

# 과학영재교육센터 운영 사례

이 군 현  
정 병 훈  
김 수 용

## I. 과기원 과학영재교육센터

### 1. 설립취지

1960년대말 이후 중학교가, 1970년대초 이후 고등학교가 평준화정책이 실시된 이래 지난 30여년 동안 교육의 탁월성을 추구할 수 있는 제도적 장치가 없음으로 인하여 교육의 질이 저하되어 왔다. 1960~70년대에는 제조·조립 기술에 의해 수출이 신장세를 보이면서 국가 경제가 그럭저럭 버티어 낼 수 있었으나, 정보화 시대가 도래함에 따라 기초과학기술과 창의적 사고력 교육의 결여로 인하여 두뇌집약적 산업의 취약으로 소유권 사용료는 급증하면서

- \* 철학박사, 한국과학기술원 교수
- \*\* 철학박사, 정주교육대학교 교수
- \*\*\* 철학박사, 한국과학기술원 교수

1990년대 들어와서 국가경제는 극도로 어려워 졌다.

이에 1995. 5. 10 교육개혁위원회 조치에 의하여 국가경쟁력 제고 차원에서 대학부설 영재교육센터의 설립이 제의 되었고, 이에 과학기술처에서는 수학과학분야의 영재를 육성하기 위하여 대학부설 과학영재교육센터를 추진하게 되었다. 따라서 본 수학과학영재교육센터는 수학과학분야에 탁월한 재능을 가진 학생들을 체계적으로 발굴·육성하여 수학과학분야의 세계적 수준의 과학자가 될 수 있도록 돕는데 그 취지가 있다.

## 2. 목적

- 예비 과학자로서 필요한 창조적 사고력 함양
- 예비 과학자로서 필요한 고차적 사고기능 함양.
- 긍정적 가치관과 자신감 획득.
- 문제접근의 태도, 습관의 변화 유도.
- 국가의 과학기술을 선도할 창조적 과학두뇌 양성.

<Bloom의 교육목표 분류 모형에 의한 일반교육과 영재교육의 강조점 비교>

일반교육	영재교육
	평가력 (창조적 사고력)
평가력	종합력
	분석력
종합력	
분석력	적용력
적용력	이해력
이해력	지 식
지 식	

자료 : Davis와 Rimm, Education of the Gifed and Talented, Englewood Cliff, N.J.:  
Prentice-Hall, Inc., p.169.

### 3. 설립 추진 경과

1995. 5. 31      교육개혁위원회가 대학에 「영재교육센터」 설치·운영을 지원한다는 내용을 대통령께 보고.
1995. 6.            과학기술처가 과학기술정책관리연구소(STEPI)를 통하여 정책연구과제로 「교육개혁에 부응하는 과학영재교육센터 육성방안연구」 시행.
1996. 5.            동 연구보고서 완료. 과학기술처, 과학기술원, 과학재단이 과기원부설 과학영재교육센터 설립방안 실무협의.
1997. 2. 15        과학기술처가 과학영재교육센터 시범사업으로 과학재단과 과학기술원에 과학영재교육센터설립 추진계획 보고 지시.
1997. 4. 29        과학재단으로부터 과학영재교육사업(시범사업) 승인공문 접수.
1997. 6. 14        과학기술원이 대전광역시교육청에 시범사업관련 협조공문 발송.
1997. 8. 22        교과과정개발(안) 전문가 세미나 개최.
1997. 8. 28        대전광역시교육청으로부터 지원자 198명 명단접수.
1997. 9. 3         수학·과학 창의적 문제해결력 검사 실시.
1997. 9. 8         교육대상자 50명 입학사정완료.
1997. 9. 20        입학식 및 수업개시.

#### 4. 교육과정운영의 실제

##### 1) 교과과정개발

수학과 과학으로 구분하여 각각 약 32시간 분량으로 개발하였다. 현행 교육과정의 내용과 수준을 고려하되 학생 각자의 수준에 적합한 고차적 사고기능을 개발할 수 있는 내용에 중점을 두었다. 본 시범사업은 한학기(4개월)의 시범수업이므로 수학과학의 모든 영역을 다루는 것보다는 난이도를 고려한 창의력 개발, 활동중심, 실험중심의 교과과정을 개발함을 원칙으로 하였고 현재의 제 6차 중학 교과과정을 기초로 하되 다음의 영재교육과정개발 원칙을 강조하여 심화과정을 개발하였다.

- 다 음 -

- 창의적 사고력
- 확산적 사고력
- 기본적 개념과 원리
- 비판적 사고력
- 학년보다 학력 수준
- 내용의 추상성과 정교성
- 단순 주입식의 내용중심(content dimension)보다는 과정중심(process dimension)의 교과과정
- 문제해결능력

과학지도자로서의 미래지향적 인성교육(leadership)을 실시(월에 1회정도)하여 지식과 사회성을 겸비하도록 하였다. 그리고 과학영재 학부모의 역할 강화를 통한 학습의 시너지효과를 세고하도록 하였다.

