

달의 위상 변화에 관한 교과서의 지식 통합 과정 및 학생 정신 모델의 비교 연구

성나해 · 최승언*

서울대학교 지구과학교육과, 151-748, 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

A Comparative Study of Knowledge Integration in the Textbook and Students' Mental Model about the Phases of the Moon

Na-Hae Sung and Seung-Urn Choe*

Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

Abstract: In this study, we compared textbook knowledge organization with students' mental models to contribute to a more well-designed instruction scheme. The selected science content was the cause of moon phases. We investigated 9 textbooks and 25 third-year middle school students. Patterns and features in participants' mental models were identified through cross inter-rater data analysis by 9 researchers, including in service teachers and experts in science education. According to the results, observing and modeling are the main activities engaged in when dealing with moon phases. The activities consisted of such concepts as: lunar revolution, the sun's parallel rays, the illuminated half of moon, and the relative positions of the sun, moon, and earth. Each concept involved inquiry skills such as: creating and manipulating models, utilizing the relationship between time and space, and communicating. However, the most important skills which are required for authentic scientific inquiry, namely controlling variables and formulating hypotheses, were missing. We categorized students' mental models into three types: scientific models, mixed models, and alternative models. The knowledge structure of each of the models was also discussed in this paper. Consequently, it was found that, typically, students were not given enough opportunities to strengthen the connection among ideas.

Keywords: mental model, knowledge integration, inquiry skill, scientific concept

요약: 본 연구의 목적은 달의 위상 변화 원인에 관한 교과서의 탐구활동과 학습자의 정신 모델을 비교하여 효과적인 교수 설계를 위한 시사점을 찾는 데 있다. 이를 위해 중학교 3학년 교과서 9종과 25명의 학생들을 조사하여 현직 교사를 포함한 9인의 과학교육 전문가들이 교차 분석하였다. 그 결과 탐구활동은 현상을 관측하고 공간 모델을 설정하여 검증하는 활동으로 이루어져 있었고 탐구활동에서 다루는 과학 개념은 달의 공전, 태양광선의 평행과 달의 반사면, 태양-지구-달의 위치관계, 지구에서 보는 달의 위상에 대한 개념이었다. 이 개념들은 모델 설정 및 조작, 시공간 관계의 사용, 추론, 의사소통 기능과 연결되어 있지만 과학자들의 실제 탐구에 필요한 중요 기능이 생략되어 있었다. 한편 학생들의 정신 모델은 과학적 모델, 혼재형 모델, 대안적 모델로 나누어 각 유형별로 논의하였다. 지식 통합의 관점에서는 교수 설계 시 다양한 탐구 경로를 통해 학습자의 선개념과 새로운 개념의 연결을 권장하고 있으나 이상의 결과는 개념 연결을 강화할 기회가 충분하게 제공되지 않음을 보여준다.

주요어: 정신 모델, 지식 통합, 탐구 기능, 과학 개념

서론

현행 7차 교육과정에서 달의 운동과 관련한 내용

은 3학년, 9학년, 11~12학년에서 다루고 있다. 따라서 우리나라 국민공통기본교육과정을 이수한 학생이라면 선택 과목인 고등학교 과정을 제외하더라도 최소 두 번 이상 달의 운동에 관련된 내용을 배우게 된다(김혁, 2006).

초등교육 과정에서는 학습자의 인지적 특성에 따라

*Corresponding author: suchoe@snu.ac.kr

Tel: 82-2-880-7781

Fax: 82-2-874-3289

관찰에 근거한 자료수집 활동 위주로 구성되어 후속 학습의 전단계로서의 성격이 강하며, 고등학교 과정에서는 학생의 교과목 선택에 따라 달의 운동에 대한 학습 여부가 달라진다. 이에 반해 중학교 과정은 모든 학생이 본격적으로 달의 운동과 관련한 현상을 학습하는 시기라고 할 수 있다. 그 가운데 주요 개념으로 다뤄지고 있는 달의 위상 변화는 지구과학 중에서도 학생들이 이해하기 어려워하는 분야이다. 이 영역에 대한 학생들의 이해를 조사했던 많은 연구들(김찬종과 이조옥, 1995; 민준규, 1991; 오준영과 김유신, 2006; Stahly et al., 1999; Trundle et al., 2007)은 그들의 오개념과 한 번 잘못 형성된 개념의 지속성을 보고한 바 있다.

지금까지의 연구들은 개념의 과학적 이해를 오개념 및 과학적 개념을 조사하는 데에 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 하나의 과학 현상을 이해하기 위해서는 학습자가 수많은 단일 개념을 획득하고 이를 연결해서 통합적인 정신 모형(integrating mental model)을 형성해야 한다. 정신 모형을 형성하는 단일 개념들은 상호 관련을 맺고 있기 때문에, 학습 목표 개념을 구성하는 단일 개념 중 잘못된 개념이 있을 경우는 표적 개념의 이해에 지장이 있게 된다(김찬종과 이조옥, 1995; 명전옥, 2001 재인용; Diakidoy et al., 1997). 많은 연구자들은 저마다 강조가 다른 가운데에서도 이러한 학습 과정을 묘사해왔으며(Dewey, 1901; Schwab, 1978; Vygotsky, 1978), Linn et al.(2004)은 이 과정을 지식 통합(knowledge integration)*이라는 말로 정의한 바 있다. 지식 통합의 세 원리 중 핵심은 과학을 접근 가능하게 만드는 것(Dewey, 1901; Vygotsky, 1978)으로 학습자가 기존에 알고 있는 것에 새로운 개념을 연결해 나갈 수 있도록 수업을 구성할 필요가 있다는 것이다. 이러한 관점에서 본 연구는 수업의 기초 자료인 교과서의 탐구활동을 새로운 개념을 연결해 나가는 하나의 지식체제로 보고, 탐구활동이 교실 상황에서 재현될 때 연합하는 과학 개념과 탐구기능에 주목하였다. 그리고 해당 학년을 지낸 학생들의 정신 모형(mental model)을 조사하여 비교함으로써 궁극적으로 달의 위상 변화에서의 지식 통합 활성을 위한 시사점을 얻고자 하였다.

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1) 교과서 탐구활동에서 달의 위상 변화를 이해하기 위해 연합하는 과학 개념과 탐구기능은 무엇이며 탐구 방법상의 특징은 무엇인가?

2) 학생들이 달의 위상 변화에 대하여 설명할 때 보여주는 단일 개념들의 연합은 무엇이며 그 결과는 지식 통합의 활성을 위한 교수 설계에 무엇을 시사하는가?

연구 방법

학습자 개념 조사 및 분석

연구 참여자는 25명(중학교 3학년 11명, 고등학교 1학년 9명, 고등학교 2학년 5명)으로 과학 교사 2인의 도움을 얻어 안양과 인천에 소재하는 두 곳의 학교에서 성적과 관계없이 임의 표집 하였다. 면담 시 달의 위상 변화에 대한 학생의 정신 모형을 말과 그림으로 설명하게 하고 내용을 녹음하였다. 질문의 내용은 Trundle et al.(2007)의 달의 위상에 대한 개념 변화 연구에 사용한 인터뷰 내용을 우리나라의 실정에 맞추어 번역 후 적용하였다. 과학교육 전공자 및 과학 교사로 구성된 9인(지구과학교육 석사과정 4인, 박사과정 2인, 현직 교사 3인)이 전사 자료 한 편당 3인을 이루어 각각 교차 분석하였다. 분석들은 Trundle et al.(2007)의 연구에서 사용된 코드표를 기초로 하여 수 회 협의 후 수정을 거쳐 최종 완성하였다. 그 결과 개념 분석에 사용한 코드표는 Table 1과 같다.

