

허상의 물리적 특성 연구

김민성*, 이상철**, 강영봉**, 강동식**

목 차

I. 서론	IV. 결과 및 고찰
II. 이론적 배경	V. 결론
III. 실험방법	

I. 서론

현재 제7차 교육과정은 7학년의 빛 단원은 빛의 반사·굴절·분산·합성으로 구성되어 있고, 고등학교 2학년의 물리 I 교과에서 평면거울·구면거울·오목거울·볼록거울·볼록렌즈·오목렌즈에 대한 상의 작도와 눈·사진기·안경·돋보기·망원경·현미경의 원리와 같은 기하광학과 빛의 회절·간섭·편광과 같은 파동광학을 다루고 있다. 또 대학의 일반물리학과 광학에서 광학기기에 의한 상의 작도를 배우고 있다. 학생들은 볼록렌즈에 대한 상의 작도를 통하여 실상에 대한 개념을 고등학교에서 배우지만 실상이 어디에 어떻게 형성되는지를 모르는 경우가 많다. 또한 학생들은 오목거울에 의한 실상과 허상, 평면거울·볼록거울에 의한 허상이 어디에 어떤 모양으로 형성되는지에 대한 개념이 부족한 실정이다.

최근에 Ramadas와 Driver [1]는 물체가 우리 눈에 보이는 이유에 대한 연구에서 학생

* 제주대학교 교육대학원 물리교육전공 교육학석사

** 제주대학교 사범대학 과학교육과 교수

들은 '물체에서 나온 빛이 눈에 도달함으로써 보이는 것이 아니라, 눈에서 나간 빛이 물체에 도달함으로써 보이게 된다.'라고 보고하였다. Palacios [2]는 학생들이 '눈에서 나온 빛이 물체에 도달해야 보인다.'라는 오개념을 갖고 있음을 밝혔다. Jung [3]은 평면거울에 보이는 물체의 상이 어디에 생기는가에 대한 연구에서 '학생들은 물체의 상이 캔버스의 그림처럼 거울 면에 있는 것으로 생각한다.'고 보고하였다. 이들 연구에서 학생들은 평면거울에 의한 물체의 상이 왜 우리 눈에 보이는지에 대한 이해가 부족한 것으로 파악되었다. 이와 같이 상의 작도에 대한 교수학습과 기존의 연구는 이론에 치중하여 학생들이 실상과 허상에 대한 올바른 개념을 가지고 있지 못하다. 그래서 실험에 바탕을 둔 상의 작도에 대한 교수학습과 연구가 필요한 실정이다.

본 연구의 목적은 오목렌즈가 만드는 허상의 위치를 렌즈공식을 이용하여 구한 후 눈으로 관찰한 허상, 스크린에 맺힌 허상, 사진기로 찍은 허상을 비교·분석하여 허상이 왜 보이는 지에 대해서 알아보고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 상·실상·허상의 개념

1) 상(image: 象)

그림 1에서 물체 S의 각 점에서 나온 빛이 광학기구를 통하여 P에 다시 모인 점들의 집합체를 완전한 상(perfect image)이라 한다 [4]. 여기서 물체 S에서 나온 빛이 P에서 번진 점이 된다면 물체 S의 불완전한 상이라 한다 [5-18]. 광학 기구의 왼쪽을 물체공간(object space)이라 하고, 오른쪽을 상공간(image space)이라 한다.

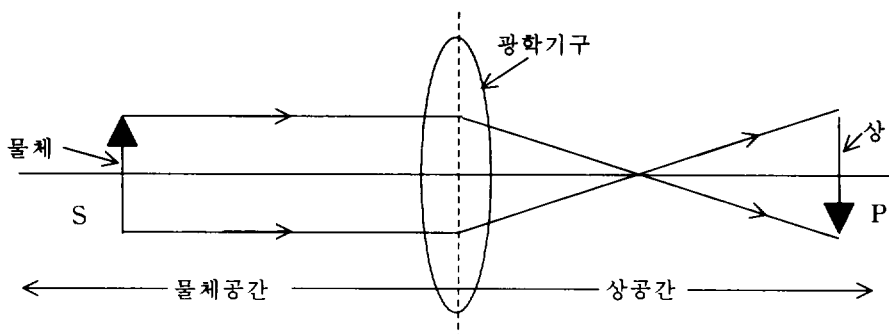


그림 1. 광학기구에 의해 만들어지는 상

2) 실상(real image: 實像)

그림 1에서 광학기구가 볼록렌즈이면 상 P는 도립실상이 된다. P에 스크린을 놓으면 스크린에 실상이 우리 눈에 보인다. 또 P에 눈이 있으면 물체가 뒤집어진 도립실상을 보게 된다. 또한 P에 사진기를 놓고 촬영하면 도립실상을 찍을 수 있다. 실상은 물체에서 나온 빛이 상공간 영역에 다시 모여 상을 만들기 때문에 상이 위치한 곳에 스크린이나 눈을 이용하면 상을 인식하게 된다.

3) 허상 (virtual image: 虛像)

그림 2에서 보는 바와 같이 물체로부터 나온 빛이 오목렌즈와 같은 렌즈 광학계(光學系)를 통과했을 때 발산광선이 되기 때문에 상공간 영역에서 완전한 상을 만들지 못하고 불완전한 상을 만든다.

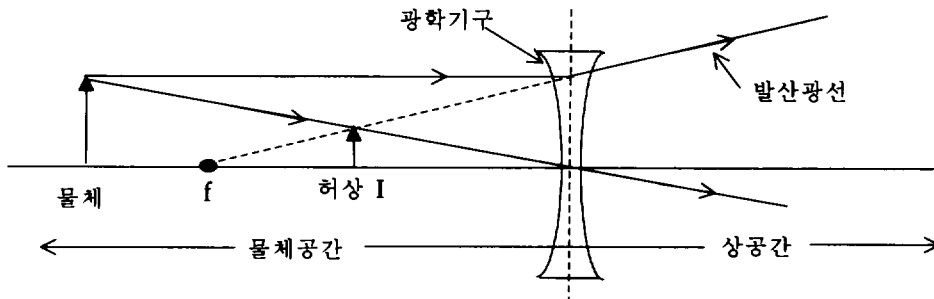


그림 2. 광학기구에 의해 만들어진 허상

하지만 상공간 영역의 발산광선은 마치 물체공간 영역의 I에서 나온 것처럼 보이게 된다. 따라서 상공간 영역에서 광학기구(오목렌즈)를 통하여 물체공간 쪽으로 눈으로 보면 마치 I에 물체가 있는 것처럼 보인다. 이것을 허상(virtual image)이라 한다. 하지만 물체공간에서 허상이 있는 곳을 눈으로 보면 허상은 보이지 않는다. 이것은 I에는 물체가 없기 때문에 실제로 빛이 나오지 않기 때문이다. 또한 같은 이유로 허상이 위치한 곳에 스크린을 놓아도 스크린에 상이 맺히지 않는다.

4) 중·고등학교 과학(물리)교과서에 나온 허상의 정의

중(고등)학교 과학(물리)교과서에는 구면거울에 의한 상 실험과 렌즈에 의한 상의 관찰 실험 등이 있다 [17-20]. 그리고 볼록거울에 의한 상은 이론적인 상 작도에 의해 항상 허상이라고 나와 있지만 허상을 관찰하는 실험은 없다. 볼록렌즈의 경우 물체가 초점 안쪽

에 있는 경우에 물체공간 영역에 정립허상이 만들어 진다고 나와 있고, 오목렌즈에 의한 상은 물체가 어디에 있든지 항상 정립허상이라고 나와 있다 [6].