##### 2) 학생선발

학생선발 방법은 1차로 8월 30일에 대전시 교육청이 대전시 과학교육원 주최 수학·과학

경시대회 결과를 참조하여 대전 시내 66개 중학교 2학년 학생들 중 약 200명 정도를 추천을 하였다.

9월 3일 수학·과학 창의적 문제해결력 검사를 실시하였다. 수학·과학 창의적 문제해결력 검사는 각 45분, 자기진술서 작성 30분으로 진행되었다. 입학사정은 센터 소장 및 자문위원 5명이 었다. 사정기준은 수학 창의적 문제해결력 검사 100점, 과학 창의적 문제해결력 검사 100점, 자기진술서 30점으로 하여 230점 만점을 기준으로 하였고 수학·과학 내신 성적과 IQ 및 행동특성 등을 참고로 하여 수학과 과학에서 상위 각각 25등에 드는 학생 50명을 선발하였다.

### 3) 수업 방식

학생들을 수학교육과 과학교육, 두 개 그룹으로 나누고, 각 그룹을 M1, M2, S1, S2 등 4개 반으로 나누어 지도하고 있고 있으며, 각 그룹의 인원은 12~13명 정도이다. 수업은 토요일에 실시하고 있으며, 각 그룹의 주당 수업시간은 2시간(월 8시간)을 원칙으로 하고 있으며, 주당 수업 시간의 양은 지도교수가 주제에 따라 다소 탄력적으로 운영하고 있다. 강사진은 과기원 교수, 과학고 교사, 교육청 장학사, 과기원 학생들이며, 주제별 내용에 따라 개별적 또는 team teaching을 하고 있다. 초기에는 비교적 단시간을 요하는 기초적 문제에서 점차 장시간을 요하는 심화문제로 지도하고 있다.

### 4) 교육결과 평가

교육결과에 대한 평가는 각 수업마다 강사들이 제출하는 평가서와 학생 설문서를 종합하여 평가할 것이다.

## II. 외국의 대학부설 과학영재교육센터

### 1. University of Iowa 영재교육센터

Belin내외와 Blank내외가 Colangelo교수에게 석좌교수 지원기금으로 시작하게 되었다.

1980년대에 첫 연구를 시작하여 1988년 개소된 이 연구소명은 The Belin and Blank Center이고, 소장은 Dr. Nicholas Colangelo(사범대학 영재교육 교수)이다.

1995년부터 세계영재학회(the World Council for Gifted and Talented Children)의 본부(head-quarter)를 이 연구소로 옮겼으며, 소장 Colangelo교수가 사무총장(executive administrator)으로 임명되어 현재까지 오고 있으며 세계 영재교육의 국제적 교류와 활성화의 중심역할을 담당하고 있다.

연구소는 초중고 영재(주로 수학, 과학)의 교육(연간 초중고 학생 약 700명 교육)과 영재교육 담당 교사 교육 및 연수, 영재연구, 영재교육의 국내·외적 보급, 지도, 교류 등을 주로 한다. 학생선발 방법은 Iowa Test of Basic Skills를 실시하여 선발하고, 교육과정은 담당교과목 교사와 교수가 공동으로 한다. 그외에 각종 교육 및 심리검사 시행(학업성취도검사, 학업적성검사, 표준화 심리검사 등), 영재 학생 개별 profile 작성 연구, 가족, 부모 상담 업무 및 부모 교육, 워크숍 등의 교육 및 평가활동과 세계 영재교육자 심포지움, 세미나, 전국 영재지도자 회의, 전국 영재학생, 교사 초청 간담회, 주정부 창의성 경연대회, 지역 고등학교 수학경시대회 등을 주관하고 있다. 그리고 영재교육에 대한 각종 연구, 연구결과의 출판도 하고 있다.

예산은 전임직 직원인 경우는 주정부예산에서 지원을 해주고 있고 그외의 예산은 각종 지원금에 의해 운영되고 있다.

## 2. Johns Hopkins University 영재교육센터

수학, 과학, 인문학 세영역의 영재육성 및 국가경쟁력 제고의 취지아래, 1972년에 Dr. Julian Stanley 교수에 의해 최초로 설립되어 1979년 CTY가 정식으로 시작되었다. 연구소명은 처음에는 Center for Talented Youth(CTY)로, 현재는 명칭을 IAA(the Institute for the Academic Advancement of Youth)로 바꾸었고 그 산하에 CTY와 CAA(Center for Academic Advancement) 두 기관을 운영하고 있다. 연구소 소장은 Dr. William Durden이다.

