

반사와 굴절

1. 실험 목적

1. 공간을 나가던 빛의 방향이 거울에 의해 변화되는데 거울로 들어오는 빛의 방향과 반사되는 빛의 방향 사이에 존재하는 특별한 관계를 관찰하고 이해한다.
2. 빛의 굴절 현상을 관찰하고 이를 이해한다.
3. 빛의 굴절 현상의 특이한 경우인 내부전반사 현상을 관찰하고, 거울을 사용하지 않고 빛을 반사시키는 방법을 이해한다.

2. 이론

2.1. 반사의 법칙



[그림 1] 반사의 법칙

거울 면에 들어온 빛은 그 순서를 잃지 않고 방향만 바뀌어 나간다. [그림 1]처럼 거울면에 수직인 법선에서부터 입사광선까지 켜 각을 입사각이라 하고, 법선에서 반사광선까지 켜 각을 반사각이라고 한다. 광선이 거울면에 들어와 반사하여 나갈 때 입사각 θ_1 과 반사각 θ_1' 의 크기는 서로 같다.

$$\theta_1 = \theta_1' \quad (1)$$

이를 빛의 반사법칙이라 한다.

2.2. 굴절의 법칙

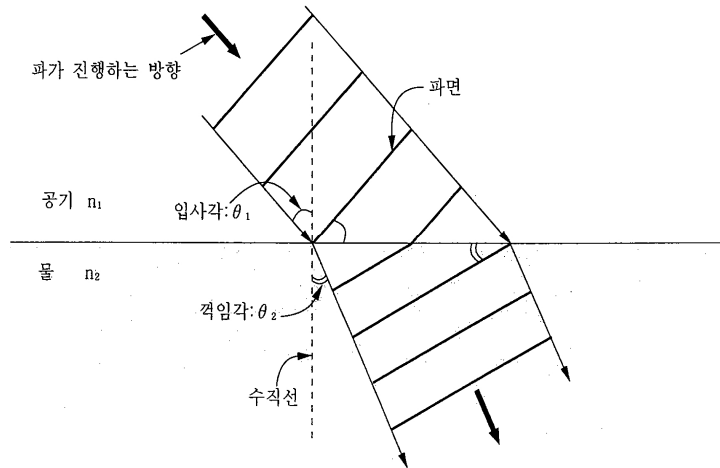
어떤 물질 속에서 직진하던 빛이 성질이 다른 물질을 만나면 두 물질의 경계면에서 일부분은 반사하여 되돌아오고, 일부분은 다른 물질 속으로 투과하여 들어간다. 투과하여 들어간 이 빛은 두 물질의 경계면에서 방향이 꺾이는데, 이를 빛의 굴절이라고 한다.

이러한 일이 일어나는 것은 두 물질에서의 빛의 속력, 또는 굴절률이 다르기 때문이다. 진공

에서의 빛의 속도를 c 라고 할 때, 어떤 매질 속에서의 빛의 속력 v 와 굴절률 n 사이의 관계는 다음과 같다.

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

[그림 2]는 빛의 속도가 빠른 공기 중에서 빛의 속도가 느린 물 속으로 빛이 들어갈 때 꺾이는 모양을 나타낸 것이다. 입사각은 경계면에 수직한 법선에서부터 입사광선까지 잰 각이고, 굴절각은 법선에서 굴절광선까지 잰 각으로 정의한다.



