

과학 탐구능력 향상을 위한 실생활 소재 모듈의 개발

김수경 · 차희영 · 김종복*

한국교육대학교

Development of Experimental Modules Using Everyday Life Materials to Enhance Science Process Skills

Kim, Sookyoung · Cha, Heeyoung · Kim, Jungbog*

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to develop experimental modules that would enhance science the process skills of secondary school students. The modules were composed of real-life materials on the subjects of light, movement, force, water, and heat. Each module consisted of four to six activities, and provided student worksheets and teacher guides. Physics teachers were invited to a workshop specially held to identify whether these modules would befit the improvement of student science process skills. A majority of the teachers believed the modules to be valuable instructional materials which might enhance student science process skills in the Korean secondary school science classes.

Key words: experimental modules, everyday life materials, science process skills, SAPA II

I. 서 론

현대의 과학과 기술의 지속적인 발달은 고도의 지식·정보화 사회를 이루어 왔고 정치적, 경제적, 교육적으로 급속한 변화와 함께 많은 문제를 초래하고 있으며 우리의 일상생활에도 커다란 영향을 미치고 있다. 이러한 흐름에 발맞추어 과학교육은 과학적 탐구활동을 통하여 과학의 기본 개념을 이해하게 하고, 과학적 사고력을 신장시키며, 시대적 변화에 대처하고 실생활의 문제를 합리적으로 해결하려는 과학적 태도를 함양하고, 아울러 과학이 기술의 발달과 사회의 발전에 미치는 영향을 올바르게 인식하도록 하는 데 역점을 두어야 할 것이다(교육부, 1997).

이러한 관점에서 과학적 탐구활동을 강조한 SAPA (Science-A Process Approach)는 미국의 학문중심 교육사조의 영향으로 미국 과학 진흥 협회(American Association for the Advancement of Science, AAAS)가 1962년에 개발하기 시작한 초등학교 교육과정이다. 미국과학재단의 후원으로 과학자, 일선 초등학교 교사 및 교육과정 전문가들이 모여서 계획을 세우고 실험 학습에 적용할 지도 자료를 마련하였다.

이들은 첫째 아동의 지적개발에 도움이 되는 자료를 만들 필요성, 둘째 아동이 지적 기술을 습득하는데 대한 긴 안목의 견해가 필요하다는 두 가지 교육학적 가설을 세웠다. 여기서 과학적 과정(process)에 기반을 둔 교육 과정이 만들어졌는데 이것은 일반적인 과학 개념이나 과학 문제와는 차별화된 것이었다(한안진, 1995). 그러나, 기존의 학문중심에 기초한 과학교과는 과학적 이론을 지나치게 강조한 반면에 일상생활과는 거의 관련이 없는 내용으로 구성되어, 학생들은 이론 중심의 어렵고 추상적인 내용을 배우면서 과학과목에 흥미를 잃게 되었고 과학 성취도도 하락하게 되었다(Collette & Chiappetta, 1989). 이에 SAPA II는 1980년에 SAPA 교육과정의 단점에 대한 현장의 목소리를 반영하여 업그레이드시킨 모듈형 교육과정으로, 학생들이 이 모듈들을 통해 경험하게 될 전체 과정 능력을 8가지 기초과정과 5가지 통합과정으로 나누고 있다.

Herron(1971)은 미국의 과학교육과정 자체가 과학 교육목표만 탐구학습을 강조할 뿐 정작 교과서 내 실험의 90%가 실험 문제, 실험 방법과 절차, 실험 결과가 주어져 있어 ‘요리책과 같은 실험(cookbookish

*교신저자: 김종복(kjb@knu.ac.kr)
**2005.3.5(접수) 2005.7.5(1심통과) 2005.10.17(2심통과) 2005.11.30(최종통과)
***본 연구는 한국 학술 진흥재단의 '두뇌 한국 21'의 지원하에 이루어졌음

experiment; Kyle, 1980)'이라고 밝혔다. 이런 실험들은 학생들의 탐구적 사고의 기회를 주지 못하고 학생들이 실험기구를 다루는 손 조작만 하는 무미건조한 활동이라고 비판했다. 임채성(2002)에 따르면 최근 우리나라 7차 교육과정에서 시행되면서 새로 개발된 초등학교 '과학' 교과서와 '실험관찰'의 생물영역을 Herron (1971)이 조사했던 방법과 같은 탐구 수준별로 조사한 결과 66.2 %의 내용이 실험문제와 실험방법과 절차를 모두 제시해 주고 있는 '수준 1'에 해당하는 요리책과 같은 실험들로 구성되어 있었다. 더욱 심각한 것은 나머지 실험들 중 27.9 %도 그보다 더 하위 수준의 탐구능력을 요구하는 즉, 예상되는 실험 결과까지 상세히 안내되어 있는 '수준 0'에 해당하는 실험이라는 것이다.

우리나라는 학문중심 교육과정의 영향을 받은 제 3차 교육과정기 이래 약 5년마다 개정되는 과학과 교육과정의 개편 때마다 끊임없이 탐구·실험 중심 과학교육의 중요성을 강조해 왔다. 또한 제 6차와 7차 과학과 교육과정은 과학지식을 실생활과 관련시켜 이해하도록 하고, 과학교과서를 실생활 소재 중심으로 구성할 것을 강조해 왔다 (교육부, 1992; 1999). 이러한 최근의 경향은 과학교육에서 강조되어야 할 것은 무엇보다도 학생들의 과학 탐구 능력 향상이며, 학생들이 과학에 대한 흥미와 호기심을 갖게 하기 위해서는 과학 지식 위주의 교과서 내용을 지양하고 실생활과 관련된 소재를 많이 활용해야 함을 말해 주는 것이다.

인간중심사조로 교육사조가 이동해가면서 최근 20여 년간 전 세계 과학교육학자들은 "지식"이라든지 "과정"이라는 과학의 어느 한 면만을 강조해 온 전통적인 견해와 달리 과학의 본성, 창의력, 과학 지식의 적용, 과학에 대한 긍정적 태도 함양 등 과학 교육이 궁극적으로 추구해야 할 다양한 영역들에 관심을 두고 있다. 이에 실생활 중심 과학교육에 관심을 가져왔던 많은 과학교육 관련 종사자들은 과학-기술-사회 (Science-Technology-Society: STS)가 앞서 나열한 다양한 과학 교육 목표들을 효과적으로 달성할 수 있는 최선의 방법이라 믿어 오고 있다(조희형, 1994; 최경희, 1996; Bybee, 1986; Yager & McCormack, 1991). 한국의 많은 과학교육학자들도 서방 선진국에서 시도하고 있는 것처럼 교실에서의 STS 교육의 성과를 연구해 왔고, 이 학습방법이 학생들의 학습성취도와 과학에 대한 태도에 긍정적인 효과를 나타내어 왔음을 보여 주었다(강순자 등, 1994, 1999; 최경희 등, 1995). 과학교육 개혁 아이디어로서 STS 교육이

무엇인지를 알고 있는 국내 교사나 연구원들의 대부분이 우리나라 과학교실에서 STS 교육을 적용할 필요성을 인식해 왔고(정완호, 1993), 결과적으로 제 6차와 7차 과학과 과정은 이 새로운 아이디어를 강력히 반영시켰다. Yager(1996)는 구성주의 학습이론에 기초한 STS 교수학습이론에 대한 모델을 제시하면서 학생들은 탐구할 문제를 지역사회 관심의 초점이 될 만한 실생활 문제에서 찾아야 한다고 강하게 주장해 오고 있다. 수업내용을 실생활과 관련된 소재에서 찾아보고 실생활에서 접하게 되는 과학 기술관련 주제를 가지고 탐구 및 실험 중심의 과학교육을 지향하는 것은 7차 과학과 교육과정이 최근 초·중등과학교육에 제공한 핵심적 아이디어 중 하나이다.