5) 대학 일반물리학에 나온 허상의 정의

대학 기초물리학 교재에 나온 허상의 정의는 상의 위치에 빛이 집속되지 않고 형성된 상으로 스크린에 나타낼 수 없다. 이에 반해 실상은 상의 위치에 빛이 집속되어 형성된 상이라 하고, 실상은 스크린에 투영된다 [7, 8, 9, 11]. 예를 들어 오목렌즈의 경우 무한대에 점광원이 있으면, 오목렌즈를 통과한 광선은 상공간 영역에서 발산한다. 즉, 이 광선들은 렌즈 뒤편 초점에서 나오는 것처럼 보인다. 그러나 물체공간의 초점위치에는 실제 물체가 없기 때문에 스크린 상에는 어떤 빛나는 상도 나타나지 않는다. 이러한 상을 평면거울에 의해 형성된 유사한 상과 같이 허상이다 [5].

지금까지 중고등학교 및 대학교 물리 교재에 나오는 허상의 정의에 대해서 알아보았다. 하지만 허상을 찾는 방법에 대해서 이론적 설명만 있고 실험을 통해 허상을 관찰하는 방법은 없는 실정이다.

2. 거울과 렌즈를 이용한 허상의 관찰

1) 상 작도법에 의한 볼록렌즈의 허상

그림 3에서 렌즈로부터 f 이내에 위치한 물체(물체거리 s 가 초점거리 f 보다 작을 때)의 점 B에서 나온 빛은 볼록렌즈를 통과하면 발산하기 때문에 볼록렌즈는 상공간 영역에서 물체의 실상을 만들지 못한다. 그러나 가역성 원리에 따라 렌즈로부터 상공간 영역으로 발산된 빛이 뒤로 진행하면 볼록렌즈의 물체공간 영역의 점 B'에서 두 빛이 교차하게 된다.

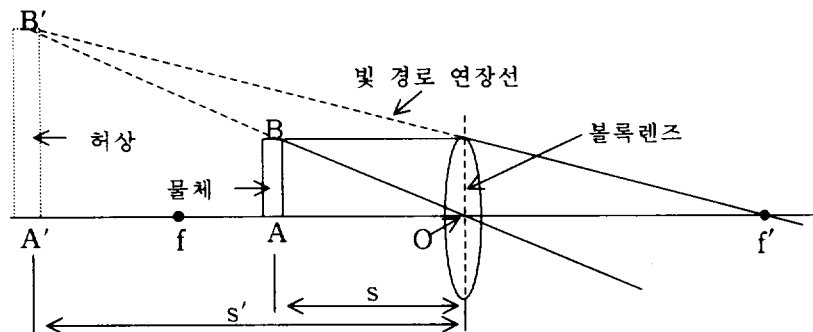


그림 3. 볼록렌즈의 초점 안에 있는 물체가 만드는 허상

상공간 영역에서 물체를 볼 때, 물체는 마치 볼록렌즈에서 물체공간 영역으로 s' 거리에 위치한 점 B'에서 빛이 나온 것처럼 보인다. 이와 마찬가지로, 물체의 다른 점에서 나온 빛은 렌즈를 지난 후 선 A'B'위의 대응되는 점에서 나온 것처럼 보인다. 따라서 사람이 볼록렌즈로부터 나온 빛을 본다면, 사람의 망막에 형성된 실상은 마치 A'와 B' 사이에 위치한 높이 h' 의 실물에 의해 형성된 도립실상과 같다. 이런 의미에서 볼록렌즈로부터 나온 빛은 볼록렌즈의 물체공간쪽에 물체의 허상을 형성했다고 말한다. 그러나 허상의 위치에 실제로 빛이 나오거나 모이지 않기 때문에 허상은 실상이 아니다. 따라서 허상의 위치에 스크린을 놓아도 스크린에 상이 형성되지 않는다 [10]. 또한 같은 이유로 물체 공간영역에서 허상을 눈으로 볼 수도 없다. 허상은 상공간 영역에서 물체를 보았을 때만 눈으로 보거나 사진기로 찍을 수 있다.

2) 상 작도법에 의한 오목렌즈의 허상

그림 4은 물체공간 영역에 있는 물체의 점 A에서 나온 빛이 광축과 평행하게 오목렌즈에 입사한 빛은 렌즈를 통과한 후 상공간 영역에서 발산하는 것을 보여준다. 상공간 영역으로 발산한 빛을 물체공간 영역으로 직선으로 연장하였을 때 연장선과 광축은 점 f에서 교차하며 이점은 오목렌즈의 초점이다. f로부터 렌즈 중심까지의 거리를 초점거리 f 라 하여 (-)값이 취해진다. 물체공간 영역에 있는 물체의 점 A에서 나온 빛이 오목렌즈의 중심을 지난 빛과 발산한 빛의 연장선의 교차점에서 허상이 형성된다. 허상은 물체공간 영역의 초점과 오목렌즈 사이에 정립상으로 존재하며 물체에 비해 항상 작다 [9].

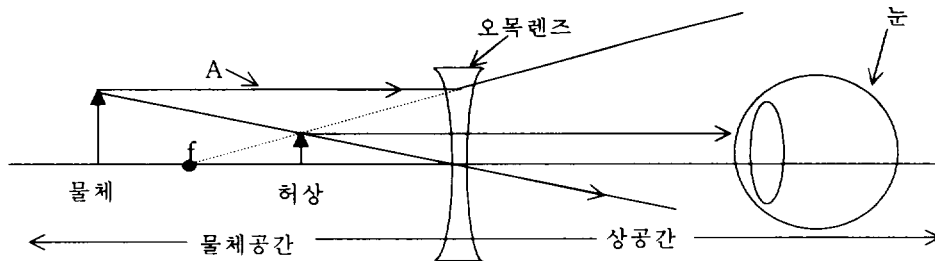


그림 4. 오목렌즈에 의해 생기는 허상

3) 핀홀카메라의 원리 및 카메라 렌즈의 역할

그림 5는 핀홀카메라 구조로 카메라 구조 중에 가장 간단한 것이다. 암상자(외부로부터 빛이 들어오지 않도록 한 상자)의 한쪽 면에 핀홀 H를 만들고, 반대측면에 필름을 붙인다. 빛의 직진성으로부터 피사체의 A점과 B점에서 나온 빛은 핀홀 H를 통하여 필름 상의 A'점과 B'점에 도달한다. 따라서 필름 위에 피사체의 도립실상이 형성된다.

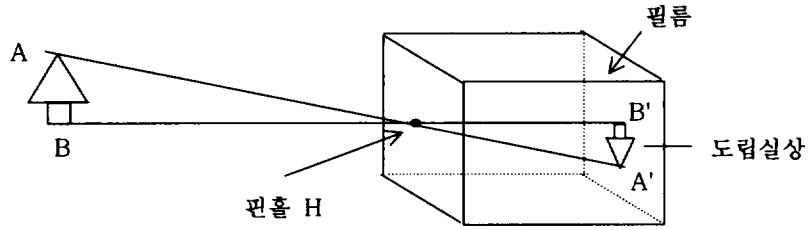


그림 5. 핀홀 카메라의 원리

핀홀카메라의 상은 매우 어둡기 때문에 필름의 감광시간을 길게 하는 것이 필요하다. 그래서 밝게 하기 위하여 그림 6처럼 핀홀을 크게 하여 보자.

