작품번호
1116

제58회 전국과학전람회

학생작품 지도논문연구대회

불국사 범영루 모래시계 모양 돌기둥에 숨겨진
과학적 원리 지도

출품부문 : 물리

2012. 7.

구 분	성 명
지도교사	빈 왕 기
출품학생	신 동 범, 이 성 빈

< 제 목 차 례 >

Ⅰ. 탐구 활동 지도 동기 및 목적 ····· 1
Ⅱ. 탐구 활동 지도의 기저 ····· 2
1. 실태 분석 ····· 2
2. 이론적 배경 ····· 4
가. 교육학적 관점에서의 이론적 배경 ····· 4
나. 탐구활동에서 교사의 역할 ····· 6
다. 선행 연구 고찰 ····· 7
Ⅲ. 탐구 활동 지도의 설계 및 검증 방법 ····· 9
1. 지도 대상 및 기간 ····· 9
2. 지도 내용에 따른 지도 방법 ····· 9
3. 지도 결과 검증 방법 ····· 11
Ⅳ. 탐구 활동 지도의 실제 ····· 12
1. 지도내용1 불국사 범영루에 대한 기초 탐구 ····· 12
2. 지도내용2 모래시계 모양에 숨겨진 물리학적 개념 지도 ····· 14
가. 각 돌기둥 모양의 흔들림에 대한 탐구 지도 ····· 14
나. 각 돌기둥 모양의 기울임에 대한 탐구 지도 ····· 16
3. 지도내용3 범영루 돌기둥을 쌓여진 모양에 대한 탐구 지도 ····· 18
가. 짜맞춰진 엎을장, 받을장이 쌓아올려진 방향에 대한 탐구 지도 ····· 18
나. 두 돌기둥의 8단은 왜 이어져 있을까에 대한 탐구 지도 ····· 19
다. 두 돌기둥 사이의 모양의 장점에 대한 탐구 지도 ····· 20
라. 단혀 형태가 가지는 안정성 탐구 지도 ····· 21
의문1. 가장자리 힘에 대한 단혀 형태가 가지는 안정성 탐구 지도 ····· 22
의문2. 양쪽 단혀(단장혀)의 흔들림에 대한 안정성 탐구 지도 ····· 23
4. 지도내용4 범영루 돌기둥이 다른 방법으로 쌓여진 것은 아닐까 지도 ····· 24
가. “돌기둥의 표면 온도가 다르면 맞댄맞춤일 것이다.” 가설 검증 지도 ····· 24
나. 맞댄맞춤의 이울장, 끼울장이 쌓아올려진 방향에 대한 탐구 지도 ····· 28
다. 맞댄맞춤 돌기둥을 누르는 무게에 대한 흔들림 탐구 지도 ····· 29
라. 두 돌기둥 사이가 8단으로 연결된 이유 탐구 지도 ····· 30
의문. 8단을 연결한 돌기둥을 누르는 힘의 위치에 대한 탐구 지도 ····· 31
Ⅴ. 탐구 활동 지도 결과 검증 및 결론 ····· 32
1. 지도 결과 검증 ····· 32
2. 결론 ····· 33

< 표 차 례 >

[표 1] 과학 탐구능력 요소별 실태 ····· 2
[표 2] 학생의 과학적 태도의 실태 ····· 3
[표 3] 전국과학전람회 선행 연구 ····· 7
[표 4] 국내 논문 선행 연구 ····· 8
[표 5] 탐구 활동 지도 계획 ····· 9
[표 6] 지도 전·후 과학 탐구능력 ····· 32
[표 7] 지도 전·후의 과학적 태도 ····· 32

< 그 림 차 례 >

[그림 1] 과학 탐구능력 요소별 실태 ····· 2
[그림 2] 과학적 태도의 실태 ····· 3
[그림 3] 5단 온도측정 결과 ····· 25
[그림 4] 4단 온도측정 결과 ····· 25
[그림 5] 오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 왼쪽면(햇빛 반대 방향-그늘) ····· 25
[그림 6] 오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 정면 ····· 25
[그림 7] 오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 오른쪽면(햇빛 방향) ····· 25
[그림 8] 적외선 카메라 활용 장면 (앞쪽 정면) ····· 25
[그림 9] 왼쪽 범영루 기둥의 앞쪽 정면 ····· 25

Ⅰ. 탐구 활동 지도 동기 및 목적

1. 탐구 활동 지도 동기

과학은 국민의 기본적인 과학적 소양을 기르기 위하여 자연을 과학적으로 탐구하는 능력과 과학의 기본 개념을 습득하고, 과학적인 태도를 기르기 위한 과목이다.[1)]

이러한 과학 교과의 목표는 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르는 데 있다. 그러므로 학교에서는 탐구적인 실험 활동이 생략된 전통적인 교육 방법에서 벗어나 학생들의 창의성을 증진하며 자기 주도적인 탐구 능력을 갖춘 학생을 조기 발굴하고 이를 계획적으로 육성하기 위하여 다양한 연구와 지도가 있어야한다.

과학전람회 활동은 주제를 정하고 실험계획을 세우며 조사, 관찰, 측정, 실험, 데이터의 해석, 정리, 발표 등 다양한 탐구활동을 통해 종합학습의 기회를 제공하고 자연물과 현상에 대한 흥미와 관심을 조장하여 창의적인 문제해결력을 기를 수 있다.

올바른 과학교육은 학생들에게 과학적 소양을 키워 주는데 중점을 두어야 하며 과학전람회 탐구활동 지도는 과학 교육의 중요한 한 부분이며 의미 있는 교육활동이라 생각되어 학생들과 탐구를 시작하게 되었다.

2. 탐구 활동 지도 목적

본 탐구 활동의 지도 목적은 다음과 같다.

가. 우리 고장의 문화재를 찾아 탐방하고 이를 탐구활동에 적용시킬 수 있는 능력을 길러주고자 한다.

나. 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 물리적 규칙이 우리 생활에 적용되어지는 것을 인식하고 이를 통해 창의적인 문제해결력을 기르고자 한다.

다. 조상들의 우수한 과학적 생활을 이해하여 과학 발전에 기여하려는 자세를 기르고자한다.

---

1) 교과부, 초등학교 교사용지도서 과학. 2012. P9.

Ⅱ. 탐구 활동 지도의 기저

1. 실태 분석

가. 학교의 실태

우리 학교는 경주시 외동읍 방어리에 위치하고 있으며, 총 5학급 46명으로 되어 있는 전형적인 농촌 마을의 소규모 학교이다. 교원의 구성은 남 4명 여 4명으로 남녀 고른 성비를 가지고 있으며, 연령은 3년차 교사부터 15년 이상 경력교사가 분포하고 있다.

특히 각종 과학 탐구대회에 학생을 지도한 경험과 경상북도대회 입상 경력이 있는 교사가 있어 과학교육에 관심을 가지고 교육과정을 운영하고 있다.

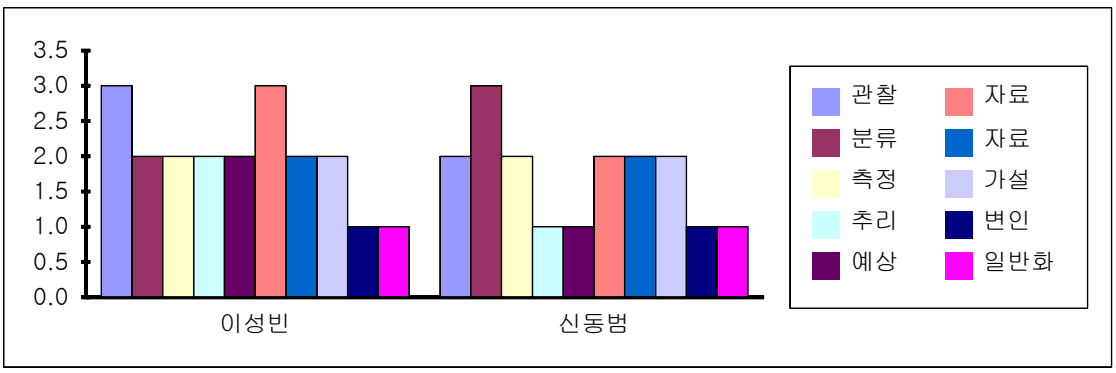
나. 학생 실태

1) 탐구능력 실태

한국교원대학교 물리교육 연구실에서 1994년에 권재술과 김범기가 함께 개발한 "과학 탐구능력 검사지[2]"를 이용하여 학생의 탐구능력 실태를 분석하였다. 이 도구의 탐구과정 요소는 10가지, 문항 수는 30문항, 문항 유형은 객관식 4지 선다형, 적용 대상은 초·중학생, 검사 시간은 40분, 신뢰도는 0.74이다.

<표1> 과학 탐구능력 요소별 실태

이름	관찰 (3)	분류 (3)	측정 (3)	추리 (3)	예상 (3)	자료 변환 (3)	자료 해석 (3)	가설 설정 (3)	변인 통제 (3)	일반화 (3)	계 (30)
이성빈	3	2	2	2	2	3	2	2	1	1	20
신동범	2	3	2	1	1	2	2	2	1	1	17



[그림 1] 과학 탐구능력 요소별 실태

2) 김무선, "ARCS 동기유발 전략을 적용한 탐구수업이 초등학교 4학년 학생들의 과학 탐구능력에 미치는 영향" (한국교원대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2003)의 부록에 있는 자료를 활용함.