지식이 폭발적으로 증가하는 지식 정보화 사회에서, 필요한 지식을 가장 정확하게 이해하는 방법은 그 지식의 형성 과정을 탐구 과정을 통해 경험하고 이해하는 것이다. 따라서 학교에서는 학생들이 학습을 통하여 탐구 과정을 경험하고, 이를 실생활 문제의 해결에 적용하는 능력을 기를 수 있도록 해야 한다(교육부, 1997). Dlamini 등(1996)에 의하면 과학 수업에서 실생활 소재를 사용하는 경우에 학습자들의 흥미와 관심이 증가하는 것으로 나타났으며(진성욱과 이제용, 1998), 많은 과학 교사들이 과학에 대한 학생들의 흥미를 높이고, 과학 지식의 이해를 돕고, 과학과 실생활과의 관계를 강조하기 위하여 실생활 소재를 수업에 활용하고 있는 것으로 조사되었다. 또, 관찰하기와 측정하기와 같이 과학 수업이나 일상생활에서 자주 접하게 되는 기능들을 사용하는 과제의 경우, 일상생활의 경험과 친밀할 경우 학생들의 성취 수준이 높아진다는 연구 결과가 있다(Welch, 1981). 그러나 실생활 소재를 사용한 과학 수업이 학생들의 흥미를 북돋우면서, 일상생활에서 접하는 문제들을 해결하는데 실질적으로 활용될 수 있으려면, 과학 수업과 학생들의 일상생활이 밀접한 관련을 갖도록 구성되어야 한다. 즉, 과학 교육의 시작점과 출발점이 바로 학생들의 일상생활이 되어야 하며, 수업 시간에 학생들이 풍부한 경험을 할 수 있도록 해주고, 이것을 자신들의 지역사회 문제에 활용할 수 있도록 권장해야 한다(Bob & Fred, 2000). 따라서 이 연구에서는 과학교육에서 강조되어야 할 학생들의 과학탐구능력 향상과 과학교육에서 실생활 소재 중심을 강조하고 있는 제 7차 과학과 교육과정 목표에 초점을 맞추어 학생들의 탐구능력과 과학에 대한 흥미를 자극할 수 있는 실생활 소재 탐구과정 중심의 실험 모듈을 개발하고자 하였다.

II. 연구 방법 및 절차

이 연구를 위하여 먼저 모듈의 주제를 선정하고, 모듈의 기본 틀을 고안하였으며, 구체적인 탐구활동 내용을 SAPA II 에서 고려한 13가지의 탐구과정 요소를 사용하여 내용을 구성하였다. 개략적인 모듈 개발 과정은 Fig. 1과 같다.

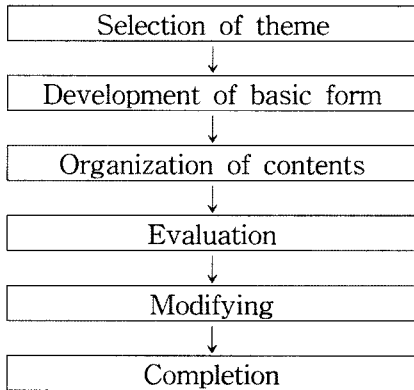


Fig. 1 The process for developing of modules

1. 모듈의 주제 선정

초·중·고등학교 10학년까지의 과학 교과서 내용을 분석하여 총 15가지의 통합된 주제를 선정하였다. 태양, 물, 열, 빛, 소리, 물질, 지구, 운동, 에너지와 전환, 도구, 전자기, 동·식물, 토양, 날씨, 힘의 주제로 카테고리화했는데, 그 중 문헌 조사를 통해 물, 열, 빛, 운동, 물질의 5개 주제를 선정하였다.

2. 모듈의 기본 틀 고안

모듈은 학생용과 교사용으로 분리하여 개발하였고, 각 주제마다 4-6개의 탐구활동들이 포함되어 있다. 탐

구모듈의 개요, 탐구목표, 모듈의 구조, 7차 교육과정 상의 관련 학년 및 단원분석표, 탐구활동, 형성평가, 읽을거리, 관련 사이트 등의 요소로 구성하였다. 탐구 활동에는 탐구목표, 준비물, 문제제기, 탐구과정 등이 포함되어 있다.

3. 모듈의 탐구기능요소 설정

실생활 소재의 탐구모듈을 개발하는 데 있어서 중요한 과정으로 각 활동을 통해 길러질 수 있는 탐구 기능요소의 카테고리를 설정하는 것이었다. SAPA II 는 1980년에 SAPA 교육과정의 단점에 대한 현장의 목소리를 반영하여 업그레이드시킨 모듈형 교육과정이다. 학생들이 이 모듈들을 통해 경험하게 될 전체 탐구기능요소는 관찰하기, 분류하기, 측정하기, 예상하기, 추리하기, 수 사용하기, 시·공간 관계 사용하기, 의사소통하기의 8가지 기초과정과 조작적 정의하기, 변인통제하기, 가설설정하기, 실험하기, 자료 분석하기의 5가지 통합과정으로 나누고 있다(Fig. 2). SAPA II는 미국에서 초등학생을 대상으로 개발된 교육과정이다. 하지만 이러한 탐구 과정 요소의 습득이 초등학교 수준에서 모두 가능하다고 하였으나 실제로는 초등학교 수준에서 고차적 수준의 통합 탐구과정은 초등학교 수준에서 매우 힘든 것으로 나타났다(김창식 등, 1991; 권재술 등, 1998). 따라서 초등학생들에게 SAPA II에서 통합과정으로 분류하고 있는 5가지 탐구과정요소인 변인통제하기, 자료해석하기, 조작적 정의하기, 가설설정하기, 실험하기 등의 탐구기능요소들을 훈련시킨다는 것은 참으로 어려운 작업일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 중등학생들의 물리 분야의 지식수준에 맞춰 SAPA II 교육과정에서 추구하고 있는 이 13가지 탐구기능들을 훈련할 수 있도록 모듈 내 탐구활동들을 고안하였다. 현행 7차 과학과 교육과정