직원은 전임직 80명, part time직 800명으로 강좌에 따라 다소 유동적이다. 연구소의 예산

은 등록금이 주수입이고, 연구수탁(일부), 책판매(일부) 등에 의존한다.

주교육대상은 중1(7학년) ~ 고3까지이고 5, 6학년 중 우수학생도 응시가능가 가능하고, Baltimore-Washington지역은 초등 2, 3, 4학년도 가능하다. 학생수는 전국적으로 4000명 정도이고, 응시자수는 총 60,000명에 이른다. ETS 주관 standardized aptitude or achievement test(SAT1)의 상위 3%이내 인 학생들이 응시가능하고, 초등학교 학생들은 CTY가 주관하는 PLUS Academic Abilities Assessment를 치루어서 선발한다. 20개주 거주 학생(주를 지정)들이 시험에 응시할 수 있으며, 지정 날짜와 장소에서 보거나(년 2회) 또는 computer(년 2회)로 인근지역에서 볼 수 있다.

수업시간은 대부분 여름방학에 하고, 대부분 2~3주(1일 5~6시간, 주5일)정도를 한다. 지도교사는 교수, 교사, 연구소 연구원, 대학 및 원생들이다. 프로그램당 등록금은 중고등 학생은 \$2000(숙식비 포함)정도 된다. 교육평가는 자체적으로 한다. 시설공간은 Johns Hopkins 대학인근 건물임대해서 사용하고 있다.

### Ⅲ. 과학영재교육의 수업의 실제

#### (관찰과 실험을 통한 창의적 이론 모형 고안 훈련 프로그램)

##### 1. 프로그램의 이론적 배경과 구성

대전지역 학생들을 대상으로 과기원 과학영재교육센터에서 실시하고 있는 창의적 이론 모형 고안 훈련 프로그램은 앞서 교육과정에서 제시한 ① 창의적 사고력, ② 확산적 사고력, ③ 기본적 개념과 원리, ④ 비판적 사고력, ⑤ 학년보다는 학력 수준, ⑥ 내용의 추상성과 정교성, ⑦ 단순 주입식의 내용중심보다는 과정중심, ⑧ 문제해결능력 등의 원칙들을 학생들이 가능하면 종합적으로 스스로 수행할 수 있도록 개발한 것이다. 이러한 훈련 프로그램의 이론적 배경에는 과학의 성격과 본질에 관한 과학철학 및 과학사적 관점, 과학활동과 과학자들이 지니고 있는 심리적, 사회적 특성에 관한 과학사회학적 관점, 학생들의 개념 형성과 개념의 유형, 사고의 변화에 관한 구성주의적 과학학습론적 관점 등이 있으며, 이를 바탕으로 주제의 선택, 수업의 조직과 진행, 실험 방법 등을 구성하였다.



관찰과 실험의 주제와 사용된 소재들은 생활 주변에서 쉽게 발견하고 이용할 수 있는 것들을 선택하였고, 문제를 해결하는 방법이나 이론적 설명은 가능하면 전혀, 혹은 거의 제시되지 않았다. 또한 학생들은 구성원 사이의 집단적 상호작용 - 특히 토론 - 을 통하여 문제해결을 할 수 있도록 하였다. 이렇게 학생들은 간단한 현상 속에서 실제 전문적 과학활동에서 직면하는 유형의 문제해결 방식을 경험하고 이론의 타당성을 놓고 합리적 판단을 하는 의사결정 과정을 거쳐, 주어진 여건에서 최선의 이론적 모형을 선택하게 된다. 수업을 이러한 방식으로 구성하게 된 근거는 다음과 같다:

첫째는 일상 생활에서 관찰되는 소재야말로 가장 쉽게 과학 활동에 접근할 수 있는 도구가 되기 때문이다. 많은 연구결과에 의하면 대부분의 학생들이 과학활동, 혹은 과학적 탐구가 실험실이나 연구실 상황에서만 이루어진다고 생각하고 있으며 과학학습도 교실이나 과학실 상황에 친숙한 반면 학교 밖이나 가정 등 일상 생활 속에서는 교실에 배운 과학의 개념과 사고를 잘 적용하지 못하고 있다. 따라서 오직 실험이나 과학수업만을 위해 제작된 실험 기기만이 과학적 탐구를 할 수 있는데 유용하다는 사고를 갖게 되고, 일상 생활의 주변에서 발견되는 소재가 갖고 있는 과학적 원리와 활용에 대해서는 무지에 가까운 경우가 많다. 그러나 실제로 과학적 탐구는 질문이 시작되는 어느 곳에서도 이루어지며, 그 질문은 간단하고도 현실적인 상황 속에서 출발한다.

