

## 페르마의 원리와 스넬의 법칙

### (1) 페르마의 원리(Fermat's principle)

① 페르마의 원리 : 두 지점을 지나는 빛은 최소시간이 걸리는 지점을 택한다.

⇒ 빛의 직진, 반사, 굴절을 설명할 수 있음

② 굴절 : 빛이 서로 다른 매질을 지날 때 빛의 속도의 차이에 의해 꺾이는 현상

⇒ 거리는 직선이 가장 짧은 거리이지만, 속도의 차이에 의해 더 짧은 시간이 걸리는 구간이 존재할 수 있음

### (2) 스넬의 법칙(Snell's law) 증명

매질 I과 매질 II에서의 진행 거리를 각각  $s_I$ ,  $s_{II}$ 라하고, 이 때 속도를 각각  $v_I$ ,  $v_{II}$ 라면,

그림에서처럼 빛은  $xy$ 좌표에서  $(0, a) \rightarrow (d, -b)$ 로 진행한다고 가정

$$\text{속도} = \frac{\text{거리}}{\text{시간}} \Rightarrow \text{시간} = \frac{\text{거리}}{\text{속도}} \quad \text{즉, } t = \frac{s}{v}$$

매질 I에서  $s_I = \sqrt{a^2 + x^2}$ 이므로,

$$t_I = \frac{s_I}{v_I} = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v_I}$$

매질 II에서  $s_{II} = \sqrt{b^2 + (d-x)^2}$ 이므로,

$$t_{II} = \frac{s_{II}}{v_{II}} = \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v_{II}}$$

$$\text{전체 걸린 시간 } t = t_I + t_{II} = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v_I} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v_{II}}$$

최소시간이 되려면 거리에 따른 시간의 미분이 0이 되면 됨. 즉,  $\frac{dt}{dx} = 0$

$$\Rightarrow \frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_I \sqrt{a^2 + x^2}} + \frac{-(d-x)}{v_{II} \sqrt{b^2 - (d-x)^2}} = 0$$

$$\text{정리하면, } \frac{x}{v_I \sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{d-x}{v_{II} \sqrt{b^2 - (d-x)^2}}$$

그런데,  $\sin \theta_I = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$ ,  $\sin \theta_{II} = \frac{d-x}{\sqrt{b^2 - (d-x)^2}}$ 이므로,

$$\frac{\sin \theta_I}{v_I} = \frac{\sin \theta_{II}}{v_{II}} \quad : \quad \text{스넬의 법칙}$$

만약,  $v_I = v_{II}$ 이면,  $\sin \theta_I = \sin \theta_{II}$

$\theta_{II} = \theta_I$ 인 경우가 직진이며,  $\theta_{II} = 180 - \theta_I$ 인 경우가 반사임.

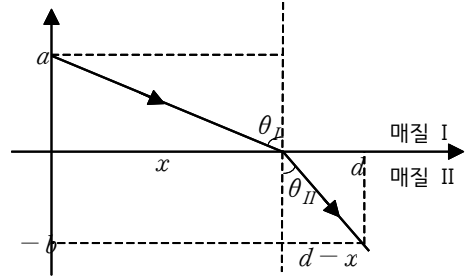
### (3) 굴절 법칙(the law of refraction)

① 굴절 : 빛이 서로 다른 매질을 지날 때 빛의 속도의 차이에 의해 꺾이는 현상

- 빛은 진공에서 가장 빠르므로, 빛이 매질 속에서 느려질수록 굴절이 잘됨

⇒ 빛의 속도와 굴절되는 정도는 반비례

② 굴절률(index of refraction) : 서로 다른 매질에서 굴절이 되는 정도의 상대적인 차이 값



- 두 매질에서의 파동의 속도의 비로 표현됨.

매질 1에 대한 매질 2의 굴절률은  $n_{12} \equiv \frac{n_2}{n_1}$

- 파동의 속도와 굴절률은 반비례하므로  $n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

- 스넬의 법칙에서  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

③ 절대 굴절률 : 진공에 대한 굴절률 (진공일 때 굴절률이 1로 놓을 때 굴절률)

1에 대한 2의 굴절률  $n_{12} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow n \equiv \frac{c}{v} \geq 1$

※ 몇몇 물질의 굴절률

물질	굴절률	물질	굴절률
진공	1	석영 유리 <sup>2)</sup>	1.46
공기(STP) <sup>1)</sup>	1.00029	크라운 유리 <sup>3)</sup>	1.52
물(20℃)	1.33	염화나트륨	1.54
아세톤	1.36	폴리스티렌	1.55
에탄올	1.36	플린트 유리 <sup>4)</sup>	1.65~1.89
설탕물(30%)	1.38	사파이어	1.77
설탕물(80%)	1.49	다이아몬드	2.42

④ 굴절이 일어나도 진동수는 변하지 않음

- 진공일 때의 속도와 파장을 각각  $c$ ,  $\lambda_0$ 라고 놓으면,

$$v = f\lambda \Rightarrow n = \frac{c}{v} = \frac{f\lambda_0}{f\lambda} = \frac{\lambda_0}{\lambda}, \therefore \lambda = \frac{v}{c}\lambda_0 \leq \lambda_0$$

- 스넬의 법칙 :  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

---

1) standard temperature(0℃) and pressure(1atm)  
 2) 이산화규소(SiO<sub>2</sub>)로만 된 유리  
 3) 가정용 유리 세공품이나 유리창 등에 쓰이는 유리  
 4) 프리즘이나 렌즈 등에 쓰이는 유리