

반사와 굴절

1. 실험 목적

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

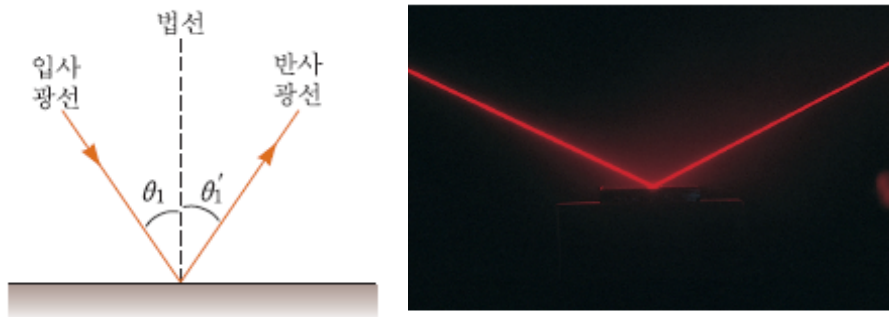
2. 이론

2.1 반사의 법칙

거울면에 들어온 빛은 그 순서를 잃지 않고 방향만 바뀌어 나간다. [그림 1]처럼 거울면에 수직인 선(법선)에서부터 들어오는 광선(입사광선)까지 켜 각을 입사각이라 하고 거울면에 수직인 선(법선)에서부터 나가는 광선(반사광선)까지 켜 각을 반사각이라고 부른다. 광선이 거울면에 들어와 반사하여 나갈 때 입사각 θ_1 과 반사각 θ_2 의 관계식은 다음과 같다.

$$\theta_1 = \theta_2$$

이것을 빛의 반사법칙이라 한다.



[그림 1] 반사의 법칙

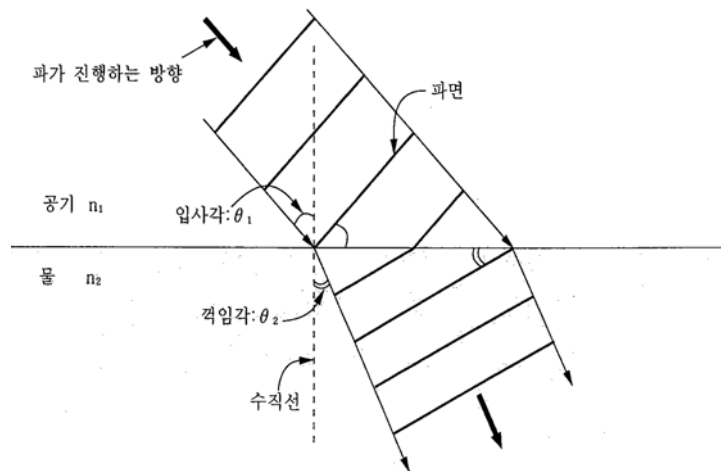
2.2 굴절의 법칙

투명한 물질 속에서 직진하던 빛이 성질이 다른 물질을 만나면 두 물질의 경계면에서 일부분은 반사하여 되돌아오고, 일부분은 다른 물질 속으로 투과하여 들어간다. 한 물질에서 다른 물질로 빛이 들어갈 때 두 물질의 경계면에서 빛의 나가던 방향이 꺾이는 현상이 나타나는데, 이를 빛의 굴절이라고 부른다.

이는 두 물질 속에서 빛의 속력에 차이가 있기 때문이다. 가령 여러분이 옆으로 나란히 줄을 지어 달리고 있을 때, 한쪽의 달리는 빠르기와 다른 쪽의 달리는 빠르기가 다르다면 옆줄이 틀어지는 것을 경험했을 것이다. 물결이 옆줄을 지어 물위를 퍼져 나아가듯이 빛도 옆줄을 지어 공기 속이나 투명한 물질 속을 달려간다. 따라서 빠르기가 다른 두 물질의 경

계면을 빛이 통과할 때 달려가는 옆줄의 모든 부분이 동시에 계면에 닿으면 꺾이지 않고 빠르기만 변하여 나간다. 그러나 옆줄의 한쪽 끝이 다른 쪽보다 먼저 계면에 도달하면 빛이 나가던 방향이 꺾이게 된다.

[그림 2]는 빛의 나감이 빠른 공기 중에서 나감이 느린 물속으로 빛이 들어갈 때 꺾이는 모양을 나타낸 것이다. 들어가는 빛을 입사광선이라 하고 나가는 빛을 굴절광선이라 한다. 입사각은 계면에 수직인 법선에서부터 입사광선까지 켜 각이고, 굴절각은 계면에 수직인 법선에서부터 굴절광선까지 켜 각으로 정한다. 또는 입사광선의 옆줄과 계면이 이루는 각이 입사각이고, 꺾이는 빛의 옆줄과 계면이 이루는 각이 굴절각이 된다.



