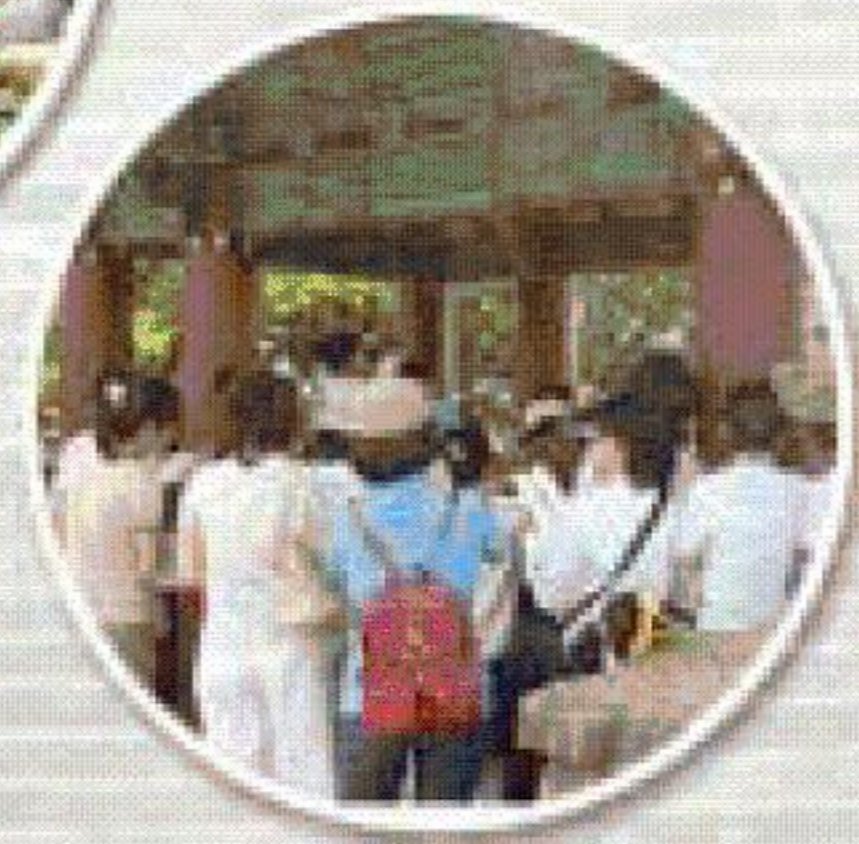
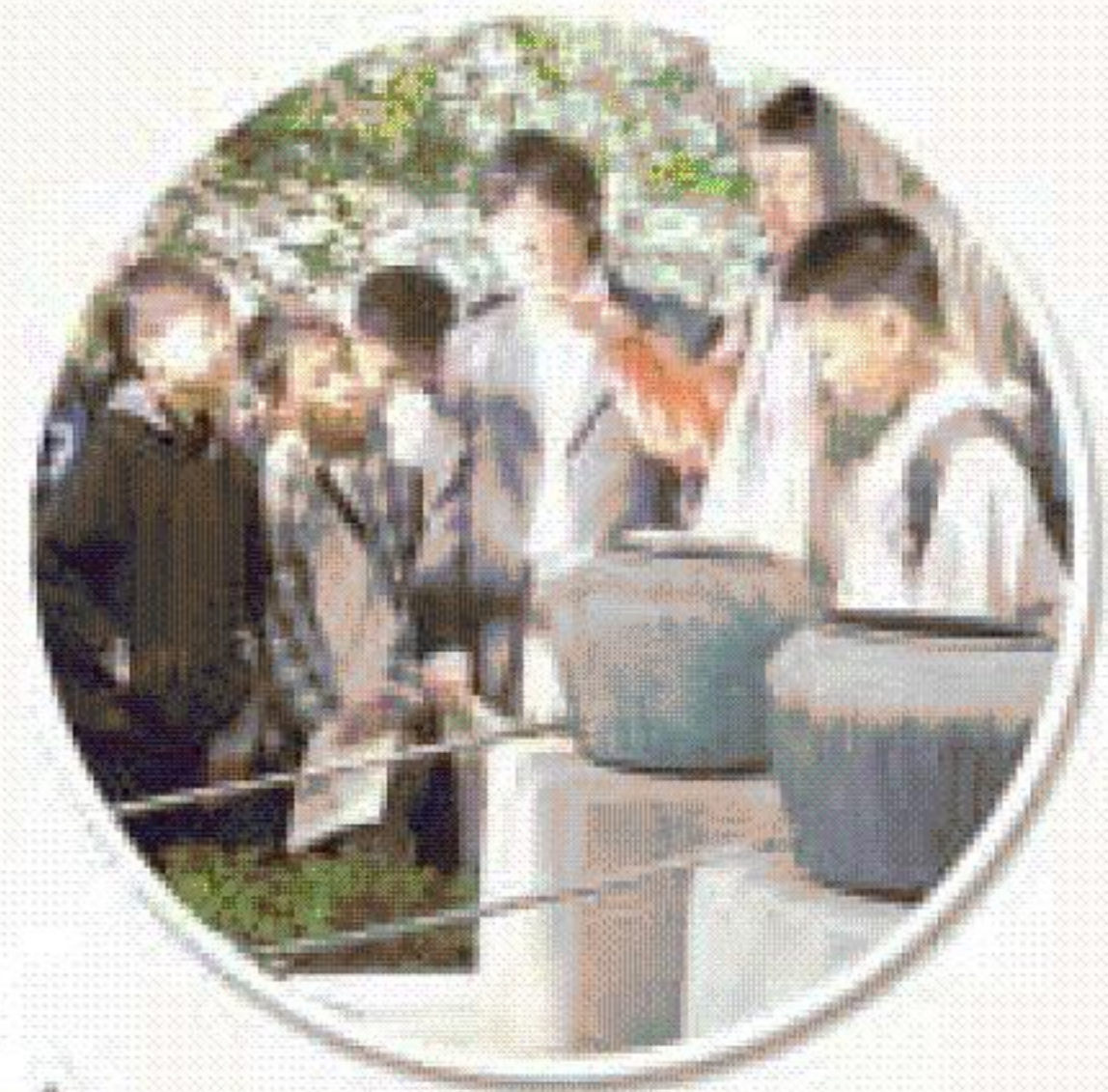
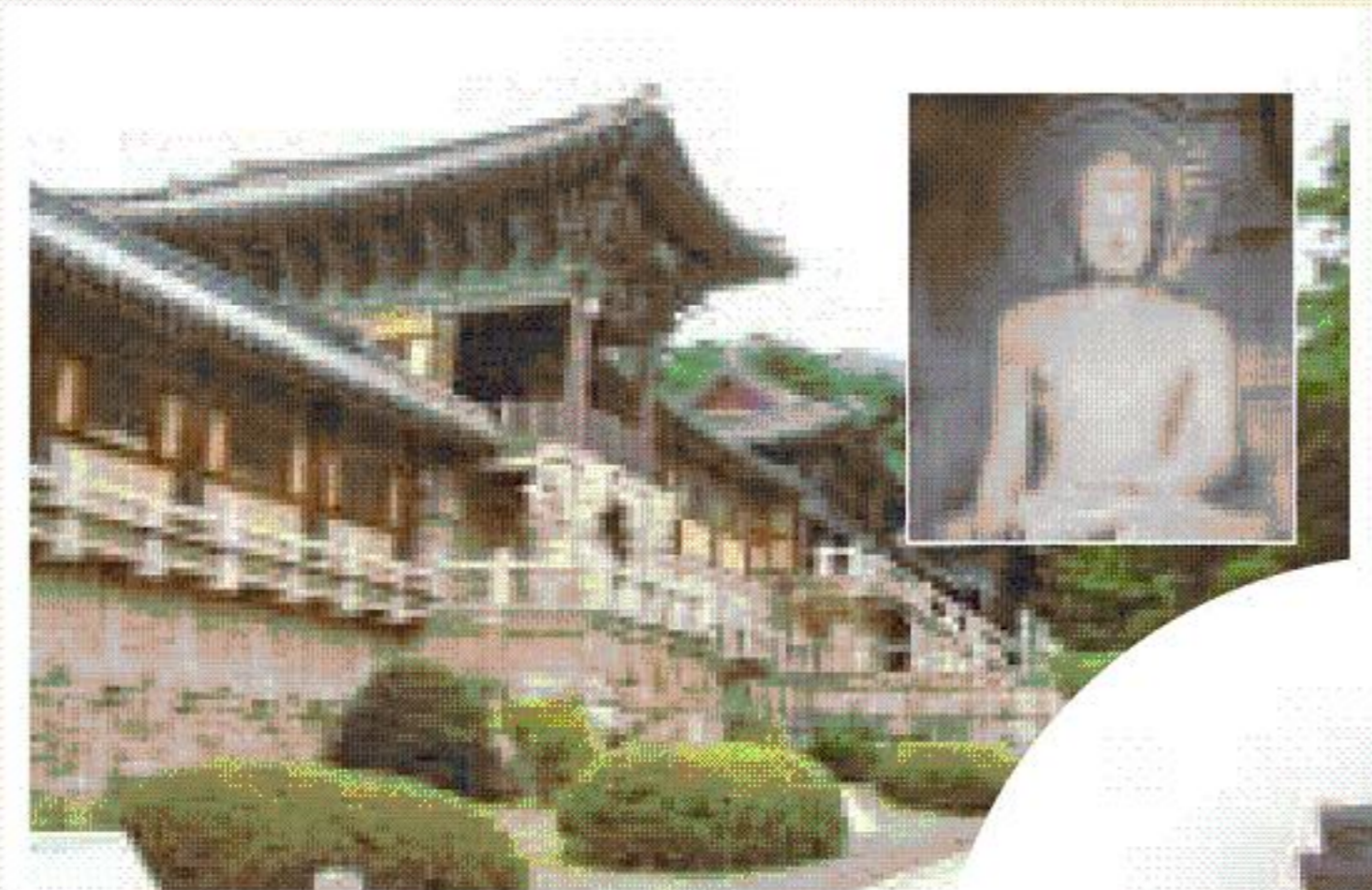