개념코드의 적용에 대하여 의견이 불일치하는 경우에는 충분한 협의를 통해 결과물의 타당도를 높이고자 했다.

교과서의 개념 및 탐구기능 분석

중학교 3학년 과학교과서 9종에서 달의 위상 변화를 다루는 탐구활동을 택하여 개념과 탐구기능을 분석하였다. 대상 단원은 태양계의 운동의 소단원인 '달의 운동' 중에서 달의 위상 변화에 관련하는 탐구활동으로 한하였다. 먼저 개념 분석을 위해 모든 탐구활동을 과정별로 표에 정리한 후, 명시적으로 나타난 과학 개념을 코딩하였다. 분석에 사용된 코드는 Table 1의 과학 개념만을 택한 No.1~No.6 코드이다.

*Knowledge Integration refers to the process of adding, distinguishing, organizing, and evaluating accounts of phenomena, situations, and abstractions (Linn et al., 2004).

Table 1. Concept code key for students' concept analysis

No.	Code	Meaning of Concept Code
1	SciOrb	달이 지구 궤도를 공전한다. 달의 공전, 자전에 대한 과학적 개념을 갖고 있다.
2	SciHaf	태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛난다.
3	SciPrl	태양광선은 달, 지구에 평행하게 도달한다.
4	SciEMS	지구, 태양, 달의 상대적인 위치가 우리가 보는 부분을 결정한다.
5	SciSee	우리가 보는 빛나는 부분이 상(Phase)을 결정한다. (보통 SciHaf/SciEMS 개념과 결합되어 나타난다.)
6	NavSee	다른 과학적인 개념 없이, 달의 위상에 대한 개념만 있다.
7	AltSha	달의 어두운 부분은 지구의 그림자이다. (달의 위상은 지구의 그림자 때문에 생긴다)
8	AltRot	지구가 자전축을 중심으로 자전하기 때문에 상이 만들어진다.
9	AltETilt	지구 자전축의 경사로 인해 달의 위상이 만들어진다.
10	AltGeo	달의 위상은 관찰자의 지구에서의 지리적 위치 때문이며 다른 지리적 위치에 있는 사람들은 다른 위상을 본다.
11	AltOrb	달의 자전 공전 개념에 대해 명확하지 않다
12	AltPrl	지구-달계에서 태양광선을 반경방향(방사형, radial)으로 표시 한다. 지구 태양광선이 평행하다는 개념이 없다.
13	AltOth	위에 있는 것 외의 이유. 위의 코딩 표 이외의 오개념이 있을 경우, AltOth로 표기하고 이유를 적는다.
14	USciPrl	불완전한 개념, 그림에서 지구-달계의 태양광선을 반경방향(방사형, radial)으로 표시하지만, 개념 설명에서는 과학적인 개념을 가지고 있는 경우이다.

탐구기능의 분석은 AAAS에서 제시한 SAPAII의 탐구기능 정의를 적용하였다(김찬중 외, 2005 재인용). 적용한 탐구기능은 조작, 일반화, 재현, 관찰, 분류, 시공간관계사용, 수사용, 의사소통, 측정, 추정, 예상, 추리, 변인동정 및 통제, 조작적 정의, 가설설정, 실험, 그래프 작성, 데이터 해석, 모델설정, 조사, 의사결정 기능이다.

연구 결과 및 논의

달의 위상 탐구활동에 나타나는 과학 개념과 탐구기능

교과서 분석에 앞서, 달의 위상 변화를 다루는 각 교과서의 구성을 확인할 필요가 있다. 해당 단원의 모든 탐구활동 중에 달의 위상 변화 원인을 대상으로 하는 것만을 추린 결과, 2종을 제외한 7종의 교과서에서 '달의 모양 변화를 관측(이하 관측 활동)한 뒤에 공간모델을 활용하여 관찰한 사실을 검증하는 활동(이하 모델설정 활동)으로 이어지는' 공통적인 구성을 확인하였다. C 교과서는 달 관련 활동은 있으나 그 중 달의 위상 변화 원인을 본격적으로 다루는 활동이 없었고 D 교과서는 작은 실험실이라는 제목으로 매우 적은 면적을 할애하여 위상 변화를 관찰하는 데 그쳐 있었다(Table 2 참조).

따라서 위상 변화를 관측하는 활동으로 시작하여 모델설정 활동으로 이어지는 공통 과정을 달의 위상 변화에 대한 교과서의 주요 체계로 보았다. 그리고 이 체계에서 나타나는 각 개념 코드 별로 어떤 탐구

Table 2. Consisting of inquiry activities in the textbook

활동의 구성 유형	해당 교과서 (총 9종)
달 관측 +위상변화탐구(모델설정) +달이 같은 면만 보이는 까닭을 탐구(모델설정)	A, F, H, I
달 관측 +위상변화탐구(모델설정) +달이 같은 면만 보이는 까닭을 탐구(관찰 및 자료해석)	B
달 관측 +위상변화 탐구(모델설정)	E, G
위상변화 탐구(모델설정) +달이 같은 면만 보이는 까닭을 탐구(관찰 및 자료해석)	D
달 관측 +달이 같은 면만 보이는 까닭을 탐구(모델설정)	C

기능과 연결되어 있는지 살펴보았다. Table 3은 G 교과서에 대한 분석 예이다.

예시에서 달을 직접 관찰하는 활동은 NavSee 코드로 이루어지며, 이 때 달이 날짜가 지남에 따라 이동하는 모습을 관찰하고 기록하여 그 결과를 해석하는 탐구 과정 기능이 사용된다. 그 후 이러한 관찰 사실이 일어나는 근거를 찾기 위해서 관찰자가 전등과 공을 가지고 태양과 달, 지구의 모델을 설정하며 SciOrb, SciPrl, SciHaf, SciEMS, SciSee 개념을 연결하게 된다. 탐구활동 분석결과를 표에 정리하였다(Table 4).

분석 결과 전체 교과서 탐구활동에서 일반화, 분류, 수사용, 추정, 변인동정통제, 가설설정, 실험, 그래프 작성, 의사결정 기능은 나타나지 않았다. 달의 위상

Table 3. An example of analyzing concept and inquiry skill in inquiry activities (textbook G)

		탐구활동		개념 및 탐구기능 분석	
과정	설명	개념	탐구기능(SAPA)		
1. 관찰: 달의 관찰	1 시야가 트인 곳에서 남쪽을 중심으로 동쪽에서 서쪽까지 지평선의 모습을 모눈종이에 그린다.	-	관찰, 모델설정		
	2 해질 무렵 서쪽 하늘에 초승달이 보인 날부터 매일 일정한 시각에 달의 위치와 모양을 모눈종이에 그린다.	-	관찰, 재현, 조사, 모델설정		
	3 날짜가 지남에 따라 달의 위치와 모양이 어떻게 변하는지 정리하자.	NavSee	시공간관계사용, 관찰, 조사, 재현		
	정리1 날짜가 지남에 따라 달의 위치는 어느 방향으로 몇 도 정도 이동하는가?	NavSee	시공간관계사용, 측정, 조사, 모델설정		
	정리2 날짜가 지남에 따라 달의 모양은 어떻게 변하는가?	NavSee	시공간관계사용, 조사, 모델설정		
2. 실험: 달의 위상 변화	1 흰 종이판에 각도를 표시하고 바닥에 칸 다음, 전등 앞에서 흰색 공을 들고 한 손을 쭉 뻗는다.	-	모델설정, 조작		
	2 공을 든 관찰자가 시계 반대 방향으로 회전하면서 관찰자와 공, 그리고 전등이 이루는 각에 따라 공에서 밝게 보이는 부분의 모양이 어떻게 변하는지 관찰하고, 그림으로 그려본다.	SciOrb SciEMS SciSee	모델설정, 조작, 관찰, 재현, 조사		
	3 시계 방향으로도 회전하면서 밝게 보이는 부분의 모양이 어떻게 달라지는지 관찰한다.	SciSee	시공간관계사용 관찰, 재현		
	정리1 공이 보름달 모양으로 보일 때 관찰자를 중심으로 공과 전등이 이루는 각은 약 몇 도 인가?	SciEMS SciEMS	조작적 정의, 관찰, 측정 시공간관계사용		
	정리2 공이 상현이나 하현 모양으로 보일 때 공과 관찰자, 그리고 전등이 이루는 각은 약 몇 도 인가?				
	정리3 공의 밝게 보이는 부분이 초승달 > 상현달 > 보름달 > 하현달 > 그믐달 모양으로 보려면 공을 든 관찰자는 어느 방향으로 회전해야 하는가?	SciSee SciOrb	조작적 정의, 관찰, 측정, 시공간관계사용		

