

과학교육 내용표준 개발

박현주* · 김영민¹ · 노석구² · 정진수³ · 이은아^{4*} · 유은정⁵ · 이동욱⁴ · 박종원⁶ · 백윤수⁷
조선대학교 · ¹부산대학교 · ²경인교육대학교 · ³대구대학교 · ⁴서울대학교 · ⁵신사중학교
· ⁶전남대학교 · ⁷연세대학교

Developmental Study of Science Education Content Standards

Park, HyunJu* · Kim, Youngmin¹ · Noh, Sukgoo² · Jeong, Jin-Su³ · Lee, Eun Ah^{4*}
· Yu, Eunjeong⁵ · Lee, Dongwook⁴ · Park, Jongwon⁶ · Baek, Yoon Su⁷

Chosun University · ¹Pusan National University · ²Gyeongin National University of Education
· ³Daegu University · ⁴Seoul National University · ⁵Sinsa Middle School
· ⁶Chonnam National University · ⁷Yonsei University

Abstract: The purpose of this study was to develop science education content standards, to guide in developing k-12 national science curriculum, and to provide guidance for local districts and schools to effectively apply the national science curriculum to their school curriculum. We suggest ideas for science education content standards, describing how science education content standards would look through reviews of literature for background research, surveys, and interviews to set the frame, developing standards for each sub-component, and examining and revising. The science education content standards consist of situation, components, and performance. Situation refers to when, where, and how science was needed. Components refers to what kind of knowledge and what kind of process and understanding should be taught in school science, like Nature of Science, Scientific Creativity, Scientific Inquiry, & Disciplinary Core Ideas. Performance refers to what we would like to achieve through science education.

Key words: science education standards, content standards, situations, components, performance

I. 서 론

초·중등학교 교육의 방향을 제시하는 청사진이자 학교 교육을 실천하는 근간을 이루는 국가 교육과정은 학생과 사회의 변화하는 요구를 지속적으로 충족시키기 위해 정기적으로 검토하여 개정하고 있다. 과학과 교육과정도 학생들의 이공계 기피 현상, 과학에 대한 흥미 및 성취도 저하 등 당면 문제들의 해결과 학교 과학교육의 정상화 및 질적 수준 향상 등 과학교육 개선을 목표로 주기적으로 개정되어 왔다. 그러나 빠르게 변화하는 사회와 지속적으로 발전하는 첨단 과학과 기술, 글로벌화 하고 있는 세계 등 주변 여건의 변화는 주기적인 과학교육과정의 개정만으로는 부응하기 어려운 상황이 되어 가고 있다. 또한 몇 차례의 개정에도 불구하고 과학과 교육과정은 여전히 지식 내용 중심으로 제시되어 있고, 과학교육에서 중요

시하고 있는 탐구 및 창의성 등은 제한적으로 언급되어 있다(심재호 등, 2009; 노태희 등, 2010). 탐구 중심 교육, 창의성 함양 교육을 위해서는 학생 및 학교 수준, 지역사회의 특성에 따른 교육과정의 유연한 운영과 다양한 접근의 교과서의 활용이 필요하다. 그러나 현행 과학과 교육과정 체제와 같이, 학년별로 학습해야 하는 단원별 주제명과 탐구활동 등이 구체적으로 제시되어 있는 경우에는 학교과학교육에서 다양하고 창의적인 접근을 실행하기가 어렵다. 지역, 학교, 학습자의 특성 등에 따라 탄력적이며 유연하고 다양한 교육적 접근이 이루어지려면, 교육과정의 유연한 설계가 가능해야 할 것이다. 그리고 설계의 기준 역할을 할 과학교육 내용표준이 필요할 것이다.

일반적으로 교육 표준은 교수학습 표준, 학습평가 표준, 교사 전문성 개발 표준, 프로그램 표준, 교육체제 표준, 교육내용 표준 등을 포함한다(NLNAC,

*교신저자: 이은아(eunahj@snu.ac.kr) & 박현주(hjapark@chosun.ac.kr)

**2012.03.06(접수) 2012.03.20(1심통과) 2012.04.18(2심통과) 2012.04.23(최종통과)

***이 논문은 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행된 성과물임.

2002; NRC, 1996; NCTM, 2000). 교수학습 표준은 교사가 담당 과목을 가르치기 위하여 무엇을 알아야 하고, 또 무엇을 해야 하는지에 대한 준거를, 그리고 학습평가 표준은 수행된 평가의 질을 판단하기 위한 준거를 포함한다. 교사 전문성 계발 표준은 교사로서의 전문성을 위한 지식과 기능을 계발하기 위한 이상을 제시한다. 교육프로그램 표준은 수준 높은 학교 프로그램을 제공하기 위해 필요한 조건들을 나타내고, 교육체제 표준은 교육 체제 전반의 수행을 판단하는 준거들을 제시한다. 과학교육 내용표준은 과학과 교육과정 에 대한 국가 사회, 학문, 그리고 학습자의 요구, 학습자, 교육과정의 국제적 동향, 과학의 개념 체계 등을 포함하며, 과학과 교육과정 목표의 설정과 과학교육 내용 선정·조직의 근거가 된다(송희성 등, 2005).

본 연구는 여러 가지의 과학교육 표준 중에서 과학 교육과정과 교과서 개발, 그리고 과학수업에 실질적인 영향을 주는 과학교육 내용표준을 개발하였다. 즉 공통기본 교육과정인 K 수준에서 9학년까지의 과정 동안, 자연 과학 분야에서 학생들이 무엇을 알아야 하고, 무엇을 이해해야 하며, 무엇을 할 수 있는지를 제시하였다. 그러나 과학교육 내용표준은 학교와 지역, 국가 수준에서 어떤 특정한 활동이 과학교육의 이상에 도움이 되는가를 판단하는 준거를 제공하는 것이지, 특별한 교육과정을 제시하는 것이 아니다. 이 연구의 결과인 과학교육 내용표준은 학년군별로 과학교육의 성취 수준을 제시하여 주고, 과학교육 및 교육 목표에 대한 이해를 높이기 위한 기초 자료로 제공하고자 한다. 또한 교육과정의 설계나 교과서를 개발하는 데 기초 자료로 활용 가능할 것이다.

과학교육 내용표준 개발을 위한 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

첫째, 과학교육 목표에서 추구하고 있는 내용에 대한 틀(구조)을 제시한다.

둘째, 과학교육에서 학습해야 할 내용에 대한 범주와 요소를 규정하여 제안한다.

II. 연구절차 및 방법

문헌 연구, 설문과 면담 조사, 그리고 여러 차례에 걸친 전문가 자문을 통해 과학교육 내용표준의 구조를 설정하고 각 영역별 하위요소를 설정하였다.

과학교육 내용표준의 구체적인 개발 절차는 다음과 같다.

첫째, 기초 문헌 연구를 통하여 국내외 과학교육의 동향, 과학교육 목표, 내용표준에 대한 이해와 필요성을 정리하였다.

둘째, 문헌연구와 심층면담을 통하여 과학교육 내용표준의 구조를 설정하였다.

셋째, 국내외 문헌연구의 이론 및 개발 연구를 통하여 내용표준의 각 영역에 대한 하위요소를 설정하였다.

넷째, 내용표준의 영역과 하위요소에 대한 전문가 집단의 타당성 검토 및 의견을 참고로 하여 내용표준을 개발하였다.

다섯째, 개발된 내용표준에 대한 전문가 집단의 자문 및 검토 의견을 토대로 내용표준을 수정하고 보완하였다.

위의 각 과정은 필요에 따라 순환적 또는 반복적으로 진행되었다.

1) 문헌조사/이론연구

문헌조사 및 이론연구의 목적은 내용표준의 필요성, 정의, 방향, 목표, 구조를 설정하기 위한 탐색으로, 내용표준 요소에 대한 조사, 국내외 교육과정 및 내용 지식의 표준을 분석한다. 즉, 국내외 현행 과학교육 내용의 분석을 기반으로, 최근 국내외 과학교육 연구 결과를 바탕으로 과학교육 내용표준에 대한 근거를 제시하고, 그 연구 결과를 교육과정 내용표준에 적극 반영한다.

첫째, 국내외 과학교육 내용 관련 문헌 및 선행 연구를 분석한다.

둘째, 과학 성취도 국제 비교 연구와 국가 수준 학업성취도 결과의 분석과 과학 교육과정의 주요 목표에 대한 성취 수준에 대한 연구 논문들을 분석한다.

셋째, 국내외 과학교육 내용 및 내용표준을 분석한다.

넷째, 과학교육 및 과학과 교육과정 내용의 국제적 동향을 폭넓게 파악하고 우리나라 과학교육 내용표준에의 시사점을 추출한다.

2) 설문조사 및 면담조사

설문을 통한 요구조사 및 면담조사는 내용 표준의 요소 추출을 위한 연구방법으로, 초, 중, 고 학생, 과학자, 공학자, 일반인, 과학자 과학교육 내용표준의 선정 기준과 배경을 분석한다.

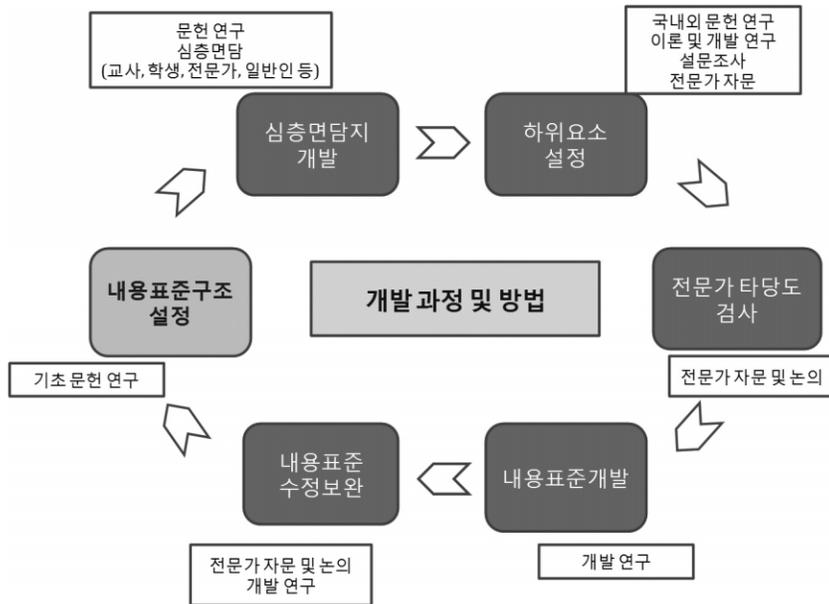


그림 1 과학교육 내용표준 개발 절차

첫째, 과학교육 내용표준에 대한 교사, 장학사, 교수 등으로부터 다양한 의견을 수렴한다.

둘째, 학습자, 일반인, 전문가의 과학교육 내용표준에 대한 요구조사를 한다.

셋째, 현행 과학과 교육과정 내용에 대한 요구 등에 대한 실증적 조사를 통해 교육과정 개정의 기초를 마련한다.

넷째, 과학교육 내용의 재구조화 방안을 모색한다.

3) 과학교육 내용표준 개발

과학교육 내용표준을 제안하기 위하여,

첫째, 내용표준의 구조, 요소, 그리고 핵심 개념의 위계를 분석한다.

둘째, 과학교육 내용표준을 개발한다.

셋째, 통합된 주제 중심, 교육내용을 재구조화한다.

4) 전문위원 자문 회의 및 협의회

과학교육 내용표준과 관련된 쟁점 해결 방안 및 의견 수렴을 위하여 전문위원 자문 회의 및 협의회를 통하여, 과학교육 내용표준과 관련된 쟁점 해결 방안을 모색하고, 과학교육 내용표준에 대한 지속적인 타당성을 검토한다.

Ⅲ. 과학교육 내용표준의 개발 방향

과학교육 내용표준의 개발 방향은 문헌/이론 연구 및 선행 연구의 결과에 따라 상황의 중요성, 창의성 개발을 위한 내용, 그리고 과학과 공학의 실행의 세 가지로 정리하였다.

