

# 01

## 거울과 렌즈

**학습 목표** 거울과 렌즈를 이용한 광학 기기의 원리와 수치를 설명할 수 있다.

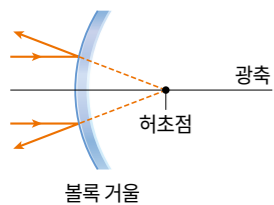
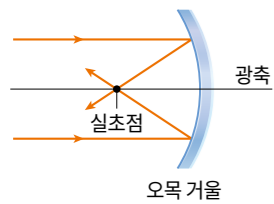
현미경은 실리콘 기관 위에 만들어진 반도체 소자들을 확대해 결함을 찾아내거나 크기를 측정하는 등 반도체 제조 과정에서 중요한 역할을 한다. 현미경은 어떻게 물체의 상을 크게 확대하는 것일까?



### 오목 거울과 볼록 거울

#### 거울의 초점

오목 거울은 실제 반사한 빛이 모이는 실초점을 갖고, 볼록 거울은 반사한 빛의 연장선이 모이는 허초점을 갖는다.



거울의 종류에는 평면거울, 오목 거울, 볼록 거울 등이 있으며, 오목 거울과 볼록 거울은 구의 곡면과 일치하게 만든다. 그림 II-1과 같이 거울을 이루는 구면의 곡률 중심 C를 **구심**이라고 하며, 거울의 중심 O와 구심 C를 연결한 직선을 **광축**이라고 한다. 광축과 평행하게 입사한 광선은 반사한 뒤 한 점으로 모이거나 한 점에서 나온 것처럼 나아간다. 이러한 점 F를 **초점**이라고 하고, 초점과 거울의 중심 사이의 거리를 **초점 거리**라고 한다.

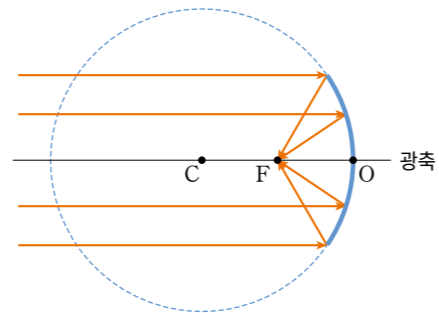


그림 II-1 거울의 중심과 구심

오목 거울에서 초점과 구심의 성질을 이용하면 그림 II-2와 같이 물체의 상이 맺히는 과정을 알 수 있다. 오목 거울의 초점 거리보다 먼 곳에 있는 물체의 한 점에서 반사한 빛은 거울에서 반사한 뒤 한 점에 모여 상을 만든다.

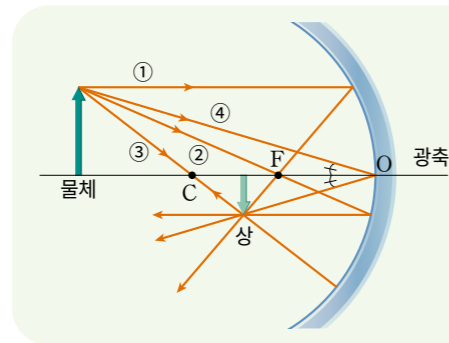


그림 II-2 오목 거울에서 광선의 경로와 상

- ① 광축에 평행하게 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 초점(F)을 지난다.
- ② 초점(F)을 지나 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 광축에 평행하게 나아간다.
- ③ 구심(C)을 지나 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 왔던 경로를 따라 되돌아간다.
- ④ 거울의 중심(O)으로 입사한 광선은 광축과 입사 광선 사이의 각과 같은 각으로 반사되어 나아간다.

다음 활동을 하면서 오목 거울에 의해 나타나는 상의 위치와 특징을 비교해 보자.

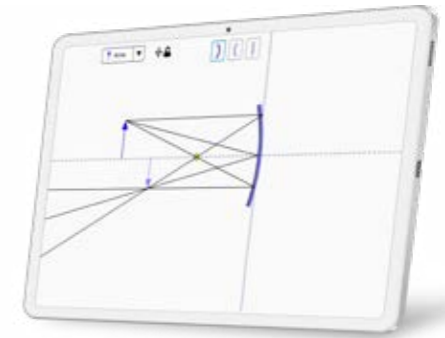
### 해보기

#### 오목 거울에 의한 상의 위치와 특징 찾아보기

1. 인터넷에서 '오목 거울에 의한 상'으로 검색해 모의실험을 제공하는 누리집을 찾는다.
2. 모의실험을 실행해 물체가 오목 거울의 초점 거리보다 멀리 있을 때 상의 위치와 특징을 찾아본다.
3. 물체가 오목 거울의 초점 거리보다 가까이 있을 때 상의 위치와 특징을 찾아본다.