Table 4. Frequency of each inquiry skill for each code key

코드\탐구기능	관찰	재현	조작	시공간	의사소통	측정	예상	추리	조작적정의	데이터해석	모델설정	조사	계	%	
NavSee	빈도	13	8	2	13	5	7	0	1	0	13	11	12	85	31.7
	%	15.3	9.4	2.4	15.3	5.9	8.2	0	1.2	0	15.3	12.9	14.1	100	
SciOrb	빈도	8	2	8	9	0	0	1	1	1	0	10	3	43	16.0
	%	18.6	4.7	18.6	20.9	0	0	2.3	2.3	2.3	0	23.3	7.0	100	
SciPri	빈도	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	1.1	
	%	0	0	33.3	33.3	0	0	0	0	0	33.3	0	100		
SciHaf	빈도	3	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	6	2.2	
	%	50.0	0	16.7	16.7	0	0	0	0	0	16.7	0	100		
SciEMS	빈도	9	2	6	14	4	4	2	0	6	7	7	3	64	23.9
	%	14.1	3.1	9.4	21.9	6.3	6.3	3.1	0	9.4	10.9	10.9	4.7	100	
SciSee	빈도	8	4	3	14	6	6	0	1	4	9	9	3	67	25.0
	%	11.9	6.0	4.5	20.9	9.0	9.0	0	1.5	6.0	13.4	13.4	4.5	100	
계	빈도	41	16	21	52	15	17	3	3	11	29	39	21	268	100
	%	15.3	6.0	7.8	19.4	5.6	6.3	1.1	1.1	4.1	10.8	14.6	7.8	100	-

과 관련된 탐구 기능 중 가장 낮은 빈도는 예상과 추리가 1.1%로 나타났고 뒤이어 조작적 정의가 4.1%로 낮게 나타났다. 가장 빈번하게 활용된 탐구기능은 시공간관계사용(19.4%), 관찰(15.3%), 모델설정(14.6%), 데이터 해석(10.8%) 순으로 나타났다.

달의 위상 변화를 표적 개념으로 하는 단일 개념 코드는 높은 순으로 NavSee (31.7%), SciSee(25.0%), SciEMS(23.9%), SciOrb(16.0%)이고 SciPri과 SciHaf은 각각 1.1%, 2.2%로 드문 것을 알 수 있다.

개념별로 보면, 현상에 대한 과학적 개념이 고려되

Table 5. Example of inquiry skill showing NavSee code key

탐구기능	예	분석 준거
관찰, 재현	음력1일부터 한 달 동안 매일 초저녁의 같은 시각에 달을 관측한다.(A 교과서)	-감각을 사용하여 사물 인식(관찰) -절차를 반복(재현)
시공간관계사용, 데이터해석	달의 모양은 날짜가 지남에 따라 어떻게 변하는가?(A 교과서)	-방향,공간적 배열,변화속도를 식별(시공간관계사용) -관찰결과를 체계적인 방식으로 수집하고 그 정보로부터 결론을 도출하기(데이터 해석)
추정	달의 위상이 변하여 다시 같은 위상이 될 때까지 걸리는 기간은 얼마인가?(C 교과서)	-표준을 사용하여 정량적으로 관찰
조사, 재현	이틀 간격으로 보름 동안 이 과정을 되풀이하여 관찰한 결과를 아래 표와 같이 기록한다.(E 교과서)	-목록 작성하기(조사) -절차 반복하여 수행(재현)
모델설정, 조사	해질 무렵 서쪽 하늘에 초승달이 보인 날부터 매일 일정한 시각에 달의 위치와 모양을 모눈종이에 그린다.(G 교과서)	-그림으로 정보 제시(모델설정) -노트필기, 목록 작성하기(조사)

지 않은 채 달의 모양이 날짜가 지남에 따라 변하는 것을 뜻하는 NavSee 코드는 관찰(15.3%), 시공간관계 사용(15.3%), 데이터해석(15.3%)의 탐구기능을 가장 빈번하게 활용했으며 조사(15.1%), 모델설정(12.9%), 재현(9.4%), 추정(8.2%), 의사소통(5.2%), 조작(2.4%), 추리(1.2%)가 뒤이었다.

NavSee 코드는 단일 코드임에도 날짜가 지남에 따라 달의 모습을 관찰하고 기록하여 그 결과를 해석하는 전 과정에 걸쳐있어 비교적 많은 탐구기능과 연결되어 있다. NavSee 개념에서 높은 빈도를 보인 탐구기능을 표에 정리하였다(Table 5).

다음으로 달의 공전에 대한 개념을 나타내는 SciOrb 코드는 모델설정(23.3%), 시공간관계사용(20.9%), 관찰(18.6%), 조작(18.6%) 순으로 높은 활용을 보였다. 반면 의사소통(0), 추정(0), 데이터 해석(0)은 활용하

지 않았고 다음으로 조사(7.0%), 재현(4.7%), 예상(2.3%), 추리(2.3%), 조작적 정의(2.3%)가 나타났다. 이것은 달의 공전 개념이 여러 가지 물체로 모델을 설정하는 탐구활동의 초반부에 나타나기 때문에 모델 설정 및 시공간관계사용, 관찰, 조작 기능이 활용되는 반면에 활동 후반에 활용하게 되는 의사소통이나 데이터 해석 기능은 나타나지 않은 것으로 보인다. SciOrb 개념에서 탐구기능을 활용하는 방식을 표에 정리하였다(Table 6).

개념코드 분석에서 SciPri와 SciHaf는 태양광선이 평행하게 지구와 달에 도달한다는 것과 태양이 비추는 달의 반쪽이 반사되어 빛난다는 빛의 개념이다. 그러나 그 빈도가 각각 1.1%, 2.2%로 매우 낮아 이와 연합하는 탐구기능을 언급하기 어렵다. 달의 위상 변화를 바르게 이해하기 위해서는 빛 개념의 올바른

