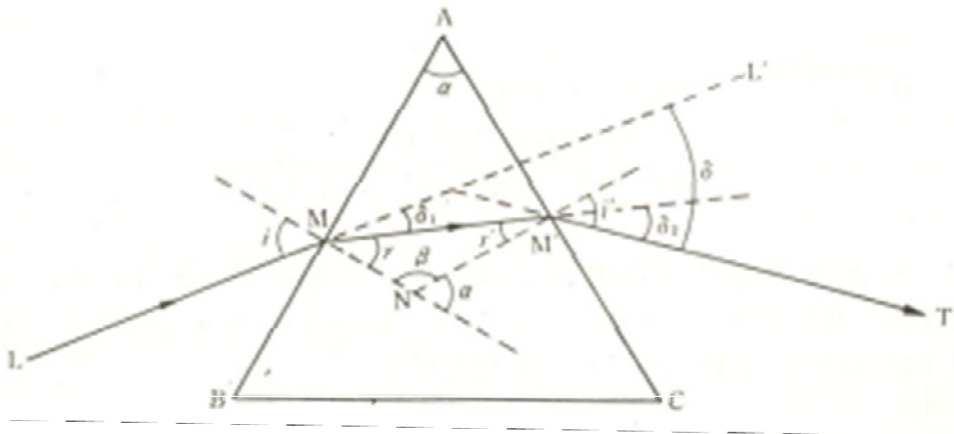


그림1. 프리즘에 의한 빛의 굴절

로 표현된다. 또한, 삼각형  $MM'N$ 에서  $\gamma + \gamma' + \beta = 180^\circ$ , 사각형  $AMNM'$ 에서  $\angle M$ 과  $\angle M'$ 가 직각이므로  $\alpha + \beta = 180^\circ$ 이다. 따라서 프리즘의 정각  $\alpha$ 는

$$\alpha = \gamma + \gamma' \quad (2)$$

이므로, 식(1)은

$$\delta = i + i' - \alpha \quad (3)$$

가 된다.

한편, 프리즘의 굴절률  $n$ 은 Snell의 법칙에 의해서

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i'}{\sin r'} \quad (4)$$

이므로,  $i$ 와  $i'$ 을 식(4)에서 구하여 식(3)에 대입하면

$$\delta = \sin^{-1}(n \sin r) + \sin^{-1}\{n \sin(\alpha - r)\} - \alpha \quad (5)$$

로 된다.  $\delta$ 의 최솟값, 즉 최소 편각  $\delta_m$ 은  $d\delta/dr = 0$ 을 만족하는  $r_0$ 값에서 이루어진다. 즉,  $\delta$ 가 최소가 될 때의  $i, i'$  값을  $i_m, i_m'$ 이라고 하면,

$$\left. \frac{d\delta}{dr} \right| = 0 = \frac{n \cos r_0}{(1 - n^2 \sin^2 r_0)^{1/2}} - \frac{n \cos(\alpha - r_0)}{\{1 - n^2 \sin^2(\alpha - r_0)\}^{1/2}} \quad (6)$$

이 되고, 위의 식이 성립이 되려면  $r_0 = \alpha - r_0$  이어야 하므로  $r_0 = \alpha/2$ 이고, 식(2)과 비교하면  $r_0 = r_0' = \alpha/2, i_0 = i_0' = \alpha/2$ 이다. 위의 결과를 식(4)에서 구한  $i$ 와  $i'$ 에 대입하면,

$$i_m = i_m' = \frac{\alpha + \delta_m}{2} \quad (7)$$

가 된다.  $r_0 = r_0' = \alpha/2, i_0 = i_0' = \alpha/2$ 라는 결과로부터, 굴절률  $n$ 은

$$n = \frac{\sin(\frac{\alpha + \delta_m}{2})}{\sin(\alpha/2)} \quad (8)$$

로 표현된다. 따라서 프리즘의 정각  $\alpha$ 와 최소 편각  $\delta_m$ 을 측정하면 그 파장의 빛에 대한 프리즘의 굴절률  $n$ 이 산출된다.