우리 역사 속 과학 탐방의 교육

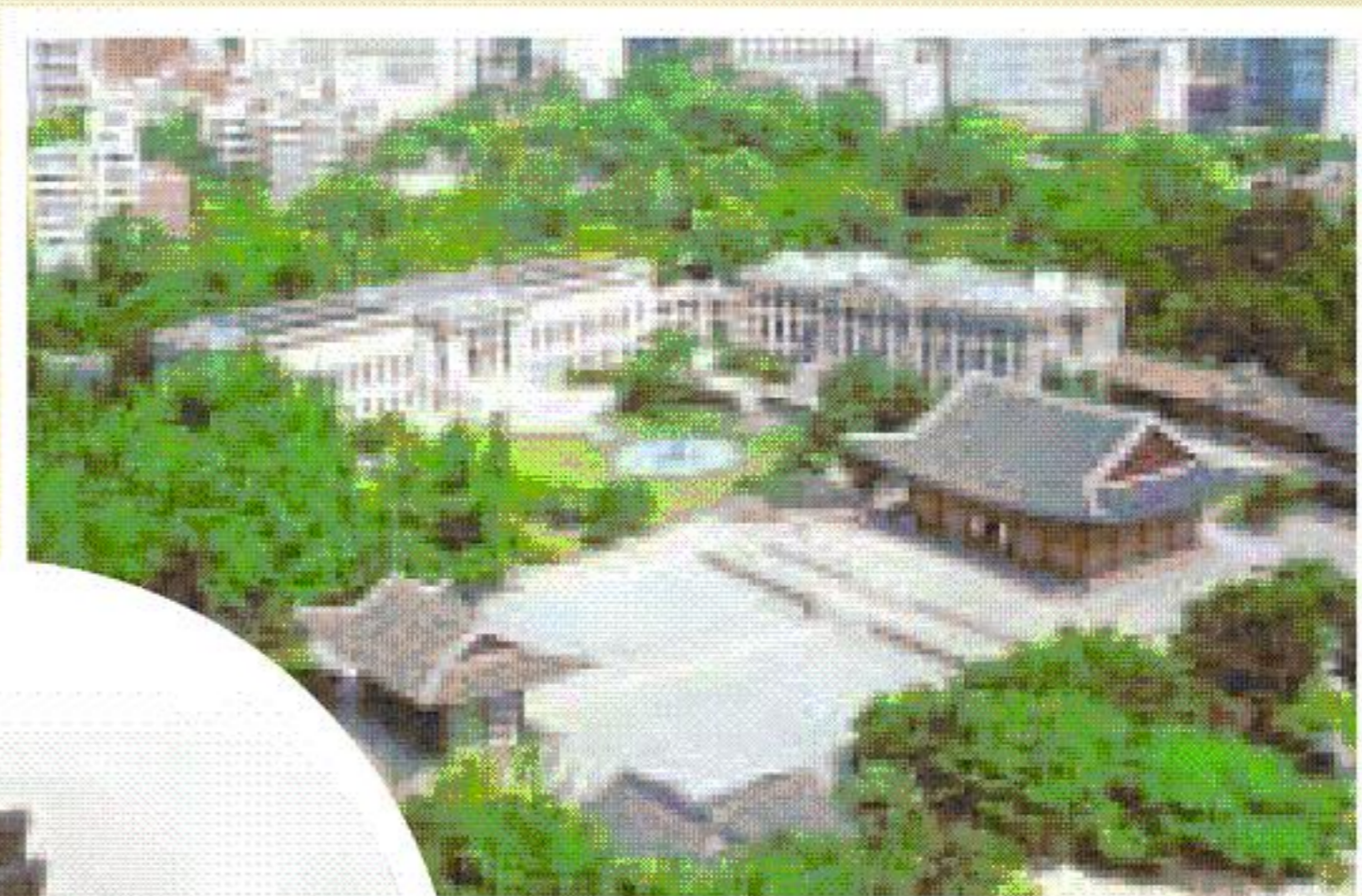
- “온 누리 과학교육장화”를 통한 교육의 혁신 -



서울대학교 과학교육연구소



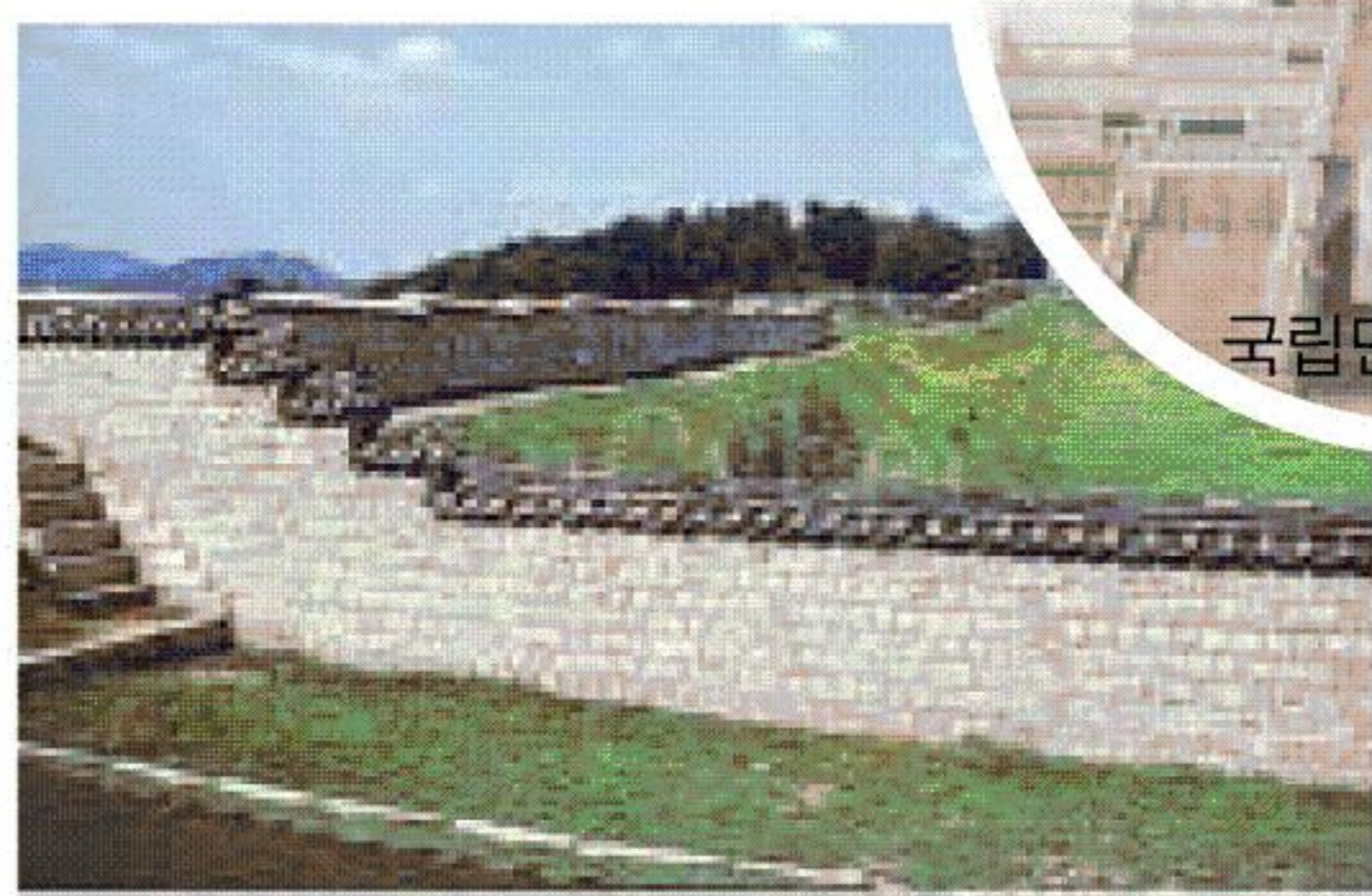
경주의 석굴암과 불국사



서울시청 앞 덕수궁 전경



국립민속박물관



경기도 수원에 있는 화성



제주도민속자연사박물관

감사의 말씀

본 지도 자료의 개발이 교육인적자원부가 지원하고 서울대학교 과학교육연구소에서 주관하는 “탐구·실험중심의 중등과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업” 중 하나인 “교실 안과 밖 탐구활동 연계를 위한 과학탐방 지도자료 연구개발” 과제로 진행되었음을 교육인적자원부와 서울대학교 과학교육연구소에 감사드립니다.

본래 “우리 역사 속 과학탐방”은 1998년 “아 태 청소년과학축전”을 계기로 연구 개발되기 시작하였습니다. 그 이후 우리 청소년을 위해 전국의 여러 곳의 과학 탐방 안내서를 연구 개발 해 왔으며 현재 과학문화교육연구소의 과제로 마무리 단계에 있습니다.

과학 탐방 교육을 위한 본서는 상기의 청소년을 위한 것과 본 연구 개발 과제인 지도자료를 바탕으로, 또 그것을 위하여 연구 개발되었습니다. 이 자료가 청소년의 과학문화교육에 도움이 되기를 바랍니다. 여러 교사님들과 과학교육자님들께서 보시고 사용하시며 좋은 의견을 보내주시면 더욱 알찬 저서가 되도록 계속 연구하겠습니다.

2004년 12월
연구 총괄자 유준희

머리말

과학교육 혁신의 한 가지 실마리

- 온 누리 과학교육장화 -

과학교육의 질적 향상은 우리의 절실한 시대적 과업이다. 그런데, 무엇으로 어떻게 제한된 조건과 환경에서 우리의 과학교육을 혁신 할 것인가? 과학을 공부할수록 점점 싫어하고 어려워하며, 어쩔 수 없이 성적과 입시를 위해 급하게 외우고, 많은 경우 탐구활동 없이 요행으로 선다형을 찍어 맞추는 심각한 과학 교육의 현실을 무엇으로 어떻게 할 것인가?

중요하고 어려운 이 시대적 과제를 순리적으로 풀어 발전시키기 위한 한 가지 실마리는 바람직하게 “온 누리 과학교육장화”하는 것이라 생각한다. 물론 과학 공부는 집에서, 교실에서, 실험실에서 전통적으로 주어진 여건과 환경에서 해오고 있지만, 그에 못지않게 중요한 것은 실제 자연의 세계를 의미 있게 대면하고 온갖 생활 속에 숨어 든, 그리고 온 누리에 퍼져 있는 과학과 기술을 실제적으로 경험하고 탐구하는 것이라 생각한다.