첫째, 과학을 배운다는 것은 과학적 소양을 함양하고 과학 문화에 입문(enculturation)하는 것이다(박정은 외, 2009). 따라서 과학을 학습자의 삶 속에서 핵심적인 역할을 하는 상황 중심으로 학습해야 한다. 학교과학에서 제공하는 과학 수업은 과학을 생활과 유리된 것으로 인식하고 과학에 대한 관심을 떨어뜨리는 요인이 되기도 한다는 여러 비판들이 있다(Hodson, 1998; Roth *et al.*, 2005; Whitelegg & Parry, 1999). PISA 2009 결과에 따르면, 우리나라 학생들의 성취도의 하락은 과학적 문제 인식이나 과학 지식의 실생활 연계 능력 등이 부족한 것이 이유로 분석되었다. 또한 과학 성취도 수준에 비교하여, 우리나라 학생들의 전반적인 과학에 대한 자아효능감, 즐거움, 흥미 등의 정의적 영역에 대한 평가 결과는 전 세계에서 가장 낮은 수준으로 조사되었다(한국교육과정평가원, 2010). 과학교육에서의 '과학하기'는 학생들의 일상 상황 속에서 포착되고 수행되어야 할 필요가 있다(권재술, 1991; 류성철, 2004). 학습은 사회적

이며 물질적인 맥락에서 분리될 수 없는 상황의존적인 활동(Greeno et al., 1998; Roth et al., 2005)이므로 학습자의 일상생활과 유리된 학습은 결국 학습자에게 혼란을 야기하거나 진정한 의미의 학습이 이루어질 수 없다는 연구결과(Rogoff et al., 2001)는 과학교육에 있어서 상황의 중요성에 대한 이론적 근거를 제시하고 있다. 상황과 연결된 과학교육은 학생들의 과학에 대한 흥미, 태도 등과 같은 정의적 영역의 강조되고, 실질적인 문제해결력의 함양에 도움이 될 것이다.

둘째, 21세기 과학기술지식기반 사회에서 개인과 국가의 경쟁력은 폭주하는 지식과 정보를 어떻게 활용하고 창출하는가에 달려 있다(Lester, 2007). 따라서 21세기의 예측 불가능한 미래 사회에서 능동적이고 적극적으로 변화를 주도할 수 있는 사람은 무한한 내적 자원인 창의성을 지닌 사람이다. 창의성은 어떤 문제에 대해 개성적인 생각을 해내거나 새로운 방법과 해결책을 발견하는 능력을 말한다. 새로운 예술적 대상이나 형태를 고안하고 참신한 통찰을 산출하는 자질 등도 창의성의 중요한 역할이다. 창의성은 개인이 세상을 살아가는데 있어서 적극적이며 융통성 있고 긍정적인 인성을 갖도록 해준다. 그러므로 창의성은 개인적인 삶의 질을 향상시킬 뿐 만 아니라 국가 경쟁력을 높일 수 있는 근원이 된다. 2009년도 개정 교육과정에서도 21세기에 적합한 인간상을 새로운 지식을 창출하는 인간으로 규정하고, 과학과 교육과정의 기본 정신을 학습자의 개별성 중시 및 과학적 창의성 함양으로 명시하고 있다(교육과학기술부, 2009). 이처럼 창의성은 이전과 다른 새로운 아이디어를 산출할 수 있는 능력이라는 측면과 함께 새롭게 산출된 아이디어가 인간과 세계의 관계를 재구성하며 삶의 틀을 확장시킬 수 있다는 가능성을 포함한다. 창의성은 영재 집단과 같은 우수한 능력을 갖춘 사람에게만 가능한 것이 아니라, 개인차는 있지만 누구나 배울 수 있는 기술이다(송숙희, 2008). 평범하고 일상적인 사물이나 행위를 다른 각도로 관찰하여 그 속에서 새로운 의미를 찾아내려는 태도만 있으면 창의적 인간이 될 수 있다. 그러므로 창의성은 인간의 선천적인 능력이 아니며 누구나 교육을 통해서 학습과 신장이 가능한 덕목이다. 따라서 변화하는 미래 사회의 교육은 개인의 지식 창출 및 창의성 개발에 중점을 두어야 한다.

셋째, 과학교육에 있어서 공학 및 공학적 실행의 접근은 학생들에게 과학의 효용 가치를 실제적으로 체험할 수 있는 기회를 제공해 준다. 최근 2011년 7월 19일 미국 NRC(2011)의 ‘Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards’는 과학교육틀(Framework)을 확정하여 발표하였다. 과학교육틀은 ‘과학-공학의 실행(Science-Engineering practice)’, ‘교차적 개념(Cross Cutting Concept)’, ‘핵심 내용지식(Disciplinary Core Ideas)’의 삼차원 구조로 제시된다.

특히 과학과 공학의 실행은 실질적인 문제 상황에서 문제를 해결하는 일련의 과정으로 다음과 같이 제시되고 있다. ① 문제를 발견하고 인식하여(과학), 문제에 대한 정의(공학)를 내린다. ② 문제해결에 필요한 모델을 개발하여 사용한다. ③ 문제해결하기 조사에 대한 계획을 세우고 실행하여, 자료를 수집한다. ④ 자료를 분석하고 해석한다. ⑤수학적 적용과 수리적 사고(computational thinking)를 한다. ⑥ 설명을 구성하고(과학), 해결책을 설계한다(공학). ⑦ 증거에 근거하여 논쟁하고 토론한다. ⑧ 정보를 얻고 평가하는 과정 동안 의사소통을 한다. 과학과 공학의 실행에서 볼 수 있는 것처럼, 과학은 객관적 지식의 측면에서 정확성이 강조되고, 자연현상에 대하여 ‘사실’에 얼마나 근접하게 설명하고 있는가가 중요하다. 그 설명이나 개념이 인간에게 얼마나 효율적, 가치 있는 가는 이차원적인 문제이다. 반면, 공학은 과학과 비교하여 상대적으로 조금 덜 정확하더라도, 문제해결하기 위해 가장 좋은 해결책, 또는 효율이나 효용가치를 중요시한다. 따라서 우리 인간이 생활하는데 있어서는 실제적으로 사용하는 개념이나 능력은 공학의 효율성이 더욱 근접한 경향이 있다고 볼 수 있다.

IV. 과학교육 내용표준의 구조

과학교육 내용표준의 구조는 문헌/이론 연구 및 선행 연구, 그리고 설문 및 면담조사의 결과에 따라 상황(situation), 내용요소(components), 성취(attainments or performance)의 세 영역으로 구성된다(표 1). 세 영역은 ‘어떤 상황에서 과학이 필요한가?’, ‘무슨 내용을 학습하는가?’, ‘과학 교육을 통해 무엇을 성취하고 싶은가?’를 의미한다. 첫째, 상황은

학습자들에게 심리적 거리가 가까운 곳에서부터 먼 곳으로의 네 범주, 즉 일상생활 및 여가, 사건 및 역사적 사례, 일 또는 직업, 과학 연구 등으로 구성하였다. 둘째, 내용요소는 과학적 탐구, 과학의 본성, 과학적 창의성, 과학 핵심내용지식의 하위 요소를 갖는다. 셋째, 성취는 수용과 적용으로 나뉘어, 소극적 수용과 적극적 수용, 소극적 적용과 적극적 적용으로 구분된다.

1. 상황

1) 정의

상황 혹은 맥락의 개념은 많은 연구자들에 의하여 다양하게 정의되어 왔으나, 학문 분야에 따라 약간씩 다르게 규정되어 다소 모호하다. 한국교육과정평가원(2006)은 맥락(context)을 ‘상황맥락과 사회문화 맥락’으로 설명하는데, 그에 따르면, 상황맥락은 텍스트 생산, 수용 과정에 직접적으로 개입하는 맥락으로 언어행위 주체(화자, 청자), 주제, 목적 등을 포함하고, 사회문화 맥락은 텍스트 생산, 수용과정에 간접적으로 작용하는 맥락으로 역사적, 사회적 상황, 이데올로기, 공동체의 가치, 신념 등을 포함한다. 한편, Freudenthal(1991)은 상황 혹은 맥락을 학습자에게 노출된 현실적 영역을 의미한다고 하였는데, 상황 혹은 맥락은 그 자체가 학습을 위한 메시지이며 학습은 상황 혹은 맥락을 해독하기 위한 수단이라고 보는 것

이다. 근래에 와서는 학습과제에 나타나는 상황의 성격이 학습 결과에 중대한 영향을 미친다는 인지적 편견(cognitive biases)의 근원으로서 상황의 역할에 더욱 주목하고 있다(Cavemi *et al.*, 1990).

교수-학습적 관점에서 살펴볼 때, 풍부한 상황은 학습자들에게 상당히 큰 의미를 부여해 줄 수 있다. 학생들은 주변의 현실적이고 구체적인 상황을 담고 있는 과학교육 내용을 접할 때, 자기와 무관해 보이는 추상적인 과학개념을 접할 때 보다 더욱 그 개념에 대해 주인의식(ownership)을 가지고 친숙하게 다가갈 수 있다. 왜냐하면 과학내용에서 제시된 특정한 상황은 학생들에게 자신의 아이디어나 경험을 떠올리며 자신의 삶과 연결고리를 찾게 하고 그러한 연결고리는 결국 과학 학습에 있어 더욱 능동적인 자세와 태도를 갖출 수 있는 기회를 모색해 주기 때문이다.

Van den Brink(1989)는 상황의 ‘현실성’과 ‘구체성’을 강조하면서, 학생들이 그 상황을 상상하고 자신의 아이디어나 경험, 환상을 실질적으로 구현할 수 있게 해 주는 역할을 하는 것이 상황이라고 설명한다. 이런 관점에서 볼 때, 상황이 전제되지 않는 전통적인 과학 학습 내용은 학습자 개인의 주관적 요소가 개입될 여지를 전혀 주지 않기 때문에 보다 인위적인 상황으로 여겨질 수 있다. 그러한 인위적 상황은 결국 학생들에게 과학 내용을 자신의 것으로 재구성하게 하는 적극적인 학습자로서의 자세를 갖도록 하는 것을 기대하기에 부적절하다.

표 1
과학교육 내용표준의 구조

구조	의미	요소				
상황	어떤 상황에서 과학이 필요한가?	일상생활 및 여가				
		사건 및 역사적 사례				
		일 또는 직업				
		과학연구				
내용요소	무슨 내용을 학습하는가?	과학의 본성				
		과학적 탐구				
		과학적 창의성				
		과학 핵심내용지식				
성취	과학교육을 통해 무엇을 성취하고자 하는가?	수용				
		적용				
		<table border="0"> <tr> <td>소극적 수용</td> </tr> <tr> <td>적극적 수용</td> </tr> <tr> <td>소극적 적용</td> </tr> <tr> <td>적극적 적용</td> </tr> </table>	소극적 수용	적극적 수용	소극적 적용	적극적 적용
소극적 수용						
적극적 수용						
소극적 적용						
적극적 적용						

그렇다면 과학학습에 적용될 수 있는 현실의 '상황'은 얼마나 다양할까? 여기서 말하는 '현실'의 의미는 생활 주변 속의 현상에만 한정되는 것이 아니라, 학생들의 성장 과정을 포함하는 시간적인 의미는 물론 물리적인 면, 정서적인 면, 인지적인 면을 모두 포괄하는 개념으로 이해할 수 있다. 예를 들면, 학습자에게는 만화의 세계나 동화의 세계도 하나의 현실이 될 수 있으며, 모든 학습자에게 있어 과거, 현재, 미래에 대한 상상의 세계도 하나의 현실이 될 수 있다 (Freudenthal, 1991). 즉 과학적 개념, 아이디어, 구조를 개발하기 위한 상황의 근원인 현실 세계는 물리적, 사회적 세계에 국한되는 것이 아니라, 교실안의 현실 또는 학생들이 상상하는 현실도 포함하는 것이다. 학생들은 가능하면 과학학습을 함에 있어 매우 다양한 상황들을 경험할 수 있어야 한다. 또한 만화, 동화 속의 이야기나 학생들이 주변에서 보고, 듣고, 느끼는 것, 생활 속에서 접할 수 있는 모든 대상들이 과학학습에서 상황의 소재가 될 수 있다.