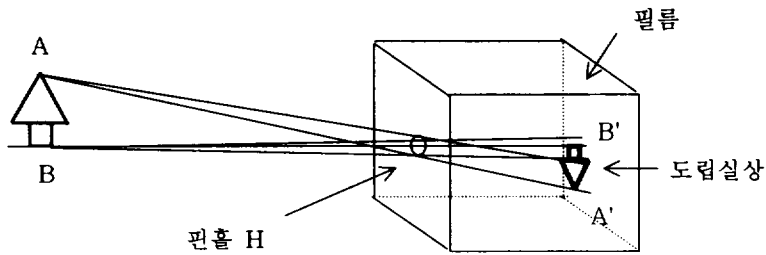


그림 6. 핀홀을 크게 한 경우

그러나 핀홀을 크게 하면 A점의 상인 A'점은 퍼짐을 갖는 흐려진 상이 되어 버린다. 결국 핀홀을 크게 하면 분명히 밝게 되지만 구멍이 클수록 매우 흐려진 상을 얻는다. 상이 흐려지지 않는 상을 만들려면 그림 7처럼 렌즈를 이용해야 한다. 그러면 상이 흐려지지 않고 많은 빛을 모는 것이 가능하다. 이로서 우리는 핀홀카메라를 사용하면 사진을 찍을 수 있다.

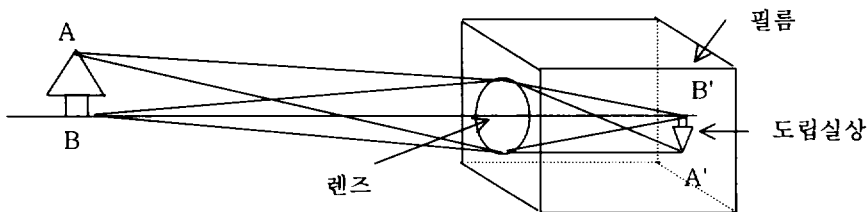


그림 7. 렌즈를 사용한 카메라

또한 렌즈의 밝기는 F-수로 나타내며 이 수치가 작을수록 밝은 렌즈이다. 밝다는 것은 많은 빛을 모으는 것이므로 따라서 렌즈의 직경도 크게 된다 [12].

Ⅲ. 실험 방법

1) 볼록렌즈에서의 허상의 관찰 실험

그림 8과 같이 볼록렌즈의 초점거리 안에 물체를 놓으면 상공간에서 렌즈를 통해 물체를 관찰하면 물체공간에 허상이 나타난다. 허상 관찰에 사용한 볼록렌즈는 초점거리가 40cm, 19cm이다. 물체의 크기는 3cm로 볼록 렌즈의 초점 거리 안에 물체를 위치시키고 실험을 하였다.

볼록렌즈의 허상을 관찰하기 위한 실험절차는 다음과 같다.

- (1) 그림 8과 같이 허상을 관찰하기 위해 광학대 위에 물체크기가 3cm인 표적판을 볼록렌즈의 초점 안에 놓았다. 또 스크린에 허상이 맺히는 지를 알아보기 위해 스크린을 광원과 볼록렌즈 사이에 놓고 관찰하였다.

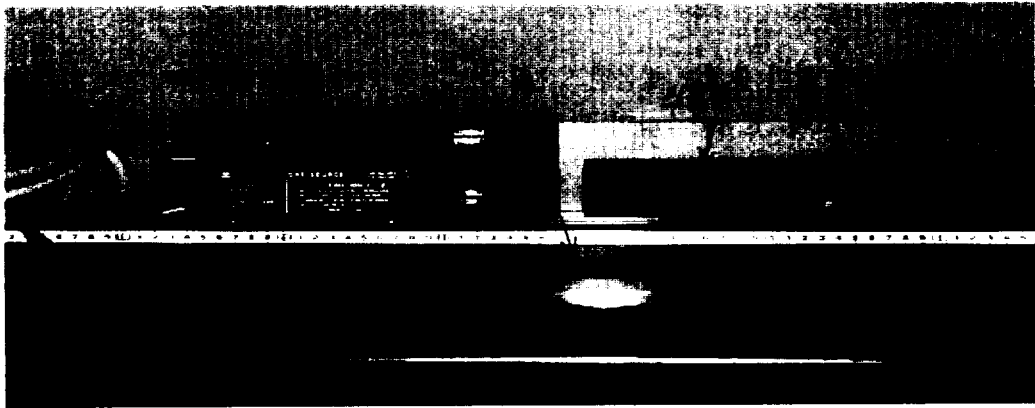


그림 8. 볼록렌즈에 의한 허상 관찰 장치도

- (2) 컴퓨터 모의실험 프로그램에 의해 허상이 만들어지는 위치에 스크린을 위치시키고 사진기를 이용하여 관찰한다.
- (3) 그림 9와 같이 물체는 볼록렌즈 1의 초점거리 안에 있고 볼록렌즈 2는 볼록렌즈 1과 스크린 사이에 있다. 이 때 광원을 켜고 볼록렌즈 1이 만드는 물체의 상이 볼록렌즈 2를 통과한 후 스크린에 맺히는 상을 관찰한다.

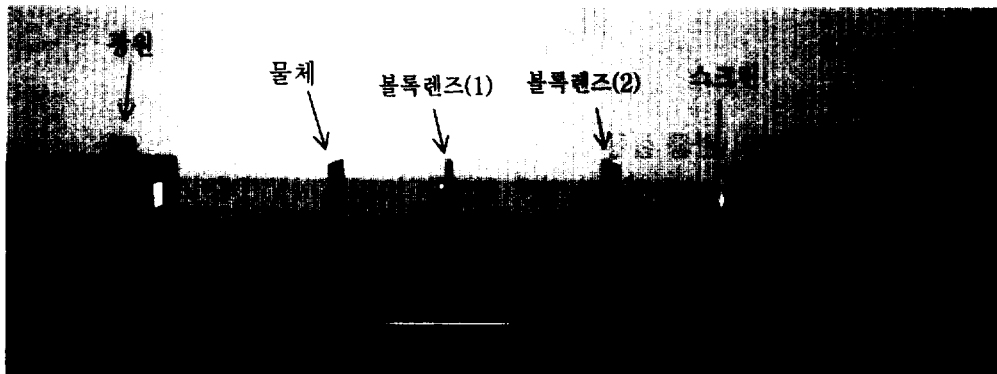


그림 9. 볼록렌즈 1에 의한 허상을 스크린에서 관찰하기 위한 장치도

- (4) 볼록렌즈 1이 만드는 허상을 볼록렌즈 2 뒤에 있는 스크린의 위치에 카메라로 찍어 스크린에 맺힌 상을 비교한다.
- (5) 그림 10과 같이 물체는 볼록렌즈 1의 초점거리 안에 있고 볼록렌즈 2의 위치에 카메라를 놓는다. 볼록렌즈 1이 만드는 물체의 허상을 카메라로 찍어 스크린에 맺힌 상을 비교한다.