### (3) 실험소요도구

품 번	품 명	규 격	소요량	비 고
42-1	프리즘 분광기	망원경 및 각도기 부착	1	
42-2	삼각 프리즘	한 변이 3 cm 이상	2	
42-3	기체방전관	Na, Ne, Hg	각 1	
42-4	D.C. 고전압장치	기체방전관용	1	
42-5	방전관 지지대	높이조절가능	1	

### (4) 실험방법

프리즘 분광계의 외관은 그림2에 보인 바와 같이 콜리메이터(C), 슬릿(S), 망원경(T), 접안렌즈(G), 망원경고정나사(S) 및 각도기 원판(D, V)로 구성되어 있다. 굴절률을 측정하고자 하는 프리즘(P)의 정각 및 최소 편각을 측정하기 위하여 다음과 같은 방법을 따라야 한다.

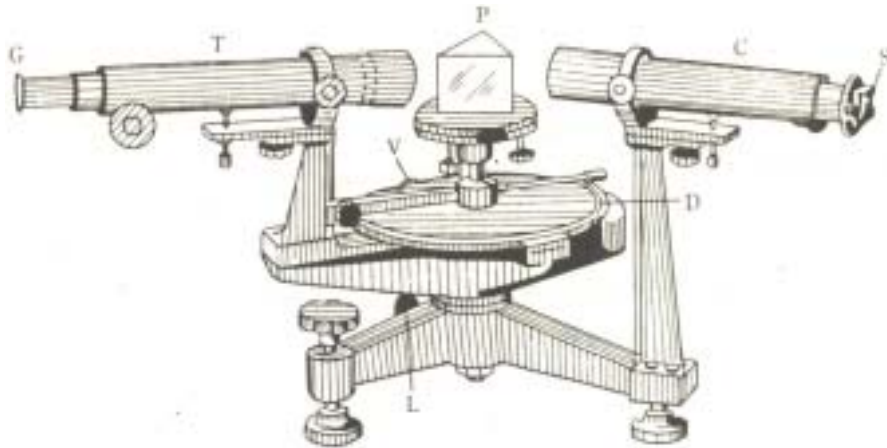


그림2. 프리즘 분광기의 외관

① 망원경을 평행광선에 맞추는 방법

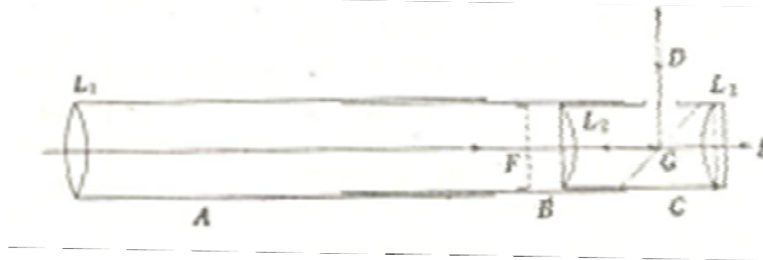


그림3. 프리즘 분광계의 망원경 구조

망원경(T)은 그림3과 같이 통이 3개로 되어 있다. A통에는 대물렌즈  $L_1$ 이 고정되어 있고, B통에는 십자선 F가 들어 있으며, C통에는  $L_2, L_3$  등 대안 렌즈계가 고정되어 있다. 우선 C통을 움직여서 십자선이 똑똑히 보이도록 조정하고 B와 C를 고정시킨다. 그런 다음 A통을 움직여 멀리 있는 물체가 명료하게 보이고 또한 십자선과의 시차가 없게 한다. 즉 눈을 조금씩 옆으로 움직여도 물체의 상과 십자선과의 사이에 상대적인 위치의 변화가 없게 하면 된다. 이렇게 되면 망원경이 무한원 즉 평행광선에 맞도록 조정된 것이다.

② 망원경과 콜리메이터(C)의 정렬방법

망원경의 회전고정나사 L을 풀어서 망원경이 자유롭게 움직일 수 있게 하고, 콜리메이터 C 앞에 있는 슬릿 S를 적당하게 연다. 망원경을 중심축에 대해서 회전시켜 콜리메이터와 일직선이 되게 한 다음 슬릿 앞에 단색광을 쬐는다.

그리고 망원경으로 슬릿을 통하여 들어오는 빛이 선명하게 보이도록 망원경의 위치를 조정한다. 일단, 슬릿의 상이 보이면 S의 폭을 될 수 있는 한 좁게 조절하고, 실험도중 변화시키지 말아야 한다.