본 과학교육 내용표준에서 사용하는 상황(situation)이라는 용어는 과학 문제를 해결하는데 핵심적 역할을 하는 과학의 개념과 원리가 적용되는 구체적인 시공간 속의 물리적, 심리적, 사회적 정보를 포함하여 정의하였다. 즉, 과학교육 내용표준의 상황은 일상생활 주변 속의 현상에만 한정되는 것이 아니라, 학생들의 성장과정을 포함하는 시간적 의미는 물론 물리적, 정서적, 인지적인 면을 모두 포함하며, 과거에서부터 현재, 그리고 미래에 대한 상상의 세계까지도 포괄하는 광범위한 개념을 말한다. 예를 들면, 흔히 일상에서 일어나는 잠자기, 운동하기와 같은 일상생활 및 여가를 비롯하여 걸 그룹의 인기 폭발이나 공룡 멸종 등과 같은 사건 및 역사적 사례, 학생들이 미래에 종사하게 될 다양한 직업 세계, 그리고 논문 쓰거나 실험실에서 실험하기 등의 전문적인 과학 연구의 상황을 포함하는 모두 포괄하는 개념이다.

2) 내용표준에서의 상황 도입의 필요성

구성주의 교육철학에 바탕을 둔 교수 학습에서는 상황학습 이론에 관심을 모으고 있다. 상황학습에서 사용된 상황이란 동시 발생적인 '배경' 사태들뿐만 아니라 일반적인 분위기와 물리적 환경을 포함한다 (Ruth, 1992). 기존의 교수 상황에서는 지식을 일방적으로 전달하는 경향으로 인하여 학습자들이 그 지

식을 다양한 관점에서 해석할 수 없었다. 그러나 하나의 지식이라도 여러 상황 속에서 제시함으로써 그 지식을 다양한 관점에서 해석하고 의미를 부여하게 만들 수 있다는 주장이다. 구성주의자들은 구성적 과정이 학교나 교실의 훈련을 넘어 발생하고 전이되기 위해서는 학습이 반드시 실세계의 상황을 반영하는 풍부한 상황 안에서 이루어져야 한다고 주장한다. 실제적인 상황에서 이루어지는 학습은 사람들이 일상생활에서 경험하는 것과 같은 실제적인 학습의 기회를 제공해 준다. 참과제(authentic task)란 공식적인 학교 교육에서 전형적으로 요구되는 모형화된 과정이 아닌, 실천가들과 전문가들이 실제 문제 해결 맥락에서 참여하는 활동들로 구성된다(Wilson, 1993). 문제 해결 맥락의 실제성은 중요한 동기 부여라는 잠재력을 지니며, 실제적인 과제는 학습자에 의해 수행되는 보다 자기 주도적이며 목적 지향적인 경향을 지닌다.

따라서 과학 역시 과학교실에서만 나타나는 것이 아닌 어느 곳에서나 나타는 것으로 이해되어야 하며, 현재의 쟁점이나 문제 상황과 연관해서 과학교육 내용을 제시해 주어야 한다. 왜냐하면 적절한 상황 없이 습득한 정보는 기억할 수는 있지만 이를 적용하고 활용하는 데에는 많은 제한점이 드러나기 때문이다. 학습은 고립된 내면에서 일어나는 독립된 행위가 아니라, 한 개인의 문화적, 사회적, 맥락적 삶의 경험을 토대로 자기의 이해를 재생산해 내는 과정이다. 따라서 학습자의 삶과 연계하여 과학과 연관된 상황을 도입하는 것은 과학교육에서 무엇보다 중요하다. 이상과 같이 과학교육에 중요한 영향을 미치는 상황 도입의 필요성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 사람들은 실제 생활에서 사고하는 방식과 통제된 환경에서 사고하는 방식이 다르다. 즉, 통제된 환경에서는 논리적이 못하고 전달 방식에 문제가 있던 학생이라도 자신과 친숙한 상황에서는 명확하고 논리적인 사실을 전달하는 경우가 있다. 왜냐하면 이들은 그러한 지식과 기술을 실제 상황이나 맥락 속에서 언제 어떻게 활용해야 하는지를 알고 있기 때문이다.

둘째, 학생들은 학교 과학에서 그들이 경험하고 있는 실질적인 문제와 상관이 별로 없거나 스스로에게 의미 없는 문제를 해결하도록 강요받고 있다. 그러나 실제적인 과제가 문제의 중심이 될 때 학생들은 무엇을 배워야 하고 배운 지식을 어떻게 활용해야 하는지

에 관해 잘 판단 할 수 있다. 즉 어떠한 특별한 방법이나 전략이 실제 맥락에 적합할 때, 학생들은 그들의 경험에 기초하여 더 효과적으로 학습할 수 있다.

셋째, 실제적인 맥락상황은 학생들에게 동기 부여의 측면이 강하다. 학생들에게 무의미한 과제를 해결하도록 하는 대신 매일 일어나는 실제 활동에서 문제를 해결하는 기회가 제공됐을때, 학생들은 자기 주도적인 활동을 하게 된다. 실제적인 맥락 상황은 학생들에게 무엇을 배워야 하고 배운 것을 어떻게 사용해야 하는지를 더욱 잘 파악할 수 있다(Brown et al., 1989).

넷째, 맥락의 참모습은 실제 상황 뿐 아니라 학습자 자신이 갖고 있는 지식에도 있다. 그렇기 때문에 효과적인 학습을 위해서 교사는 학습자에게 적절한 맥락 상황을 제공함으로써 학습자가 기존에 갖고 있던 지식과 새로운 지식을 재구성 할 수 있는 기회를 충분히 주어야한다. 예컨대, 과학 학습은 일상생활에서부터 과학연구에 이르기까지 다양한 맥락에서 이루어 져야 한다. 이를 통해 학습자는 내용을 왜 학습하는지를 이해할 수 있고, 단순한 청취가 아닌 수행의 과정을 통해 학습하며, 실제 상황에서 어떤 방법이 적합한지를 탐구하게 된다. 따라서 실제 생활을 단순화시켜 가르치기보다는 실제 맥락의 다양하고 복잡한 상황들에서 학습이 이루어져야 한다.

본 연구에서는 다양한 대상을 대상으로 조사한 결과를 토대로, 상황을 학습자들에게 심리적 거리가 가

까운 곳에서부터 먼 곳으로의 네 범주, 즉 일상생활 및 여가, 사건 및 역사적 사례, 일 또는 직업, 과학 연구 등으로 구성하였다(표 2). 여기에서 보듯이 과학교육 내용표준에서 다루는 상황은 단지 학생들이 현실 세계와의 연결성만이 아니라 학생들이 마음속에서 무언가를 상상할 수 있는 상황 또는 문제 상황을 제시하는 것을 뜻하며, 자신의 여러 경험을 혼합해서 상상력을 불러일으킬 수 있으며, 단순한 일상생활이 아니라 체험가능하고 감정이입이 될 수 있는 상황을 모두 포함한다.

2. 내용요소

과학교육 내용표준의 내용요소를 과학의 본성, 과학적 탐구, 과학적 창의성, 과학 핵심내용지식의 하위 요소로 구분하였다. 이 네 가지 하위요소는 서로 상호 관련되어 있으며 유기적인 관계를 가지고 있다. 과학교육 내용표준은 3~4학년, 5~6학년, 7~9학년의 세 학년군으로 나누어 학년군별로 기술하였는데, 이는 국민공통기본교육과정에서 다루는 과학교육과정의 편제에 따른 것이다. 네 가지 하위 내용요소를 다시 몇 개의 세부 내용으로 구분하여 각 세부 내용별로 해당 학년군에서 도달해야 하는 표준을 제시하였다.

1) 과학의 본성(Nature of Science)

과학 교육의 목표가 과학 지식의 습득이나 탐구 능

표 2
과학교육 내용표준에서 제시하는 상황 유형

상황 유형	의미	예
일상생활 및 여가	• 흔히 일상생활에서 일어나는 상황	기본활동(잠, 식사, 옷입기 등), 가사활동(요리하기, 아기돌보기, 화단정리 등), 여가활동(운동, 등산, 게임 등), 학습활동(책읽기, 학습보조 기구 사용, 인터넷 자료조사 등)
사건 및 역사적 사례	• 뉴스, 특별한 상황(과거, 현재, 미래)	현재의 사건(구제역, 영동지방의 폭설, 걸그룹의 인기폭발, 아프리카에 구호품 보내기 등), 역사적 사건(공룡의 멸종, 체르노빌 사건, 임진왜란, 아메리카 대륙발견 등)
일 또는 직업	• 일상생활과 반대되는 공적인 직업상황	생산직(농업, 어업, 광업 등), 제조 관련 직(건설, 기계, 재료 등), 사무 관련 직(교육, 연구 등), 서비스 관련 직(공익, 봉사 등), 의료 관련직(보건 등), 예술 관련 직(문화, 스포츠 등)
과학 연구	• 전문적 과학 연구 상황 (과학 연구는 일 또는 직업에서 분리하여 별도의 분류)	연구주제 찾기, 연구 방법 결정하기, 자료수집하기, 실험실에서 실험하기, 야외에서 조사하기, 연구에 대하여 토론하기, 논문쓰기, 연구 결과 발표하기 등

력의 신장으로부터 점차 과학적 소양의 함양으로 그 무게중심을 옮겨감에 따라 과학의 본성에 대한 이해는 과학적 소양을 함양하는데 반드시 필요한 것으로 받아들여지고 있다(AAAS, 1993; CMEC, 1997; NRC, 1996). 과학의 본성을 어떻게 정의할 것인가에 대해서는 과학철학자, 과학사학자, 과학사회학자, 과학자, 교육자 등이 각각 다양한 입장을 보이고 있으나, 초·중등 과학교육에서는 과학의 본성에 대한 다양한 철학적, 사회학적 논쟁을 부각시키는 것보다는 학교 과학수업에서 반드시 가르쳐야 할 준거를 마련하는 것이 더 중요하다(Matthews, 1998).

초·중등학교에서 가르쳐야 할 과학의 본성은 대체적으로 논쟁의 여지가 적으며, 학생들이 이해하기 쉬운 것이어야 한다는 데에 많은 학자들이 의견을 같이 하고 있는데, 과학 지식은 절대적인 것이 아니며 가변적이라는 것, 관찰 혹은 실험 등으로 얻어지는 증거에 기반을 두고 있다는 것, 과학도 인간의 활동이므로 주관적인 것에 영향을 받을 수 있다는 것, 과학 탐구 방법은 매우 다양하며 정해진 것이 아니라는 것, 과학은 부분적으로 인간의 추론, 상상력, 창의력에 기초한다는 것, 과학도 사회·문화의 영향을 받는다는 것 등의 내용을 주로 포함한다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

학교 과학교육에서 과학의 본성을 가르쳐야 하는 이유는 실리적, 민주적, 문화적, 윤리적, 그리고 과학 학습 측면에서 학생들이 과학의 본성을 이해해야 할 필요성이 있기 때문이다(Driver *et al.*, 1996). 실리적(utilitarian) 측면에서 볼 때, 학생들이 과학의 본성에 대해 이해하고 있으면, 일상생활에서 맞닥뜨리는 문제를 해결하는데 도움이 된다. 민주적(democratic) 측면에서 과학의 본성에 대한 올바른 이해는 학생들이 사회과학적 논쟁거리를 이해하고 그런 문제에 관한 의사결정에 참여할 때 필요하다. 문화적(cultural) 측면에서 현재 문화의 주요 요소로서 과학의 가치를 인식하는데 필요하고, 윤리적(moral) 측면에서는 사회의 일반적 가치인 도덕적 책임과 과학 사회의 규준을 이해하는 데 필요하며, 과학 학습(science learning) 측면에서는 과학 개념에 대한 이해에 실질적인 도움을 주는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 과학의 본성 중 초·중등 수준에서 알아야 할 내용들을 문헌 연구를 통해 정리한 후, 전문가 검토와 설문조사를 거쳐 최종적으로 과학의 잠정

적인 본성, 과학적 방법의 한계와 다양성, 관찰과 추론의 차이, 과학 윤리와 책임감, 과학적 상상력과 창의성, 과학에 대한 역사적, 문화적, 사회적 영향, 과학, 기술, 공학의 상호관련성의 세부 내용을 추출하였다. 이들 세부 내용을 각 학년군 수준에서 어떠한 수준의 목표에 도달해야 하는지를 표 3과 같이 정리하였다.

