한국과학교육학회지, 29권 8호, pp. 874-885(2009. 12) J Korea Assoc. Sci. Edu, Vol. 29, No. 8, pp. 874-885(2009. 12)

중학교 3학년 과학 교과서의 '달의 위상변화' 문제점 분석

채 동 현*
전주교육대학교

An Analysis of 'The Phases of the Moon', Contents of 9th Grade Science Textbook

Donghyun Chae*
Jeonju National University of Education

Abstract: The purpose of this study is to analyze illustrations, contents, and experiments in 6 kinds of science textbook from the 9th grade covering the phases of the Moon (on the phases of the Moon in six 9th grade science textbook) and to suggest coherent and effective contents and frame of the science textbook. Hence, the researcher decided the study problem. The study problems are as follows; 'Are the illustrations in the science textbook presented to help understand the phases of the Moon depending on the position of the observer?', 'Does the contents of the book clearly mention the phases of the Moon?', 'Can students understand the phases of the Moon through the experiments in the science textbook?', 'Do illustrations, contents, and experiment of the science textbook consistently explain the phases of the Moon?'. 10 persons (9graduate students including the researcher) took part in this study. All things unanimously agreed upon by all participants were reflected in the results. The results are as follows: First, the universal observer's view point is mixed with the earth observer's view in the illustration of these science textbook regarding the phases of the Moon. Moreover, illustrations of some textbooks are presented with such words as 'sunrise', 'midnight' and consequently contain too much. Second, the contents of the science textbook concerning the phases of the Moon is not described clearly. In addition, they don't give clear and detailed explanations for the reason of these changes. Third, all of the textbooks, except one textbook, describe the experiment regarding the phases of the Moon with the earth observer's view point but don't specifically mention that the view point is that of the earth observer's view point. Fourth, illustrations, contents, and experiments in the science textbook don't coherently explain the phases of the Moon. In addition, it is confirmed through the process of the result analysis that the described contents in the science curriculum is not well constructed or logical.

Key words: position of the observer, universal observer's view point, earth observer's view point, phases of the Moon

Ⅰ. 서 론

지구과학에서 천문영역의 출발점으로 가장 먼저 언급되는 천체는 지구, 달, 태양이다. 그 중 달은 다른 천체에 비해 관찰이 쉽고, 일상생활에서 쉽게 접할 수 있다는 장점이 있어서 학교에서도 달에 대한 교육을 먼저 실시하고 있다. 즉, 초등학교에서는 달, 지구, 태양 중에서 달과 지구에 대한 학습을 하고, 그 뒤에 달을 뺀 지구와 태양과의 관계(계절의 변화)를 학습하게 된다. 중학교에서는 지구, 달, 태양의 관계를 통해 달의 위상변화를 학습하는 순서로 교육과정이 진행되게 되고 있다. 제7차 과학과 교육과정에서는 달의 위상변화와 관련된 내용이 3학년 '지구와 달' 단원과 9학년 '태양계의 운동'에서 다루어지고 있다 (교육부, 1998).부, 1998).

제7차 과학과 교육과정에서 달의 위상변화와 관련된 내용은 9학년에서 배우게 된다. 실제로 달과 관련한 7차 중학교 과학 교육과정 해설서에서는 "달의 위상 변화를 관찰하고, 이를 달의 운동과 관련지어서 이해하여야 한다. 이는 지구에서 관측되는 달의 현상과 달의 운동을 관련지어서 설명하여야 하며, 달의 위상변화에 따라 달이 보이는 시각이 다르다는 사실을 이

*교신저자: 채동현(donghyun@jnue.kr)
**2009.07.15(접수) 2009.10.01(1심통과) 2009.11.17(2심통과) 2009.11.25(최종통과)

해하여야 한다."라고 되어 있다. 하지만 달의 위상변화와 관련된 내용은 시간적 · 공간적 제약으로 직접 관측이 어렵기 때문에 학교현장에서 교사는 교과서가 중심이 되는 수업을 진행할 수밖에 없는 실정이다. 그런데 과학을 배우는 학생뿐만 아니라 가르치는 교사도 상당수가 달의 위상변화에 대해서 어려워하고 있다는 사실은 우리에게 많은 시사점을 제시한다고 볼 수 있다.

학생의 개념형성에 영향을 미치는 요인들로는 내적요인과 외적요인이 있다. 내적요인은 학생들의 지각특성과 논리적 추론 특성이 있고, 외적요인은 교사, 교과서, 언어의 모호성 등을 들 수 있다 (권재술, 김범기, 1993). 외적요인인 교사, 교과서, 언어의 모호성은 통제 가능한 요인들로써 수업 상황에서 매우 중요한 요인들이다. 달의 위상변화와 관련된 학생들의 과학개념 형성이 상당부분 수업을 통해서 이루어진다는 점을 고려한다면, 외적요인들에 대한 구체적인 연구가 필요하다.

실제로 국내 · 외로 달의 위상변화에 대한 연구들은 지금까지 계속되어 왔다 (김찬종, 이조옥, 1995; 성나해, 최승언, 2008; 이면우, 2000; 채동현, 1996; 채동현, 최영완, 2002; 허성호, 2000; Dai and Cape, 1990; Kuethe, 1963; Saddler, 1987; Schoon, 1989; Trundle, *et al.*, 2002, 2006, 2007a, 2007b). 지금까지의 연구들은 달의 위상변화에 대해서 학생들이 가지고 있는 개념들을 밝혀내는데 중점을 두고 있었다. 일부 연구자들은 학생들의 선 개념을 과학적 개념으로 바꾸기 위한 노력을 전개하기도 하였다. 그렇지만 학생들의 개념형성에 큰 영향을 주는 교과서 자체에 있는 문제점에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 이러한 현실을 고려하여 중학교 과학 교과서에서 달의 위상변화를 어떻게 다루고 있는지에 대한 연구가 필요하고 본다.

따라서 본 연구는 달의 위상변화를 다룬 중학교 3학년 과학 교과서 6종의 교과서 삽화, 내용, 실험의 문제점을 분석하고, 달의 위상변화에 대한 삽화, 내용, 실험의 일관성을 제안하고자 한다. 이를 위해 연구자는 '교과서 삽화가 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?', '교과서 내용이 달의 위상 변화를 이해하는데 도움이 되는가?', '교과서 실험이 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?', '교과서 삽화, 내용, 실험이 달의 위상변화를 전체적으로 일관성을 갖고 설명하고 있는가?' 를 연구문제로 선정하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상 교과서

본 연구의 연구대상은 제7차 과학과 교육과정에 따른 중학교 3학년 과학 교과서 6종이다. 현재 중학교 검 · 인정 과학 교과서는 모두 8종이나, 일선 학교에서 많이 사용하고 있으며 시중에서 구하기 쉬운 6종으로 연구대상을 간추렸다. 그 6종은 교학사(A), 금성출판사(B), 대일도서(C), 디딤돌(D), 블랙박스(E), 지학사(F) 출판사에서 나온 교과서들이다.

2. 자료수집 및 분석

자료 수집에 참여한 인원은 총 10명(과학교육을 전공한 교수 1명, 교육대학원생 9명) 이다. 교육대학원생(이하 연구참여자) 9명은 남자 3명, 여자 6명으로 1년에서 10년 사이의 현직 교육경력을 가진 초등학교 교사들이다. 자세한 사항은 표 1과 같다.

