

제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석

강훈식¹ · 김유정 · 노태희*

춘천교육대학교¹ · 서울대학교

Analysis of the Uses of External Representations in Material Units of 7th Grade Science Textbooks Developed Under the 7th National Curriculum

Kang, Hunsik¹ · Kim, Youjung · Noh, Taehee *

Chuncheon National University of Education¹ · Seoul National University

Abstract: In this study, we analyzed the uses of external representations in material units of 7th grade science textbooks developed under the 7th National Curriculum on the basis of theories and research results on learning with multiple representations. The results revealed that the frequencies of microscopic external representations were higher than those of macroscopic and symbolic external representations. The external representations with drawing and/or writing were presented more frequently than those without drawing and/or writing. Furthermore, the external representations were rarely presented on the basis of the principles (e.g., personalization principle) and/or theories (e.g., dual coding theory, cognitive load theory, and social constructivism theory) for effective uses of the external representations in learning with multiple representations. Educational implications are discussed.

Key words: multiple representations, drawing, writing, science textbook

I. 서론

다중 표상 학습은 다양한 외적 표상들을 함께 제시하는 학습으로 외적 표상을 개별적으로 제시하는 것보다 여러 장점들이 있는 것으로 보고되고 있다. 예를 들어, 각 외적 표상들은 다른 정보를 제공하므로, 이들을 함께 제시하면 각 외적 표상에 포함되어 있지 않는 정보를 다른 외적 표상으로부터 얻을 수 있다. 또한, 외적 표상들에 대한 잘못된 해석을 줄여 주어 추상적인 개념을 잘 이해하도록 도와줄 수 있다(Ainsworth, 1999). 이에 최근에는 다중 표상 학습이 여러 교과 영역에서 중요하게 인식되고 있으며(Seufert, 2003; Van Someren *et al.*, 1998), 화학 개념 학습에서도 추상성으로 인해 학생들이 이해하기 어려워하는 물질의 입자성에 대한 이해를 돕기 위해 다중 표상 학습을 활용하는 경우가 점점 증가하고 있다(Ardac & Akaygun, 2005; Treagust

et al., 2003).

그러나 효과적인 활용 방법에 대한 특별한 고려 없이 외적 표상들을 단순히 함께 제시할 경우, 많은 학생들이 제시된 외적 표상들로부터 필요한 정보를 선택하여 작동 기억내의 언어적/시각적 표상으로 조직화하고, 이를 장기 기억 내의 사전 개념과 통합하는데 어려움을 겪는 것으로 보고되고 있다(Kozma, 2003; Van Someren *et al.*, 1998). 이에 과학 학습에서 언어적 정보나 시각적 정보를 어떤 형태와 순서, 공간적 배치로 제시하는 것이 효과적인지 등과 같이 다양한 외적 표상들을 효과적으로 제시하는 방법을 조사하는 연구가 꾸준히 진행되고 있다(Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005). 또한, 다중 표상 학습에서 외적 표상들 간의 선택, 조직화, 통합을 촉진하기 위해 특정 외적 표상을 다른 외적 표상의 형태로 변환하는 활동으로 그리기(drawing)나 쓰기(writing)를 활용하는 전

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2006.08.16(접수) 2007.01.30(1심통과) 2007.02.19(2심통과) 2007.03.21(최종통과)

***이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10675-0)

략의 효과를 조사하는 연구가 다양한 학년과 과학 개념들에 대해 진행되고 있다(강훈식, 2006; Edens & Potter, 2003; Van Meter & Garner, 2005). 그리거나 쓰기에서 언어적 정보와 시각적 정보를 어떤 형태로 제시하는 것이 효과적인지, 그리거나 쓰기를 어느 시기에 도입하고 어떤 환경 하에서 진행하는 것이 효과적인지 등과 같이 그리기와 쓰기의 효과적인 적용 방안을 조사하는 연구도 진행되었다(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006). 그러나 아무리 효과적인 교수 전략이라도 실제 교육 현장에 적용되지 않으면 그 의미는 줄어들게 된다. 따라서 다중 표상 학습과 관련된 연구들이 의미를 지니기 위해서는 그 연구 결과를 실제 교육 현장에 효과적이고 구체적으로 적용·안내하는 방안을 모색할 필요가 있다.

교사와 학생을 연결해주는 교육 내용은 주로 교과서를 통해 전달되고(손영욱, 박윤배, 2002), 교과서는 교수·학습 내용과 방법에 많은 영향을 미치며(백남권 등, 2002), 학생들이 교사와 상호작용을 할 수 없을 경우 교과서가 교사의 역할을 대신(Harrison, 2001)하기도 한다. 특히, 국가 교육과정을 실시하고 있는 우리나라에서는 교과서를 교육과정의 목표를 구현하는 일차적 자료로 사용하고 있으므로, 교수·학습에서 그 역할과 비중은 매우 크다고 할 수 있다. 실제로, 과학 교과서는 과학 지식이나 탐구 및 흥미 유발 활동에 대한 정보원이 될 뿐만 아니라 일선 과학 교사들의 경력이나 전문성의 정도에 따라 학습 지도, 요약 및 복습, 또는 참고용으로 다양하게 이용되고 있다(김정률 등, 2005). 따라서 다중 표상 학습 이론이나 연구 결과를 교과서에 반영함으로써 교사들이 실제 수업에서 외적 표상들을 효과적으로 활용하도록 유도할 수 있을 것이다.

이를 위해서는 먼저 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 분석하는 연구가 진행될 필요가 있다. 이 연구를 통해 교과서에서의 외적 표상 활용 정보를 객관적인 자료에 의해 제공해줌으로써 향후 교과서 개발 방향에 대해 구체적이고 실질적인 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 특히, 다음 교육과정이 임박한 현 시점에서 이런 연구를 진행하는 일은 현 교과서의 부족한 점에 대한 정보를 제공한다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있으나 지금까지 이와 관련하여 체계적으로 진행된 연구는 없었다. 이에 이 연구에서는 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 물질의 입자성을 가르치기 위해 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 분석했다. 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

1) 제7차 중학교 1학년 과학 교과서에서 물질의 입자성을 가르치기 위해 제시된 외적 표상들의 형태 및 제시 방법을 분석한다.