가) 이성빈 학생은 관찰, 자료 변환 능력이 우수하고 분류, 측정, 추리, 예상, 자료해석, 가설 설정은 보통이며 변인통제, 일반화는 보통이하이다.

나) 신동범 학생은 분류 능력이 우수하며 관찰, 측정, 자료변환, 자료해석, 가설 설정 능력이 보통이며 추리, 예상, 변인 통제, 일반화 능력이 보통 이하이다.

다) 두 학생 모두 변인 통제와 일반화 능력이 부족하다.

2) 탐구능력 지도 방향

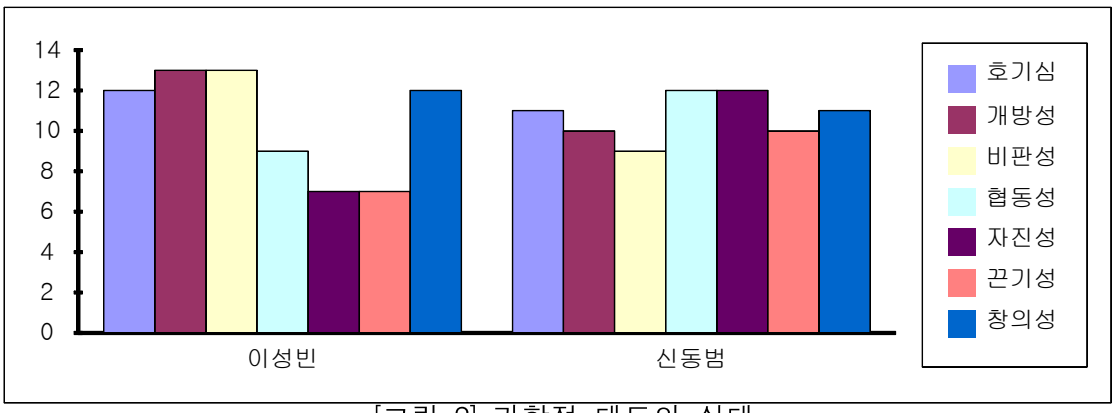
두 학생 모두 변인 통제와 일반화 능력이 부족하므로 실험계획을 세울 때 같게 해주어야 할 조건과 다르게 해 주어야 할 조건을 지속적으로 지도하고 확인하여 변인 통제 능력을 키워주고, 표, 그래프의 결과를 해석하는 지도를 중점적으로 하여 일반화시키는데 중점을 두어 지도한다.

3) 과학적 태도 실태

한국교원대학교 김효남 등(1998)이 개발한 과학적 태도 검사지[3]를 사용하여 학생들의 과학적 태도 실태를 분석하였다. 이 검사지의 문항 수는 21문항, 문항 유형은 다섯 가지 중에서 하나를 선택하는 체크리스트형, 적용 대상은 초·중학생, 신뢰도는 0.87이다.

<표 2> 학생의 과학적 태도의 실태

이름	호기심 (15)	개방성 (15)	비판성 (15)	협동성 (15)	자진성 (15)	끈기성 (15)	창의성 (15)	계(105)
이성빈	12	13	13	9	7	7	12	73
신동범	11	10	9	12	12	10	11	75



[그림 2] 과학적 태도의 실태

3) 성태기, "초등학교 4학년 지층·화석 단원의 현장학습이 고학 개념 형성 및 과학적 태도에 미치는 영향" (한국교원대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2003)의 부록에 있는 자료를 활용함.

가) 이성빈 학생은 호기심, 개방성, 비판성, 창의성이 높고 협동성은 보통이며, 자진성 끈기성이 부족하다.

나) 신동범 학생은 협동성, 자진성이 높고, 호기심, 끈기, 개방성, 창의성은 보통이고 비판성이 부족하다.

4) 과학적 태도의 지도 방향

이성빈 학생은 자진성과 끈기성이 부족하므로 지속적인 실험관찰과 그 결과를 정리하였을 때 보상을 함으로써 자진성과 끈기성을 지도한다.

신동범 학생은 탐구에 들어가기 전에 탐구의 배경 상황과 가설 설정을 실생활의 경험과 연관지어 중점적으로 지도하도록 한다.

2. 이론적 배경

가. 교육학적 관점에서의 이론적 배경

1) 탐구과정

탐구하는 데 필요한 기능이나 요소를 일반적으로 탐구과정이라고 한다. 개정 7차 교육과정에서는 탐구의 기초가 되는 초보적인 기능으로서 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리 등을 기초 탐구 과정이라고 하였다. 또, 기초 탐구과정이 복합적으로 포함된 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등의 고차적인 탐구요소를 통합 탐구과정이라고 하였다. 초등학교에서는 기초 탐구과정을 주로 학습하고, 고학년으로 올라갈수록 통합 탐구로 확대하도록 하였다. 일반적으로 탐구과정은 정보를 얻고, 이해하며, 정보를 사용하는 요소가 포함되어 있어 탐구과정에서 학생의 기존의 지식이 크게 영향을 끼친다. 또, 탐구과정을 통해 탐구능력뿐만 아니라 과학개념을 습득하고 과학 활동의 본성을 이해하게 된다.

이러한 탐구과정의 요소를 살펴보면 다음과 같다.

가) 관찰 : 관련 지식과 오감을 사용하여 사물과 현상에 대해 문제와 관련하여 필요한 정보와 자료를 얻는 탐구의 가장 기본적인 과정이다.

나) 분류 : 어떤 목적을 가지고 사물을 그 공통적인 속성이나 조건에 따라 같은 범주로 묶거나 다른 범주로 구분하는 것이다.

다) 측정 : 관찰을 수량화하는 활동으로 측정도구의 선택과 사용, 단위 선택, 측정 범위와 구간, 어림셈, 오차와 정확도, 반복 가능성(신뢰성) 등에 대한 이해가 필요하다.

라) 예상 : 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 나중에 관찰하거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될지 미리 판단하는 것이다. 일관성 있는 경향을 보이는 어떤 범위의 자료에는 내삽 및 외삽을 사용한다.

마) 추리 : 관찰한 사실을 해석하고 설명하는 과정으로 사실 자체가 아니라 사실 뒤에 숨은 내용 또는 사실을 뛰어넘어 직접 지각할 수 없는 현상을 포착하는 과정이다.

바) 문제 인식 : 해결되어야 할 문제를 발견하고 기존의 지식을 사용한 해석을 통해 자신의 말로 문제를 재구성하는 과정을 포함한다.

사) 가설 설정 : 이미 알고 있는 사실과 개념이나 관찰을 근거로 하여 문제에서 제기된 변인 사이의 관계를 경험적으로 검증할 수 있도록 진술하는 것을 말한다.

아) 변인 통제 : 공정한 검증을 할 수 있도록 실험을 설계하기 위해 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고 독립변인과 종속변인 이외의 다른 변인을 일정하게 통제하는 과정을 말한다.

자) 자료 변환 : 관찰이나 측정 결과로 얻은 자료를 기록하고, 자료를 해석할 수 있도록 표나 그래프 등으로 조작하거나 변환하는 활동을 말한다.

차) 자료 해석 : 관찰이나 실험으로 얻은 자료를 분석하고, 예상이나 추리를 통해 가설과 연관시켜 의미 있는 관계나 경향을 찾아내는 과정을 말한다.

카) 결론 도출 : 해석된 자료를 바탕으로 문제에 대한 해답을 얻거나 가설에 대한 판단을 내리는 과정으로, 증거로서 수집된 자료의 타당성과 신뢰성을 검토하는 활동을 포함한다.

타) 일반화 : 구체적인 사례나 검증된 사실들로부터 일종의 외삽이나 귀납을 사용하여 좀더 포괄적인 의미를 이끌어 내는 과정을 말한다.[4)]

4) 교과부, **초등학교 교사용 지도서 과학 6-1** (서울: 금성출판사, 2012), 29-30.

나. 탐구활동에서 교사의 역할

탐구활동에서 과정을 사용하기 위해서는 과제와 관련된 과학 지식을 끊임없이 그 과정에 적용시키고 검토해야 한다. 또 탐구활동은 일반적으로 탐구과정을 특정한 요소만을 포함하는 경우는 거의 없다. 경우에 따라서는 특정한 탐구요소만을 중점적으로 지도해야 할 필요가 있겠지만, 그 활동에 적절한 여러 가지 탐구과정을 함께 관련시켜 지도하는 것이 보다 바람직하다.

전형적인 탐구활동의 각 단계에서 학생을 지도하기 위해 교사가 해야 할 일을 살펴보면 다음과 같다.

가) 문제 인식 및 가설 설정 : 알아내려고 하는 것은 무엇인가? 어떤 일이 일어날 것이라고 생각하는가? 왜 그럴 것이라고 생각하는가? 등으로 학생의 생각을 분명하게 하도록 도와준다.

나) 탐구계획 : 그림이나 표를 그리고 이름을 붙였는가? 어떤 다른 장치가 있는가? 무엇을 어떻게 변화시키려고 하는가? 무엇을 어떻게 측정하려고 하는가? 검증을 하기 위해 무엇을 어떻게 일정하게 유지하려고 하는가? 결과를 기록할 표를 그렸는가? 등으로 탐구에 필요한 사항과 절차를 확인한다.

다) 실험 : 실험 과정에서 계획대로 하였는가? 안전 및 주의사항을 알고 있는가? 결과를 기록하였는가? 등으로 안전 및 주의사항을 숙지시키고 관찰과 측정활동을 점검한다.