Table 6. Example of inquiry skill showing SciOrb code key

탐구기능	예	분석 준거
모델설정, 시공간관계사용	4명의 학생이 스티로폼 공을 끼운 막대를 들고 일정한 간격으로 원을 그리며 앉는다.(A 교과서)	-3차원 물체 구성하기(모델설정) -방향, 공간적배열(시공간관계사용)
관찰, 조작	두 명씩 짝지어 한 명은 가운데서 스티로폼 공의 모양을 관찰하고, 나머지 한 명은 스티로폼 공의 흰 부분이 태양 쪽을 향하도록 유지하면서 주위를 돌아보자.(F 교과서)	-감각을 사용하여 사물이나 사상을 인식(관찰) -재료를 취급하기(조작)
조사, 재현	공을 든 관찰자가 시계 반대 방향으로 회전하면서 관찰자와 공, 그리고 전등이 이루는 각에 따라 공에서 밝게 보이는 부분의 모양이 어떻게 변하는지 관찰하고, 그림으로 그려본다.(G 교과서)	-목록, 윤곽 작성하기(조사) -절차를 반복하여 수행하기(재현)
예상	공의 밝게 보이는 부분이 초승달>상현달>보름달>하현달>그믐달 모양으로 보이려면 공을 든 관찰자는 어느 방향으로 회전해야 하는가?(G 교과서)	-현재 이용할 수 있는 정보를 바탕으로 조건을 생각해내기
추리	공의 밝은 부분이 보름달처럼 보일 때와 반달처럼 보일 때는 각각 언제인가?(I 교과서)	-추론을 통해 관찰내용을 설명
조작적 정의	달이 둥근 보름달로 보이는 위치는 스티로폼 공이 어느 위치에 있을 때와 비교할 수 있는가?(F 교과서)	경험 맥락에서 용어 정의(스티로폼을 달로 정의)

이해가 중요하기에(김찬종과 이조옥, 1995) 학습 시 이 부분이 제대로 다루어지지 않을 경우 전체 현상에 대한 지식체계에 부정적 요인이 될 수 있다.

지구, 달, 태양의 상대적인 위치가 우리가 보는 부분을 결정한다는 SciEMS 개념은 시공간관계사용(21.9%), 관찰(14.1%), 모델설정(10.9%), 데이터 해석(10.9%), 조작적 정의(9.4%), 조작(9.4%) 기능을 활용하여 제시되었고 의사소통(6.3%), 조사(4.7%), 재현(3.1%), 예상(3.1%) 기능이 뒤를 이었다. 그런데 SciEMS 개념에서 보이는 탐구기능의 활용은 SciSee 개념과 매우 비슷한 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 지구, 달 태양의 상대적인 위치 개념(SciEMS)과, 지구의 위치에서 보는 것이 바로 위상이라는 개념(SciSee)이 직접 연결되기 때문에 같은 탐구활동 과정에서 두 개념 코드가 동시에 분석된 까닭일 것이다. 혹은 서로 다른 과정에서 각각의 개념이 분석되었으나 비슷한 패턴의 탐구기능을 보였음을 의미한다. 두 개념코드는 주로 3차원 물체들의 공간적 배열을 식별하고(시공간관계사용) 이를 관찰하여 데이터 해석을 통해 결론을 얻어내는 후반부의 과정에 있기에 그러한 탐구기능 활용을 나타내었다 (Table 7 참조).

두 개념코드가 위에서 서술한 코드 NavSee나 SciOrb와 다른 점은 조작적 정의와 데이터 해석, 그리고 의사소통의 활용이다. 이 역시 두 개념들이 탐구활동 후반 과정에서 결론으로 나타나는 경향 때문인 것으로 설명할 수 있다. 다만 NavSee 개념에서도 의사소통 기능이 많이 활용되는데 이것은 관측의 전 활동 단계에 걸쳐 NavSee 개념이 연관되기 때문이다.

교과서에 나타나는 달의 위상 변화 탐구의 특징

실험 활동의 목적은 단지 탐구하는 데 있는 것이 아니라 대상을 관찰하고 추론해서 학생 스스로 인지적으로 만족하고 설득력 있는 모델로 창조하는 것, 그리고 그 모델을 다른 이들에게 표현하고 설득하는 데 있다(Gilbert and Ireton, 2003). Chinn and Malhotra(2002)에 따르면 실제 탐구에서 과학자들은 스스로 연구에 대한 질문을 만들고 변인을 설정하여 탐구과정을 계획하는데, 이 때 질문에 답하기 위한 비유 모델을 개발한다. 반면 학생들은 주어진 연구문제의 지시를 수행하는 과정에서 비유 모델을 사용하지만 그 모델이 적절한 것인지 반추해 보는 과정은 없다. 달의 위상 변화를 다루는 탐구활동 역시 주요 활동인 모델설정에서 학습자가 모델을 고안하는 단계가 없고, 모델이 의심의 여지없이 주어지더라도 그 모델이 나오기까지 과학자들이 수행했을 법한 탐구 과정이 안내되지 않았다. 이와 같이 학교에서 실행되고 있는 많은 과학 탐구 활동들이 사실은 실제 과학의 핵심적인 특징을 제대로 반영하지 못하고 있다(김태일, 2007). 그것은 탐구기능의 분석 결과에서도 알 수 있다. 전체 분류 항목(21) 중 전혀 나타나지 않은 항목이 9(33.3%)로 나타났고, 나타나지 않은 9항목의 탐구기능 중에서 천문 영역의 특성상 활용이 드물 것으로 판단되는 몇 가지 기능(일반화, 수사용, 추정)을 제외하더라도 학생이 직접 활동을 설계하는 과정과 관련하는 변인동정통제, 가설 설정, 실험, 그래프 작성, 의사결정의 기능이 배제되어 있음을 알 수 있다.

Table 7. Example of inquiry skill showing SciEMS and SciSee code key

탐구기능	예	분석 준거
시공간관계 사용 데이터 해석 조작적 정의 의사소통	-스티로폼 공의 모습이 변하는 이유는 무엇인가? 날짜가 지남에 따라 달의 모양이 변하는 이유에 대해 토의해 보자.(A 교과서, SciSee 개념) -위의 결과로부터 달의 모양에 따라 지구, 태양, 달의 위치 관계가 어떻게 다른지 설명해 보자.(A 교과서, SciEMS 개념) -달의 위상 그림판에서 초승달, 상현달, 보름달 등에 해당하는 것은 공이 어느 곳에 위치할 때인지 이야기해 보자.(B 교과서, SciSee와 SciEMS 개념)	-방향,공간적 배열 식별 -관찰결과로부터 결론도출 -경험 맥락에서 용어 정의 -언어를 사용하여 자기 사고를 표현하기
조작 조사	-가운데 있는 사람은 스티로폼 공의 모양이 달의 모양 사진 그림 7-11과 비슷해 지는 위치마다 정지시키고, 그 위치를 그림 7-12의 (나)와 같은 원 위에 표시하고, 해당되는 날짜를 기록해보자.(F 교과서, SciEMS 개념)	-재료를 효과적으로 취급 -특정상황을 설명하는 정보 수집하기
재현	-역할을 바꾸어 같은 활동을 반복해 보자.(F 교과서, SciEMS 개념)	-절차를 반복하여 수행
예상	-달이 둥근 보름달로 보이는 위치는 스티로폼 공이 어느 위치에 왔을 때와 비교할 수 있는가?(F 교과서, SciSee와 SciEMS 개념)	-현재 이용할 수 있는 정보를 바탕으로 사건을 미루어 생각하기

학생들이 달의 위상 변화에 대하여 설명할 때 보여주는 개념의 연결

학생 정신 모델에서의 개념 연결 양상을 자세히 살펴보기 위해서 현상을 과학적인 개념으로 표상하고 있는 과학적 정신 모형(48%), 대안 개념만으로 표상하는 대안적 정신 모형(8%), 과학적 개념과 대안적 개념이 혼재된 정신 모형(44%)으로 나누어 살펴보았다. 단, 태양, 달, 지구의 상대적 크기에 대한 오류는 참여자가 그림으로 표현할 때 태양, 달, 지구의 상대적인 크기를 정확하게 하기는 어렵다고 판단하여 고려 대상에서 제외하였다.

학습자의 대안적 정신 모형

과학 개념이 전혀 나타나지 않은 두 가지 사례 중 B 학생의 면담 내용을 살펴보자. B 학생의 경우 모두 'AltOth'로 분석되었다. AltOth 코드는 분석틀에 명명한 코드 외에 학생들에게 나타난 기타 대안 개념이다. 어떤 개념이 나타났는지 B 학생의 면담 내용을 자세히 살펴보자(부록 1 참조).