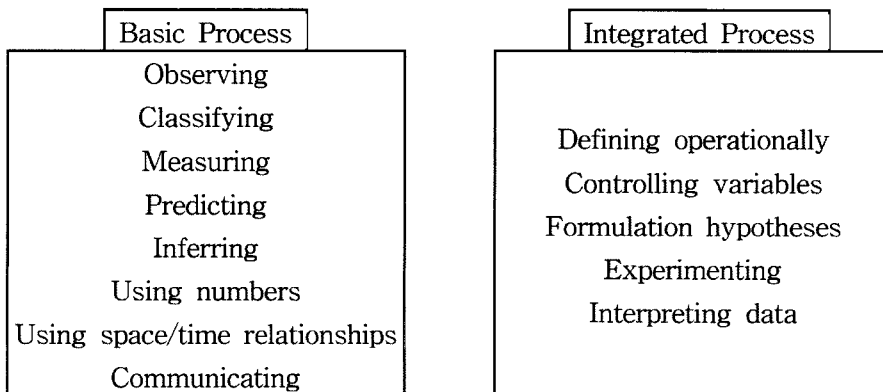


Fig. 2 Processes skills categorized in SAPA II

의 탐구 과정을 살펴보면, 기초 과정과 통합 과정으로 분류되어 있다. 이것은 SAPA II의 탐구 과정이 기초 과정과 통합 과정으로 분류되어 있는 것을 근간으로 한 것이다. 기초 과정에서는 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상하기 기능이 있고, 통합 과정에서는 문제 발견, 가설 설정, 자료 변환, 자료 해석, 변인 통제, 결론 도출, 일반화 기능이 있다. 따라서 이러한 SAPA II의 탐구 기능 요소들을 과학수업에서 훈련시키는 것은 분명 의미가 있는 작업이다. 설정된 각 탐구활동목표는 한 두 가지씩의 탐구기능요소가 포함되어 있지만, 실제 실험에서 통합과정에는 기본 탐구기능들이 포함되어 있는 경우가 많다.

4. 모듈의 내용 구성

각 모듈의 주제와 관련이 있고, 탐구기능을 훈련시킬 수 있는 내용들로 구성하였으며 실생활 소재를 이용하여 탐구 활동이 이루어지도록 하였다.

5. 모듈의 타당성 평가

개발된 모듈들을 학교 과학 수업에 적용했을 때 실제로 학생들의 과학적 탐구능력이 향상될 수 있는지 알아보기 위하여 현직 과학교사 9명을 초청하여 교사

워크숍을 개최하여 모듈의 타당성을 평가받았다. 워크숍에 참가한 교사 평가단은 남교사 2명, 여교사 7명으로, 현재 중학교에 4명, 고등학교에 5명이 재직하고 있으며, 교직경력은 모두 6년 이상이다. 그리고 모듈이 전반적으로 물리와 관련된 내용이 많으므로, 대학에서 물리를 전공하였고, 현재 대학원에 재학 중이거나 졸업한 교사들을 대상으로 워크숍을 실시하였다. 참가한 교사들은 학생용 실험서를 가지고 워크숍을 통해 개발된 실험을 수행하였다. 워크숍이 끝난 후, 그들은 특별히 고안된 설문지를 통해 모듈의 타당성에 대해 평가하였다. 평가항목으로 모듈의 목표측면, 내용측면, 활용측면으로 크게 세 가지로 범주화 하였다. 목표측면에서는 모듈 내에 포함된 활동들이 흥미있는지, 개념 학습에 도움을 줄 수 있는지, 과학탐구능력이 향상되리라고 생각하는지를 질문하였고, 내용측면에서는 실생활 소재를 사용하고 있는지, 탐구기능요소가 적절하게 되어있는지, 기존의 탐구 실험들과 다른 점이 있는지를 질문하였다. 그리고 활용측면에서는 제 7차 교육 과정을 운영하고 있는 학교 현장에서 유용하게 쓰일 수 있는지, 제 8차 교육과정에서 교과서에 도입 되는 것이 바람직하다고 생각하는지에 관한 것이었으며 각 모듈마다 같은 문항으로 구성하였다. 객관식으로 9문

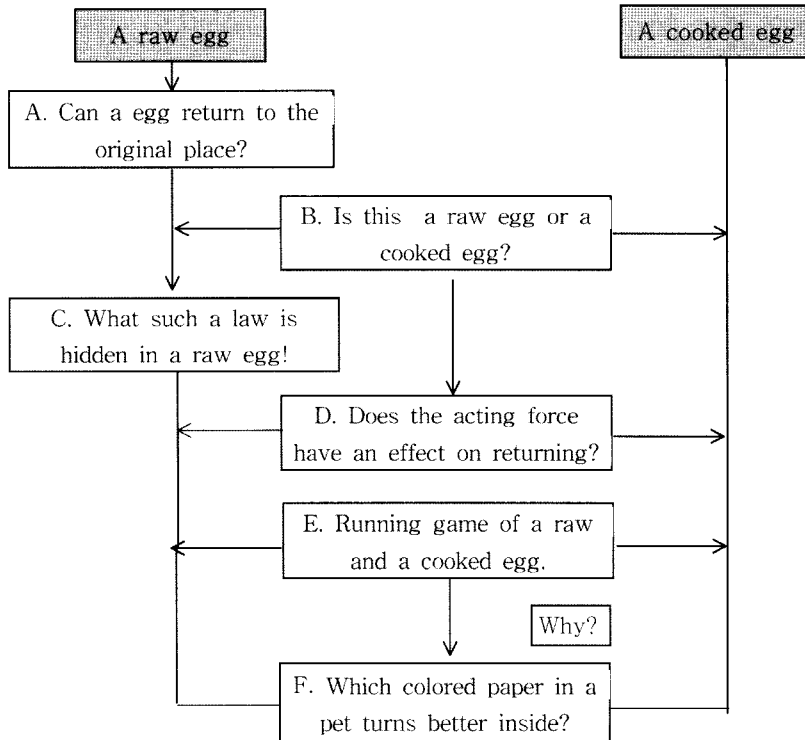


Fig. 3 Science process skills of modules

항, 주관식으로 5문항이고, 객관식 중 탐구기능요소가 적절한지에 대한 문항은 한 문항에 탐구활동의 개수 만큼 하위 문항을 만들어 각 활동마다 체크하도록 하였다. 각 항목은 5단계의 리커트 척도를 사용하였으며, 모듈의 장점과 보완할 점, 첨가하고 싶은 아이디어 등에 관한 것은 자유 응답형으로 진술하도록 하고 인터뷰를 통하여 좀 더 자세한 평가를 받았다.