본격적인 자료 수집 전 연구참여자 준비과정은 다음과 같다. 연구참여자들은 연구자로부터 달의 위상변화에 대한 강의를 수강했다. 이 강의에서 연구자는 중학교 3학년 학생들에게 '달의 위상변화' 를 달의 운동과 관련지어 학습시키는 교수활동이 이 단원의 핵심내용임을 강조하였다. 강의 수강 이후 연구참여자들은 '달의 위상변화' 와 관련된 7차 중학교 과학과 교육과정의 내용을 읽은 뒤 연구문제를 중심으로 중학교 3학년 6종 과학 교과서 의 문제점을 분석하고 보고서를 작성하였다.

이렇게 작성된 보고서를 토대로 연구참여자들은

표 1
연구 참여자

이 름	김○○	김○○	김○○	이○○	이○○	박○○	박○○	소○○	안○○
성 별	여	남	여	여	여	여	여	남	남
교육경력(년)	10	1	2	1	2	5	8	8	7

2008년 8월 18일 90분에 걸친 한 차례의 토의를 가졌다. 연구참여자들이 돌아가면서 발표자가 되고 발표자가 보고서를 발표하는 동안 나머지 사람들이 자유롭게 자신의 의견을 이야기하는 방식으로 토의가 진행되었다. 연구자는 이때 주요 토의내용을 기록하는 방식으로 토의에 참여하였다.

토의를 통해 연구자와 연구참여자들은 연구문제를 중심으로 다음과 같은 주요 분석기준을 도출해 냈다. 첫 번째 연구문제 '교과서 삽화가 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?' 에서 도출된 분석기준은 '교과서 삽화가 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점 중 어느 관점으로 제시되고 있는가? 혹은 두 가지 관점이 혼재되어 있는가?' 였다. 두 번째 연구문제 '교과서 내용이 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?' 에서 도출된 분석기준은 '달의 위상변화를 달의 운동과 연관시켜 진술하고 있는가?' 였다. 세 번째 연구문제 '교과서 실험이 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?' 에서 도출된 분석기준은 '실험의 필수요소인 태양, 달, 지구를 이용하여 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점 중 지구관찰자 관점에서 실험을 하고 있는가?' 였다. 네 번째 연구문제 '교과서 삽화, 내용, 실험이 달의 위상변화를 전체적으로 일관성을 갖고 설명을 하고 있는가?' 에서 도출된 분석기준은 '교과서 삽화, 내용, 실험에서 달의 위상변화를 설명하는 데 있어, 관점(우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점)과 위치(태양-지구-달)가 일관성이 있는가?' 였다.

토의된 내용들 중 교육대학원생 모두가 동의한 내용만을 엄선하여 연구에 반영하였다. 더 나아가 연구에 반영된 내용과 토의 내용 기록장과 대조하고, 이 내용을 연구참여자들이 다시 점검하고 수정하여 연구의 진실성을 높였다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. A 교과서

1) 삽화

그림 1은 A 교과서에 실린 달의 위상변화 삽화 (p. 237)이다. 그림 1의 사진은 두 가지 관점이 혼합되어 있는 상태이다. 즉, 왼쪽에서 햇빛이 비쳐서 달의 밝은 부분이 왼쪽으로 고정되어 있는 우주관찰자 관점의 삽화와 지구에서 달의 위상을 관찰한 지구관찰자

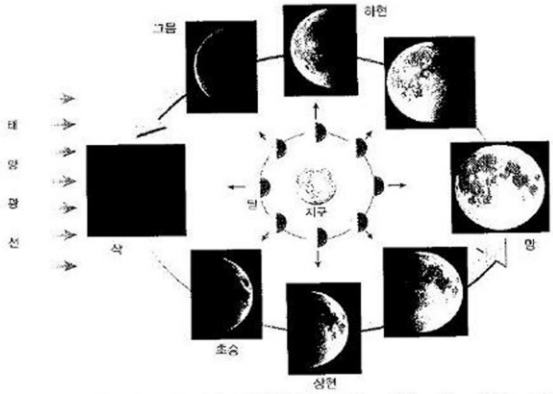


그림 7-10 달의 공전과 모양 변화(달의 위상은 삭 → 초승 → 상현 → 망 → 하현 → 그믐 → 삭으로 변해 간다)

그림 1 *A 교과서에 실린 달의 위상변화 삽화*

관점의 삽화가 섞여 있다. 그림 1에서 혼합된 관점을 분리해보자면, 우주관찰자 관점의 삽화는 달이 지구 주위를 공전하면서 햇빛이 왼쪽에서만 비쳐지기 때문에 달의 왼쪽 부분만이 밝은 삭, 그믐, 하현의 그림이다. 지구 관찰자 관점의 삽화는 지구에서 달의 위치를 관찰했기 때문에 달의 밝은 부분이 왼쪽으로 고정되지 않은 망, 상현, 초승달 사진이다. 이렇듯 A 교과서에는 우주관찰자 관점의 삽화와 지구관찰자 관점의 삽화가 혼합되어 실려 있음을 알 수 있다. 관점이 혼합된 이런 방식의 교과서 삽화는 교사나 학생들의 이해에 도움을 주기보다는 오히려 이해를 방해하게 된다. 특히 지구관찰자의 관점에서 제시된 삽화는 지구관측자의 관찰자가 제시되어 있지 않아 어디에서 관측한 달의 위상인지 알 수 없다.

2) 내용

A 교과서에서는 달의 위상변화 원인을 "*지구에서 보는 달의 모양은 햇빛이 비치는 달의 부분이 보이는 것이다. 따라서 달의 위상이 변하는 까닭은 그림 7-10과 같이 달이* ***지구 둘레를 공전하는 동안 그 위치에 따라 햇빛을 받는 부분이 초승, 상현, 망, 하현, 삭*** *등으로 변하기 때문이다* (p. 237)."라고 진술하고 있다. 여기서 달의 위상변화 원인으로 설명하고 있는 '***…지구 둘레를 공전하는 동안 그 위치에 따라 햇빛을 받는 부분이 초승…***' 이라는 부분은 설명과 용어선택에 문제점이 있다. 달과 지구의 위치관계에 따라 태양의 빛을 반사시키고 있는 달의 부분(면적)이 지구관측자에게 다르게 관측될 뿐이지 교과서에서 말하는 바처럼

햇빛을 받는 부분(면적)이 다른 것은 아니다. 즉 달이 태양빛을 받는 부분(면적)은 일정한데 교과서 설명은 햇빛을 받는 부분(면적)이 다른 것처럼 왜곡되어 해석될 여지가 있다. 또한 초승, 상현 같은 단어는 우리가 관측하는 달의 모습을 나타내는 명칭이지, 햇빛을 받는 부분이 초승, 상현 등으로 변하는 것이 아님에도 불구하고 마치 태양을 받는 부분을 지칭하는 명칭처럼 받아들일 여지가 있다.

3) 실험

A 교과서는 날짜에 따른 달의 모습을 초승달부터 보름달까지 관찰하고 기록하는 활동을 담고 있다 (p. 236). 이 실험은 동기 유발로는 좋은 활동으로 생각되나, 달의 위상변화 원인을 학습하기에는 부족하다. 달의 위상변화는 3차원적인 우주공간에 일어나는 현상이기 때문에 단순 관찰 보다는 공간 지각력과 관련된 직접적인 실험이 함께 이루어질 때 삽화와 내용에 대한 이해가 제대로 이루어질 수 있을 것으로 생각된다.