2) 제7차 중학교 1학년 과학 교과서에서 물질의 입자성을 가르치기 위해 외적 표상을 활용하는 활동의 형태 및 적용 방법을 분석한다.

II. 선행연구 고찰

외적 표상은 하나의 현상이나 개념 등을 직접적으로 설명하는 글이나 말 등의 언어적 정보와 그림, 애니메이션, 모형, 실험, 공식, 그래프 등의 시각적 정보를 의미하며, 문제 또는 실험 과정 진술과 학습 진행을 위해 제공된 정보는 하나의 현상이나 개념을 직접적으로 설명하지 않으므로 외적 표상에 포함되지 않는다(Treagust *et al.*, 2003; Van Someren *et al.*, 1998).

Mayer(2003)는 이중 부호화 이론(dual coding theory), 인지적 부담 이론(cognitive load theory), 적극적인 학습 이론(active learning theory)을 토대로 2개 이상의 외적 표상들을 함께 제공하는 다중 표상 학습에 대한 인지 이론을 제안했다. 이중 부호화 이론은 학습자의 작동 기억을 구성하고 있는 언어적 체계와 시각적 체계에 통합된 정보, 즉 이중으로 부호화된 정보가 잘 기억되며, 구체적이고 상상하기 쉬운 정보일수록 이중 부호화가 잘 일어난다는 이론이다. 예를 들어, 정화상에 비해 물체의 운동과 이동 경로를 구체적으로 제공할 수 있는 동화상이 이중 부호화될 가능성이 높으므로 학습 효과도 크다(강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005). 인지적 부담 이론은 학습자의 작동 기억 내에서 처리할 수 있는 정보의 양은 제한되어 있으므로, 제한된 양보다 많은 양의 정보가 제공되면 학습자에게 인지적 부담이 생겨 학습 효과가 떨어진다는 이론이다. 적극적인 학습 이론은 학습자 스스로가 자신의 정보 처리 활동을 조절하여 지식을 능동적으로 구성한다는 구성주의 이론에 기초한 것이다. 결과적으로 다중 표상 학습에 대한 인지 이론에 의하면, 학습자는 유의미한 학습을 위해 감각 기관을 통해 받아들인 언어적/시각적 정보로부터 필요한 정보를 선택하고, 이를 각각 작동 기억내의 언어적/시각적 표상으로 조직화하여 사전 지식이나 경험과 통합하는 과정을 거친다.

Mayer는 이 이론을 바탕으로 실험 연구들을 진행하여 외적 표상들을 효과적으로 제공하는 방법에 대한 다양한 원리들을 주장했다(Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005). 이 중 가장 기본이 되는 원리는 여러 외적 표상들을 함께 제공하는 것이 하나의 외적 표상만을 제공하는 것보다 학습에 효과적이라는 ‘다중 표상 활용 원리’이다. 이외에도 언어적 정보가 교과서에서 주로 사용되는 3인칭이나 무인칭의 형식적인 형

태보다 2인칭이나 담화체의 개인화된 형태로 제시될 때 학습자가 제시된 정보를 좀더 능동적이고 심층적으로 처리한다는 ‘개인화 원리(personalization principle)’, 언어적 정보와 시각적 정보가 공간적으로 가까이 제시될수록 다중 표상 학습이 효과적으로 일어난다는 ‘공간 근접성 원리(spatial contiguity principle)’, 학습자의 흥미를 유발할 수 있으나 학습 내용과 직접적으로 관련이 없는 외적 표상(seductive detail)을 다른 외적 표상들과 함께 제공하는 것은 학습자의 정보 처리 과정을 방해하여 다중 표상 학습 효과를 감소시킬 수 있다는 ‘일관성의 원리(coherence principle)’ 등이 있다.

최근에는 특정 외적 표상에 대한 자신의 정신 모형을 그림으로 표현하는 그리기나 글로 표현하는 쓰기의 효과를 조사하는 연구들이 보고되고 있다(강훈식, 2006; Edens & Potter, 2003; Van Meter & Garner, 2005). 이 연구들은 그리기나 쓰기를 초등학생과 에너지 보존 법칙(Edens & Potter, 2003) 및 중추 신경계(Van Meter & Garner, 2005), 중학생과 기체 법칙(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006) 등 다양한 학년과 과학 개념에 적용하여 그 효과성을 보고했다. 예를 들어, 강훈식(2006)은 그리기와 쓰기를 각각 거시적 현상이나 이를 입자 수준에서 표현한 언어적 정보를 읽고 이에 대한 자신의 정신 모형을 그림으로 표현하는 활동과 거시적 현상이나 이를 입자 수준에서 표현한 시각적 정보를 보고 이에 대한 자신의 정신 모형을 글로 쓰는 활동으로 정의한 후, 그 효과를 중학교 1학년 기체 법칙을 대상으로 조사했다. 그 결과, 그리기와 쓰기가 언어적 정보와 시각적 정보를 단순히 함께 제공하는 것보다 두 정보 간의 연계와 통합에 효과적이었다. 또한, 그리기 또는 쓰기에서 언어적 정보를 형식적인 형태보다 개인화된 형태로 제공하고, 시각적 정보를 정화상보다 동화상으로 제공하고, 그리기와 쓰기를 개별적인 환경보다 소집단 환경에서 진행하는 것이 학습에 효과적이었다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 분석 대상