- 준비물**
- ☑ 스마트 기기

- 거울과 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 가까울 때와 멀 때 나타나는 상을 비교해 보자.



볼록 거울에서 초점과 구심의 성질을 이용하면 그림 II-3과 같이 물체의 상이 맺히는 과정을 알 수 있다. 볼록 거울은 반사한 빛이 모이지 않고 퍼져 나가므로 실상을 만들 수 없으며, 항상 물체보다 작은 크기의 바로 선 **허상**이 만들어진다.

**\* 허상**  
반사 광선이나 굴절 광선의 연장선이 만나서 생기는 상점들이 모여 만들어지는 상이다.

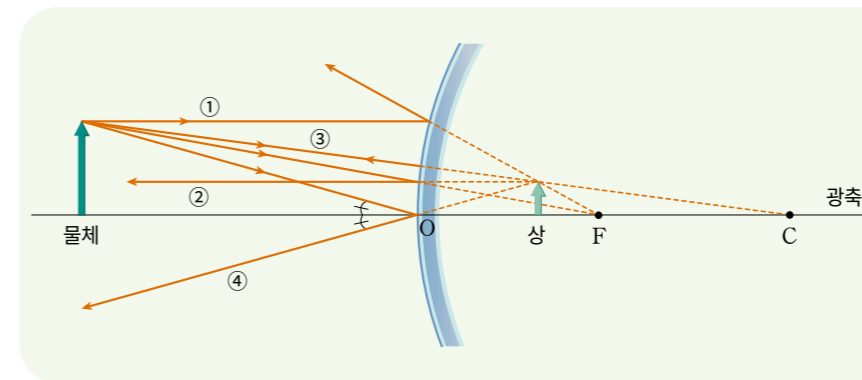


그림 II-3 볼록 거울에서 광선의 경로와 상

- ① 광축에 평행하게 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 초점(F)에서 나온 것처럼 나아간다.
- ② 초점(F)을 향해 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 광축에 평행하게 나아간다.
- ③ 구심(C)을 향해 거울에 입사한 광선은 반사한 뒤 왔던 경로를 따라 되돌아간다.
- ④ 거울의 중심(O)으로 입사한 광선은 광축과 입사 광선 사이의 각과 같은 각으로 반사되어 나아간다.

#### 스스로 확인

- 1 오목 거울의 광축과 평행하게 입사한 빛은 반사한 뒤 ( )을/를 지난다.
- 2 볼록 거울에서는 항상 물체보다 큰 크기의 바로 선 상이 생긴다. (○, ×)



볼록 렌즈에서 상이 맺히는 과정을 '빛과 물질' 단원에서 배웠다.

### 오목 렌즈와 볼록 렌즈

그림 II-4의 (가)와 같이 가운데 부분이 가장자리보다 더 얇은 렌즈를 **오목 렌즈**라고 한다. 광축에 나란하게 오목 렌즈에 입사한 광선들은 두께가 더 두꺼운 쪽으로 굴절해 한 점 F에서 나온 것처럼 퍼져 나아간다. 그림 (나)와 같이 가운데 부분이 가장자리보다 더 두꺼운 렌즈를 **볼록 렌즈**라고 한다. 광축과 나란하게 볼록 렌즈에 입사한 광선들은 두께가 더 두꺼운 쪽으로 굴절해 한 점 F에 모인다. 렌즈에서 빛이 모이는 한 점 F를 **초점**이라고 하고, 초점과 렌즈 중심 O 사이의 거리  $f$ 를 **초점 거리**라고 한다.