[그림 2] 공기과 물의 계면에서의 빛의 굴절

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

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

이 식을 Snell의 굴절법칙이라고 한다.

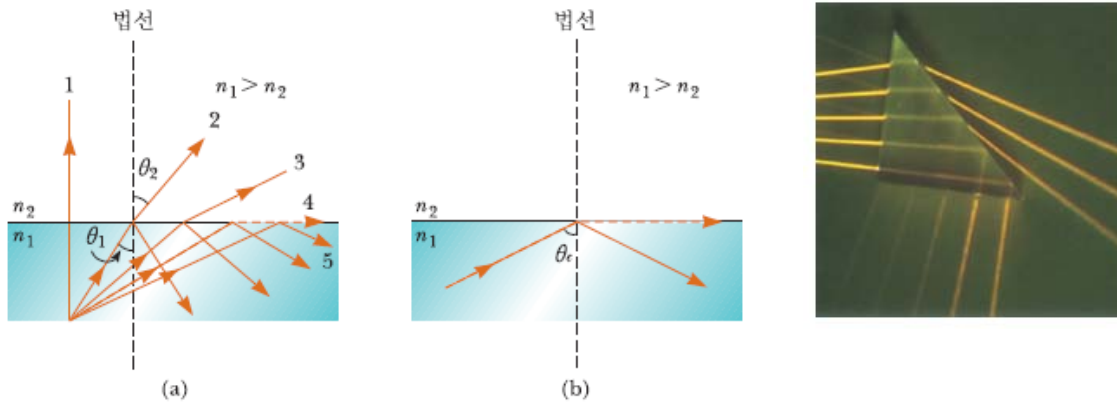
2.3 내부 전반사

성질이 다른 두 물질의 계면에 빛이 도달하면 일부분은 굴절하여 투과하고 일부분은 반사된다. 빛의 나감이 느린 물질, 즉 굴절률이 큰 물질(유리나 물)에서 빛의 나감이 빠른 물질(굴절률이 작은 물질, 예: 공기)로 빛이 나갈 때는 Snell의 굴절 법칙에 따라 빛이 들어간 입사각보다 빛이 꺾이는 굴절각이 크게 된다. 따라서 입사각을 서서히 증가시키면 굴절각이 90도가 되어 꺾이는 빛은 없고 모두 반사하게 된다. 이와 같은 현상을 내부전반사라고 부른다. 이때의 입사각을 내부전반사의 임계각이라고 부른다.

들어가는 쪽의 굴절률이 n_1 이고 나가는 쪽의 굴절률이 n_2 라 하자. Snell의 굴절법칙에 따르면 입사각과 굴절각의 관계는 다음과 같다.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

굴절각 θ_2 가 90도가 될 때 입사각 θ_1 은 전반사 임계각 θ_c 가 되므로 전반사임계각 θ_c 는 다음과 같다.



[그림 3] 내부 전반사 현상

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

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

삼각함수는 크기가 1보다 작으므로 n_1 이 n_2 보다 클 때에만 전반사 임계각이 존재한다.

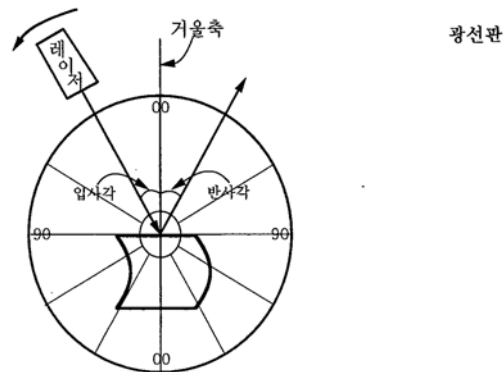
3. 실험장치

- (1) 광선관
- (2) 레이저
- (3) 거울
- (4) 반원통형 수조

4. 실험절차

4.1 반사의 법칙

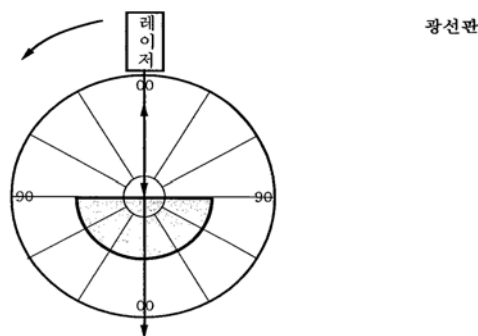
- (1) 아래 그림과 같이 거울을 광선판 위에 위치시키고 평면 거울면이 90-90을 나타내는 광선판 가운데 선과 일치하도록 정렬한다.