연구자: 달의 위상 변화의 원인은 무엇이라고 생각하나요?

...(중략)...

학생: 어...해가 밝잖아요. 그러면 해가 밝은 부분은 달이 안 보이고, 해가 비치지 않는 부분은 달이 보이는 그런 현상 같아요.

연구자: 그러면 여기 달 그림에서 빛나는 부분이 어디죠?

학생: 어...지금 해가 왼쪽에 있고 달이 오른쪽에 있는데, 해가 비치는 왼쪽은 달이 보이지 않게 되고, 그리고 해가 없는 오른쪽 달은 그 부분만 이렇게 보이는 것 같아요.

이 학생은 밤과 낮의 원리를 달의 위상 개념과 혼동하는 경우이다. 즉 해가보이는 때는 낮이고 달이 보이는 때는 밤이라는 선지식을 가지고 달의 공전이 아닌 지구의 자전으로 달의 위상을 설명하려고 하고 있다. B 학생이 가진 달의 공전에 대한 오개념은 그믐달(부록 2)과 삭(부록 3)을 설명하면서 달이 태양 뒤로 위치하도록 그린 그림에서 뚜렷하게 나타난다.

B 학생은 그믐달을 설명하는 모델(부록 2)에서 달이 지구의 위성으로 공전하는 것이 아닌 태양 궤도에 있는 것으로 표현하고 있다. 또 삭 모델에서는 달이 태양 뒤쪽에 있기 때문에 보이지 않게 되는 정신 모델을 보여주고 있어, 달이 공전을 하긴 하되 무엇을 공전하는지, 공전 궤도에 대한 명확한 과학 개념의 부재를 나타낸다(부록 2, 3 참조).

대안적 정신 모형을 보여주는 또 다른 사례인 C

학생도 역시 달의 공전 개념이 명확하지 않은 것으로부터 대안적 지식 체계가 확장하는 모습을 보여준다.

C 학생은 과학적 정신 모형에서처럼 가장 먼저 공전을 떠올리고 있다. 그러나 표현한 공전 모델 부록 4는 AltOrb으로 분석되었고 이 코드는 달의 공전 자전에 대한 대안개념을 의미하며, 삭의 원인에 대한 설명도 역시 대안개념(AltOth)으로 부록 3과 동일하게 달이 태양 뒤로 가는 잘못된 외적 표상을 보여주었다. 다음은 C 학생의 면담 내용 중 일부이다.

연구자: 달의 위상변화 원인을 설명해 보세요.

학생: 지구랑, 달이랑, 태양이랑 이렇게 다 같이 우주에서 돌면서 지구랑 달이 공전을 이루고 각각 달이랑 지구가 자전을 하니깐요. 그래서 이렇게 돌면서 각각의 공전궤도를 따로 돌아요.

...(중략)...

연구자: 그림을 그려서 삭의 원인을 설명해 보세요.

학생: 태양이 달을 가려서요.

부정확한 공전개념으로 인한 오개념의 확장은 보름달, 그믐달 등 구체적인 위상을 설명할 때 더욱 드러난다. 삭에 대해서는 태양이 달을 가려서 지구에서 달을 볼 수 없는 것으로 묘사하고 있었으나 그믐달에서는 지구가 달을 가려서 달이 햇빛을 받지 못하기 때문인 것으로 표현하고 있어 상황에 따라서 개념을 바꾸고 있음을 알 수 있다.

학습자의 혼재된 정신 모형

혼재된 정신 모형은 25명의 참여자 중 11명으로, 대안 개념과 과학 개념이 혼재되어 전체적인 현상에 대한 이해가 불분명한 양상을 보여주는 경우이다.

Table 8에서 D 학생은 달의 위상 변화를 설명할 때 자전과 공전에 대해 다소 용어의 혼란이 있었으나 태양, 지구, 달의 운동에 대해서는 과학적인 정신 모형을 표상하고 있다. 여기에서 태양광선이 평행하게 도달하고(Sciprl), 따라서 태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛을 반사한다는 개념(Scihaf)은 표상되지 않았으나 보름과 삭을 설명할 때에는 두 개념을 모르더라도 태양, 지구, 달이 일직선상에 온다는 모델을 가졌기 때문에 태양광선을 일직선으로 생각하게 되어 과학적 모델을 제시하였다. 그러나 두 개념의 부재는 그믐달의 모델에서 대안 개념으로 확장되는 결과를 초래했다.

Table 9에서 D 학생은 망과 삭의 경우와 달리 그믐달 모델에서 태양광선을 방사형으로 생각하고 있음

Table 8. A mental model of student D

학생의 그림 및 설명	
달의 위상변화의 원인을 설명하고 보이기(부록 5)	<p>SciOrb, AltOth</p>
보름의 원인을 설명하고 보이기(부록 6)	<p>SciOrb, SciSee, AltOth</p>
삭의 원인 설명하고 보이기(부록 7)	<p>SciOrb, SciSee</p>

을 알 수 있다. 이것은 자신이 가지는 지식 체계 안에서 설명이 가능했던 보름달의 경우와 달리 지식 체계 안에 없는 개념으로 인해 설명을 위한 대안개념을 끌어오는 것으로 보인다.

학습자의 과학적 정신 모형

과학적 개념으로 이루어진 설명 체계를 보여준 학생의 경우 Table 10에서와 같이 SciOrb-SciHaf-SciPri-SciEMS-SciSee 개념을 계속적으로 연결하면서 현상을 과학적으로 표상하고 있다. 과학적 정신 모형을 가진 학생들은 대안적 정신 모형을 가진 학생들처럼 달의 공전 개념을 먼저 표상한다는 점에서는 같지만 정확한 공전 개념으로 인해 태양, 달, 지구의 운동에 따른 상대적인 위치를 표상하였고 그 후 태양광선이 평행하다는 과학 개념을 가지고 달의 반쪽이 반사되

Table 9. A mental model showing alternative concept (student D)

학생의 그림 및 설명(부록 8)
<p>학생: 빛을 작게 받아서 어, 지구에 적은 표면만 보일 수 있습니다. 연구자: 빛을 적게 받는다는 것은 어떤 의미인지요? 학생: 태양을 적게 받는 것입니다. 연구자: 아, 그러니까 이 그림에서 보면 태양하고 지구 사이에서 달의 위치(때문에)..? 학생: 45도 정도 있어서요.</p>

Table 10. A mental model of Moon's phases (student A)

학생의 그림 및 설명(부록 9)	개념 코드
<p>연구자: 위상변화가 왜 일어난다고 생각해?) 학생: 달의, 공전 때문이에요. 연구자: 그것을 그림으로, 설명을 해줘볼래?) 학생: 지구가 이렇게 있으면요 달은...태양빛은 이 곳에서 온다고 칠 때, 학생: 달은 공전하면서, 학생: 위치를...좀 달을 크게 그릴게요, 그러면 ... 태양 빛이 이곳에서 오기 때문에 달은 한쪽 면은 밝고, 한쪽 면은 어둡게 보이니까, 색깔한 부분이, 그, 태양빛을 받아서 밝게 빛나는 것인데요. 우리는, 그, 달을 바라볼 때, 직각 방향에서 바라보기 때문에, 이렇게, 이렇게 온 빛은 보게 되니까... 이 때 여기는 태양빛을 받는 부분이 반대쪽이므로 우리가 볼 수 있는 것은 없구요...</p> <p>(후략)</p>	SciOrb SciHaf SciPri SciSee SciEMS SciOrb SciHaf SciOrb SciHaf SciEMS SciSee SciHaf SciSee

어 빛난다는 것을 표상할 수 있다. 이에 따라 달, 지구, 태양의 위치 관계를 고려할 수 있으며(SciEMS)

지구의 위치에서 보이는 면에 대해 설명하게 되는 것이다(SciSee).

