

20    년    월    일    요일  
 시간 :    장소 :    🌞 🌈 🌧️ 🌨️ 🌪️ 🌍  
           학교    학년    반  
 번    이름 :

빛이 진행하는 모습을 관찰하면서 빛의 반사와 굴절에 대하여 알아보고 물질에 따라 진행방향이 어떻게 바뀌는지 확인하여 봅시다.

# 빛의 굴절

## 실험키트구성 ....

2구획 페트리디쉬, 물유리, 우유가루, 나무스틱, 종이컵, 레이저포인터, 개별 활동보고서

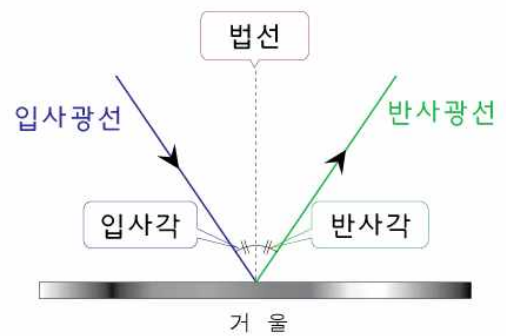
## 준비물 ....

물, 펜(빨강, 초록, 파랑), 자

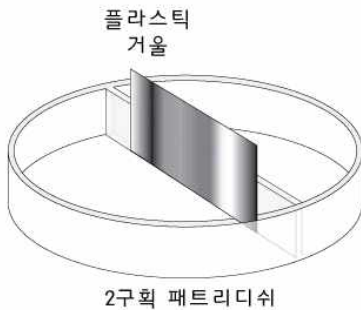
## 빛의 반사

빛이 거울로 비스듬히 입사하면 거울면에서 반사되어 되돌아 나옵니다.

이 때, 거울면과 수직인 선을 **법선**이라 하고, 입사광선과 법선 사이의 각을 **입사각**, 반사광선과 법선 사이의 각을 **반사각**이라 하며 그 크기는 같습니다.

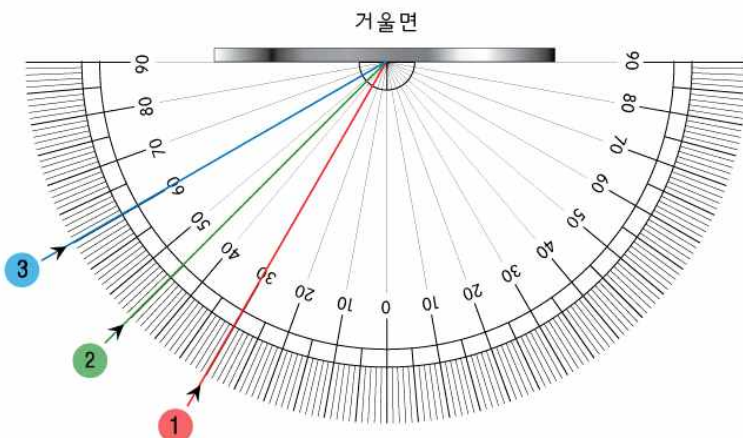


**입사각 = 반사각**



플라스틱 거울을 3cm x 4.5cm 로 잘라 왼쪽 그림과 같이 2구획 페트리 디쉬의 중앙 구획면에 셀로판테이프로 붙여 준비합니다. (거울의 길이를 4등분하면 됩니다.)

아래 그림의 거울면에 맞추어 페트리디쉬를 올려놓은 다음 ① ② ③ 에 맞추어 레이저포인터를 쏘아봅시다. 그리고 각각의 입사광선에 대한 반사광선을 그림에 표시하고 입사각과 반사각을 확인하여 표를 완성합니다.



레이저 포인터	①	②	③
입사각	30°	45°	60°
반사각			

★ 빛의 입사각과 반사각은 어떠합니까?  
 같습니다.

## 빛의 굴절

빛이 진행하다가 성질이 다른 물질을 만나면 일부는 경계면에서 반사되어 나가고, 나머지 빛은 진행 방향이 꺾이는데 이 현상을 **굴절**이라고 합니다. 빛의 굴절은 물질이 다르면 그 물질을 통과하는 빛의 속도가 다르기 때문에 일어납니다. 빛이 굴절하는 정도는 물질마다 다른데, 그 정도는 **굴절률**로 나타냅니다.