2) 과학적 탐구(Scientific Inquiry)

탐구에 대한 여러 학자들의 생각을 정리해보면 탐구는 과학 지식을 얻기 위한 과정이나, 방법, 활동으로 표현될 수 있다. 탐구의 유용성은 교과 학습 뿐 아니라 일상생활, 사회생활에서 있어서 문제를 해결하거나 의사 결정을 하는 핵심적 기능이라 할 수 있다.

과학교육에서 탐구가 차지하는 위상은 지식과 더불어 가장 중요한 2가지 요소의 하나로 꼽히고 있다. 탐구와 지식을 과학을 구성하는 두 개의 중요한 축으로 보는 시각은 일찍이 Sund & Trowbridge(1973)가 제안한 바 있다. 이들은 과학적 지식이 과학적인 탐구 방법 또는 과정을 통하여 얻어진 산물이라고 언명함으로써 과학의 본성과 탐구와의 관련성을 간결하고 명쾌하게 표현하였다.

미국과학교육표준(NRC, 1996)은 과학적 탐구를 과학자들이 자연 세계를 연구하고, 연구에서 유래된 증거에 기반된 설명을 제안하는 것이라 하였다. 과학자들이 문제에 접근하는 방법은 상당히 다양하여 일관적인 양상을 보이지는 않는다. 하지만 대부분의 탐구 형태에 공통적인 여러 과정들이 있음이 명확해졌으며 이를 '과학 과정기능'이라고도 한다. 또한 탐구란 과학자들의 자연세계에 대한 이해뿐 아니라 학생들이 과학적 아이디어를 개발하고 이해하는 행동 자체를 의미하기도 한다. 미국과학교사협회(NSTA, 2004)는 과학적 탐구를 학생들이 과학 내용을 이해하는 강력한 수단으로 보았다. 즉 학생들은 질문하는 방법과 그 질문에 답하기 위해 증거를 사용하는 방법을 배워야 하고, 과학적 탐구의 전략을 배워야 한다고 하였다. 이 과정에서 학생들은 여러 가지 자료로부터 증거를 수집하며, 데이터에서 설명을 발전시키고, 얻어진 결론에 대해 다른 사람과 의사소통하고 또 방어하기도 한다는 것이다. 한편, Mechling & Oliver(1983)는 탐구 학습의 필요성을 주장하면서, 탐구는 과학 교과를 학습할 때 뿐 만 아니라 일상생활에서 의미 있는

표 3
과학의 본성 표준

학년급	3~4	5~6	7~9
과학의 잠정적인 본성	<ul style="list-style-type: none"> 과학자들은 때때로 같은 현상에 대해 서로 다른 설명을 할 수도 있음을 안다. 서로 다른 설명이 나올 경우 새로운 관찰을 더 해서 보다 나은 설명을 찾는다는 것을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학지식은 항상 수정 및 보완의 대상임을 안다. 새로 발견된 사실이 기존의 이론이나 지식만으로는 설명할 수 없을 때 기존의 과학지식을 수정하거나 보완해야 함을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학이 발전함에 따라 새로운 증거가 나타남으로써 과학 지식이 수정 보완됨을 안다. 과학지식, 이론, 법칙 등은 절대적인 것이 아니고, 가변적임을 안다.
과학적 방법의 한계와 다양성	<ul style="list-style-type: none"> 과학 탐구를 할 수 있는 방법은 여러 가지가 있음을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학 탐구는 관찰, 수집, 분석, 실험 등 매우 다양한 방법을 통해 할 수 있음을 안다 실험이나 관찰 등을 통해 결과 확인이 가능한 질문을 할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 도덕, 윤리, 종교 등 과학적으로 설명하거나 탐구할 수 없는 것이 있음을 안다. 자연현상을 이해하기 위해 과학자들이 사용하는 방법은 매우 다양하며, 따라서 통일된 '과학적 방법'은 존재하지 않는다는 것을 안다.
관찰과 추론의 차이	<ul style="list-style-type: none"> 사실과의견의 차이를 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학자들은 때로는 자연을 관찰하여 과학지식을 얻고, 때로는 사고를 통해 과학지식을 얻는다는 것을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰과 추론의 차이를 안다.
과학 윤리와 책임감	<ul style="list-style-type: none"> 모든 생명을 존중해야 함을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학연구에서 정확하고 정직한 기록이 중요함을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 인간을 대상으로 하는 연구에서는 대상자들에게 그 연구에 따른 위험과 이익을 사전에 정확히 알리고 동의를 얻는 것이 중요함을 안다. 동물을 대상으로 하는 연구에서도 생명에 대한 윤리를 존중해서 특별한 주의를 기울여야 함을 안다.
과학적 상상력과 창의성	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 과학적 발견은 상상력에서 비롯되었음을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 같은 과학적 방법을 사용하거나, 같은 현상을 관찰해도 결과는 다를 수 있으며, 과학자의 창의성에 의해 다양한 결과가 나오게 됨을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학은 문제발견, 탐구의 방법, 자료의 해석과 결과도출 등의 모든 과정이 창의적인 활동임을 안다.
과학에 대한 역사적, 문화적, 사회적 영향		<ul style="list-style-type: none"> 다양한 나라, 문화, 사회의 사람들이 과학에 공헌해 왔음을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학연구의 과정과 결과도 역사적, 문화적, 사회적 영향을 받아서 달라질 수 있음을 안다.
과학과 기술의 상호관련성	<ul style="list-style-type: none"> 무엇인가를 만들기 위해서는 계획, 의견교환, 문제해결, 그리고 도구가 필요함을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 기술이 인간의 생활에 어떤 영향을 주었는지를 표현할 수 있다. 과학과 기술이 동일하지 않음을 안다. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학 지식과 관련된 기술이 인간의 생활에 어떻게 영향을 주었는지 예를 들어 설명할 수 있다. 과학과 기술이 상호 의존적이며 서로 발전의 동력이 되고 있음을 안다.

의사 결정을 하기 위해 반드시 필요한 도구이기 때문에 과학 탐구기능을 개발시켜야 한다고 설명하였다. 본 연구에서는 과학적 탐구 영역을 문제 제기과 가

설 형성, 탐구 계획의 수립, 탐구의 수행, 결론 도출 및 논증, 결과 사용 및 응용으로 구성하였다(표 4). 3-4학년군의 탐구는 주로 서술적 탐구 중심으로 구

표 4
과학적 탐구 표준

학년군		3-4	5-6	7-9
탐구				
관찰 및 측정		<ul style="list-style-type: none"> • 사물이나 현상을 오감을 이용하여 관찰하거나 간단한 도구를 이용하여 측정한다. (예, 소나무 잎은 바늘 모양이다. 떨어진 은행나무 잎은 노란색이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 사물이나 현상을 조작하여 나타나는 현상을 오감으로 관찰하거나 복잡한 도구를 이용하여 측정한다. (예, 화단에서 자란 강낭콩의 줄기의 길이는 20cm이고, 담 밑에서 자란 강낭콩은 12cm이다.) • 다양한 매체를 통하여 자연 현상을 간접적으로 관찰하거나 정보를 얻는다. (예, 인터넷이나 신문 기사를 읽는다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 사물이나 현상을 도구를 이용하여 반복적으로 측정하고, 측정값의 평균을 구한다. (예, 감자즙을 묻힌 거름종이가 떠오르는 데 걸리는 시간은 평균 11.23초이다.) • 다양한 매체를 통하여 자연 현상을 간접적으로 관찰하거나 정보를 얻는다. (예, 인터넷이나 신문 기사를 읽는다.)
	문제 발견 및 가설 형성	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰한 자연 현상에 대해서 서술적 문제를 제기한다. (예, 식물의 잎은 어떤 기준으로 분류할 수 있을까?) 	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰한 자연 현상이나 매체를 통해 얻은 과학 정보에 대해서 인과적인 문제를 제기한다. (예, 왜 화단에서 자란 강낭콩의 줄기가 담 밑에서 자란 것보다 더 길까?) 	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰한 자연 현상이나 매체를 통해 얻은 과학 정보에 대해서 인과적인 문제를 제기한다. (예, 왜 과산화수소수에 감자즙을 묻힌 거름종이를 넣으면 다시 떠오를까?)
가설 형성		<ul style="list-style-type: none"> • 눈에 보이는 구체적인 원인으로 사물이나 현상을 설명할 수 있는 가설을 만든다. (예, 화단에서 자란 강낭콩이 담 밑에서 자란 것보다 빛을 많이 받았기 때문에 줄기가 더 길다.) • 다양한 매체를 이용하여 제기한 문제에 대한 임시적인 답을 만든다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 눈에 보이지 않는 추상적인 원인으로 사물이나 현상을 설명할 수 있는 가설을 만든다. (예, 감자즙의 효소가 과산화수소수를 물과 산소로 분해하여 발생한 산소가 거름종이를 뜨게 했을 것이다.) • 다양한 매체를 이용하여 제기한 문제에 대한 임시적인 답을 만든다. 	
	변인 확인		<ul style="list-style-type: none"> • 가설에 포함된 조작변인과 종속변인을 구분하고 통제 변인을 확인한다. (예, 조작변인은 빛의 양이고 종속변인은 강낭콩이 자란 정도이다. 그리고 통제변인은 물의 양, 화분의 모양과 크기, 흙의 양 등이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 가설에 포함된 조작변인과 종속변인을 구분하고 통제 변인을 확인한다. (예, 조작변인은 과산화수소수의 농도이고 종속변인은 거름종이가 떠오르는 시간이다. 그리고 통제변인은 온도, 과산화수소수의 양, 비커의 크기 등이다.)
탐구 계획의 수립		<ul style="list-style-type: none"> • 발견한 문제를 해결하기 위한 탐구 계획을 수립한다. (예, 10종류 이상의 식물 잎을 모아서 돋보기를 이용하여 잎의 모양을 자세히 관찰하여 그림으로 그린다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 조작변인을 2단계로 구분하여 가설을 검증할 수 있는 탐구 방법을 설계한다. (예, 모양과 크기가 같은 화분 10개에 크기가 같은 강낭콩을 각각 심어서 준비한다. 이 중 5개에 빛이 차단된 공간에서 100와트 전등 3개를 비추어주어 기르고, 나머지 5개에는 빛이 차단된 다른 공간에서 10와트 전등 1개를 비추어주어 기른다. 단, 기타의 나머지 조건은 모두 같게 한다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 조작변인을 5단계 이상으로 구분하여 가설을 검증할 수 있는 탐구 방법을 설계한다. (예, 과산화수소수의 농도를 6단계, 즉 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%로 다르게 하여 같은 양을 크기가 같은 비커에 넣는다. 각각의 비커에 같은 크기의 거름종이를 감자즙에 묻혀서 넣고 떠오르는 시간을 5회 반복 측정한다.)
탐구 설계				