라) 결과 해석 : 결과를 처리하는 과정에서 자료를 적절한 표나 그래프와 같은 방식으로 나타내었는가? 통제변인을 고려하였는가? 등으로 해석에 필요한 사항을 준비하고 고려하도록 도와준다.

마) 결과 도출 : 결론을 끌어내는 과정에서 무엇을 알아냈는가? 왜 이것이 일어난다고 생각하는가? 어떤 규칙성이 있는가? 결론이 자신의 원래의 생각과 일치하는가? 그렇지 않다면 왜 그렇지 않은가? 등으로 학생의 적극적인 사고활동을 도와준다. 탐구활동에서 결론을 끌어내는 것으로 활동을 끝내는 경우가 많지만, 학생 자신의 결론을 검토하고 활동 결과를 학급에서 발표하고 토의하게 하는 과정을 덧붙인다면 과학 활동의 본성을 이해시키는 데 도움을 줄 수 있다.

바) 탐구적 태도 : 탐구적 태도에는 자연을 탐구하는 호기심, 겸손, 긍정적인 태도, 개방적인 마음, 합리성, 객관성 등이 있다[5].

---

5) 교과부, **초등학교 교사용 지도서 과학 6-1** (서울: 금성출판사, 2012), 29-30.

다. 선행 연구 고찰

1) 전국과학전람회 작품

<표 3> 전국과학전람회 선행 연구

순	탐구 제목	탐구 내용	탐구자	비고
1	우리 조상들은 건축물에 왜 그랭이를 사용했을까?	건축물의 모형을 제작하여 도르래를 이용해, 일반공법과 그랭이의 좌우 흔들림을 비교함.	김민수 한무건	제46회 전국 과학 전람회 (학생부)
2	석굴암 감잡이 돌의 신비에 관한 탐구	석굴암의 돔 구조는 돌로 짜여진 기단에 3층부터 감잡이돌이 꽂혀있고 크기와 모양이 층마다 다르다. 감잡이 돌은 기단이 안쪽으로 밀려들어가는 것을 방지하여 돔 구조를 유지하게 하는 역할을 하였다. 감잡이 돌이 돔에서의 역할과 크기나 모양이 다른 까닭은 무엇인가를 규명한 작품이다.	정용우, 오소현	제48회 전국 과학 전람회 (학생부)
3	첨성대의 정자석은 어떤 역할을 할까?	가. 첨성대의 구조적 특징 과 유래 조사나. 첨성대 모양의 안정성 탐구 라. 정자석의 역할 탐구 마. 정자석의 위치와 쌓은 까닭 탐구	박은영 박종혁	제49회 전국 과학 전람회 (학생부)
4	불국사 극락전 남·서회랑 석축은 왜 잘 무너지지 않을까	1000년의 세월동안 엄청난 토사의 무게를 견디어 온 불국사 극락전 남, 서회랑 밑 석축의 견고성을 탐구하여 그에 담긴 과학적 원리를 알게 되었다.	황혜령 임성규	제51회 전국 과학 전람회 (학생부)
5	천년을 견뎌온 무량수전 건축양식의 과학적 슬기 탐구	경북 영주 부석사 무량수전은 배흘림 기둥과 안쏠림 공법, 귀세움 건축 기법을 사용하여 건축물 자체가 가지는 하중과 외부의 물리적 충격에 어떻게 잘 견디는지를 초등학생 수준에서 밝힘	김수빈 최민호	제52회 전국 과학 전람회 (학생부)

전국과학 전람회 선행연구의 시사점

전국과학 전람회에 문화재를 주제로 한 작품이 많이 등장하였으나 석축, 정자석, 베흘림 기둥에 대한 장점 및 특성에 대하여 탐구활동이 전개하였을 뿐 **모래시계 모양의 돌기둥이 가지는 안정성과 건축 방법의 장점에 대해 탐구**한 작품은 없어서 새로운 내용에 대한 호기심을 가지고 탐구활동을 지도하게 되었다.

2) 국내 논문

<표 4> 국내 논문 선행 연구

순	논문 제목	논문 내용	저 자	비고
1	불국사 지역의 지형특성과 불국사의 내진 구조	불국사에 적용된 내진 구조는 그렝이법, 목조건축 기법을 적용한 석조구조(결구), 주두석(동틀돌, 첨차석)의 이용, 유공초석의 사용이다. 석축을 구성하고 있는 각 부분들은 나름대로 지진에너지를 흡수하는 특별한 역할을 하면서 전체적으로 균형과 조화를 이루고 있다.	황상일 (대한지리학회지)	2007

선행 연구 논문의 시사점

불국사 건축물의 건축 방법에 대한 일반적인 이론과 설명만 다루었을 뿐, 객관적인 통계 자료 및 검증 방법에 대한 언급은 없었다.

Ⅲ. 탐구 활동 지도의 설계 및 검증 방법

1. 지도 대상 및 기간

가. 지도 대상 : 영지초등학교 5학년 1반 이성빈(남), 신동범(남)

나. 지도 기간 : 2011년 9월~ 2012년 7월(약 11개월)

<표 5> 탐구활동 지도 계획

단계	기간	추진 내용	활동자
답사를 통한 탐구주제 정하기	2011. 9-12	탐구 가능한 탐구주제 중 선정	학생과 지도교사
실태 분석 및 선행 연구물 분석		실태 분석, 선행 연구물 조사	학생과 지도교사
탐구내용 및 방법 정하기	2012. 1-2	탐구내용과 방법을 확정	학생과 지도교사
자료수집 및 해석	2012. 3-4	탐구내용을 해결하기	학생과 지도교사
경주교육지원청 예선 대회 참가	2012. 4. 14.	발표자 작품 설명	학생
작품 수정 보완	2012.4~2012. 5	부족한 것 보완하고 잘못된 것은 수정	학생과 지도교사
경상북도과학전람회 참가	2012. 5. 24.	발표자 작품 설명	학생
작품 수정 보완	2012.5~2012.7	부족한 것 보완하고 잘못된 것은 수정, 학생의 지도 후 실태 분석	학생과 지도교사
작품설명서 및 지도논문 작성 및 제출	2012. 7. 12.	작품설명서 및 지도논문 수정 보완	학생과 지도교사

2. 지도 내용에 따른 지도 방법

가. 지도 내용

1) 불국사 범영루 기초 탐구 지도

2) 모래시계 모양의 물리적 장점 탐구를 통한 규칙성 발견 지도

3) 범영루 돌기둥을 쌓은 모양 탐구를 통한 추가 규칙성 발견 지도

4) 맞댄맞춤이라고 생각한 근거 탐구를 통한 가설 검증 지도

나. 지도 방향

1) 아동들이 스스로 계획을 세워 관찰 및 실험하는 것을 주된 활동으로 하고 본 교사는 옆에서 조언이나 실험에 필요한 재료 등을 준비해 준다.

2) 매 실험 및 관찰마다 탐구보고서를 기록하여 자신들이 한 실험 내용을 보다 더 정확하게 알 수 있도록 하여, 지속적인 의문과 해결책을 제시하도록 한다.
3) 단순한 한번의 관찰로 끝내지 않고 반복적이고 세심한 관찰을 통해 사소한 것이라도 의문을 갖도록 하며, 관찰이 모든 탐구의 기본이라는 것을 인식하게 한다.
4) 모든 사고의 발단은 아동들이 할 수 있게 한 다음 본 교사는 그것을 보다 더 계획적이고 적극적인 방법으로 재구성한다.
5) 다소 위험하거나 힘든 실험 또는 교사의 수준을 넘어선 내용들은 연구사나 관련 교수님을 방문하여 해결하도록 한다.

지도시 주안점을 둔 단계는 다음과 같다.

다. 지도 단계

1) 문제의 발견 단계

일제시대 때의 불국사 사진과 현재의 불국사 모습을 관찰·탐방하면서 우리가 연구해야 할 문제가 무엇인가를 찾아내도록 하였다. 두 어린이와 함께 정한 연구 문제는 다음과 같다.

· 불국사 범영루에는 어떤 특별한 건축법이 사용되었을까?
· 범영루 돌기둥은 왜 모래시계 모양인데도 지금까지 무너지지 않았을까?
· 짜맞춤 방법은 다른 연결 방법에 비하여 어떤 장점이 있을까?
· 돌기둥 건축법에 숨겨진 과학적 원리를 어떻게 검증할까?

2) 문제 분석의 단계

위 의 문제를 해결하기 위한 방법을 토의와 전문가를 찾아가 자문을 구하여 우리의 궁금증을 해결 할 수 있는 방향으로 탐구 문제를 분석하였다.

3) 실험 계획 세우기 단계

가) 실험 방법을 선생님과 함께 의논하여 정하기로 하였다.
나) 시간과 장소에 따른 관찰 내용과 실험방법을 설계하였으며, 우리가 발견한 내용들을 어떻게 검증 할 것인지 체계적인 활동방법을 토의하였다.

4) 통제되어야 할 사항들에 대한 지도

실험을 하면서 통제되어야 할 조건을 알아보게 하였다.

5) 재료, 도구, 준비 및 실험장치 꾸미기 지도

범영루 돌기둥 모형의 실측, 여러 가지 모양의 모형 제작, 여러 연결 방법의 모형 제작, 규칙성을 검증할 실험장치 꾸미기를 지도하였다.