“우리 역사 속 과학 탐방”은 1998년 “아·태 청소년 과학 축전”의 한 활동으로 시작되어 꾸준히 연구 개발되어 왔다. 이제는 우리 역사 속 과학뿐만 아니라 우리의 일상생활 속에, 모든 직장 임무 속에, 국가 사회적 문제 속에 숨어든 과학과 기술을 생생하게 대면하고 탐구하게 안내 하는 것은 정규 과학교정과정에서 못지않게 의미 있는 교육 활동이라 확신한다.

본 저서는 우리 역사 속 과학 탐방의 교육적 의미와 의의를 논의하고 실제 현장에서의 과학 탐방 전, 탐방 중, 그리고 탐방 후 교육적 활동이 바람직하게 시행되기 위한 연구결과와 경험을 제시하려는 것이다. 이 자료가 과학 탐방을 지도하는 교사에게 도움 되는 동시에 지속적인 연구개발과 교사교육 및 정책과 행재정 담당자에게 도움 된다면 큰 기쁨이겠다.

이러한 연구개발 활동을 교육인적자원부의 지원과제로 택하고 지원해 주신 것에 감사하며 서울대학교 과학교육연구소 소장님과 연구 총괄자의 지도력, 그리고 동료 연구위원들의 실제적이고 구체적인 지도자료 개발에 찬사를 보내며 본 논의에서 예로 제시하게 해주었음을 감사한다. 동시에 함께 계속 연구 개발에 정진하며 교사 교육과 현장 실천에 공헌 할 것을 바라며 다짐한다.

2004년 12월 박승재

목 차

머리말 : 과학교육 혁신의 한 가지 실마리 - 온 누리 과학교육장화

제 1 장 우리 역사 속 과학 탐방의 교육적 과제

- 1.1 과학 탐방의 교육적 의미와 의의 1
학교 과학교육의 반추, 과학탐방의 시작과 변천,
과학탐방의 교육적 가치 판단과 공헌
- 1.2 과학 탐방의 활동 예시와 실시 장소 10
화성 과학탐방 활동예시, 우리 역사 속 과학탐방 장소 탐색,
유네스코 지정 세계유산: 문화유산, 자연유산, 기록유산
- 1.3 과학 탐방과 교육과정 : 지향 범주와 지도 모형 20
과학탐방과 학교 교육과정, 여행과 탐방, 전통 과학과 기술,
학교 과학과 일상생활, 범교과적 추구, 수렴적 및 발산적 탐구,
진로지도와 과학 활동의 사회윤리성, 수준별 지도 모형

제 2 장 과학 탐방 지도의 준비

- 2.1 과학 탐방의 중요 기본 요인 36
대상과 인원조직, 일자와 기간, 거리와 교통수단, 비용부담과 자료준비,
장소 확정
- 2.2 교사 준비 사항과 추진 38
학교의 행정과 재정 조치, 부모동의, 탐방장소 공문, 교통과 숙식 예약,
보험, 자료 확보
- 2.3 과학 탐방 사전 지도 41
학생의 동기 유발, 사전 활동, 사전 설문과 현장 연구 준비, 학생 준비 지도

제 3 장 과학 탐방의 현장 지도

3.1 현장 지도의 기본 사항	47
안전과 건강, 질서와 규율, 보전과 절약, 기쁨 존중, 감사의 예의	
3.2 현장 지도의 핵심 사항	49
재미와 경험, 안내와 설명, 질문과 지적자극, 과학 해보기와 시범, 수준별 탐구와 창의성 격려, 생활과학과 관련 분야의 전망 및 진로 탐색	
3.3 현장 탐방 활동의 실제 지도 I (반나절 탐방의 경우)	53
모임시간 엄수, 인사소개와 일반적 안내, 안내 관람탐구, 자유관람탐구, 질문과 토론, 시범(MBL)실험, 퀴즈와 포상, 뒤 마무리	
3.4. 현장 탐방 활동의 실제 지도 II(하루 종일 이상 탐방의 경우)	62
출발장소 모임과 시간 엄수, 버스 속에서의 활동, 오전 활동, 점심 식사 오후 활동, 귀가 중 버스 속에서의 활동과 뒤 마무리, 일박 이일 이상의 경우	
3.5 장소별 및 대상별 탐방 지도의 특징	69
건물 내 탐방과 야외 탐방 초등학생과 학부모, 중등학생, 대학생, 교사, 외국인 과학 탐방	

제 4 장 과학 탐방 후의 활동 지도

4.1 탐방 후 글쓰기 활동과 수업	74
감상문, 시(조), 수필, 설문응답, 보고서, 발표 및 토론수업	
4.2 탐방 후 심화 탐구와 진로 지도	77
심층적 독서와 조사, 심화 탐구 실험, 발표회, 전시회, 토론대회, 관련 분야 전망 제시와 진로 지도, 과학의 윤리와 사회적 책임성 상기	
4.3 과학 탐방의 평가와 점수: 시대적 병목 사항	86
광의의 평가와 점수: 병목 현상의 연구 개선과제	

제 5 장 과학 탐방 교육의 국가 과제

5.1 과학 탐방의 연구와 자료 개발	96
우리 역사 속 과학 탐방의 확장, 연구 과제와 인력 및 접근 방법 과학 탐방 관련자료: 인쇄물, 시청매체, 전산체제, 실험기자재	
5.2 과학 지도 교사 양성 및 연수와 탐방	102
초등교사 양성과 탐방, 중등 과학교사 양성과 탐방, 초등 및 중학 교사 연수와 탐방, 고등학교 과학교사 연수와 탐방	
5.3 과학 탐방 교육정책과 행재정 및 장학과 점검 체제	106
탐방의 국가정책, 학교 교육과정 개편, 교육부와 교육청 및 학교의 행재정과 장학, 타 부처의 협조, 과학탐방 활동의 점검 체제	
 참고문헌과 전산정보	107
 붙임 1 : 통합적 예시: “경주 과학 탐방 지도자료” 중 한 과제에 대한 탐방 전, 탐방 중, 탐방 후 교사용과 학생용 자료 예시	108
붙임 2 : “우리 역사 속 과학 탐방” 지도자료 길장과 차례 예시	122
1. 덕수궁 과학 탐방 지도자료	
2. 국립민속박물관 과학 탐방 지도자료	
3. 화성 과학 탐방 지도자료	
4. 경주 과학 탐방 지도자료	
5. 제주도민속자연사박물관 과학 탐방 지도자료	

제 I 장. 우리 역사 속 과학 탐방의 교육적 과제

자연 환경 속에서 살아가는 인간의 교육은 사회문화적 과정으로 개인적으로나 국가적으로 과거와 현재 그리고 미래에 걸치는 일이다. 어린 청소년소녀의 과학교육은 과학 교과 이전에, 그리고 각 교과를 바탕으로 하되 그것을 넘어 “全人” 교육에 공헌해야 한다. 따라서 가정은 물론 학교 내 뿐만 아니라 학교 밖 활동으로 의미 있게 확장되어 성실하고 발전적인 사회인이요 세계인으로 성장하도록 진취적 교육이 수행 되어야 한다. 이에 부응해야 할 현재의 교육, 학교의 교육, 과학교육은 어떠한가?

1.1 과학 탐방의 교육적 의미와 의의

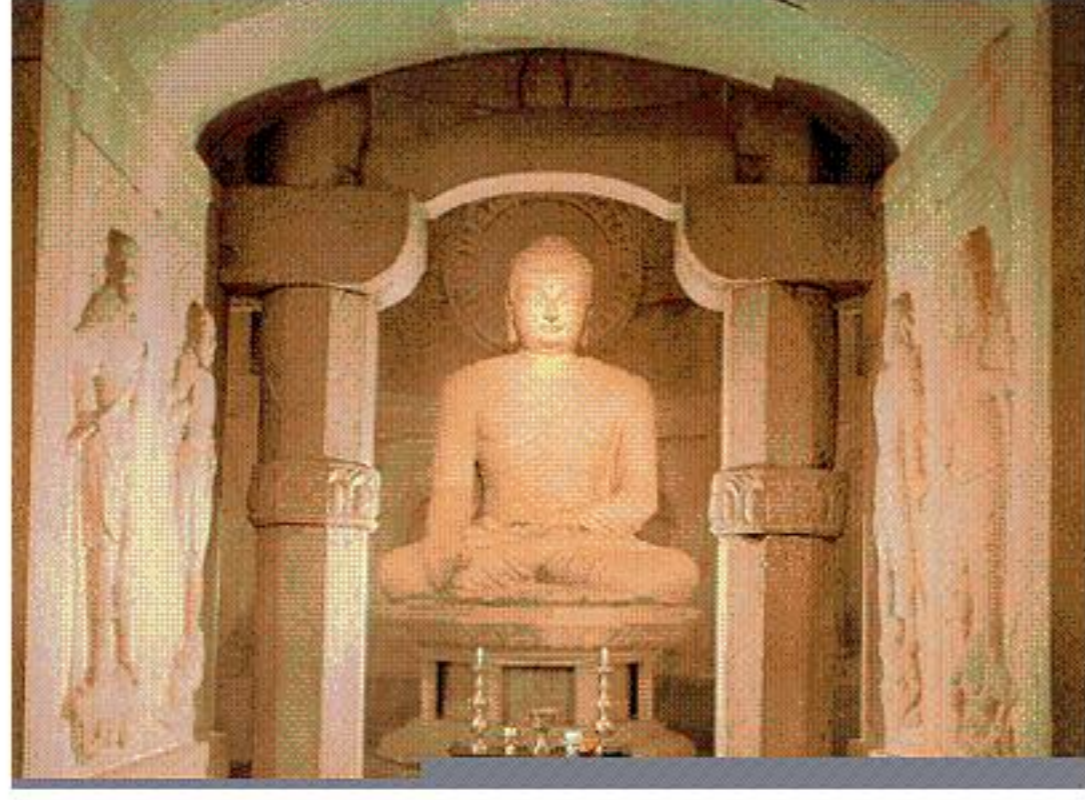
우리의 과학교육을 되돌아보고 학교 내 과학교육의 의미 있는 연계적 학교 밖 과학 활동의 한가지인 “우리 역사 속 과학탐방”의 시작과 변천, 그리고 교육적 가치와 공헌에 대해 논의 한다.