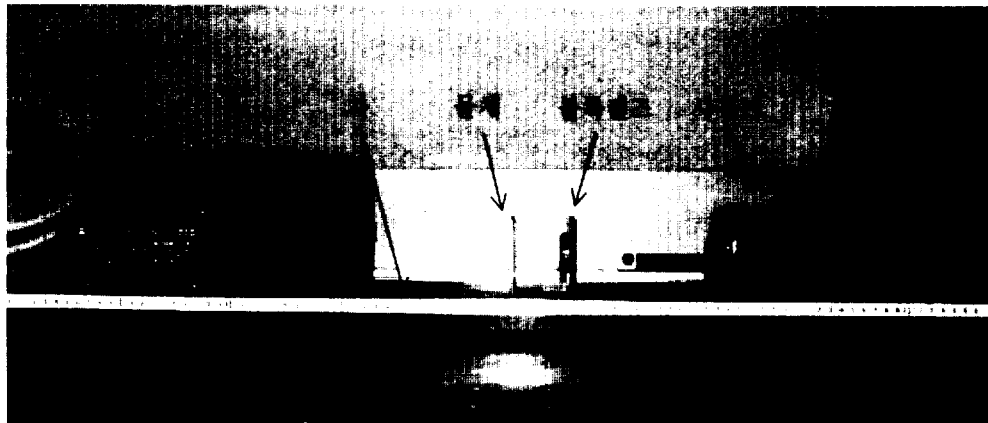


그림 10. 볼록렌즈 1에 의한 허상을 사진기를 이용하여 관찰하기 장치도

IV. 결과 및 고찰

1. 볼록렌즈에서 허상의 관찰 분석

그림 11와 표 1은 물체의 위치에 따라 볼록렌즈의 상이 나타나는 위치와 모양이다. 그림 11에서 a 는 물체의 위치, b 는 상의 위치, f 는 초점거리이다.

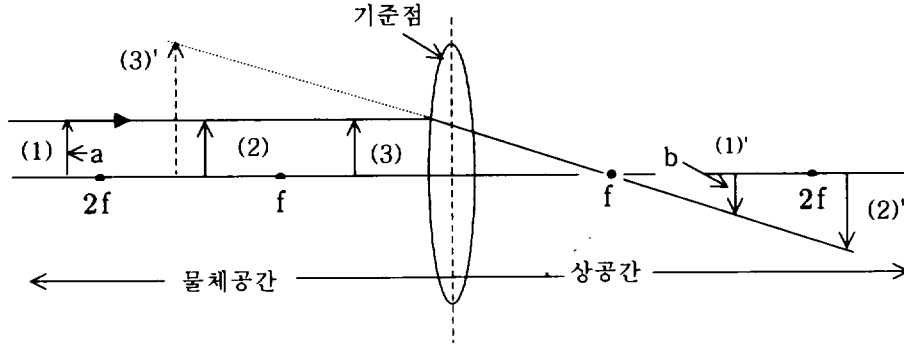


그림 11. 물체의 위치에 따른 볼록렌즈에 의한 상 형성

표 1. 물체의 위치에 따른 볼록렌즈에 의한 상의 위치와 모양

물체의 위치	$a = \infty$	$2f < a < \infty$	$a = 2f$	$f < a < 2f$	$a < f$
상의 위치 및 모양	$b = f$ 점	$f < b < 2f$ 축소도립실상	$b = 2f$ 같은 크기의 도립실상	$2f < b < \infty$ 확대된 도립실상	$b < 0$ 확대된 정립허상

그림 11 에서 볼록렌즈에 의한 허상을 관찰하려면 물체를 볼록렌즈의 초점 안에 위치해야 한다. 즉, 물체가 렌즈와 초점 사이인 (3)번 위치에 있을 때 물체의 허상은 물체공간 영역인 (3)'에 위치한다.

1) 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 물체공간의 스크린 위에 맺힌 허상 관찰

그림 12(그림13)은 볼록렌즈의 초점거리 $f = 40\text{ cm}$ ($f = 19\text{ cm}$), 물체위치 $a = 15\text{ cm}$ ($a = 10\text{ cm}$)일 때, 물체공간 영역인 $i = 22.5\text{ cm}$ ($i = 21.0\text{ cm}$)에 확대정립 허상이 나타나는 상작도이다. 그림 12(그림 13)와 같이 물체가 초점 안 $a < f$ 인 경우 볼록렌즈의 허상은 항상 빛이 모이지 않은 물체공간 영역에 위치하기 때문에 스크린을 놓아도 상은 맺히지 않는다.

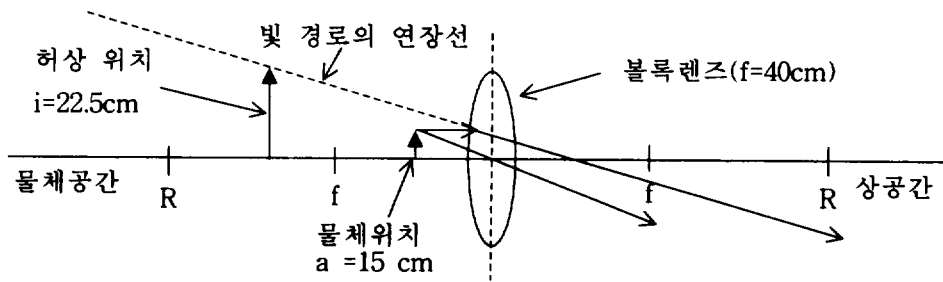


그림 12. 초점거리 $f = 40 \text{ cm}$ 인 볼록렌즈에서 허상이 나타나는 경우

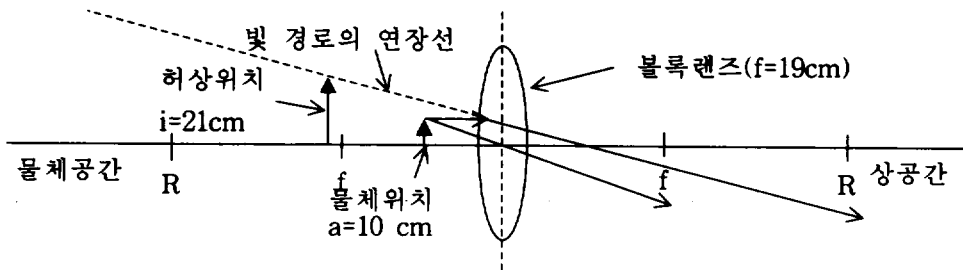


그림 13. 초점거리 $f = 19 \text{ cm}$ 인 볼록렌즈에서 허상이 나타나는 경우

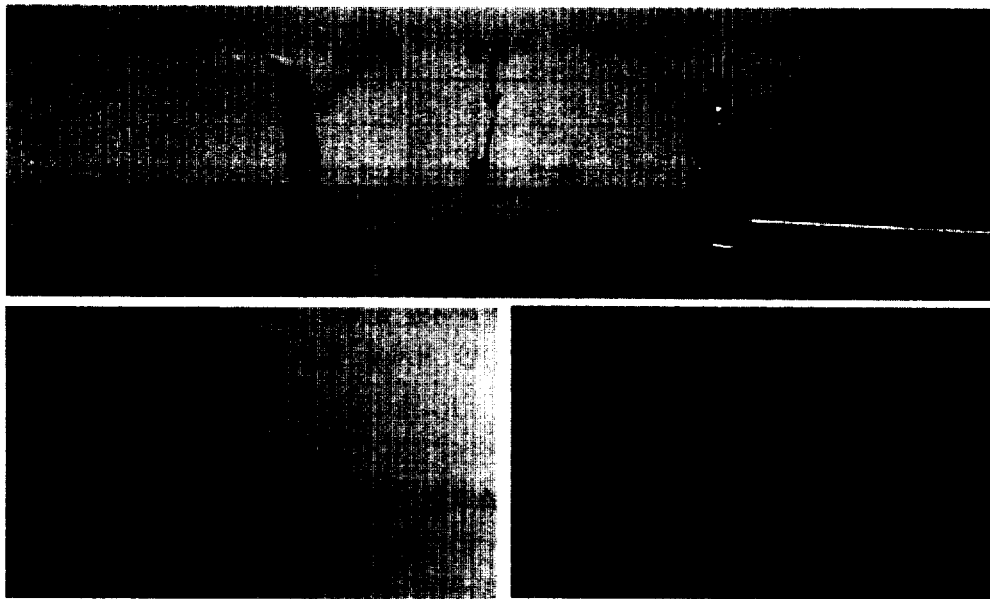


그림 14. (a) 물체위치가 $a < f$ 이고 허상 위치에 스크린이 있을 때의 실험 배치도, (b) 볼록렌즈 초점 $f = 40 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 15 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 22.5 \text{ cm}$, (c) 볼록렌즈 초점 $f = 19 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 10 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 21.0 \text{ cm}$

