

빛의 직진 개념 지도를 위한 탐구 학습모듈의 개발 및 적용

김규환 · 김중복*

한국교원대학교

Development and Application of Inquiry Modules for Instruction for the Concept of Straight propagation of Light

Kyu Hwan Kim · Jung Bog Kim*

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to develop inquiry modules for learning straight propagation of light, to verify their efficiency, and to acquire implications. this study proposes teaching modules for improvements of light experiments, which were developed in this work.

Inquiry modules were applied to 75 school teachers(8 elementary school teachers, 67 middle school and high school teachers) for examining that the modules make teachers have the scientific concepts. Then, conception changes were analyzed except 5 teachers who responded poorly.

The pre-test result shows that most teachers have alternative conceptions, which is that they thought the bright shape on apparatus's bottom panel itself shown in the textbook as evidence for the path of light's straight propagation. The post-test result shows this alternative conception was changed into scientific conception.

Unlikely pretest, most teachers' conception was changed into the scientific conception that the light come from a light source. Teachers are able to express that the light beam comes from a miniature electric bulb. Further more, most teachers can draw light's path correctly; from the miniature electric bulb, through vertical panel having a hole, to the apparatus bottom.

Key words: straight propagation of light, ray of light, light

I. 서 론

이 연구는 학생들을 지도해야 할 교사가 가져야 하는 지식의 중요성에 근거하여 이루어진 연구로서 광학 현상들 중 빛의 직진 현상에 대한 교사들의 개념을 살펴보고 이를 개선하기 위해 수행된 연구이다.

광학 현상들에 대한 지식을 탐구한 수많은 연구들에서 학습자들의 지식이 정규의 과학 지식과는 다르다는 것이 확인되었다. 특히 광학 현상들과 관련된 대부분의 대안 개념은 인간이 태생으로부터 가지게 되는 감각들의 지각으로부터 비롯된 잘못된 인식이어서 (Galili & Hazan, 2000) 다른 대안 개념들에 비해 비교적 그 견고성이 강한데 학습자들의 이러한 대안 개념을 개선하기 위해서는 현장 교사들의 역할이 매우 중요하다고 할 수 있다.

그러나, 현장 교사들이 가진 대안 개념 또한 심각한 것으로 확인되었다. 실제로 선행 연구자를 배려하여 이 논문에서 제시하지는 않았지만, 국내의 연구 중에서 대안 개념을 가진 교사(연구자)가 자신이 가진 대안 개념을 인지하지 못한 채 학생들을 대상으로 연구를 진행한 후 그 결과를 학위 논문으로 출판한 사례가 확인되었고, 또 본고(本稿)에서 본격적인 연구의 수행 여부를 판단하기 위해 실시된 예비 검사 결과 또한 대다수의 교사들이 그러한 상황에 있다는 사실을 단적으로 보여주고 있었다. 이와 같은 상황들은 교사들을 대상으로 한 본격적인 연구의 필요성을 제기시켰다.

이 연구에서 교사들의 개념을 파악하기 위해 예비 검사 및 사전·사후 개념검사에 활용된 상황은 과거 7차 교육과정 초등학교 교과서에 제시된 실험 상황이었는데, 이는 해당 실험 상황이 초·중등 현직교

*교신저자: 김중복(jbkim@knu.ac.kr)

**2011년 10월 20일 접수, 2011년 12월 5일 수정원고 접수, 2011년 12월 6일 채택

사들이 가진 빛의 직진 개념의 명확성 여부를 판별할 수 있는 아주 적절한 상황이라 생각되었기 때문이다.

그림 1과 그림 2가 바로 해당 교육과정에 제시되어 있는 빛의 직진에 대한 실험 장면인데(교육인적자원부, 2005), 그림을 보면 알 수 있듯이 잘못된 대안 개념을 가지고 있을 경우, 빛이 바닥에 비친 결과로 생긴 직선의 모양을 자칫 빛의 경로라고 오해하기 쉽도록 되어있어 교사의 올바른 개념 소지 여부를 파악하기 위해 아주 적합한 상황으로 생각되었다. 무엇보다도 교과서에 제시되었던 실험 장면이라는 점에서 더욱 그러하였다.

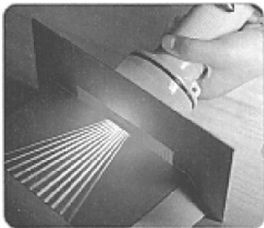


그림 1 교과서 상의 빛의 직진실험(손전등)

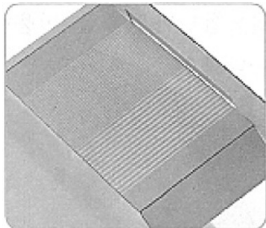


그림 2 교과서 상의 빛의 직진실험(태양)

올바른 빛의 진행경로를 파악하기 위해서는 빛의 진행경로는 비가시적이라는 사실과 빛은 광원으로부터 나온다는 사실을 기초로 하여야 한다. 그렇지 않으면 그림 3과 같은 대안개념을 형성할 수 있는데 이 상황에서 올바른 과학적 개념은 그림 4와 같다.

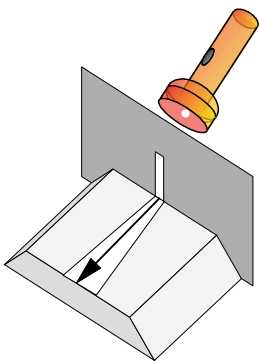


그림 3 빛의 진행경로에 대한 대안 개념

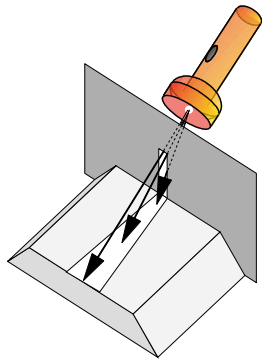


그림 4 빛의 진행경로에 대한 과학적 개념

그림 1과 같은 실험 상황에 있어서의 빛의 진행 경로를 소수의 과학 전공 교사에게 먼저 질문한 결과, 이들 교사들 모두가 그림 3과 같은 대안개념으로 응

답하여 실제로 현직 교사들의 빛의 직진 개념이 어떠한지에 대한 조사의 필요성이 제기되었으며, 조사 결과 이의 개선을 위한 학습모듈의 개발이 시급하다고 판단되어, 이의 제작 및 적용, 그리고 효과성의 검토가 이루어졌다.

II. 연구 방법

빛의 직진에 관한 탐구 학습모듈의 개발을 위해, 먼저 관련 문헌 및 선행 연구에 대한 고찰이 이루어졌고, 이를 통하여 학습모듈의 성격이 결정되었다. 이후 교사들을 대상으로 한 예비검사의 실시를 통해 연구의 필요성을 확인 한 후, 모듈 개발이 진행되었으며, 개발 과정에서 교육 전문가와의 협의를 통해 모듈은 여러 차례 수정·보완되었다.

아울러, 완성된 모듈의 효과성 확인을 위해 사전·사후 개념검사가 모듈 적용수업 전·후에 실시되었다.

1. 선행 연구의 고찰

선행 연구들 중, 이 연구와 같이 광학 현상들과 관련한 대안 개념의 개선을 위해 학습모듈의 개발을 직접적으로 다룬 연구는 좀처럼 발견되지 않았으며, 선행 연구들 대다수가 학습자들의 대안 개념들에 관한 연구였다.