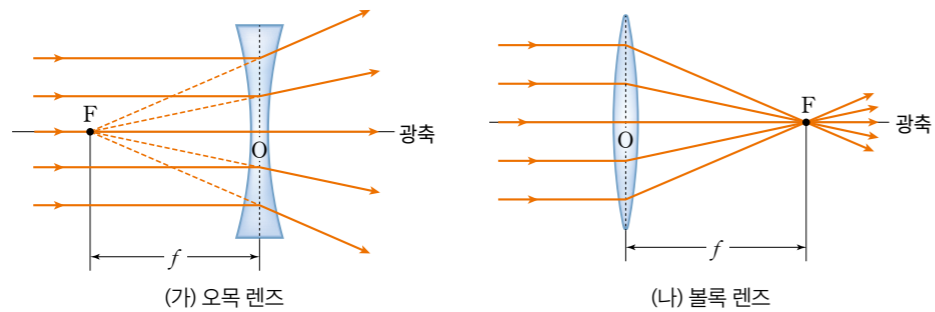


그림 II-4 오목 렌즈와 볼록 렌즈의 초점과 초점 거리

오목 렌즈에서 초점의 성질을 이용하면 그림 II-5와 같이 물체의 상이 맺히는 과정을 알 수 있다. 오목 렌즈는 렌즈를 지나 굴절한 빛이 모여 생기는 상은 만들 수 없으며, 항상 물체와 같은 쪽에 물체보다 크기가 같거나 작은 크기의 바로 선 허상만 생긴다.

- ① 광축에 평행하게 렌즈로 입사한 광선은 초점(F)에서 나온 것처럼 나아간다.
- ② 초점(F)을 향해 렌즈로 입사한 광선은 광축에 평행하게 나아간다.
- ③ 렌즈의 중심(O)을 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진한다.

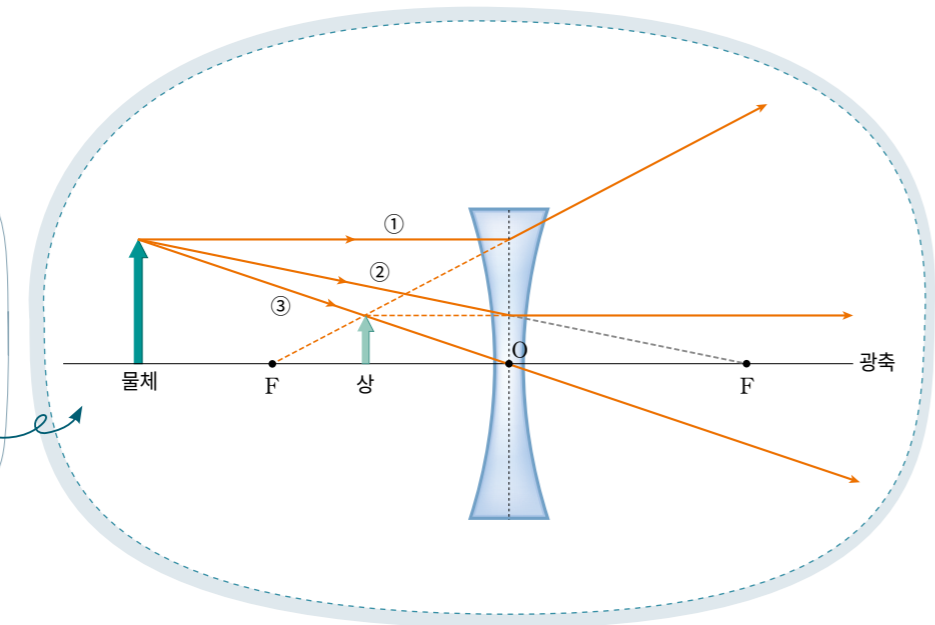
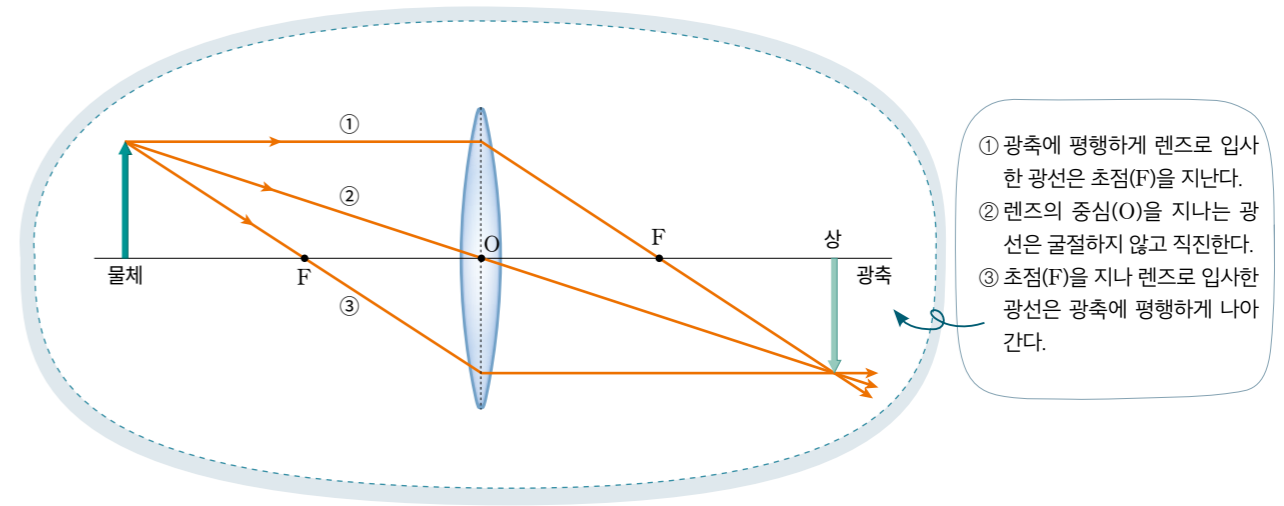