그림14는 그림12(그림13)의 물체위치가 $a < f$ 이고 허상 위치에 스크린이 있을 때의 실험 배치도와 실제 허상 관찰 실험을 나타낸 것이다. 그림 29(b)는 볼록 렌즈의 초점거리 $f = 40 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 15 \text{ cm}$, 허상의 위치 $i = 22.5 \text{ cm}$ 에 스크린을 놓았고 그림14(c)는 볼록렌즈의 초점거리 $f = 19 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 10 \text{ cm}$, 허상의 위치 $i = 21.0 \text{ cm}$ 에 스크린을 배치하여 허상이 스크린에 맺히는지 카메라로 촬영한 것이다. 예상과 같이 허상위치에 스크린을 놓고 허상을 관찰하면 그림 14(b)와 (c)에서 보는 바와 같이 아무런 상도 맺히지 않았다.

2) 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 볼록렌즈(2)를 치운 후 스크린에 맺힌 상 관찰

그림15(a)는 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역에 위치한 볼록렌즈(2) 없이 볼록렌즈(2)의 초점 위에 스크린을 배치한 실험장치도이다. 그림 15(b)는 볼록렌즈(1)의 초점거리가 $f = 40 \text{ cm}$ 이고 물체위치가 $a = 15 \text{ cm}$ 인 경우에 스크린에 맺힌 상을 카메라로 찍은 사진이다.

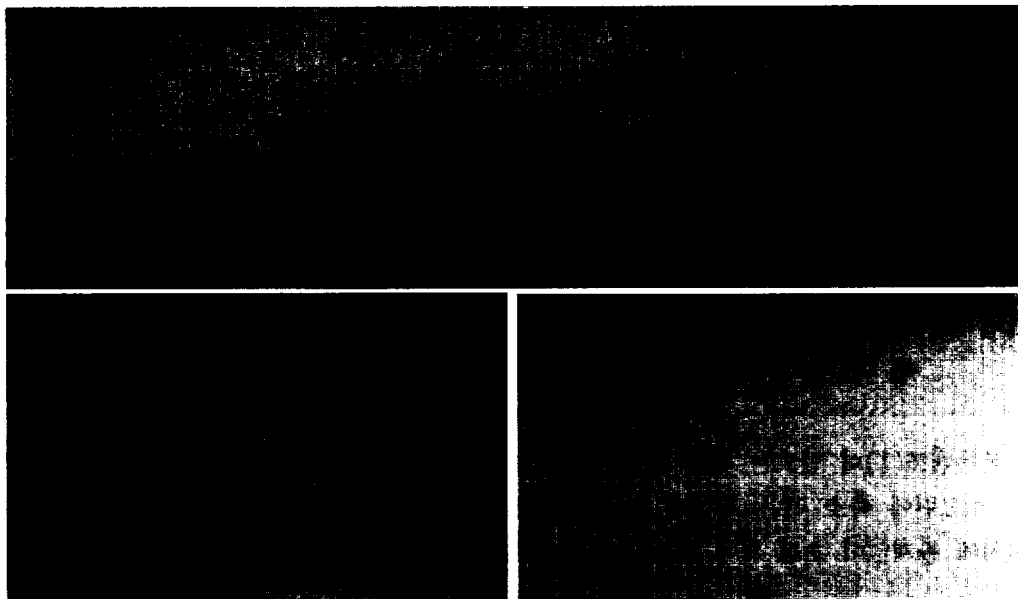


그림 15. (a) 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역으로 35cm(25cm)에 위치한 볼록렌즈(2)의 초점 위에 스크린을 배치한 실험장치도 (b) 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 40 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 15 \text{ cm}$ (c) 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 19 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 10 \text{ cm}$ 인 경우에 스크린에 맺힌 상을 카메라로 찍은 사진.

그림 15(a)는 볼록렌즈(1)의 초점거리가 $f = 19\text{ cm}$ 이고 물체위치가 $a = 10\text{ cm}$ 인 경우에 스크린에 맺힌 상을 카메라로 찍은 사진이다. 그림 15(b)와 15(c)에서 보는 바와 같이 볼록렌즈(2)를 치우고 스크린에 맺힌 상을 관찰하면 스크린에 상은 맺히지 않는다.

3) 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 상공간의 스크린 위에 맺힌 허상 관찰

그림 16은 초점거리가 $f = 40\text{ cm}$ 인 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역으로 35 cm 떨어진 위치에 초점거리 $f = 19\text{ cm}$ 인 볼록렌즈(2)를 놓고 볼록렌즈(2)의 초점 안, 초점 위, 초점 밖에 스크린을 배치하여 스크린에 맺히는 상을 카메라로 촬영하기 위한 실험장치도이다. 초점거리 $f = 40\text{ cm}$ 인 볼록렌즈(1)는 위치가 $a = 15\text{ cm}$ 지점에 크기가 3 cm 인 물체를 놓으면($a < f$ 인) 물체공간영역 $i = 22.5\text{ cm}$ 지점에 확대 정립허상이 나타난다.

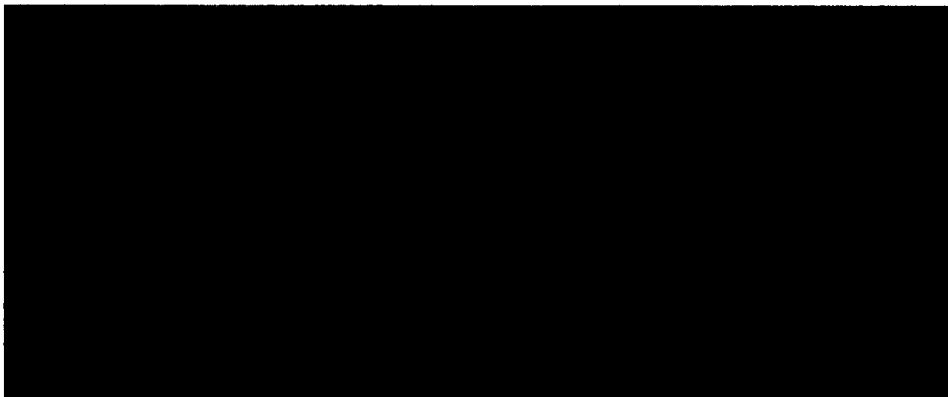


그림 16. 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역으로 35 cm 에 위치한 볼록렌즈(2)의 초점 위에 스크린을 배치한 실험장치도

볼록렌즈(1)이 만드는 확대 정립허상은 상공간 영역에 있는 볼록렌즈(2)의 초점에 위치한 스크린에 축소 혹은 확대된 도립실상으로 맺히게 된다. 상공간에 있는 볼록렌즈(2)의 위치에 관계없이 초점 위에 있는 스크린에 도립실상이 맺힌다.