6) **실험 관찰 지도 단계**

가) 조사 관찰한 데이터를 기록할 '탐구보고서'를 만들고 관찰 및 측정 사항을 기록하도록 하였다.

나) 주요 사항은 사진을 찍어 두도록 하였다.

7) 데이터 기록 정리 지도

탐구보고서에 적힌 측정값을 합과 평균을 구하여 이를 비교해 보도록 하였다.

8) 데이터 분석 비교 지도

각 데이터로 실험 조건별 관찰 결과를 비교해 보도록 하였으며, 표와 그래프로 표시하여 보다 쉽게 알아 볼 수 있도록 하였다.

9) 결과 해석 지도

각각의 실험 결과들이 모래시계 모양 및 짜맞춤을 이용한 이유와 어떤 관계가 있는지를 알아보게 하였다.

10) 결론 얻기 지도 단계

여러 실험 결과를 종합하여 결론을 이끌어 내도록 하고, 이를 설명해 보도록 하였다.

3. 지도 결과 검증 방법

학생의 실태를 분석하기 위해 사용한 과학적 탐구능력 검사지와 과학적 태도 검사지로 지도 결과를 검증한다. 사례수가 5개 이상이 되어야 t검증이 가능한데, 이 연구의 사례 수는 2개이므로 학생 실태 분석을 위해 부여한 배점을 도출된 점수로 연구 전후비교와 좌우비교를 통해 검증하였다.

Ⅳ. 탐구 활동 지도의 실제

지도내용 1	불국사 범영루에 대한 기초 탐구

가. 지도 목적

현장 답사와 인터넷, 관련 서적을 통하여 불국사 범영루의 기본 구조 및 건축법을 탐구함으로써 추후 탐구 활동의 배경 지식 문제 해결의 실마리를 학생들이 인식하도록 지도함

나. 지도 내용

구분 / 과정	학 생	교 사
관찰 방법 및 결과 처리	① 불국사를 찾아가서 일제 시대 때 찍은 사진과 어떤 점이 다른지를 관찰함 ② 주변 좌경루의 돌기둥과 구조적인 차이점을 살펴봄 ③ 불국사 성보박물관 앞마당에 찾아가 70% 모형을 줄자로 실측함 ④ 인터넷 검색을 통하여 경주 지역 지진 빈도를 탐구함	① 현장 답사 때 관찰한 내용을 일제시대 불국사 사진 및 관련 인터넷 사이트, 관련 서적을 학생들과 함께 찾아보고 비교하여 차이점을 알아보도록 지도함 ② 불국사 성보박물관 출입이 금지되어 있기에 학예연구사에게 사전 허락을 구한 후 학생들의 수월한 탐구가 가능하도록 사전 협조 구함. ② 70% 모형 실측 시 각 방향별 실측이 이루어지도록 지도함

지도결과 알아낸점	불국사 범영루에 대한 기초 탐구를 지도하면서 학생들이 알아낸 점은 다음과 같다. ① 불국사 범영루는 누각과 모래시계 모양의 돌기둥, 그랭이 공법으로 만들어진 석축으로 구성되어 있다. ② 범영루 모래시계 모양의 돌기둥은 십자가 모양으로 8단으로 구성되어 있다. ③ 3단까지는 위로 올라갈수록 넓이가 작아지며, 4단부터는 위로 올라갈수록 넓이가 넓어진다. ④ 불국사 박물관 앞 모형을 통하여 맞물리는 위·아래 돌을 절반씩 깎아 서로 엇갈리게 짜맞추어 쌓아 올림을 알았다. ⑤ 불국사가 있는 경주지역은 지진이 일어난 기록이 다른 지역보다 많다.

다. 지도일지

날짜	2012년 3월 24 일
주제	불국사 범영루 현장 답사
내용	불국사 범영루의 구조적인 특징을 비교·관찰하고 70% 모형을 실측하도록 지도하였다.
반성 및 계획	학생들이 범영루 돌기둥의 짜임방법에 대하여 구체적인 지식을 얻을 수 있도록 인터넷 검색 및 경주 동국대학교 도서관에서 학생들과 함께 관련된 책들을 조사하여야겠다.

날짜	2012년 3월 28일
주제	모형 제작 기구 사용
내용	본교에는 나무 토막을 자르는 전기 톱이나 기계가 없기에 학생들이 직접 실측한 수치를 바탕으로 모형을 만드는 것이 어려웠다. 이에 경주시 발명교육센터를 학생들과 함께 찾아가서 우리에게 필요한 띠톱기계를 대여하였다. 그리고 대여가 어려운 전기 톱을 이용하여 모형을 만드는데 필요한 나무 토막을 잘라보고 유의사항 및 사용방법을 지도하였다. 학생들이 써본 적은 없지만 설명을 듣기 전에 직관적으로 사용법을 알고 이야기 나누는 모습을 보고 참 신기하였다.
반성 및 계획	학생들이 띠톱 기계에 대한 두려움 제거 및 안전한 사용법 습득을 위하여 학생들과 함께 간단한 만들기를 해보아야겠다.

날짜	2012년 3월 29일
주제	범영루의 특징과 경주 지역의 지진 빈도 탐구
내용	학생들이 현장 답사와 인터넷과 문헌을 통하여 알아낸 범영루의 특징과 경주 지역 지진의 빈도 자료에서 규칙성을 발견하도록 지도하였다.
반성 및 계획	짜맞춤 방법 설명을 위한 구체적인 조작물이 없어서 학생들이 쉽게 이하지 못하는 모습이다. 굳이 돌이나 나무가 아니더라도 지점토나 찰흙을 통한 직관적인 이해가 가능하도록 알아보아야겠다.

지도내용 2	모래시계 모양에 숨겨진 물리학적 개념지도

가. 각 돌기둥 모형의 흔들림에 대한 탐구 지도

1) 지도 목적

Y모양, 거꾸로 Y모양, 항아리 모양, 모래시계 모양, 사각기둥 모형이 흔들림에 얼마나 버티는지 관찰하도록 지도함.

2) 지도 내용

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	기둥모양 〉 모래시계모양 〉 거꾸로 Y모양 〉 Y모양 〉 항아리 모양	
탐구 방법 및 결과 처리	① Y모양, 거꾸로 Y모양, 항아리 모양, 모래시계 모양, 사각기둥 모형을 나무 도막을 이용하여 만듬. ② 각 모양별 모형을 흔들림 실험 장치위에 올리고 얼마나 오래 버티는지 관찰함. ③ 각 모양이 오래 버티는 순서를 통해 규칙성을 발견함.	① 모형을 만들 때 안전을 최우선으로 하여 만들도록 지도함. ② 각 모양별 시간을 측정하니 너무 짧은 시간에 무너지는 경우가 있어서 5개 모형을 전부 세워놓고 오래 버티는 순서 및 시간을 관찰할 수 있도록 지도함. ③ 측정 시간보다는 오래 버틴 순서에 초점을 맞추고 규칙성을 발견할 수 있도록 지도함.
조건 통제	① 각 모형을 만들 때 사용한 나무의 재질, 각 단별 크기, 흔들림 실험장치의 흔들림 정도를 같게 하였다.	① 흔들림 실험장치의 강·약 설정에 따른 흔들림 정도를 미리 살펴본 뒤 탐구활동에 들어감.
지도결과 알아낸점	각 돌기둥 모형의 흔들림에 대한 탐구를 통해 학생들이 알아낸 점은 다음과 같다. ① 밑면(1단)의 넓이가 클수록 흔들림에 오래 버텼다. ② 모래시계 모양 돌기둥도 1단이 넓기 때문에 흔들림에 오래 버틸 수 있었다.	

3) 지도일지

날짜	2012년 3월 29일
주제	각 돌기둥 모형 만들기
내용	학생들이 직접 실측한 수치를 바탕으로 모형을 제작하였다. 우리가 구할 수 있는 나무토막은 한 변의 길이가 13cm인 정사각형 모양이었다. 같은 재질의 나무를 많이 구할 수가 없어서 13cm가 1단 및 8단이 되도록 정하여서 만들었다.
반성 및 계획	똑같은 재질의 더 넓고 두꺼운 나무토막이 없어 13cm보다 더 큰 모형을 만들지 못해 아쉬웠다. 모형을 만들기 위한 새로운 최적의 재료를 구하거나 앞으로의 실험을 위하여 같은 재질과 부피의 나무를 확보하는데 신경을 써야 할 것 같다.

날짜	2012년 3월 30일
주제	각 모형별 흔들림에 대한 탐구
내용	5가지 모형을 흔들림 실험 장치위에 올려놓고 흔들었을 때 어떤 모양이 제일 오래 버티는지 학생들이 관찰하였다. 하지만 생각보다 버티는 시간이 짧아서 5가지 모형을 한꺼번에 세워놓고 흔들어 보았을 때의 결과 및 규칙성을 관찰하도록 학생들을 지도하였다.
반성 및 계획	사전 실험이 이루어지지 않아 각 모형별 버티는 시간이 너무 짧으니 어떻게 규칙성을 발견할 수 있도록 지도해야 할지 고민이 되었다. 하지만 학생들과 실험 방법에 대하여 이야기를 나누던 중 한꺼번에 실험하고 거기서 규칙성을 발견하는 것은 어떻냐는 아이디어에 착안하여 실험해보았고 탐구 결과도 시간 기록보다는 순서에 초점을 맞추어 그 모양에서 규칙성을 발견하도록 하였다. 다음 탐구활동에서도 모양별 우선 순위를 살펴보고 거기서 규칙성을 발견하도록 하여야겠다.