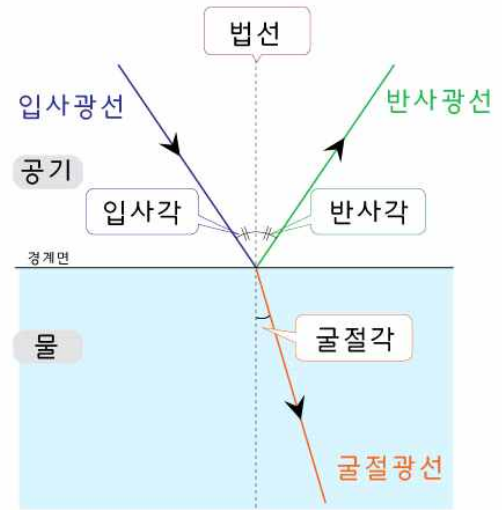
빛이 공기 중에서 물로 입사하는 경우,

$$\begin{aligned} \text{입사각} &= \text{반사각} \\ \text{입사각} &> \text{굴절각} \end{aligned}$$

의 관계를 보입니다.

따라서, 입사각(=반사각)이 커지면, **굴절각**은 입사각과 같지는 않지만 **입사각에 비례하여 커집니다**.

일반적으로 **굴절률**은 진공에 대한 굴절 정도를 나타 내며, **굴절률이 큰 물질일수록 빛이 통과하는 속도가 느려져 굴절각은 작게 나타납니다**.



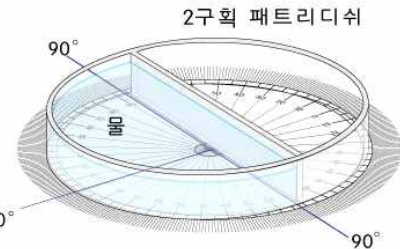
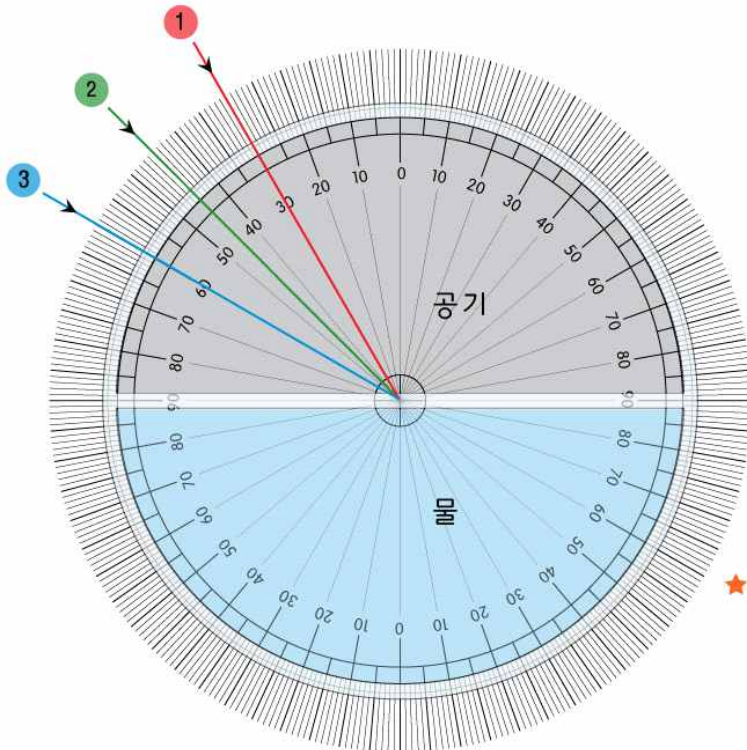
이제부터 공기, 물, 물유리 3가지 종류의 물질을 통과하는 빛을 관찰하여 봅시다.

틴들효과를 이용하여 광선이 눈에 잘 보이도록 하기 위함입니다.

공기 → 물

종이컵에 물을 100ml(종이컵 약 2/3) 넣고 우유가루 1포를 넣어 잘 저어 섞어줍니다.  
2구획 페트리디쉬의 한쪽에 준비한 물을 넣고 그림과 같이 각도기 위에 놓습니다.

빛을 30°, 45°, 60°로 입사시키고 그 때 굴절되는 경로를 각도기 위에 표시한 후 굴절광선을 완성합니다.



각각의 굴절각이 얼마인지 다음 표에 기록합니다.

레이저 포인터	1	2	3
입사각	30°	45°	60°
굴절각			

★ 입사각이 증가함에 따라 굴절각의 크기는 어떻게 변하니까?

입사각이 증가하면 굴절각도 증가합니다.