제7차 교육과정에 따라 물질의 입자성이 처음으로 도입되고 많이 강조되고 있는 중학교 1학년 과학 교과서 9종의 물질 단위, 즉 ‘물질의 세 가지 상태’, ‘분자의 운동’, ‘상태 변화와 에너지’ 단위에서 하나의 현상이나 개념을 직접적으로 설명하는 외적 표상들과 이를 활용하는 활동 부분을 분석 대상으로 했다. 외적 표상을 활용하는 활동의 정답이나 동화상에 대한 정보는 교과서보다는 주로 교사용 지도서와 CD-ROM 타이틀에 제시되어 있고, 교사도 실제 수업에서 교사용 지도

서와 CD-ROM 타이틀을 활용하는 경우가 많으므로 이들도 분석 대상에 포함했다. 2종의 교과서에서는 교사용 CD-ROM 타이틀이 제작되지 않았으므로, 9종의 교과서와 교사용 지도서 및 7종 교과서의 교사용 CD-ROM 타이틀에서 하나의 현상이나 개념을 직접적으로 설명하는 언어적 정보와 시각적 정보, 탐구 활동, 학습 마무리, 단위 평가 부분을 최종 분석 대상으로 했다. 목표 개념과 관련이 없는 현상이나 설명, 학습 마무리나 단위 평가 부분에서 새로운 상황에 대한 적용이 아닌 복습을 위한 활동, 도입부의 활동, 실험 과정에 대한 설명은 이 연구의 목적에 부합하지 않으므로 분석 대상에서 제외했다.

2. 분석 기준

다중 표상 학습과 관련된 선행연구를 검토하여 예비 분석틀을 개발했다. 중학교 1학년 과학 교사 1인을 포함한 2인의 분석자가 예비 분석틀에 따라 분석 대상 중 1종의 교과서와 교사용 지도서 및 CD-ROM 타이틀을 분석하고 그 분석틀을 수정하는 과정을 수차례 반복하여 초기 분석틀을 구성했다. 이후 과학교육 전문가, 중학교 과학 교사, 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 소모임을 통해 초기 분석틀을 수정·보완하여 외적 표상의 활용 실태에 대한 최종 분석틀을 확정했다.

제시된 외적 표상의 종류를 현상, 실험의 ‘거시적 표상’, 입자 수준에서 표현된 글, 그림, 애니메이션, 모형의 ‘미시적 표상’, 공식, 화학식, 그래프의 ‘상징적 표상’ 항목(Treagust *et al.*, 2003)으로 분류했다. 외적 표상의 활용 실태는 크게 ‘외적 표상 제시 방법’ 측면과 ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면으로 분류했다. ‘외적 표상 제시 방법’ 측면은 다시 Mayer의 다중 표상 학습 관련 이론(Mayer, 2003; Veronikas & Shaugnessy, 2005)에 근거하여 ‘언어적 정보, 시각적 정보, 언어적·시각적 정보’ 항목으로 세분했다. ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면은 그리기 및 쓰기와 관련된 선행연구(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006; Prain, 2006; Van Meter & Garner, 2005)에 근거하여 ‘그리기, 쓰기, 그리기·쓰기’ 항목으로 세분했다. 다중 표상 학습과 직접적으로 관련이 없는 비유, 글짓기, 모둠 게임 활동, 역할 토의 등의 기타 활동은 이 연구의 목적과 부합하지 않으므로 분석에서 제외했다.

‘외적 표상 제시 방법’ 측면을 세부적으로 분석하기 위해 각 하위 항목을 다시 ‘언어적 정보 형태’, ‘시각적 정보 형태’, ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’, ‘관계없는 외적 표상 포함 여부’에 따라 세분했다(Table 1). 즉, 개인화 원리에 따라 ‘언어적 정보 형태’를 3인칭이나 무인칭의 ‘형식적’, 2인칭이나 담화체의 ‘개

Table 1
Analytical framework for the presentation of external representations

Category	Subcategory	Item	Theory Considered
Form of verbal	Formal		Personalization principle ¹
	Personal		
	Formal & personal		
Form of visual	Illustration	with movement	Dual coding theory ²
		with no movement	
	Animation	with movement	
		with no movement	
	Illustration & animation	both with movement	
	only illustration with movement only animation with movement		
Spatial contiguity between verbal and visual	Insertion		Spatial contiguity principle ¹
	Near		
	Insertion & near		
	Next page		
Seductive details			Coherence principle ¹

¹ Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005; ² 강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005

인화’, 두 형태가 모두 나타난 ‘형식적·개인화’ 항목으로 분류했다. 이중 부호화 이론에 따라 ‘시각적 정보 형태’를 ‘정화상, 동화상, 정화상·동화상’ 항목으로 분류했으며, 각각에 대해 운동성을 포함하고 있는지에 따라서도 분류했다. 공간적 근접성 원리에 따라 ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’을 언어적 정보가 시각적 정보 내에 제시된 ‘삽입’, 시각적 정보의 위·아래 또는 좌·우에 제시된 ‘근처’, 두 형태 모두 제시된 ‘삽입·근처’, 다른 페이지에 제시된 ‘다른 페이지’ 항목으로 분류했다. 일관성 원리에 따라 ‘관계없는 외적 표상의 포함 여부’도 분석틀에 포함했다.

예를 들어, 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 Fig. 1의 경우, 개념과 정화상을 설명하는 글이 형식적 언어로 제시되어 있고, 정화상 내에는 언어적 정보가 ‘어! 똑같네.’와 같이 개인화된 형태로 제시되어 있으므로 ‘언어적 정보 형태’ 항목에서는 ‘형식적·개인화’에 해당된다. 시각적 정보인 정화상에 입자의 운동성이 포함되어 있고, 인터넷 정보가 제시되어 있으나 그 사이트에는 입자 수준에서의 동화상이 포함되어 있지 않았으므로, ‘시각적 정보 형태’ 항목에서는 ‘입자의 운동성이 포함된 정화상’에 해당된다. ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’ 항목에서는 언어적 정보



Fig. 1 A sample for the uses of multiple external representations(from Middle School Science published by Keumsung Publishing Co., p 89)

와 시각적 정보가 근처 및 삽입된 형태로 제시되어 있으므로 ‘삽입·근처’에 해당된다. 관계없는 외적 표상은 포함되어 있지 않은 형태이다.

‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면을 세부적으로 분석하기 위해 각 하위 항목을 그리기와 쓰기가 적용되는 ‘환경’, 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동의 ‘도입 시기’, 그리기와 쓰기에서의 ‘외적 표상 제시 방법’에 따라 세분했다(Table 2). 지식이 사회적 상호작용을 통해 구성된다는 사회적 구성주의(강인애, 2000)와 인지적 부담 이론에 의하면, 학습자가 외적 표상을 개별보다 사회적 상호작용을 통해 처리할 경우 인지적 부담이 감소하고 보다 높은 차원의 지식을 구성할 수 있다(강훈식, 2006; Kozma, 2003; Van Bruggen *et al.*, 2002). 이에 그리기와 쓰기가 적용되는 ‘환경’은 그리기와 쓰기를 개별적 또는 소집단 환경에서 진행하도록 제시되었느냐에 따라 ‘개별, 소집단’ 항목으로 분류했다. 한편, 다중 표상 학습에서 외적 표상을 제시하기 전보다 제시한 후에 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 도입하는 것이 학습에 좀더 효

과적이라고 보고된 바 있다(강훈식 등, 2006). 따라서 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동의 ‘도입 시기’는 이 활동을 언어적 또는 시각적 정보가 제시되기 전에 도입하느냐, 제시된 후에 도입하느냐에 따라 ‘언어적 또는 시각적 정보 제시 전, 후’ 항목으로 분류했다. 위 두 가지 기준에서 진행되는 그리기와 쓰기에서의 ‘외적 표상 제시 방법’은 Table 1의 기준에 따라 분류했다.

예를 들어, 그리기와 쓰기를 함께 활용하는 형태인 Fig. 2 활동의 경우, 그리기와 쓰기가 개별적으로 진행되도록 제시되어 있으므로 ‘환경’ 항목에서는 ‘개별’에 해당된다. ‘도입 시기’ 항목에서는 관찰한 현상에 대한 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 한 후 정답이 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시되는 형태이므로 ‘언어적·시각적 정보 제시 전’에 해당된다. 정답으로 제시된 언어적 정보와 시각적 정보를 ‘외적 표상 제시 방법 측면(Table 1)’에서 분류하면, ‘언어적 정보 형태’는 ‘형식적’, ‘시각적 정보 형태’는 ‘운동성이 포함되지 않은 정화상’, ‘언어적·시각적 정보의 공

Table 2
Analytical framework for the uses of drawing and/or writing

Category	Subcategory	Item	Theory Considered
Environment	Individual		Social constructivism ¹
	Group		Cognitive load theory ²
The time to draw or write mental model	Before the presentation of verbal/visual	Verbal	Cognitive theory of multimedia learning ³
		Visual	
	Verbal & visual		
	After the presentation of verbal/visual	Verbal	
Visual			
	Verbal & visual		
Form of verbal	Formal		Personalization principle ³
	Personal		
	Formal & personal		
Form of visual	Illustration	with movement	Dual coding theory ⁴
		with no movement	
	Animation	with movement	
		with no movement	
	Illustration & animation	both with movement	
		only illustration with movement only animation with movement	
Spatial contiguity between verbal and visual	Insertion		Spatial contiguity principle ³
	Near		
	Insertion & near		
	Next page		
Seductive details			Coherence principle ³

¹ 강인애, 2000; ² Van Bruggen *et al.*, 2002; Van Merriënboer & Sweller, 2005; ³ Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005; ⁴ 강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005

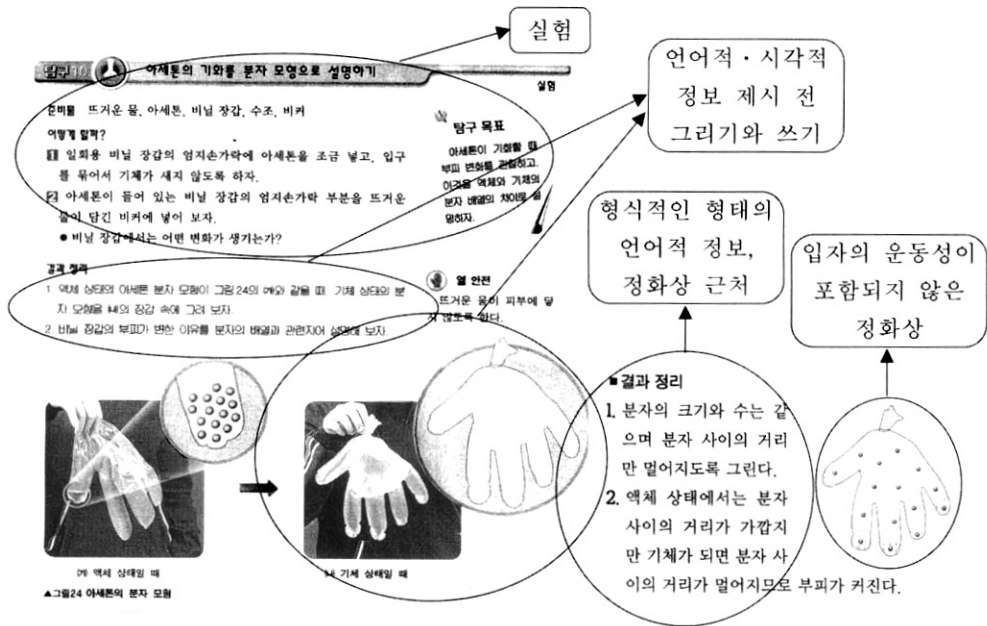


Fig. 2 A sample for the uses of drawing and/or writing(from Middle School Science published by Keumsung Publishing Co., p 97)

간접 근접성' 항목은 '근처'에 해당된다. 관계없는 외적 표상은 포함되어 있지 않다.