그림 II-5 오목 렌즈에서 광선의 경로와 상

볼록 렌즈에서 초점의 성질을 이용하면 그림 II-6과 같이 물체의 상이 맺히는 과정을 알 수 있다. 물체가 볼록 렌즈 앞의 초점 거리보다 먼 곳에 있으면 물체의 한 점에서 반사한 빛이 렌즈에서 굴절한 뒤 한 점에 모여서 거꾸로 선 실상이 생긴다.



- ① 광축에 평행하게 렌즈로 입사한 광선은 초점(F)을 지난다.
- ② 렌즈의 중심(O)을 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진한다.
- ③ 초점(F)을 지나 렌즈로 입사한 광선은 광축에 평행하게 나아간다.

그림 II-6 볼록 렌즈에서 광선의 경로와 상

다음 활동을 하면서 볼록 렌즈에 의해 나타나는 상의 위치와 특징을 비교해 보자.

### 디지털 해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

#### 볼록 렌즈에 의한 상의 위치와 특징 찾아보기

1. 인터넷에서 '볼록 렌즈에 의한 상'으로 검색해 모의실험을 제공하는 누리집을 찾는다.
2. 모의실험을 실행해 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리를  $a$ , 볼록 렌즈에서 상까지의 거리를  $b$ 로 하고, 아래 표에서 제시한 위치에 물체를 놓고 관찰한다.



● 물체의 상이 나타나는 위치와 상의 특징을 고려하여 표를 완성해 보자.

$a$	$a = \infty$	$2f < a < \infty$	$a = 2f$	$f < a < 2f$	$a = f$	$a < f$
$b$	$b = f$	( ) $< b <$ ( )	$b = 2f$	( ) $< b <$ ( )	$b = \infty$	$b <$ ( )
특징	한 점에 모임.	( ) 거꾸로 선상	같은 크기의 거꾸로 선상	확대된 ( )상	상이 생기지 않음.	( ) 바로 선상

- 준비물
- 스마트 기기

### 모의실험



💡 **활동 길잡이**  
상이 물체와 같은 쪽에 생기는 경우 렌즈에서 상까지의 거리는 음수로 한다.