### 공기 → 물유리

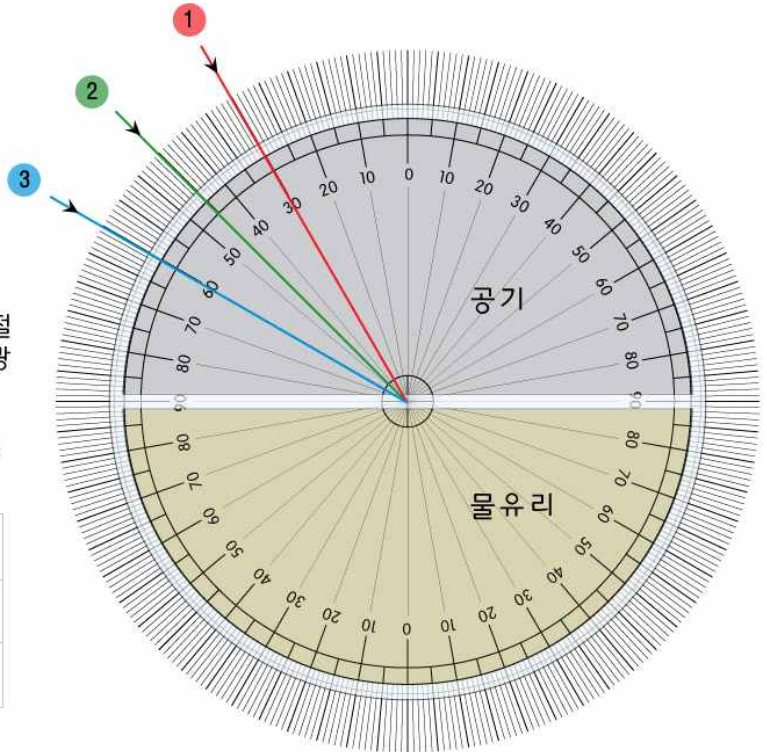
종이컵의 물을 다시 써야하므로 잘 보관하세요.

페트리디쉬의 물을 종이컵에 버리고, 대신 물유리를 넘치지 않도록 가득 채운 다음 각도기 위에 놓습니다.

빛을 30°, 45°, 60°로 입사시키고 그 때 굴절되는 경로를 각도기 위에 표시한 후 굴절광선을 완성합니다.

각각의 굴절각이 얼마인지 다음 표에 기록합니다.

레이저 포인트	1	2	3
입사각	30°	45°	60°
굴절각			



★ 입사각이 증가함에 따라 굴절각의 크기는 어떻게 변합니까? 입사각이 증가하면 굴절각도 증가합니다.

★ 입사각이 60°일 때의 굴절각을 비교하여 봅시다.

공기 → 물, 공기 → 물유리 중에서 더 크게 굴절된 경로는 무엇입니까?  
공기 → 물유리

빛의 경로	공기 → 물	공기 → 물유리
입사각	60°	60°
굴절각		

★ 위의 비교를 참고로, 물과 물유리 중 굴절률이 큰 것은 무엇이라 생각합니까? 물유리

다음의 실험으로 물과 물유리의 굴절률의 크기를 확인하여 봅시다.

