

2009 개정 과학교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서 탐구활동 분석

강남화* · 이은미
한국교원대학교

An Analysis of Inquiry Activities in High School Physics Textbooks for the 2009 Revised Science Curriculum

Kang, Nam-Hwa* · Lee, Eun Mi
Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to examine the nature of inquiry activities proposed in high school physics textbooks that were developed based on the 2009 science curriculum in Korea. The inquiry activities were analyzed using the notion of scientific practices introduced in the Science Education Framework (NRC, 2012). The results showed that the inquiry activities in the textbooks emphasized two of eight types of scientific practices including “Analyzing and interpreting data” and “Constructing explanations.” In contrast, the activities required students to “ask questions” only once in a total of 291 science inquiry activities. The other types of scientific practices appeared less than 10%. Also found was that the types of scientific practices were not relevant to the way inquiry activities were used for textbook content. Implications for the curriculum and science teacher education were discussed.

Key words: scientific practices, science inquiry, textbook, inquiry teaching

I. 서 론

교육과정은 학습자에게 제공하는 계획된 학습의 경험(Print, 1993)으로, 학생들을 가르칠 때 어떠한 목적으로 어떤 내용을 어떻게 가르치고 평가할 것인가에 대한 일련의 계획(조희형 등, 2005)을 말한다. 한국의 교육과정은 국가 수준의 교육과정으로 초·중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 교육 내용을 조직·운영하는 일반적 기준을 제시하고 있다(교육과학기술부, 2009).

학교 교실에서 교육과정의 목표를 달성하기 위해 교육과정에서 규정하는 교과 내용을 쉽게 가르치고 배울 수 있도록 체계화한 교수 학습 자료가 교과서이다. 교과서는 교육과정의 실현에 있어 가장 중요한 과학 교수-학습의 자료이자 도구(배현경, 정공수, 2008)로, 교실에서의 학습 경험을 규정하는데 중심적 역할을 하고 있다. 현재 물리 I 과 II 에 대한 과학 교

육과정은 2009년에 개정되어 2012년에 처음으로 시행되고 있으며, 학교 현장에서 2종의 교과서가 사용되고 있다.

한국의 중등학교에서 교과서는 교육과정 내용을 기준으로 검정되고, 학생 평가 내용을 직접적으로 제공한다. 현재 학교 내외에서 학생 평가는 성취도를 비교하여 순위를 정하는 경쟁적인 구조를 갖는데, 이러한 경쟁적 구조는 평가의 공정성에 대한 강한 요구를 한다. 그에 대한 해결책으로 교육 현장에서는 평가 내용을 교과서에 제시된 내용으로 한정하게 되었다. 대학 수학능력평가 문항이 교과서 내용을 기초로 만들어지고 있고, 학교 내의 학생의 성취도 평가 문항들도 교과서 내용에 기초한다는 것이 널리 받아들여진 현실이다. 따라서 국가수준의 교육과정은 교과서 내용을 규정하고 교과서의 검정기준의 기초가 되며, 교과서들은 교실 수업과 학교 내외에서 이루어지는 평가에 직접적인 영향을 준다고 할 수 있다.

*교신저자: 강남화(nama.kang@gmail.com)

**2012.10.24(접수) 2013.01.29(1심통과) 2013.02.01(최종통과)

교과서가 수업과 평가의 내용에 직접적인 영향을 미치고 교과서를 통해 교육과정이 구체화된다는 사실로 비추어 볼 때, 새 교육과정이 어떻게 학교에서 수행이 되는가를 알아보기 위해서는 우선 교육과정이 교과서에 어떻게 구체화되는가를 알아보는 것이 필요하다. 교과서는 학생들에게 주어지는 학습 기회에 대한 정보를 가지고 있으며, 교사가 교수 내용을 구성하는 일반적 기준이 된다. 따라서 교과서 분석은 학생들에게 주어지는 학습 기회에 대한 정보를 제공하며, 학생들에게 기대되는 학습결과를 예상하는 데 도움이 된다.

이 연구에서는 새로 개정된 2009개정 과학교육과정에 따른 고등학교 물리 I과 물리 II 교과서를 분석하여 학생들에게 교과서를 통해 주어지는 물리 학습의 기회를 알아보았다. 특히, 과학 교과에서 강조하고 있는 탐구 학습에 초점을 두었다. 한국에서 과학 탐구는 1973년 제3차 교육과정 이래 과학 교육의 주요한 부분이었으며, 많은 다른 나라의 과학 교육과정에서도 과학 탐구는 중요한 위치를 차지하고 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 2004). 또한, 많은 과학 교육 연구자들이 어떻게 학생들이 탐구 수업을 통하여 학습하는지 또한 교사들은 어떻게 탐구 수업을 하는지 연구해 오고 있다(Kuhn, 2007; Pekmez *et al.*, 2005; Wallace & Kang, 2004).

여러 교육과정과 연구에서 탐구 수업이 강조되고 있는 만큼, 과학 탐구의 다양한 의미와 과학 탐구를 가르치는 다양한 방법들이 존재하게 되었다(National Research Council [NRC], 2012). 이러한 맥락에서 미국연구회 NRC(2012)는 탐구라는 용어의 의미가 너무 다양해짐으로 인해 오히려 불분명해지는 점을 우려하여 보다 다양하고 확장적 개념을 가지는 과학적 실천(Scientific Practices)의 개념을 새로운 국가 수준 과학 교육 표준을 위한 틀을 수립하는 과정에서 제시하였다. NRC는 1950년대 이후의 과학 교육 과정에서 탐구를 과학자들이 과학 지식을 구성해가는 과정으로 정의하고 사용된 이후 과학적 탐구가 마치 일정한 규칙성이나 양식이 있다는 오해가 생겨났음을 지적하였다. 이에 따라 NRC에서는 탐구에 대하여 과학 지식의 구성 과정의 다양성과 비형식성을 암시하기위한 용어로서 과학적 실천을 제안하고 과학자들의 이와 같은 지식 생성과정을 이해하는 것이 과학에 대한 이해의 기초가 된다고 주장하였다. 이러한 과

학 탐구의 확장적 개념으로서의 과학적 실천은 이전의 탐구활동에서 간과되었던 조사나 토론 같은 활동도 강조하고 있다.