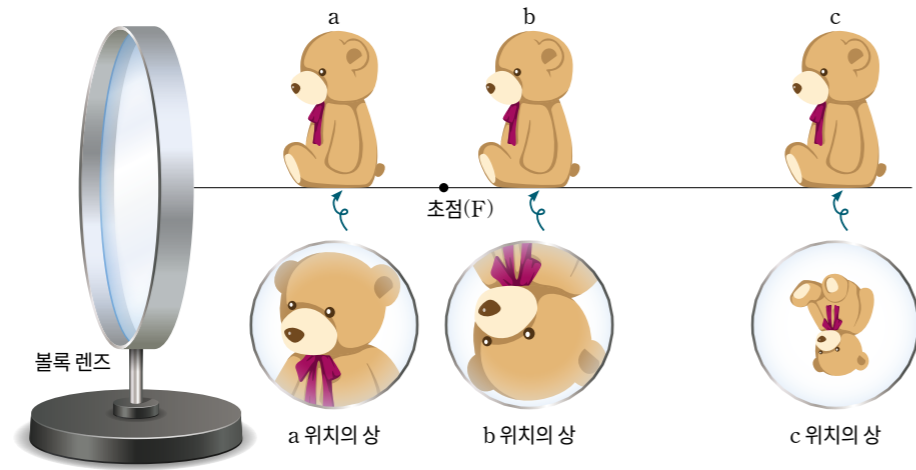


그림 II-7 볼록 렌즈에서 물체의 위치에 따른 상의 변화

그림 II-7의 a 위치와 같이 물체가 볼록 렌즈의 초점 거리보다 가까이 있으면, 확대된 바로 선 상이 보인다. 하지만 물체가 초점 거리에 가까워질수록 상의 크기는 점점 커지다가 사라진다. 그리고 b 위치와 같이 렌즈에서 물체까지의 거리가 초점 거리보다 조금 멀어지면 거꾸로 선 확대된 상이 보인다. 이후 물체가 더 멀어지면 거꾸로 선 상의 크기가 점점 작아지다가 초점 거리의 2 배인 지점에서는 물체와 상의 크기가 같아진다. c 위치와 같이 물체가 더 멀어지면 거꾸로 선 상의 크기가 점점 작아진다.

일상생활에서 렌즈를 이용한 대표적인 예로는 안경이 있다. 그림 II-8의 (가)와 같이 멀리 떨어진 물체의 상이 망막의 앞쪽에 맺혀서 선명한 상을 보지 못하는 근시안인 사람은 오목 렌즈 안경을 착용해 상을 뒤쪽으로 이동하여 교정한다. 반면 그림 (나)와 같이 가까운 물체의 상이 망막 뒤쪽에 맺혀서 선명한 상을 보지 못하는 원시안인 사람은 볼록 렌즈 안경을 착용해 상을 앞쪽으로 이동하여 교정한다.

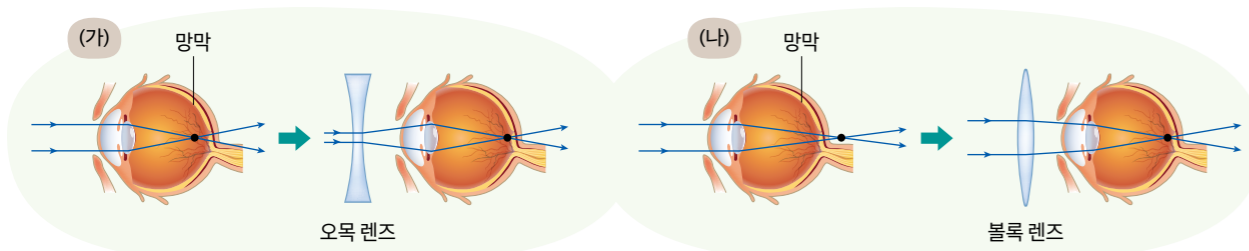


그림 II-8 오목 렌즈 안경과 볼록 렌즈 안경을 이용한 시력 교정

**스스로 확인**

- 1 오목 렌즈의 ( )을/를 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진한다.
- 2 볼록 렌즈에 의한 물체의 상은 항상 확대된 상만 생긴다. ( O, X )

**여러 가지 광학 기구**

**카메라** | 그림 II-9와 같이 카메라의 기본 구조는 물체의 상을 만드는 렌즈와 전하 결합 소자(CCD)와 같이 상을 기록할 수 있는 장치로 되어 있다. 카메라는 또렷한 상을 만들기 위해 다양한 형태의 볼록 렌즈와 오목 렌즈를 여러 개 조합해 사용한다.

그림 II-10의 (가)와 같이 일반 카메라의 뷰파인더로 본 물체와 렌즈를 통하여 CCD에 맺힌 상은 약간의 시차가 존재한다. 그러나 그림 (나)와 같이 일안 반사식(SLR) 카메라는 렌즈 위로 튀어나온 부분에 장착된 오각형 프리즘이 거울에 반사된 좌우가 바뀐 상을 원래 모습으로 바꿔서 뷰파인더로 보내 주는 역할을 한다. 따라서 거울과 프리즘을 이용한 일안 반사식 카메라는 렌즈를 통해 들어온 상의 모습을 동일하게 보면서 촬영할 수 있는 장점이 있다.