탐구 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 매체에서 탐구 설계에 필요한 정보를 얻어서 탐구 방법을 정교화한다. • 다양한 매체에서 정보를 얻어 가설을 검증할 수 있는 방법을 설계한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 매체에서 탐구 설계에 필요한 정보를 얻어서 탐구 방법을 정교화한다. • 다양한 매체에서 정보를 얻어 가설을 검증할 수 있는 방법을 설계한다. 	
결과 예상	<ul style="list-style-type: none"> • 설계한 탐구 방법에 따라 수행했을 때 얻게 될 결과를 예상한다. (예, 식물은 잎맥의 모양에 따라 분류될 것이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계한 탐구 방법에 따라 수행했을 때 얻게 될 결과를 예상한다. (예, 100와트 전등 3개를 비추어준 강낭콩이 10와트 전등 1개를 비추어준 강낭콩보다 많이 자랄 것이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계한 탐구 방법에 따라 수행했을 때 얻게 될 결과를 예상한다. (예, 농도가 25%인 과산화수소수에서 거름종이가 가장 빨리 떠오를 것이다.)
탐구 수행 및 기록	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 계획에 따라 탐구를 수행하고 그 결과를 기록한다. (예, A식물의 잎맥이 서로 평행한 모양으로 배열되어 있다. B식물의 잎맥은 그물 모양으로 서로 얽혀 있다. C식물의 잎맥은....., D식물의... ..) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 계획에 따라 탐구를 수행하고 그 결과를 기록한다. (예, 계획에 따라 실험을 수행하고 주기를 측정하여 기록한다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 계획에 따라 탐구를 수행하고 그 결과를 기록한다. (예, 계획에 따라 실험을 수행하고 떠오르는 시간을 측정하여 기록한다.)
자료 변환	<ul style="list-style-type: none"> • 기록한 자료를 탐구 목적에 따라 표로 변환한다. (예, 나란한 잎맥을 가진 나뭇잎 목록 작성, 그물모양 잎맥을 가진 나뭇잎 목록 작성) 	<ul style="list-style-type: none"> • 기록한 자료를 탐구 목적에 따라 표, 막대그래프 등으로 변환한다. (예, 100와트 전등 3개 조건과 10와트 전등 1개 조건에서 강낭콩이 자란 길이를 막대그래프로 나타낸다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 기록한 자료를 탐구 목적에 따라 표, 막대그래프, 선그래프 등으로 변환한다. (예, 과산화수소수의 농도에 따라 거름종이가 떠오르는 시간을 선그래프로 나타낸다.)
결론 도출 및 논증	<ul style="list-style-type: none"> • 사물이나 현상의 관찰 결과에서 규칙성을 찾는다. (예, A, C, D, E, F, K식물의 잎맥은 나란하다. 그리고 B, G, H, J식물의 잎맥은 그물모양이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 예상한 결과와 탐구의 수행으로 얻은 결과를 비교하여 탐구 결과가 가설을 지지하는지 진술한다. (예, 예상과 같이 100와트 전등 3개 조건의 강낭콩이 10와트 전등 1개 조건의 강낭콩보다 많이 자랐다. 따라서 이 실험 결과는 가설을 지지한다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 예상한 결과와 탐구의 수행으로 얻은 결과를 비교하여 탐구 결과가 가설을 지지하는지 진술한다. (예, 예상과 같이 농도가 25%인 과산화수소수에서 거름종이가 가장 빨리 떠올랐기 때문에 이 실험 결과는 가설을 지지한다.)
논증	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 결과 발표, 설득, 수용 등의 논의 과정을 통해서 탐구 과정 및 결론의 타당성과 신뢰도를 판단한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 결과 발표, 설득, 수용 등의 논의 과정을 통해서 탐구 과정 및 결론의 타당성과 신뢰도를 판단한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 결과 발표, 설득, 수용 등의 논의 과정을 통해서 탐구 과정 및 결론의 타당성과 신뢰도를 판단한다. • 다양한 매체를 활용하여 탐구 결론을 지지하는 사례나 반증하는 사례를 탐색한다.
결과 사용 및 응용	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 규칙성에 근거하여 새로운 현상을 예상한다. (예, 다른 나뭇잎들도 잎맥에 따라 분류할 수 있을 것이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 결론을 근거로 새로운 현상을 설명한다. (예, 비 오는 날이 많은 여름에 농작물의 수확량이 감소하는 것은 식물이 충분한 양의 빛을 받지 못했기 때문이다.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 결론을 근거로 새로운 현상을 설명한다. (예, 과산화수소수를 상처가 난 피부에 바르면 거품이 나는 것은 혈액에 과산화수소에 반응하는 효소가 들어 있기 때문이다.)
응용	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 규칙성을 다른 상황에 응용한다. (예, 10가지 이외의 나뭇잎을 잎맥에 따라 분류하자.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 결론을 다른 상황에 응용한다. (예, 식물을 빠르게 성장시키는 방법을 고안해보자.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구를 통해 얻은 결론을 다른 상황에 응용한다. (예, 거름종이가 떠오르는 시간을 변화시킬 수 있는 과산화수소수 농도 이외의 다른 요인을 생각하여 탐구를 수행하자.)

성하고, 5-6 학년군은 이전 학년군의 서술적 탐구에 인과적 탐구를 포함하되 눈으로 관찰 가능한 구체적인 원인으로 설명 가능한 탐구 문제 중심으로 탐구 내용을 구성하였다. 7-9 학년군의 탐구는 이전 학년군의 모든 탐구 유형을 포함하여 눈에 보이지 않는 추상적 원인이 포함된 인과적 탐구도 허용하였다.

3) 과학적 창의성(Scientific Creativity)

초기의 창의성은 특정 과제와 무관한 일반적 창의성을 가정하였지만, 많은 연구들은 창의성이 영역에 따라 다를 수 있음을 지적하고 있다. Gardner(1983)의 다중지능 이론에 의하면, 지적 능력은 다양한 하부 능력(논리 수학적 지능, 공간적 지능, 운동 감각 지능, 대인관계 지능, 예술 지능 등)의 조합으로 이루어져 있어, 사람 개인에 따라 논리 수학적 지능이 높지만 대인관계가 지능이 낮거나, 예술 지능이 높지만 운동 감각 지능이 낮을 수 있다고 보고 있다. 이러한 면에서 과학교육에서는 일반적 창의성보다는 과학적 창의성을 강조할 필요가 있다. 이때 과학적 창의성은 특정 과학 지식을 사용하거나, 특정 탐구과정 중에 창의적 사고가 발현되는 것을 의미한다.

과학적 창의성을 과학교육 내용표준에서 특별히 논의할 필요가 있는 이유는 과학의 본성 자체가 창의성을 내포하고 있기 때문이다(박종원, 2011). 즉 과학의 본성을 정의할 때, '과학 활동은 창의적인 사고를 필요로 한다.'라는 언명이 포함되기 마련이다. 이러한 점에서 과학교육에서 창의성을 강조하는 것은 과학학습을 보다 참답게(authentic) 일어나도록 하는 역할을 한다.

과학교육에서 창의성을 강조할 때 다음 두 가지 가정을 생각해 볼 수 있다.

가정 1: 과학적 창의성은 일반 학생들도 발현할 수 있다.

가정 2: 과학적 창의성은 교육을 통해 길러질 수 있다.

가정 1과 관련하여, 연구들은 창의성이 일반인들에게도 나타날 수 있는 사고유형이라고 강조하고 있다(Nicholls, 1972; Richards *et al.*, 1988). Richards(2007)는 창의성을 특별한 사람만이 할 수 있는 특별한 능력이라기보다는 보통 사람들도 할 수 있는 하나의 '습관'이나 '인지양식(cognitive style)

또는 성향(disposition)'으로 본다. 실제로 과학자의 연구결과를 보면, 연구결과 자체는 매우 독창적이고 매우 창의적일 수 있으나, 그러한 창의적 산출물을 얻기까지의 사고과정을 보면 일반적 사고과정의 조합으로 볼 수 있다는 관점이 있다(Weisberg, 2006).

가정 2와 관련해서, 많은 연구자들은 창의성 개발 프로그램을 적용하여 그 결과가 효과적이었음을 보고해 왔다. Torrance(1987)는 1972년에 9개 창의성 프로그램을 적용한 총 142개 연구를 분석하여 창의성 지도 성공률이 평균 72%이었고, 이후 1983년도에는 13개 프로그램을 적용한 총 166개의 연구를 분석하여 창의성 지도 성공률이 68%라고 발표한 바 있다. Rose & Lin(1984)의 메타분석에서도 프로그램마다 다르지만, Osborne-Parnes의 CPS 프로그램의 경우에는(Osborn, 1963; Noller *et al.*, 1976; Parnes *et al.*, 1977) 프로그램의 효과를 설명할 수 있는 설명변량이 40%로 높은 편이라고 보고하였다. 이러한 점에서 창의성은 연습과 훈련을 통해 개발될 수 있는 능력이라고 보는 것이 타당하다. 즉 과학적 창의성이 과학 교육 과정 속에서 일반 학생들을 대상으로 지도될 수 있고, 또 적절하게 지도되었을 때 학생의 과학적 창의성이 길러질 수 있다는 것이다. 본 연구에서는 과학적 창의성은 특정과학 지식을 사용하거나, 특정 탐구 과정 중에 창의적 사고가 발현되는 것을 의미하였다. 그리하여 과학적 창의성은 중심활동의 특징, 창의요소의 포함정도, 그리고 과학지식 및 과학탐구기능의 포함도에 따라 다음 표 5와 같이 과학적 창의성 표준을 학년군별로 제시하였다(박종원, 2011; Park, 2012).

4) 과학 핵심내용지식(Disciplinary Core Ideas)

본 연구에서는 과학 핵심내용지식을 물리, 화학, 생명과학, 지구과학, 공학의 다섯 영역으로 구성하였다(표 6, 표 7). 각 영역의 과학 핵심내용지식 표준은 다음과 같은 과정을 걸쳐 개발되었다.

첫째, 문헌·이론 연구와 면담 결과에 기초하여 내용지식의 기초 자료 분석틀을 구성하였다. 국내외 관련 선행 연구논문과 과학과 교육과정 및 과학교육 내용표준 중 관련 분야를 분석하고, 그 결과를 내용지식의 기초 자료 분석틀을 구성하는 기초 자료로 활용하였다. 다른 한편으로는 전공내용 전문가, 과학교육자, 과학교사 등을 대상으로 전화 면담 또는 심층 면담을 진행하여 과학 핵심내용 지식의 기초 자료 분석틀을