탐구 활동을 확장적으로 정의하여 과학 교육의 내용으로 삼으려는 경향은 한국의 2009 개정 과학교육과정에서도 나타나고 있다. 가령, 물리 I 과목의 목표에서 과학적 탐구의 다양성을 지적하고 조사와 토론과 같은 다양한 탐구 활동의 유형을 제시하였다.

‘물리 I’의 탐구 활동은 과학의 본성에 맞도록 구성하며, 탐구 문제의 발견으로부터 결론 도출에 이르기까지의 다양한 탐구기능을 균형 있게 다루도록 한다. 또한, 실험탐구 뿐 아니라 사고중심의 탐구 활동, 조사와 토론 등 다양한 활동유형들을 다루고, 탐구 활동 과정 속에서 자연스럽게 창의적 사고가 활용되고 발현되도록 한다(교육과학기술부, 2009, p.10).

이와 같이 2009개정 과학교육과정에서 과학 탐구 개념이 확장적 의미를 가진다는 측면에서, 새로 도입된 교과서의 탐구 활동에 탐구의 다차원적 측면이 반영된 정도를 분석하는 것은 과학교육 발전에 시사점을 제공할 것이다.

NRC의 과학적 실천의 개념은 최근 드러난 과학 지식 구성 과정의 특성(Pickering, 1992; Pickering, 1995)을 반영하여 과학교육에서 탐구 개념의 이해에 대한 급진적인 변화를 시도한 것이다. NRC는 과학적 실천을 지식을 구성, 확장, 개선하는 활동이라 정의하고, 여러 과학 분야에서 행해지는 과학자들의 실천적 특성을 과학교육에 적용할 수 있는 8가지 형태로 제시하였다(NRC, 2012). 이전의 미국 국가수준 과학 교육 기준에서 탐구는, ‘과학적 문제 제기하기’, ‘문제에 대한 답을 구성하기 위한 증거 수집하기’, ‘문제의 답으로서의 설명 구축하기’, ‘구축한 설명을 과학적 배경지식과 연결하기’, 그리고 ‘과학적 생각을 소통하기’라고 하는 다섯 개의 필수 요소들을 제시하였다(NRC, 1996; NRC, 2000). 최근 새로 수립된 과학 교육 기준틀에서는 이러한 다섯 개의 요소가 더욱 정교화되고 확장되어 8가지의 과학적 실천으로 제시(NRC, 2012)하고 있으며, 이 8개의 과학적 실천은 각각이 독립적인 과학 활동임과 동시에 서로 연결된 활동이라 설명하고 있다. 이는 과학 탐구 활동이 마치

일련의 순서에 따르는 특성의 과정이라는 기존의 개념을 벗어나 다양한 접근방식으로 과학 탐구가 이루어짐을 나타낸다.

8개의 과학적 실천 중 주목해야 할 것은 ‘모형의 개발 및 사용하기’, ‘수학 및 전산적 사고 이용하기’, ‘증거에 입각하여 논의하기’, 그리고 ‘정보를 얻고 평가하고 소통하기’의 4 가지 탐구 활동을 이전보다 강조하여 과학적 실천에 포함시키고 있다는 것이다. 이렇게 새로이 강조된 과학적 실천은 최근 과학계의 변화를 학교 과학 교육에 반영하려는 노력으로 볼 수 있다. 과학적 실천은 또한 과학 교육의 목적으로 새롭게 강조되고 있는 과학적 소양과 연결하여 설명하고 있다. 특히, ‘질문하고 문제 규정하기’, ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘증거에 입각하여 논의하기’, 그리고 ‘정보를 얻고 평가하고 소통하기’의 4가지 과학적 실천은 시민들이 정보화시대에 “과학적 지식을 비판적으로 이용할 수 있는 과학의 소비자” (NRC, 2012, p.54)로서 갖추어야 할 소양 요소로 제시하고 있으며, 학교 과학에서 과학적 실천의 경험을 통해 과학의 과정에 대해 비판적으로 이해하는 것이 과학적 소양을 위한 중요한 교육 내용임을 지적하고 있다.

2009 개정 교육과정의 과학에서도 보다 확장된 개념으로서의 탐구와 함께 과학적 소양을 과학 교육의 주요 목표로 규정하고 있다. 물리 I 과목의 경우 “민주 사회의 시민으로서 갖추어야 할 물리학에 대한 소양을 함양하기 위한 과목” (교육과학기술부, 2009, p.10)으로 규정하고 있으며, 교과 내용 및 그 도입 방식 역시 과학적 소양과 관련지어 탐구 과정의 형태로 도입할 것이라 표명하고 있다.

미래 사회에 적합한 과학적 소양인 양성을 위해 현대 물리학의 내용을 포괄적으로 도입한다. 실생활 관련 주제와 현대 물리학의 내용은 단순히 정보를 제공하는 형식으로 제시하지 않고, 논의하고 체험하

며 탐구할 수 있는 방법으로 도입한다. (교육과학기술부, 2009, p.10)

확장된 탐구 개념이 대두되고 학교 탐구 활동을 과학적 소양에 연결하는 최근의 과학 교육의 경향을 배경으로 이 연구에서는 2009 개정 과학 교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서에 제시된 탐구 활동을 확장된 개념의 탐구 활동의 측면으로서 8가지 과학적 실천을 기준으로 분석하고, 교과서를 통해 학생들에게 제공되는 탐구 활동의 목적을 분석하였다. 그리고 각 탐구 활동별로 분석한 과학적 실천과 탐구활동의 목적과의 연관성을 살펴보았다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

- (1) 어떤 과학적 실천들이 물리 교과서의 탐구활동에 포함되어 있는가?
- (2) 어떤 과학적 실천들이 물리 교과서의 탐구활동에서 강조되고 있는가?
- (3) 교과서 내용 전개에서 탐구활동의 목적과 과학적 실천과의 연관성은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 분석 대상

이 연구는 2009 개정 과학 교육과정에 따른 2종의 물리 I 과 물리 II 의 총 4권의 교과서에 제시된 탐구 활동을 대상으로 하였다. 2종의 교과서는 A, B로 임의 명명하였고, 4권의 교과서별로 제시된 탐구 활동의 수는 [표 1]과 같다.