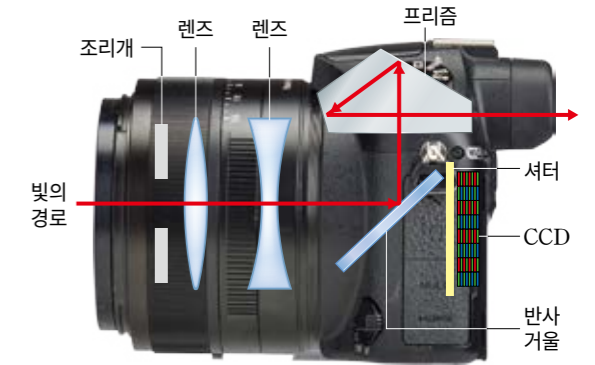


그림 II-9 카메라의 구조

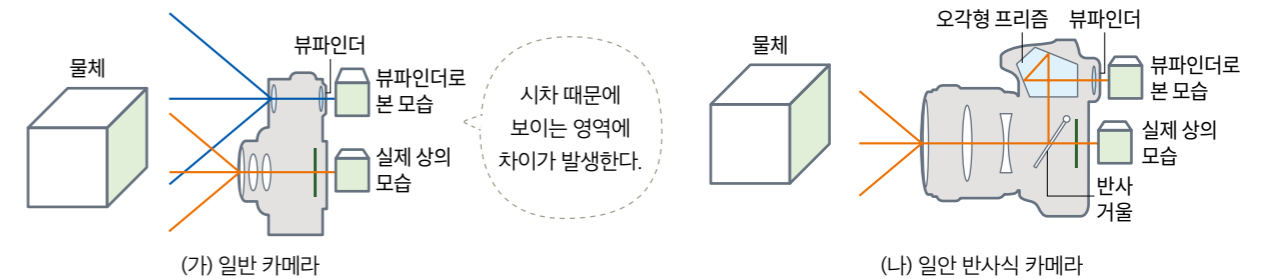


그림 II-10 일반 카메라와 일안 반사식 카메라의 맺힌 상 비교

**망원경** | 망원경은 거울과 렌즈를 이용해 멀리 떨어져 있는 물체를 관측하기 위한 기구로 굴절 망원경과 반사 망원경이 있다. 굴절 망원경인 케플러식 망원경은 그림 II-11과 같이 대물렌즈로부터 매우 멀리 떨어진 물체(A)의 상(A')을 초점 거리( $f_1$ )에 만든다. 이 상(A')이 접안렌즈의 초점 거리( $f_2$ )보다 가까이 형성되면 대물렌즈에 의한 상(A')에 대한 확대된 최종 상(A'')을 볼 수 있다.