나. 각 돌기둥 모형의 기울임에 대한 탐구 지도

1) **지도 목적 :** 각 모형이 기울임에 얼마나 버티는지 관찰해 보았다.

2) 지도 내용

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	모래시계 모양 〉사각기둥 〉거꾸로 Y모양 〉항아리모양 〉Y모양	
탐구 방법 및 결과 처리	① Y모양, 거꾸로 Y모양, 항아리 모양, 모래시계 모양, 사각기둥 모형을 기울임 실험 장치 위에 올리고 각도 변화를 줌 ② 어느 정도의 각도까지 버티는지 관찰함. ③ 각 모양이 오래 버티는 순서를 통해 규칙성을 발견함.	① 각 모양별 무너지는 각도를 통해 기울임에 얼마나 버티는지 관찰할 수 있도록 지도함 ② 오래 버틴 순서와 무너졌을 때의 각도에 초점을 맞추고 규칙성을 발견할 수 있도록 지도함.
조건 통제	① 기울임 실험장치 위에 놓는 위치를 정하여서 실험하였다. ② 실험 장치를 위로 올리는 빠르기를 2초에 1°로 똑같이 하였다.	① 실험 장치를 위로 올리는 빠르기가 각 모형별로 다르면 미세한 움직임이 실험 결과에 영향을 줄 것 같아서 빠르기를 통제하도록 지도함. ② 오래 버틴 순서와 각도사이의 관계를 관찰하고 거기서 규칙성을 발견할 수 있도록 질문함.
지도결과 알아낸점	각 돌기둥 모형의 기울임에 대한 탐구를 통해 학생들이 알아낸 점은 다음과 같다. ① 밑면(1단)의 넓이가 클수록 기울임에 오래 버텼다. ② 모래시계 모양 돌기둥도 1단이 넓기 때문에 기울임에 오래 버틸 수 있었다.	

3) 지도일지

날짜	2012년 4월 4 일
주제	각 모형별 기울임에 대한 탐구 지도
내용	각 모양별 모형을 좁게 세웠을 때와 넓게 세웠을 때 중에서 어떤 결과를 바탕으로 규칙성을 발견해야 하는지 고민이 되었다. 실험 결과는 큰 차이가 없었지만 모양별 군(群)이 형성되어 결과 해석이 좀 더 용이한 좁게 세웠을 때를 기준으로 실험 결과를 정리하였다. 그리고 교사용 각도기는 0°에서 1°까지의 각도가 1°에서 그 이상의 각도로 올라가는 각도보다 컸기에 정확하게 0° 선을 맞춰서 실험할 수 있도록 실험 장치를 만드는 것이 어려웠다.
반성 및 계획	만약에 다른 조건에서 기울임 실험을 한다면 여러 방향에서 기울였을 때의 결과를 바탕으로 실험 결과를 살펴보는 기회를 가지는 것도 좋을 것 같다.

지도내용 3	범영루 돌기둥을 쌓은 모양에 대한 탐구

가. 짜맞춰진 엎을장, 받을장이 쌓아올려진 방향에 대한 탐구 지도

1) 지도 목적

짜맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 한 방향으로 쌓아 올렸을 때와 엇갈리게 쌓아 올렸을 때 흔들림에 얼마나 버티는지 측정하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 반턱맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단 준비한다.(1/4 크기)

나) 엎을장과 받을장을 짜맞추는 방향을 같게 하여 실험 모형을 만든다.

다) 추 2kg을 올리고 흔들림 에서 얼마나 버티는지 시간 측정한다.

라) 엎을장과 받을장을 짜맞추는 방향을 엇갈리게 하여 같은 방법으로 실험한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	엇갈려 쌓기가 버틴 시간 〉 한 방향 쌓기가 버틴 시간	
조건 통제	① 같은 강도의 흔들림으로 실험을 진행하였다. ② 각 모형에 사용한 추의 종류 및 무게를 같게 하였다.	① 흔들림 실험 장치 위에 올려 놓는 위치를 같게 할 수 있도록 지도하였다. ② 각 모형위에 올려 놓는 추의 위치를 같게 할 수 있도록 하였다.
지도결과 알아낸 점	① 반턱맞춤 엇갈려 쌓아 올린 방법의 추가 흔들림에 오래 버텼다. ② 반턱맞춤 엇갈려 쌓아 올린 방법은 모형이 한 덩어리로 같이 흔들리기 때문에 흔들림에 오래 버틸 수 있었다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 7일
주제	쌓는 방향에 대한 탐구 관찰 지도
내용	각 단의 쌓을장과 엎을장의 방향을 같은 방향으로 쌓아 올린 모형과 엇갈리게 쌓아올린 모형을 흔들림 실험 장치 위에 놓고 흔들어 보았다. 단지 흔들림에 얼마나 시간을 버텼는지만 관찰하는 것이 아닌 각 모형별 나무가 흔들림에 어떤 방향으로 움직이는지, 몇 단에서 무너지는지 등 관찰 요소를 여러 개 정한다음 탐구할 수 있도록 지도하였다.
반성 및 계획	반턱맞춤일 때 엇갈려 쌓은 모델과 한 방향 모델과 나무 토막이 움직이는 방향이 달랐다. 관찰한 내용을 객관적으로 나타낼 수 있는 탐구 방법에는 무엇이 있는지 학생들과 머리를 맞대어 보아야겠다.

나. 두 돌기둥의 8단은 왜 이어져 있을까에 대한 탐구 지도

1) 지도 목적

2개의 범영루 돌기둥은 8단이 서로 연결되어 있다. 8단끼리 연결되어 있으면 좋은 점이 무엇인지 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 반턱맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단을 2개 준비한다.(1/4 모형)

나) 각 나무 모형의 8단 사이에 나무도막을 넣고 흔들림 장치위에 올려놓는다.

다) 흔들림 장치를 작동시켜서 한 모형이 무너질 때의 시간을 측정한다.

라) 반턱맞춤으로 만들었지만 8단을 연결하지 않은 기둥 2개를 흔들림 장치위에 올려놓고 무너질 때의 시간을 측정한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	8단이 연결되어 있는 모형의 안정성 〉 8단이 연결되어 있지 않은 모형의 안정성	
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 반턱맞춤 8단을 연결한 두 돌기둥이 흔들림에 오래 버텼다. ② 8단을 연결한 두 돌기둥은 5~7단이 한 덩어리로 같이 흔들리지만 흔들리는 정도가 작았다. 그렇기에 흔들림에 오래 버틸 수 있었다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 12일
주제	8단의 이어짐 이유 탐구 지도
내용	양쪽 돌기둥의 8단은 서로 떨어져 있지만 하나의 돌로 양쪽 돌기둥을 서로 연결하고 있다.(9단은 하나의 돌이 양쪽 기둥위에 올려져 있다.) 왜 이렇게 연결해 놓았는지에 대하여 탐구해봤다. 8단 연결 유무에 따라서 흔들림에 오래 버티는지의 관찰도 중요하지만 왜 오래 버티는지에 대하여 생각해 볼 수 있는 발문을 통해 원리를 알아가도록 유도하였다.
반성 및 계획	우리가 만든 모형에 비하여 흔들림 실험 장치가 작아서 2개의 모형 위치를 정하는 데 어려웠다. 흔들림 실험 장치 상판을 더 넓게 활용하기 위하여 어떻게 하면 좋을지 고민해봐야겠다.

다. 두 돌기둥 사이 모양의 장점에 대한 탐구 지도

1) 지도 목적

2개의 범영루 돌기둥 사이는 위·아래가 좁고 중간이 넓은 항아리 모양이다. 두 기둥 사이가 항아리 모양이기 때문에 좋은 점이 무엇인지 탐구하도록 지도함.

2) 지도 방법

가) 모래시계 모양 나무 모형을 8단을 2개 준비한다. (1/10 모형)

나) 두 개의 나무 모형 사이에 스티로폼을 올리고 추를 올려 놓는다.

다) 스티로폼이 부서질 때의 추의 무게를 측정한다.

라) 같은 방법으로 두 모형 사이가 사각형일 때와 U 모양 일 때 스티로폼이 추의 무게에 얼마나 견디는지 관찰하였다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	항아리 모양의 안정성 〉 사각형 모양(U모양) 안정성 > U모양(사각형 모양) 안정성	
조건 통제	① 같은 길이, 두께의 스티로폼을 사용하였다. ② 추를 올려놓는 스티로폼 위의 위치를 일정하게 하였다. ③ 같은 재질의 나무를 사용하여 모형을 만들었다.	
지도결과 알아낸 점	① 두 기둥 사이가 항아리 모양일 때 가운데서 누르는 무게에 버티는 힘이 가장 크다. ② 범영루 돌기둥 사이도 항아리 모양이기 때문에 누각이 누르는 힘에도 오래 견딜 수 있었다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 12일
주제	두 돌기둥 사이의 모양의 장점 탐구 지도
내용	돌기둥은 아래에서 위로 올라갈수록 좁아졌다가 다시 넓어지는 모양이다. 즉 2개의 돌기둥 사이는 항아리 모양이다. 돌기둥 사이 항아리 모양 자체가 가지는 안정성은 무엇인지 탐구해봤다. 나무 모형 사이의 거리를 통제하기 위하여 같은 크기의 스티로폼을 사이에 놓고 탐구를 진행하였다. U모양을 비교군으로 설정한 것은 5,6,7단의 역할을 알아보기 위함이었으며, 사각형 모양을 추가 비교군으로 설정한 것은 사각형 모형보다 더 튀어나온 1,2,3,단 부분의 역할을 알기 위함이었다.
반성 및 계획	학생의 계속적인 질문과 호기심으로 여러 가지 모양의 비교군을 설정하여 이 탐구를 진행하였다. 교사의 다양한 발문의 중요성을 다시 한번 깨달았으며 계속적인 탐구에서도 열린 발문을 활용해야겠다.