Galili와 Hazan (2000)는 광학 현상들에서 견고한 대안 개념이 형성되는 원인을, 주변 세계를 이해하려는 감각들의 자연스러운 시도로 인해 정규 학습이 있기 전에 상당한 지식이 자연스럽게 이미 형성되기 때문이라고 언급하였다. 실제로 빛, 시각, 그리고 광학 현상들에 대한 지식을 탐구한 많은 연구들에서 이러한 현상들과 관련한 학습자들의 지식이 정규의 과학 지식과는 다르다는 것이 확인되었다(고광병, 1997; 권재술 등, 1992; 김한호, 1993; 전경아, 2002; 최병순, 1993; 2007; Andersson & Karrqvist, 1983; Bendall *et al.*, 1993; Feher & Rice, 1988; 1992; Goldberg & McDermott, 1986, 1987; Heywood, 2005; Langley *et al.*, 1997; LaRosa *et al.*, 1984; Osborne *et al.*, 1993; Perales *et al.*, 1989; Saxena 1991; Selley, 1996; Stead & Osborne, 1980; Watts, 1985).

이들 논문에서 발견된 대안 개념들은 아주 다양하

였는데, 그러한 대안 개념들 중 이 연구와 관련된 몇 가지 특성은 다음과 같았다.

- 가) 자기중심적 사고로 인해, 물체를 보는 현상이 능동적 현상으로 생각되는 경향이 있다.
- 나) 빛의 이동이 눈으로 관찰 가능한 것으로 생각되는 경향이 있다.
- 다) 광원들의 거리가 가까울수록 광원에서 나온 빛이 하나로 합쳐져 진행한다고 생각되는 경향이 있다.
- 라) 빛의 세기에 따라 그림자의 크기가 변한다고 생각하는 경향이 있다.
- 마) 상황 의존성으로 인해 똑같은 개념을 적용할 수 있는 상황인데도 불구하고, 상황에 따라 응답이 달라지는 경향이 있다.

이 같은 점들은 이 논문의 목적인 학습모듈의 고안 및 제작 과정에서 학습모듈의 성격과 관련하여 중요한 고려 사항으로 작용하였다.

2. 예비 검사

2006년 6월 경, 모듈의 주제를 빛의 직진에 관한 것으로 선정한 후, 모듈 개발에 착수하였다. 모듈 개발의 과정 중, 예비 검사는 2007년 1월 중, 충북지역 소재, K대학교 교육대학원생으로 있는 현직 초·중등 교사 37명을 대상으로 이루어졌다.

예비 검사는 사전·사후 검사로 구성되었으며, 전문가로부터의 빛에 관한 수업을 받기 전과 후에 각각 이루어졌다. 예비검사의 사전검사의 경우, 그림 1과 그림 2를 제시한 후, 이들 사진(그림 1, 그림 2)을 활용하여 빛의 직진을 학생들에게 지도하고자 할 때, 어떻게 활용하여 설명하겠는지를 설문지에 기록하도록 하였다.

사전 검사의 경우, 문제의 의도를 오해한 4명과 설문지의 내용만으로는 과학적 개념인지 아닌지를 파악하기 곤란한 3명을 제외한 30명의 교사 중에 28명이 과학적 개념으로 빛의 직진을 설명하지 않고, 표현 방법 상의 차이는 있었지만 대부분의 교사가 사진 상의 실험장치의 바닥판에 비친 직선 모양의 밝은 영역에 주목하여 “사진처럼 곧게 나아간다.”, “빛이 나아가는 모습이 직선이다.” 등의 표현을 써서 학생들에게 빛의

직진을 설명하겠다고 기록하였다.

교육전문가의 수업 후에 이루어진 사후 검사는, 사전 검사지를 본인에게 돌려준 후, 사전 검사의 문항에 대한 오해가 없었는지를 물어보고, 오해가 없었던 경우에 대하여 사전 검사 작성 당시에 자신이 가지고 있었던 대안 개념을 자술토록 하여 대안 개념의 유무를 확인하였다. 사후 검사에는 렌즈가 빛의 경로 상에 있을 때의 빛의 진행경로를 그려보는 문항을 함께 포함시켰는데, 이는 전문가로부터의 수업을 통해, 수업 이전에 자신이 가졌던 개념을 과학적 개념인지 아닌지 분별할 수 있을 정도로 빛의 직진에 대한 개념이 과학적인 개념으로 변화된 교사들이 그보다 더 발전된 상황에 대해서도 그러한 과학적 개념을 그대로 적용할 수 있는지 여부를 살펴보는데 그 목적이 있었다.

사후검사의 결과, 사전검사의 문항에 대하여 오해하였다고 응답한 4명의 교사와 과학적 개념을 가졌다고 판단된 2명의 교사를 제외한 나머지 31명(대안개념을 가졌다고 판단된 28명과 사전검사에서 개념 파악이 곤란했던 3명)의 교사들 중, 27명의 교사가 수업 전에 가졌던 자신의 대안개념에 대하여 서술하였다. 나머지 4명은 사전조사에서 대안개념을 보였던 3명과 개념의 파악이 곤란했던 1명이었는데, 대안개념을 가졌던 3명은, 자신이 가졌던 대안개념에 대하여 무응답한 경우가 1명, 사전조사에서의 다소의 대안개념이 있었음을 인정하지만, 대체적으로 올바른 개념을 가지고 있었다고 서술한 경우가 1명, 어떠한 이유에서인지는 모르겠으나 수업 후에도 “무엇이 정확한 과학적 개념인지 모르겠다.”고 하면서, 사전조사에 응답할 당시, 자신이 어떠한 대안개념을 가지고 있었는지 알지 못하겠다고 서술한 경우가 1명 있었고, 개념파악이 곤란했던 1명은 질문과는 무관한 설명들을 제시하여서 사후검사에서도 대안개념의 소지 여부를 파악하기 곤란하였다.

렌즈가 경로 상에 있을 때의 빛의 진행경로를 그리도록 한 문항에서는 과학적 개념으로 광선을 작도한 교사가 37명 중 중등교사 1명밖에 없었다. 이는 학생들이 상황에 따라 응답이 달라지는 상황 의존적 성향을 가졌다고 한 선행연구(전경아, 2002; 고평병, 1997; 김한호, 1991; Heywood, 2005)와 마찬가지로 교사들 또한 동일하게 상황 의존적 성향을 가지고 있다는 것을 말해준다. 렌즈에 있어서의 빛의 경로를 그리도록 한 사후검사의 이러한 결과는 힘과 같이 느낄

수 있거나, 전기에서의 유추와 같이 구체적인 기준들을 통해 어느 정도 접근할 수 있는 물리학의 다른 영역과는 달리 빛은 추론의 기본 영역이 눈에 드러나지 않고 느낄 수 없는 것처럼 보여서(Heywood, 2005), 다루기가 용이하지 않아 상황의 변화에 상관없이 일관되게 과학적 적용할 수 있도록 개념을 형성시키는 것이 얼마나 힘든 일인가를 확인시켜 주었다.

이러한 예비검사의 결과는 연구의 필요성을 확고히 하여 주었으며 모듈의 구상에 있어서의 시사점을 제공하였고 더불어 이 연구에서 고안된 모듈을 이용한 모듈 적용수업 전·후에 실시될 사전·사후검사의 문항제작에 있어서의 참고자료로 활용되었다.

3. 모듈 개발

모듈의 개발은 특별히 '빛의 직진'이라는 주제에 초점을 맞추어 이루어졌는데, 여기에는 시각 현상도 포함되었다. 즉, 광원에서 나온 빛이 물체에 도달하고, 물체에 도달한 빛이 다시 반사되어 우리 눈까지 직진하여 도달하기 때문에 물체가 보이게 된다는 것까지 함께 다루었다. 모듈의 개발 과정은 모듈의 구상과 모듈의 제작이라는 단계를 거쳐 이루어졌는데 구상의 결과는 제작으로 이어졌고 구상 및 제작 과정에서 드러난 문제나 개선점들은 더 나은 모듈 제작을 위해 피드백 되어 최종적으로는 이 연구에서 사용된 모듈의 형태를 띠게 되었다.