가. 학교 과학교육의 반추

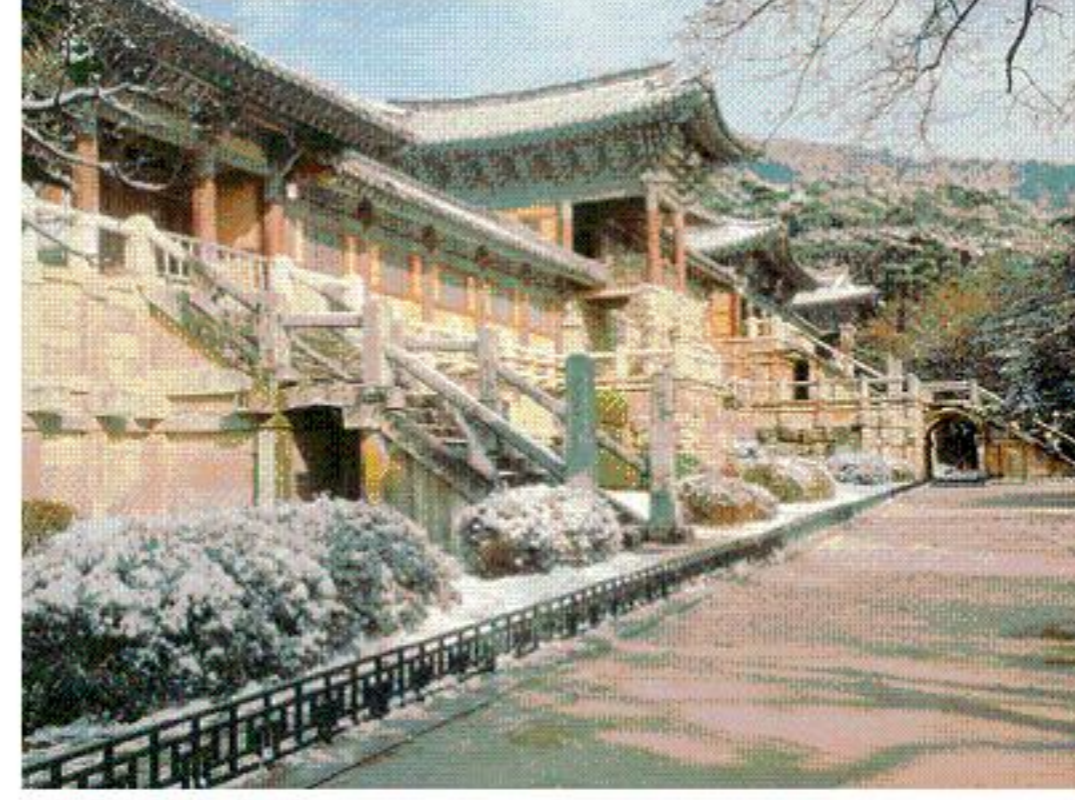
넓은 의미의 과학적 탐구 활동은 인간이 알고자 하는 마음이나 생활상의 필요로부터 손과 머리가 의미 있게 어울리는 사회 문화적 활동으로 창의성과 실증성을 그 특징으로 한다. 그런데, 우리는 지금까지 학교 내외의 과학교육을 과학답고 의미 있게 지도 하였는가?

교육과정에 진술된 과학교육의 목표는 “기본 개념의 구조적 이해”, “탐구력의 함양”, “과학적 태도 형성” 등 그럴듯한 명분을 내세우고 있지만, 실제 교육은 하나의 정답, 특히 몇 개 중에 “꼭 하나의 정답”을 골라야 하는 흑백 논리적 지식 주입 교육이 주가 된 것이 아닌가?

지금까지 국가 교육 과정에 준한 획일적인 교육으로부터 서로 다른 학생들을 고려하여 2000년대부터 제7차 교육과정은 수준별 교육을 지향 한다는 것으로, 심화 보충 방법을 강구하라는 것이 과학교육계에 주문인데, 이것은 구체적으로 어떻게 접근할 것인가?



유네스코 지정 세계문화유산
석굴암



유네스코 지정 세계문화유산
불국사

어떻든, 지도자들과 대중 매체는 창의성을 키우는 과학교육, 그리고 바람직한 인간성을 지니게 하는 “全人”교육에 공헌하는 과학교육을 요구하지만, 요구에 부응할 만큼 교육 여건을 구비하지는 않고 역지를 부리는 것이 아닌가 싶다.

과학교육자들은, 과학이 일반적 보편성(一般的 普遍性, general universality)을 지향한다고 하겠지만, 과학교육은 사회·문화적 지역성(社會·文化的 地域性, socio-cultural locality)을 바탕으로 수행된다고 하겠다. 그런데 우리의 과학교육은 우리의 사회문화 속에서 연구하고 실천해 왔는가?

서구에서 발전한 과학을 쫓다가, 서구식 과학교육 연구와 실천을 조금 흉내 내어 왔지만, 이제 참다운 과학교육의 토착화를 연구하고 실천해야 할 것이며, 그것을 바탕으로 더욱 발전하여 국제적 선도 국가가 되고 인류에 공헌하기 위해서 국제적 교류에 임해야 할 것이다. 이것은 희망찬 일이지만 참으로 어려운 일이다.

우리의 생존과 번영에 “과학교육 혁신”이 필수적이라는 데 거의 누구나 동의할 것이지만, 그것은 화려한 구호 정책이나 일반 교육학적 서론만 제시하는 것으로 되지 않는다. 구체적으로 가정과 학교 그리고 사회 문화 속에서 참다운 평생 과학교육이 실천되어야 할 것이 아닌가?



유네스코 지정 세계문화유산
창덕궁에 있는 인정전



유네스코 지정 세계 문화유산
종묘에 있는 정전

나. 우리 역사 속 과학탐방의 시작과 변천

1996년 아·태 정상 회담 때 한국의 대통령은 “아·태 청소년 과학 축전”을 제안했는데 많은 나라가 호응을 하였다. 이 축전의 프로그램을 계획하는 과정에서 “한국에서만 할 수 있는 멋진 과학 활동은 없을까?”로부터 출발한 것이 “우리 역사 속 과학 탐방”이다.

우리 역사 속에 과학을 보이고 적당한 탐구 활동을 시킬 수 있지 않을까? 연구팀들이 한두 가지 시도를 하였으나 몇 개월이 지나도록 “이것이다” 할만한 “뽕족한” 방안을 찾아 본격적인 연구 개발이 되지 못하였다.

1997년 IMF 사태로 한국과학교육단체총연합회(약칭 과교총)에서 “제5회 학생과학탐구올림픽대회” 수상자들의 미국 방문이 어려워졌을 때, 국내 탐방을 “우리 역사 속 과학 탐방”으로 시도한 것은 절호의 기회이었다. 또한 1998년 1월에 실시한 1주일간의 과학교육자의 현지탐방과 토론은 구체적인 가능성을 갖게 하였다.

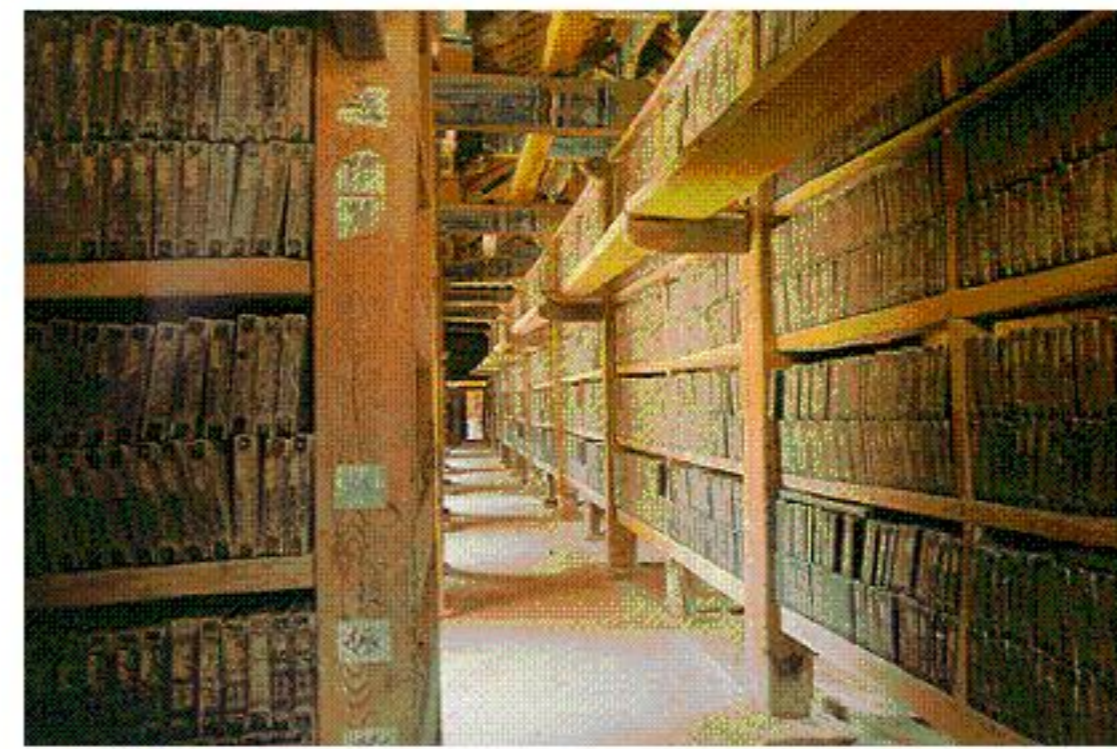
그 전후로 서울대학교 물리학습연구실에서 수원의 “화성 과학 탐방”, 그리고 “세종대왕기념관 과학 탐방” 등을 본격적으로 탐색하기 시작하였다. 또한 아·태 청소년 과학 축전 프로그램 개발팀도 서울의 창덕궁, 이천의 도예마을, 청주의 고인쇄박물관, 용인의 한국민속촌 등에 도전하였다.

과학 탐방의 기본 방침과 안내 방법 등이 논의되고 자료개발이 벌어지는 한편, 일부는 소수의 학생들을 데리고 현장 연구를 하는 활동이 시작되고, 다른 한편으로는 1998년 5월에 있었던 과교총의 “과학교육자 큰 모임”에서 토론을 하며 교사들이 현지 탐방을 하기도 하였다.