라. 단혀(단장혀) 형태가 가지는 안정성 탐구 지도

1) 지도 목적

범영루 돌기둥이 5-7단은 윗 단을 받쳐주는 단혀(단장혀) 모양이다.
이 모양의 좋은 점은 무엇인지 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 양쪽 단혀, 한쪽 단혀, 단혀 없는 모양의 나무 모형을 준비한다. (1/4 크기 모형)

나) 같은 거리에 나무 모형 2개를 놓고 그 위에 스티로폼을 올린다.

다) 스티로폼 위에 추를 올리고 스티로폼이 부서질 때의 무게를 측정한다.

라) 각 모양별 스티로폼이 부서질 때의 추의 무게를 비교한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상 (안정성)	양쪽 단혀 모양 > 안쪽 단혀 모양 > 바깥쪽 단혀 모양 > 단혀없음	
조건 통제	① 같은 길이, 두께의 스티로폼을 사용하였다. ② 추를 올려놓는 스티로폼 위의 위치를 일정하게 하였다. ③ 같은 재질의 나무를 사용하여 모형을 만들었다. ④ 나무 모형 2개의 거리를 같게 하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 단혀가 한쪽만 있으면 위에서 누르는 힘에 모형이 위로 들려서 불안정하였다. ② 두 기둥 사이를 눌러주는 무게에 버티는 힘은 양쪽으로 단혀가 있는 모양이 가장 크다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 12일-14일
주제	단혀 형태가 가지는 안정성 탐구 지도
내용	5-7단은 각각 윗 단을 받쳐주는 단혀 모양으로 조금씩 볼록하게 나와 있다. 2-4단처럼 매끈하게 점점 줄어드는 모양과는 달라서 왜 이런 모양일까에 대하여 탐구해봤다. 양쪽·안쪽·바깥쪽·단혀 없는 모양을 통해 양쪽으로 단혀가 있으면 어떤 점이 좋은지 탐구하였다. 같은 거리의 두 개의 나무 모형, 스티로폼 위에 추를 올리는 위치를 같게 할 수 있도록 지도하였다.
반성 및 계획	알게된 점을 토의하면서 단 하나의 기둥에서 단혀 형태가 가지는 장점을 탐구할 수 있는 방법에는 뭐가 있을지 의견을 나누었다. 어느 방향에서 어떤 힘을 주면 그 역할을 알 수 있을지 학생들과 함께 고민해야겠다.

의문1. 가장자리 힘에 대한 단혀 형태가 가지는 안정성 탐구 지도

1) 지도 목적

단 하나의 기둥에서 단혀 형태가 가지는 장점을 탐구하도록 지도하였다.

2) 지도 방법

가) 양쪽 단혀, 한쪽 단혀, 단혀 없는 모양의 나무 모형을 준비한다. (1/4크기 모형)

나) 같은 거리에 나무 모형 2개를 놓고 그 위에 스티로폼을 올린다.

다) 스티로폼 위에 추를 올리고 스티로폼이 부서질 때의 무게를 측정한다.

라) 각 모양별 스티로폼이 부서질 때의 추의 무게를 비교한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	단혀 모양의 안정성 〉 매끈한 모래시계 모양의 안정성	
조건 통제	① 같은 높이에서 같은 무게의 추를 떨어뜨릴 수 있도록 양팔저울의 높이를 같이 하여 실험을 진행하였다. ② 추가 떨어지는 위치를 같게 하기 위하여 양팔저울을 올리기 전에 나무도막에 윗접시 저울을 같은 위치에 오도록 한 다음 양팔저울을 반대쪽으로 올려서 실험을 하였다. ③ 같은 크기의 원(지름 3.6cm)안에 쌀을 50개 올려놓고 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 8단의 가장자리에 위에서 밑으로 힘이 가해졌을 때 위로 들리는 정도(5-8단)는 윗 단을 받쳐주는 모양(단혀)이 매끈한 모래시계 모양보다 작다. ② 단혀는 위쪽의 충격이나 가장자리 부분에서 누르는 힘에도 잘 버틸 수 있다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 12일
주제	가장자리 힘에 대한 단혀 형태가 가지는 안정성 탐구 지도
내용	추를 정확한 위치에 떨어뜨리는 것이 이 탐구의 핵심 변인통제여서 학생들에게 왜 떨어지는 위치가 다르면 안되는지, 추를 떨어뜨리는 위치 말고 다른 변인통제 요소는 뭐가 있는지 등 같게 해야 할 조건을 정확하게 지도하려 노력하였다.
반성 및 계획	8단 위에 추가 떨어지는 곳을 연필로 그리고 그 곳에 떨어지도록 하였다. 같은 힘으로 같은 높이에서 정확한 위치에서 추를 떨어뜨릴 수 있는 방법이 무엇이 있을지 좀 더 고민해봐야겠다.

의문2. 양쪽 단혀(단장혀)의 흔들림에 대한 안정성 탐구 지도

1) 지도 목적

단혀 형태가 흔들림에 얼마나 강한지 탐구하도록 지도하였다.

2) 지도 방법

가) 반턱맞춤 방법으로 만든 5~7단에 단혀가 있는 나무 모형을 8단을 준비한다. (25% 모형)

나) 8단 위에 2kg 추를 올리고 흔들림 장치 위에서 흔들어 본다.

다) 추가 모형에서 떨어지는데 걸리는 시간을 측정한다.

라) 반턱맞춤 방법으로 만든 5~7단에 단혀가 없는 나무 모형으로 위의 탐구 방법으로 실험한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	단혀 모양이 흔들림에 더 오래 버틸 것이다.	
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 양쪽 단혀가 있는 반턱맞춤 모형 위에 올려놓은 추가 흔들림에 오래 버텼다. ② 양쪽에 단혀가 있으면 흔들림에 잘 넘어지지 않고 더 오래 견딜 수 있다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월
주제	양쪽 단혀(단장혀)의 흔들림에 대한 안정성 탐구 지도
내용	단혀의 유무에 따른 흔들림에 대한 안정성은 어떤 차이가 있는지 탐구하도록 지도하였다. 복잡하지 않은 실험이지만 흔들림의 강도와 추의 무게 등 통제변인을 지켜서 탐구할 수 있도록 하였다.
반성 및 계획	단혀의 유무에 따른 추의 무게별 흔들림에 대한 안정성 정도는 어떤지 학생이 질문하였다. 질문에 대한 예상만으로 탐구가 끝나는 것이 아닌 실제적인 실험으로 이어져야 하는데 그러지 못해 아쉽다.

지도내용 4 범영루 돌기둥이 다른 방법으로 쌓여진 것은 아닐까 지도

가. “돌기둥의 표면 온도가 다르면 맞댄맞춤일 것이다.” 가설 검증 지도

1) 지도 목적

범영루 돌기둥이 반턱맞춤이 아니고 다른 방법으로 만들어 진 것은 아닐까 하는 학생들의 의문을 바탕으로 가설을 세운 후 검증 활동을 하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 실제 돌기둥과 불국사 박물관 앞 돌 모형(70%모형), 직접 제작한 나무 모형을 관찰한다.

나) 적외선 온도계를 이용하여 범영루 돌기둥의 표면 온도를 측정한다.

다) 적외선 카메라를 이용하여 범영루 돌기둥의 표면 온도를 측정한다.

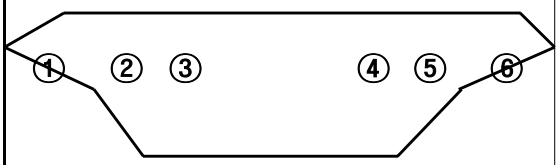
(적외선 온도계 측정 당시 6월24일, 14:30, 23.1℃/적외선 카메라 1차측정 당시 6월 28일, 15:30, 24.5℃/적외선 카메라 2차측정 당시 6월 29일, 15:00, 27.7℃)

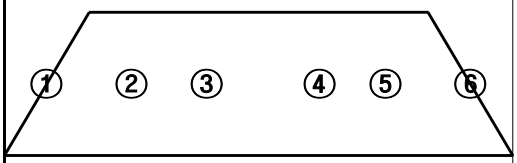
3) 탐구 결과

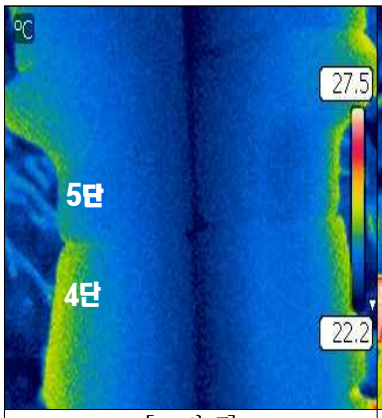
가) 맞물리는 부분의 차이점

반턱맞춤으로 만들면 엎을장과 받을장의 틈이 한 단의 절반만 생기게 되는데 실제 범영루 돌기둥은 한 단 전체가 1자 모양으로 틈이 있다.