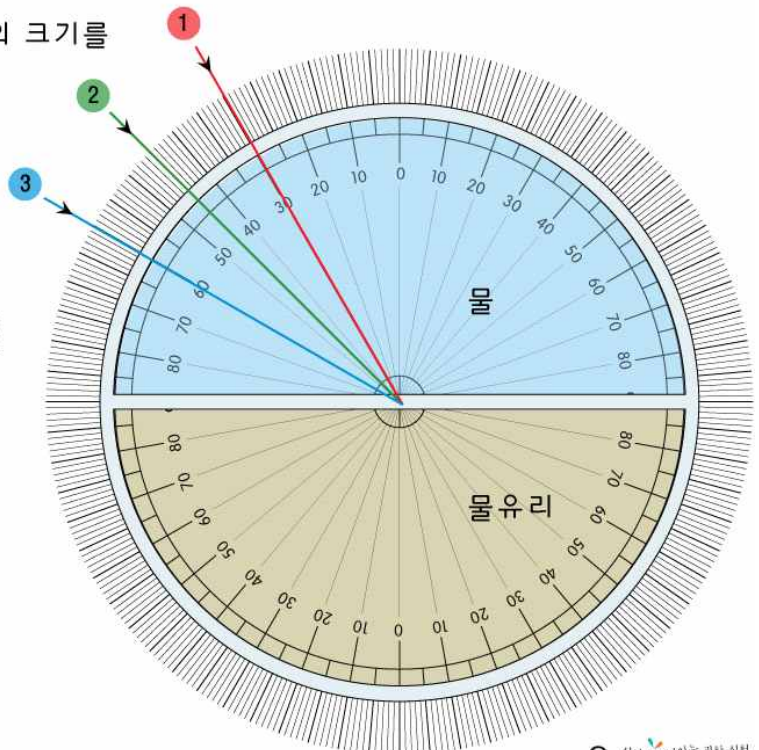
### 물 → 물유리

페트리디쉬의 물유리는 그대로 둔 채, 빈 구획에 종이컵의 물을 부어 준비합니다.

빛을 30°, 45°, 60°로 입사시키고 그 때 굴절되는 경로를 각도기 위에 표시한 후 굴절광선을 완성합니다.

각각의 굴절각이 얼마인지 다음 표에 기록합니다.

레이저 포인트	1	2	3
입사각	30°	45°	60°
굴절각			



★ 입사각이 증가함에 따라 굴절각의 크기는 어떻게 변합니까? 입사각이 증가하면 굴절각도 증가합니다.

★ 물 → 물유리 경로에서는 입사각과 굴절각 중 무엇이 더 큼니까? 입사각

맞는 단위에 0표 하세요.

실험 결과 물 → 물유리 경로에서 입사각보다 굴절각이 ( 크므로 , **작으므로** ), 두 물질 중 굴절률이 큰 물질은 ( 물 , **물유리** ) 임을 알 수 있습니다.

## 실험시 주의사항 ....

1. 물유리가 되도록 피부에 닿지 않도록 주의하시고, 피부에 닿으면 즉시 흐르는 물로 씻어냅니다.
2. 레이저포인터를 사용할 때 직접 눈을 향하지 않도록 주의하고, 교실에서 장난치지 않도록 합니다.

## 확인학습 ....

1. 거울에 의한 반사를 실험해본 결과 입사각과 반사각은 어떤 관계가 있나요?

입사각과 반사각은 같습니다. (입사각=반사각)

2. 여러 물질들 사이의 굴절을 실험해본 결과 입사각과 굴절각은 어떤 관계가 있나요?

입사각과 굴절각은 비례관계입니다. (입사각이 증가하면 굴절각도 증가합니다.)

3. 공기, 물, 물유리 세 가지의 물질들 중에서 굴절률이 큰 물질부터 차례대로 써 봅시다.

물유리

>

물

>

공기

## 원리학습 ....

네덜란드의 수학자이자 물리학자인 스넬(Snell)은 성질이 다른 두 물질의 경계면에서 입사한 빛의 입사각과 굴절각의 sin값의 비는 일정하며, 또 이 값은 각 물질 속에서의 빛의 속도의 비와 같다는 사실을 발견하였습니다. 이 일정한 값을 물질 A 에 대한 물질 B의 굴절률이라 합니다.

$$\text{굴절률} = \frac{\sin \text{입사각}}{\sin \text{굴절각}} = \frac{V (\text{입사되는 매질의 광속도})}{V (\text{굴절되는 매질의 광속도})}$$

일반적으로 굴절률이라 하면 진공에 대한 굴절률을 말하며, 여러 가지 물질의 굴절률을 살펴보면 물은 1.3, 유리는 1.5, 다이아몬드는 2.4 정도입니다.

굴절률이 클수록 법선에 가까워지므로 많이 꺾이는 현상을 볼 수 있습니다. 다이아몬드의 굴절률은 들어간 빛이 되돌아 나올 정도로 크기 때문에 더 반짝반짝 빛나게 보이겠지요!

## 느낀점 ....



Snell의 법칙을 이용하여 물과 물유리의 굴절률을 직접 구해봅시다.

Snell의 법칙 
$$\text{굴절률} = \frac{\sin \text{입사각}}{\sin \text{굴절각}}$$

공기 → 물

오른쪽 사인값을 참고로 세 번의 실험에 대한 각각의 굴절률을 구한 후 기록합니다.