참여자들의 정신 모델을 통해 다음의 두 가지를 확인할 수 있다. 첫째, 달의 공전(SciOrb) 개념은 위상 변화를 이해하기 위한 가장 기본 개념으로 볼 수 있다. 과학적 정신 모형을 가진 학생들은 한 명을 제외하고 모두 달의 공전 개념으로부터 자신의 모델을 시작하였고 혼재된 정신 모형과 대안적 정신 모형에서도 두 명을 제외한 모든 학생들이 달의 공전을 가장 먼저 언급하였다. 그러나 이 때 과학적 정신 모형과 다른 정신 모형 사이의 큰 차이점은 개념의 정확성이다. 따라서 이 개념이 분명하지 않을 경우 지구-달-태양의 공간적 위치 설정이 바르지 않아 다른 과학 개념과의 연결이 어려움을 알 수 있다. 둘째, 공전 개념이 바르게 표상되었더라도, 태양광선이 지구와 달에 평행하게 도달하고(SciPri), 따라서 태양을 향하는 달의 반쪽이 빛난다는(SciHaf) 개념이 분명하지 않을 경우 학생 정신 모델은 대안적 정신 모델로 확장하는 모습을 볼 수 있었다.

결론

지금까지 중학교 3학년 과학 교과서의 탐구활동에서 달의 위상 변화를 탐구해나가는 개념과 탐구기능 체계, 그리고 탐구의 특징을 알아보았으며 학생들의 정신 모델 표상을 통해 개념 간의 연결을 알아보았다. 이상의 연구결과로부터 달의 위상 변화에 관한 교과서 활동의 지식 통합과 학생들의 정신 모델 경향에 대해 다음과 같이 재구성하였다.

첫째, 교과서 탐구활동에서 달의 위상 변화를 이해하기 위해 연합하는 과학 개념과 탐구기능은 무엇이며 탐구 방법상의 특징은 무엇인가?

달의 위상이 변화하는 이유를 알아보는 교과서 탐구활동은 현상을 관찰한 후 주어진 모델을 가지고 검증하는 활동으로 이루어져 있다. 그 가운데 달이 지구를 공전하는 개념, 태양-지구-달의 크기를 고려할 때 태양광선이 평행함을 가정한다는 개념, 태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛난다는 개념, 태양-지구-달의 상대적인 위치에 따라 우리가 보는 위상이 결정된다는 개념이 탐구 절차에 따라 비교적 고른 탐구기능과 연합하고 있는 것으로 나타났다. 9종 교과서에서 평균적으로 보여주는 개념과 탐구기능 체계를 축약해보면 Fig. 1과 같이 구성할 수 있다. 먼저 달

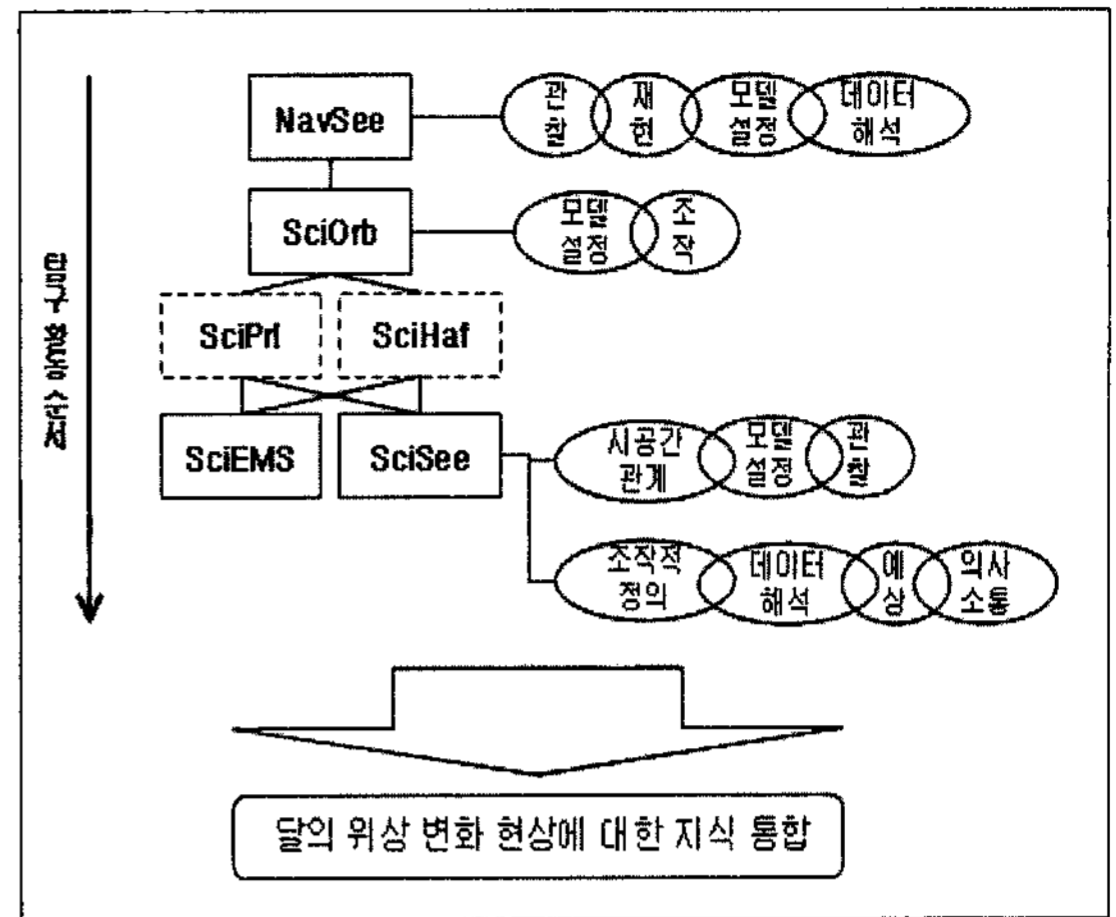


Fig. 1. Map of knowledge integration of moon's phases in textbook activities.

의 공전 개념(SciOrb)은 스티로폼 공 등의 물체로 지구와 달의 비유 모델을 설정하는 과정만으로 암시하기 때문에 충분한 강조가 이루어지지 않았다. 또한 태양광선이 평행하게 도달한다는 개념(SciPri)과 태양을 향한 달의 반쪽이 빛난다는(SciHaf)는 개념에 대한 탐구활동 분석에서 빈도가 각각 1.1%, 2.2%로 매우 낮았다. 유의할 점은 두 개념이 활동에서 명시적으로 다뤄지지 않을 뿐 아니라 전등이 공을 비추는 등의 한정된 탐구 기능을 활용하는 것이다. 탐구활동은 전체적으로 시공간관계사용, 관찰, 모델 설정 순으로 탐구기능을 활용하고 있어 공간 지각력 및 관측능력이 중요한 천문 영역의 특수성을 반영하였다. 그러나 예상과 추리, 조작적 정의, 의사소통 기능을 적게 활용하였고 변인통제 기능은 포함되지 않아, 탐구 방법 면에서 실제 과학 탐구에서 행해지는 핵심 과정을 반영하지 않고 있었다. 즉, 탐구 과정에서 학습자가 모델을 설계하는 과정이 없고 모델이 직접 주어지더라도 그 모델이 나오기까지 과학자들이 수행했을 법한 탐구 과정이 안내되지 않은 것이다.