2. 분석 기준

미국 NRC의 과학 교육 틀(NRC, 2012)에서 제시한

표 1
물리 I 과 물리 II 교과서에 제시된 출판사별 탐구 활동 수

구분	물리 I	물리 II	계
A	84	45	129
B	97	65	162
계	181	110	291

8가지의 과학적 실천을 기준으로 교과서에 제시된 탐구 활동을 분석하였다. 각각의 과학적 실천의 정의는 광범위하여 여러 종류의 활동을 포함한다. 따라서 여러 종류의 활동을 분석하기 위한 세부적인 기준은, 과

학 교육 틀에서 제시하는 과학적 실천의 성취목표에 기초하여 각각의 과학적 실천에 해당하는 활동의 종류들을 구성하고 그것을 분석의 기준으로 하였다(표 2).

표 2
8가지 과학적 실천과 해당 활동의 종류(NRC, 2012)

	<p>1. 질문하고 문제 규정하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력</p>
<p>활동의 종류</p>	<p>(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기. (2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기. (3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기 (4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기. (5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 대한 질문하기. (6) 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기.</p>
	<p>2. 모형 개발하고 사용하기: 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것</p>
<p>활동의 종류</p>	<p>(1) 사건이나 체계를 그림이나 도표로 표현하기. (2) 현상을 다양한 종류의 모형으로 표현하고 설명하기. (3) 계나 과정을 표현하는 도구로서의 모형의 정확성과 한계를 논하고 개선할 수 있는 방안 제시하기. (4) 계를 탐구하고 이해하는 도구로서 시뮬레이션을 이용하기. (5) 문제해결에 대한 고안을 시험하고 그 효과를 비교하기 위해 모형을 사용하기.</p>
	<p>3. 조사 계획하고 수행하기: 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것</p>
<p>활동의 종류</p>	<p>(1) 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기. (2) 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기. (3) 타당한 측정치 산출을 위해 얼마만큼의 자료가 필요한지 결정하고 자료의 정밀도 한계를 고려하기. (4) 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기. (5) 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기.</p>
	<p>4. 자료 분석하고 해석하기: 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것-자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기</p>
<p>활동의 종류</p>	<p>(1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기. (2) 기대치에 어긋난 자료를 인지하고 초기 모형의 수정 고려하기. (3) 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기. (4) 적절한 수학과 통계 기술을 이용하여 자료로부터 유추할 수 있는 결론을 평가하기. (5) 물리적 모형에서 자료를 수집하고 여러 조건하에 성능 분석하기.</p>
	<p>5. 수학 및 전산적 사고 이용하기: 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용. 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용.</p>
<p>활동의 종류</p>	<p>(1) 차원의 양을 인식하고 수학 공식과 그래프의 응용에서 적절한 단위를 사용하기. (2) 과학 모형만들기와 조사에서 적절한 수학이나 알고리즘으로 관계와 양을 표현하기. (3) 컴퓨터 시뮬레이션이 현상이나 계에 관한 가정에 근거한 수학적 모형에 기초하여 만들어졌음을 인식하기. (4) 간단한 대표적인 수학 표현, 컴퓨터 프로그램, 또는 시뮬레이션 이용하기. (5) 자료 분석에 수학과 통계학을 이용하기.</p>

6. 설명 구성하고 문제 해결 고안 하기: 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것.

활동의
종류

(1) 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기. (2) 직·간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기. (3) 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기. (4) 주어진 설명의 취약점을 알아내기. (5) 과학 지식을 적절히 사용하여 디자인하는 문제를 해결하기. (6) 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기. (7) 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기. (8) 공동으로 개발한 디자인 기준에 따라 여러 경쟁하는 디자인을 비평하기.

7. 증거에 입각하여 논의하기: 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의 충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것

활동의
종류

(1) 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기. (2) 과학적 논쟁의 가능한 취약점을 논리와 증거에 비추어 밝히기. (3) 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기. (4) 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기. (5) 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기. (6) 어떻게 지식에 대한 주장이 과학계에서 판정이 되는가를 설명하고 동료평가의 장점과 한계, 주요한 연구의 독립적인 반복이 필요함을 조리 있게 표명하기. (7) 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기.

8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기: 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것

활동의
종류

(1) 말, 표, 도표, 그래프 또는 수식을 이용하여 개념을 전달하거나 질문하기. (2) 표, 그림, 그래프를 포함하는 과학, 공학 문서를 읽고 전달되고 있는 주요 생각을 설명하기. (3) 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기. (4) 교실상황에 맞게 편집된 과학 문헌들 또는 과학에 대한 대중매체 보고서를 자료, 가설, 결과의 타당도와 신뢰도를 논하며 비판적으로 읽기.