큰 보람이 있었고 용기를 얻은 것은 그 해 초여름 “한민족 청소년 국제적 과학 활동” 팀의 탐방 후 반응이었다. 이어진 8월의 아·태 청소년 과학 축전 중 시행된 “한국의 과학문화 탐방”은 국내외의 학생과 지도자들로부터 고무적인 격려를 받는 계기가 되었다.



유네스코 지정 세계문화유산
해인사 장경판전



해인사 장경판전 내부

우리의 직관과 소규모 연구 개발을 통한 시행은 “우리 역사 속 과학 탐방”이 해 볼만한 일이라는 생각을 갖게 하였지만, 과학교육에 있어서 실제적으로, 그리고 구체적으로 무슨 의미가 있는가? 교재를 어떻게 개발하여 어떻게 지도하고 평가하면 좋을 것인가? 무엇보다도, 학교 정규 과학교육과 무엇을 연계시킬 것인가 등을 연구하고, 보다 좋은 교재를 개발하여 교사 교육으로 잇달을 것이 기대되었다.

지금까지 국가나 어느 기관의 특별한 지원이 없었지만, 신념 있는 과학교육자들은 꾸준히 연구개발을 계속해 왔으며 점진적으로 교사 연수에도 공헌하기에 이르렀다. 이제까지의 연구개발 결과와 경험을 바탕으로 거국적인 활동으로 확장되어 교육에 공헌해야 할 것이다.

다. 우리 역사 속 과학탐방의 교육적 가치 판단과 공헌

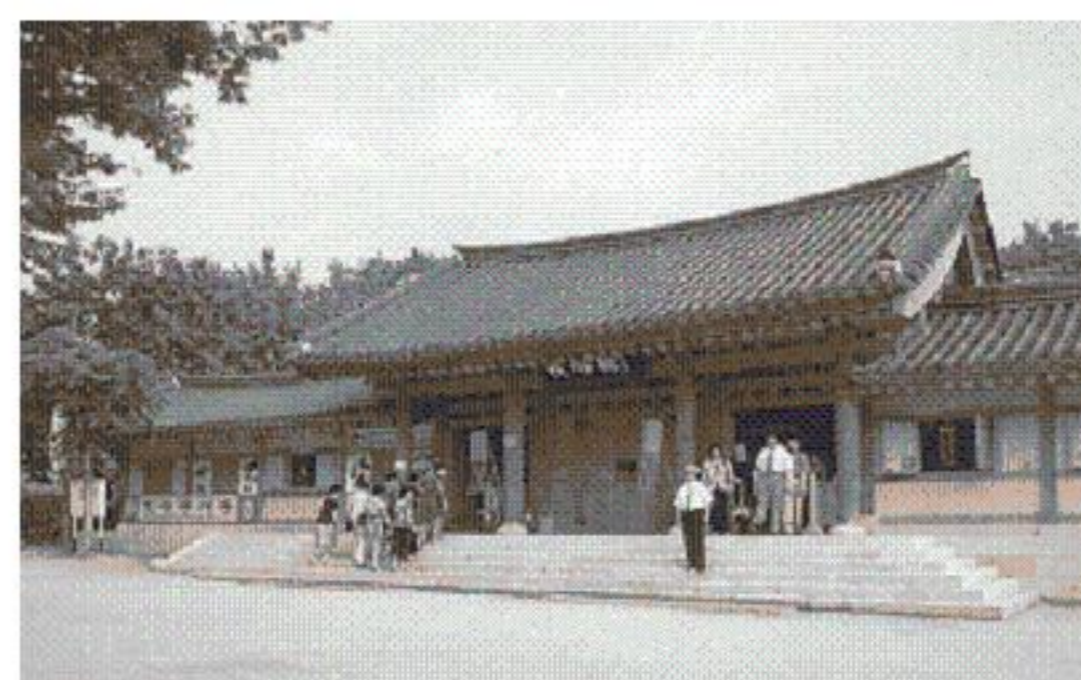
현대 과학과 첨단 기술이 중요시 되는 이 때에 지나간 “우리 역사 속 과학 탐방”은 의미 있을 것인가? “국립민속박물관 과학 탐방 지도자료” 연구 개발자는 “과학문화탐방과 온고이지신”이란 제목으로 다음과 같이 언급하고 있다.(유준희, 2004)

“정보통신 기술의 발달로 점점 더 국제화가 가속되고 있는 21세기에 수 백년 전, 심지어는 수 천년 전 조상들의 살았던 모습이 왜 중요할까. 그것은 자신의 고유성을 전문적으로 지켜나가지 않으면, 정보의 확대 재생산이 아주 짧은 시간 안에 이루어지는 세계 속에서 경쟁력을 가지기 어렵기 때문이다. 사람들이 생명을 유지하는데 기본적으로 필요한 것은 수 천년 전이나 현대나 크게 다르지 않다. 그것은 바로 먹을 것, 구한 먹을 것을 먹기 쉬운 상태로 만드는 기구, 추위나 더위로부터 몸을 보호할 수 있는 집과 의복 등이다.

오늘날 우리는 스위치 하나만 누르면 거의 모든 것을 해결할 수 있으나 조상들은 일일이 모든 것을 가내수공업적으로 해결했다. 오늘날과 비교해 볼 때, 중간과정도 복잡하고 효율도 좋지는 않지만, 그 속에는 한반도의 기후와 환경에 적응해 삶을 꾸려 왔던 조상들의 슬기가 묻어 있다. 그리고 그 중에는 오늘날의 과학기술로도 재현할 수 없는 멋진 것이 많다. 이제 조상들이 사용하던 도구와 방법들을 잘 관찰해 온고이지신의 참뜻을 새겨 보는 것은 어떨까“



국립민속박물관



한국민속촌 민속관

과학 탐방은 학교 내 교육에서 제공해 줄 수 없는 복잡한 사회·문화적 맥락 속에서의 구체적인 학습 경험을 제공해 줄 수 있다. 실험실이나 교실에서와 같이 통제되고 철저하게 구성된 환경에서가 아니라, 일상생활의 자연스러운 환경에서 학생들은 통합적인, 그리고 구체적인 경험으로 인하여 의미 있는 활동이 될 수 있다.

이러한 활동의 특징을 항목화 하면 “우리 역사 속 과학 탐방”은 다음과 같은 바람직한 면을 기대할 수 있다.

· 학생들은 학교에서 벗어나 밖에서 활동하는 여행의 즐거움이 있다.

학생들은 교과서에서 사진으로만 보았던 장소이거나, 교과서에 없는 새로운 장소, 물건, 현상, 그리고 정보 등을 직접 대면함으로써 경험할 수 있는 즐거움을 갖는다.

· 학생들의 학교 밖 과학탐방은 학교 과학학습과 연관 될 수 있다.

과학 학습의 동기 유발, 연습, 적용, 복습 그리고 때로는 예습의 기회가 될 수 있다.

· 학생들은 실질적인 수렴적 및 발산적 과학 탐구를 할 수 있다.

정답을 찾아내는 수렴적 활동도 할 수 있지만, 일반적으로 학교에서 할 수 없는, 정답을 모르는, 정답이 없는, 여러 방법으로 설명 할 수 있는 실제적인 발산적 탐구활동을 할 수 있다.

· 학생들은 실제적인 범교과적 문제를 대면할 수 있다.

과학뿐만 아니라, 수학, 기술, 역사, 혹은 미술 등과 관련된 범교과적인, 그리고 시대적으로 중요한 과제인, 물자와 에너지를 아끼고 환경을 보전하며 오염을 줄여야 하는 실제적 문제에 직면할 수 있다.

· 학생들은 수준별로 개인 또는 협동 학습을 할 수 있다.

한 장소이지만 수준별로 활동을 할 수도 있고, 범수준별 또는 혼합적으로 여러 친구들과 같이 협동적 탐구 활동도 할 수 있다.

· 학생들은 우리의 전통적 과학과 기술을 이해하며 진로에 도움 될 수 있다.

우리 문화재에 대한 과학적 안목을 넓히고 그것의 가치를 인정하는 데 도움이 될 뿐만 아니라, 과학사 또는 문화재와 관련된 분야의 진로를 안내 받는 좋은 기회가 될 수 있다.

- 학생들은 우리의 역사와 문화에 대한 긍지를 높이는 기회가 될 수 있으며, 나아가 국민다운, 인간다운 교육을 받는 기회가 될 수 있다.

“우리 역사 속 과학탐방”은 우리 조상의 지혜와 우수성, 그리고 당시의 삶을 알고 이해함으로써 민족적 긍지를 높이는 기회가 될 수 있다.

이로써 총체적으로 바람직한 “全人” 교육과 과학기술 인력양성에 공헌 할 수 있다.

또한, 교사는 학교에서 볼 수 없었던 학생들의 성품, 예를 들어, 학생들의 준비태도, 복장, 식사 습관, 야외 활동에서의 행동 특성 등을 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 평가의 새로운 기회를 포착할 수도 있다.

한편, 과학 교육자에게 각성의 기회가 되며 의욕적인 연구와 실천의 동기가 될 수 있고, 지역과 국가에 공헌한다는 긍지도 지닐 수 있으며, 과학교육의 참다운 토착화를 실현한다는 신념이 굳어질 수 있다. 또한, 과학 교사들도 연구에 자극을 받으며 긍지를 가지고 지도하는 계기가 될 수 있을 것이다. 학부모와 지역 주민들, 그리고 지도자들도 청소년 과학교육이 의미 있는 활동의 가능성을 보인다고 생각하여 직접 간접으로 좀더 지원하는 계기가 될 것이다.



측우기



앙부일구

라. 과학 탐방의 어려운 점에 대한 논의와 가치 판단의 문제

한국 역사 속 과학 탐방은 앞에서 제시한 긍정적인 면을 기대할 수 있지만, 시행하기 어려운 점과 준비가 소홀한 상태에서 시행될 경우 생길 수 있는 다음과 같은 문제점도 예상된다. 그러나 좀 더 생각하면 우리의 가치판단 문제가 아닌가!

· 시간 많이 소요된다.