4. 모듈 구성

모듈을 구상함에 있어서 가장 중요한 문제는 모듈의 형태에 관한 문제였는데, 이는 이 연구의 중요한 연구 문제인 빛의 직진에 대한 대안개념 형성을 최소화할 실험모듈의 형태가 어떠해야하는지와 바로 연결되는 부분이었다.

빛의 파장이 상호작용하는 물체의 크기보다 매우 작은 경우로서 하나의 직선(즉 광선)으로 표현할 수 있다(김종복, 2006)는 사실과 앞서의 빛에 관한 선행 연구로부터 얻어진 시사점들, 그리고 대안 개념의 형성을 유발하는 실험 상황의 지양 등을 고려하여 전문가와 모듈이 갖추어야 할 성격에 관하여 논의한 결과, 대안개념을 최소화할 빛의 직진에 관한 학습모듈은 다음과 같은 성격을 띠어야 한다고 결론을 내렸다.

- 가) 빛의 이동은 직접 눈으로 관찰할 수 있는 성질의 것이 아니므로, 빛이 직진함을 간접적으로 드러내는 형태여야 한다.
- 나) 빛의 직진으로 인한 현상을 이해하기 위해서는, 빛을 광선으로 취급하여 생각할 수 있도록 하는 형태여야 한다.

4. 모듈 제작

모듈이 갖추어야할 성격을 기초로 모듈 제작에 착수하였는데, 모듈은 레이저를 이용한 빛의 진행경로 실험장치(그림 5), 꼬마전구를 이용한 빛의 진행경로 실험장치(그림 6), 비스듬히 비춰진 빛의 진행경로 실험장치(그림 7), 거리에 따른 그림자 크기 실험장치(그림 8), 바늘구멍사진기 실험장치(그림 9)까지 5개의 장치로 제작되었으며 효과적인 모듈의 활용을 위해 3차시로 구성된 work sheet도 함께 개발되었다.

빛을 광선으로 취급하여 생각할 수 있도록 하고 직진하는 빛의 진행경로를 간접적으로나마 시각적으로 드러내는 데에는 불투명한 직선 형태의 관이나 대롱이 효과적이어서 모듈의 제작에 굳은 검정색 빨대를 주요한 재료로 사용하였다. 아울러 직진하는 빛의 경로를 나타내는 데에 굳은 빨대를 사용한 이유를 학습자가 자연스럽게 파악할 수 있도록 워크시트의 내용에 관련 내용을 포함시켰다. work sheet와 개발된 실험장치의 실제 모습은 부록으로 첨부하였다.

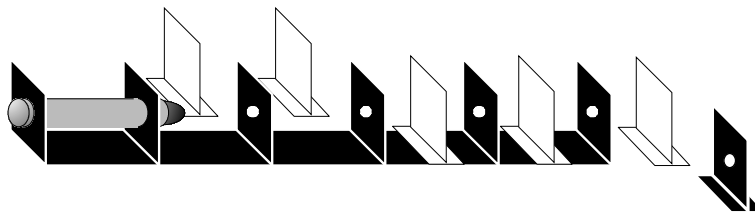


그림 5 레이저를 이용한 빛의 진행경로 실험장치의 구상도

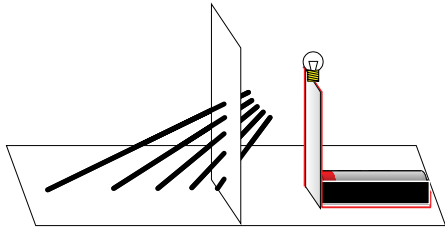


그림 6 꼬마전구를 이용한 빛의 진행경로 실험장치의 구상도

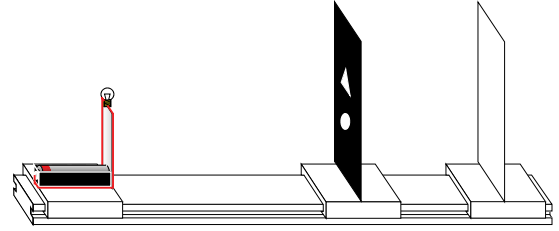


그림 7 비스듬히 비춰진 빛의 진행경로 실험장치의 구상도

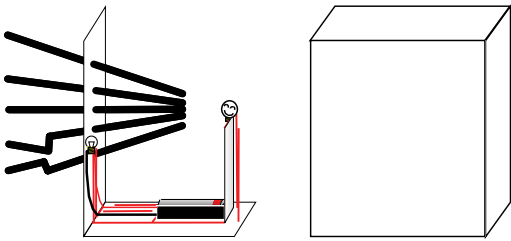


그림 8 거리에 따른 그림자 크기 실험장치의 구상도

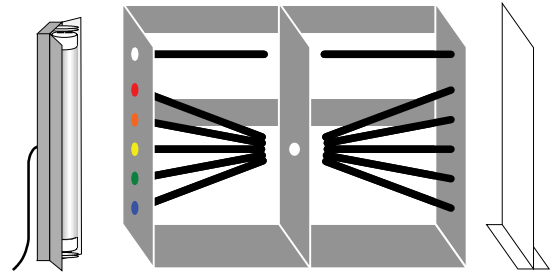


그림 9 바늘구멍사진기 실험장치의 구상도

5. 모듈 배열

모듈을 이용하여 학습할 개념의 순서는 각 모듈을 통하여 어떠한 개념을 학습할 수 있는지 유기적인 관계를 고려하여 표 1와 같이 정하였다.

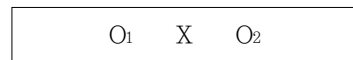
6. 모듈의 적용

모듈은 2007년 8월 경, 충북지역 소재 K대학교 교육대학원생으로서 현직에 근무 중인 초·중등교사 75명을 대상으로 적용되었다. 분석은 사전검사나 사후검사에 불성실한 응답 보인 교사 5명을 제외한 70명

을 대상으로 이루어졌다.

1) 연구 설계

이 연구에서 사용할 기본실험설계는 단일집단의 전후검사설계(one-group pretest-posttest design)로 이루어졌다.



여기서 O₁과 O₂는 교사의 빛의 직진 개념을 묻는 사전, 사후 검사이며, X는 모듈을 이용한 수업을 나타낸다. 즉, 빛의 직진에 관한 학습모듈을 적용한 수업 전,

표 1 모듈의 배열

차시	사용될 모듈	개념
1차시	레이저를 이용한 빛의 진행경로 실험장치	- 빛은 직진한다.
	꼬마전구를 이용한 빛의 진행경로 실험장치	- 점광원에서 나온 빛은 사방으로 직진한다.
	비스듬히 비춰진 빛의 진행경로 실험장치	- 빛은 장애물이 없는 곳으로 계속 직진하여 나아간다.
2차시	거리에 따른 그림자 크기 실험장치	- 광원과 가림판의 구멍이 가까울수록, 광원과 스크린이 멀수록 빛이 비치는 면적이 커진다.
	꼬마전구를 이용한 빛의 진행경로 실험장치	- 물체를 보려면 빛이 있어야 한다.
3차시	바늘구멍사진기 실험장치	- 바늘 구멍 사진기에 비친 물체의 모양이 거꾸로 보이는 것은 빛이 직진하기 때문이다.

후의 교사의 개념을 비교하여 교사의 개념 변화 경향을 알아보고 하였다.

2) 검사 도구

검사는 사전 검사와 사후 검사가 이루어졌으며, 검사 도구로 사용된 문항은 이 논문의 부록을 참조하기 바란다.

■ 사전 검사

사전검사 1번은 서술식으로 작성토록 하였으며, 사전검사 2번 문항에 대해 과학적 개념으로 빛의 진행 경로를 나타낸 것은 그림 10과 같다.