둘째, 학생들이 달의 위상 변화에 대하여 설명할 때 보여주는 단일 개념들의 연합은 무엇이며 그 결과는 지식 통합 활성을 위한 교수 설계에 무엇을 시사하는가?

달의 위상 변화에 대한 학생들의 정신 모형의 표상은 그들이 가지고 있는 지식 체계 안에서 과학 개념 간의 연결을 이루어 나타나지만, 그들의 지식 구조 안에서 과학 개념이 없거나, 오류를 포함한 선지

식이 강하게 작용할 경우 대안 개념의 확장으로 이어졌다. 참여자들은 무엇보다도 달 공전 개념을 바탕으로 해서 지구, 달, 태양의 공간 관계를 설정하는 정신 모델을 보여주었다. 따라서 정신 모델에서 달의 지구 공전 모델이 없을 경우 지구와의 위치 관계를 바르게 설정하지 못하여 처음부터 지식을 구조화하기 어려웠다. 또 대안 모델에서 과학적 모델로 가는 과도기라고 할 수 있는 혼재형 정신 모델을 가진 학생들은 빛과 관련한 표상, 즉 태양광선을 반사하는 달의 반쪽 면에 대한 개념이 부정확한 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 탐구 활동에서 달의 공전을 다루는 방식이 물체를 이용해 모델을 설정하는 형태로 확립되어 있기 때문에 학습자가 다양한 경로로 개념을 접할 기회를 제공하지 못한다는 점과 닮아 있다. 다양한 경로란 과학적 상황과 더불어 학생이 가질 수 있는 대안적 상황도 함께 학습함으로써 학습자의 과학 개념 형성을 돕는 것이다. 가령 달의 공전 모델에 대해 달이 지구를 공전하는 모델과, 태양을 공전하는 모델 모두를 경험하여 학습자가 과학적인 정신 모델을 강화하도록 하는 것이다.

제 언

탐구활동의 각 단계마다 활용되는 개념과 탐구기능은 매우 전형적인 모습으로 고착되어 있다. 그것은 특정 개념에서 활용하는 탐구기능이 제한적임을 뜻하며 이것은 지식통합의 활성화 관점에서 볼 때 결코 바람직하지 않은 교수 유형이다. 개념 간에 활발한 연결고리를 만들기 위해서는 유연하고 탄력적으로 탐구기능을 경험하여 개념을 다각도에서 접하도록 하는 교수 설계가 필요하다. 특히 학생들로 하여금 지구, 달 태양의 공간적 상상력을 극대화하는 보다 면밀한 교수 설계가 필요하다. 탐구활동에서 핵심 개념을 충분히 경험하도록 하려면, 학습자에게 과학적 상황 뿐 아니라 대안 개념이 적용된 상황까지 다각적으로 개념을 접하게(revisiting) 함으로써(Linn et al., 2004) 지식 체계를 강화할 수 있다(Linn and Hsi, 2000). 또한 학습자가 정신 모델을 구조화하기 위해 활용하는 선지식은 교과 활동 뿐 아니라 일상생활에서의 경험과 깊은 관련이 있었다. 연구 결과에서 제시한 여러 사례는 교육전문가가 수업을 설계할 때 교과 활동에서 가르치지 않은 잠재적 교육과정에 유의할 필요성을 보여준다. 달의 위상 변화는 독립적인 주제

가 아니며 빛, 공간, 식 현상, 계절의 변화 등 많은 지식 구조와 연결되어 있으므로 서로 밀접한 영역의 개념 체계가 특정 영역의 과학적 개념 체계에 영향을 줄 수 있다. 이와 같이 다양한 변인들이 학생의 정신 모형에 관여한다는 점에서 천문 영역에서 지식 통합을 활성화시키는 교수 설계에 대해 후속 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- 김찬중, 이조옥, 1995, 달의 위상 변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념 사이의 관계. 한국지구과학회지, 17, 8-21.
- 김찬중, 채동현, 임채성, 2005, 과학교육학개론. 북스힐, 서울, 546 p.
- 김태일, 2007, 한국과 싱가포르의 과학 교과서 탐구 활동의 특징 비교. 서울대학교 대학원 석사학위논문, 82 p.
- 김혁, 2006, 지구과학 교과 영역 탐구 활동 소재로서의 월면 회전. 한국지구과학회지, 27, 591-605.
- 명전옥, 2001, 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22, 339-349.
- 민준규, 1991, 중등학생 및 과학교사의 지구와 달의 운동에 관한 개념. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 128 p.
- 오준영, 김유신, 2006, 천문 현상들을 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형의 구조: 계절과 달의 위상 변화. 한국과학교육학회지, 26, 68-87.
- Chinn, C.A. and Malhotra, B.A., 2002, Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Dewey, J., 1901, *Psychology and social practice*. University of Chicago press, Chicago, USA, 42 p.
- Diakidoy, I., Vosniadou, S., and Hawks, J.D., 1997, Conceptual change in astronomy: Models of the earth and the day/night cycle on American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*, 12, 159-184.
- Gilbert, S.W. and Ireton, S.W., 2003, *Understanding Models in Earth and Space Science*. NATA Press, Arlington, VA, USA, 124 p.
- Linn, M.C., Davis, E.A., and Bell, P., 2004, *Internet Environments for Science Education*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA, 412 p.
- Linn, M.C. and Hsi, S., 2000, *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA, 460 p.
- Schwab, J.J., 1978, *Science, curriculum, and liberal education*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 400 p.
- Stahly, L.L., Krockover, G.H., and Shepardson, D.P., 1999, *Third Grade Students' Ideas about the Lunar Phases*.

- Journal of Research in Science Teaching, 36, 159-177.
- Trundle, K.C., Atwood, R.K., and Christopher, J.E., 2007, A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. Journal of Research in Science Teaching, 44, 303-326.
- Vygotsky, L.S., 1978, Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA, 159 p.

분석 대상 교과서

- 강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일희, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천옥, 2002, 중학교 과학 3. 교학사, 서울, 311 p.
- 김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용, 2002, 중학교 과학 3. 블랙박스, 서울, 328 p.
- 김찬중, 김희백, 박시진, 오차환, 양재철, 장홍식, 정진문, 조현수, 최후남, 한송희, 현종오, 홍경희, 2003, 중학교 과학 3학년. 도서출판 디딤돌, 서울, 327 p.
- 박봉상, 김윤우, 홍달식, 박문수, 정대영, 심국석, 심중섭, 최진복, 장정찬, 최병수, 진만식, 2002, 중학교 과학 3. 동화사, 대구, 336 p.
- 소현수, 안태인, 최승연, 박건식, 목창수, 김종권, 김득호, 구수길, 박완규, 김완섭, 김영산, 이미하, 2002, 중학교 과학 3. 두산, 서울, 303 p.
- 이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상윤, 복완근, 정익현, 2003, 중학교 과학 3. 지학사, 서울, 295 p.
- 이성목, 채광표, 김기대, 이문원, 권석민, 손영운, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수, 2002, 중학교 과학 3. 금성출판사, 서울, 335 p.
- 정완호, 권재술, 김범기, 김성하, 백성혜, 우종욱, 이봉호, 이석형, 정진우, 최병순, 2002, 중학교 과학 3. 교학사, 서울, 318 p.
- 최돈형, 김동영, 김봉래, 김재영, 노석구, 신영준, 이기영, 이대형, 이면우, 이명제, 이상인, 전영석, 2002, 중학교 과학 3. 대일도서, 서울, 336 p.