레이저 포인터	1	2	3
입사각	30°	45°	60°
굴절각			

1 굴절률 =  $\frac{\sin 30^\circ}{\sin ( )^\circ} =$

2 굴절률 =

3 굴절률 =

굴절률 1 2 3의 평균값 : 약 1.3

공기 → 물유리

레이저 포인터	1	2	3
입사각	30°	45°	60°
굴절각			

1 굴절률 =  $\frac{\sin 30^\circ}{\sin ( )^\circ} =$

2 굴절률 =

3 굴절률 =

굴절률 1 2 3의 평균값 : 약 1.5

sin 값

sin20° = 0.342
sin21° = 0.358
sin22° = 0.375
sin23° = 0.391
sin24° = 0.407
sin25° = 0.423
sin26° = 0.438
sin27° = 0.454
sin28° = 0.470
sin29° = 0.485
sin30° = 0.500
sin31° = 0.515
sin32° = 0.530
sin33° = 0.545
sin34° = 0.559
sin35° = 0.574
sin36° = 0.588
sin37° = 0.602
sin39° = 0.616
sin40° = 0.643
sin41° = 0.656
sin42° = 0.669
sin43° = 0.682
sin44° = 0.695
sin45° = 0.707
sin46° = 0.719
sin47° = 0.731
sin48° = 0.743
sin49° = 0.755
sin50° = 0.766
sin51° = 0.777
sin52° = 0.788
sin53° = 0.799
sin54° = 0.809
sin55° = 0.819
sin56° = 0.829
sin57° = 0.839
sin58° = 0.848
sin59° = 0.857
sin60° = 0.866

앞의 원리학습에서 알게된 물의 굴절률, 유리의 굴절률과 같은지 비교해 봅시다.

얼마나 차이가 났습니까? 그 오차의 원인은 무엇이라고 생각합니까?

레이저빛의 경로가 굽어 오차가 생길 수 있습니다. 페트리디쉬가 굴절에 영향을 줄 수 있을 것 같습니다.

물유리와 유리의 성분이 정확히 같지 않으므로 굴절률은 다를 것 같습니다. 등 다양한 의견을 적도록 지도해주세요.



## The Tyndall effect

1868년 영국의 존 틴들(John Tyndall, 1820-1893)은 대기 중의 미립자에 의해 빛이 산란되는 현상을 알아내고, 자신의 이름을 붙여 '틴들 효과'(The Tyndall effect)라 하였습니다.

오늘 실험에서 물을 지나가는 빛의 경로를 살펴볼 때에 물에 우유가루를 섞는 과정이 있었습니다.

순수한 물은 빛의 경로를 보여주지 못합니다. 빛이 그냥 통과하기 때문이지요. 이 물에 약간의 우유를 넣으면 빛이 진행하다가 입자에 산란되어 그 빛의 경로가 잘 보이게 됩니다.

공기중에 수증기나 먼지가 많을 때 빛의 경로가 나가는 것을 볼 수 있는 것도 마찬가지로 경우입니다.



[빛의 산란]

이러한 현상은 영화에서도 볼 수 있습니다.

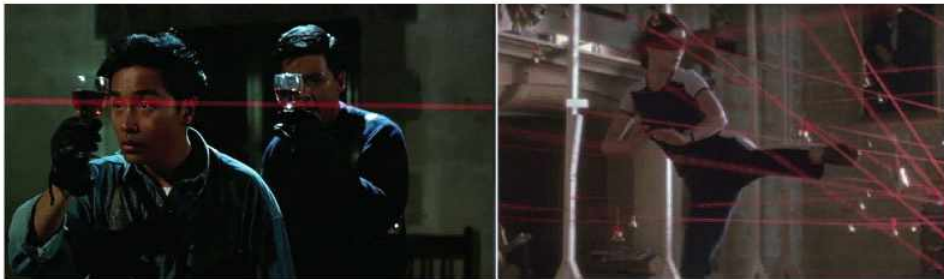
1991년 개봉했던 **중형사해** 라는 영화에서는 주인공 두 명 (장국영, 주윤발)이 보이지 않던 적외선을 와인으로 확인하며 빠져나가는 유명한 장면이 있습니다.

1999년 개봉된 **엔트랩먼트**에서는 파우더 가루를 뿌려 적외선의 위치를 확인합니다. 이 두 장면은 영화의 재미를 더하기 위한 장면으로 현실에서는 안타깝게도 불가능한 과학적 오류의 한 예입니다.

적외선은 영화에서처럼 실처럼 뻗어나가지 않고 확산되며 진행하기 때문입니다.

또 적외선이나 자외선은 가시광선이 아니기 때문에 수증기나 연기등으로 빛의 굴절을 일으킨다고 해도 육안으로는 확인할 수 없습니다.

이러한 오류에도 불구하고, 틴들효과를 이용하여 적외선 경보장치를 빠져나간다는 것은 즐거운 상상이지요!