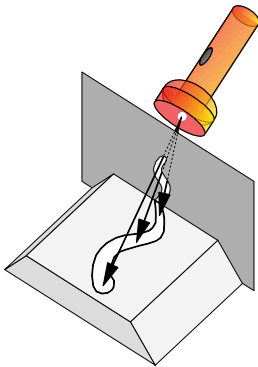


그림 10 사전검사 2번 문항에서의 올바른 광선 작도

■ 사후 검사

사후검사 1번 문항은 사전검사 2번 문항을 조금 더 심화된 상황으로 제시한 것으로서 S자형과 I자형의

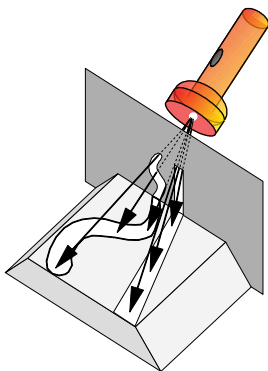


그림 11 사후검사 1에서의 올바른 광선 작도

구멍이 함께 뚫려있는 가림판에 교과서에 제시된 실험상황과 같이 손전등을 비스듬히 비추는 상황을 제시하였다. 사후검사 2번 문항은 사전검사 2번 문항을 조금 더 심화된 상황으로 제시한 것으로서 가림판의 형태는 동일하나 손전등의 개수를 하나 더 추가한 상황에서의 광선을 작도하도록 하였다.

사후검사 1번 문항과 사후검사 2번 문항에 대해 과학적 개념으로 빛의 진행경로를 나타낸 것은 그림 11 및 그림 12와 같다.

3) 수업 적용

모듈 적용수업은 3개 차시로 개발된 work sheet의 순서를 따라 이루어졌다.

피험자 집단의 규모(75명)가 크고, 제작한 실험장치 개수의 한계로 인해, 피험자들에게 직접 실험을 하도록 실험장치를 나누어 주지는 못하고 대표실험 동영상 work sheet의 순서에 맞게 제작하여, 이를 보면서 work sheet의 문제를 해결하도록 하였는데 이 과정 중에 실험장치 실물을 직접 만져보고 확인할 수 있는 기회를 제공하였다.

사후 검사는 모듈 적용수업 직후에 이루어졌다.

Ⅲ. 결과 및 논의

모듈 적용수업은 초·중등교사 75명을 대상으로 하였으며, 분석은 사전검사나 사후검사에 불성실한 응답 보인 중등교사 5명은 제외한 70명을 대상으로 이루어졌다.

사전검사, 사후검사의 응답을 분석한 결과, 빛의 직

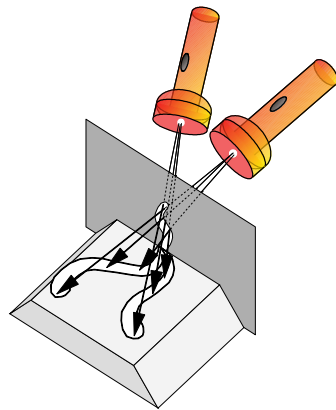


그림 12 사후검사 2번 문항에서의 올바른 광선 작도

진에 대한 학습모듈이 교사의 빛의 직진에 대한 개념의 변화에 효과성이 있는 것으로 나타났다.

사전검사의 경우, 교과서 실험의 타당성 여부를 근거를 들어 작성토록 한 1번 문항에 대해 과학적 개념으로 응답한 교사는 12.9%인 9명, S자형의 구멍이 뚫린 가림판에 손전등을 비스듬히 비추는 상황에서의 광선을 작도하도록 한 2번 문항에 대해 과학적 개념으로 응답한 교사는 10%인 7명으로 두 문항 모두에 대하여 과학적 개념으로 응답한 교사는 1.4%인 1명에 불과하였다.

이에 반해, 사후검사의 경우, S자형의 구멍과 I자형 구멍이 함께 뚫려있는 가림판에 하나의 손전등을 비스듬히 비추는 상황에서의 광선을 작도하도록 한 1번 문항에 대해 과학적 개념으로 응답한 교사는 60.0%인 42명, S자형 구멍 하나가 뚫려 있는 가림판에 손전등 2개를 서로 다른 위치에서 비스듬히 비추는 상황에서의 광선을 작도하도록 한 2번 문항에 대해 과학적 개념으로 응답한 교사는 55.8%인 39명이었다. 두 문항 모두에 대하여 과학적 개념으로 응답한 교사는 55.8%인 39명이었다. 분석결과 2번 문항을 과학적 개념으로 응답한 교사들 모두가 1번 문항에 대해서도 과학적 개념으로 응답한 것을 확인할 수 있었는데, 이로 보아 2번 문항이 1번 문항에 비해 더 도전적인 문항임을 알 수 있었다.

빛의 진행경로의 작도에 있어서 가림판을 기준으로 하여 가림판 이전 영역의 광선작도와 가림판 이후 영

역의 광선작도로 나누어 사전검사와 사후검사를 비교하였을 때(그림 13), 사후검사의 경우, 가림판 이전 영역에서 전구로부터 출발하는 광선을 바르게 작도한 유형은 1번 문항의 경우, 67명(95.7%), 2번 문항의 경우, 68명(97.2%)으로 대부분의 교사가 전구로부터 광선을 출발하도록 작도한 반면, 사전검사의 경우는 전구로부터 출발하는 광선을 바르게 작도한 교사는 15명(21.4%)에 불과하였다. 이러한 결과는 모듈 적용수업이 빛의 진행 경로가 시작되는 위치와 이 위치로부터 퍼져 나오는 광선의 형태에 대한 올바른 과학적 개념의 형성에 특히 효과적이라는 것을 드러내는 것이라고 할 수 있다.

뿐만 아니라, 가림판의 구멍을 지나는 광선 및 광선의 방향까지 바르게 작도한 교사의 수는 사후검사 1번, 2번 문항 각각에 대하여 모두 64명(91.4%)이었음에 비해, 사전검사 2번의 경우는 7명(10.0%)의 교사들만이 과학적 개념의 범주에 포함된 사실을 볼 때, 모듈 적용수업이 빛의 진행 경로가 시작되는 위치와 퍼져 나오는 광선의 형태에 대한 올바른 과학적 개념의 형성뿐만 아니라, 가림판을 지난 빛이 바닥판에 닿기 이전까지의 빛의 진행 경로의 작도에 있어서도 매우 효과적이라는 것을 알 수 있다.

그러나 아쉬운 점은 빛이 바닥판에 닿기 전까지의 광선작도를 올바르게 한 교사들이라 하더라도 바닥판에 닿는 광선 끝부분의 위치를 확정하는 문제, 즉 광선의 길이를 결정하는 문제에 있어서는 적지 않은 어

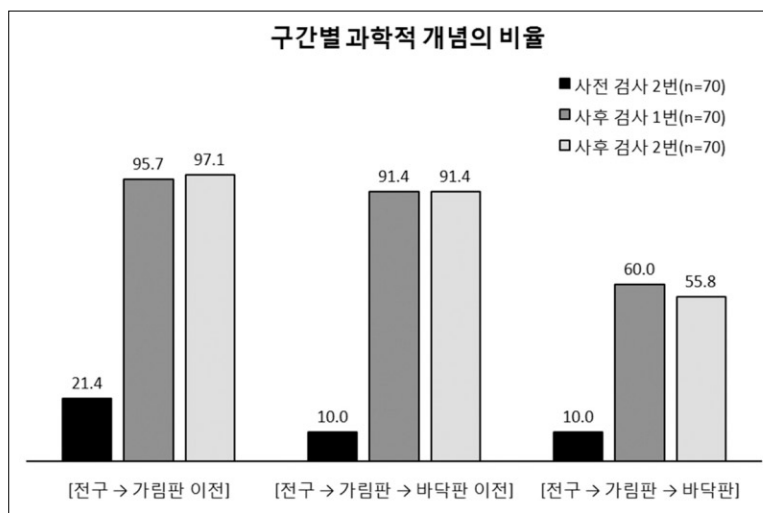


그림 13 사전·사후 검사 문항의 구간별 과학적 개념의 비율

러움을 나타내었다. 빛이 바닥판에 닿기 전까지는 올바르게 광선을 작도한 교사들 중, 약 3분의 1에 해당하는 수의 교사가 광선의 길이를 부적절하게 작도하여 과학적 개념의 범주에 들지 못했다는 사실을 통해 이를 알 수 있는데, 이들은 가림판을 통과한 빛이 바닥판에 비쳤을 때 나타나는 밝은 모양을 그리지 않았다는 공통점을 가지고 있었다. 이에 반해, 과학적으로 광선을 작도한 나머지 3분의 2에 해당하는 교사들의 상당수는 광선 작도 외에, 가림판을 통과한 빛이 바닥판에 비쳤을 때 나타내게 될 밝은 모양을 함께 그림으로써 입체적인 측면을 잘 고려하여 광선의 길이를 적절히 작도하였다.