둘째로 일상적 소재는 과학적 추론에 있어서 학생들 수준에 맞는 어렵과 근사뿐만 아니라, 경우에 따라서는 간단한 도구만으로도 놀라운 정도의 정밀도를 지닌 측정도 가능하다. 정밀한 측정을 하는데 반드시 고가의 장비가 꼭 필요한 것이 아니며, 변인들 사이의 대략적인 관계를 얻는데 정밀한 장비는 오히려 학습에 부담을 줄 수 있다. 예컨대 매일 오전 일정한 시각에 떠있는 태양의 위치를 집에서 벽에 수개월간 기록하는 것만으로 일년 시간을 수천분의 일 초 정도의 정밀도로 측정할 수 있다. 이것이 바로 과거에 원시 고대의 인간들이 정밀한 시계가 없이도 측정하였던 방법이었으며, 이러한 방법은 오늘날 어느 누구도 간단하게 할 수 있는 시간의 측정이다. 이를 통하여 학생들은 시간의 의미와 측정 방법, 이를 통하여 지구의 운동을 이해할 수 있다. 이렇게 일상적 소재들이 넓은 범위의 관찰과 측정의 가능성을 지니고 있기 때문에 학생들은 필요에 따라서 어떤 것을 선택해야 하는지 스스로 판단해야 한다. 그뿐만 아니라 일상적 소재로부터 필요에 따라 기능을 변형하거나 다른 용도로 제작할 줄 아는 능력

이 있어야 한다. 이것은 과학에 있어서 창의적 탐구를 수행하는데 매우 필요한 능력 중의 하나이다. 아인슈타인이 ‘과학자는 노동자의 옷을 입은 철학자’라고 했을 때 그것은 바로 이러한 과학의 성격을 표현한 것이라고 할 수 있다.

셋째로 문제해결에 있어서 학생들은 ‘이미 존재하고 있는 답’에 너무 익숙해져 있어서 열린 해를 찾는 일을 대단히 어려워 한다. 우리가 학교 수업을 통하여 배운 것은 어떤 문제에 대한 해답은 오직 하나이며, 그것을 얻는 방법도 유일하게 한 가지이고, 그리고 그 답은 절대로 틀리지 않다는 생각이다.(학생들은 단지 그 답을 모를 뿐이고 따라서 학생들이 해야 할 일은 어디엔가는 써 있을 그 답을 찾아 내는 일이다) 그러나 실제 역사를 통하여 과학에서 발견되었던 이러한 사례들은 극히 드문 예외적인 경우에 불과하다. 대부분의 경우 문제에 대한 해답은 여러 가지가 있을 수 있으며, 오직 한가지의 해답이 있다고 하더라도 그것을 얻는 방법에는 여러 가지 접근법이 있고, 경우에 따라 접근법과 제한 조건에 따라 다양한 해답의 가능성이 존재한다. 그리고 그렇게 얻어진 해답 역시 그것이 인간의 지적 활동의 소산인 한에 있어서 지식과 기술의 변화에 의존하는 잠정적인 것이다. 이런 의미에서 학생들이 해답을 스스로 구성해 나아간다는 경험은 대단히 중요한 것이다.

넷째로 일상적 소재를 주제로 한 열린 탐구는 과학활동에서 필요한 여러 과정들을 경험하게 한다. 즉 관찰을 통하여 현상의 규칙성을 발견하고, 그 규칙성이 적용되는 경우와 그렇지 않은 경우를 구분하여 규칙성에 영향을 주는 요인들을 선별하고, 그 요인들을 변화시켰을 때 나타나는 변칙의 사례들을 찾아내는 과정은 과학적 탐구활동의 가장 기초를 이루는 부분이다. 이를 통하여 학생들은 요인들 사이의 관계를 추론하게 되고 이를 바탕으로 현상을 설명할 이론적 모형을 구성한다. 이 과정에서 학생들은 실제 현상을 이상화, 혹은 추상화하는 과정을 거치게 된다. 여기서 중요한 것은 현상의 세계를 이상화 하는 과정에서 변인들을 통제하여야 한다는 점인데, 이때 학생들은 현상의 규칙성에 결정적인 영향을 주는 요인들과 작은 영향을 주는 요인들, 그리고 거의 영향을 주지 않는 그래서 무시할 수 있는 요인들을 구분할 수 있어야 한다. 그러나 실험실 상황, 혹은 교과서의 상황은 이러한 요인들이 극도로 통제되어 있는 상황이다. 예를 들면 병렬로 연결된 전구의 밝기는 하나일 때의 밝기와 같다고 교과서에 설명되어 있다. 그러나 실제는 정도의 차이가 있지만 밝기가 변화한다. 교과서 대로 밝기가 변화하지 않기 위해서는 교과서가 언급하지 않은 ‘특별한 장치’ - 건전지가 아닌 전원공급장치