2007년 12월 27일 접수
2008년 2월 21일 수정원고 접수
2008년 3월 24일 채택

부 록



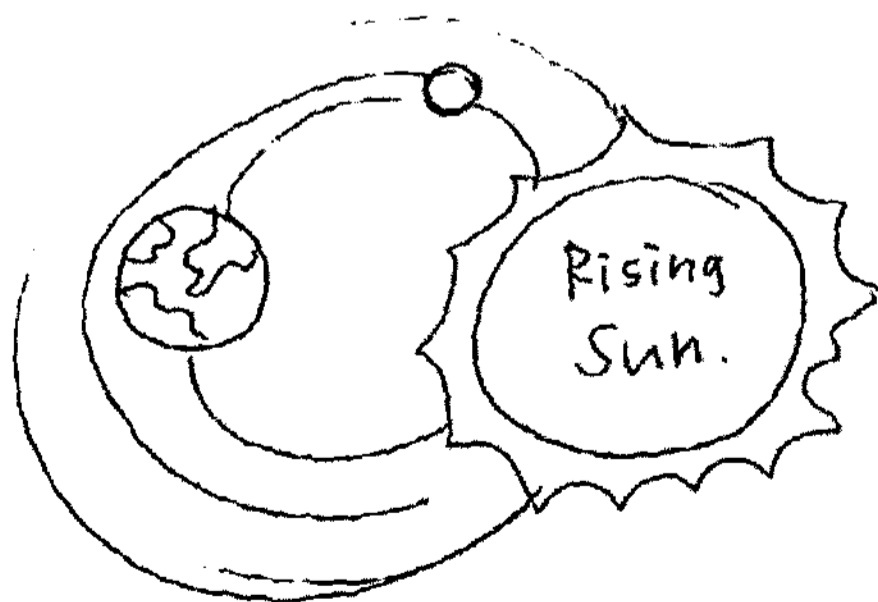
부록 1.



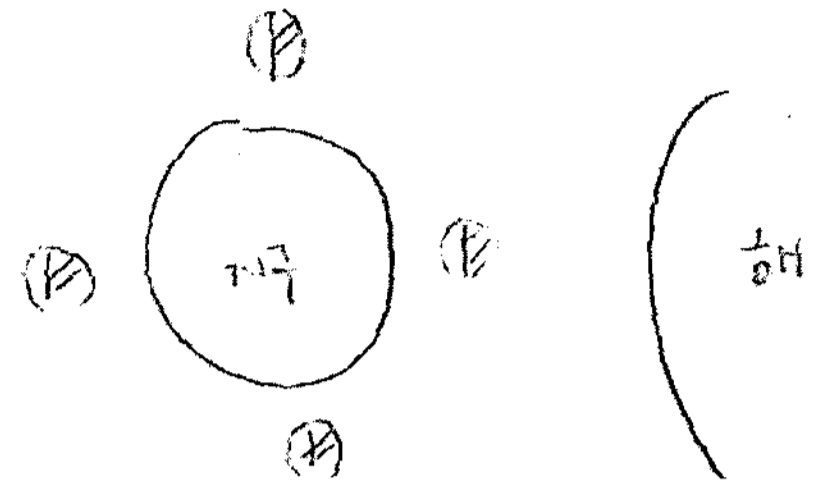
부록 2.



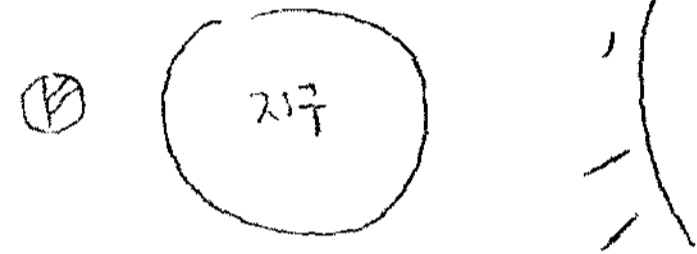
부록 3.



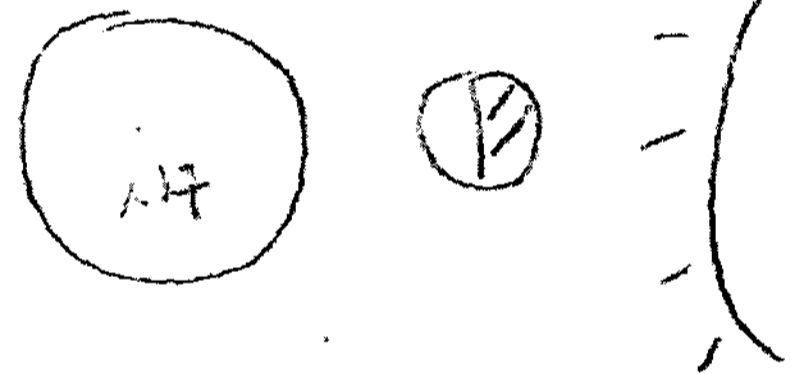
부록 4.



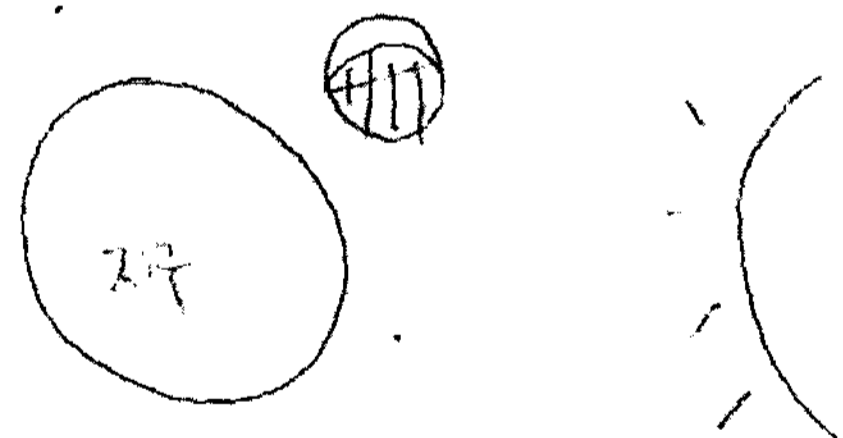
부록 5.



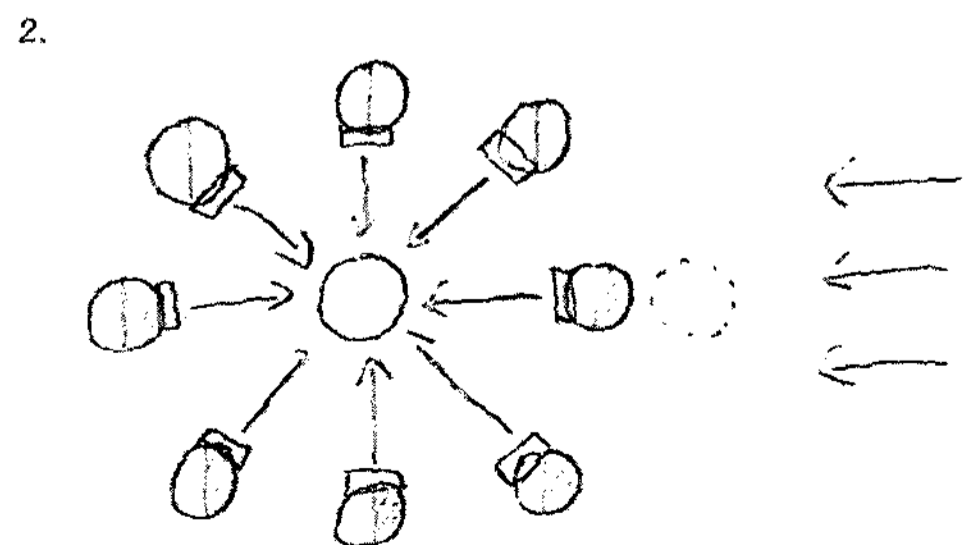
부록 6.



부록 7.



부록 8.



부록 8.