표 5
과학적 창의성 표준

학년군		3-4	5-6	7-9
창의성 내용		연습 (Practice)	과정 (Process)	산출물 (Product)
중심 활동		<ul style="list-style-type: none"> 창의적 활동에 대한 구체적인 예시가 제시되면, 학생들은 그에 따라 연습해 보면서 창의성 활동을 즐기고, 창의성 활동에 익숙해질 수 있도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 창의과제가 주어졌을 때, 어떻게 창의적으로 사고하면 되는지에 대한 다양한 사고방법을 익히도록 한다: (예) 브레인스토밍, 반대로 생각하기, SCAMPER, mind map, 유사성과 차이점 찾기 등 	<ul style="list-style-type: none"> 창의성 활동을 통해 자신만의 창의적인 결과물을 만들고, 이들을 모아 포트폴리오가 되도록 한다. 결과물의 유형은 다음과 같이 다양할 수 있다: (예) 아이디어 북, 설계도, 탐구보고서, 결과물 사진 찍기, 설계도, 만들기, 발명하기, 자신만의 Q&A 등
창의 요소		1~2개	2~3개	3~4개
		<ul style="list-style-type: none"> 1~2개 정도의 과학 창의 요소를 연습해 볼 수 있도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 2~3개 정도의 과학 창의 요소가 포함되어 있으며, 어떻게 창의적인 사고를 하는지에 대해 익숙해지도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 3~4개 정도의 과학 창의 요소를 활용하며, 요소들 간에 유기적인 연결을 강조한다(예: 유창성을 발휘하면서 정합성 고려하기)
과학지식 및 과학탐구기능		상황(Context) 수준	사용(Usage) 수준	적용(Application) 수준
		<ul style="list-style-type: none"> 과학적 상황이 제시되고, 그러한 과학적 상황에서 창의 활동을 하도록 한다. 과학적 상황이란, 과학현상(예: 무지개)이나 과학적 소재(예: 볼록렌즈)가 포함된 상황을 의미하며, 간단한 과학실험 상황(예: 온도 측정하기)도 이에 해당된다. 	<ul style="list-style-type: none"> 창의과제를 수행할 때, 과학지식(용어, 기호, 개념 등)이 포함되어 있거나 사용하도록 한다. 또는 탐구기능(예: 관찰, 탐구문제 인식 등)을 수행하는 과정에서 창의적 사고(예: 창의적 관찰하기 등)를 하도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 상황 속에서 과학지식을 적극 활용하여 창의과제를 수행하도록 한다. 또는 창의적 사고를 이용하여 보다 창의적인 탐구과정이 수행될 수 있도록 한다.
유창성		<ul style="list-style-type: none"> 아이디어의 수를 의미한다. 따라서 가능하면 많은 아이디어를 제안하도록 격려한다. 많은 아이디어를 제안할 때, 과학지식이나 과학적 탐구기능을 활용하도록 격려할 수도 있고, 제안된 아이디어들이 과학적으로 근거 있고, 타당한 것인지를 탐색해 볼 필요도 있다. 		
융통성		<ul style="list-style-type: none"> 다양한 종류의 아이디어를 의미한다. 다양성의 기준은 과제 상황에 따라 다를 수 있다. 간단하게는 과학지식과 탐구기능을 포함한 경우와 그렇지 않은 경우로 아이디어의 종류를 구별할 수도 있다. 이때 활용된 과학지식이나 탐구기능의 종류에 따라 아이디어의 종류를 더 세부적으로 나눌 수도 있다. 		
창의 요소의 조작적 정의	상상력	<ul style="list-style-type: none"> 자유로운 상상의 세계를 그리는 경우를 의미한다. 상상의 세계에서 과학지식과 탐구기능이 포함되도록 격려하거나, 과학적으로 어느 정도 타당하고 근거가 있는지를 고려하도록 할 필요가 있다. 그러나 과학지식이나 탐구기능에 의해 상상력이 제한받지 않도록 유의한다. 		
	비관습적 사고	<ul style="list-style-type: none"> 일상적인 사고와 다른 사고를 의미한다. 예를 들면, '반대로 생각하기', '조건 바꾸어 생각하기', '일반적인 구조 바꾸기', '가상의 세계 가정하기', '법칙 다르게 정의하기' 등이 포함될 수 있다. 비관습적인 사고라도 어느 정도로 과학적인 근거를 가지고 있는가를 함께 고려할 필요도 있다. 		
	정합성	<ul style="list-style-type: none"> 아이디어가 나름대로 일관되거나 합리적이며, 근거가 있는 것을 의미한다. 과학적으로 타당한 아이디어인가를 점검할 수도 있다. 그러나 이것이 아이디어의 제안에 방해가 되지 않도록 한다. 유창성 등에서 과학적으로 근거있는 아이디어를 격려할 필요가 있다고 한 경우는, 유창성을 발휘할 때 정합성을 함께 요구한 경우이다. 		

통합성	<ul style="list-style-type: none"> 아이디어를 모아 하나의 구조물로 구조화할 때, 얼마나 많은 아이디어가 모여 구조화되었는지를 의미한다. 예를 들면, 마인드맵이나 개념도를 그릴 때, 하나의 마인드맵이나 개념도에 포함된 개념의 수가 통합성에 해당된다. 또는 발명품을 고안할 때, 하나의 발명품에 얼마나 많은 기능이 포함되어 있는가도 통합성에 해당된다. 개별 아이디어의 수보다는 모아서 구조화된 아이디어의 수를 강조한다는 점에서 유창성과 다르다. 	
단순성	<ul style="list-style-type: none"> 많은, 다양한 아이디어를 모으되, 얼마나 질서있고 단순한 구조로 모았는지를 의미한다. 예를 들면, 아이디어를 나름대로 정리하거나(예: 번호매기기, 분류하기 등), 다른 단순한 형태로 나타내거나(예: 표, 그래프, 기호, 도형 등), 수식이나 모형 또는 모델로 나타낸 경우가 이에 해당된다. 	
창의 요소의 조작적 정의	<ul style="list-style-type: none"> 서로 달라 보이는 두 아이디어 (또는 개념 등)를 서로 연결짓는 것을 의미한다. 겉보기 유사성에 의해 연결지을 수도 있고, 겉으로 전혀 상관없어 보이는 것들도 연결지을 수 있다. 이때, 추상적인 속성이나 과학적인 특성에 따라서도 연결 지어 보도록 격려한다. 	
독창성	<ul style="list-style-type: none"> 남들이 미처 생각하지 못한 아이디어를 의미한다. 독창성의 기준은 5%로 정할 수도 있다. 즉 100명 중 5명만이 어떤 아이디어를 제안했다면 그 아이디어는 독창적이라고 할 수 있다. 그러나 5% 기준은 상황에 따라 변할 수 있다. 예를 들면, 선발의 경우에는 독창성 기준을 3%로 줄일 수도 있고, 교육적으로 격려하기 위한 것이라면 10~20%로 늘릴 수도 있다. 	
정교성	<ul style="list-style-type: none"> 아이디어를 얼마나 구체적이고 자세하게 제시하는 가를 의미한다. 이를 위해서는 말이나 글뿐 아니라, 그림이나 기호, 수식 등을 사용하여 보다 구체적이고 정교하게 표현할 수도 있고, 구체적인 예를 들 수도 있다. 	
가치	<ul style="list-style-type: none"> 제안된 새로운 아이디어나 산출물이 얼마나 자연과 인간에게 도움을 줄 수 있는지, 특정 문제를 해결하는데 도움이 되는지, 또는 윤리적인 문제가 없는지 등을 의미한다. 	
사고 중심 활동	<ul style="list-style-type: none"> 과학적으로 다양한 용도 제안하기 비일상적 상황에서 과학적 예측하기 과학적 상황에서 “만일 ... 이라면 ...” 게임하기 과학적인 소재로 상상의 세계 그려보기 창의적으로 모순 인식하기 창의적으로 과학 개념도 그리기 여러 가지 그림/상황/데이터로 창의적 이야기 만들기 창의적으로 과학개념 연결시키기 과학이론과 현상 창의적으로 연결하기 창의적으로 비유 제안하기 	
활동 유형	탐구 중심 활동	<ul style="list-style-type: none"> 창의적으로 과학적 관찰하기 창의적으로 숨겨진 과학적 규칙성 찾기 창의적으로 과학적 탐구 문제 제안하기 창의적으로 과학적 가설 제안하기 창의적으로 과학적 실험 설계/개선하기 창의적으로 측정방법 고안하기 창의적으로 과학적 실험 결과 해석하기 창의적으로 탐구결과 발표자료 만들기
지식 중심 활동	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 과학적 아이디어/산출물에 이름 붙이기/기호 만들기 과학개념 바꾸어 생각하기 과학적 설명에서 부족한 부분 찾기 과학적 아이디어/개념/설명을 시각화하기 과학적 삽화/내용/설명 창의적으로 요약하기 창의적으로 과학문제를 다양하게 해결하기 창의적으로 과학문제를 다양하게 해결하기-다양한 해 찾기 실험결과를 새로운 상황에 적용/활용하기 메타인지를 이용하여 개념을 반추적으로 이해하기 	

표 6

과학 핵심 내용 지식 표준: 물리, 화학, 생명과학, 지구과학

학년군		3-4	5-6	7-9
지식 내용				
물리	힘과 운동	• 물체의 속력	• 무게	• 힘과 운동 • 일과 에너지
	전기와 자기	• 자석의 성질	• 전기 회로 • 자기 현상 관찰	• 전기 • 전자기
	빛과 파동	• 소리	• 빛의 전달	• 빛의 성질 • 파동과 소리
	열		• 열의 이동	• 열에너지
	생활과 물리	• 편리한 도구	• 우리 주변의 에너지	• 에너지의 올바른 사용 • 생활과 물리학의 상호작용
화학	물질의 특성	• 물체와 물질 • 혼합물 분리 • 상태 변화	• 용해와 용액 • 산과 염기 • 여러 가지 기체 • 연소와 소화	• 분자운동 • 물질의 특성 • 혼합물 분리
	물질의 반응		• 산과 염기 • 여러 가지 기체 • 연소와 소화	• 화학 반응에서의 규칙성 • 여러 가지 화학 반응
	물질의 구조			• 물질의 상태 변화 • 물질의 구성
	조직적 구조	• 개체의 형태 • 분류/생태계의 구조	• 조직과 기관의 구조와 기능	• 세포의 구조와 기능 • 조직과 기관의 구조와 기능 • 분류/생태계의 구조
생명과학	물질대사와 에너지 이용	• 생태계에서 일어나는 물질의 순환과 에너지의 흐름	• 조직과 기관 수준에서 일어나는 물질대사와 에너지 이용	• 조직과 기관 수준에서 일어나는 물질대사와 에너지 이용 • 생태계에서 일어나는 물질의 순환과 에너지의 흐름
	환경에 대한 반응과 항상성	• 개체의 환경에 대한 반응	• 조직과 기관 수준의 자극에 대한 반응	• 조직과 기관 수준의 자극에 대한 반응 • 군집의 환경에 대한 반응
	생식과 성장	• 개체 수준의 생식과 발생 및 성장	• 조직과 기관 수준의 생식과 발생 및 성장	• 조직과 기관 수준의 생식과 발생 및 성장
	유전과 진화	• 개체 수준의 유전과 진화		• 개체 수준의 유전과 진화 • 다양한 생물들의 진화와 진화 메커니즘
지구과학	지구시스템의 구조	• 암석 관찰	• 지구시스템 소개	• 지구환경과 생물 • 대기와 해양 • 지각과 지구내부
	지구시스템의 상호작용	• 날씨와 생활 • 지표의 변화	• 계절의 변화	• 지구의 에너지와 기후변화 • 대기와 해양의 순환 • 암석의 순환 • 판구조론
	지구의 역사		• 지층과 화석	• 지구의 탄생 • 지질시대
	우주	• 달 관찰	• 별자리 찾기 • 태양계 가족	• 관측과 우주탐사 • 태양계 • 별과 은하 • 우주

표 7 과학 핵심 내용 지식 표준: 과학교육에서의 공학적 접근

학년군		3-4	5-6	7-9
내용영역	제품, 제조과정 및 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 일상생활에서 마주치는 제품은? 	<ul style="list-style-type: none"> 설계자들은 어떻게 새로운 제품을 생각해 낼까? 왜 새로운 제품들이 개발되어지는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술시스템에서 제품과 제조과정은 어떻게 상호작용하는가? 왜 새로운 제품과 제조과정이 개발되는가?
	기술의 본성	<ul style="list-style-type: none"> 왜 인간은 물건을 만드나? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술은 무엇인가? 기술은 어떻게 만들어지나? 	<ul style="list-style-type: none"> 왜 기술은 만들어지는가? 기술은 어떻게 사회와 상호작용하는가?
인간이 만든 것	공학의 본성	<ul style="list-style-type: none"> 인간은 어떻게 물건을 만드나? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술과 공학의 차이는 무엇인가? 공학이 필요한 이유는? 	<ul style="list-style-type: none"> 공학과 과학의 차이는 무엇인가? 제품의 성능은 어떻게 표현되는가?
	재료와 공구 및 기계의 사용	<ul style="list-style-type: none"> 공구란? 기계란? 인공재료란? 다른 재료들은 어떻게 사용될 수 있나? 공구나 기계사용을 위한 안전 수칙은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 재료들을 변화시키기 위해 공구들이 어떻게 사용되는가? 공구들의 다른 사용은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 공구들은 어떻게 개선되는가? 공학에서 제품을 설계하기 위해 어떻게 재료를 선택하는가? 재료의 성질을 어떻게 바꿀 수 있는가?
공학 설계	소통과 팀워크	<ul style="list-style-type: none"> 뜻을 전달하는 방법과 수단은? 팀을 이뤄 작업하는 것이 좋은 것인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 팀원으로서의 필요한 자세는 무엇인가? 오해를 줄일 수 있는 방법은? 바람직한 토론 자세는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 설계에 있어 어떤 문서나 그림이 필요할까? 조직과 팀원은 어떻게 구성하는 것이 좋은가? 팀내 갈등을 해소하는 방법은?
	기술적 문제 정의와 연구	<ul style="list-style-type: none"> 문제를 해결하기 위해 사람들은 무엇을 할 수 있나? 	<ul style="list-style-type: none"> 문제가 해결되기 위해서는 어떻게 기술되어야 하는가? 유사한 문제들을 다른 사람들은 어떻게 풀었는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 성공을 위한 조건은 무엇인가? 제약은 무엇인가? 어떤 과학적 원리, 법칙, 이론들이 관련이 있는가? 다른 기술적 문제를 풀기위해 어떤 종류의 지식이 필요한가?
기술 시스템	창의적 문제해결 과정과 평가	<ul style="list-style-type: none"> 문제를 풀기 위한 다른 방법들은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 다른 해결안들은 어떻게 명확하게 표현되었는가? 어떻게 최상의 해결안이 선정될 수 있는가? 어떻게 다른 아이디어들을 결합할 수 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 사람들은 다양한 해결안을 개발하기 위해 어떻게 여럿이 같이 작업하며 또한 여러 해결안들로부터 하나의 가능한 해결안을 도출하는가? 어떻게 다른 해결안들을 비교하고 테스트 하는가?
	타협안과 최적화	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 것이 다른 그 어떤 것보다 낫다고 할 수 있는 근거는? 	<ul style="list-style-type: none"> 어떻게 설계문제는 수학문제와 다른가? 	<ul style="list-style-type: none"> 어떻게 최상의 가능한 설계가 결정될 수 있는가?
기술 시스템	기술시스템의 정의와 모델링	<ul style="list-style-type: none"> 한 제품을 만드는데 사용된 부품들은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 물건들이 서로 결합되는 보이기 위함 그림이 어떻게 사용되는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템들은 자신보다 큰 또는 작은 시스템들과 어떻게 연관되는가? 시스템들은 다른 시스템들과 어떻게 상호작용하는가?