3. 분석 방법

중학교 1학년 과학 교사 1인을 포함한 2인의 분석자가 분석 대상 교과서 중 1종의 교과서, 교사용 지도서 및 CD-ROM 타이틀을 임의로 선정하여 각각 최종 분석틀에 따라 분석한 후 분석자 간의 일치도를 구하는 과정을 반복했다. 분석자 간의 일치도가 95% 이상에 도달한 후, 1인의 분석자가 모든 분석 대상 교과서, 교사용 지도서 및 CD-ROM 타이틀을 항목별 빈도와 백분율(%)로 분석했다. 결과 분석 및 해석의 타당성을 높이기 위해 분석이 애매한 경우에는 분석자 간의 논의를 거쳐 결정했으며, 과학교육 전문가, 중학교 과학 교사, 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 소모임을 통해 결과 분석 및 해석을 수정·보완했다. 분석 결과는 출판사들 간에 별 차이가 없었으므로 출판사별로 논의하지 않았다. 또한, 관계없는 외적 표상이 제시된 경우는 없었으므로 이 부분에 대한 결과를 표에 제시하지 않았다.

IV. 결과 및 논의

1. 외적 표상의 종류 분석

외적 표상의 종류에 따른 분석 결과를 Table 3에 제

시했다. 입자 수준에서의 글과 그림, 동화상, 모형과 같은 미시적 표상(69.3%)이 현상이나 실험과 같은 거시적 표상(26.9%)이나 공식, 화학식, 그래프와 같은 상징적 표상(3.8%)보다 훨씬 많이 제시되어 있었다. 이는 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서는 거시적인 화학 현상을 입자 모형으로 설명하여 학생들이 입자론적 물질관을 터득하도록 하는 것을 목표로 하고 있기 때문에 나타난 결과라 해석된다(교육부, 1999). 미시적 표상의 하위 항목별로 살펴보면, 화학적 현

Table 3
Analyses on the forms of external representations

Category	Subcategory	Item	Frequency(%)
Macroscopic		Phenomenon	190(13.4)
		Experiment	191(13.5)
		Subtotal	381(26.9)
Microscopic	Verbal	Text	768(54.3)
		Illustration	180(12.7)
	Visual	Animation	23 (1.6)
		Model	10 (0.7)
		Subtotal	981(69.3)
Symbolic		Formula	11 (0.8)
		Chemical formula	-
		Graph	43 (3.0)
		Subtotal	54 (3.8)
Total			1416(100)

상이나 개념을 설명하기 위해 입자 수준의 글과 같은 언어적 정보가 제시된 경우(54.3%)가 그림, 동화상, 모형과 같은 시각적 정보가 제시된 경우(15.0%)보다 많았다. 이는 시각적 정보보다 언어적 정보가 같은 양의 학습 내용을 더 적은 공간을 차지하면서도 더 명확하고 직접적으로 제시할 수 있고 오해의 소지도 적다는 인식의 영향으로 해석된다. 따라서 이후에는 언어적 정보보다는 시각적 정보 또는 두 정보를 함께 제공하는 것이 개념 이해에 효과적이라는 다중 표상 학습 이론(Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005)을 고려할 필요가 있다. 즉, 시각적 정보를 통해 언어적 정보를 보다 구체화시킬 수 있는 경우에는 그 교육적 효과 및 단원의 내용을 고려하여 입자 수준의 시각적 정보를 제시하는 비율을 증가시킬 필요가 있다.

2. 외적 표상의 활용 실태 분석

외적 표상의 활용 실태를 분석한 결과(Table 4), 외적 표상을 단순히 제시하는 형태(37.0%)보다 외적 표상을 활용하는 활동 형태(63.0%)로 교과서가 구성되어 있는 경향이 있었다. 이는 외적 표상들을 단순히 제시하기보다는 특정 외적 표상을 분석하여 형성된 자신의 정신 모형을 그림이나 글로 표현하는 그리기와 쓰기를 통해 학생들에게 지식을 스스로 구성할 수 있는 기회를 더 많이 제공하기 위한 것으로 보인다.

‘외적 표상 제시 방법’ 측면에서는 언어적 정보만 제시되거나 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우는 각각 19.4%, 17.6%로 큰 차이가 없었으나, 시각적 정보만 제시된 경우는 없었다. ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면에서는 쓰기가 전체 활동의 절반 이상(57.7%)을 차지하고 있었다. 반면, 그리기(2.0%)나 그리기·쓰기(3.3%)는 상대적으로 매우 적게 포함되어 있었다. 시각적 정보는 이미지나 운동 경로 등과 같이 언어적 정보를 통해서는 제시하기 어려운 정보들

을 제공할 수 있으므로, 언어적 정보에 대한 이해를 촉진할 수 있다(이수경, 1998; Ardac & Akaygun, 2005; Van Someren *et al.*, 1998). 또한, 그리기와 쓰기는 언어적 정보와 시각적 정보를 선택, 조직화, 통합하는 과정을 촉진할 뿐만 아니라 정의적 측면에서도 학습에 긍정적인 영향을 미친다고 보고된다(강훈식, 2006; Edens & Potter, 2003; Van Meter & Garner, 2005). 따라서 언어적 정보와 시각적 정보를 함께 제시하거나 그리기를 활용하는 것이 가능한 경우에는 이를 보다 많이 활용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

(1) 외적 표상 제시 방법 측면 세부 분석

‘외적 표상 제시 방법’ 측면을 세부적으로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 언어적 정보는 대부분 형식적인 형태(91.1%)로 제시되었으며, 개인화된 형태(0.4%)로 제시되거나 두 형태가 함께 제시된 경우(8.5%)는 매우 적었다. 즉, 교과서에는 형식적인 형태보다 개인화된 형태의 언어적 정보가 학생들이 언어적 정보를 이해하고 해석하는 과정을 촉진하고 그 과정에 들어가는 인지적 노력을 감소시킨다는 개인화 원리(Mayer, 2003; Veronikas & Shaughnessy, 2005)에 따라 언어적 정보가 제시되지 않는 경향이 있었다. 따라서 향후에는 언어적 정보를 형식적인 형태와 개인화된 형태로 모두 표현할 수 있을 경우, 개인화된 형태로 제시하거나 시각적 정보 내에 개인화된 형태의 언어적 정보를 포함시키는 것과 같이 두 형태를 함께 제시하는 방안을 모색할 필요가 있다.