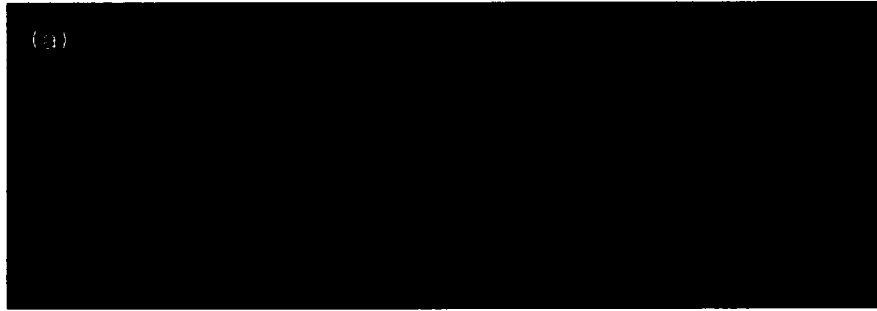


그림 17. 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 40\text{ cm}$, 물체위치 $a = 15\text{ cm}$, 볼록렌즈(2)의 초점거리 $f = 19\text{ cm}$ 일 때, 스크린의 위치가 볼록렌즈(2)의 (a) 초점 위에 있을 때 스크린에 맺힌 상을 카메라로 찍은 사진.

그림 17(a)는 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 40\text{ cm}$, 물체위치 $a = 15\text{ cm}$, 볼록렌즈(2)의 초점거리 $f = 19\text{ cm}$ 일 때, 스크린의 위치가 볼록렌즈(2)의 초점 위에 있을 때 스크린에 맺힌 상을 카메라로 찍은 사진이다. 그림 17(a)에서 보는 바와 같이 볼록렌즈(2)의 초점 위에 스크린이 배치되는 경우에 스크린에 도립실상이 선명하게 맺힌다.

4) 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 카메라로 직접 허상을 찍은 사진

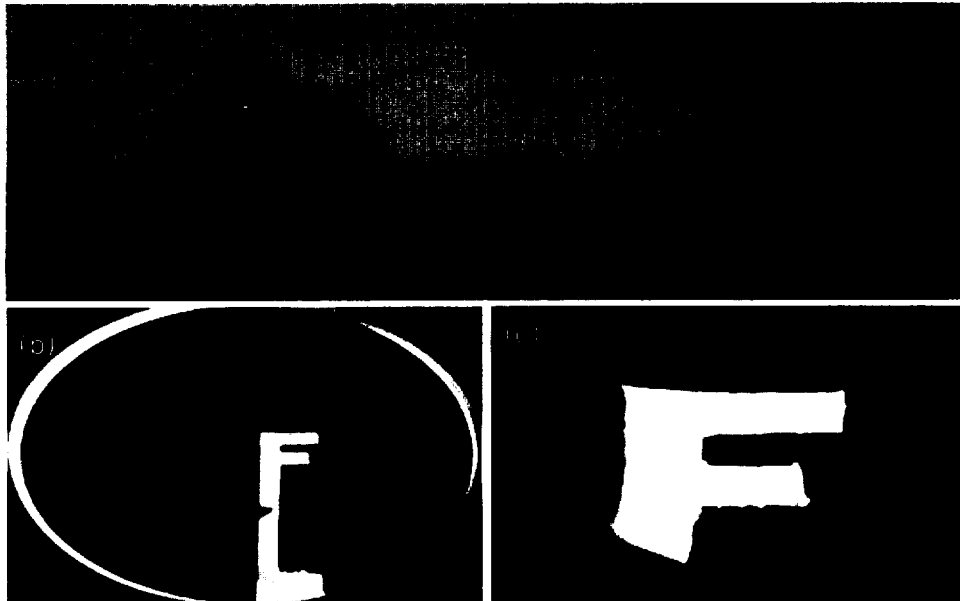


그림 18. (a) 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역의 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 카메라를 배치한 실험장치도 (b) 볼록렌즈(1)의 초

점거리 $f = 40 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 15 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 22.5 \text{ cm}$ (c) 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 19 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 10 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 21.0 \text{ cm}$ 인 경우에 카메라로 찍은 허상.

그림 18(a)는 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 인 경우에 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역의 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 스크린이 위치한 곳에 카메라를 배치한 실험장치도이다. 그림 18(b)는 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 40 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 15 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 22.5 \text{ cm}$ 경우에 카메라로 찍은 허상이다. 그림 18(c) 볼록렌즈(1)의 초점거리 $f = 19 \text{ cm}$, 물체위치 $a = 10 \text{ cm}$, 허상위치 $i = 21.0 \text{ cm}$ 인 경우에 카메라로 찍은 허상이다. 그림 18(b)와 18(c)에서 보는 바와 같이 볼록렌즈(2)와 스크린이 없는 경우에 볼록렌즈(1)을 통해서 카메라로 찍은 허상은 선명하고 정립상으로 보인다.

6) 물체위치가 $a < f$ 인 경우, 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 핀홀카메라로 직접 허상을 찍은 사진

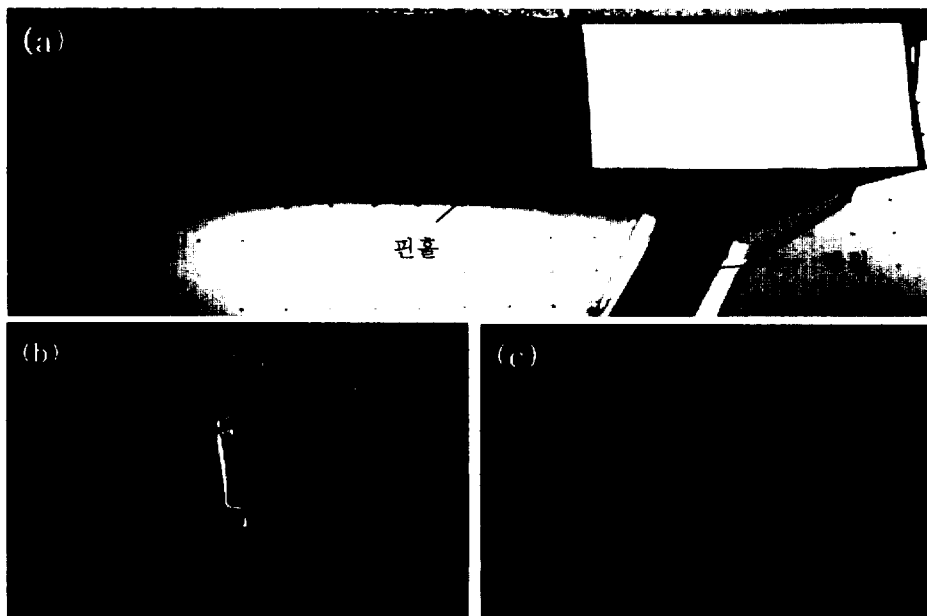


그림 19. (a) 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)에서 상공간 영역의 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 핀홀 크기 2.45 mm인 핀홀카메라를 배치한 실험장치도 (b) 핀홀과 물체 사이에 볼록렌즈를 놓은 사진 (c) 볼록렌즈 초점 안에 물체가 있을 때 핀홀카메라의 스크린에 맺힌 허상사진

그림 19(a)는 볼록렌즈(1)과 물체위치가 $a < f$ 이고 볼록렌즈(1)의 상공간 영역에 있는 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 핀홀 크기 2.45 mm인 핀홀카메라를 배치한 실험장치도이다. 물체와 볼록렌즈 사이의 거리는 11 cm이고 볼록렌즈와 핀홀 사이의 거리는 7 cm이다. 그림 19(c)는 볼록렌즈에 의한 허상이 핀홀카메라의 스크린에 맺힌 도립실상이다.