4) 삽화, 내용, 실험

이 단원은 달의 위상변화 원인을 알아보는 단원이다. 이 단원에 실린 삽화는 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점이 혼합되어 있어서 달의 위상변화를 이해하는 데 쉽지 않았으며, 이 단원의 내용은 용어와 진술이 명확하지 않아 이해하기 어려웠다. 아울러 실험은 단순히 달의 위상변화를 관찰하는 수준이어서 달의 위상변화의 원인에 대한 구체적인 이해에 도움을 주지는 못했다.

2. B 교과서

1) 삽화

그림 2는 B 교과서에 실린 삽화 (p. 246)이다. B 교과서 삽화에서도 A 교과서와 마찬가지로 우주관찰자 관점의 사진과 지구관찰자 관점의 사진이 섞여 있다. 그런데 B 교과서 삽화에는 A 교과서와는 다른 점이 있다. 지구관찰자 관점에서 제시한 초승달과 그믐달 사진의 경우 관찰 가능한 시각인 '일출', '일몰' 단어가 함께 제시된 점이다. 하지만 이런 시간 설명은 군더더기라고 할 수 있다. 이 단원의 주된 학습목표는 '달의 위상변화를 관찰하고, 이를 달의 운동과 관련지어 설명한다.' 이기 때문에 '어느 시각에 초승달이나

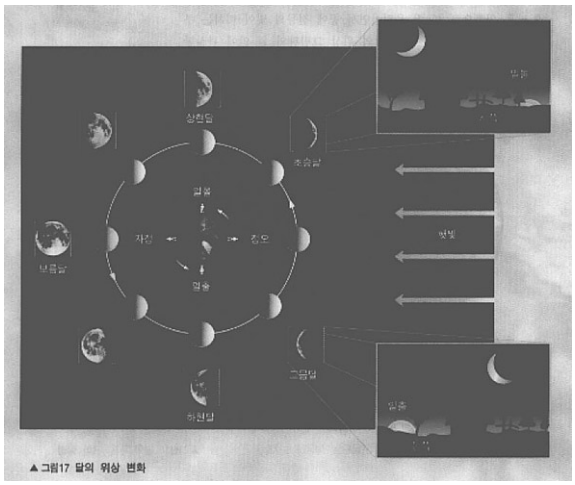


그림 2 *B 교과서에 실린 달의 위상 변화 삽화*

그믐달을 더 잘 관측할 수 있는가' 와 관련된 내용은 빠지는 편이 더 낫다. 여러 가지 내용을 알려주는 복잡한 삽화보다는 학습목표(달의 위상변화)에 맞는 간결한 삽화를 제시하는 것이 학생들의 학습에 도움이 될 것으로 생각된다.

2) 내용

B 교과서에서는 달의 위상변화 원인을 "*달의 위상은 지구에서 바라볼 때 달이 태양빛을 받아 반사하는 표면의 면적이 변하기 때문에 달라진다. 삭인 경우에는 달이 있는 위치가 태양과 같은 방향에 있어 달의 모습이 보이지 않는다. 초승달은 삭에서 1~2일 지난 후에 볼 수 있으며, 반대편의 어두운 가장자리가 지구의 반사광 때문에 어렴풋이 보이는 경우도 있다. 그믐이 지나고 7~8일 후에는 상현달을 볼 수 있다. 이때는 태양과 달이 이루는 각도가 90°가 되어 달의 모습이 오른쪽 절반만 보인다. 상현과 보름달 사이에서 달의 모습은 왼쪽으로 점점 커져 간다. 약 2주일이 지나면 달은 태양의 반대 방향에 위치하게 되어 전면을 모두 볼 수 있는 보름달이 된다. 보름달이 지나면 달의 모습은 점차 오른쪽으로 기울기 시작하며, 하현달을 지나서 마지막으로 그믐달이 되어 한 주기를 마친다* (p. 246)."라고 진술하고 있다.

달의 위상변화의 원인에 대한 B 교과서의 설명 또한 A 교과서와 전개방식이 비슷하다. 달의 위상변화 원인을 직접적으로 설명하고 있지 않다. 달의 위상변화 원인은 달의 공전 즉 달이 지구 주위를 공전하기

때문이다. 특히 우리가 관찰하는 상현달의 밝은 부분을 '오른쪽 절반'이라고 표현하고 있는데, 이 용어는 2차원적인 표현으로 교사나 학생에게 지구 그림자에 의해 달의 위상이 생긴다는 오개념을 심어줄 수 있기 때문에 3차원적인 표현인 '구의 오른쪽 전면 1/4'로 바꿀 필요가 있다 (채동현, 2008).

3) 실험

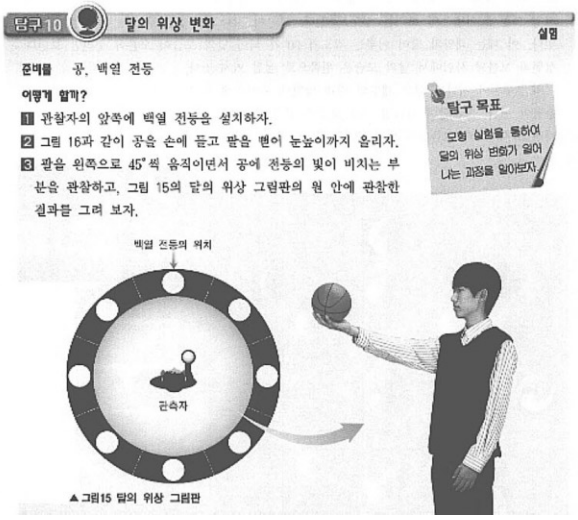


그림 3 *B 교과서에 실린 달의 위상변화 실험*

B 교과서에는 공, 백열전등을 이용한 실험을 통해 달의 위상변화를 알아보는 활동 (p. 245)이 실려 있다. 여기서 농구공을 손으로 들고 팔을 45°씩 움직이면서 전등의 빛이 비치는 부분을 관찰하라고 되어 있지만, 팔만 돌려서는 달의 위상을 관찰할 수 없으므로 학생 스스로 돌면서 관찰해야 한다고 수정해야 한다. 또한 농구공보다 하얀 공이나 스티로폼 구를 사용하면 눈으로 관찰하기에 좀 더 쉬울 것이며, 백열전등의 높이에 따라서는 학생의 그림자에 의해 공이 가려질 수 있으므로 주의해야 할 것으로 생각된다. 마지막으로 달의 위상변화 실험 방법을 설명한 그림 3에서 백열전등(태양)의 위치가 애매모호하게 제시되어 있다. 그림만 봤을 때 아이들이 하얀색 동그라미 부분이 백열전등의 위치라고 착각할 수 있을 것이다. 따라서 전등의 위치를 좀 더 명확하게 나타내고, 관측자가 내민 공의 위치에 하얀색 동그라미를 위치시키는 것이 더 적절할 것으로 생각된다.

4) 삽화, 내용, 실험

B 교과서의 경우 A 교과서와 달리 지구 관측자를 제시하고 있었으나 '일출', '일몰' 등의 단어와 함께 제시된 삽화는 역시 달의 위상변화에 대한 이해를 오히려 더 어렵게 만들고 있었다. 특히, 교과서의 삽화에서는 태양이 '오른쪽'에 위치하고 있지만 실험에서는 태양의 역할을 하는 백열전등이 '위쪽'에 위치하고 있어서 학생이 삽화와 실험을 관련지어 이해하기가 어려울 것으로 판단된다. 내용도 달의 위상변화 원인을 명확하게 설명하고 있지는 않았다.