언어적 정보와 함께 제시된 시각적 정보는 주로 운동성이 포함된 정화상(48.4%)이나 운동성이 포함되지 않는 정화상(39.3%)이었으며, 동화상(운동성 포함 0.8%, 운동성 비포함 0.8%)이나 정화상과 동화상이 함께 제시(둘 다 운동성 포함 10.7%)된 경우는 매우 적었다. 비록 시각적 정보에 입자의 이동 경로와 같은 입자의 운동성을 포함하려는 노력을 엿볼 수는 있었으나, 여전히 운동성이 포함되지 않는 정화상이 제시된 경우가 많았고, 입자의 운동성을 구체적이고 직접적으로 보여줄 수 있는 동화상이 제공된 경우는 적었다. 운동성에 대한 상세한 정보는 학습에 도움을 주므로(강훈식, 2006; 이수경, 1998), 정화상에 운동성을 포함시키거나 최근 강조되고 있는 컴퓨터 보조 수업, e-Learning, ICT 활용 수업 등을 참고하여 교사나 학생들이 동화상을 활용할 수 있도록 하는 방안을 모색해야 할 것이다.

‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’ 항목에서는 언어적 정보와 시각적 정보가 공간적으로 가까이 제시될수록 다중 표상 학습이 효과적으로 일어난다는 공간적 근접성 원리(Mayer, 2003; Veronikas & Shaug-

Table 4
Analyses on the uses of external representations

Category	Subcategory	Frequency(%)
Presentation	Verbal only	135(19.4)
	Visual only	-
	Verbal & visual	122(17.6)
	Subtotal	257(37.0)
Activity	Drawing	14 (2.0)
	Writing	400(57.7)
	Drawing & writing	23 (3.3)
	Subtotal	437(63.0)
	Total	694(100)

Table 5
Analyses on the presentation of external representations

Category	Subcategory	Item	Frequency(%)			
			Presentation of external representation			
			Verbal	Visual	Verbal & visual	Total
Form of verbal	Formal		131(97.0)		103(84.4)	234(91.1)
	Personal		-		1 (0.8)	1 (0.4)
	Formal & personal		4 (3.0)		18(14.8)	22 (8.5)
	Subtotal		135(100)		122(100)	257(100)
Form of visual	Illustration	with movement		-	59(48.4)	59(48.4)
		with no movement		-	48(39.3)	48(39.3)
	Animation	with movement		-	1 (0.8)	1 (0.8)
		with no movement		-	1 (0.8)	1 (0.8)
	Illustration & animation	both with movement		-	13(10.7)	13(10.7)
		only illustration with movement		-	-	-
		only animation with movement		-	-	-
	Subtotal			-	122(100)	122(100)
Spatial contiguity between verbal and visual	Insertion				11 (9.1)	11 (9.1)
	Near				83(68.6)	83(68.6)
	Insertion & near				26(21.5)	26(21.5)
	Next page				1 (0.8)	1 (0.8)
	Subtotal				121(100)	121(100)

hnessy, 2005)에 적합한 형태로 제시되어 있었다. 즉, 언어적 정보와 시각적 정보가 대부분 근처(68.6%), 삽입·근처(21.5%), 삽입(9.1%) 형태로 제시되어 있었으며, 서로 다른 페이지에 제시된 경우(0.8%)는 거의 없었다.

(2) 그리기와 쓰기의 적용 방법 세부 분석

그리기와 쓰기의 적용 방법에 대한 세부 분석 결과를 Table 6에 제시했다. 그리기와 쓰기를 소집단 환경(24.3%)보다 개별적 환경(75.7%)에서 진행하도록 제시된 경우가 3배정도 많았다. 소집단 환경에서 진행되는 그리기와 쓰기는 학생들이 개별적으로 그리기와 쓰기를 수행하는 과정에서 유발되는 인지적 부담을 감소시키고 반성적 사고를 유발하여 학습을 촉진한다고 보고된다(강훈식, 2006; Kozma, 2003; Van Bruggen *et al.*, 2002). 따라서 향후 교과서에서는 개별보다는 소집단 환경에서 진행되는 그리기와 쓰기를 활용해야 할 것이다. 또한, 학습자 특성에 의한 소집단 구성 방법에 따라 소집단 학습의 효과가 달라진다고 보고되므로(임희준, 1998; 한재영, 2003), 교과서나 교사용 지도서 등에 효과적인 소집단 구성 방법에 대한 안내를 제시함으로써 교사에게 도움을 줄 수 있을 것이다.

학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동의 도입

시기에 따른 분석 결과, 언어적 정보 또는 시각적 정보를 제시하기 전(99.3%)에 그 활동을 도입한 경우가 대부분이었으며, 정보를 제시한 후(0.7%)에 그 활동을 도입한 경우는 거의 없었다. 또한, 정보 제시 전에 활동들을 도입하는 경우, 활동 후에 제시되는 외적 표상은 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우(10.8%)보다 두 유형 중 하나만 제시된 경우(88.5%)가 대부분이었다. 특히, 한 가지 유형의 정보만 제시된 경우에도 특정 현상이나 개념에 대한 학습자의 정신 모형을 글로 쓴 후 언어적 정보만이 제시(94.8%)되거나 학습자의 정신 모형을 그린 후 시각적 정보만이 제시(57.1%)된 경우가 많았다. 즉, 특정 외적 표상을 같은 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동으로 제시된 경우가 다른 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동으로 제시된 경우보다 많았다. 이런 결과는 정보를 제시하기 전보다 제시한 후에 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 도입하는 방법(강훈식 등, 2006)과 특정 외적 표상을 같은 유형보다 다른 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동(강훈식, 2006; Ainthworth, 1999; Kozma, 2003)이 학습에 효과적이라는 주장에 적합하지 않은 정보 활용 방법이다. 따라서 향후 교과서에서 그리기와 쓰기를 활용할 때에는 이 주장들을 반영하려는 노력이 필요하다.