6. 모듈의 수정 및 완성

위와 같이 워킹에 참여했던 물리교사들에 의해 평가된 사항들, 즉 워킹의 설문지와 인터뷰 내용 등에 대해 교육 전문가와의 세미나를 통해 모듈을 수정·보완하여, 중등학생의 탐구능력 향상을 위한 실생활 소재 탐구모듈을 완성하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 모듈의 주제 선정

초·중·고등학교 10학년까지의 과학 교과서 내용을 분석하여 선정한 모듈의 주제는 물, 열, 빛, 운동, 물질에 관련된 내용이다(Table 1).

2. 모듈의 기본 틀 개발

1) 학생용 실험서

학생용 실험서에는 현상에 대한 의문과 그것을 해결하기 위한 실험 과정을 상세히 제시하는 기존의 교과서 실험과 같은 방식은 지양하였고, 하나의 탐구활동마다 13가지로 설정한 탐구기능요소 중 한 두 개의 탐구기능요소를 넣어 학생 스스로 탐구해 나갈 수 있도록 구성하였다. 학생용 실험서에는 ‘모듈 제목과 개요’, ‘탐구활동제목’, ‘준비물’, ‘탐구활동’, ‘형성평가’, ‘읽을거리’, ‘관련 사이트’ 등의 내용으로 구성하였다. ‘모듈 제목과 개요’는 모듈에 포함되어 있는 탐구활동들의 내용과 관련하여 학생들의 동기를 유발할 수 있는 내용으로 구성하였고, ‘탐구활동 제목’은 학생들이 제목에서부터 흥미를 느낄 수 있도록 주로 의문형이나 감탄문으로 정하였으며, 전체적인 탐구내용을 함축시켜 간단한 문장으로 표현하였다. ‘준비물’은 학생들이 탐구활동을 하는 데에 필요한 모든 준비물을 넣었으며, 때로는 쓰이지 않는 준비물을 섞어 넣어서 학생들이 선별하여 준비물을 택할 수 있도록 한 경우도 있다. 대부분이 학생들과 친숙한 실생활 소재들이므로 학생들이 과학실험에 대한 부담을 갖지 않고 실험에 참가할 수 있도록 하였으며, 준비물의 사용법에 대한

Table 1
Construction of modules

Themes		Activities	
Water	Why do we make a hole behind, when we eat a raw egg?	A	Water! when do you come out?
		B	If a shape and a volume of a pet bottle's size is different, what happen?
		C	Water, come out fast, yap!
		D	As to water's height,...
Heat	Where does the heat go?	A	Are blue shirts cooler than reds' in summer?
		B	One game of a water drop pushing.
		C	Can we spin a pinwheel with a bulb?
		D	As to the height of a can, how speedy is a pinwheel?
Light	Hidden secrets in road reflectors!	A	Magic of a mirror.
		B	Can we reflect a light with mirrors?
		C	Secrets of road makers and delineators.
		D	Hidden secrets of a signpost plate?
Movement	Let's play the game with an egg?	A	Can an egg return?
		B	Is it a raw egg or a cooked egg?
		C	Such a hidden law in a raw egg!
		D	Is a rolling strength get effects to return?
		E	Race of a raw egg and a cooked egg.
		F	In which pet bottles, is the colored paper spinning better?
Matters	Let's play the game with a soup bubble?	A	How can we make a big bubble?
		B	Let's measure the size of a bubble?
		C	A bubble going up and down.
		D	Let's make a simple bubble thermometer?

부담감도 없게 하였다. ‘탐구활동’에는 교사가 제시한 문제제기에 대해서 해결해 나가는 과정을 제시하였으며, 학생들 스스로가 탐구하는 과정을 기록할 수 있도록, 상세한 실험과정은 배제하였다. 또한 각 탐구활동의 주요 목표인 13가지 탐구기능요소 중 한 두 가지 기능을 향상시킬 수 있도록 구성하였다. 예를 들어 ‘관찰하기’가 목표인 탐구활동에서는 학생들로 하여금 자유롭게 관찰하게 한 다음, 관찰한 결과를 몇 가지 이상 기록하도록 하였다. ‘형성평가’에서는 그 탐구활동의 내용과 관련이 있으면서 탐구활동목표를 달성하였는가를 평가할 수 있는 문항으로 작성하였다. ‘읽을거리’에서는 탐구활동의 내용과 관련 있는 것으로서 학생들의 과학에 대한 흥미를 갖도록 하였다. 예를 들어 ‘빛’ 관련 모듈인 ‘도로반사체에 어떤 비밀이!’란 모듈에서 ‘읽을거리’에 ‘아내의 화장거울에서 탄생한 백미러’라는 내용을 넣어서 빛의 반사에 대한 흥미를 갖게 하였다. ‘관련 사이트’에서는 학생들이 모듈과 관련된 내용을 스스로 더 심도 있게 찾아 공부하거나 유사한 다른 관련 현상에 대한 보충 학습 경험이 가능한 웹사이트들을 소개했다.

2) 교사용 지도서

교사용 지도서는 ‘모듈 제목’, ‘모듈개요’, ‘탐구활동목표’, ‘모듈의 구조’, ‘7차 교육과정과의 관련 학년 및 단원분석표’, ‘탐구활동’, ‘형성평가’, ‘읽을거리’, ‘관련 사이트’로 구성하였다. ‘모듈 제목’과 ‘모듈개요’는 학생용 실험서와 동일하다. ‘탐구활동목표’에는 각 탐구활동마다 달성하고자 하는 실험목표를 기술한 것인데, SAPA II 의 13가지 탐구기능요소 중에서 탐구하고자 하는 한두 가지의 탐구기능요소를 내용과 관련지어서 서술하였다. ‘모듈의 구조’에는 주제에 대한 각 탐구활동들의 유기적 구성을 Figure 3처럼 도식화하여 표현함으로써 탐구활동들의 구조를 한 눈에 파악할 수 있도록 하였다.

‘7차 교육과정과의 관련 학년 및 단원 분석표’는 교과와의 관련성을 체계화하여 모듈을 활용하는 방안을 강구하였다. AAAS의 SAPA과정 및 Warwick Process Science과정과 같이 탐구 과정을 중요시하는 경우, 때로는 ‘지식 내용에 관계없이(content-free)’ 탐구활동을 시키고 ‘탐구력’을 함양할 수 있다는 주장도 있지만, 이것은 ‘지식 내용 없이’가 아니라 대상으로 하는 학생 ‘거의 누구나 알 수 있는 지식 내용’을 소재로 하는 부분적인 탐구 사고력 중심의 활동을 뜻하는 것으로 해석해야 한다는(박승재, 1992) 것과 맥락을 같이 하는 것으로 교과의 지식 내용과의 연관성을 맺고자

하였다. ‘탐구활동’에서는 주어진 실험과정대로 따라할 수 있는 과정을 배제하고, 단계 단계마다 학생들의 탐구적인 활동을 통해 실험이 전개되는 형식으로 구성하였다. 또한 탐구과정에서 학생들이 유의할 사항을 자세히 나타냈으며, 학생들이 답할 수 있는 예상 답안을 작성하여 지도하는 교사들이 참고할 수 있도록 하였다. ‘읽을거리’와 ‘관련 사이트’는 학생용 지도서와 동일하다.