문화유적지나 박물관 등을 오고 가는 데 걸리는 시간도 많이 걸리며 유적지나 박물관에서의 활동이 많은 시간을 요구하게 된다. 그러나 이것은 가치 판단의 문제이다. 교실 등에서 전통적으로 해오던 다른 “과학 활동”은 얼마나 가치가 있는가?

· 경비가 필요하다.

학생들이 문화유적지나 박물관 등을 오고 가는 데 필요한 비용을 충당해야 하는 어려움이 있다. 그러나 다른 활동을 위한 예산 할애는 얼마나 교육적 가치가 있는가?

· 정규 과학교육 과정에 준하는 기초교육이 중요하다.

이러한 탐방 활동이 잘못되거나 지나칠 경우, 기초적이고 기본적인 교육이 소홀하게 될 수 있다. 따라서 “과학 탐방”은 기초교육과 잘 연계되고 발전적으로 강화 되도록 연구개발을 바탕으로 해야 한다.

· 보통 과학 지도 교사가 잘 하기 어렵다.

연구 개발된 방법과 자료를 가지고 교사양성 과정과 연수를 통하여 과학 지도 교사들이 잘 알고 신념 있게 수행하도록 도와야 한다. 실제로 대상 학생 수준에 적합하게 지도하는 과학교사의 연수가 없으면 보람 있는 과학 탐방이 되기 어렵다. 과학교사를 위한 탐방 연수와 도움 되는 자료개발 보급이 절실하다. 어느 교육의 질이 교사의 질 보다 높을 수 있는가?

· 철저히 준비할 여건이 못 된다.

학교 정규 교육과정에 준하여 과학 탐방은 잘 계획되고 철저히 준비해야 한다. 준비가 소홀하거나 사전 지도가 철저하지 않을 경우, 학생들은 탐방을 관광, 놀이, 휴식으로만 여기기 쉽다. 어떤 바람직한 교육 활동이 철저한 준비 없이 잘 할 수 있는가? 그럼에도 지금까지 평소 교실 수업을 잘 준비해서 지도하기도 어려운데 학교 밖 교육을 위한 준비를 잘하기 어렵다고 주장할 것이다. 그러나 교사가 주어진 시간과 여건에서 무엇을 철저히 준비할 것인가는 가치 판단의 문제이다.

· **다인수의 개방적 탐구활동 현장지도 잘 하기 어렵다.**

저학년일수록, 그리고 좁은 공간에 많은 사람이 모여 있는 시끄러운 곳일수록 많은 학생을 데리고 교사 혼자 잘 하기 어렵다. 30 여명 이상이 되면 학부모의 도움을 받는 등의 방법이 강구되어야 한다. 어떤 교육활동이 많은 학생을 데리고 잘 할 수 있는가?

· **탐방전후 활동은 귀찮은 일이다.**

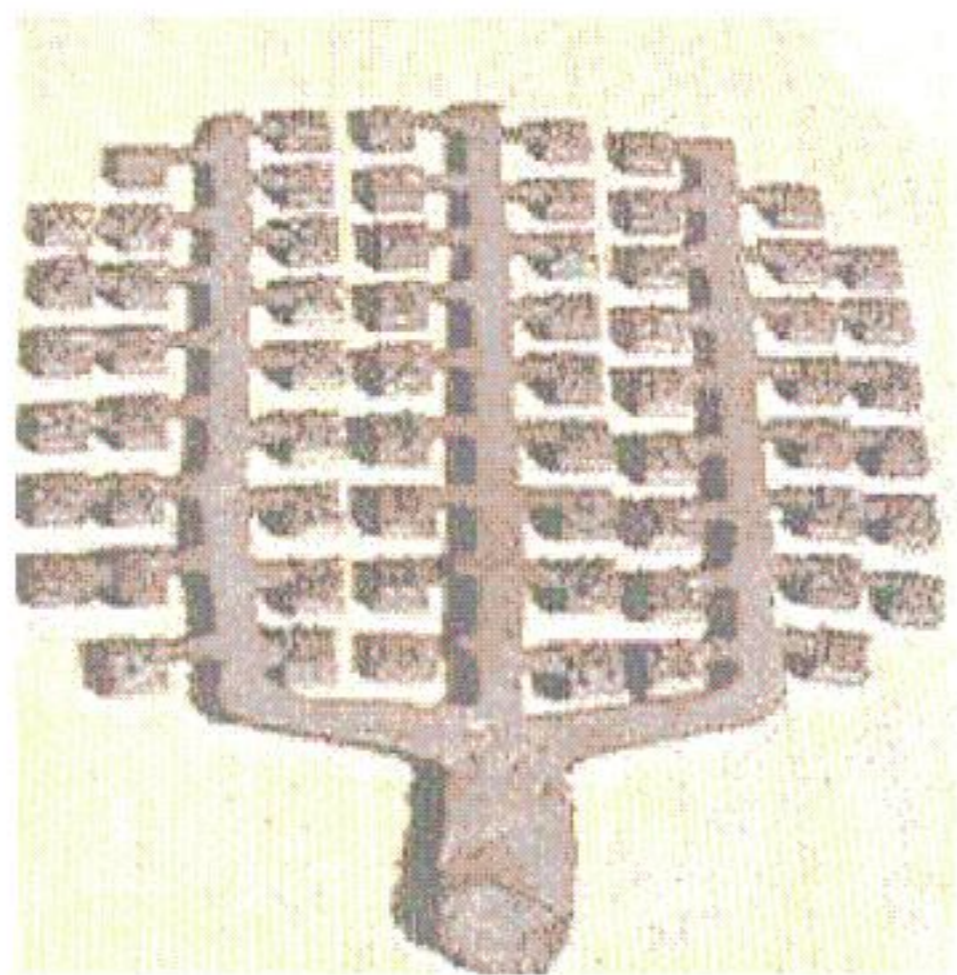
학교 교육과정에 의해 주어진 시간이 제한되어 있어 탐방 전후의 활동이 어려울 뿐만 아니라 많은 의무적 일을 하기에 바쁜 과학 지도 교사가 탐방전후 활동은 어렵고 귀찮은 일이다. 그러나 이것을 소홀리 하면 탐방의 보람은 많이 줄어들 것이다. 탐방은 “정규”교실 수업만한 가치가 없는가? 현재의 교실에서의 과학 수업이 얼마나 정말로 의미 있는가?

· **평가하여 점수 주기가 어렵다.**

특히 개방적, 발산적 탐구 활동을 타당하고 신뢰롭게 평가하기 어려워 평가를 안 하거나 잘못할 경우 의도하지 않은 역효과가 생길 수도 있을 것이다. 평가에 대한 철저한 연구 개발 활동이 거국적으로 요청된다.

· **잘못하면 실망을 안겨 줄 수 있다.**

잘못 시행될 경우, 우리의 의도와는 달리 민족 문화와 과학에 대한 실망을 안겨줄 수도 있을 것이다. 그러나 잘 못하면 청소년소녀에게 실망을 안겨 주는 것이 이것만이겠는가, 과학교육에 실망을 안겨주지 않으려면 무엇을 어떻게 할 것인가 끝없이 노력해야 할 우리의 연구와 정성 어린 실천의 과제가 놓여 있다고 하겠다.



금속활자



편경

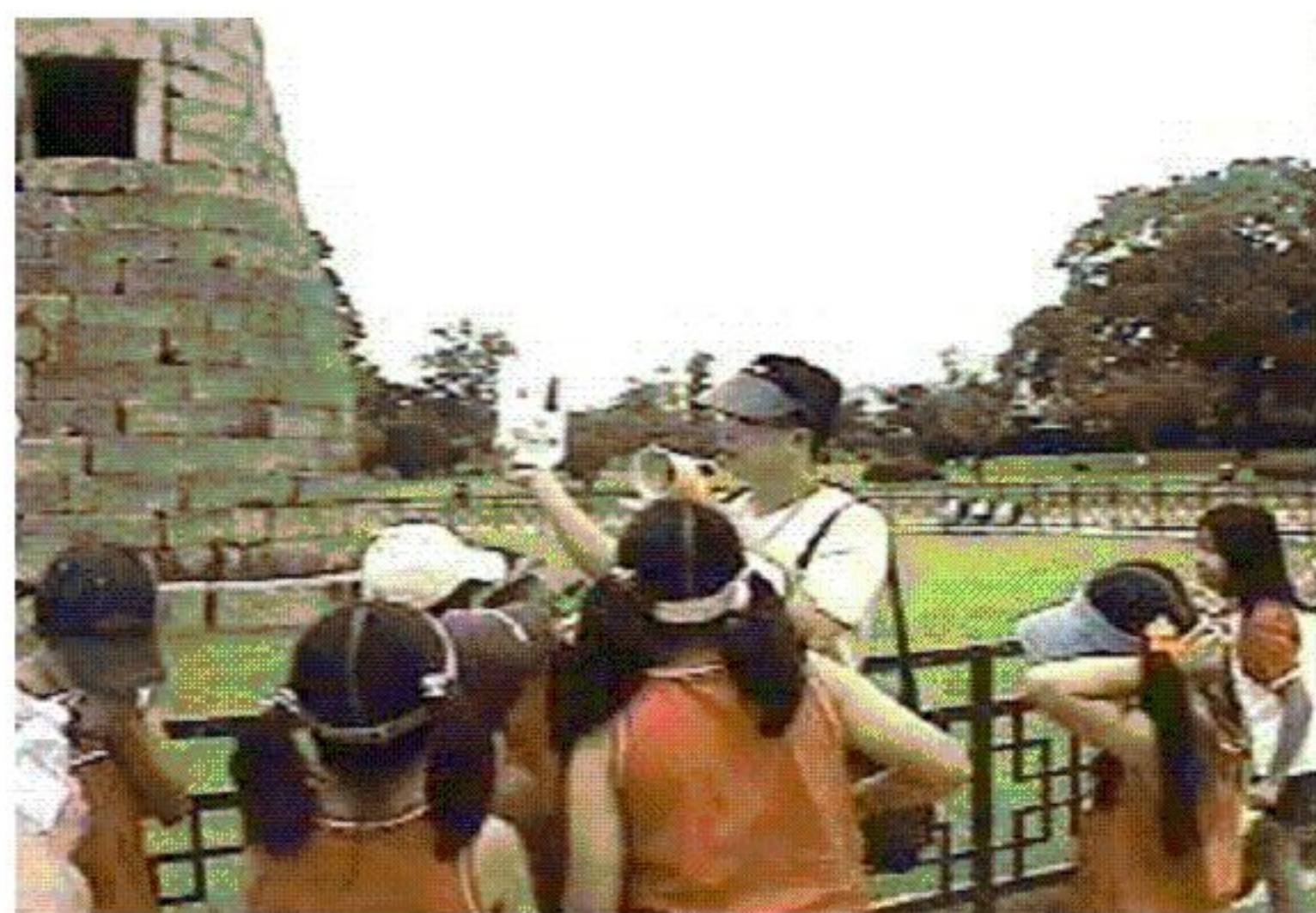
마. 교육혁신에 공헌할 것인가

잘 연구되고 철저하게 준비된 “한국 역사 속 과학 탐방”은 과학탐구의 장으로 보람 있는 탐구활동이 가능하며 바람직하게 수행될 수 있다. 우리 조상의 삶, 그리고 나와 우리들의 삶을 좀 더 깊게 이해할 수 있는 장, 다양한 형태의 과제로 수렴적 과제로부터 발산적 과제까지 수행할 수 있는 탐구의 장, 학생들의 다양성을 극복하는 협동적 수준별화의 장, 통합교과 과제를 수행할 수 있는 장이 될 수 있을 것이다.