3. C 교과서

1) 삽화

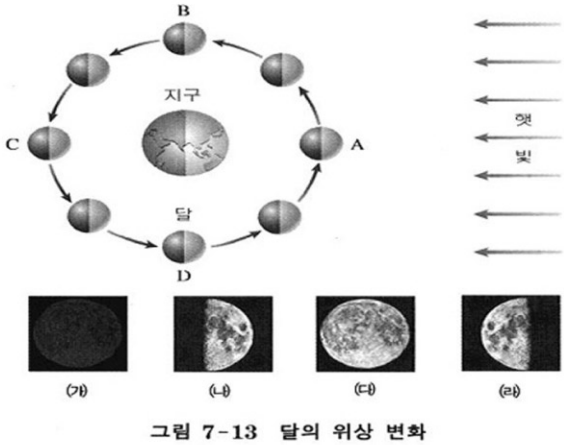


그림 4 *C 교과서에 실린 달의 위상 변화 삽화*

그림 4는 C 교과서에 실린 삽화 (p. 266)이다. C교과서는 우주 관찰자 관점의 삽화와 지구관찰자 관점의 삽화를 따로 제시한 점이 다른 교과서와 다르다. C 교과서와 같이 각 관점별로 삽화를 따로 제시한다면 학생들이 달의 위치에 따른 달의 위상변화를 학습하는데 좀 더 쉽게 다가갈 수 있을 것으로 생각된다. 여기서 제시된 관점의 순서는 전체에서 부분으로 접근한다는 입장에서 C 교과서와 같이 우주관찰자 관점의 삽화를 먼저 제시하고 지구관찰자 관점의 삽화를 나중에 제시하는 것이 적절하다고 생각된다. 하지만 지구관찰자 관점에서 초승달이나 그믐달 등과 관련된 삽화가 빠져 있는 점, 지구관측자가 제시되지 않은 점 등은 보완할 필요가 있다.

2) 내용

C 교과서에서는 달의 위상변화를 "*그림7-13은 지구의 북극 방향에서 내려다보았을 때의 달의 공전 모습을 나타낸 것이다. 달이 A→B→C→D로 공전해 갈 때 지구에서 관측되는 달의 모습은 (가)→(나)→(다)→(라)로 변한다. 여기에서 (가)와 같이 달의 모습이 보이지 않을 때를 삭, (나)과 같이 오른쪽이 둥근 반달로 보일 때를 상현이라고 한다. (다)와 같이 달의 전체 모습이 둥글게 전부 보일 때를 망(보름), (라)과 같이 왼쪽이 둥근 반달로 보일 때를 하현이라고 한다* (p. 266)."라고 진술하고 있다. 이 진술처럼 달의 위상변화의 원인을 설명하면서 달이 태양의 빛을 반사한다는 내용을 빼버리게 되면, 학생들은 '달은 직접 빛을 낸다.' 고 잘못 이해할 수도 있다. 또한 달의 위상변화 설명에서 달이 공전하는 위치와 지구에서 관측할 수 있는 달의 모양을 관련지어 진술하지 않고 단순히 관찰되어 보이는 부분과 달의 명칭에만 초점을 두고 설명한 한계점이 보였다.

3) 실험

C 교과서 실험에서는 (p. 265) 전등 빛(태양)을 사용하지 않는다. C 교과서 실험은 스티로폼 구(달)의 반을 까맣게 칠한 뒤, 칠이 되지 않은 하얀 부분이 태양빛을 받는 부분이라고 가정하여 전개된다. 얼핏 보았을 때 준비물이 많이 필요하지 않아 간단하게 해 볼 수 있는 활동으로 생각할 수 있다. 하지만, 여학생이 스티로폼 구를 가지고 돌때 하얀 부분이 항상 왼쪽을 향해야 되는데, 실제 우리가 관측하는 달은 항상 같은 면을 바라보기 때문에 학생들에게 오개념을 심어줄 수 있다. 또한 실험에서 남학생이 역할이 모호한 점도 문제이다.

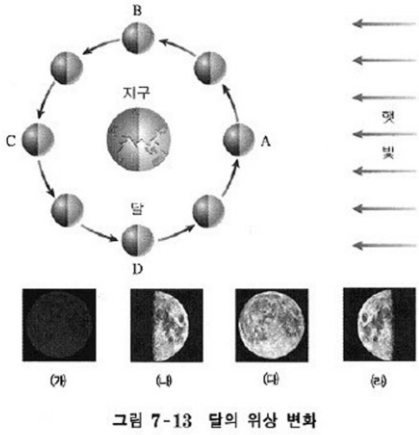


그림 7-13 달의 위상 변화

그림 7-13은 지구의 북극 방향에서 내려다보았을 때의 달의 공전 모습을 나타낸 것이다.

달이 A→B→C→D로 공전해 갈 때 지구에서 관측되는 달의 모습은 (가)→(나)→(다)→(라)로 변한다. 여기에서 (가)와 같이 달의 모습이 보이지 않을 때를 **삭**, (나)와 같이 오른쪽이 둥근 반달로 보일 때를 **상현**이라고 한다. (다)와 같이 달의 전체 모습이 둥글게 전부 보일 때를 **망**(보름), (라)와 같이 왼쪽이 둥근 반달로 보일 때를 **하현**이라고 한다.

그림 5 *C 교과서에 실린 달의 위상변화 내용*

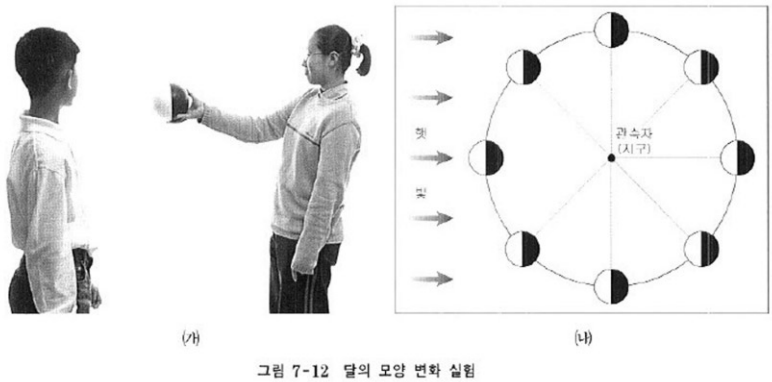


그림 7-12 달의 모양 변화 실험

그림 6 *C 교과서에 실린 달의 위상 변화 실험*

4) 삽화, 내용, 실험

B 교과서와 비슷하게 C 교과서도 삽화와 실험사이의 일관성이 결여되어 있다. 삽화에서는 태양이 오른쪽에 위치하고 있지만 실험에서는 태양이 왼쪽에 위치하고 있다. 또한 내용진술도 달의 위상변화를 나타나는 원인 이 아니라 위상변화 현상자체와 달의 명칭에 초점을 두어 설명하고 있다.

4. D 교과서

1) 삽화

D 교과서 경우 달의 위상변화와 관련된 삽화가 제시되어 있지 않았다.