3. 모듈의 내용 구성

이 연구에서 개발한 모듈의 주제는 물, 열, 빛, 운동, 물질 관련 내용이고, 각 주제 당 4-6개의 탐구활동들을 포함시켜 구성하였다(Table 1). 구체적인 모듈 내 탐구활동들의 내용은 다음과 같다.

1) 물: ‘날달걀을 먹을 때 왜 뒤에 구멍을 뚫을까?’

날달걀을 먹을 때 구멍 한 개만 뚫으면 잘 나오지 않지만, 뒤로 구멍을 하나 더 뚫으면 잘 나온다. 또한 부동액을 교체할 때 부동액의 뚜껑을 열고 바로 붓는 것이 아니라 뒤에 구멍을 하나 더 뚫어서 붓는다. 이러한 실생활의 현상들이 동기가 되어 ‘물’이라는 주제로 탐구활동들의 내용을 구성하였다.

Activity A는 우리가 흔히 구할 수 있는 여러 가지 액체들을 용기에 넣어서 구멍을 뚫은 다음 어느 액체가 가장 작은 구멍에서부터 빠져 나올 지 ‘예상하기’와 실험을 통해서 ‘관찰하기’이다. Activity B에서는 용량과 모양이 다른 용기들로 부터 물이 빠져 나오는 구멍의 크기와의 관계를 알아보는 실험으로 ‘변인통제하기’를 목표로 한다. Activity C는 용기의 바닥에 공기구멍을 뚫어서 공기구멍의 크기에 따라 빠져 나오는 병뚜껑의 크기와의 관계를 알아보는 실험으로 ‘관찰하기’를 탐구목표로 하였다. Activity D는 용기의 높이에 따라서 물이 빠져 나오는 시간을 측정하는 것으로 ‘측정하기’가 탐구목표이다(Table 2).

2) 열: ‘열이 어디로 갈까?’

파란색의 옷은 시원한 느낌을 빨간색 옷은 따뜻한 느낌을 준다. 그렇다면 정말 파란색의 옷을 입으면 시원하고, 빨간색의 옷을 입으면 따뜻해질까? 라는 의문에서 출발하여 열에 관련된 모듈을 구성하였다.

Activity A는 여러 색깔을 칠한 캔이 열에 의하여 온도가 변화는 것을 측정하는 실험이다. 이 실험에서는 학생들이 어느 색깔의 온도가 가장 높아질 것인지에 관한 ‘가설설정하기’로 시작하여 온도계의 눈금을

Table 2
Structures of the activities included in the modules which topic is related to 'Movement'

Themes	Activities	Induced science process skills												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Water	A	o		o										
	B									o				
	C	o												
	D				o									
Heat	A			o							o	o		
	B					o								
	C				o	o								
	D									o				
Light	A	o	o										o	
	B	o										o		
	C				o	o								
	D				o					o				
Movement	A							o						
	B		o		o									
	C				o									
	D									o	o		o	
	E								o	o	o			
	F	o								o				
Materials	A			o		o								
	B			o										
	C				o						o			
	D											o		

1: observing, 2: classifying, 3: measuring, 4: predicting, 5: inferring, 6: using numbers, 7: using space/time relationships, 8: communicating, 9: defining operationally, 10: controlling variables, 11: formulation hypotheses, 12: experimenting, 13: interpreting data

읽어서 색깔이 다른 각 캔의 온도 ‘측정하기’를 탐구 목표로 한다. 또한 각 색깔 캔의 온도를 측정된 표를 보고 ‘자료 해석하기’를 한다. Activity B는 복사열에 의하여 흰색 캔과 검은 색 캔 속의 공기의 부피가 팽창하는 정도가 다르다는 것을 Activity A에서의 결과를 바탕으로 하여 ‘추리하기’를 탐구 목표로 한다. Activity C는 캔에 꽂은 바람개비가 회전하는 것으로, 열에 의한 대류현상을 관찰하는 것인데, 이 활동은 ‘추리하기’와 ‘예상하기’를 목표로 한다. Activity D는 캔의 높이에 따라 바람개비의 회전이 어떻게 달라지는가를 ‘변인통제’하여 실험한다.

3) 빛: ‘도로 반사체에 어떤 비밀이!’

감감한 밤에 자동차의 전등을 켜고 국도를 달리다 보면 표지선과 표지판, 표지병 등이 유난히 빛나는 것을 볼 수 있다. 이것들은 스스로 빛을 내는 것일까? 스스로 빛을 내는 것이 아니라면 어떻게 밝게 빛날

수 있을까?라는 의문에서 모듈이 시작된다. 도로 부대 시설물 들은 모두 반사체로서 빛을 받았을 때 재귀반사에 의해서 밝게 빛나는 것이다. 학생들은 관찰을 통해 이것을 알아 낼 수 있으며, 거울이나 유리구슬을 이용하여 실험을 통해 빛을 반사시켜서 되돌아오게 할 수 있다. 학생들은 이 실험을 통해서 도로 부대 시설물 들의 구조를 추리할 수 있고, 이외에도 우리 주위에서 재귀반사를 일으키는 소재를 의사소통을 통해서 찾아 낼 수 있다.

Activity A는 거울 한 개에 의한 반사현상을 ‘관찰하기’와 이를 통해 레이저와 손전등을 이용하여 입사각과 반사각 ‘측정하기’를 탐구목표로 한다. Activity B에서는 거울을 사용하여 뒷모습을 볼 때 흔히 하는 방법을 이용하여 거울 두 개에 의한 반사현상을 관찰하고, 거울 두 개를 사용하여 빛을 입사시킨 방향으로 되돌아오게 만드는 ‘실험하기’를 목표로 한다. Activity C에서는 도로에서 흔히 볼 수 있는 델리네이터와 도로표지병을 직접 보면서 그 속의 원리를 Activity B와 관련지어서 ‘추리하기’와 빛의 경로를 그려서 ‘시·공간관계사용하기’의 탐구기능을 고려하였고, Activity D는 도로표지판에 쓰이는 반사지를 가지고 직접 레이저를 비춰보면서 실험한다. 그 원리를 ‘추리하기’위해서 작은 유리구슬($\phi=2\text{mm}$ 정도)을 붙여서 만든 시료지를 사용하였다.

4) 운동: ‘달걀로 놀이를 시작해 볼까?’

이 모듈에서는 달걀을 굴려서 되돌아오는 것을 관찰하고, 그 변인들을 생각해 보게 한다. 또한 날달걀과 삶은 달걀을 구별하는 방법과 두 달걀을 굴려서 어느 것이 더 빠른지 그리고 그 이유는 무엇인지에 대해서 탐구과정을 통해서 의문을 해결해 나가도록 구성되어 있다.