이러한 결과는 바닥판에 빛이 비친 밝은 모양이 광선의 경로를 그릴 때, 입체적인 측면의 고려, 즉 광선의 길이에 관한 단서를 제공하여 광선작도를 바르게 하는데 결정적 역할을 한다는 의미이거나, 아니면 입체적인 측면(공간감각적인 측면)의 고려가 우수한 교사들의 경우, 바닥판에 빛이 비친 밝은 모양의 유·무와 상관없이 광선의 작도가 가능하나, 이를 그릴 경우, 광선작도가 보다 수월함을 알고 광선작도의 보조적인 용도로 적절히 활용함을 의미한다.

IV. 결론 및 제언

교사들이 가진 개념을 조사하기 위해 이전 교육과정 과학과 교과서에 제시된 실험장면을 다소 변형하여 개념조사를 하여 본 결과 대다수의 교사들이 바닥판에 빛이 비친 모양 자체를 빛의 진행경로로 설명하는 대안개념을 가지고 있었다.

이에 대해 문헌 연구와 교육 전문가와의 협의 결과로 얻어진 빛의 직진에 관한 교육 모듈이 갖추어야 할 두 가지 성격으로, 빛의 이동은 직접 눈으로 관찰할 수 있는 성질의 것이 아니기 때문에 직접적으로 경로를 가시화 할 수 없으므로 빛의 경로를 간접적으로 가시화하는 형태여야 한다는 것과 빛의 직진으로 인한 현상을 이해하기 위해서는, 빛을 광선으로 취급하여 생각할 수 있도록 하는 형태여야 한다는 것에 기초하여 연구자는 교육 모듈을 개발하였고, 이를 교사를 대상으로 적용하여본 결과, 교사들이 가지고 있던 대안개념이 상당부분 과학적 개념으로 변화되어 학습모듈이 교사들의 빛에 대한 개념을 긍정적으로 변화시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

특히 모듈은 빛의 진행 경로가 시작되는 위치와 이 위치로부터 퍼져 나오는 광선의 형태에 대한 올바른 과학적 개념의 형성에 특히 효과적이었고, 구멍을 통과하는 광선 및 광선의 방향에 대한 올바른 과학적 개념의 형성에 아주 효과적이었다.

그러나 모듈이 바닥판에 빛이 비친 밝은 모양에 대해서는 구체적으로 다루지 않아서 빛의 진행 경로의 작도 시에 광선의 끝부분의 처리방법에 대한 정보를 제공하지 못해 상당수의 교사들이 완벽한 과학적 개념에 이르지 못하는 아쉬움이 있었다. 따라서 바닥판에 빛이 비친 밝은 모양이 대안개념을 형성할 소지가 높다고 하여 배제할 것이 아니라 모듈 적용수업 시, 가림판에 뚫려있는 구멍과의 상호관계를 고려하여 함께 다룰 필요가 있다.

끝으로, 이 연구의 결과물인 학습모듈은 개발 과정에서 학생들을 대상으로 한 활용도 신중히 고려되어 개발되었다. 따라서 학생들을 대상으로 한 학습에서도 유사한 효과를 발휘할 것으로 예상되므로 학생들을 대상으로 이를 활용한 수업을 제안하는 바이다. 이와 관련하여서는 실제로 이 연구에서 개발된 실험장치 중 하나(그림 6)가 현행 2007 개정 교육과정 과학 교과서에 반영되어 활용 중에 있다(교육과학기술부, 2011).

참고 문헌

- 고광병 (1997). 빛 개념에 대한 초등학교 교사와 학생의 수업 전·후의 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 교육과학기술부 (2011). 과학 6-1. 서울: (주)금성출판사.
- 교육인적자원부 (2005). 초등학교 교사용 지도서 과학 3-2. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부 (2005). 초등학교 교사용 지도서 과학 5-1. 서울: 대한교과서주식회사.
- 권재술, 김범기, 김한호, 정진우, 최병순(1992). 빛에 대한 국민학교 학생들의 개념조사. 한국과학교육학회지, 12(2), 43-53.
- 김중복, 김현아, 김수경 (2006). 빛과 파동. 서울: 흥릉출판사.
- 김한호 (1993). 빛과 소리에 대한 국민학교 학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 과학교육연구소.

- 이건호 (1999). 빛에 대한 초등학교 교사의 개념. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 전경아 (2002). 7차 교육과정에 의한 탐구실험 및 실험평가 준거개발 - 중학교 7학년 '빛' 단원을 중심으로-. 이화여자대학교 석사학위 논문.
- 최병순(1993). 빛. 한국교원대학교 과학교육연구소, 3-21.
- 최병순(2007). 과학 오개념의 한·영(韓·英)비교 연구. 한국교원대학교 과학교육연구소, 33-38.
- Andersson, B., & Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.
- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
- Feher, E. & Rice, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Goldberg, F. & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, 24, 472-480.
- Goldberg, F. & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55, 108-119.
- Heywood, D. S. (2005). Primary Trainee Teachers' Learning and Teaching About Light: Some pedagogic implications for initial teacher training. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1447-1475.
- Langley, D., Ronen, M. & Eylon, B. (1997). Light propagation and visual patterns: Preinstruction learners conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- LaRosa, C., Mayer, M., Patrizi, P. & Vincentini Missoni, M. (1984). Commonsense knowledge in optics: preliminary results of investigation on the properties of light. *European Journal of Science Education*, 387-397.
- Osborne, J. F., Black, P. J., Meadows, J. M. & Smith, M. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15, 89-93.
- Perales, F. J., Nievas, F. & Cervantes, A. (1989). Misconceptions on Geometric Optics and their association with relevant educational variables. *International Journal of Science Education*, 11, 273-286.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13, 283-290.
- Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18: 713-723.
- Stead, B. F. & Osborne, R. J. (1980). Exploring science students conception of light. *Australian Science Teaching Journal*, 26: 84-90.
- Watts, D. M. (1985). Students' conceptions of light: A case study. *Physics Education*, 20, 183-187.

국문 요약

이 연구는 빛의 직진에 관한 교사들의 개념이 어떠한지 살펴보고, 나타난 여러 대안개념들을 개선하기 위해 필요한 적절한 학습모듈의 개발에 주목한 것으로서 올바른 빛의 직진 개념 형성을 위한 실험장치와 work sheet의 고안 및 활용의 효과성을 살펴보고 이에 따른 교육적 시사점을 얻고자 이루어졌다.

개발된 실험장치와 work sheet는 현직 교사들로 하여금 올바른 과학 개념을 가질 수 있도록 하는지 알기 위해 초·중등학교 교사 75명(초등 8명, 중등 67명)을 대상으로 적용수업이 이루어졌고 적용수업 전·후에 교사들의 개념을 알아보기 위하여 사전검사와 사후검사가 각각 이루어졌다.