3. 분석 방법 및 절차

각 물리 교과서의 탐구 활동 내용을 살펴보고, [표 2]에 제시된 내용을 기준으로 각각의 탐구 활동들에 어떠한 과학적 실천이 요구가 되는가를 분석하였다. 분석과정은 탐구활동을 기술하는데 사용된 단어나 문구가 아닌 탐구 활동의 의도와 내용에 초점을 두었다. 가령, 자료해석이 탐구활동의 목적으로 명명되어 있지만 탐구활동에서 요구하는 내용이 탐구를 통해 어떤 현상이나 사실에 대한 설명을 요구하고 있는 경우라면, 이 탐구활동에 해당하는 과학적 실천은 '자료 분석 및 해석'이 아닌 '설명 구성하기'로 결정하였다. 또한 탐구 과정에서 설명하라는 문구로 과제를 제시하고 있으나 실제 수행을 하기 위해서 증거를 통해 주장을 하는 것이 필요한 내용인 경우는, 해당하는 과학적 실천으로 '설명 구성하기'가 아닌 '증거에 입각하

여 논의하기'로 결정하였다. 각 탐구활동에는 여러 가지의 실천이 포함될 수 있으므로 해당하는 모든 종류의 과학적 실천을 포함시켰다. 이 때 현상에 대한 단순한 관찰이나 해보기와 같은 활동은 과학적 실천에 포함되지 않으므로, 기타로 분류하여 분석에서 제외하였다. 과학적 실천을 결정하는 예는 [그림 1]에서 화살표로 표시된 부분이다.

분석의 타당성을 위해 일부 탐구활동에 대해 연구자들이 함께 분석하고 논의하여 분석 기준에 대해 합의하고 숙지하는 과정을 거쳤다. 분석 기준을 숙지하는 과정에서 과학적 실천의 결정은 학생이 스스로 직접 경험하는 것이 명시적으로 언급된 경우를 기준으로 하기로 합의하였다. 분석 기준을 숙지한 2인의 연구자가 교과서별로 각각 분석하여 분석자간 일치도 통계 값을 확인하였다. 분석자간 일치도는 A사 물리 I 교과서에서 0.92, 물리 II 교과서에서 0.82 그리고

<탐구> 여러 가지 막대를 통과하여 떨어지는 자석의 운동

과정

1. 약한 자석을 플라스틱 관의 일정한 높이에서 떨어뜨린 후 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 측정한다.
2. 약한 자석을 알루미늄 관, 구리 관의 같은 높이에서 떨어뜨린 후 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 각각 측정한다.
3. 센 자석을 이용하여 과정 1, 2를 반복해 보자.



결과 및 정리

	관의 종류	플라스틱 관	알루미늄 관	구리 관
걸린 시간	약한 자석			
	센 자석			

①자석의 속도가 관에 따라 다른 이유를 말해 보자. → 6. 설명 구성하고 문제 해결 고안하기
 ②자석의 운동에 영향을 주는 요인에 대해 말해 보자. → 4. 자료 분석하고 해석하기
 ③느려지는 자석의 운동 과정을 눈으로 직접 볼 수 있는 실험 방법을 고안해 보자.
 ↘ 3. 조사 계획하고 수행하기

그림 1 탐구 활동 자료 분석의 예: A사 물리 I 교과서

B사 물리 I 교과서에서 0.91, 물리 II 교과서에서 0.89로 높게 나타났으나, 모든 탐구 활동에 대해 연구자들의 일치된 의견으로 과학적 실천을 결정하기 위해, 분석이 일치하지 않은 탐구 활동에 대해서는 연구자들이 여러 차례 논의를 통해 합의하는 과정을 거쳤다. 가령, 자체 유도 현상을 설명하기 위해 LED를 회로에 연결하여 언제 불이 켜지는지와 그 까닭에 대해 생각해 보는 탐구 활동에서, 해당하는 과학적 실천을 한 연구자는 ‘자료 분석하고 해석하기’로 다른 연구자는 ‘설명 구성하고 문제해결 고안하기’로 분석하였다. 차이가 나는 분석에 대한 연구 회의에서 탐구 활동의 내용을 논의하여 이 탐구 활동에서 자료의 분석 과정이 너무 단순하여 주요 내용은 자료의 분석이 아니라 그 결과에 대한 이유를 설명하는 것이 목적인 것으로 결정이 되어 ‘설명 구성하고 문제해결하기’가 적합하다는 합의를 하였다. 이와 같은 결정을 통한 최종 분석 자료는 과학교육전문가 1인과 과학교사 3인의 연구자가 동의하여 결정한 결과에 기초하였다.

또한 각 탐구활동이 포함하고 있는 과학적 실천들

과 교과서 내용 전개상 나타나는 탐구활동의 목적이 서로 연관이 있는지 알아보기 위해, 교과서 내용 전개에서 탐구 활동이 하는 역할을 분석하였다. 이 분석은 관련 문헌의 부재로 인해 이미 정해진 틀에 의하지 않고 귀납적으로 수행하였다. 2종의 물리 I 과 물리 II 교과서의 탐구활동의 목적을 분석하는 과정에서 교과서 전개에 있어서의 탐구 활동의 목적을 하나씩 밝혀가면서 더 이상 새로운 목적이 드러나지 않을 때까지 목적의 종류를 확인하고 각 활동별 목적을 밝혔다.

물리교과서의 탐구활동에 나타난 과학적 실천과 교과서 내용 전개에 있어서 탐구활동이 가지는 목적에 대한 모든 분석 과정은 과학교육전문가 1인과 과학교사 3인의 논의를 통해 이루어졌다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 탐구활동에 나타난 과학적 실천