[중형사해와 엔트랩먼트의 한장면]

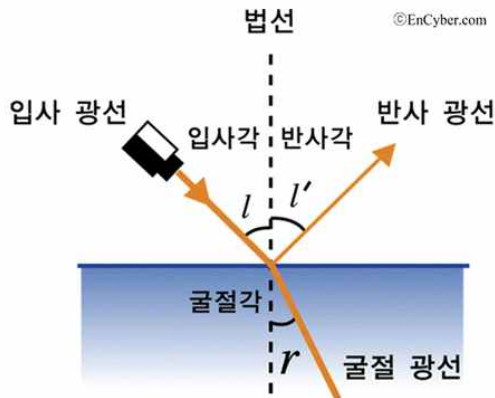
## ■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	빛의 굴절		실험 원리	빛의 반사와 굴절의 이해	
실험 시간	40분	실험 분야	물리	실험 방법	4인 1조
세트구성물	빛의 굴절 활동지, 물유리, 2구획 페트리디쉬, 우유가루, 레이저포인터, 종이컵, 나무스틱				
교사준비물	물(1조 약 100ml)		학생준비물	펜(빨, 초, 파)	
실험 결과	학생 1인당 빛의 굴절 활동지 1부와 2구획 페트리디쉬 1개를 가지고갈 수 있습니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 레이저포인터는 4인 1조에 1개 제공됩니다. 추가로 구매를 원하시면 관련 상품을 참고하세요. 다만 안전상의 이유로 학생들에게 1인 1개씩 배부하지 않을 경우에는 조별 실험 후 수거하시는 것이 좋습니다.</p> <p>TIP 2. 물유리는 손에 묻으면 흐르는 물에 바로 씻도록 해주세요.</p>				

### 빛의 굴절

비스듬하게 입사된 빛이 기존의 매질로부터 새로운 물질로 진행할 때, 매질의 밀도 차이에 의해 빛 좌우의 속도 차이가 생겨서 빛이 꺾이는 현상. 즉, 하나의 매질로부터 다른 매질로 진입하는 빛이 그 경계면에서 나가는 방향을 바꾸는 현상.

아스팔트 위를 달리는 자동차가 비스듬한 방향으로 모래밭을 만나게 되면 모래밭 쪽의 바퀴는 마찰로 속도가 느리므로 양 바퀴의 속도 차이에 의해 자동차의 진행 방향이 꺾이게 된다. 이와 마찬가지로 빛도 진행하다가 밀도가 다른 물질을 만나게 되면 굴절되고, 굴절된 파동이 진행하는 방향과 경계면의 법선 사이의 각도를 굴절각이라 한다.



생활에서 볼 수 있는 굴절

빛이나 소리 등 파동 일반에서 볼 수 있는 현상으로 아지랑이나 별의 반짝임 등의 자연현상을 비롯해서 일상에서는 물이 담긴 컵 속의 젓가락이 굽어 보이는 등 수많은 예를 관찰할 수 있다. 또 렌즈나 프리즘은 빛의 굴절을 이용하는 것으로서 광학기계의 중요한 부분을 구성한다.

등방성·이방성에 따른 굴절

이 때 두 매질이 등방성(물질의 물리적 성질이 방향에 따라 변하지 않는 성질)이면 입사각과 굴절각 사이에는 스넬의법칙(굴절의 법칙)이 성립된다. 그러나 빛이 등방성 매질로부터 이방성(물질의 물리적 성질이 방향에 따라 변하는 성질) 매질로 나아갈 때는 보통 이 법칙이 성립되지 않으며, 경계면에서 굴절파가 둘로 나뉘어 이른바 복굴절 현상을 나타낸다. 방해석의 결정을 통해서 물체를 볼 때 2중으로 보이는 것은 이 때문이다. 그리고 굴절뿐만 아니라 등방성 물질에서도 어떤 방향으로 압력을 가하거나 물질을 전기장 안에 놓으면 복굴절 현상을 일으킨다.

### 천문학적 굴절

하늘 위로 높이 올라갈수록 공기가 희박해지므로, 대기를 통과하는 빛의 굴절률도 그에 따라 변화하며, 항상 조금씩 굴절하고 있다. 이와 같은 빛의 굴절률이 불균일하기 때문에 여러 가지 이상광학현상(異常光學現象)이 일어난다. 예를 들면 천체 망원경으로 별을 관측할 때, 측정된 별의 위치는 실제의 위치와 다소 다른데, 이를 천문학적 굴절이라 한다.

[출처] 빛의 굴절 | 두산백과