기술시스템의 수명과 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> • 물건들은 무엇으로 만들어졌는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 물건들은 왜 유지보수 되어야 하는가? • 물건이 고장이 나면 어떻게 고쳐지는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 수명분석이란 무엇인가? • 설계자가 보다 나은 제품을 만들기 위해 어떻게 수명분석이 도울 수 있는가?
제어와 피드백	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템이란 무엇인가? • 제어와 피드백은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 왜 제어가 필요한가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 수동제어와 자동제어는 어떻게 다른가? • 피드백과 제어 메커니즘은 무엇을 위해 사용되는가?
기술, 공학의 사회와 상관관계	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이 인간의 삶의 방식을 어떻게 변화시키나? • 공학적 사고란 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 기술의 가능한 문제점들은 무엇인가? • 왜 기술은 변화하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 왜 기술은 한 지역으로부터 다른 지역이 가지각색인가? • 공학적 사고와 사회와의 상관관계는?
공학, 기술과 사회	<ul style="list-style-type: none"> • 기술은 우리들 주변의 세상에 어떻게 영향을 주는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 기술에 대한 설계 과정에서 타협이 어떻게 환경에 영향을 줄 수 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 왜 기술은 한 지역으로부터 다른 지역이 가지각색인가?
기술과 사회가 관련된 이슈에 대한 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 어떻게 몇몇 기술은 유해할 수가 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 사람들이 사용하는 기술이 다른 사람들에게 유해한지 아닌지를 어떻게 결정할 수 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 가능한 기술적인 결정을 고려할 때 무엇을 염두에 두어야 하는가?

제시하였다.

둘째, 내용지식이 기초 자료 분석틀에 따라 국내외 과학과 교육과정 및 과학교육 내용표준을 재배치, 재구성하여, 기초 자료 분석틀에 대한 타당성을 조사하고, 기초 자료 분석틀을 수정·보완하였다.

셋째, 수정된 기초 자료 분석틀을 관련 전공내용 전문가, 과학교육자, 과학교사 등을 대상으로 한 전문가의 자문 및 검토 의견의 결과에 근거하여 과학 핵심내용지식의 표준 초안을 개발하였다. 국내외 과학교육 교육과정 및 교육표준의 예는, 우리나라 과학과교육과정, 일본, 영국, 싱가포르, 핀란드 등의 과학교육과정 자료, 미국 NSES(NRC, 1996), 과학교육틀(NRC, 2011), 워싱턴 주, 버몬트 주, 캘리포니아 주, 매사추세츠 주, 위스콘신 주 등의 과학교육 표준 자료 등이 포함된다. 면담 대상자의 예는 화학 관련 내용의 경우, 화학자(물리화학, 유기화학, 분석화학, 분석화학, 생화학 전공자), 화학교육자, 화학교사 등이었다.

넷째, 개발된 물리, 화학, 생명과학, 지구과학, 공학의 내용표준(안)은 전문가 자문 및 검토 의견에 따라 수정 보완하여, 과학 핵심내용지식의 내용표준으로 제시되었다.

3. 성취(Performance or attainment)

본 연구에서는 내용표준을 통해 도달해야 하는 성취의 수준을 학습자가 경험하는 과제 상황 속의 과학적 문제해결 과정에서 나타날 수 있는 행위와 참여 정도의 수준으로서 제시하고자 하였다. 상황학습론에서는 교실공간에서 이루어지는 학습이라는 거대한 결과물이 학습자 개개인의 참여를 통해 이루어지는 전체의 덩어리로서 의미를 지닌다고 보고 있다. 상황학습론의 관점에서 볼 때, 아는 것(knowing)은 한 상황에서 대상 또는 다른 사람과 상호 작용하는 능력이며, 학습은 그 상황 활동에 참여함으로 이루어진다(박동섭, 2009). 이러한 관점에서 본 연구에서는 성취의 수준을 학습자의 학습 상황에서의 행위의 수준과 학습 참여 동기의 수준을 나타낼 수 있는 용어로 표현하고자 하였다.

학습 상황이 주어지면 학습자는 ‘수용’의 과정을 통해 과제를 받아들일 수 있게 된다. 제시된 상황에서 주어진 과제를 실행하는 상태를 수용이라고 할 수 있다. 이 과정에서 과제에 대한 참여 동기가 적절히 생긴다면 학습자는 과제에서 주어진 상황을 이해하여 자신에게

필요한 상황으로 재정리할 수 있다. 이러한 참여 동기의 수준에 따라 학습자의 성취 수준은 '수동적 수용'과 '능동적 수용'으로 표현될 수 있다. '수동적 수용' 수준에서 학습자는 상황 속에서 학습된 과제를 기억하고 수행할 수 있다. 주어진 과제를 수행하기 위하여 지식을 암기하고 단순히 기억된 지식을 인출하여 재생하고 실행할 수 있는 단계를 말한다. 인출이란 자신의 기억에서 지식을 활성화하고 전이하는 것이다(Marzano, 2001). 블룸의 분류에서의 '지식' 단계와 유사하지만 블룸의 분류가 인출의 결과물인 '지식'에 주목한데 반해 '수동적 수용'은 지식의 인출 과정을 의미한다. '능동적 수용' 수준에서 학습자는 상황 속에서 학습된 과제를 종합적으로 이해하여 행할 수 있다. 주어진 과제를 수행하기 위하여 능동적으로 과제에 참여하여 과제의 수준과 목표에 맞게 다양한 정보를 종합하여 이해할 수 있다. 또한 표상을 통하여 지식의 상징화를 시키고 반대로 상징화된 기호나 그래프로부터 지식을 얻어내기도 한다. 블룸의 분류에서의 '이해' 단계와 유사하지만 '능동적 수용'은 학습자의 참여에 주목하고 있다.

과제를 수용하게 된 학습자는 주어진 상황 속에서 문제를 해결해 가는 과정을 거치게 된다. 이 때 주어진 과제를 해결해 나가는 과정을 적용이다. 이 과정에서 과제에 대한 참여 동기가 충분하다면 학습자는 주어진 상황에서의 문제해결 뿐만 아니라 새로운 상황을 떠올려 스스로 문제를 고안하고 해결하려고 할 것이다. 상황학습론에서 학습은 본질적으로 상황화된(situated)것으로 여겨지며 학습자는 능동적으로 상황을 확장시키기도 한다. 문제 해결에 대한 학습자의 참여 동기와 주어진 과제 상황의 수준에 따라 학습자의 성취 수준은 '수동적 적용'과 '능동적 적용'으로 표현될 수 있다. '수동적 적용' 수준에서 학습자는 학습된 상황 또는 유사한 상황의 과제에서 문제 해결을 할 수 있다. 주어진 과제를 수행하기 위하여 한정된 상황 속에서 정보를 분류, 분석, 일반화시켜 문제해결을 위한 의사결정에 활용할 수 있다. 학생들은 한 상황에서 획득한 지식이나 기능을 하나의 학습 상황에서 다른 학습 상황으로 또는 학습 상황에서 일상생활 상황으로 적용할 수 있다. 그리고 그 역으로도 학습된 지식과 기능을 사용하는 것으로 볼 수 있는데 이 수준에서는 매우 제한된 상황에서만 문제 해결이 가능하다. 학습전이에 대응을 해 보면, '수동적 적용' 수준

은 학습자가 주어진 과제에 대해서만 제한적으로 참여하는 학습전이가 이루어진다고 볼 수 있다. '능동적 적용' 수준에서 학습자는 학습된 상황을 뛰어넘어 새로운 상황에서 문제 해결을 할 수 있다. 주어진 과제의 수행에만 급급하지 않고 새로운 상황을 스스로 제안하기도 하여 문제를 고안하여 해결할 수 있다. 학습자에게 새로운 과제가 주어진다면, 학습자는 새로운 과제에 참여할지 말지를, 또는 참여한다면 어느 정도로 참여할지 의사결정을 하게 될 것이다. 이러한 의사결정과 후속 행위의 수준은 자기체제, 메타인지체제, 인지체제의 상호작용에 의해 결정된다(Marzano, 2001). 자기체제는 새로운 과제수행의 적당함을 판단하는데 활용되어 있는데 어떤 과제가 중요하고 성공할 확률이 높으며 긍정적인 효과가 기대된다면 새로운 과제를 수행하려는 동기가 형성된다(Ajzen, 1985). 새로운 과제가 선택되면, 메타인지 체제가 실행되어 주어진 목표를 성취하기 위한 전략을 설계하게 된다(Sternberg, 1977). 과제의 수행 과정을 통해 메타인지 체제는 인지체제와 지속적으로 상호작용을 하여 정보를 처리한다. 이러한 체제의 실행 정도에 따라 과제에 대한 동기 부여와 참여의 수준이 정해진다. 이 점에서 자기체제와 메타인지 체제의 작동 모델은 '능동적 적용' 수준을 이해하는데 좋은 예시가 된다.

따라서 본 연구에서는 위와 같이 성취의 수준을 학습상황 속에서 학습자의 참여 정도와 학습이 이루어지는 과정에서 행위로 분류하여 수동적 수용, 능동적 수용, 수동적 적용, 능동적 적용으로 제시하였다(표 8).

V. 과학교육 내용표준의 활용방안 및 향후 과제

본 연구에서 추진한 과학교육 내용표준의 개발 방향은 상황의 중요성 도입, 창의성 개발을 위한 내용의 포함, 그리고 과학과 공학의 실행의 세 가지로 정리할 수 있다. 과학교육 내용표준의 구조는 상황, 내용, 성취로 이어지는 기본 구조에 내용에는 핵심내용지식 외에 과학의 본성, 과학적 탐구, 과학적 창의성을 포함하였다. 이는 과학적 소양의 함양이라는 과학교육의 목표를 포함하여 과학교육의 주요 맥락을 모두 아우르는 동시에 과학-공학의 실행, 과학의 적용, 교차적 개념의 도입 등 과학교육의 최신동향도 반영하고 있다고 할 수 있다(NRC, 2011). 향후 과학교육표준과

표 8
성취 표준

성취 유형	정의	의미
수동적 수용	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 상황 내에서 학습 과제를 기억하는 것 	주어진 과제를 수행하기 위하여 지식을 암기하고 단순히 기억된 지식을 인출하여 재생하고 실행할 수 있는 수준을 말한다.
능동적 수용	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 상황 내에서 학습 과제를 종합적으로 이해하는 것 	주어진 과제를 수행하기 위하여 능동적으로 과제에 참여하여 과제의 수준과 목표에 맞게 다양한 정보를 종합하여 이해하거나 표상을 통하여 지식의 상징화를 시키고 반대로 상징화된 기호나 그래프로부터 지식을 얻어내기도 한다.
수동적 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 학습된 상황 또는 유사한 상황의 과제에서 문제 해결하는 것 	한정된 상황 속에서 정보를 분류, 분석, 일반화시켜 문제를 해결하는 것으로 매우 제한된 상황에서 학습전이 이루어진다.
능동적 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 학습된 상황을 뛰어넘어 새로운 상황에서 문제 해결하는 것 	주어진 문제 해결에만 급급하지 않고 새로운 상황에서 문제를 고안하여 해결하는 것을 포함한다. 학습자에게 새로운 과제가 주어진다면, 학습자는 새로운 과제에 참여할지 말지를, 또는 참여한다면 어느 정도로 참여할지 의사결정을 하게 될 수도 있다. 이러한 의사결정과 후속 행위의 수준은 자기체제, 메타인지체제, 인지체제의 상호작용에 의해 결정된다.