물리 교과서에 포함된 과학적 실천의 종류와 강조

되고 있는 과학적 실천이 무엇인지 분석하였다. 하나의 탐구활동에 한 개 이상의 과학적 실천이 존재할 수 있으므로 탐구 활동 수에 비해 과학적 실천의 수가 많게 나타났다. 교과서의 탐구활동에 나타난 과학적 실천을 분석한 예를 들면, ‘방출에너지 비교해 보기’라는 탐구활동에서는 ‘모형 개발하고 사용하기’, ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘설명 구성하고 문제 해결 고안하기’의 3가지 실천을 요구하고 있는 것으로 분석되었다. 이에 대한 활동으로 우선 학생들은 고무찰흙에 성냥개비를 다발로 뭉쳐 꽂은 것과 일렬로 배열한 것이 불에 타는 데 걸리는 시간을 비교 관찰하고 이 관찰을 저농축 우라늄과 고농축 우라늄의 핵분열과정과 비교하여 설명할 것을 요구하고 있었다. 이처럼 간단한 활동을 통해 학생들은 모형을 사용하여 관찰하고 거기서 얻은 자료로 현상을 설명하는 과학적 실천을 할 기회를 제공받겠다고 할 수 있다. 또 다른 예로 ‘다양한 열기관이 열효율 조사’라는 탐구활동으로 학생들이 주변에서 사용하는 다양한 열기관, 자동차용 엔진, 그리고 다른 다양한 일상적 장치들의 열효율을 조사하고 열효율을 높이는 이유와 조사 내용을 비교한 결과에 대한 이유를 설명하고 논의하는 활동이다. 여기서는 학생들이 ‘설명 구성하고 문제 해결 고안하

기’, ‘증거에 입각한 논의하기’, ‘정보를 얻고 평가하고 소통하기’의 3가지 과학적 실천을 연습할 기회를 갖는 것으로 분석되었다.

단순 활동으로 과학적 실천의 분석틀에 해당하지 않은 활동을 제외한 8가지 과학적 실천은 A사의 물리 I 과 물리 II 교과서에는 총 188개, B사의 물리 I 과 물리 II 교과서에는 총 213개가 나타났다. A사의 교과서는 질문하기를 제외한 7가지 과학적 실천이 최소 3번에서 최대 76번, B사 교과서는 8가지 과학적 실천이 모두 1번에서 82번 까지 포함이 되어 있다 (표 4).

물리 I 과 물리 II 과목을 모두 이수하였을 때 강조되는 과학적 실천을 알아보기 위해 빈도수를 백분율로 비교하였다. A사와 B사 교과서에서 모두 ‘자료를 분석하고 해석하기’와 ‘설명 구성하고 문제 해결 고안하기’가 가장 많이 나타났다. ‘자료 분석하고 해석하기’는 A사 교과서에 포함된 과학적 실천의 총 합 중 40%, B사 교과서의 과학적 실천의 총 합 중 37%에 해당하였으며, ‘설명 구성하고 문제해결 고안하기’는 A사 교과서가 32%이고, B사 교과서는 38%로 높은 비율을 보였다. 결국, 각 교과서에서 이 두 가지의 실천은 전체 과학적 실천의 74%로 많은 탐구 활동에서 이 두 가지의 실천을 강조하는 것으로 드러났다. 반

표 4
교과서별 탐구 활동 수와 과학적 실천 수

출판사	과목	탐구활동 수 (개)	과학적 실천 수(개)	*1	2	3	4	5	6	7	8
A	물리 I	84	111	0	8	2	39	6	43	7	6
	물리 II	45	77	0	6	1	37	10	17	4	2
	계	129	188	0	14	3	76	16	60	11	8
	과학적 실천의 상대 빈도(%)			0%	7%	2%	40%	9%	32%	6%	4%
B	물리 I	97	118	1	11	3	38	8	52	2	3
	물리 II	65	95	0	7	1	41	8	30	2	6
	계	162	213	1	18	4	79	16	82	4	9
	과학적 실천의 상대 빈도(%)			0%	8%	2%	37%	8%	38%	2%	4%
총 계		291	401	1	32	7	155	32	142	15	17
과학적 실천의 총 상대 빈도(%)				0%	8%	2%	39%	8%	35%	4%	4%

*1: 질문하고 문제규정하기, 2: 모형 개발하고 사용하기, 3: 조사계획하고 수행하기, 4: 자료 분석하고 해석하기, 5: 수학 및 전산적 사고 이용하기, 6: 설명구성하고 문제 해결 고안하기 7: 증거에 입각한 논의하기, 8: 정보를 얻고, 평가하고 소통하기

면, 나머지 활동들은 10%를 넘지 않았다. 특히, '질문하고 문제 규정하기'는 두 종의 물리 I, 물리 II 교과서 4권을 통틀어 단 1건이 있었으며, 학생 스스로 '조사를 계획하고 수행하기', '증거에 입각한 논의하기', '정보를 얻고 평가하고 소통하기'는 전체 과학적 실천의 5% 미만으로 나타났다.

과학적 실천이 과학의 내용에 따라 다르게 강조될 수 있음을 고려하여 단원별 과학적 실천 분포를 살펴 보았다(표 5). 과학의 내용 상 특정 과학적 실천이 요구된다면 교과서의 저자의 접근법과는 관련이 없이 두 교과서의 동일 단원의 과학적 실천 분포 형태가 유사할 것이고 그렇지 않다면 과학 내용보다는 교과서

저자의 접근법에 의한 분포의 차이로 볼 수 있다는 것을 전제로 두 교과서의 동일 단원의 단원별 과학적 실천 분포를 비교하였다.

비교 결과, 두 출판사의 물리 I, II의 동일 단원들 중 모든 단원이 전체 교과서의 공통적인 분포 형태인 '자료를 분석하고 해석하기'와 '설명 구성하고 문제해결 고안하기'가 가장 많이 제시되었다. 이 공통적인 유형을 제외하고 같은 영역인 두 단원의 짝에서 내용에 의한 유사한 분포는 거의 볼 수 없었다. 단원 별로 과학적 실천의 분포 형태가 차이가 없는 것은 교과서에 포함되어있는 과학적 실천이 과학 내용 별로 특성화되어있지 않음을 시사한다.