2) 내용

D 교과서에서는 달의 위상변화 원인을 "*달은 스스로 빛을 낼 수 없으므로 우리는 달이 태양빛을 반사하는 부분만 볼 수 있다. 그런데 달은 한 달에 한 바퀴씩 지구 주위를 돌고 있으므로 지구를 중심으로 태양과의 상대적인 위치가 변하고, 그에 따라 약 한 달을 주기로 모양이 변한다. 이 때 달의 모양이 변하여 다시 같은 모양이 될 때까지 걸리는 시간은 약 29.5일인데 이를 삭망월이라고 한다* (p. 254)."라고 진술하고 있다. 달의 위상변화 원인에 대한 D 교과서의 진술에는 태양 빛을 반사한다는 내용이 포함된 점, 달이 지구 주위를 공전하고 있다는 점은 설명하고 있었지만 상대적인 위치가 변한다는 간략한 설명만이 있을 뿐, 각각 달의 명칭과 연관 지을 수 있는 자세한 위치 설명이 빠져 있었다.

3) 실험

D 교과서에는 '달 시계 만들기 활동' (p. 255)과 '달의 위상변화 작도실험' (p. 262) 그리고 '달의 위상변화 캠코더 실험' (p. 254)이 있다. '달 시계 만들기 활동'은 여러 모습의 달을 어느 시간대에 어느 방향에서 관측할 수 있느냐를 알아보기 위한 실험이다. 이 활동을 통해서 학생들은 달을 잘 관측할 수 있는 시간을 배우게 된다. 그런데 이 활동은 우주 관찰자 관점과 지구 관찰자 관점을 혼합 제시 되어서 학생들이 달의 위상변화의 원인을 이해할 때에는 적합하지 않는 활동이다.

'달의 위상변화 작도실험'의 문제점은 다음과 같다.

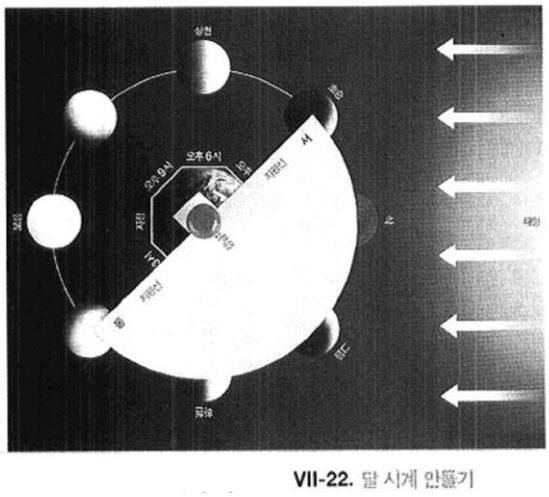


그림 7 *D 교과서에 실린 달 시계 만들기 실험*

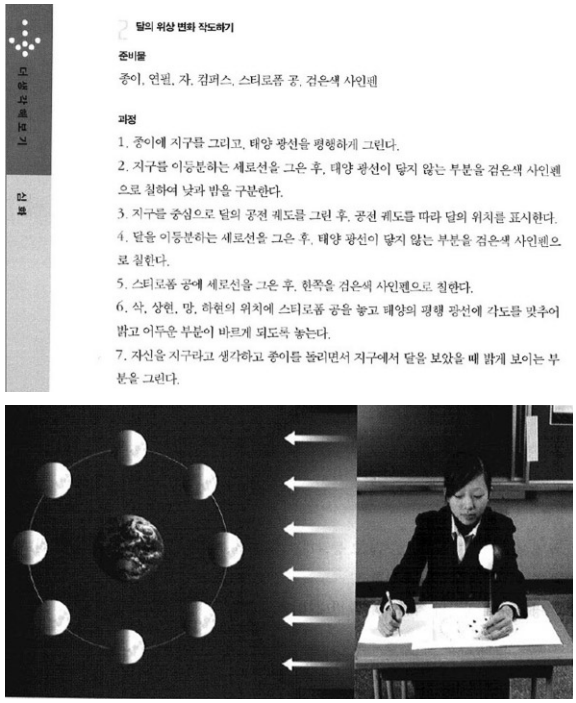
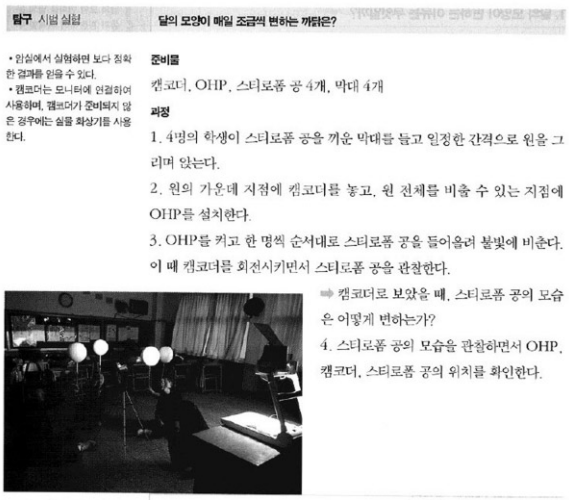


그림 8 *D 교과서의 달의 위상변화 작도 실험*

학생들에게는 우주관찰자 관점에서 태양, 지구, 달의 관계를 (그림 8의 왼쪽)그린 그림을 보여주고, 학생들이 실제 작도하는 달의 위상변화는 제시된 관점과는 다른 지구관찰자 관점(그림 8의 오른쪽)으로 작도하도록 한 점이다. 즉 제시되는 사진의 관점과 실제 활동의 관점이 다르다는 문제가 있다. 또한 제시된 삽화(왼쪽 사진)는 햇빛이 오른쪽에서 비치지만, 달의 위

상변화 작도(오른쪽 사진)에서는 그림 상으로 햇빛이 왼쪽에서 비치는 것으로 되어 일관성이 없다.


탐구 시범 실험 | **달의 모양이 매일 조금씩 변하는 까닭은?**

• 암실에서 실험하면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다.
• 캠코더는 모니터에 연결하여 사용하며, 캠코더가 준비되지 않은 경우에는 실물 화상기를 사용한다.

준비물
캠코더, OHP, 스티로폼 공 4개, 막대 4개

과정
1. 4명의 학생이 스티로폼 공을 꿰운 막대를 들고 일정한 간격으로 원을 그리며 앉는다.
2. 원의 가운데 지점에 캠코더를 놓고, 원 전체를 비출 수 있는 지점에 OHP를 설치한다.
3. OHP를 켜고 한 명씩 순서대로 스티로폼 공을 들어올려 불빛에 비춘다. 이 때 캠코더를 회전시키면서 스티로폼 공을 관찰한다.
➡ 캠코더로 보았을 때, 스티로폼 공의 모습은 어떻게 변하는가?
4. 스티로폼 공의 모습을 관찰하면서 OHP, 캠코더, 스티로폼 공의 위치를 확인한다.

그림 9 *D 교과서의 달의 위상변화 캠코더 실험*

'달의 위상변화 캠코더 실험'은 우주관찰자 관점에서 보이는 태양, 지구, 달의 위치를 관찰하고 지구관찰자 관점에서 보이는 달의 모양변화를 알아보는 실험이다. 특히 캠코더에 녹화된 공의 모습은 바로 달의 모습으로 실제 달의 위치에 따라 우리가 지구에서 관측 가능한 달의 모양을 볼 수 있게 해 줄 수 있으므로 달의 위상변화를 이해하기에 유용한 실험이다. 아쉬운 점이 있다면 제시된 실험에서는 고정된 스티로폼 공 4개(달)를 두고 캠코더가 도는 방식으로 진행하도록 하여 실제 달이 도는 현실과 다르게 상황을 연출한 점이다. 이 방식과 달리 학생 한 명이 달을 나타내는 구를 들고 반시계방향으로 도는 활동을 녹화하면(실제 달이 도는 상황을 연출) 달의 공전까지도 표현할 수 있어서 더 적절할 실험이 될 것으로 생각된다.