가 필요하다.(그런데 대부분 교과서의 실험은 건전지로 하게 되어 있다) 이러한 변칙의 사례는 교과서에 언급되어 있지 않기 때문에 여기에 직면하여 교사는 그 원인을 전구나 전선의 탓으로 돌리거나, 간단히 무시해 버린다. 심지어 이미 교과서의 해답을 알고 있는 교사나 학생들은 밝기가 전혀 변하지 않았다고 우기기까지 한다. 그러나 밝기가 변하지 말아야 하는 것과 실제로 밝기가 변화하지 않는 것은 완전히 다른 것이다. 전자는 이론에 바탕을 둔 심리적인 것이고(이것을 ‘사고에 기초한 반응’이라고 한다), 후자는 관찰된 사실(이것을 ‘증거에 기초한 반응’이라고 한다)이다. 사실의 세계와 인식의 세계 사이의 이러한 불일치의 문제는 사실의 세계를 통제하거나 인식의 세계를 수정해야 하여 이들을 일치시키는 과정으로 인도한다. 이상화된 상황이나 통제된 상태가 현상의 규칙성을 쉽게 발견하고 이를 통하여 과학적 개념을 투명하게 인식할 수 있다는 장점이 있으나, 우리가 경험하는 것은 그러한 상황이 아닌 일상적 세계이다. 따라서 교실에 과학을 대단히 잘하는 학생들이라고 하더라도 실제 상황에서는 과학적 접근을 매우 어려워 한다.

다섯째로 학생들은 자신이 구성한 이론을 문자와 언어로 논리성 있게 표현할 수 있어야 하며, 타인으로부터 그 합리적 타당성을 인정받아야 한다. 이것이 과학적 이론의 발전에 있어서 ‘발견의 맥락’과 ‘정당화의 맥락’ 중 후자에 속하는 활동인 것이다. 여기에는 학생들의 보고서 쓰기, 연구 논문의 작성뿐만 아니라, 토론과 의사소통, 다양한 해결 방식에 대한 합리적 의사결정, 대립되는 이론에 대한 타당성을 논리적으로 검증하고 설득력있게 반박하는 작업, 자신의 이론을 방어하고 그 타당성을 입증하는 작업 등이 포함된다. 이것은 우리가 전통적인 과학 수업에서 실시하지 않았던 부분이지만 전문적 과학활동을 하는 과학자들에게 있어서 필수불가결한 과정인 것이다.

이상과 같은 근거에 따라 프로그램은 단계적으로 학생들이 스스로 이론을 구성하도록 하였다. 비록 학생들의 이론적 모형이 완벽한 과학적 이론으로 구성되지 못하였다고 하더라도 학생들에게 주어진 여건과 실험 상황, 제한된 지식이 수준 등을 본다면 그것은 당연한 것이며 오히려 중요한 것은 그들의 경험인 것이다. 이런 의미에서 본 프로그램에서는 상급 학년의 수준을 미리 배우는 속진학습의 형태를 택하지 않고 현재 학생들의 사고 수준과 능력, 교육과정의 내용으로부터 심화되고 짜임새 있는 이론의 열개를 구성하는 방식을 선택하였다. 학생들은 다음과 같은 과정을 통하여 실험을 수행하였다:

- ① 학생들은 주제와 관련된 일련의 현상을 관찰하고 현상에 영향을 주는 요인들을 구분한다.
- ② 관찰과 실험을 통하여 이를 종합적으로 설명할 수 있는 이론적 모형을 고안한다.
- ③ 고안된 이론적 모형의 논리적 근거를 제시하도록 하고, 그 타당성을 입증할 수 있는 실험방법을 제안해야 한다.
- ④ 토론과 논쟁을 통하여 제안된 이론적 모형의 타당성을 근거있게 주장, 혹은 반박함으로써 '경쟁하는 이론들의 바다' 속에서 최선의 패러다임을 선택하는 합리적 의사결정을 한다.
- ⑤ 토론이 끝나면 담당자에 의해 이론들에 대한 평가와 논평이 이루어진다.
- ⑥ 학생들은 구성된 이론을 바탕으로 실생활과 기술에 실질적으로 응용할 수 있는 기계나 장치등을 제안하고, 담당자는 주제와 관련하여 스스로 계속 연구할 고급의 과제를 부여한다.