Activity A는 달걀을 굴려서 되돌아오는가를 실험하는 것이다. 이 때 달걀이 구른 경로를 스케치하여 ‘의사소통하기’를 하고, 달걀의 운동에 영향을 줄 만한 변인들을 찾도록 한다. Activity B는 날달걀과 삶은 달걀을 눕혀서 회전시켜보고, 세워서 회전시킴으로써 그 차이를 구별하여 분류해 보는 실험으로 ‘분류하기’를 탐구목표로 한다. 또한 달걀의 일부를 뜯어서 관찰함으로써 날달걀과 삶은 달걀을 회전시켰을 때 운동이 왜 차이 나는가를 ‘추리하기’활동을 하게 된다. Activity C는 날달걀과 삶은 달걀을 회전시킨 후 잠깐 잡았다가 놓았을 때 나타나는 차이를 보고 그 이유에 대해서 ‘추리하기’활동을 하게 된다. Activity D는 달걀이 구른 경로와 굴린 힘과의 관계에 대한

‘가설 설정하기’를 하고, ‘변인통제하기’를 통해 ‘실험하기’를 탐구목표로 한다. Activity E는 삶은 달걀과 날달걀을 빗면에서 굴려서 그 빠르기를 관찰하는 실험으로서, 빗면의 성질, 각도 등의 ‘변인통제하기’와 구른 속도를 가장 빠르게 또는 가장 느리게 하는 ‘실험하기’를 탐구목표로 한다. Activity F는 Activity E의 실험결과에 대한 원인을 밝히는 활동이다. 삶은 달걀과 날달걀의 모형으로, pet병 속에 코딩된 색종이를 넣어, 하나는 열리고 하나는 열리지 않은 상태에서 동시에 빗면에서 굴려서 속도의 차이가 나는 이유를 ‘관찰하기’를 통해 알 수 있고, 또한 삶은 달걀과 날달걀에 대한 ‘조작적 정의’하기를 해 보도록 하였다.

5) 물질: ‘비눗방울로 놀아볼까?’

비눗방울을 이용한 버블쇼에 학생들이 많은 흥미를 느끼는 것을 보고 이 모듈을 구성하였다.

Activity A는 비눗방울에 들어가는 성분들을 찾아내고 최적의 비눗방울액을 만드는 과정에서 각 성분을 조금씩 추가할 때마다 부피 ‘측정하기’를 하여 각 성분의 비율을 ‘수사용하기’를 하여 찾는 활동이다. Activity B는 Activity A에서 만든 비눗방울액으로 가장 큰 비눗방울을 만들고 이 비눗방울의 크기를 ‘측정하기’이다. 비눗방울을 측정할 수 있는 방법을 창의적으로 찾아내는 것이 목표이다. Activity C는 드라이아이스위에 비눗방울을 놓을 경우 어떻게 될 것인가에 대한 ‘가설설정하기’를 해보고, 그 원인에 대해서 ‘추리하기’를 해 본다. Activity D는 열에 의해 부피가 팽창하는 성질을 이용하여 비눗방울을 이용하여 간이비눗방울 온도계를 만드는 ‘실험하기’를 탐구목표로 구성하였다.

4. 모듈의 평가

개발한 모듈에 대해 교사 워킹에서 교사들이 평가한 모듈의 타당성에 대한 결과는 Table 3과 같다.

1) 모듈 개발의 목표 측면

모듈 개발의 목표 측면은 흥미도, 과학개념 습득, 과학탐구기능향상에 대해 타당성을 검증받았는데, 분석한 결과에 의하면, 본 모듈이 과학에 대한 흥미를 향상시킬 수 있는지에 대한 질문에 81 %가 긍정적인 평가를 하였으며, 모듈과 관련된 과학개념습득에 도움을 줄 수 있을지에 대한 질문에는 78 %가 긍정적인 평가를 하였다. 이 모듈이 개념 학습을 목표로 개발된 것은 아니지만, 모듈 속에 들어있는 과학 개념학습에도 도움이 될 수 있다는 것으로 해석할 수 있다. 이 모듈을 학습한 학생들의 과학탐구능력이 향상될 것이라고 생각하는 가에 대한 질문에 75 % 긍정적인 평가

를 받았다. 모듈의 전체적인 목표측면에 대해서는 78 % 긍정적인 평가를 받았다.

2) 모듈 개발의 내용 측면

모듈 개발의 내용 측면은 실생활 소재사용, 탐구기능요소의 적절성, 기존의 다른 탐구실험과의 차별성에 대해서 타당성을 검증 받았는데, 분석한 결과에 의하면, 실생활 소재를 사용하였는지에 대한 질문에 82 %, 각각의 활동마다 학습목표로 삼고 있는 탐구기능요소가 적절하다고 생각하는지에 대한 질문에 76 %의 긍정적인 평가를 하였다. 설문지 문항에서 리커트 척도상 ‘보통이다’라고 평가한 예로는 ‘물질’주제의 Activity D가 목표로 제시한 ‘실험하기’보다는 ‘가설 설정하기’가 더 적절하다는 답변 등이 있었다. 이러한 평가들에 대해서 재검토하여 수정 여부를 결정하였다. 기존에 해오던 탐구실험들과의 다른 점이 있는지에 대한 질문에는 73 %가 긍정적인 평가를 하였다. 어떤 점에서 타 탐구실험들과 차이가 나는가에 대한 설문지와 인터뷰에 다음과 같이 답변하였다.

i) 실험설계를 학생 스스로 하도록 한 점

교사 A: 기존의 교과서 실험에서는 탐구실험이라고는 하지만, 실제 실험내용을 들여다보면 실험 과정이 주어져 있는 경우가 많은 데 오늘 한 실험들은 이렇게도 해 볼 수 있고 저렇게도 해 볼 수 있어서 좋았어요, 특히 비눗방울 크게 만들 수 있는 비눗방울액을 만들 때 보통의 책에는 몇 대 몇으로 하면 가장 잘 만들 어진다고 주어져 있는 데 이 실험에서는 여러 가지 다른 물질을 넣어보고 조건을 찾아가는 것이 특이했 어요.

교사 B: 달걀 굴리는 실험에서 가장 빠르게 굴릴 수 있도록 설계하는 것과 가장 늦게 구를 수 있도록 설계하는 거 이거 학생들한테 시키면 참 관찰을 것 같아요. 우리가 시험에서 묻는 것도 항상 결과를 묻게 되는 데 이 실험에서는 결과를 주고 그 결과가 나오도록 설계하는 것이 독특한 거 같아요.

ii) 재미있어서 흥미로운 점

교사 C: 비눗방울 실험이거 참 좋아할 것 같아요. 물론 바닥 이 지지분해 지는 것을 생각하면 좀...그래도 비눗방울이 드라이아이스 때문에 동동 떠 있는 것이나 비눗방울이 점점 커지는 것을 보면 나름대로 재미도 있고, 과학적 원리도 설명해 주면 좋을 것 같아요.