4) 삽화, 내용, 실험

다른 교과서와 달리 D 교과서는 삽화가 제시되어 있지 않았으며, 달의 위상변화와 관련된 내용 진술도 달의 명칭만 소개되어 있을 뿐 태양, 지구, 달의 위치와 관련하여 설명하지 않고 있다. 또한 실험은 3가지나 제시하고 있었지만, 두 실험은 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점을 혼합하여 사용하고 있어 달의 위상변화를 학습하는데 오히려 방해가 될 가능성이 보인다.

5. E 교과서

1) 삽화

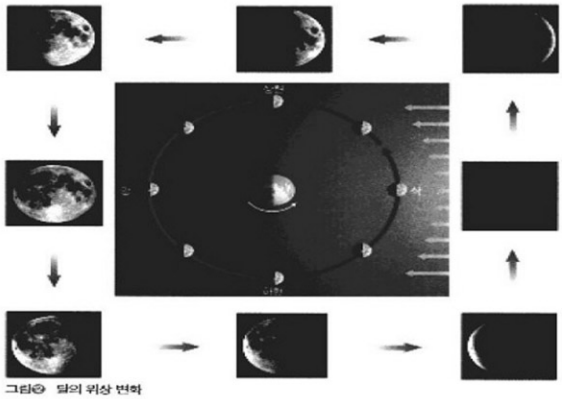


그림 10 *E 교과서에 실린 달의 위상 변화 삽화*

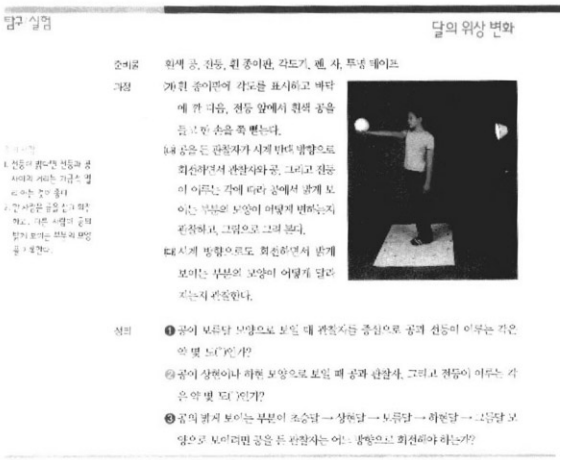
그림 10은 E 교과서가 제시하고 있는 삽화 (p. 249)이다. E 교과서에도 A, B 교과서와 마찬가지로 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점이 혼합된 삽화가 실려 있다. 특히 삽화의 배경에 제시된 햇빛이 지구에 도달하는 부분은 빛이 둥글게 퍼져 지구에 도달하는 것으로 그려 놓고 있다. 이런 표현방식은 달의 위상변화가 햇빛이 둥글게 퍼져 달에 도달하는 영역으로 설명하는 오개념을 불러일으키게 된다 (채동현, 2008).

2) 내용

E 교과서에서는 달의 위상변화 원인을 "*전등 빛을 받은 공의 모양은 관찰자의 공의 위치에 따라 달라진다. 이와 마찬가지로 지구 주위를 공전하는 달도 그 위치가 변함에 따라* ***밝게 보이는 부분의 모양이 변한다.*** *해가 질 때 보이는 달의 위치는 서쪽에서 동쪽으로 이동하는데, 지구를 기준으로 달이 태양의 동쪽 90° 방향에 위치하면 상현달도 보이고, 태양의 반대편에 위치하면 보름달도 보인다* (p. 249)."라고 진술하고 있다.

달의 위상변화에 대한 E 교과서의 진술에서는 달이 태양의 빛을 반사한다는 설명을 하고 있지 않고, 단지 ***'밝게 보이는 부분의 모양이 변한다.'***와 같이 애매모호하게 설명하고 있다. 또한 달의 위치를 설명하는 부분에 있어서 '태양의 동쪽 90°'라는 설명은 지구관찰자 관점, 우주관찰자 관점, 태양관찰자 관점이 혼재되어 있어서 교사나 학생들이 이해하기에 어려울 것으로 생각된다.

3) 실험


탐구 실험 달의 위상 변화

준비물 흰색 공, 전등, 흰 종이판, 각도기, 펜, 자, 투명 테이프

과정 (가) 흰 종이판에 각도를 표시하고 바닥에 깔 다음, 전등 앞에서 흰색 공을 들고 한 손을 쭉 뻗는다.

(나) 공을 든 관찰자가 시계 반대 방향으로 회전하면서 관찰자와 공, 그리고 전등의 이루는 각에 따라 공에서 밝게 보이는 부분의 모양이 어떻게 변하는지 관찰하고, 그림으로 그려 본다.

(다) 시계 방향으로도 회전하면서 밝게 보이는 부분의 모양이 어떻게 달라지는지 관찰한다.

결과 ❶ 공이 보름달 모양으로 보일 때 관찰자는 중심으로 공과 전등이 이루는 각은 약 몇 도(°)인가?

❷ 공이 상현이나 하현 모양으로 보일 때 공과 관찰자, 그리고 전등이 이루는 각은 약 몇 도(°)인가?

❸ 공의 밝게 보이는 부분이 초승달 → 상현달 → 보름달 → 하현달 → 그믐달 모양으로 보이려면 공을 든 관찰자는 어느 방향으로 회전해야 하는가?

그림 11 *E 교과서에 실린 달의 위상변화 실험*

E 교과서에 실린 실험(p. 248)은 B, C 교과서의 실험과 전개 방식이 비슷하다. 그림 11을 보면 학생은 전등 앞에서 흰색 공을 들고 시계방향으로 또 한 번은 반 시계방향으로 돌면서 공을 관찰하게 된다. 문제는 이러한 활동의 의도가 불분명하다는 점에 있다. 심지어 달의 위상변화와 관련이 없어 보이기까지 하다. 십분 양보하여 지구관찰자의 관점에서 달의 위상변화를 알아보려는 의도였다고 분석해 본다면 실험방법을 설명할 때 '지구 위의 내가…' 와 같이 관측자가 지구 위에 있다는 사실을 명확하게 알려주는 문구를 넣어야 할 것이다.

4) 삽화, 내용, 실험

E 교과서 삽화는 지구관찰자 관점과 우주관찰자 관점이 혼합되어 나타나 있었지만, 내용 진술에는 지구관찰자 관점, 우주관찰자 관점, 태양관찰자 관점이 혼합되어 나타나 있었다. 2가지 관점이 혼합된 삽화와 3가지 관점이 혼합된 내용으로 E 교과서에도 삽화와 내용의 일관성은 결여되어 있었다. 실험에서는 지구관찰자 관점으로 실험이 제시되었으나 실험 설명이 모호하게 표현되어 문구의 수정이 필요한 상황이었다.

6. F 교과서

1) 삽화

그림 12는 F 교과서에 실린 삽화 (p. 224)이다. F 교과서는 A, B, E 교과서와 마찬가지로 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점이 혼합된 삽화를 실었다. F 교과서의 삽화는 B 교과서와 비슷하게 '일출', '일몰' 등의 단어를 제시하여 시간의 개념을 도입하였다. 또한 '확대한 초승달' 그림(지구관찰자 관점에서 그려짐)을 보면, 달의 위치와 모양 변화가 달의 위상변화와 무슨 관계가 있는지 명확하지가 않다. 이는 하나의 삽화에 너무 많은 내용을 담으려고 했기 때문에 나타난 현상이다. 여러 가지 내용이 동시에 언급되면 학생들의 이해도가 오히려 더 떨어질 수 있으므로 3개의 내용범주인 달의 위치, 달의 모양변화, 달의 위상변화 중에서 마지막 내용 범주인 달의 위상변화 하나만을 알아보는 삽화로 내용을 간결하게 다듬을 필요가 있겠다.