Table 6
Analyses on the uses of drawing and/or writing

Category	Subcategory	Item	Frequency(%)			
			Drawing	Writing	Drawing & Writing	Total
Environment	Individual		13(92.9)	303(75.8)	15(65.2)	331(75.7)
	Group		1 (7.1)	97(24.3)	8(34.8)	106(24.3)
	Subtotal		14(100)	400(100)	23(100)	437(100)
The time to draw or write mental model	Before the presentation of verbal/visual	Verbal	-	379(94.8)	-	379(86.7)
		Visual	8(57.1)	-	-	8 (1.8)
		Verbal & visual	6(42.9)	18 (4.5)	23(100)	47(10.8)
	After the presentation of verbal/visual	Verbal	-	3 (0.7)	-	3 (0.7)
		Visual	-	-	-	-
		Verbal & visual	-	-	-	-
Subtotal		14(100)	400 (100)	23(100)	437(100)	
Form of verbal	Formal		6(100)	396(99.0)	23(100)	425(99.0)
	Personal		-	2 (0.5)	-	2 (0.5)
	Formal & personal		-	2 (0.5)	-	2 (0.5)
	Subtotal		6(100)	400(100)	23(100)	429(100)
Form of visual	Illustration	with movement	5(35.7)	12(57.1)	11(47.8)	28(48.3)
		with no movement	9(64.3)	4(19.0)	10(43.5)	23(39.7)
	Animation	with movement	-	2 (9.5)	-	2 (3.4)
		with no movement	-	-	-	-
	Illustration & animation	both with movement	-	3(14.3)	2 (8.7)	5 (8.6)
		only illustration with movement	-	-	-	-
		only animation with movement	-	-	-	-
	Subtotal		14(100)	21(100)	23(100)	58(100)
Spatial contiguity of verbal and visual	Insertion		1 (6.7)	-	4(17.4)	5(10.4)
	Near		4(66.7)	11(57.9)	16(69.6)	31(64.6)
	Insertion & near		-	2 (9.5)	1 (4.3)	3 (6.2)
	Next page		1 (6.7)	6(28.6)	2 (8.7)	9(18.8)
Subtotal		6(100)	19(100)	23(100)	48(100)	

‘그리기와 쓰기에서의 외적 표상 제시 방법’에 대한 세부 분석 결과는 Table 5의 결과와 유사하게 외적 표상들이 효과적으로 제시되지 않은 경향이 있었다. 즉, 언어적 정보는 개인화된 형태(0.5%)나 형식적·개인화 형태(0.5%)보다 형식적인 형태(99.0%)로 제시된 경우가 대부분이었다. 시각적 정보는 동화상만 제시(운동성 포함 3.4%)되거나 정화상과 동화상이 함께 제시(둘 다 운동성 포함 8.6%)된 경우보다 정화상만 제시(운동성 포함 48.3%, 운동성 비포함 39.7%)된 경우가 훨씬 많았다. ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’ 항목에서는 두 유형의 정보가 근처(64.6%), 삽입(10.4%), 삽입·근처(6.2%)와 같이 비교적 바람직한 형태로 제시되었으나, 다른 페이지에 제시된 경우(18.8%)도 적지 않았다.

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 다중 표상 학습과 관련된 이론과 연구 결과를 기초로 외적 표상의 활용 실태에 대한 분석틀을 개발한 후, 이를 이용하여 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에 제시된 외적 표상의 활용 실태를 분석했다.

분석 결과, 미시적 표상이 거시적 표상이나 상징적 표상보다 훨씬 많이 제시되어 있었다. 미시적 표상의 경우 글로 제시된 경우가 시각적 정보로 제시된 경우보다 많았다. 외적 표상을 단순히 제시하는 형태보다 외적 표상을 활용하는 활동 형태가 많았다. ‘외적 표상 제시 방법’ 측면에서는 언어적 정보만 제시되거나 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우가 많았

으며, 시각적 정보만 제시된 경우는 없었다. ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면에서는 대부분 쓰기로 제시되었으며, 그리기로 제시된 경우는 매우 적었다. 또한, 그리기와 쓰기가 개별적인 환경에서 진행된 경우, 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동이 정보 제시 전에 도입된 경우, 특정 외적 표상을 같은 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동으로 제시된 경우가 많았다. 한편, 두 측면에서 언어적 정보는 형식적인 형태로, 시각적 정보는 정화상으로, 언어적 정보와 시각적 정보가 삽입, 근처, 삽입·근처 형태로 함께 제시된 경우가 많았다. 학습자의 흥미를 유발할 수 있으나 학습 내용과 직접적으로 관련이 없는 외적 표상이 제시된 경우는 없었다.