교사 D: 거 도로반사체인가 하는 거 있죠, 그거 참 재미있었 어요, 학생들도 좋아할 것 같아요, 이때까지 밤에 차 를 타고 다니면서도 그냥 지나쳤던 거거든요, 그리고 동그란 거 그게 델리네이터던가요? 그거도 이렇게 직접 만지면서 실험하니까 신기하네요.

iii) 실생활 소재를 사용한 점

교사 E: 달걀가지고 실험하니까 실험재료가 익숙해서 좋네

요, 그리고 달같이 떨어지지 않게 실험대 주변에 풍선을 붙여서 테두리를 막는 것도 좋았구요. 근데 달같이 깨지니까 좀 지저분하기는 하네요. 그리고 캔에 색칠해서 실험하는 것도 실생활소재라 좋네요. 학교에서는 과학사에서 판매하는 검은색과 흰색 컵 된 것으로 실험하잖아요.

교사 F: 도로 바닥에 있는 거랑 도로 옆에 막대에 꽂혀있는 거 그거 갖고 빛 실험 하는 거 괜찮았어요. 빛 실험은 보통 그 액체가 든 반원통에서 하잖아요 그거 보다 훨씬 나은 거 같아요, 그리고 좀 위험하기는 하지만 레이저포인터로 실험하는것도 괜찮구요.

iv) 결과를 예상할 수 없어서 고정 관념을 깨뜨릴 수 있었던 점

교사 G: Pet병으로 물실험할 때 전 물은 조금만 구멍이 뚫려도 물이 흐를 꺼라고 생각했어요, 그리고 물이 1센티미터 정도의 구멍에서도 흐르지 않는다는 것이 참 신기하네요. 식용유가 더 걸쭉해서 더 큰 구멍에서 흐를 줄 알았는데...

v) 탐구 결과보다는 탐구과정에 치중하여 탐구하는 방법을 습득할 수 있었다는 점

교사 H: 물 흐르는 실험할 때 처음에는 구멍이 작은 것부터 하나씩 차례대로 실험했는데 나중에는 그럴 필요가 없더라고요. 큰 것 해보고 또 훨씬 작은 것으로 해보고 해서 물이 흐르기 시작하는 것을 찾는 것도 탐구하는 방법이 아닐까 생각해요, 그리고 빛 실험할 때 보통은 입사각과 반사각이 얼마인지에만 신경을 써서 가르치잖아요, 그런데 이 실험에서는 레이저포인터로 거울에 비춰서 입사각과 반사각을 찾는 것이 탐구라는 생각이 드네요, 볼펜을 세워서 레이저 빛을 찾는 것도 오늘 처음 배웠어요.

vi) 한 주제에 대한 활동이 쉬운 Activity A에서 점차 심화되어서 수준별 탐구활동도 가능한 점

교사 I: 제가 교육청 영재반 학생들 수업을 했었는데 이런 실험을 하면 거기서 하면 참 좋아할 것 같아요, 특히 처음에 나오는 실험은 쉽게 할 수 있는 거 같고 뒤로

갈수록 심화되는 것 같아서 영재반 수업에 활용하면 좋을 것 같아요.

3) 모듈 개발의 활용 측면

모듈 개발의 활용 측면은 현행 제 7차 교육과정과 앞으로 시행될 8차 교육과정에의 활용성에 대해 타당도를 검증받았는데, 본 모듈을 제 7차 교육과정을 운영하고 있는 중등학교 현장에서 유용하게 쓰일 수 있다고 생각하는지에 대한 질문에 68 %의 긍정적인 평가를 받았다. 어떤 시간에 활용할 수 있겠는가는 질문에 대해 가능한 시간을 순서에 관계없이 모두 선택하게 하였다.

Table 4
Classes which can apply modules in seventh curriculum

Classes	Respondent (%)
Regular	29
Club	45
Discretion	16
Precocious	10

Table 4에서처럼 ‘정규 과학수업시간’이 29 %, ‘클럽활동시간’이 45 %, ‘창의적 재량활동시간’이 16 %, ‘기타 시간’이 10 % 활용 가능하다고 답변하여, 클럽활동시간에 활용할 수 있을 것 같다는 의견이 가장 많았다. 일반적으로 과학교사의 경우 과학탐구실험과 같은 클럽활동담당부서를 담당하게 되는 데, 이러한 시간에 활용하기에 적절한 탐구모듈이라는 평가였다. ‘기타시간’의 경우 대부분 구체적으로 ‘영재반’이라고 적었으며, 이것으로 부터 심화활동으로서의 활용 측면도 가능하리라는 평가로 보아진다.

앞으로 개정될 8차 교육과정에서 본 모듈과 같은 탐구 실험이 교과서에 도입되는 것이 바람직하다고

Table 3
Validity

		Validity (%)					
		Water	Heat	Light	Move-ment	Matters	Means
Goal	Degree of interest	83	75	79	83	86	81
	Learning of concept	89	75	81	75	69	78
	Science process skills	75	75	75	81	69	75
Contents	Material	81	72	89	83	83	82
	Inquiry	74	77	76	81	74	76
	Difference	75	67	69	81	75	73
Application	The seventh curriculum	75	64	78	78	72	73
	The eighth curriculum	69	64	69	67	72	68
	Means (%)	78	71	77	69	75	74

생각하는 가에 대한 질문에 68 %가 긍정적인 평가를 하였으며, 문항의 리커트 척도에서 '보통이다'라고 답변한 이유에 대해서는 i) 교사가 준비해야 할 준비물들이 너무 많고, ii) 학생들 통제가 안 될 것 같다는 점, iii) 레이저로 실험하는 경우 너무 위험요소가 많다는 점, iv) 달걀이나 비눗방울로 실험하는 경우 주위가 너무 지지분해 진다는 점 등을 들었다.