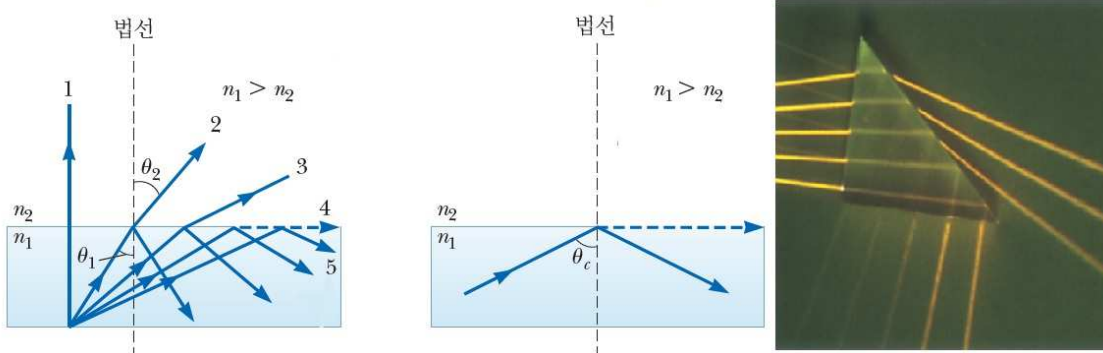
[그림 2] 공기와 물의 경계면에서의 빛의 굴절

입사하는 쪽에 있는 물질의 굴절률과 입사각이 n_1, θ_1 이고, 빛이 꺾여나가는 쪽에 있는 물질의 굴절률과 굴절각이 n_2, θ_2 라 할 때, 다음의 관계식이 성립한다.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (3)$$

이를 Snell의 굴절법칙이라고 한다.

2.3. 내부전반사



[그림 3] 내부 전반사 현상

성질이 다른 두 물질의 경계면에 빛이 도달하면 일부분은 굴절하여 투과하고 일부분은 반사된다. 빛의 속도가 느린(즉, 굴절률이 큰) 물질(ex: 유리, 물)에서 빛의 속도가 빠른(즉, 굴절

률이 작은) 물질(ex: 공기)로 빛이 나갈 때에는 Snell의 굴절법칙에 따라 빛이 들어간 입사각보다 빛이 꺾이는 굴절각이 크게 된다. 따라서 입사각을 서서히 증가시키면 굴절각이 90도가 되어 꺾이는 빛은 없고 모두 반사하게 되는데, 이와 같은 현상을 내부전반사라고 부르고 이 때의 입사각을 내부전반사의 임계각이라고 부른다.

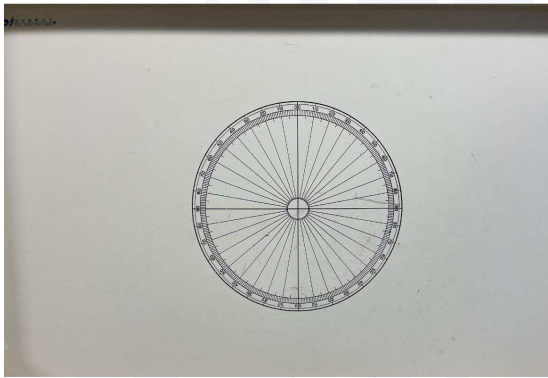



들어가는 쪽의 굴절률이 n_1 이고 나가는 쪽의 굴절률이 n_2 라 하자. 굴절각 θ_2 가 90도가 될 때 입사각 θ_1 은 전반사 임계각 θ_c 가 되므로, Snell의 굴절법칙에 따르면 θ_c 를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

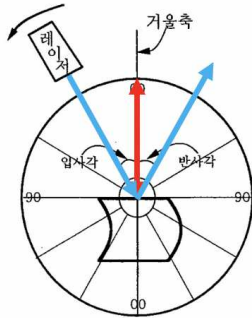
삼각함수값은 크기가 1보다 작으므로 $n_1 \geq n_2$ 일 때에만 전반사 임계각이 존재한다.