## 2. 실험의 주제와 수업의 사례

수업에서 실시한 실험은 모두 5주 분량으로 그 주제는 다음과 같다:

- ① 주름잡힌 호스에서 나는 소리
- ② 포크와 스푼의 차이점과 구리관 속에서 낙하하는 자석의 운동
- ③ 공기렌즈를 이용한 빛의 굴절과 물 속에서 휘는 빛
- ④ 빛과 그림자
- ⑤ 에너지의 변환과 열전쌍 효과

수업은 현재 계속 진행 중이기 때문에 여기서는 주제 ①과 ②에 대해서만 소개하기로 한다. 주제 ①은 여러 종류의 호스를 돌렸을 때 특별한 모양을 지닌 호스에서 나오는 독특한 소리를 관찰하여 소리의 발생 원인과 소리의 변화 원인을 찾아내고, 이에 영향을 주는 요인들을 추출하여 이들 사이의 관계를 이론적으로 구성하는 활동이다. 실험 활동은 다음과 같은 순서로 수행된다:

1) 주제: 주름잡힌 호스에서 나는 소리

가) 실험 및 관찰

1. 여러 가지 호스를 돌려보고 어떤 종류의 호스에서 어떤 소리가 나는지, 어떤 소리의 특성이 있는지 자세히 기록한다

- ① 세탁기용 호스:
- ② 주름잡힌 수도물 호스:
- ③ 주름없는 수도물 호스:

2. 호스의 굵기에 따라 소리가 어떻게 달라지는지 기록한다.

- ① 굵은 호스:
- ② 가는 호스:

3. 호스의 회전속도에 따라 소리가 달라지는 방식을 느낀대로 써라. 호스의 회전속도를 천천히 변화시킬 때 소리는 어떻게 달라지며, 소리의 변화가 몇번이나 생기는가?

- ① 소리 변화의 특징:
- ② 소리의 변화(음색)과 회전수의 관계를 그래프로 대략 그려라.



4. 호스의 길이에 따라 소리가 어떻게 달라지는지 긴 것, 중간 길이, 짧은 것으로 나누어, 천천히 호스를 돌릴 때 나는 가장 낮은 음을 기준으로 서술하라. 또한 호스의 길이가 길어지면 소리 변화의 횟수도 달라지는가?

나) 추론과 가설

1. 호스에서 특이한 소리가 나는 원인이 공기흐름의 어떤 것 때문이라고 생각하는가? 자기의 생각을 쓰고, 그 이유를 설명하라. 또한 자기의 생각이 타당하다는 것을 입증할 수 있는 실험방법을 제시하고, 특이한 소리가 나지 않은 호스와 비교하여 설명하라.
  - ① 소리의 발생 원인은 무엇인가?
  - ② 판단의 근거와 입증할 수 있는 방법은 무엇인가?
2. 음색이 길이에 따라서 달라지는 이유가 무엇이라고 생각하는가? 자기 생각을 쓰고, 그 근거를 설명하라. 또한 자기의 판단이 옳다고 입증할 수 있는 실험방법을 제시하라.
  - ① 소리 변화의 원인은 무엇인가?
  - ② 판단의 근거와 입증할 수 있는 방법은 무엇인가?
3. 음색이 회전수에 따라서 달라지는 이유가 무엇이라고 생각하는가? 자기 생각을 쓰고, 그 근거를 설명하라. 또한 자기의 판단이 옳다고 입증할 수 있는 실험방법을 제시하라.
  - ① 소리 변화의 원인은 무엇인가?
  - ② 판단의 근거와 입증할 수 있는 방법은 무엇인가?
4. 이제 여러분은 '소리의 발생'과 '소리의 변화'에 대해 각각 자기 나름대로의 이유를 지니게 되었다. 호스 속에서 공기의 흐름과 관련하여 호스에서 나는 소리에 대한 이 두가지 현상을 종합적으로 설명할 수 있는 이론적 모형을 고안하고 이것이 옳은지 시험할 수 있는 방법을 제시하라. 자신의 주장에 대해 친구들과 토론하여라.
  - ① 자신의 이론
  - ② 검증할 수 있는 방법

다) 연구과제

1. 오페라를 부르는 성악가들이 높은 음을 낼 때 유리잔을 깨뜨릴 수 있다. 왜 유리잔이 깨질까? 왜 특정한 높이의 음에 도달할 때 유리잔이 깨질까?
2. 뜨거운 난로 위에 물방울을 떨어뜨리면 물방울은 이리 저리 굴러다닌다. 뜨거운 난로 위의 물방울은 왜 빨리 수증기로 변하지 않고 오래동안 굴러다니는가? 굴러 다니는 물방울을 항상 동그란 모양을 가지고 있는가?

2) 포크와 스푼의 차이점과 구리관 속에서 낙하하는 자석의 운동

가) 관찰과 추론

(1) 관찰활동 1

① 자석 위에 생긴 쇳가루의 배열을 자세히 그려라.



② 두 개의 자석에 의한 쇳가루의 배열을 그려라.