③ 프리즘의 정각 측정방법

그림4와 같이 측정하려는 프리즘 P의 정각  $\alpha$ 을 콜리메이터 C에 향하게 하고, C로부터 평행광선을 여기에 비출 때 프리즘의 왼쪽 면에서 반사된 광선을 망원경  $T_1$ 으로 관측하는데 슬릿 S의 상을 십자 선에 맞추었을 때  $T_1$ 의 위치를 다이얼 D와 버니어 V를 통하여 그 값 ( $D_1$ )을 기록한다. 다음에 망원경을  $T_2$  위치까지 돌려서 P의 오른쪽 면에서 반사되는 광선을 관측하고 그 때의 위치( $D_2$ )를 기록한다. 프리즘의 정각  $\alpha$ 의 양면에서 반사되는 각도  $\beta$ 는  $|D_2 - D_1|$ 이 되며, 정각  $\alpha = \beta/2$  인 관계로부터 프리즘의 정각을 산출한다.

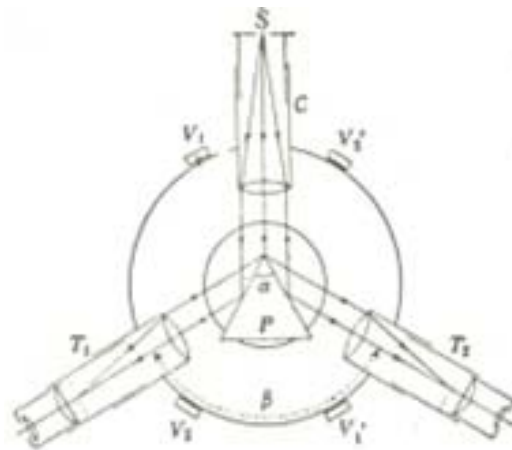


그림4. 프리즘의 정각측정

④ 최소 편각 측정방법

그림5(a)와 같이 콜리메이터 C, 프리즘 P, 망원경 T를 설치하고, 슬릿 S의 가장 밝은 상을 잡은 다음 프리즘 대를 좌우로 조금씩 회전시키면서 슬릿의 상이 움직이는 방향으로 망원경 T를 계속 이동시킨다. 이 때 프리즘 대를 같은 방향으로 돌려도 슬릿의 상이 어느 지점까지 갔다가 되돌아오는 점이 있는데, 바로 이 회기점을 정확하게 망원경의 십자 선에 맞추고 그 때의 위치  $D_3$ 을 기록한다. 다음에 그림5(b)와 같이 망원경과 프리즘을 오른쪽으로 회전시켜 회기점을 찾고, 정확하게 슬릿의 상을 망원경의 십자선 상에 맞추어 그 위치( $D_4$ )를 기록한다. 이 때 두 회기점의 내각 ( $D_3 - D_4$ )의 반이 최소 편각이 된다. 이상과 같이 구한 프리즘의 정각  $\alpha$ 와 최소 편각  $\delta_m$ 을 이용하여 프리즘의 굴절률을 산출할 수 있다.

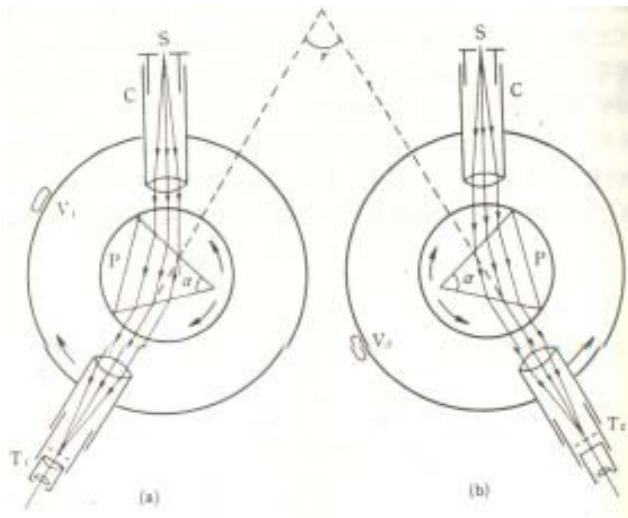


그림5. 프리즘에 의한 최소 편각 측정

(5) 질문

1. 콜리메이터에서 프리즘으로 들어오는 광선이 평행해야 하는 이유는 무엇인가?
2. 회기점이 생기는 이유를 구체적으로 설명하라.
3. 만약 프리즘의 정각이  $60^\circ$ , 굴절률이 1.5인 경우 최소 편각은 얼마나 되겠는가?