V. 결론

물체를 볼록렌즈의 초점 안, 초점 위, 초점 밖에 놓았을 때 렌즈에 의한 허상이 허상 위치의 스크린, 상공간 영역에 있는 스크린, 상공간 영역에 있는 볼록렌즈의 초점 안, 초점 위, 초점 밖의 스크린에 어떻게 맺히는지와 상공간에서 카메라로 허상을 촬영한 결과를 분석하여, 볼록렌즈와 오목렌즈가 만드는 허상을 눈으로 보았을 때 왜 허상이 정립상으로 보이는지를 설명하였다.

볼록렌즈(1)의 초점 안에 물체가 있을 때 볼록렌즈(1)이 만드는 확대 정립허상은 물체 공간에 형성이 된다. 이 허상을 관찰한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 볼록렌즈(1)의 허상 위치에 스크린을 놓고 허상을 관찰하면 스크린에는 아무런 상도 맺히지 않았다.
2. 볼록렌즈(1)의 상공간 영역에 스크린만을 놓고 스크린에 맺힌 허상을 관찰하면 스크린에 상이 맺히지 않는다.
3. 볼록렌즈(1)의 상공간 영역에 있는 볼록렌즈(2)의 초점 위에 스크린이 있을 때, 볼록렌즈(2)는 상공간 어디에 있는지 허상은 스크린에 선명한 도립실상으로 매웠다.
4. 볼록렌즈(1)의 상공간 영역에 있는 볼록렌즈(2)와 스크린을 치우고 그 위치에 카메라로 허상을 찍으면, 카메라의 위치에 상관없이 허상은 선명한 정립상으로 촬영되었다.
5. 볼록렌즈의 허상은 핀홀카메라의 스크린에 도립실상으로 맺힌다.
6. 볼록렌즈(1)의 상공간 영역에서 눈으로 허상을 보면 선명하게 허상이 보인다.

참고문헌

- [1] 송진웅·김익균·김영민·권성기·오원근·박종원, 학생의 물리 오개념지도, (북스힐, 서울, 2004), p. 277.
- [2] Palacios, F. J. P. P.(1989). Misconception on geometric optics and their association with relevant educational. International Journal of Science Education, 11(3), p. 273-286.
- [3] Jung, W.(1981). Conceptual Frameworks in elementary optics. Working paper presented at the International workshop of problems concerning Student's Representation of physics and chemistry knowledg, Pedagogische Hochschule, Ludwigsburg.
- [4] 김현진, 중등예비교사들의 상 형성에 대한 개념연구, 단국대학교 석사 학위 논문, 2005. 6.
- [5] 장수·조재홍, 광학, (대웅, 서울, 1996).
- [6] 정완호외 9인, 과학 1 교과서, (교학사, 서울, 2001), 2단원 빛.
- [7] 엄정인·김인목·박홍이·정광호, 수학없는 물리 9판, (홍릉과학출판사, 서울, 2003).
- [8] 경상대학교 외 6개학교 공역, 헐리데이 일반물리학 7판 2권, (범한서적주식회사, 서울, 2007), p. 1117~1122.
- [9] 일반물리학교재편찬위원회, 일반물리학, (북스힐, 서울, 2007).
- [10] 김인목 외 4인 공저, 생명공학을 위한 물리학, (대영사, 서울, 2000).
- [11] 물리학교재편찬위원회, 물리학II, (북스힐, 서울, 2005).
- [12] 박대희·이종찬·최용성, 전기전자공학을 위한 광학입문, (인터비전, 서울, 2004).
- [13] <http://physica.gsnu.ac.kr/physEdu/wavelight/geomopt/geomopt.html>.
- [14] http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/physics/lens/lens.html.
- [15] http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/physics/mirror/mirror.html.
- [16] <http://physica.gnu.ac.kr/physedu/wavelight/instrum/applets/single.html>.
- [17] 이성목외 11인, 중학교 과학 1 교과서, (금성출판사, 서울, 2001), 2단원 빛.
- [18] 이성목외 11인, 과학 1 중학자습서, (금성출판사, 서울, 2003), 2단원 빛.
- [19] 한국교원대학교 과학교육연구소, 고급물리, (교육인적자원부, 서울, 2003).
- [20] 채광표·송용갑·김진만·김성진·정대영·장동호, 물리 I, (금성출판사, 서울, 2005).

『백록논총』 간행 규정

제1조(목적)

이 규정은 제주대학교 교육과학연구소 규정 3조 8항에 따라 연구소에서 간행하는 학술지인 『백록논총』의 간행에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(간행횟수)

『백록논총』은 매년 2회 발행하며 간기는 2월 28일, 8월 30일로 한다.

제3조(게재원고의 내용과 종류)

1. 교과교육에 관련된 것을 원칙으로 한다.
2. 원고의 종류에는 1항과 관련된 연구논문, 연구노트, 서평, 자료소개 등으로 한다.
3. 『백록논총』에 발표하는 논문은 독창성을 갖는 것으로서 미발표된 것이어야 한다.

제4조(논문투고)

1. 원고는 제출 후, 심사를 거쳐 게재한다.
2. 논문을 게재하려면 일정한 절차를 밟아야 한다.

제5조(심사위원회 및 심사원칙)

1. 투고논문은 편집위원회에서 접수하며, 소정의 심사를 거쳐 게재 여부를 확정한다.
2. 심사위원은 편집위원회에서 위촉한 해당 분야의 3인으로 구성하며, 익명의 심사를 원칙으로 한다. 단, 학술대회 등 본 연구소의 학술행사에서 발표한 논문과 특집 등 기획 논문은 2인을 위촉한다.
3. 연구노트, 서평, 자료소개는 편집위원회에서 게재여부를 결정한다.
4. 심사하는 영역은 다음과 같다.
 - ①연구 주제의 독창성
 - ②연구 주제의 명확성과 방법의 적정성
 - ③참고문헌 및 인용의 적절성
 - ④학술적 가치 및 완성도
 - ⑤학술지 투고 규정의 준수 여부
5. 게재여부는 심사위원이 '게재', '수정 후 게재', '수정 후 재심사', '게재 불가'의 4등급으로 평가한다.

6. '수정 후 게재' 평가를 받은 논문은 편집위원회에서 수정사항 이행 여부를 확인하고 게재 여부를 결정한다.
7. 발행하려는 논문의 수에 비해 '게재' 판정을 받은 논문이 많을 경우 접수 순으로 우선 게재하고, 나머지 논문은 다음 호에 게재한다.

제6조(접수 및 심사결과 통보)

1. 편집위원회는 논문 투고자에게 접수 및 논문게재의 가부를 통고한다.
2. 심사위원의 보완 요구가 있을 경우 이를 따른다. 그렇지 않을 경우 편집위원회는 게재 결정을 취소할 수 있다.

제7조 논문 게재 여부의 판정 규정은 다음과 같다.