표 5
단원별 과학적 실천의 분포

과목	출판사	단원	과학적 실천 수(개)							
			*1	2	3	4	5	6	7	8
물리 I	A사	I	0	4	0	10	5	10	1	2
		II	0	2	0	9	0	6	0	0
		III	0	1	0	13	1	10	0	0
		IV	0	1	2	7	0	17	6	4
		계	0	8	2	39	6	43	7	6
	B사	I	0	1	1	8	2	4	1	2
		II	0	4	0	15	0	8	1	0
		III	1	6	2	8	1	19	0	0
		IV	0	0	0	7	5	21	0	1
		계	1	11	3	38	8	52	2	3
물리 II	A사	I	0	0	1	14	6	10	4	1
		II	0	3	0	10	0	4	0	1
		III	0	0	0	8	3	2	0	0
		IV	0	3	0	5	1	1	0	0
		계	0	6	1	37	10	17	4	2
	B사	I	0	1	1	12	2	9	1	2
		II	0	1	0	9	1	8	0	1
		III	0	5	0	16	3	12	1	2
		IV	0	0	0	4	2	1	0	1
		계	0	7	1	41	8	30	2	6

*1: 질문하고 문제규정하기, 2: 모형 개발하고 사용하기, 3: 조사계획하고 수행하기, 4: 자료 분석하고 해석하기, 5: 수학 및 전산적 사고 이용하기, 6: 설명구성하고 문제 해결 고안하기 7: 증거에 입각한 논의하기, 8: 정보를 얻고, 평가하고 소통하기

2. 교과서 내용 전개에서 탐구 활동의 목적과 과학적 실천과의 연관성

교과서 내용 전개에 있어서 탐구 활동의 목적과 과학적 실천과의 연관성을 분석하였다. 먼저 교과서에서 제시한 탐구 활동의 목적을 분석한 결과, 탐구 활동이 내용전개 상의 다음과 같은 7가지의 목적으로 제시되고 있는 것으로 나타났다. 이는 (1)구체적 현상의 생성 및 관찰, (2)새로운 주제의 도입에 흥미 요소의 추가, (3)추가적이거나 독립적인 내용의 소개, (4)이론의 응용, (5)사고실험을 통한 이론의 이해, (6)제시된 이론의 검증, (7)귀납적 지식의 구성이었다. 이 목적들 다수는 과학 내용의 이해 또는 학습에 대한 흥미의 증진을 위한 것들이었고 이 중 사고실험을 통한 이론의 이해, 제시된 이론의 검증과 귀납적 지식의 구성만이 과학자들이 행하는 탐구활동과 유사한 지식의 구성 과정에 관한 활동임을 알 수 있었다.

이 7가지 목적 중 물리I과 물리II의 4개 교과서 모두에서 '구체적 현상의 생성 및 관찰'이 60% 이상을 차지하였다. '구체적 현상의 생성 및 관찰'을 위한 탐구활동은 기본적으로 교과서에서 설명하고자 하는 내용을 소개하기 전에 구체적 현상을 경험하게 하여 뒤 이어 나오는 설명에 구체성을 더하는 역할을 하고 있었다. 이 밖의 다른 목적을 위한 탐구 활동들은 전체의 10% 미만이었다. 그 중 '새로운 주제의 도입에 흥미 요소의 추가'를 위한 탐구는 내용과 밀접한 관계는 없으나 주제에 대한 흥미를 일으킬 만한 현상을 볼 수 있는 활동들이 소개되었다. '추가적이거나 독립적인 내용의 소개' 목적의 활동에서는 교과서의 내용 전개에 긴밀한 연결 없이 전체 내용의 심화를 위한 주제 또는 사회적 관련성을 보이기 위한 탐구가 소개되는 경우에 해당한다. '이론의 응용'을 위한 탐구는 개념의 정의 또는 법칙을 먼저 소개하고 그것을 응용하는 활동을 하도록 하는 것들이었다. 이들 4가지 목적들은 학생들의 교과 내용 이해에 초점을 둔 것이다.

나머지 '사고실험을 통한 이론의 이해', '제시된 이론의 검증', '귀납적 지식의 구성'의 3가지 목적들은 과학자들의 과학 지식 생성 활동과 유사한 목적이다. '사고실험을 통한 이론의 이해'를 위한 탐구는 특수 상대성 이론을 다룰 때 이용되었다. '제시된 이론의 검증'은 드물게 나타났지만 교과서에서 명시적으로 제시한 이론이 맞는지 알아보는 것이 목적인 탐구

활동이었다. '귀납적 지식의 구성'을 위한 탐구 활동은 현상의 단순 경험 또는 관찰에서 벗어나서 학생들로 하여금 현상의 뒤에 있는 규칙성을 찾아 귀납적으로 과학 지식을 구성하게 하는 활동의 경우로 역시 드물게 제시되었다.

교과서의 탐구 활동이 여러 가지 목적으로 제시되었지만 특정 과학적 실천과의 연관성은 드러나지 않았다. 가령, '자료 분석하고 해석하기'라는 과학적 실천을 연습하게 하는 두 가지 탐구 활동이 교과서 전개에 있어 서로 다른 목적으로 사용된 것을 예로 들 수 있다. '기울기가 일정한 빗면을 내려가는 물체의 운동'이라는 제목의 탐구 활동에서는 먼저, 기울기가 일정한 빗면을 따라 내려가는 물체의 운동에 대한 예상을 하게하고, 다음으로 공기 부상 궤도를 만들어 궤도 위를 굴러가는 활차의 운동에 대한 자료를 디지털 카메라를 이용하여 수집하도록 안내를 하고 있다. 이렇게 동영상을 통해 수집한 자료로 부터 활차의 위치, 평균 속도, 속도의 변화량 등을 표로 완성하고 이 표를 시간에 대한 위치와 속도 그래프를 그리도록 요구하고 있다. 이어서 '활차의 위치는 시간에 따라 어떻게 변하는가?' '활차의 평균 속도는 시간에 따라 어떻게 변하는가?' '활차의 평균 속도의 변화량은 시간에 따라 어떻게 변하는가?'와 같은 세 개의 질문을 통해 그래프를 해석하게 하였다. 표와 그래프를 작성하고 질문을 통해 해석하도록 하는 이러한 과정은 '자료 분석하고 해석하기'라는 과학적 실천을 연습할 기회를 제공한다고 볼 수 있다. 이 탐구 활동 다음에 이어지는 교과서 내용은 가속 운동을 정의하여 탐구 활동에서 관찰된 운동이 그 예임을 지적하고 가속도를 구하는 공식을 설명하고 있다. 따라서 이 탐구활동은 '자료 분석하고 해석하기'라는 과학적 실천을 연습시키며 교과서의 전개 상 그 목적은 새로 도입되는 개념을 보여주는 현상을 생성하여 관찰하도록 하는 것이다. 이처럼 대부분의 교과서 탐구활동은 설명하고자 하는 현상을 직접 경험하여 추상적 개념을 구체적으로 만드는 역할을 하고 있었다. 그 속에서 학생들은 대부분 '자료의 분석과 해석 활동' 혹은 결과에 대한 '설명 구성하기'를 하도록 안내되었다.