결과의 분석은 사전검사 및 사후검사 무응답 등의 이유로 중등교사 5명을 제외한 70명의 교사들에 대하여 이루어졌다. 실험장치를 이용한 적용수업 전, 대다수의 교사들이 가진 대안 개념으로 실험장치의 바닥

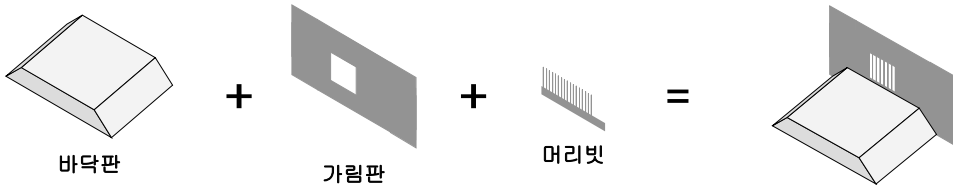
판에 빛이 비쳐 밝게 보이는 모양 자체를 빛의 진행경로로 생각하는 것으로 드러났으나 실험장치를 이용한 적용수업 이후 바닥판에 빛이 비친 모양을 빛의 진행경로로 생각하는 유형의 수가 크게 감소하였다. 아울러 수업 전, 빛의 진행경로의 출발점을 잘못 그린 것과는 반대로 거의 모든 교사가 광원인 전구로부터 시작하여 빛의 진행경로를 그리는 올바른 개념으로 변화하였다.

주요어: 빛의 직진, 빛의 진행, 빛의 나아감, 광선, 빛

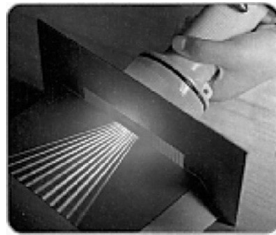
부 록

사전 개념검사지

※ 초등학교에서 빛의 “직진” 학습을 위해 사용된 실험장치의 구조입니다.



〈그림 1〉은 “교과서”에 제시된 사진으로, 빛이 가림판을 통과하여 바닥판에 비치도록 손전등을 “비스듬히” 비추고 있는 사진입니다.

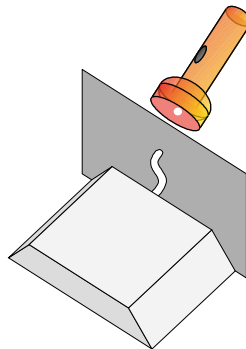


〈그림 1〉

1. 〈그림 1〉이 빛의 “직진”을 잘 나타내고 있다고 생각하십니까? 그렇지 않다고 생각하십니까?

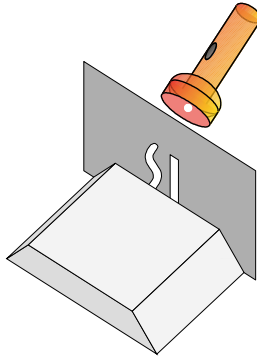
왜 그렇게 생각하십니까?

2. 오른쪽 그림에서의 빛의 진행경로를 나타내 보세요.

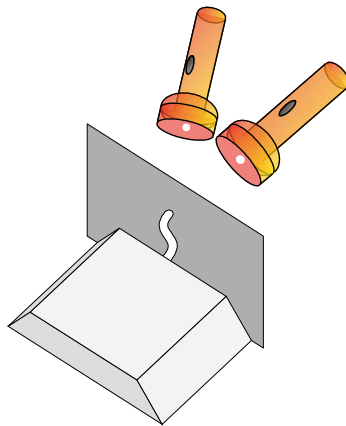


사후 개념검사지

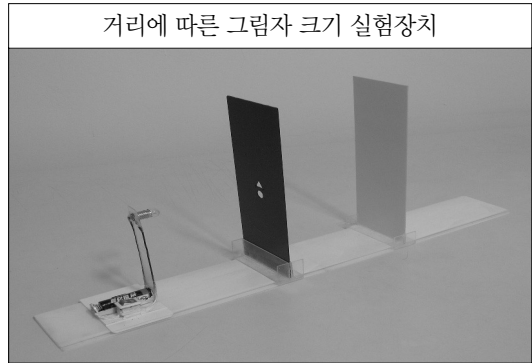
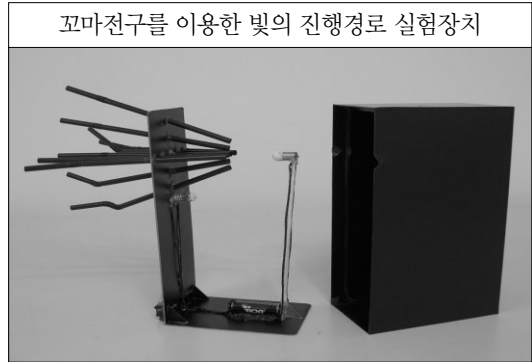
1. 다음은 빛이 실험장치의 가림판을 통과하여 “바닥판에 비치도록” 손전등을 “비스듬히” 비추고 있는 그림입니다. 빛의 진행 경로를 몇 개의 기다란 화살표로 나타내 보세요.



2. 다음은 두 개의 손전등을 이용하여 위와 같은 실험을 하고 있는 그림입니다. 빛의 진행 경로를 몇 개의 기다란 화살표로 나타내 보세요.

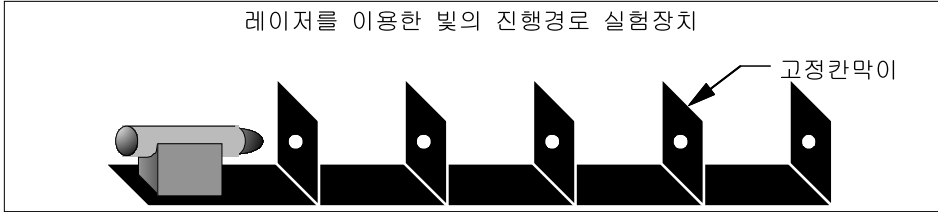


개발된 실험장치

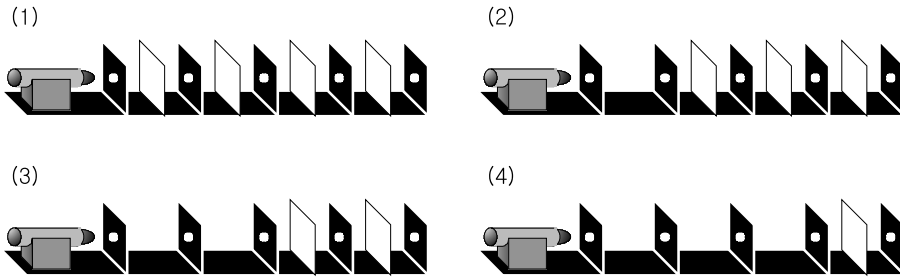


Work Sheet: 1차시

▣ 아래의 실험장치에서 고정칸막이의 구멍들은 레이저의 중심축과 일치하도록 일직선으로 배열되어 있습니다.

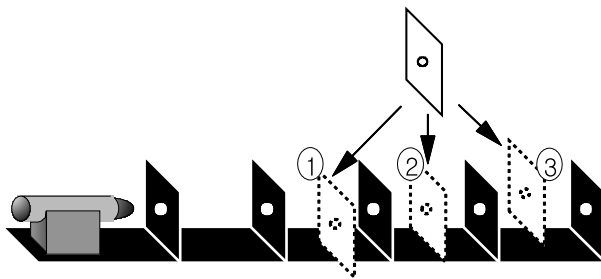


1. 레이저를 켜진 상태에서, 그림과 같이 고정 칸막이 사이에 이동칸막이(회색 칸막이)를 놓은 다음, 하나씩 치워나갈 때, 각 그림에서 레이저포인트는 어느 위치에 나타납니까? 그 위치를 점으로 나타내어 보세요.