무엇보다 지금까지 “우리 역사 속 과학 탐방”은 철저한 실증적 연구개발이 조금 시행된 것으로 이것의 과학교육적 효과에 대해서는 더 철저히 근거 있게 밝혀지고 방안이 제시되어야 한다. 과학 탐방 학습과정의 이론적 및 실증적 연구가 계속해서 이루어져야 할 것이다.



세종대왕기념관 과학탐방 모습



경주 과학탐방 모습

1.2 과학 탐방의 활동 예시와 실시 장소

“우리 역사 속 과학 탐방”에서 구체적으로 무슨 활동이 어떻게 시행될 수 있는가, “온 누리 과학교육장화” 해야 하지만 우선 어느 곳이 탐방을 시작하기에 적합한 곳인가 탐색한다.

가. 화성(華城) 과학 탐방 활동 예시

과학사학자들은 역사와 전통 속에서 특히 과학과 관련된 역사적 유물이나 문화재를 발굴하여 과학사의 관점에서 분석하며 의미를 찾는다. 그러나 과학사와 관련된 유적지나 유물 등을 과학교육의 관점에서 학생들이 역사 속의 과학 탐구를 가능하게 하는 것은 과학교육자들의 몫일 것이다.

한국 역사와 관련된 유물과 유적지들 중 넓은 의미의 과학사와 관련된 것의 예는 다음과 같은 것이 있다.

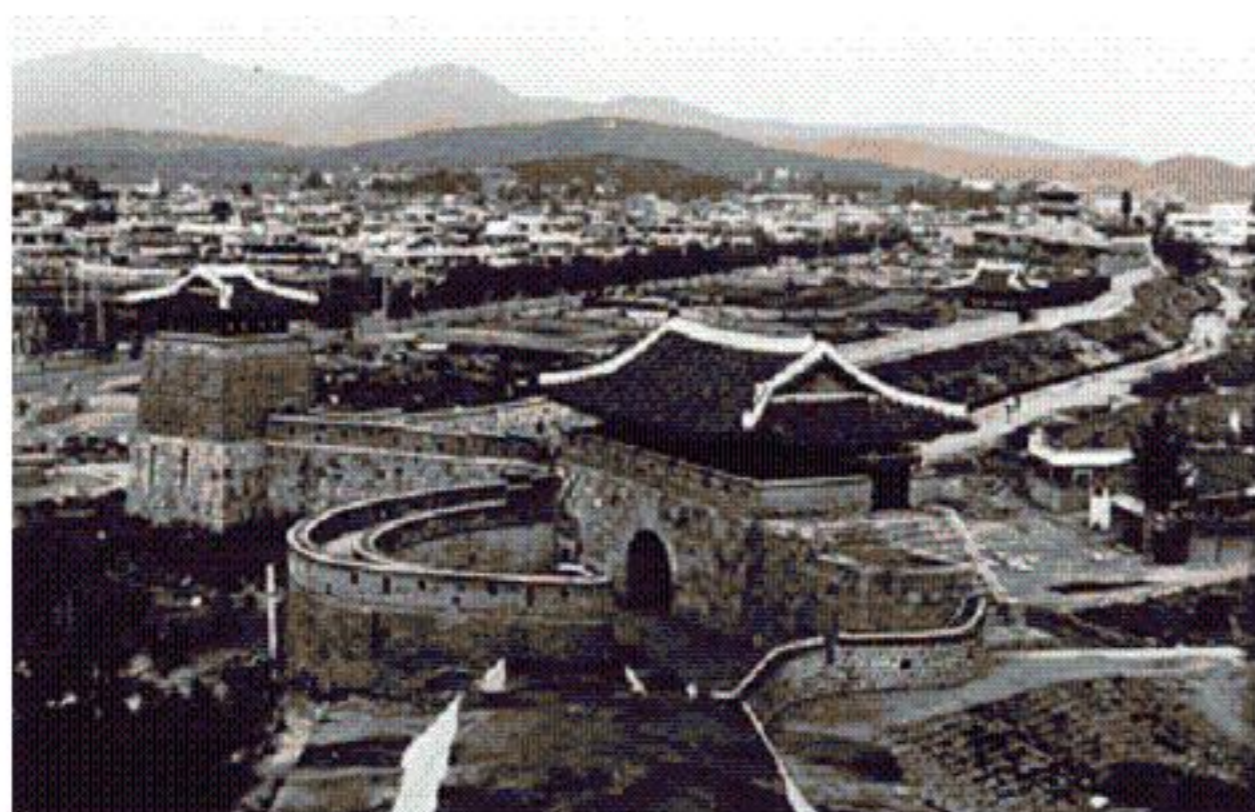
측우기, 양부일구, 수표, 자격루, 칠정산, 천상열차분야지도, 혼천시계,
팔만 대장경판과 판전, 창덕궁, 종묘, 화성,
경주에 있는 불국사, 석굴암, 첨성대, 석빙고, 포석정 등

과학사와 관련된 유물과 유적지 등을 대상으로,

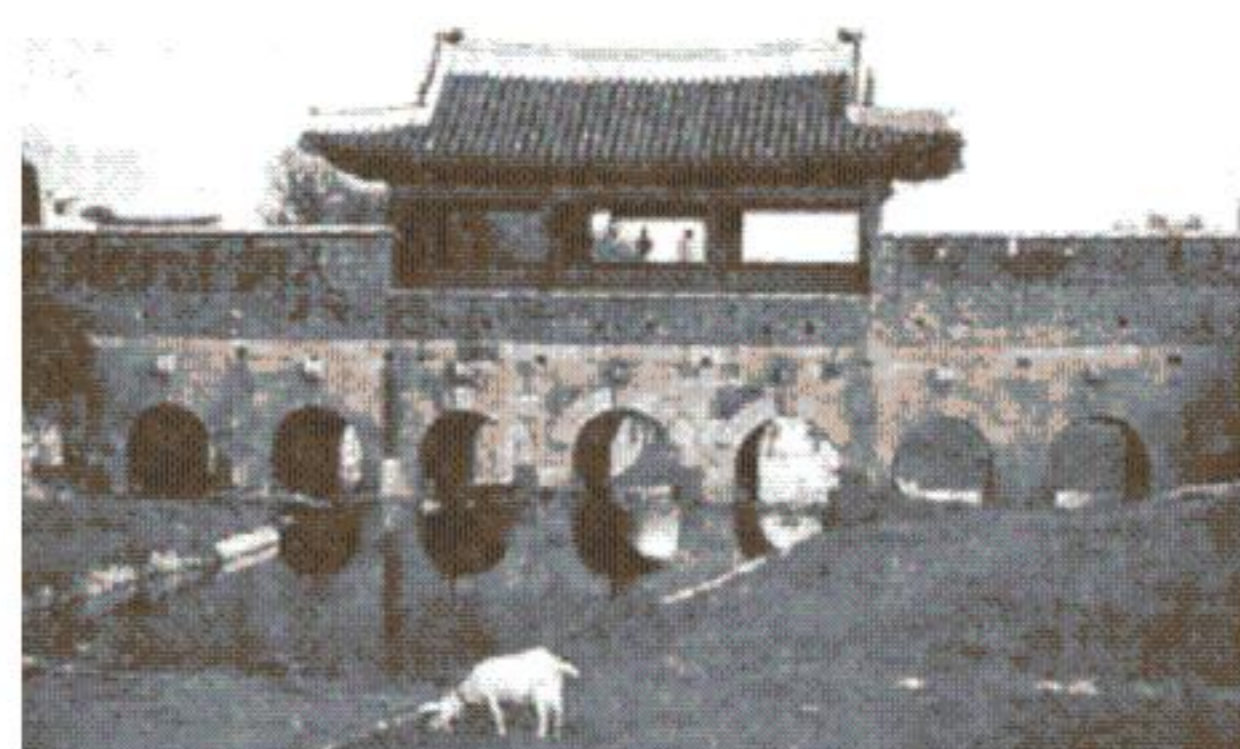
첫째, 독서, 청취, 관찰, 어림, 측정, 모의실험 등의 초보적인 활동으로 수학, 과학, 기술 등의 정보, 사실 등을 앎으로써 수행할 수 있는 수준의 과학탐구,

둘째, 학생들은 처음에 답을 알지 못하지만 교사들은 알고 있는 수렴적인 여러 수준의 과학탐구,

셋째, 학생과 교사 모두 정답을 모르거나, 여러 가지로 설명이 가능한 복잡한 발산적 과학 탐구가 가능할 것이다.



유네스코 지정 세계문화유산인
화성의 화서문



화성에 있는 화홍문

경기도 수원시가 인터넷(<http://city.suwon.kyonggi.kr>)에 제시한 내용을 보면, 다음과 같다.