- (2) 레이저를 켜고, 광선이 광선판의 0-0 중심선을 따라 나가도록 정렬한다. 거울면에서 반사된 빛이 0-0 선을 따라 되돌아가도록 거울면을 미세하게 조정한다.
- (3) 거울은 고정시키고 레이저를 20 도씩 반시계방향으로 이동시키면서 입사각과 반사각을 관찰하고 기록한다. 또는 레이저의 위치를 고정시키고 광선판을 회전시켜도 무방하다. 이때, 광선이 광선판의 각도선을 정확히 따라서 거울에 들어가도록 조심한다.
- (4) 입사각과 반사각을 표 1에 정리한다.

4.2 굴절의 법칙

- (1) 아래 그림과 같이 반원통형 수조에 물을 채운 후 광선판에 위치시킨다. 90-90 선과 반원통형 수조의 수면이 일치하도록 정렬한다.

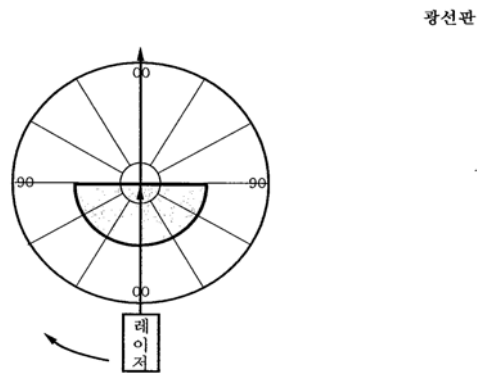


- (2) 레이저를 켜고 레이저에서 방출되는 광선이 광선판의 0-0 중심선을 따라 진행하도록 정렬한다. 경계면에서 꺾인 빛이 0-0 선을 따라 진행되도록 레이저 위치를 미세하게 조정한다.
- (3) 레이저를 반시계방향으로 20도 이동시키고 광선판의 각도선(20 도)을 따라 광선이 진행하도록 정렬한 후 입사각과 굴절각을 측정하여 표 2에 기록한다.

- (4) 입사각을 증가시키면서 굴절각을 측정하여 기록한다. 공기의 굴절율을 1로 보고 입사각과 굴절각으로부터 물의 굴절률을 계산하여 표 5.2에 기록한다.

4.3 내부전반사

- (1) 광선판 위에 반원통형 수조를 아래 그림과 배열한다.
- (2) 90-90을 나타내는 광선판 중심선과 반원통형 수면이 일치하도록 정렬한다. 레이저를 렌즈 아래쪽에 두고 레이저를 켜다. 광선이 광선판의 0-0 중심선을 따라 진행하도록 정렬한다. 경계면에서 꺾인 빛이 0-0 선을 따라 진행하도록 레이저 위치를 미세하게 조정한다.
- (3) 레이저를 시계방향으로 20도 이동시키고 광선판의 각도선을 따라 광선이 진행하도록 정렬한다. 수면에서 공기로 빛이 꺾일 때 입사각과 굴절각을 관찰하고 기록한다.
- (4) 입사각을 증가시키면서 굴절각을 기록하고 꺾인 빛이 사라지는 입사각을 관찰하여 기록한다.



- (5) 공기에서 원통형 수면의 곡면에 입사되는 빛은 꺾이지 않도록 조심한다.

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						
물의 굴절률						

5.3 내부전반사 (고굴절률에서 저굴절률로의 진행)

입사각	10	20	30	40	θ_c	평균
굴절각					90	

6. 고찰 사항

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

- (1) 빛이 나갈 때 빠르기가 빠른 물질 쪽으로 꺾이는가, 아니면 느린 물질 쪽으로 꺾이는가?
- (2) 물의 깊이가 깊을수록 물결파의 속도는 빠르다. 바닷가에 도달하는 파도의 모양은 바닷가의 모양과 같게 밀려온다. 이유를 설명해 보자.
- (3) 실험 4.2에서 측정한 물의 굴절률을 사용하여 이론적으로 내부 전반사 임계각을 계산하여 기록하고, 실험값과 비교해 본다.
- (4) 빛이 나가는 방향을 거꾸로 하면 임계각이 존재하는가?
- (5) 물의 굴절률은 대략 1.33이다 . 물 속에서 밖을 볼 때, 전반사 임계각은 얼마인가?
- (6) 사각형 어항 속을 들여다볼 때, 비스듬히 바라보면 어항 속의 일부분이 보이지 않게 된다. 이유를 설명해 보자. 물 속에 있는 물고기에게도 같은 현상이 일어나겠는가?
- (7) 광통신에 사용되고 있는 광섬유는 안쪽에 굴절률이 큰 코어가 있고, 그 둘레를 굴절률이 작은 물질이 싸고 있다. 이 두 물질의 경계에서 전반사가 일어나 광신호는 안쪽 코어를 따라서 전송된다. 코어의 굴절률이 1.5이고 피복의 굴절률이 1.4인 광섬유가 있다. 광신호를 광섬유에 넣을 때, 입사각이 최대 얼마인가? (단, 표면의 굴절은 무시하고 광섬유의 중심선을 기준으로 각을 측정한다.)