심사 1	심사 2	심사 3	판정 결과
수정 없이 게재	수정 없이 게재	수정 없이 게재	수정 없이 게재
수정 없이 게재	수정 없이 게재	부분 수정 후 게재	수정 없이 게재
수정 없이 게재	수정 없이 게재	게재 불가	부분 수정 후 게재
수정 없이 게재	부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재
수정 없이 게재	부분 수정 후 게재	게재 불가	부분 수정 후 게재
수정 없이 게재	게재 불가	게재 불가	게재 불가
부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재
부분 수정 후 게재	부분 수정 후 게재	게재 불가	부분 수정 후 게재
부분 수정 후 게재	게재 불가	게재 불가	게재 불가
게재 불가	게재 불가	게재 불가	게재 불가

제8조(부칙)

1. 이 규정은 2008년 7월 1일부터 효력을 발생한다.
2. 이 규정에서 제외된 사항은 편집위원회에서 결정한다.

『백록논총』 투고 규정

1. 투고자격과 방법

- 1) 투고자는 우리 연구소 연구원 및 특별연구원을 원칙으로 하며, 연구원이 아닌 경우에는 편집위원회의 심의를 거쳐 게재할 수 있다.
- 2) 원고의 종류는 연구논문(article), 단보(proceeding & report), 서평(book review), 자료(research materials), 번역문(translation) 등으로 한다.
- 3) 원고는 다른 곳에 게재하지 않았거나 게재할 예정이 아닌 것이어야 한다.
- 4) 원고의 게재여부와 게재순서는 편집위원회에서 심사하여 결정한다.

2. 원고 집필 요령

- 1) 게재를 희망하는 논문이나 글은 교육과학연구소의 편집위원회로 제출하여야 한다.(690-756, 제주특별자치도 제주시 제주대학로 66 제주대학교 교육과학연구소 편집위원회)
- 2) 출력된 원고 3부를 디스켓(e-mail로 전송가능)과 함께 제출한다.
- 3) 제출 원고는 아래의 <원고 작성 요령>에 따른 것이어야 한다.

3. 『백록논총』 원고 작성 요령

- 1) 원고는 이 요령에 따라 작성되어야 한다.
- 2) 원고는 우리말 또는 영문으로 작성하되, 우리말 원고는 원고 형식에 준하여 A4 용지 20매 내외로 하며, 영문 원고도 이에 준한다.
- 3) 우리말 원고는 국한문 혼용으로 작성하되, 필요한 경우만을 한자로 표기하며, 영문 괄속에 영문표기를 제시하고, 그 이후는 우리말 표기만을 사용한다.
- 4) 논문 앞에는 간략한 국문요약과 주요 용어를 제시한다. 논문 뒤에 영문요약을 첨부할 수 있다.

- 5) 필자의 소속은 각주방식(*)으로 밝힌다.
- 6) 영문(외국어논문인 경우 우리말)의 논문제목과 필자 명을 반드시 제시해야 한다.
- 7) 컴퓨터(한글 3.0 이상)를 사용하여 논문을 작성하되, 원고를 제출할 때 디스켓 및 프린트 본 각 1부를 제출한다.
- 8) 원고 형식 및 원고 여백은 다음을 따른다.

〈원고 형식〉

		제목	본문	이름	장	절	인용문	각주	참고문헌
문 단 모 양	왼쪽여백	0	0	0	0	0	3	4	0
	오른여백	0	0	0	0	0	3	0	0
	들여쓰기	0	2	0	0	2	2	-3	2
	줄간격	162	162	162	162	162	140	140	160
	정렬방식	가운데	혼합	오른쪽	가운데	혼합	혼합	혼합	혼합
글 자 모 양	글꼴	견명	신명	태명	견명	중고	신명	신명	신명
	크기	20	10.5	13	15	12	9	9	10
	장평	95	95	95	95	95	95	95	95
	자간	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

〈원고 여백〉

(편집용지<F7>에서 다음과 같이 처리함)

위	아래	왼쪽	오른쪽	머리말
18	25	25	25	12

(용지종류 : 사용자 정의 190×260 지정)

- 9) 각주와 참고 문헌의 제시는 각 전공별 관례에 따른다.

교육과학연구소 회원

강경희	이학박사
강덕수	제주대학교 경영학과
강동식	제주대학교 과학교육과
강봉수	제주대학교 윤리교육과
강상덕	제주대학교 영어교육과
강승필	이학박사
강영기	문학박사
강영봉	제주대학교 과학교육과
강정식	문학박사
강창남	제주대학교 해양과학대학 실습선
고봉수	제주대학교 수학교육과
고성준	제주대학교 윤리교육과
고용진	제주한라대학교 관광일어통영과
고윤희	제주대학교 수학교육과
고형준	연세대학교 수학과
권상철	제주대학교 사회교육과
김도현	제주대학교 수학교육과
김병수	제주대학교 생물교육과
김봉진	대진대학교 수학과
김성백	제주대학교 컴퓨터교육과
김성봉	제주대학교 교육대학원 교육학과
김세현	제주대학교 과학교육과
김승한	제주대학교 일어일문학과
김영춘	제주대학교 무역학과
김종훈	제주대학교 영어교육과
김창범	국민대학교 수학과
김철민	제주대학교 컴퓨터교육과
김철수	제주대학교 전산통계학과
김태곤	제주대학교 국어교육과

김태호	제주대학교 사회교육과
김한일	제주대학교 컴퓨터교육과
김항원	제주대학교 사회교육과
김형수	제주한라대학교 컴퓨터정보활용과
문성숙	제주대학교 국어교육과
박관수	문학박사
박여성	제주대학교 독일학과
박정환	제주대학교 교육대학원 교육학과
박종필	제주대학교 교육대학원 교육학과
박진원	제주대학교 수학교육과
박찬정	제주대학교 컴퓨터교육과
박태수	제주대학교 교육대학원 교육학과
변종민	제주대학교 영어교육과
부덕훈	충남대학교 수학과
서용건	제주대학교 관광경영학과
손명철	제주대학교 사회교육과
손오규	제주대학교 국어교육과
송문석	문학박사
송성대	제주대학교 사회교육과
송일상	제주대학교 영어교육과
안성수	제주대학교 국어교육과
안영진	전남대학교 지리학과
양길현	제주대학교 윤리교육과
양방주	제주대학교 윤리교육과
양성호	제주대학교 수학교육과
양영수	제주대학교 영어교육과
양진건	제주대학교 교육대학원 교육학과
양창용	제주대학교 영어교육과
염미경	제주대학교 사회교육과
오상학	제주대학교 사회교육과
오창명	문학박사
오홍식	제주대학교 과학교육과
윤석산	제주대학교 국어교육과

윤원희	영남대학교 영어영문학과
이기봉	서울대학교 규장각
이무용	전남대학교 문화대학원
이성훈	서울 여의도고등학교
이순동	제주대학교 과학교육과
이안나	몽골 울란바타르대학교
이원호	성신여자대학교 지리학과
이현균	동북아역사재단 지리학
임평옥	제주대학교 과학교육과
정동기	제주대학교 생물산업학부
정영철	광운대학교 전자통신공학과
정인식	서울디지털대학교 영어과
정진현	제주대학교 사회교육과
정충덕	제주대학교 과학교육과
조영국	협성대학교 지역개발학과
조정원	제주대학교 컴퓨터교육과
최규일	제주대학교 국어교육과
최은숙	문학박사
하종범	금오공과대학교 교육대학원
하진의	제주대학교 교육대학원
한석지	제주대학교 사회교육과
한창훈	전북대학교 국어교육과
허운덕	제주대학교 영어교육과
허정훈	제주대학교 윤리교육과
허철수	제주대학교 교육대학원 교육학과
현승환	제주대학교 국어교육과
현완송	제주대학교 영어교육과
현정훈	제주한라대학교 관광일어통역과
현진오	제주대학교 수학교육과
홍선호	서울교육대학교 영어교육전공
황인호	인천대학교 수학과