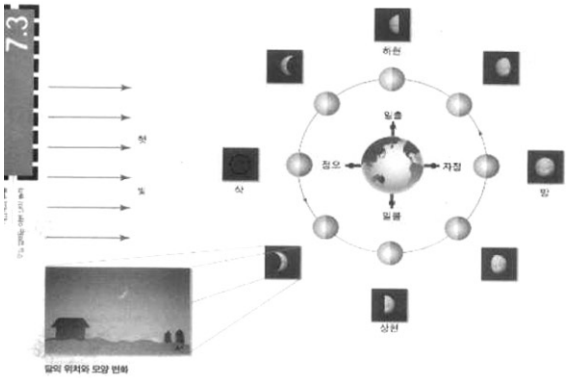


그림 12 *F 교과서에 실린 달의 위치와 모양 변화 삽화*

2) 내용

F 교과서에서는 달의 위상변화 원인을 "*달은 스스로 빛을 내지 못하고 햇빛을 받는 부분만 밝게 보인다. 그러므로 지구에서 볼 수 있는 달의 모양은 그 위치에 따라 달라진다. 위의 그림은 지구 둘레를 공전하는 달의 위치와 그 때의 모양을 나타낸 것이다. 이 그림에서 달이 태양과 같은 방향에 와서 보이지 않는 때를 삭, 태양의 반대 방향에 와서 보름달이 되는 때를 망이라고 한다. 그리고 삭과 망 사이에서 오른쪽이 둥근 반달이 되는 때를 상현, 왼쪽이 둥근 반달이 되는 때를 하현이라고 한다* (p. 224)."라고 진술되어 있다.

달의 위상변화 원인에 대한 F 교과서의 설명은 태양의 빛을 반사시킨 부분이 밝다는 점, 달이 지구 주위를 공전한다는 내용이 포함되어 있다는 점에서 다른 교과서의 설명보다 대체적으로 양호하다고 볼 수 있었다. 하지만 '보름달이 되는 때를 망' 이라고 설명한 부분은 보름달이 되는 '시간' 을 지칭하는 설명으로

이것을 '망'이라고 하는 부분은 부적절한 진술이다. 또한 우리가 관찰하는 상현달의 밝은 부분을 '오른쪽 절반'으로 표현하고 있었는데 이것은 앞서 논의한 B 교과서와 같이 3차원적인 표현인 '구의 오른쪽 전면 1/4'로 바꿀 필요가 있다 (채동현, 2008).

3) 실험

F 교과서의 실험 (p. 223)은 B, C, E 교과서들의 실험과 진행방식이 비슷하였다. 2명의 학생이 짝을 지어 한 학생은 전등(태양)을 들고 나머지 학생은 공(달)을 들고 달의 역할을 맡은 학생이 제자리에서 돌면서 공의 밝은 부분이 어떻게 보이는지 관찰하는 활동이 F 교과서의 실험 내용이다. 이 실험 설계에서 나타난 문제점은 '지구 위의 내가'라는 관점이 나타나 있지 않은 점이다. 또한 실험 사진(그림 13)에서처럼 달을 나타내는 공을 머리 위로 들고 실험을 할 경우 달의 공전궤도면이 지구와 크게 어긋나게 되므로 의도치 않은 오개념을 유발할 수도 있다. 마지막으로 사진에서 공을 들고 있는 학생 위로 그려진 화살표가 의도하는 바가 명확하지 않다. 화살표가 의미하는 바가 학생이 돌면서 관측한다는 의미인지 지구가 자전하고 있다는 의미인지 혼란을 가져올 수 있는 그림이므로 이에 대한 개선이 필요하다.

4) 삽화, 내용, 실험

F 교과서의 삽화에는 달의 위상변화와 관련해서 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점의 삽화가 혼합되어 제시되고 있었고, 실험은 두 가지 관점 중 지구관찰자 관점으로 설계되어 일관성이 결여되었다. 내용 진술에서도 보름달이 되는 '때'를 '망'이라고 설명하는 부적절한 표현이 보였다. 결국, F 교과서도 위상변화를 학습하는데 삽화, 내용, 실험이 일관성 있게 제시되어 있지 않았다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 달의 위상변화를 다룬 중학교 3학년 과학 교과서 6종의 삽화, 내용, 실험의 문제점을 분석하고, 달의 위상변화에 대한 중학교 3학년 과학 교과서 6종의 삽화, 내용, 실험의 전반적인 면을 알아보는 연구이다. 연구결과에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 현재 교과서의 삽화에 혼재되어 있는 관찰자의 관점을 하나로 통일하거나 체계적으로 나누어 제시해야 한다. 달의 위상변화 삽화는 1개의 교과서(D 교과서)를 제외한 모든 교과서에서 실려 있다. 특히 4개의 교과서(A, B, E, F 교과서)에서는 우주관찰자 관점에서 본 달의 모양과 지구관찰자 관점에서 본 달의 모양을 혼합하여 제시하고 있다. 이것은 하나의 삽화에 관점이 2개라는 의미로써 관점에 따른 삽화를 각각 제시(C 교과서)한다면 학생들이 달의 위상변화를 이해하는데 더 도움이 될 것이다.

둘째, 달의 위상변화에 대한 과학 교과서의 애매모호한 내용 설명을 명확한 설명으로 바꿔야 한다. 우리가 바라보는 달의 모양이 주기를 가지고 변하는 이유는 달의 공전 때문이다. 즉, 달이 지구 주위를 공전하기 때문에 달과 지구의 위치관계가 변하게 된다. 달과 지구의 위치관계에서 달이 어느 위치에 있는가에 따라 지구에 있는 우리 눈에 비친 달은 다른 모양이 된

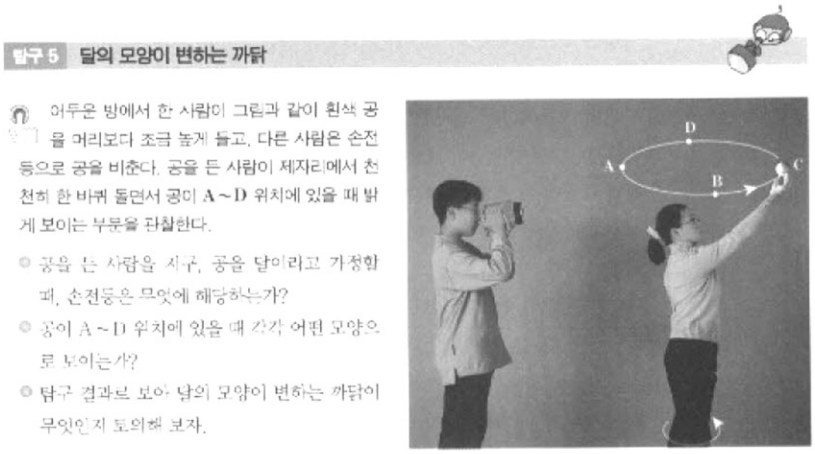


그림 13 *F 교과서 달의 위상변화 실험*

다. 달리 표현하자면 태양의 빛을 반사시키는 달의 부분이 항상 일정함에도 불구하고 달의 위상 변화가 생긴다는 말이다. 하지만 현행 교과서 중에는 달의 공전도 구체적으로 언급하고 있지 않은 교과서가 있었으며, 달이 태양 빛을 반사시키는 부분만 우리가 볼 수 있다는 전제 사실조차도 제대로 언급하고 있지 않은 교과서도 있었다.