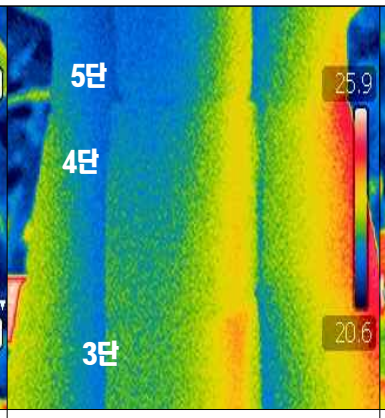
나) 돌기둥의 표면 온도 측정

 [그림 27] 5단 온도측정 결과	① 21.3℃ ② 21.4℃ ③ 21.8℃ ④ 21.8℃ ⑤ 21.6℃ ⑥ 22.0℃

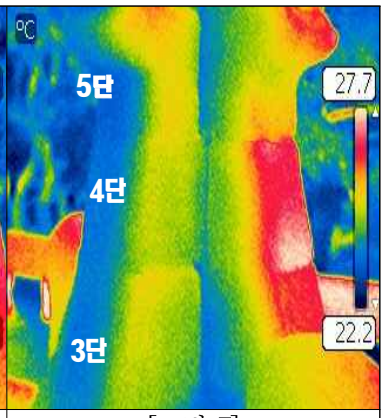
 [그림 28] 4단 온도측정 결과	① 22.4℃ ② 21.0℃ ③ 20.9℃ ④ 22.6℃ ⑤ 23.2℃ ⑥ 23.4℃



[그림 5]
오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 왼쪽면
(햇빛 반대 방향-그늘)

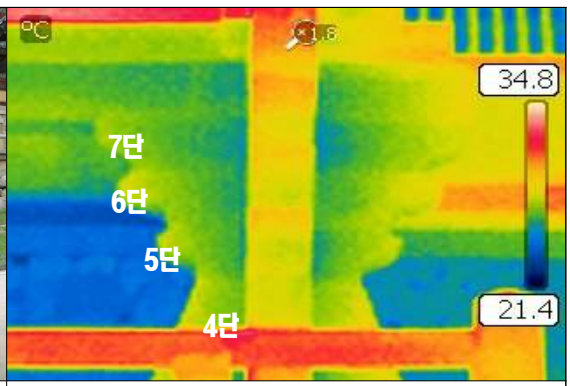


[그림 6]
오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 정면



[그림 7]
오른쪽 범영루 기둥의 뒤쪽 오른쪽면
(햇빛 방향)

[그림 8] 적외선 카메라 활용 장면 (앞쪽 정면)



[그림 9] 왼쪽 범영루 기둥의 앞쪽 정면

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 ~ 6월 24일
주제	맞댄맞춤의 추측 근거 탐구 지도(1)
내용	범영루 돌기둥이 반턱맞춤이 아니고 다른 방법으로 만들어 진 것은 아닐까 하는 학생들의 의문을 바탕으로 가설을 세운 후 검증 활동을 하도록 지도하였다. 우선 모형과의 비교 관찰을 통하여 의문 사항을 정교화하였다. 초등학교 4학년 과학 교육과정에 나오는 고체의 열 전달 주제와 연관하여 만약에 돌기둥이 반턱맞춤이 아니라면 열 전도가 어떻게 다를지 발문하여 적외선 온도계를 이용하여 표면 온도를 측정할 수 있도록 하였다.

반성 및 계획	적외선 온도계를 사용하면서 일정한 높이, 일정한 간격을 두고 측정하느 것이 어려웠다. 적외선 온도계말고 다른 관측 기계를 이용하여 좀 더 명확하고 한 눈에 알아 볼 수 있는 방법은 없을지 학생들과 고민해야겠다.

날짜	2012년 6월 28일
주제	맞댄맞춤의 추측 근거 탐구 지도(2)
내용	며칠 전에 적외선 온도계로 측정한 4·5단의 각 부분의 온도 차이를 적외선 카메라를 이용하여 관찰하였다. 이 탐구활동을 통하여 4단과 5단의 쌓는 방향과 이을장·끼울장의 절단면, 엇갈려쌓기 방법을 알 수 있었다.
반성 및 계획	적외선온도계를 이용하여 측정한 4단 ③,④번 부분의 온도 차이가 적외선카메라를 이용해서도 확연히 드러내는 것이 이번 탐구의 목적이었다. 첫 날(1차 측정)에는 공간의 협소성, 카메라 촬영 각도, 햇빛의 방향에 따른 그늘의 발생 등으로 목적 달성의 어려움이 발생하여 아쉬웠다. 둘째 날(2차 측정)은 학생들과 다른 방향에서 찍어보는 것은 어떨까라는 의문을 가지고 비록 돌기둥과 가깝지는 않아도 여러 각도에서 촬영하자는 쪽으로 의견이 모아졌다. 그 결과 반턱맞춤과는 완전히 다른 모양으로 쌓아져 있으며 이을장과 끼울장의 접합 부분의 온도 차이를 관찰할 수 있었다.

나. 맞댄맞춤의 이울장, 끼울장이 쌓아올려진 방향에 대한 탐구

1) 지도 목적

맞댄맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 한 방향으로 쌓아 올렸을 때와 엇갈리게 쌓아 올렸을 때 흔들림에 얼마나 버티는지 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 맞댄맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단 준비한다.(25% 모형)

나) 이을장과 끼울장의 방향을 같게 하여 실험 모형을 만든다.

다) 추 10kg을 올리고 흔들림 에서 얼마나 버티는지 시간 측정한다.

라) 이을장과 끼울장의 방향을 엇갈리게 하여 같은 방법으로 실험한다.

3) 탐구 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	맞댄맞춤의 엇갈려쌓기가 흔들림에 더욱 안정적일 것이다.	
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 범영루 돌기둥이 맞댄맞춤의 엇갈려 쌓기라는 증거 : 모형의 한방향 쌓기는 5-7단으로 올라갈수록 기울어진다, 이을장과 끼울장이 붙어있는 틈이 나무 모형과 실제가 동일하다 ② 엇갈려 쌓아 올린 방법의 모형이 흔들림에 오래 버텼다. ③ 한방향으로 쌓아 올린 방법의 모형은 5-7단의 끼울장이 기울어진채 버티고 있기에 불안정하고 흔들림에 약하다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 6월 18일
주제	맞댄맞춤의 이울장, 끼울장이 쌓아올려진 방향에 대한 탐구 지도
내용	범영루 돌기둥이 각종 논문과 문헌의 내용(반턱맞춤)과 달리 맞댄맞춤이라면 어떤 안정성으로 무너지지 않았는지에 대한 궁금증으로 이 탐구를 진행하였다. 모형을 만들고 직접 쌓아보면서 실제 돌기둥의 쌓은 모습과 비교할 수 있었다.
반성 및 계획	한방향 쌓기보다 엇갈려 쌓기가 흔들림에 안정적임을 알 수 있었다. 하지만 짜맞춤(반턱 맞춤) 방법과 비교를 하기에는 위에 올려놓은 추의 무게가 달라서 어려웠다. 다음 번에 무게를 같이 하여 추가 실험을 진행하여야겠다.

다. 맞댄맞춤 돌기둥을 누르는 무게에 대한 흔들림 탐구

1) 지도 목적

범영루 각 돌기둥의 중심을 누각의 나무 기둥이 위에서 누르고 있다. 돌기둥과 누각 사이에 왜 나무 기둥이 또 있는지, 위에서 눌러 주는 무게 때문에 더 안정적인 것은 아닌까 하는 궁금증에 대하여 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 맞댄맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단 준비한다.(25% 모형)

나) 흔들림 장치에 올려놓고 추의 무게를 달리 하면서 완전히 무너지는데 걸리는 시간을 측정하였다.

3) 탐구 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	반턱맞춤이 맞댄맞춤보다 흔들림에 더 안정적일 것이다.	
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 모형 위에 놓은 추의 무게가 클수록 완전히 무너지는데 시간이 많이 걸렸다. ② 맞댄맞춤은 위에서 누르는 무게가 클수록 이을장과 끼울장이 오래 맞춰져있음을 나무 모형을 통해 알 수 있다. ③ 범영루 누각의 나무 기둥이 돌기둥을 위에서 엄청난 무게로 눌러주기 때문에 맞댄맞춤이어도 흔들림에 안정적임을 알 수 있다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 5월 17일 ~ 7월 3일
주제	맞댄맞춤 돌기둥을 누르는 무게에 대한 흔들림 탐구 지도
내용	범영루 각 돌기둥의 중심을 누각의 나무 기둥이 위에서 누르고 있다. 돌기둥과 누각 사이에 왜 나무 기둥이 또 있는지, 위에서 눌러 주는 무게 때문에 더 안정적인 것은 아닌까 하는 궁금증에 대하여 탐구하도록 지도하였다. 그리고 반턱맞춤과의 비교를 통하여 맞댄맞춤의 안정성을 상대적으로 관찰할 수 있는 기회도 제공하였다.
반성 및 계획	처음에는 반턱맞춤과 맞댄맞춤 위에 작은 무게의 추라도 올려놓고 위에서 누르는 무게에 대한 안정성을 탐구했었다. 학생들이 아무것도 없을 때는 어떤지에 대한 의문을 던져 탐구를 해보았다. 돌기둥 위 누각의 나무 기둥 역할에 대하여 생각해 볼 수 있는 탐구활동이었다.