- ③ 쇳가루의 배열은 무엇을 나타내는가? 그것을 무엇이라고 부르는가?
- ④ 쇳가루가 매우 작아서 눈으로 보기 어려울 정도로 작아지면 쇳가루의 배열은 어떤 모습이 될 것인지 그려 보고, 이를 토대로 자석 주변의 공간이 어떻게 될 것이라고 이야기 할 수 있는가?



\* 여러분의 결론을 전하나 질량을 지닌 물체 사이에 작용하는 힘에 대한 생각으로 확장해 보아라.

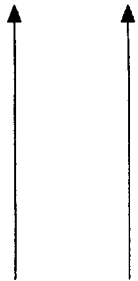
(2) 관찰활동 2

- ① 도선에 배터리를 연결하여 전류를 흘렸을 때 도선 위, 혹은 아래에서 나침반의 바늘이 어떻게 변화하였는가?
- ② 전류의 방향을 바꾸면 나침반의 바늘이 어떻게 변화하는가?
- ③ 관찰 결과로부터 도선에 전류를 흘리면 도선 주변에 무엇이 생긴다고 생각할 수 있는가? 그것은 전류의 방향에 따라 달라지는가? 또 전류의 방향과 도선 주변에 생긴 것의 방향을 설명할 수 있는 법칙을 고안해 보아라.

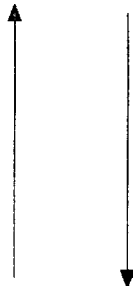
(3) 관찰활동 3

- ① 알루미늄 호일로 만든 리본 두장에 전류를 흘릴 때 리본은 어떻게 움직였는가? 그것은 전류의 방향에 따라 어떻게 달라지는가?
- ② 두 도선에 전류를 흘릴 때 두 도선 사이에 자기장의 방향과 세기를 표시하고 힘이 작용하는 이유를 설명하라.

같은 방향일 때



다른 방향일 때





(4) 관찰활동 4

- ① 솔레노이드에 전류계를 연결한 후, 솔레노이드에 자석을 왕복시키면 전류계가 어떻게 변화하는가?
- ② 솔레노이드에 자석을 왕복시키면 매달린 솔레노이드는 어떻게 되는가? 자석이 솔레노이드에 힘을 작용한다고 생각하는가?
- ③ 짧은 구리관 속에 자석을 왕복하면 어떤 현상이 일어나는가? 이것이 위의 ①과 ②에서 관찰한 것과 어떤 관계가 있다고 생각하는가?

(5) 관찰활동 5

- ① 동판 진자가 자석 사이에서 진동할 때, 잘 진동하는 것과 금방 멈추는 진자 모양의 차이점은 무엇인가?
- ② 진자의 모양이 진동에 영향을 주었다고 생각하는가? 앞서 관찰한 활동을 토대로 설명하여라.

(6) 관찰활동 6

- ① 구리관에 자석을 낙하시키면 시간이 얼마나 걸리는가? 이것은 자유낙하할 때보다 왜 더 느린가?
- ② 세로로 틈을 낸 구리관에서는 왜 자석이 더 빨리 떨어지는가? 그 이유를 설명할 수 있는 이론을 이제까지 관찰을 토대로 구성해 보아라.

나) 종합적 결론과 이론적 모형

- ① 도선에 전류가 흐르면 주변에 무엇이 생긴다고 할 수 있는가? 전류의 방향과 주변에서 생긴 것의 방향을 어떤 관계에 있는가?
- ② 자석의 운동에 의한 자기장의 변화가 도선에 무엇을 유도하는가? 자기장의 방향과 전류의 방향에는 어떤 관계가 있는가?
- ③ 위의 두 현상이 같이 일어난다면 어떻게 되겠는가? 처음의 자기장 혹은 전류의 변화는 나중에 생긴 자기장 혹은 전류와 어떤 현상을 만드는가?
- ④ 동판 진자나 구리관에서 틈을 낸 것은 어떤 효과를 주었다고 생각하는가? 여러분의 이론으로 설명하여라.

다) 연구과제

- ① 구리관에 낙하하는 자석이나 동판 진자로부터 여러분이 생활에서 응용할 수 있는 장치를 고안하여 보아라.
- ② 변압기의 철심은 왜 얇은 철판을 여러겹 쌓아 만들었는가? 만일 하나의 쇠조각으로 만들었다면 어떤 일이 일어나겠는가?