이런 결과는 개인화 원리와 이중 부호화 이론, 인지적 부담 이론, 사회적 구성주의 이론 등과 같이 다중 표상 학습에서 효과적으로 외적 표상들을 활용하는 방법과 관련된 이론 및 연구 결과(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006; Van Bruggen *et al.*, 2002; Veronikas & Shaughnessy, 2005)에 적합하지 않게 외적 표상들이 활용되는 경향이 있음을 보여준다. 즉, 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서는 다양한 외적 표상들이 활용되고 있으나, 효과적으로 활용되지는 않았다고 할 수 있다. 대상 개념이나 학습자의 특성, 외적 표상의 활용 전략이나 학습 시간 등에 따라 다중 표상 학습의 효과가 다를 가능성이 있지만(Van Merriënboer & Sweller, 2005), 이 연구에서의 대상 학년이나 외적 표상 분석 단위의 개념, 활용 방법, 학습 시간 등은 실험 연구를 통해 효과를 검증한 선행연구의 것과 유사하다. 따라서 이 연구의 결과는 다소 제한점이 있더라도 향후 교과서의 개발 방향에 대해 의미 있는 시사점을 제공할 수 있다. 즉, 향후 중학교 과학 교과서의 물질 단원을 개발할 때에는 효과적인 외적 표상 활용 방법과 관련된 원리와 연구 결과를 고려하여 외적 표상들을 제시함으로써 현 교과서의 부족한 점을 개선해야 할 것이다. 예를 들어, 향후 교과서와 교사용 지도서에는 개인화된 언어적 정보를 더 많이 제시하고, 교사용 CD-ROM 타이틀 내에 동화상을 제시하거나 교과서와 교사용 지도서 내에 동화상이 포함된 인터넷 정보를 제시하는 것과 같은 방법들을 통해 교사나 학생들이 동화상을 활용할 수 있도록 해야 할 것이다. 또한, 그리기를 더 많이 활용할 필요가 있으며, 그리거나 쓰기를 활용할 경우에는 개별보다 소집단 환경에서 진행되는 형태 또는 정보 제시 전보다 제시 후에 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 형태로 활용하는 것이 더 바람직할 것이다. 정보 제시 전에 그리기와 쓰기를 활용할 경우에도 특정 외적 표상을 같은 유형보다 다른 유

형의 외적 표상으로 변환하는 활동 형태로 활용하도록 노력해야 할 것이다.

한편, 현 교과서에서 외적 표상들이 효과적으로 활용되지 않고 있는 이유는 외적 표상들의 효과적인 활용 방법에 대해 구체적으로 알려진 바가 없기 때문이라고 생각할 수 있다. 따라서 다음 교육 과정의 교과서 뿐만 아니라 컴퓨터 보조 수업, e-Learning, ICT 활용 수업 등의 교수-학습 자료에서 외적 표상들이 효과적으로 활용될 수 있도록 하기 위해서는 현직 교사 연수 및 예비 교사의 교육과정, 과학교육 관련 학회나 웹사이트 등을 통해 효과적인 외적 표상 활용 방법에 대해 안내하고 홍보할 필요가 있다. 또한, 교재 개발자나 관련자와의 면담 등을 통해 외적 표상들을 효과적으로 활용하지 못하는 원인을 보다 심층적으로 탐색하여 그 원인을 해소할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 이 연구는 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에 한정되어 진행되었으므로, 다중 표상이 활용되는 화학의 다른 단원이나 다른 과학 과목의 단원을 대상으로 하는 연구도 진행될 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 다중 표상 학습과 관련된 이론 및 연구 결과에 기초하여 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 분석했다. 분석 결과, 상징적 표상이나 거시적 표상보다 미시적 표상이 많았다. 외적 표상들만 제시된 경우보다 외적 표상들이 그리기 또는 쓰기와 함께 제시된 경우가 많았다. 또한, 다중 표상 학습에서 효과적으로 외적 표상들을 활용하는 방법과 관련된 원리(개인화 원리 등)와 이론(이중 부호화 이론, 인지적 부담 이론, 사회적 구성주의 이론 등)에 적합하게 외적 표상들이 활용되지 않은 것으로 나타났다. 이에 대한 교육적 함의를 논의했다.

참고 문헌

- 강인애 (2000). 왜 구성주의인가?: 정보화 시대와 학습자 중심의 교육 환경. 서울: 문음사.
- 강훈식 (2006). 중학교 화학 수업에서 외적 표상의 유형 변환을 촉진하는 그리기와 쓰기의 효과 및 활용 방안. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.
- 강훈식, 박진하, 노태희 (2006). 다중 표상 학습에 적용한 그리기에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기 및 장의존성·장독립성에 따른 효과. 한국과학교육학회지, 26(2), 191-199.
- 교육부 (1999). 중학교 교육 과정 해설(III). 서울:

대한교과서주식회사.

김정률, 김명숙, 박예리 (2005). 10학년 과학 교과서 지구 단원의 탐구 과제 분석. *한국지구과학회지*, 26(6), 501-510.

백남권, 서승조, 조태호, 김성규, 박강은, 이경화 (2002). 제 6차와 제 7차 초등학교 3, 4학년 과학 교과서의 내용과 삽화의 비교 분석. *초등과학교육*, 21(1), 61-70.

손영옥, 박윤배 (2002). 과학 교과서에 대한 중학교 교사와 학생들의 인식. *한국과학교육학회지*, 22(4), 740-749.

이수경 (1998). 애니메이션과 인지양식이 과학적 이해와 과제에 미치는 영향. *교육공학연구*, 14(2), 69-102.

임희준 (1998). 과학 수업에서의 협동학습: 교수 효과와 소집단의 언어적 상호작용. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.

한재영 (2003). 소집단 과학 학습에서 유화성에 따른 집단 구성의 교수 효과 및 언어적 상호작용. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2/3), 131-152.

Ardac, D., & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1269-1298.

Edens, K. M., & Potter, E. F. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School Science and Mathematics*, 103(3), 135-144.

Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31(3), 401-435.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.

Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(2/3), 179-201.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.

Van Bruggen, J. M., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Learning and Instruction*, 12(1), 121-138.

Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285-325.

Van Someren, M. W., Reimann, P., Boshuizen, H. P. A., & de Jong, T. (1998). *Learning with Multiple Representations*. Oxford: Elsevier.

Veronikas, S., & Shaughnessy, M. F. (2005). An interview with Richard Mayer. *Educational Psychology Review*, 17(2), 179-189.