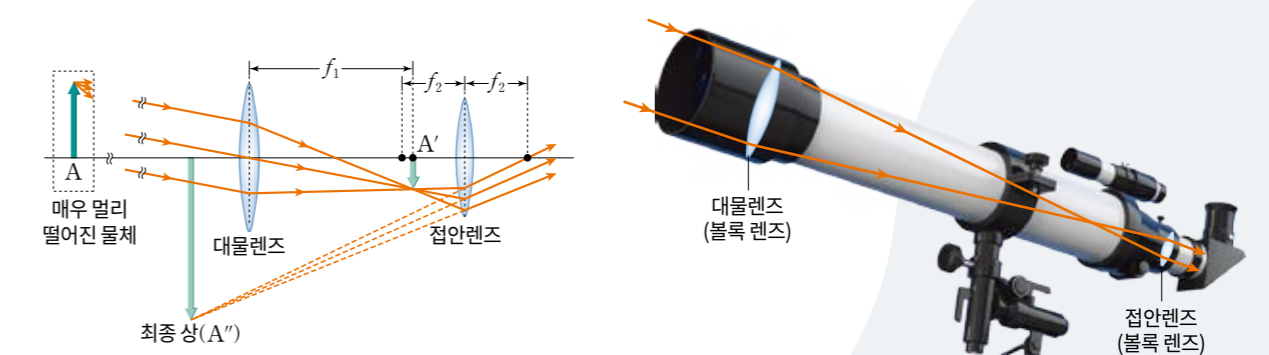


그림 II-11 케플러식 굴절 망원경의 구조와 원리

오목 거울과 평면거울을 이용한 반사 망원경인 뉴턴식 망원경은 그림 II-12와 같이 오목 거울의 초점을 향해 진행하는 빛을 평면거울로 반사해 접안렌즈의 초점 거리 안에 맺히게 한다. 접안렌즈는 이것을 확대해 볼 수 있게 한다.

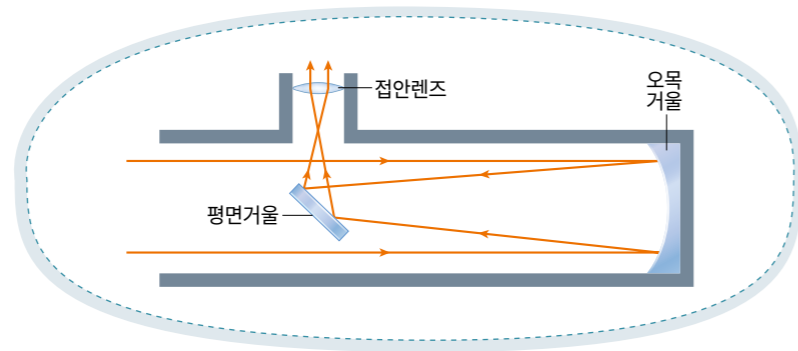


그림 II-12 뉴턴식 반사 망원경의 구조와 원리

**현미경** | 현미경도 굴절 망원경과 같이 두 개의 렌즈로 구성되어 있다. 망원경은 대물렌즈로부터 매우 멀리 떨어져 있는 물체를 관찰하지만, 현미경은 대물렌즈와 가까운 거리의 물체를 관찰한다. 그림 II-13과 같이 관찰하려는 물체(A)를 대물렌즈의 초점(F') 근처 바깥쪽에 놓으면 대물렌즈에 의해서 물체의 확대된 중간 상(I)이 접안렌즈의 초점(F) 근처 안쪽에 생긴다. 이 중간 상(I)은 접안렌즈에 의해서 더욱 확대된 최종 상(I')이 되면서 작은 물체를 확대해 볼 수 있다.

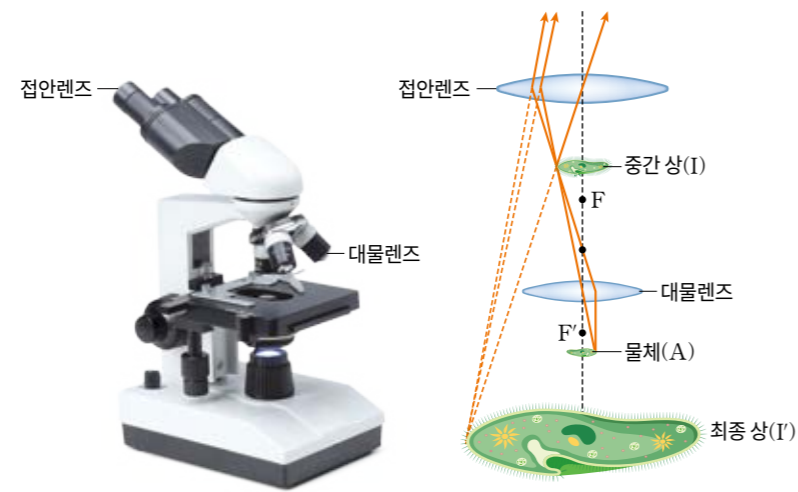


그림 II-13 현미경의 구조와 상의 관찰 원리

### 거울과 렌즈의 수차

거울과 렌즈로 상을 만들거나 관찰할 때 피할 수 없는 근본적인 문제 중 하나는 물체와 완벽히 같은 상을 만들지 못한다는 것이다. 이는 주로 거울과 렌즈의 모양과 재질 때문에 발생한다.

그림 II-14와 같이 거울의 광축에 나란하게 입사한 광선은 포물면 거울에서는 한 점으로 수렴하지만 구면 거울에서는 한 점으로 수렴하지 않는다.