관련해서 지속적인 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구에서는 고등학교 과정을 다루지 않았으므로 이에 대해서도 추가적인 연구가 지속되어야 할 뿐만 아니라, 교수학습 표준, 평가 표준, 교사의 전문성 개발 표준, 프로그램 표준 등과 같은 다양한 영역의 표준 연구가 이루어져야겠다. 왜냐하면, 교육 표준은 과학교육의 수준 높은 학생들의 성취, 효율적인 학습을 위한 교사의 전문성 개발, 과학교수학습 및 평가를 위한 근거, 효율적인 교육 프로그램 및 교육체제 등과 같은 과학교육 전반에 대한 이상 및 지향점을 제시하기 때문이다.

끝으로 본 연구에서 개발한 초등학교와 중학교 과학교육 내용표준의 활용방안에 대하여 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 과학교육 내용표준은 다양하고 유연한 교육 과정을 운영하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다. 과학교육 내용표준은 특정한 하나의 교육과정 이 아니며, 내용표준에 담겨진 내용들은 중요도와 관점을 달리하여 여러 가지 서로 다른 교육과정으로 조직되고 제시될 수 있다. 따라서 과학교육 내용표준은 학교문화와 학습자를 고려한 다양하고 적합한 과학과 교육과정을 설계하는데 지침으로 활용할 수 있을 것이다.

둘째, 과학교육 내용표준은 개인의 경쟁력과 과학적 소양을 갖추기 위해 학생들이 학년급별로 무엇을 알아야 하며, 무엇을 이해해야 하고, 무엇을 할 수 있

는가에 대한 기준을 포함한다. 과학교육 내용표준은 특정한 교육과정을 별도로 요구하지는 않지만, 어떤 특정한 활동이 그 교과에서 목적으로 하는 소양을 갖춘 인간 및 사회라는 이상에 도움이 되는가를 판단하는 준거로 활용할 수 있을 것이다.

셋째, 과학교육 내용표준에서 제시한 과학학습의 상황 도입 및 공학의 실행은 학생들의 중심에서 과학의 실질적인 가치를 구체적으로 경험할 수 있는 기회를 제공할 것이다. 그를 통한 과학학습의 선순환 구조를 경험함으로써 학생들의 과학학습동기를 신장할 수 있을 것이다.

넷째, 과학교육 내용표준의 구조 및 하위 요소는 과학의 본성, 과학적 탐구, 과학적 창의성, 과학 핵심 내용지식 등과 같은 과학교육 목표 및 본성을 충실하게 반영한 것이다. 따라서 과학교육 내용표준은 교사가 과학 학습의 목표 및 성취 수준을 이해하고 과학교육의 목표를 명료화하는데 도움이 될 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 과학교육 내용표준을 개발하여 과학 교육과정 및 교과서 개발, 그리고 과학수업의 실질적인 영향 및 방향 설정에 도움을 줄 수 있는 기초 자료 제공이다. 3학년에서 9학년까지의 과정 동안, 자연 과학 분야에서 학생들이 무엇을 알아야 하고, 무엇을 이해해야 하며, 무엇을 할 수 있는지를 제시하였

다. 문헌 및 선행 연구, 설문조사 및 심층 면담 등을 통하여 과학교육 내용표준의 기본틀과 하위 요소를 설정하였다. 과학교육 내용표준은 상황, 구성요소, 성취의 세 부분으로 구분된다. 상황은 학생들에게 있어서 과학이 언제, 어디서, 어떻게 필요한가를 제공할 수 있는 것이다. 구성요소는 학생들이 학교 과학교육을 통해서 배워야 하는 과학의 본성, 과학적 창의성, 과학적 탐구, 핵심내용지식 등으로 이루어진다. 성취는 과학교육을 통해 도달하고자 하는 것을 의미한다. 과학교육 내용표준은 특정 교육과정을 제공하는 것이 아니라, 학교와 지역, 국가 수준에서 어떤 특정한 활동이 과학교육의 이상에 도움이 되는가를 판단하는 준거를 제공하는 것이다. 즉 과학교육 내용표준은 학년군별로 과학교육의 성취 수준을 제시하여 주고, 과학교육 및 교육 목표에 대한 이해를 높이기 위한, 그리고 교육과정의 설계나 교과서를 개발하기 위한 기초 자료로 활용 가능할 것이다.

참고 문헌

- 교육과학기술부(2009). 2009 개정 교육과정: 초·중등 교육과정 총론. 서울: 교육과학기술부.
- 권재술(1991). 학문 중심 과학교육의 문제점과 생활 소재의 과학 교재화 방안. 한국과학교육학회지, 11(1), 117-126.
- 노태희, 노석구, 유준희, 오필석(2010). 현행 과학 교육과정의 실행 실태와 문제점 및 차기 교육과정 개정의 방향 제안.
- 류성철(2004). 생활 속 경험과 생활 주변의 소재를 이용한 물리 교육. 물리학과 첨단기술, 13(4), 21-25.
- 박동섭(2009) 상황학습론에 기초한 학습전이론의 비판적 고찰: 무시된 상황과 행위자의 능동성의 복원, 초등교육연구 제22권 제1호, 459~489.
- 박정은, 유은정, 이선경, 김찬중(2009). 논증구조 교육을 통한 고등학교 학생들의 과학 글쓰기 분석: 과학 글쓰기 장르에 따른 글쓰기 과제를 중심으로. 한국과학교육학회지, 29(8), 824-847.
- 박종원(2011). 과학적 창의성의 이해와 지도. 새물리, 61, 947-961.
- 송숙희(2008). 성공하는 사람들의 7가지 관찰 습관. 서울: 위즈덤하우스
- 송희성, 문광순, 박승재, 이규석, 유준희, 정선양, 정완호, 한효순(2005). 초·중·고등학교 과학교과 교육과정 개선 방안, 한국과학기술한림원 보고서.
- 심재호, 신명경, 박선화(2009). 학교 교육 경쟁력 강화를 위한 교육과정 실행 방안 연구. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2009-4-2.
- 한국교육과정평가원(2006). 국어과 교육과정개정 시안 수정·보안 연구, 한국교육과정평가원 보고서. 위탁과제답신보고.
- 한국교육과정평가원(2010). 초중등학교 교육과정 선진화 방안 연구 연구보고 ORM2010-27.
- AAAS(1993). Benchmarks for science literacy. Project 2061. OUP: New York. (<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm>)
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G.(2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37(10), 1057-1095.
- Ajzen, I.(1985) From intentions to actions: A theory of planned behavior. Heidelberg, Germany: Springer.
- Brown, J., Collins, A., & Duiguid, P.(1989). Situated cognition and the culture of learning. Educational Researcher, 18, 32-42.
- Cavemi, J. P., Fabre, J. M., & Gonzalez, M.(1990). Cognitive biases: their contribution for understanding human cognitive processes. In G. E. Stelmach, & P. A. Vroon(eds.), Advances in psychology 68, Elsevier Science Publishing Company. INC.
- CMEC(1997). Common framework of science learning outcomes. Toronto: CMEC Secretariat.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P.(1996). Young people's image of science. Buckingham: Open University Press.
- Freudenthal, H.(1991). Revising mathematics education: China Lectures. Kluwer Academic Publishers.
- Gardner, H.(1983). Frames of mind: The theory of multiple intelligence. New York:

Basic Books.

Greeno, J. G., & The Middle School Mathematics Through Application Project Group(1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53(1), 5-26.

Hodson, D.(1998). Is this really what scientist do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science* (pp.93-108). NY: Routledge.

Lester, F.(2007). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. National Council of Teachers of Mathematics, Information Age Publishing Inc.

Marzano, R. J.(2001) *Designing a new taxonomy of educational objectives* by Robert J. Marzano, Corwin Press

Matthews, M. R.(1998). In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.

Mechling, K. R., & Oliver, D. L.(1983). Activities, not textbooks: What research says about science programs. *Principal*, 62(4), 41-43.

NCTM(2000). *Principles & standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.

Nicholls, J. G.(1972). Creativity in the person who will never produce anything original and useful: the concept of creativity as a normally distributed trait, *American Psychologist*, 27, 717-727.

NLNAC(2002). *Curriculum development and evaluation*. Hamilton: NLNAC

Noller, R. B., Parens, S. J., & Biondi, A. M.(1976). *Creative action book*. NY: Scribner's.

NRC(1996). *National science education standards*. Washington: National Academy Press.

NRC(2011). *A framework for k-12 science*

education: practices, cross cutting concepts, and core ideas. National Academics Press (http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165)

NSTA(2004). *NSTA position statement: Scientific Inquiry* (<http://www.nsta.org/about/positions/e-learning.aspx>)

Osborn, A.(1963). *Applied imagination: Principles and procedures of creative thinking*. NY: Scribner's.

Parens, S. J., Noller, R. B., & Biondi, A. M.(1977). *Guide to creative action*. NYC: Charles Scribner's Sons.

Park, Jongwon (2012). Developing the format and samples of teaching materials for scientific creativity in the ordinary science curriculum -including teachers' practice and reflection-. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(3), 446-466.

Richards, R.(2007). *Everyday creativity in encyclopedia of creativity*, Edited by M. A. Runco & S. R. Pritzker (pp. 683-688). London: Academic Press.

Richards, R., Kinney, D. K., Bennet, M., & Merzel, A. P. C.(1988). Assessing everyday creativity: Characteristics of the lifetime creativity scales and validation with three large sample. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 476-485.

Rogoff, B., Goodman Turkkanis, D., & Bartlett, L.(2001). *Learning together: children and adults in a school*. Community. New York: Oxford University Press.

Rose, L. H., & Lin, H. T.(1984). The meta-analysis of long-term creativity training programs. *Journal of Creative Behavior*, 18, 11-22.

Roth, W. M., Hwang, S., Goumlart, M. I. M., & Lee, Y. J.(2005). *Participation, learning and identity: Dialectical perspectives*. Berlin: Lehmann.

Ruth, W.(1992). *Teaching for transfer of*

learning. ERIC Document Reproduction Service No. ED 352-469.

Sternberg, R. J.(1977) Intelligence, information processing and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Sund, R., & Trowbridge, L.(1973). Teaching science by inquiry in the secondary school, Columbus, OH: Merrill

Torrance, E. P.(1987). Teaching for creativity, In S. G. Isaksen (Ed.), *Frontiers of creativity research* (pp. 190-215). Buffalo, NY: Bearly Press.

Van den Brink, F. J.(1989). Realistisch rekenonderwijsaan Jonge Kinderen. OW & OC, no. 10, Universiteit Utrecht.

Weisberg, R. W.(2006). *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and the Arts*. NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Whitelegg, E., & Parry, M.(1999). Real-life contexts for learning physics: meaning, issues and practice. *Physics Education*, 34(2), 68-72.

Wilson, A. L.(1993). The promise of situated cognition. *New Directions for Adult and Continuing Education*. 57. 71-79.