'자료 분석하고 해석하기'라는 과학적 실천을 연습하게 하는 또 다른 탐구 활동은 귀납적 지식의 도출과정에 학생들을 참여시키기도 하였다. 가령, '힘, 질량, 가속도'라는 탐구 활동에서는 학생들로 하여금 힘의

크기를 변화시키면서 물체의 운동을 동영상으로 촬영하게 하고 표와 그래프를 작성하게 하였다. 작성한 그래프의 해석을 통해, 질량이 일정할 때 힘의 크기와 가속도의 관계와, 힘의 크기가 일정할 때 질량과 가속도의 관계에 대한 규칙성을 찾아내게 한다. 이 과정에서 학생들은 현상의 단순 경험 또는 관찰에서 벗어나서 현상의 뒤에 있는 규칙성을 찾아 귀납적으로 과학 지식을 구성하는 기회가 주어지는 것이다.

위의 예에서 보였듯이 동일한 과학적 실천이 요구되는 탐구 활동이라도 교과서 내용 전개에 따라 다른 목적으로 사용되는 것으로 드러났다. 따라서 과학적 실천과 탐구활동의 목적과는 관련이 보이지 않았다.

IV. 결 론

본 연구는 교과서가 교육과정을 구체화하여 학생들의 학습 경험을 규정하고 평가 내용을 제공한다는 이론적 배경을 기반으로, 2009 개정 과학 교육과정에 따른 고등학교 물리 I 과 물리 II 의 교과서의 탐구 활동을 과학적 실천 요소들을 기준으로 분석하였다. 분석 결과, 교과서에 제시된 탐구활동들이 '자료를 분석하고 해석하기'와 '설명 구성하고 문제해결 고안하기'와 같은 전통적 탐구의 형태가 강조되고, '질문하고 문제 규정하기'를 비롯하여 특히 최근 과학계의 변화를 나타내는 '과학 모형의 개발 및 사용', '수학 및 전산적 사고 이용하기', '증거에 입각한 논의활동', 그리고 '정보를 얻고 평가하고 논의하기'와 같은 탐구 요소는 거의 나타나지 않았다. 학생들이 교과서의 탐구 활동을 수행할 경우 대부분은 정해진 탐구 문제와 절차에 따라 자료를 수집하여 분석하고 그 이유를 설명하는 활동을 하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 전통적 방식의 탐구 형태를 제시하는 교과서는 학생들로 하여금 스스로 과학 문제를 찾고 탐구를 고안하여 해결하는 직접적 탐구의 기회를 거의 주지 않는다는 결론을 내릴 수 있다. 이는 새 교육과정에 따른 물리 교과서가 최근 변화된 과학의 모습을 보이지 않는다는 것으로, 교과서가 학생들에게 다양한 탐구의 기회를 제공하지 못함을 의미한다. 새 교육과정의 성격과 목표의 진술에서는 확장된 탐구 개념이 도입되었고, 최신 물리 내용의 추가를 통해 과학 또는 물리학에 대한 소양을 가진 시민을 양성하는 목적이 명시되어 있다. 그러나 교과서의 탐구 활동은 전통적으로 해오던 활동

에 집중 되어있고, 교과서의 내용은 최신 물리를 다루고 있지만 최신의 물리학 지식이 나오는 과정 즉, 탐구에 관해 소개하는 것은 간과되고 있음을 알 수 있다.

교과서 내용 전개에서 탐구 활동의 목적을 분석한 결과에서도 교과서에서 탐구는 대부분이 추상적 과학 내용을 구체적 현상의 경험을 통해 이해시키려는 목적으로 쓰였고, 학생들에게 제공되는 과학 탐구 자체에 관한 학습의 기회는 다양하지 못한 것으로 나타났다. 교과서의 탐구 활동이 과학 내용의 이해를 증진시키는 데 주로 사용되는 것은 교과서에서 탐구가 전통적인 형태를 유지하고 있음을 말하는 것이다. 결국 물리 교과서에 나타난 탐구 활동의 목적이 탐구 능력 향상을 위한 목적이 아닌 물리 내용의 이해에 초점을 두는 것은, 2009년 개정 과학 교육과정에서 물리 과목의 성격이 학생들의 탐구 능력 향상과 그것을 이용한 물리학에 대한 소양을 가진 시민을 양성하는 과목으로 규정된 것이 교과서에 반영되지 않았음을 알 수 있다.