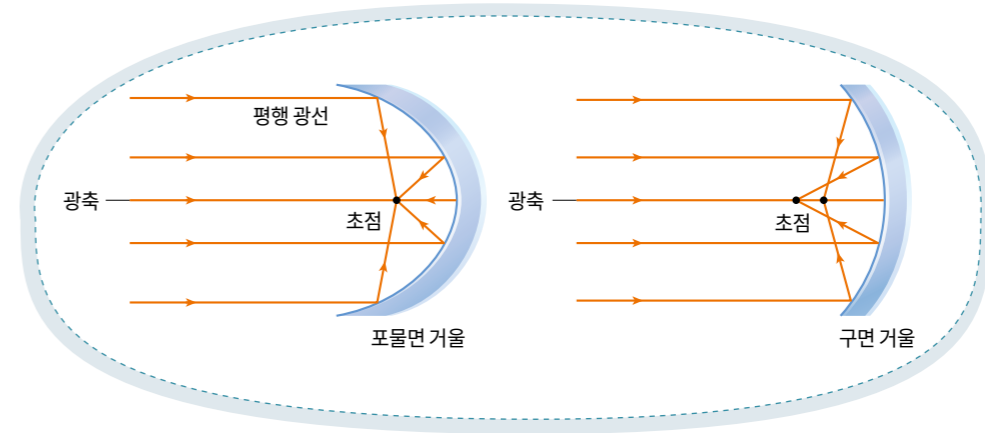


그림 II-14 거울에서 광선의 수렴

그림 II-15와 같이 볼록 렌즈에서도 광축에서 먼 광선일수록 더 많이 굴절해 모든 광선이 한 점으로 모이지 않는다. 또 색이 다른 빛들이 렌즈를 통과할 때 빛의 색에 따라 굴절하는 정도가 달라 여러 가지 색깔의 빛이 한 점에 모이지 않는다. 그림 II-16과 같이 볼록 렌즈에서는 빨간색 빛에 대한 초점 거리가 파란색 빛에 대한 초점 거리보다 더 길다. 오목 렌즈에서도 볼록 렌즈의 경우와 마찬가지로 초점의 위치가 빛의 색에 따라 다르다.

이처럼 거울과 렌즈에서 빛이 한 점에 모이지 않거나 색에 따라 초점 거리가 달라져 물체의 상이 흐려지거나 일그러져 보이는 현상을 수차라고 한다.

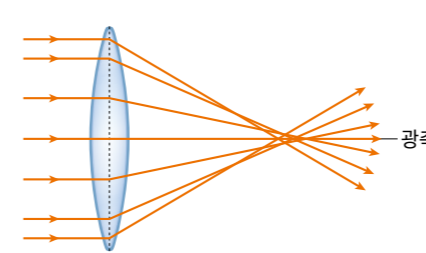
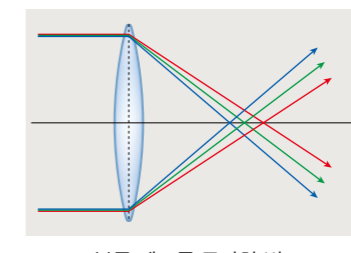
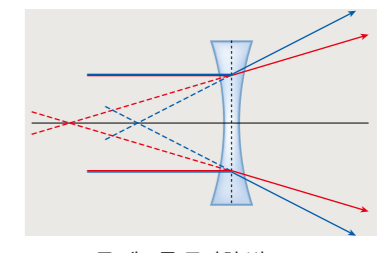


그림 II-15 볼록 렌즈에서 광선의 수렴



볼록 렌즈를 통과한 빛



오목 렌즈를 통과한 빛

그림 II-16 렌즈의 수차

#### 스스로 확인

- 1 현미경은 대물렌즈에 의해 맺힌 실상을 ( )으로 확대해 관찰하는 기구이다.
- 2 ( )은/는 거울과 렌즈에서 빛이 한 점에 모이지 않거나 색에 따라 초점 거리가 달라져 물체의 상이 흐려지거나 일그러져 보이는 현상이다.

#### 스스로 정리

**공유** 광학 기기의 수차를 줄일 수 있는 방안을 생각해 보고 자신의 생각을 공유 플랫폼에 공유해 보자.