2. 이번에는 구멍이 뚫린 이동 칸막이 하나를 고정 칸막이 사이에 놓으려고 합니다.

(1) 레이저가 모든 칸막이를 통과하여 나가게 하려면 이동 칸막이를 ①, ②, ③ 중, 어느 곳에 놓아야 합니까? V 표시를 하여 보세요.

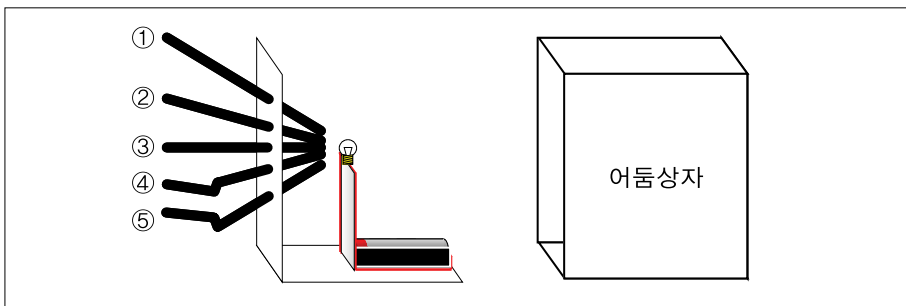


(2) 왜 그렇게 생각했습니까?

3. 다음과 같이 “곧은” 빨대를 구멍에 끼웠을 때, 흰색 칸막이에 레이저포인터가 나타나는 이유가 빛의 진행경로가 어떻게 때문입니까?



□ 아래의 실험장치에서 빨대들은 전구를 중심으로 퍼져 나오는 형태(방사형)로 되어있습니다.



4. 전구를 켜지 “않은” 상태로 실험장치를 어둠상자 속에 넣었을 때, 전구가 보이는 빨대가 있습니까?

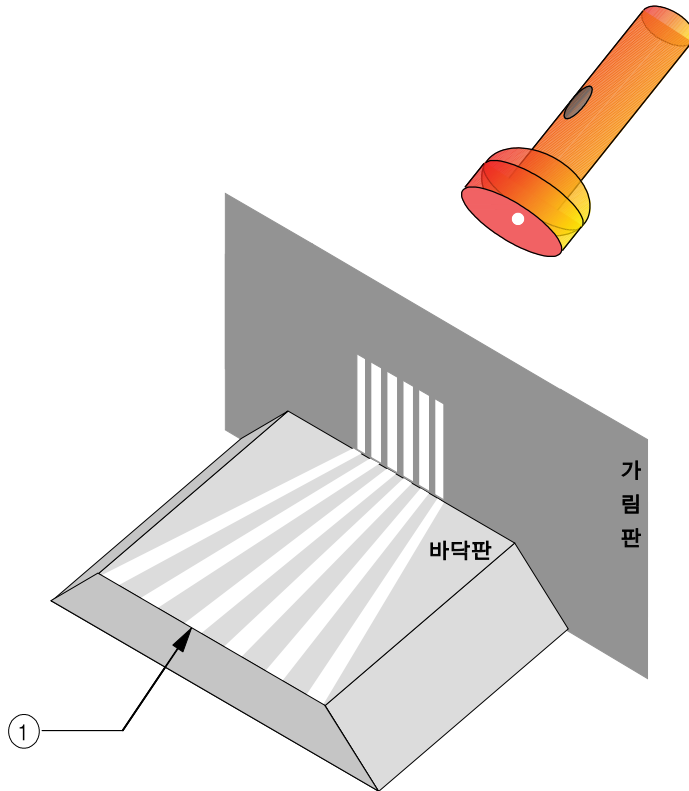
5. 전구를 “켜 후”, 빨대를 들여다보았을 때, 전구의 불빛이 보이는 빨대는 어느 빨대입니까?

6. 5번 문제에서 선택한 빨대에서만 불빛이 보이는 이유는 무엇이겠습니까?

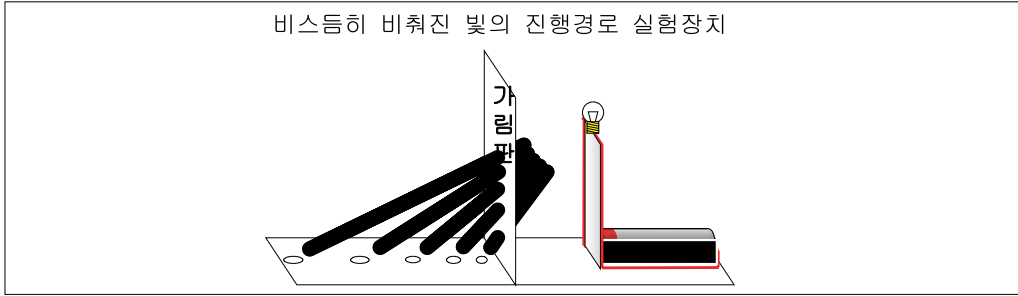
7. “곧은” 빨대로만 전구의 불빛을 볼 수 있다는 것을 통해 빛이 “직진한다(똑바로 나아간다)”는 사실을 알 수 있었습니다. 그렇다면 곧은 빨대들이 전구를 중심으로 “사방”으로 뻗어있다는 것을 통해 알 수 있는, 전구의 불빛에 관한 또 다른 사실은 무엇입니까?

Work Sheet: 2차시

1. 다음 장치의 가림판에는 직사각형의 구멍이 뚫려있습니다. 그래서 손전등을 “비스듬히” 비추면, 그림과 같이 손전등의 불빛이 바닥판에 비치게 됩니다. 이 과정에서의 “빛의 진행경로”를 아래 그림의 ①의 경우에 대해서 화살표로 나타내 보세요.



▣ 다음은 구멍을 통과하는 빛의 경로를 알아보기 위한 실험장치입니다.



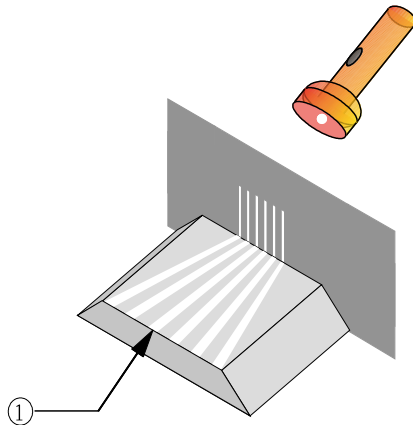
2. 빨대를 끼우기 위해 가림판에 뚫은 구멍들은 일렬로 뚫려있습니다. 이 모양대로 하나의 긴 사각구멍을 뚫는다면, 그 모양은 1번 문제의 가림판의 구멍의 모양과 비교하여 어떠합니까?

3. 전구에 불을 켜서 빛의 진행경로를 관찰합니다.
 - 빛이 어떠한 경로로 진행하여 바닥을 비추게 되는지 위 그림에 그려보세요. 빛은 어떻게 나아갑니까?

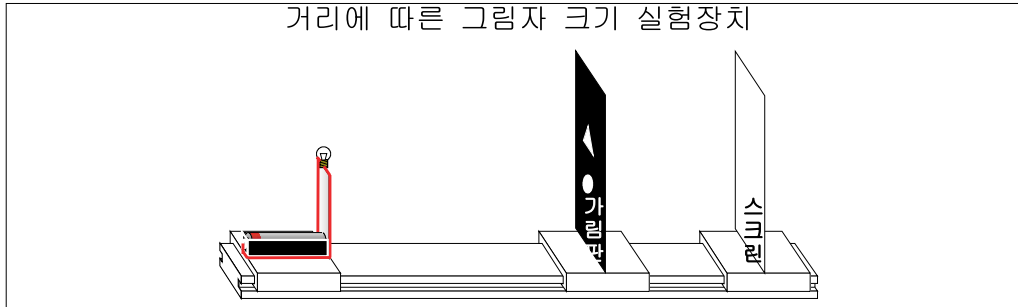
 - 빛의 진행경로를 그릴 때 출발점은 어디로 하여 그려야합니까?(힌트: 빛은 어디에서 나오니까?)