### 3. 문제점과 개선의 방향

처음 시도하는 프로그램이 지향하는 목표와 기대하는 결과가 수업의 현실이나 효과와 항상 일치하는 것은 아니다. 이 프로그램에서 제시되었던 문제들은 다음과 같다:

- ① 학생들의 관찰과 실험, 조별 토의를 통한 가능한 이론의 구성, 타당성의 증거와 반론에 대한 반박, 담당자의 해설과 과제 부여 등의 과정은 상당한 시간을 필요로 하기 때문에 제한된 2시간을 초과하는 경우가 많다. 따라서 프로그램의 내용을 압축하거나 조의 수를 적정한 수준으로 줄이는 것이 필요하다.
- ② 학생들은 자신의 주장을 근거있게 제시하는 것과 다른 사람의 주장에 대해 논리적으로 반박하는 것에 익숙해 있지 않다. 더욱이 뛰어난 학생들일수록 확신이 없는 자기 생각을 선뜻 내놓으려 하지 않으며, 자신이 주장이 동료에 의하여 공개적으로 반박되는 것을 꺼려 한다. 따라서 장시간의 침묵이 토론을 종종 중단시키기도 하며 서로 눈치만 보는 경우가 많았다. 학생들에게 활발한 토론과 의사소통을 가능하게 해 줄 수 있는 여건과 훈련이 필요하다.
- ③ 학생들이 지니고 있는 이론들은 구조화되어 있거나 정합성있는 열개를 가지고 있지 못하다. 따라서 일련의 현상에 대해 어떤 경우는 설명할 수 있으나 다른 경우에는 그것이 모순이 되는 상황에 자주 직면하게 된다. 이렇게 이론의 자기 모순성을 드러나게 하고 이것을 논쟁과 토론, 질문을 통하여 좀 더 깊은 사고로 유도하는 과정은 잘 훈련된 교사와 조교에 의하여 안내될 수 있다. 여기에는 일반적인 해결 방식이 큰 도움을 주지 못하며, 주제의 성격과 학생들 개개인의 사고 방식, 문제를 직면하게 된 전후의 상황 등에 따라 적절한 해결 방식은 크게 달라 진다.

- ④ 실험의 소재로서 거의 모두 일상적 생활에서 사용되는 것들을 이용하였기 때문에, 사소한 것까지 조의 수에 맞추어 일일이 제작해야 하는 것이 많았다. 따라서 대부분 교구상에서 간단히 주문을 통하여 구입하는 것이 아니라 필요에 따라 가공이나 제작을 해야 하기 때문에 실험을 준비하는 것이 쉽지 않았다.
- ⑤ 학생들이 실험, 관찰, 측정, 제작, 가공 등을 자유롭게 할 수 있는 공간과 설비, 기구들이 시급히 확보되어야 한다. 전용 공간은 반드시 정규 실험실이어야 할 필요가 없으나(그것은 참고라도 상관이 없다) 이 전용 실험실에는 적어도 OHP나 스크린 이외에 실물화상기, 대형 모니터, 이동운반차와 같은 것들이 준비되어 있어야 한다. 경우에 따라서는 학생들에게 필요한 개념을 설명하기 위하여 사전에 준비되지 않은 도구나 기구를 사용해야 할 필요성들이 흔히 생기기 때문에 언제든지 필요하면 즉시 사용할 수 있는 여건이 필요하다.
- ⑥ 학생들 수준에 맞는 다양한 종류의 프로그램이 개발되어 있어야 한다. 같은 내용의 실험이라고 하더라도 다른 여러가지 방법으로 접근할 수 있다. 현재 소개한 프로그램들은 발표자가 그동안 개인적으로 연구하거나 개발, 혹은 조사, 수집한 것들이기 때문에 내용과 수준의 다양성에는 한계가 있다.
- ⑦ 연구에 의하면 소집단 내의 상호작용이 가장 활발한 경우는 3-4명이라고 한다. 2인 1조는 소집단 내부의 상호작용이 매우 단순한 반면, 5인 이상에서는 소외되는 학생들이 생기게 된다. 또한 2인 1조로 편성하면 조의 수가 많아서 조 단위의 발표나 토론, 실험 기구의 준비에 어려움이 많다. 따라서 참여 학생들에게 가장 적절한 소집단의 규모가 어느 정도인지 검토할 필요가 있다.

과학영재아들을 훈련하는 프로그램은 매우 다양할 수 있으며, 여러 특성을 지닌 프로그램들을 통하여 학생들은 과학적 탐구활동을 경험하고, 과학 활동의 본질과 의미를 이해하게 된다. 여기서 제시한 프로그램은 학생들에게 다양하게 접근할 수 있는 여러 프로그램 중의 하나이다. 그러나 이 프로그램을 통하여 학생들은 이제까지 경험하지 못하였던 새로운 과학의 세계를 접하게 되고, 과학자들이 현실에서 부딪치는 문제해결의 상황과 유사하게 조직된 과제들을 수행하게 된다. 이런 의미에서 이 프로그램은 과학영재 교육에 유용하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라 개발의 가능성도 매우 크다고 할 수 있다.