3. 실험 장치

	
<p>광선판</p>	<p>레이저</p>
	
<p>거울</p>	<p>반원통형 수조</p>

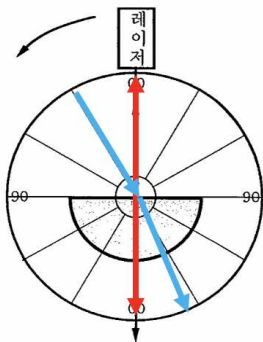
4. 실험 방법

4.1. 반사의 법칙



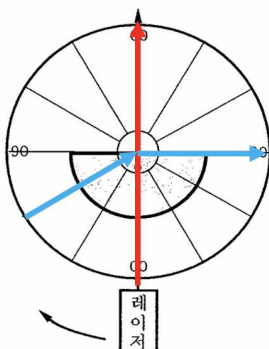
- 1) 왼쪽의 그림과 같이 거울을 광선판 위의 90-90을 나타내는 가운데 선과 일치하도록 놓는다.
- 2) 레이저를 켜고 광선이 광선판의 0-0 중심선(세로)을 따라 나가도록 놓는다. 거울면에서 반사된 빛이 0-0 선을 따라 되돌아가도록 거울면을 미세하게 조정한다.(왼쪽 붉은색 선)
- 3) 거울을 고정시키고 레이저를 반시계방향으로 움직이면서 입사각과 반사각을 [표 1]에 기록한다.(왼쪽 푸른색 선)

4.2. 굴절의 법칙



- 1) 반원통형 수조에 물을 채운 후, 수조의 수면이 광선판이 90-90 선과 일치하도록 놓는다.
- 2) 레이저를 켜고 광선이 광선판의 0-0 중심선을 따라 나가도록 놓고, 반사된 빛이 다시 되돌아가도록 수조 위치를 미세하게 조정한다.(왼쪽 붉은색 선)
- 3) 레이저를 반시계방향으로 움직이면서 입사각과 굴절각과, 공기의 굴절률을 1로 했을 때 물의 굴절률을 [표 2]에 기록한다.(왼쪽 푸른색 선)

4.3. 내부전반사



- 1) 4.2 실험 세팅을 그대로 둔 채, 이번에는 레이저를 수조의 아래쪽 0-0 중심선에 위치시킨다.
- 2) 레이저를 시계방향으로 이동시키면서 광선이 수면에서 공기로 나아갈 때의 입사각과 굴절각을 관찰하고 [표 3]에 기록한다.
- 3) 입사각을 증가시키다가, 꺾인 빛이 사라지는 입사각을 관찰해 기록한다.(왼쪽 푸른색 선)

5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

5.1. 반사의 법칙

입사각(°)	0	20	40	60	80
반사각(°)					

5.2. 굴절의 법칙

입사각(°)	0	20	40	60	80	평균
굴절각(°)						X
물 굴절률						

5.3. 내부전반사

입사각(°)	10	20	30	40	$\theta_c = ?$	평균
굴절각(°)					90	X

6. 고찰 사항

※ 고찰사항의 질문에 답하는 것이 보고서의 전부가 아닙니다. 여기에 있는 질문은 단지 보고서를 작성할 때 도움을 주기 위한 것입니다.

1. 실험 5.2. 의 결과로 볼 때, 빛이 굴절될 때 빛의 속도가 빠른 물질 쪽으로 꺾이는가, 아니면 느린 물질 쪽으로 꺾이는가?

2. 실험 5.2. 에서 측정한 물의 굴절률의 평균을 사용하여, 내부 전반사 임계각을 계산하여 실험 5.3.의 실험값과 비교해 보자.

3. 사각형 어항 속을 들여다볼 때, 비스듬히 바라보면 어항 속의 일부가 보이지 않게 된다. 이유를 설명해보고, 물 속에 있는 물고기에게도 같은 현상이 일어날지 생각해 보자.

4. 광통신에 사용되고 있는 광섬유는 안쪽에 굴절률이 큰 코어가 있고, 그 둘레를 굴절률이 작은 물질이 둘러싸고 있다. 이 두 물질의 경계에서 전반사가 일어나 광신호는 밖으로 유실되지 않고 안쪽 코어를 따라 전송된다. 코어의 굴절률이 1.5이고 피복의 굴절률이 1.4인 광섬유가 있다. 광신호를 광섬유에 넣을 때 가능한 최대의 입사각은 얼마인가?(단, 표면의 굴절은 무시하고 광섬유의 중심선을 기준으로 각을 측정한다.)