라. 두 돌기둥 사이가 8단으로 연결된 이유 탐구

1) 지도 목적

2개의 범영루 돌기둥은 8단이 서로 연결되어 있다. 맞댄맞춤으로 연결되어 있을 때 8단 연결의 장점이 무엇인지 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 맞댄맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단을 2개 준비한다.(25% 모형)

나) 각 나무 모형의 8단 사이에 나무도막을 넣고 각각 7.5kg의 추를 올린 후 흔들림 장치위에 올려놓는다.

다) 흔들림 장치를 작동시켜서 한 모형이 무너질 때의 시간을 측정한다.

라) 각 나무 모형의 8단을 연결하지 않은 나무 모형 2개를 흔들림 장치위에 올려놓고 모형 1개가 완전히 무너질 때의 시간을 측정한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
예 상	8단이 연결되어 있는 모형의 안정성 〉 8단이 연결되어 있지 않은 모형의 안정성	
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 맞댄맞춤으로 8단을 연결한 돌기둥이 8단을 연결하지 않은 돌기둥보다 흔들림에 오래 버텼다. ② <탐구5-다>의 탐구결과와 비교해 볼 때 8단이 이어져 있으면 모형 1개가 무너지는데 걸린 시간도 더 길어졌음을 알 수 있다. (약 30초 증가)	

4) 지도일지

날짜	2012년 7월 3일
주제	맞댄맞춤에서 8단의 이어짐 이유 탐구 지도
내용	맞댄맞춤으로 돌기둥이 쌓여져 있다면 8단의 연결 여부도 중요한 역할을 할 것 같다는 의문이 들어 탐구활동을 진행하였다. 돌기둥이 쌓여진 방법이 반턱맞춤일 때 8단 연결 여부의 안정성 탐구 결과와 어떤 차이가 있는지, 모형 1개가 무너질 때와 2개가 무너질 때 차이가 있는지, 어떤 방법으로 모형이 무너지는 등 여러 가지 관찰 관점을 가지고 탐구할 수 있도록 지도하였다.
반성 및 계획	반턱맞춤의 8단 연결 탐구를 경험해봐서 인지 학생들이 의문은 가졌지만 다른 탐구활동보다 너무 쉽게 예상하고 흥미를 덜 가진 것 같아 조금 아쉬웠다. 여러 관찰 관점에 따른 예상을 하는 식으로 예상활동을 세분화 하였으면 더 좋았을 것 같다.

의문. 8단을 연결한 돌기둥을 누르는 힘의 위치에 대한 탐구

1) 지도 목적

누각의 나무 기둥이 돌기둥의 가운데 부분을 위에서 누르고 있다. 누각의 나무기둥이 왜 돌기둥의 가운데 부분을 누르고 있는지 탐구하도록 지도함

2) 지도 방법

가) 맞댄맞춤 방법으로 만든 나무 모형을 8단을 2개 준비한다.(25%모형)

나) 각 나무 모형의 8단 가장자리에 나무도막을 넣고 각각 7.5kg 추를 올린 다음 흔들림 장치 위에 올려놓는다.

다) 흔들림 장치를 작동시켜서 모형이 무너질 때의 시간을 측정한다.

라) 나무 모형의 8단 가장자리의 다른 부분에도 추를 올려놓고 흔들어 보았을 때 모형이 무너지는 시간을 측정한다.

3) 실험 결과

구분 / 과정	학 생	교 사
조건 통제	① 추의 종류 및 무게를 같게 하였다. ② 나무 모형을 놓는 위치를 같게 하였다. ③ 같은 강도의 흔들림으로 실험하였다.	
지도결과 알아낸 점	① 추가 놓여진 위치에 따라서 흔들림에 버티는 정도가 달랐다. ② <탐구5-라>와 비교해보면 위에서 누르는 힘이 돌기둥의 가데 부분이 흔들림에 가장 오래 버틴다는 것을 알 수 있었다.	

4) 지도일지

날짜	2012년 7월 6일
주제	8단을 연결한 돌기둥을 누르는 힘의 위치에 대한 탐구
내용	누각을 받치고 있는 나무 기둥이 왜 돌기둥의 중앙에 있는지를 탐구하였다. 같은 무게의 추를 돌기둥 위 각기 다른 위치에 올려 놓은 다음에 같은 강도로 흔들어 보았다. 위치에 따른 흔들림 정도를 비교해보고 나무 기둥이 돌기둥의 중앙에 있는 이유를 생각해 볼 수 있었다. 그리고 추가 올려진 위치를 말로 설명하는 것 보다는 기호를 통해 도식화할 수 있도록 지도하니 학생들이 보다 수월하게 탐구결과를 정리하였다.
반성 및 계획	돌기둥 위에서 누르는 힘을 추를 이용하여 나타내어 보았다. 돌기둥의 면적보다 추의 면적이 더 넓어서 실험을 하다 보니 추가 움직이기도 하였다. 실제 범영루처럼 추의 무게와 비슷한 무게의 누각과 나무 기둥을 이용하여 실험을 하는 것은 어떨까 하는 생각이 들었다.

Ⅴ. 탐구 활동 지도 결과 검증 및 결론

1. 지도 결과 검증

가. 과학 탐구능력 검증

<표 6> 지도 전·후 과학 탐구능력

이름	지 도 전·후	관찰 (3)	분류 (3)	측정 (3)	추리 (3)	예상 (3)	자료 변환 (3)	자료 해석 (3)	가설 설정 (3)	변인 통제 (3)	일반화 (3)	계 (30)
이성빈	지도 전	3	2	2	2	2	3	2	2	1	1	20
	지도 후	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	26
신동범	지도 전	2	3	2	1	1	2	2	2	1	1	17
	지도 후	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	27

1) 이성빈 학생, 신동범 학생은 보통 이하였던 변인통제, 일반화능력이 지도 전보다 지도 후에 높아지는 변화를 가져왔다.
2) 신동범 학생은 추리, 예상 능력이 지도 전보다 높아졌으며 종합적인 탐구 능력이 신장되었다.
3) 이성빈 학생과 신동범 학생의 탐구능력이 같이 신장되었으며 신동범 학생의 탐구능력이 지도 전·후의 차이가 크게 나타났다.

나. 과학적 태도 검증

<표 7> 지도 전·후의 과학적 태도

이름	지도 전후	호기심 (15)	개방성 (15)	비판성 (15)	협동성 (15)	자진성 (15)	끈기성 (15)	창의성 (15)	계 (105)
이성빈	지도 전	12	13	13	9	7	7	12	61
	지도 후	13	13	12	12	12	13	13	88
신동범	지도 전	11	10	9	12	12	10	11	64
	지도 후	13	12	12	14	13	14	12	90

1) 지도 후 이성빈 학생의 자진성과 끈기성이 눈에 띄게 향상되었다.
2) 신동범 학생의 과학적 태도가 지도 전·후의 차이가 크게 나타났으며, 비판성과 끈기성이 많이 향상되었다.

2. 결론

"불국사 모래시계 모양 돌기둥에 숨겨진 과학적 원리 지도"를 통해

가. 두 학생은 불국사 범영루가 오랫동안 무너지지 않은 까닭을 과학적 근거와 검증을 통해 밝히게 되었다.

나. 두 학생은 모래시계 모양이 가진 물리적 안정성과 범영루 돌기둥의 건축방법이 흔들림에 강한 이유를 여러 가지 탐구 활동을 통하여 검증하였다.

다. 과학 탐구능력이 지도전보다 지도 후에 향상되었다.

라. 과학적 태도가 지도전보다 지도 후에 많이 향상되었다.

마. 따라서 두 학생은 생활에서 부딪히는 문제를 과학적 방법을 이용하여 자기 스스로 해결하는 능력이 길러졌다.

참고문헌

권재술(1999) 『과학과 국민공통 기본교육과정의 내용 구성』 한국교원대학교 과학과 교육과정 개정연구위원회, 15

권재술(1999) 『과학개념 형성의 인지적 모형』 한국물리학회지7, 1-9

박승재,조희형(1995) 『학습론과 과학교육』 교육과학사, 281-282

이경섭(1987) 『과학교육 24』 시청각 교육사, 20-25

장남기 외 4명(1994) 『탐구과학 교육론』 교육과학사, 33

정건상(1991) 『듀이와 브루너의 교육방법 분석』 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문

한안진(1987) 『현대 탐구 과학 교육』 교육과학사, 138-142

황상일(2007) 『불국사 지역의 지형특성과 불국사의 내진 구조』 대한지리학회지

윤순옥 외 2명(2001) 『조선시대 이래 한반도 지진발생의 시·공간적 특성』 대한지리학회지

정연상(2010) 『맞춤과 이음』 고려사

김도영(2011) 『지혜로 지은 집, 우리 건축의 구조와 과학을 읽다』 현암사

한석봉(2007) 『불국사 석조물의 교리적 함의 탐구』 동국대학교 석사 학위 논문

임광명(2010) 『여기서는 그대 신을 벗어라』 클리어마인드, 109
이광근(2005) 『불국사의 목조건물과 수리·복원의 역사에 대한 연구』 경주대학교 문화재연구소
임광명(2009) 『영성과 깨침의 보금자리 종교 건축을 보다 <10> 경주 불국사 범영루』 부산일보 2009. 6. 6.자 기사
최종덕(2000) 『한국 고대 재앙사 해석』 사회과학논총 16집