셋째, 실험 방법에서 '지구 위의 내가' 라는 지구관찰자 관점을 구체적으로 언급하면서 실험을 전개할 필요가 있다. 6개의 교과서 중 5개의 교과서(A 교과서를 제외)가 달의 위상변화와 관련된 실험을 싣고 있다. A 교과서의 경우 달의 위상변화를 알아볼 수 있는 실험이 아니라 달의 위상변화를 관측하는 활동으로 실험을 대신하고 있다. 주제는 동일하지만 각 교과서마다 각각 다른 실험을 제시하고 있었으며, 특히 D 교과서의 경우 3개의 실험을 싣고 있었다. 이들 교과서에 실린 실험은 지구관찰자 관점에서 설계된 실험이었다. 특히 공을 들고 학생이 직접 움직여가며 빛을 반사시키는 부분을 관찰하는 실험에서조차도 지구관측자에 대한 진술을 누락시킨 한계를 보였다.

넷째, 달의 위상변화는 어려운 개념이다. 그런데, 교과서에 제시된 삽화, 내용, 실험은 일관성 있게 조직되어있지 않다. 현재 과학 교과서들은 달의 위상변화에 대한 삽화에서는 우주관찰자 관점과 지구관찰자 관점을 혼용하고 있으며, 내용에서는 달의 위상변화와 관련된 달의 공전이나 태양-지구-달의 위치관계에 대한 진술을 제대로 하지 않고 ,실험에서는 어떤 관점으로 달의 위상변화를 관찰해야 되는지 자세하게 안내하지 않고 있다. 과학 교과서 삽화, 내용, 실험의 일관성을 제대로 세우지 않는다면 달의 위상변화에 대한 학생들의 바른 개념형성을 기대할 수는 없을 것이다.

국문 요약

본 연구의 목적은 달의 위상변화를 다룬 중학교 3학년 과학 교과서 6종의 삽화, 내용, 실험의 문제점을 분석하고, 달의 위상변화에 대한 교과서 삽화, 내용, 실험의 일관성 있는 새로운 구성을 제안하기 위함이다. 이를 위해 연구자는 '교과서 삽화가 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?', '교과서 내용이 달의 위상변화를 이해하는 데 도움이 되는가?', '교과서 실험이 달의 위상변화를 이해하는데 도움이 되는가?', '교과서 삽화, 내용, 실험이 일관성 있게 달의 위상변화를 설명하고 있는가?' 를 연구문제로 선정하였다. 연구자를 포함해 교육대학원생 10명이 본 연구에 참여하였으며, 연구 참여자 모두의 의견이 일치된 내용만을 연구결과에 반영하였다.

연구결과는 다음과 같다. 첫째, 달의 위상변화와 관련된 교과서 삽화에 우주관찰자 관점, 지구관찰자 관점이 혼재되어 나타나 있었다. 또한 일부 교과서 삽화에서는 '일출', '일몰' 등의 단어를 함께 제시하고 있어 너무 많은 내용을 하나의 삽화에 제시하고 있다. 둘째, 달의 위상변화와 관련된 교과서 내용이 불명확하게 진술되어 있었다. 특히 달의 위상변화 원인에 대한 명확하고 자세한 설명이 이루어지고 있지 않았다. 셋째, 한 교과서를 제외한 나머지 다섯 교과서에서 달의 위상변화와 관련된 실험을 지구관찰자 관점에서 다루고 있었지만, 지구관찰자에 대한 구체적인 언급을 하고 있지 않았다. 넷째, 교과서 삽화, 내용, 실험이 일관성 있게 달의 위상변화를 설명하고 있지 못했다.

참고 문헌

강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일회, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천옥 (2002). 중학교 과학 3. 서울: 교학사.

교육부 (1998). 과학과 교육과정. 대한교과서 주식회사.

권재술, 김범기 (1993). 과학 오개념 편람(역학편). 한국교원대학교 물리교육연구실.

김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용 (2002). 중학교 과학 3. 서울: 블랙박스.

김찬종, 김희백, 박시진, 오차환, 양재철, 장홍식, 정진문, 조현수, 최후남, 한송희, 현종오, 홍경희 (2003). 중학교 과학 3학년. 서울: 도서출판 디딤돌.

김찬종, 이조옥 (1995). 달의 위상 변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념 사이의 관계. 한국지구과학회지, 17, 8-21.

성나해, 최승언(2008). 달의 위상 변화에 관한 교과서의 지식 통합 과정 및 학생 정신 모델의 비교 연구. 한국지구과학회지, 29(2), 163-174.

이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상윤, 복완근, 정익현 (2003). 중학교 과학 3.

서울: 지학사.

이면우 (2000). 달의 위상 변화에 대한 초등학교 예비교사들의 이해-교대 4학년생과 보수교육생을 중심으로. 춘천교육대학교 과학교육연구, 24, 55-68.

이성묵, 채광표, 김기대, 이문원, 권석민, 손영운, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수 (2002). 중학교 과학 3. 서울: 금성출판사.

정완호, 권재술, 김범기, 김성하, 백성혜, 우종옥, 이봉호, 이석형, 정진우, 최병순 (2002). 중학교 과학 3. 서울: 교학사.

채동현 (1996). 학생들의 달 위상변화의 원인에 대한 개념 조사. 초등과학교육, 15(1), 45-55.

채동현, 최영완 (2002). 달의 운동에 대한 역할놀이 학습이 초등예비교사의 개념 변화에 미치는 효과. 초등과학교육, 21(2), 253-262.

채동현 (2008). 새로운 달 위상 모형의 개발과 그 적용. 초등과학교육, 27(4), 385-398.

최돈형, 김동영, 김봉래, 김재영, 노석구, 신영준, 이기영, 이대형, 이면우, 이명제, 이상인, 전영석 (2002). 중학교 과학 3. 서울: 대일도서.

허성호 (2000). 지구와 달의 운동에 대한 초등학교 교사들의 개념. 한국교원대학교 석사논문.

Dai, M.F. and Capie, W. (1990). Misconceptions about the moon by preservice and teachers in Taiwan. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, ED 355-327.

Kuethe, L. J. (1963). Science concepts: A study of sophisticated errors. Science Education, 47(4), 361-364.

Saddler, P. M. (1987). Misconceptions in astronomy, Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Volume Ⅲ, Ithaca, NY: Cornell University, 422-425.

Schoon, K. J. (1989). Misconceptions in the earth science (Doctoral dissertation, Loyola University of Chicago, 1989), Dissertation Abstracts International, 50, 915-A.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., and Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. Journal of Research in Science Teaching, 39(7), 633-658.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., and Christopher, J. E. (2006). Preservice elementary teacher' knowledge of observable moon phases and patterns of change in phases. Journal of Science Teacher Education, 17(2), 87-101.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., and Christopher, J. E. (2007a). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. Journal of Research in Science Teaching, 44(2), 303-326.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., and Christopher, J. E. (2007b). Fourth grade elementary students' conceptions of standards-based lunar concepts. International Journal of Science Education, 29(5), 595-616.