4) 모듈의 완성

모듈은 교사 워킹샷을 통하여 수렴된 의견들을 반영하여 모듈을 수정·보완하였다. '빛'주제의 모듈의 경우에 레이저 포인터에 대한 유의사항들을 자세히 써서 학생들에게 강조할 필요가 있다는 의견과 도로반 사체에 레이저 포인터의 빛을 입사시키는 활동의 경우에 실험테이블 주위에 차단 장치를 설치하는 것이 좋겠다는 의견 등을 모듈에 반영하여 수정하였다. 이러한 과정을 거쳐서 물, 열, 빛, 운동, 물질관련 모듈을 완성하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중등학생의 탐구능력 향상을 위한 실생활 소재 중심의 탐구모듈을 개발하였다. 과학지식을 암기하고 과학적 원리를 실험을 통해서 확인하는 요리책과 같은 과학 실험을 지양하기 위해서 새로운 탐구적 과학교육의 방향을 선도해 나갈 실험모듈을 제작하고자 하였다. 과거의 과학수업은 목표만 탐구적 실험이지 내용상으로는 과학적 원리를 확인하는 과정을 그대로 답습하는 기구조작 수준을 크게 벗어나지 못하는 것이 많았다. 탐구과정에 있어서도 기존의 탐구학습이라 하면, 가설 검증 수업모형에 의거한 '실험하기'기능에 초점을 맞추어 생각해 왔으나, 본 모듈 내 활동들은 낱알의 탐구기능요소별로 그 기능을 훈련시키는 데 초점을 맞추고 있으므로, 기존의 탐구 실험들과도 많은 차별성이 있다. 따라서 본 모듈과 같은 형태의 탐구실험들이 학생들을 과학의 과정에 초대함으로써 날로 하락하는 학생들의 과학에 대한 흥미를 증가시킬 수 있을 것으로 기대해 본다. 특히 개발된 모듈들은 학생들이 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 소재와 재료들을 사용하였으므로, 기존 탐구 실험을 좀 더 친숙하고 부드럽게 학생들에게 다가갈 수 있게 제작하였다. 이런 모듈의 개발은 실생활소재 과학 탐구 실험 모듈 형태로 개발했다는 새로운 시도로 그 의미를 찾을 수 있다.

각 탐구모듈의 본 모듈을 현장 물리 교사에게 워크

샷을 통해 모듈의 목표, 내용, 활용 측면에서 평가를 받았는데, 모듈의 목표 측면에서는 흥미도, 과학개념 습득, 과학탐구능력 향상에서 78 %의 긍정적인 평가를 받았고, 내용 측면에서는 실생활소재의 사용, 다른 탐구실험과의 차이점, 탐구기능요소의 적절성에서는 77 %의 긍정적인 평가를 받았다. 활용 측면에서는 7차 교육과정에서의 활용, 8차 교육과정에서의 도입에서 71 %의 긍정적인 평가를 받았다. 7차 교육과정에서의 활용가능한 시간은 클럽활동시간이 가장 많았으며, 그 외 과학 영재반 수업에도 활용가능하다는 평가가 있었다. 따라서 본 모듈이 과학 영재학생들의 과학탐구능력향상에 도움을 줄 수 있는지 실제로 적용해 보는 것도 의미 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

국문 요약

이 연구는 중등학생의 탐구능력 향상을 위한 실생활 소재 탐구모듈 개발 연구이다. 실생활소재를 사용하여 물, 열, 빛, 운동, 물질과 관련된 물리내용으로 모듈을 구성하였는데, 각 모듈 당 4-6개의 관련 활동들이 포함되어 있고, 각 모듈은 학생용 실험서와 교사용 지도서로 구성되어 있다. 모듈을 현장 물리 교사에게 워킹샷을 통해 모듈의 목표, 내용, 활용 측면에서 타당도 평가를 받았는데, 모듈의 목표 측면에서는 79 %의 긍정적인 평가를 받았고, 내용 측면에서는 77 %, 활용 측면에서는 71 %의 긍정적인 평가를 받아, 전체적으로 74 %의 긍정적인 평가를 받았으며, 모듈의 개선점, 보완점등의 설문은 바탕으로 수정·보완하여 모듈을 완성하였다.

참고 문헌

- 강순자, 권주희, 여성희 (1999). 법률학적 모형에 의한 STS 프로그램이 고등학교 학습부진아의 학업성취도와 태도에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 19(2), 248-255.
- 강순자, 최경희, 이정아 (1994). STS 자료를 이용한 생물수업이 학생들의 학습 성취도와 태도에 미치는 영향. 한국생물교육학회지, 22(2), 225-236.
- 교육부 (1992). 고등학교 교육과정. 서울: (주)대한교과서.
- 교육부 (1997). 과학과 교육과정. 서울: (주)대한교과서.
- 교육부 (1999). 과학과 교육과정. 서울: (주)대한교과서.
- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순 (1998). 과학교육론. 서울: 교육과학사.

김창식, 이화숙, 권재술, 김영수, 김찬중 (1991). 과학학습 평가. 서울: 교육과학사.

박승재 (1992). 과학교육과 탐구실험. 충북대학교 과학교육연구소 과학교육연구논총, 9, 83-91.

임채성 (2002). 초등학교 ‘과학’ 교과서와 ‘실험 관찰’ 생활영역의 탐구요구수준 분석. 2002년 한국생물교육학회 하계 학술발표대회 초록집. 한국생물교육학회.

정완호, 권용주, 김영신 (1993). STS 교육운동의 국내 연구 경향 분석과 적용 방안에 관한 조사 연구. 한국과학교육학회지, 13(1), 66-79.

조희형 (1994). 과학-기술-사회와 과학교육. 서울: 교육과학사.

진성욱, 이제용 (1998). 생활 주변 자료의 활용이 과학 지식, 탐구 능력 및 과학적 태도에 미치는 영향. 한국초등과학교육학회지, 17 (2), 113-121.

최경희 (1996). STS 교육의 이해와 적용. 서울: 교학사.

최경희, 김추령 (1995). STS 수업방법과 전통적 수업방법에 의한 중학교 학생들의 과학 성취도 및 과학과 관련된 태도변화에 관한 연구. 물리교육, 13(1), 17-22.

한안진 (1995). 현대 탐구과학교육. 서울: 교육과학사.

AAAS(American Association for the Advancement of Science). (1993). Science A Process Approach II. Huson, N.H: Delta Edu. Inc.

Bob, C., & Fred, L. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situations. International Journal of Science Education, 22(3), 239-252.

Bybee, R. W. (1986). Science-Technology-Society: An essential theme for science education. In R.K. James (Ed.)

Science technology and society: Resource for science educators Columbus, Ohio: Association for the Education of Teachers in Science and AMEAC Information Reference Center.

Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. (1989). Science Instruction in the middle and secondary schools (2nd Ed). Columbus, OH: Merrill Publishing Company.

Dlamini, B., Lubben, F., & Campbell, B. (1996). Liked and disliked learning activities: responses of Swazi students to science materials with a technological approach. Research in Science and Tecnological Education, 14 (2), 221-235.

Herron, M. D. (1971). The Nature of Scientific Inquiry. School Review, 2, 171-212.

Kyle, W. C Jr. (1980). The distinction between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of the distinction, Journal of Research in Science Teaching, 17, 123-130.

Welch, W. W., Klopfer, L .E., Aikenhead, G. S., & Robinson J. T. (1981). The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations. Science Education, 65(1), 33-50.

Yager, R. E. (1997). Science/Technology/Society as reform in science education. Albany, NY: State University of New York Press.

Yager, R. E., & McCormack, A. J. (1989). Science Education, Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education. Science Education, 73(1), 45-58.