 - 바닥판에 비친 **밝은 부분의 “모양”**만 보고 빛의 직진을 알 수 있습니까?

4. 만약 1번 문제에 나타내었던 빛의 진행경로가, 3번 문제에서의 방법대로 나타낸 것이 아니라, **바닥판에 “비친 밝은 직선 모양을 빛의 진행경로로 잘못 오해**한 것이라면, 손전등의 전구로부터 ①의 영역까지의 빛의 진행경로를 아래 그림에 다시 나타내보세요.



▣ 앞의 실험을 통해 빛은 뚫려있는 곳으로만 계속해서 직진해 나간다는 것을 알았습니다. 그리고 전구의 불빛은 사방으로 퍼져나간다는 사실도 이미 배웠습니다. 다음은 이를 기초로 전구, 가림판, 스크린 사이의 거리에 따라, 스크린에 비친 밝은 부분이 어떻게 변하는지 알아보기 위한 실험장치입니다.



5. 가림판을 전구에 가깝게, 또는 멀어지게 움직일 때, 스크린에 비친 “두” 밝은 모양 간의 거리와 밝은 모양 하나의 크기는 어떻게 변합니까?

	두 밝은 모양 간의 거리	밝은 모양 하나의 크기
• 전구에 가깝게 움직일 때		
• 전구에서 멀어지게 움직일 때		

• 그 이유가 무엇이라고 생각합니까?

6. 스크린을 가림판에 가깝게, 또는 멀어지게 움직일 때는 어떠합니까?

	두 밝은 모양 간의 거리	밝은 모양 하나의 크기
• 가림판에 가깝게 움직일 때		
• 가림판에서 멀어지게 움직일 때		

• 그 이유가 무엇이라고 생각합니까?

7. 전구를 가림판과 가깝게, 또는 멀어지게 움직일 때는 어떠합니까?

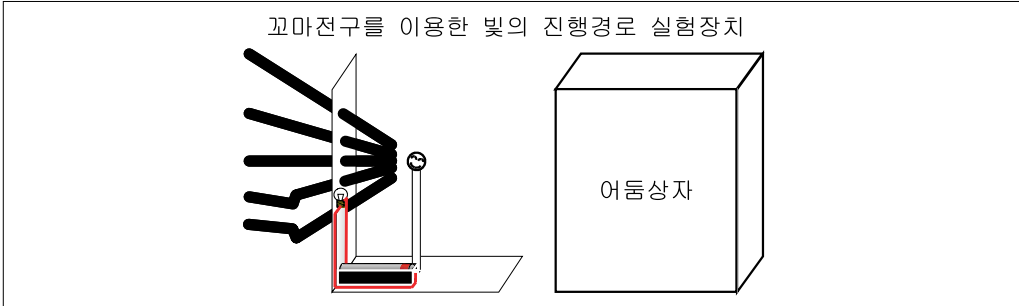
	두 밝은 모양 간의 거리	밝은 모양 하나의 크기
• 전구를 가림판에 가깝게 움직일 때		
• 전구를 가림판에서 멀어지게 움직일 때		

• 그 이유가 무엇이라고 생각합니까?

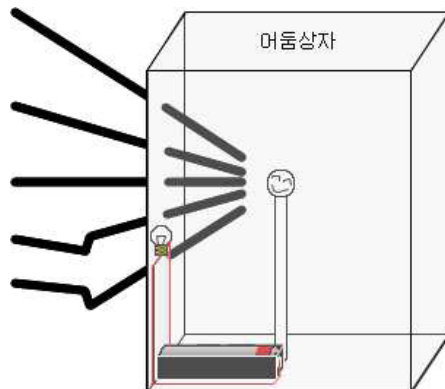
8. “한없이 먼 곳”에 있는 전구에서 나온 빛이 가림판의 구멍들을 지나간다고 가정해봅시다. 이때 두 구멍을 지나가는 빛의 경로를 두 개의 화살표로 나타내고자 할 때, 화살표들은 서로 어떻게 그려야 합니까?

Work Sheet: 3차시

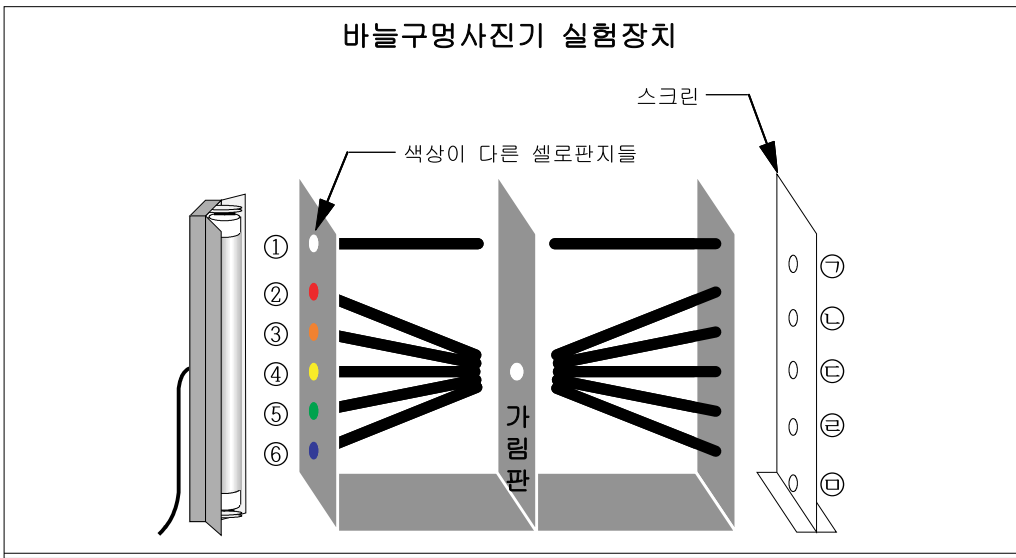
▣ 다음은 물체가 보이는 원리를 알아보기 위한 실험장치입니다.



1. 어둠상자에 장치를 넣은 후, “꺼운” 빨대를 들여다볼 때, “☺” 모양의 물체는 전구를 켜었을 때 보입니까, 꺼졌을 때 보입니까?
2. 물체가 보이려면 무엇이 필요합니까?
3. 전구가 켜져 있는데도 꺾은 빨대를 통해서 물체를 볼 수 없는 까닭은 무엇입니까?
4. 이 실험을 통해 알 수 있는, 물체가 보이기 위한 두 가지 조건은 무엇입니까?
5. 물체가 우리 눈에 보이기까지의 빛의 경로를 그려보세요.



▣ 다음은 바늘구멍사진기의 원리를 살펴보기 위한 실험장치입니다. 장치에서 가림판의 구멍은 바늘구멍사진기의 바늘구멍에 해당합니다.



6. 형광등의 스위치를 켜었을 때, ①번 빨대구멍으로 들어온 빛이 스크린에 비치지 않는 까닭은 무엇입니까?

7. 스크린에 비친 빛 중에서, ②번 빨대구멍으로 들어온 빛은 어느 것입니까?

- 그 곳에 비친 빛이 ②번 빨대구멍으로 들어온 빛이라는 근거는 무엇입니까?
- 이 빛의 진행경로를 살펴보면 빛은 어떻게 나아갑니까?

8. 나머지 빨대구멍들에 대해서도, 빛의 진행경로를 살펴보았을 때, 빛은 어떻게 나아갑니까?

9. 이 실험을 통해서, 바늘구멍사진기에서 물체가 뒤집혀 보이는 까닭은 빛의 어떠한 성질 때문이라고 할 수 있습니까?