이 연구의 결과는 현 학교 과학 교육 문화의 일면을 보임과 동시에 교육과정 및 교과서 그리고 물리 교사 교육에 시사점을 준다. 첫째로, 교과서에서 과학 내용의 이해에 치중을 하는 것은 성취도 평가나 대학 능력 시험에서 탐구 능력이 경시되는 실정에서, 과학 탐구 능력 향상이라는 목표는 간과될 수밖에 없는 교육 문화를 반영한 것으로 볼 수 있다. 이는 과학 탐구를 과학 학습과 무관한 과학자들만이 하는 일로 보거나 과학 교실 밖에서 이루어지는 '특별한' 활동으로 취급하게 되는 결과를 낳게 된다. 이러한 이분법적 현상에 대하여 과학 교육자들과 연구자들은 비판적으로 고민해야 할 것이다. 특히, 과학 탐구에 대한 지식과 능력이 모든 시민의 과학 소양의 중요한 도구임(교육과학기술부, 2009; NRC, 2012)을 생각할 때 학교 교실에서 과학 탐구의 기회를 제공하여 보다 공평한 교육의 기회를 줄 수 있도록 노력해야 할 것이다. 이를 위해 다양한 탐구 활동의 기회를 교과서에서 제공하는 것은 가장 기본적인 전제 조건이 된다.

탐구 능력의 향상을 명시적으로 지향하는 탐구 활동의 부재는 탐구 능력이라는 것이 탐구 활동을 하면 자연적으로 습득이 되는 것으로 가정한 결과이다. 이러한 가정은 문헌에서 과학의 본성에 대한 이해가 과학 수업을 통해 암묵적으로 습득이 된다는 가정이 효과적이지 않다는 것(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Khishfe, 2012)을 보이고 있는 것에 비추어

지지하기 어려운 가정이다. 학생들의 탐구 학습을 통한 탐구 능력의 평가를 하여 이러한 암목적 학습 효과에 대한 가정을 확인할 필요가 있다.

암목적 학습 효과에 대한 가정이 맞다 하더라도 현 물리 교과서에서 학생들에게 요구하는 탐구 능력은 자료의 해석과 결과의 설명에 그칠 뿐 과학적 소양에 필수적이라 할 수 있는 증거에 기초한 논의라든가 정보의 평가 등의 실천을 요구하지 않고 있으며 창의적 사고가 활용되는 문제제기나 탐구의 계획과 같은 활동의 기회가 거의 없다. 이는 앞으로 교과서 저술에 있어서 탐구 활동 중에 더 다양한 과학적 실천을 포함해야 하는 것을 시사한다. 이는 이전 교육과정에 의거한 교과서에서도 반복적으로 발견된 문제(박원혁, 김은아, 1999; 유모경, 조희형, 2003)로, 연구의 결과가 과학 교과서나 교육과정에 영향을 미칠 수 있는 방안을 과학 교육 연구자들이 함께 모색해야 함을 시사한다.

과학 교과서를 통해 학생들에게 주어지는 과학 교육의 기회는 교사들에 의해 걸러지게 된다 (Wallace & Kang, 2004; Kang & Wallace, 2005). 따라서 현직 교사들의 과학 탐구를 확장된 개념의 탐구로 인식하는 정도와 과학 탐구와 과학적 소양과의 관련성에 관한 인식을 조사하고 그것이 교육과정의 내용과 일관되는지 그리고 교실 수업과 일관되는지 알아볼 필요가 있다. 이러한 연구의 결과들은 현직 교사의 과학 탐구에 관한 전문성 향상을 위한 연수와 예비 교사 교육에 기여할 것이다.

국문 요약

본 연구에서는 2009 개정 과학 교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서에 제시된 탐구활동을 과학적 실천 개념을 이용하여 분석하고, 교과서를 통해 학생들에게 제공되는 가능한 탐구 학습의 경험을 알아보았다. 분석 결과 '자료를 분석하고 해석하기'와 '설명 구성하고 문제해결 고안하기'가 다른 과학적 실천에 비해 강조되는 것으로 나타났다. 반면 '질문하고 문제 규정하기'는 물리 교과서 4권을 통틀어 단 1건이 있었다. 단원별로 강조되는 과학적 실천의 차이가 거의 없어 특정 과학적 실천의 강조가 교과 내용과는 무관한 것으로 드러났다. 또한 탐구활동에서 수행한 과학적 실천이 교과서 내용 전개상의 탐구활동의 목적과는 무관하게 사용되고 있음이 드러났다. 교육과정과 교

과서 그리고 교사 교육에 대한 시사점과 후속 연구 과제를 제시하였다.

참고 문헌

- 교육과학기술부 (2009). 2009 개정 교육과정: 과학과. <http://ncic.re.kr/>
- 박원혁, 김은아(1999). 제 6차 교육과정에 따른 고등학교 공통과학 교과서의 탐구영역 분석. *한국과학교육학회지*, 19(4), 528-541.
- 배현경, 정공수(2008). 한국과 미국 고등학교 지구과학 교과서의 지질학 탐구활동의 비교 분석. *한국지구과학회지*, 29(7), 626-639.
- 유모경, 조희형(2003). 중학교 1학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. *한국과학교육학회지*, 23(5), 494-504.
- 조희형, 김희경, 윤희숙, 이기영(2005). 과학교육의 이론과 실제. *교육과학사*.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education* 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Kang, N. & Wallace, C. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89(1), 140-165.
- Khishfe, R. (2012). Transfer of nature of science understandings into similar contexts: Promises and possibilities of an explicit reflective approach. *International Journal of Science Education*, iFirst.
- Kuhn, D. (2007). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, 91(5), 710-726.
- National Research Council(1996). National

Science Education Standards. Washington, D. C.: National Academy Press.

National Research Council(2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, D. C.: National Academy Press.

National Research Council(2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D. C.: National Academies Press. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165

Pekmez, E. S., Johnson, P., & Gott, R. (2005). Teachers' understanding of the nature and purpose of practical work, *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 3-23.

Pickering, A. (Eds.) (1992). Science as practice and culture. Chicago: The University of Chicago Press.

Pickering, A. (1995). The mangle of practice. Chicago: The University of Chicago Press.

Print, M.,(1993). Curriculum development and design. Sydney: Allen & Unwin Pty Ltd.

Wallace, C. S. & Kang, N. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936-960.