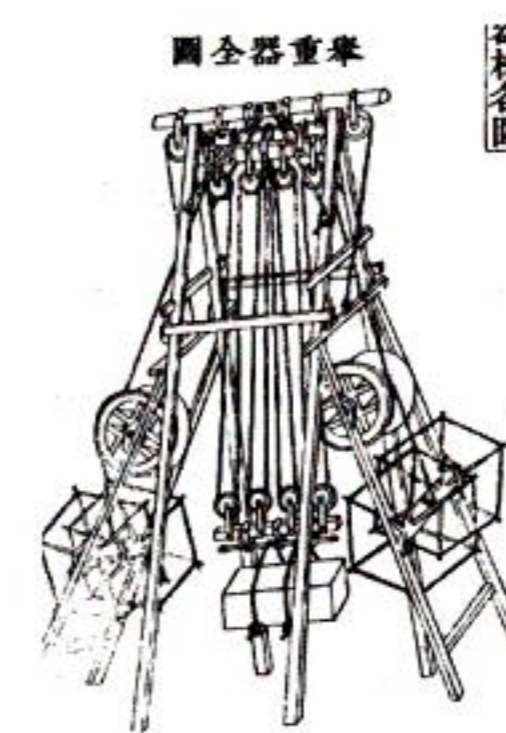
“경기도 수원시에 있는 화성(華城)은 조선조 제22대 정조대왕 18년(1794년) 1월에 착공하여 정조20년(1796년) 9월에 완공되었다. 정조대왕은 그의 아버지 사도세자의 원침을 양주 배봉산에서 수원 화산으로 옮기면서 당시 화산 아래에 있던 관청과 민가를 팔달산 아래로 모두 이전시키고 이곳에 화성행궁과 함께 화성을 축성하였다.

200년 전에 축조된 수원화성은 가장 근대적인 규모와 기능을 갖추고 있으며 성에는 4대문을 비롯한 총 48개의 시설물이 있다. 성곽 시설물들이 수려할 뿐만 아니라 화기에 대한 공격과 방어에 대처할 수 있는 시설을 갖추는 등 세계에서 가장 과학적인 설계로 축성한 성곽중의 하나로 '성곽의 꽃'이라 불리운다. 또한 성의 형태뿐만 아니라 포루·돈대·치성·암문·수문의 적절한 안배로 실전에 있어서 가장 효과적으로 근접하는 적을 견제 섬멸할 수 있도록 하였다.

성의 축성시에는 거중기, 녹로, 유형거 등을 고안하여 사용하였으며 특히 거중기는 정약용이 특수 고안한 것으로써 40근의 힘으로 2만 5천근의 무게를 움직일 수 있다는 것이다. 또한 축성에 관한 모든 기록이 화성성역의궤에 그대로 남아 있어 건축실명제가 실시된 세계최초의 건축물이기도 하다.” (“과학적인”에 금을 그은 것은 필자가 한 것임).



정조의 화성능행도



거중기 모형도

화성의 “과학적”인 면은 무엇인가? 화성의 과학적인 면을 과학교육화 할 수 있는가? 우리는 초·중·고·대학에서 과학적인 탐구를 시켜야 한다는 소리가 요란하지만, 실제 무엇으로 어떻게 시키고 있는가? 과학교사가 “탐구적인 질문”을 한다고 해도, “열린 과학 수업”을 한다고 해도, “발견 실험”을 시킨다고 해도, 몇 초, 몇 분, 몇 시간 안 되어 곧 하나의 “정답”, 한 가지의 “결론”으로 학습 지도를 “정리”하지 않는가? 우리는 정말로 학생과 교사가 모르는, 정답이 없는, 여러 방법으로 설명할 수 있는 발산적, 개방적인

탐구 활동을 하는 경우가 있는가?

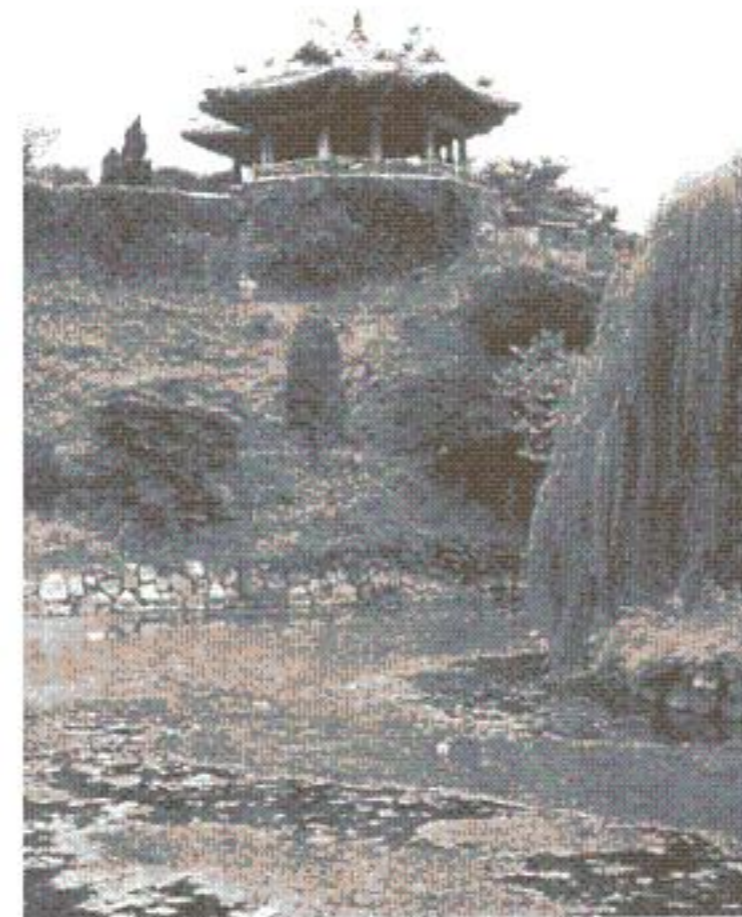
화성을 개방적인 탐구의 장소로 활용할 수 있는가? 과학 공부를 못하는 학생은 못하는 대로, 잘하는 학생은 잘하는 대로 우리의 문화유산을 “과학교육장화”하여 수렴적·발산적 탐구도 하고 우리 문화유산을 깊이 이해하며 아끼고 자긍심을 갖도록 할 수 있는가?

경기도 수원시에 있는 화성(華城)과 관련하여 초보적인 탐구 과제로 제시할 수 있는 것부터 몇 가지 예시하면 다음과 같다.

- 수원성의 평균 높이는 얼마나 될까? (길이의 어림과 단위 등)
- 수원성의 길이는 5.4km이다. 돌을 몇 개나 사용했을까? (개수의 어림 등)
- 수원성에서 가장 큰 돌의 무게는 얼마나 될까? 돌을 꺼내어 저울에 달지 않고 알 수 있는 방법은? (질량 그리고/또는 무게의 어림과 단위, 가설 형성, 추리, 부피, 밀도 등 기존 학습 개념의 활용...)
- 수원성에는 봉화대가 다섯 개 있다. 이것을 가지고 보낼 수 있는 신호는 몇 가지나 될까? 서울에서 부산까지 이런 봉화대로만 연락이 가능했을까, 가능했다면 어떻게, 몇 군데의 봉화대로 하여 걸린 시간은 얼마이었을까? (봉화, 신호, 연락, 조합 등의 초보개념 학습, 문제의 핵심 파악, 가설 설정, 추리, 시간 개념 등...)



화성에 있는 봉화대



화성에 있는 방화수류정

- 거중기(擧重器)는 높이가 4.4m, 폭이 1.7m 정도이었다고 한다.
앞서 구한 가장 큰 돌을 들어올리려면 거중기가 어떤 과학적 원리를 이용하여 무엇으로 어떻게 만들어지고 작동되었을까? 고안하고 전개도 등을 작도해 보자. 방학 때 친구들과 직접 만들 계획을 세우고 실험해 보자. 기록에 의하면, “40근의 힘으로 2만 5

천근의 무게를 움직일 수 있다”는 것인데. 어떻게 해서 가능했을까? (고안, 작도, 제작, 지레의 원리 적용 등을 포함하여 수렴적/발산적 개별/공동 탐구 활동)

- 수원 성곽의 그 큰 돌은 수원에서 5 km 떨어진 곳에서 가져왔다고 한다. 무엇으로 운반을 하였을까? (질량과 운동 관계, 무게와 힘 등 기존에 학습한 과학 개념과 법칙 활용, 문제 해결...)
- 아래 괄호 속에는 무거운 돌을 운반하기 위하여 다산(茶山) 정약용(丁若鏞) 선현이 고안하였다는 유형거(游衡車)의 설명이 있다.(최재혁, 화성 과학 탐방, 과학문화교육 연구소, 2003)

다산은 저울의 원리를 원용하였다고 밝히고 설명하기를 “이것은 대개 무게의 중심이 앞으로 쏠렸다 뒤로 쏠렸다하여 언제나 평형을 유지하려는 원리 때문이다. 이 때문에 수레는 경쾌하여 비탈을 오르려면 들리고 언덕을 달리려면 물러 힘들여 끌지 않아도 저절로 달리게 된다.”고 하였다.

다산이 고안한대로 작동되었을까? 모형을 직접 제작하며 과학적 원리를 탐구해 보자. (역사 지식, 고안, 제작, 과학적 원리 적용 등을 포함하여 발산적/개방적 개별/공동 탐구활동)

- 화성은 군사적, 과학적, 경제적으로 의미 있게 축성되었다는 것이다. 이것이 뜻하는 바를 구체적으로 예를 들어 설명해 보자.

이상과 같은 탐구 과제를 현재의 교육과정과 학교 내 과학 교육에서 얼마나 어떻게 가능한가?

나. 우리 역사 속 과학탐방 장소의 탐색

한국의 역사적 관점에서 의미 있는 유적지와 유물은 과학교육적 입장과 동일하지는 않을 것이다. 그러나 과학 탐방의 목적이 과학사 전공자를 염두에 둔 것이 아니라 모든 사람을 위한 것이다. 일반적으로 많은 사람들이 여행지로 가는 곳을 의도적으로 선택하여 지금까지 등한히 한 과학과 기술의 문제를 부각 시키려는 것이다. 특히 초중등 학생을 염두에 두고 시도별 탐방 장소를 탐색할 것이 요청된다.

다음과 같이 시도를 염두에 두고 얼마간 연구개발 된 과학 탐방 장소를 일부 예시한다.

서울에 있는 유네스코 지정 세계문화유산

“창덕궁 과학탐방”

- 600 여년간 보존된 아름다운 한국 정원을 찾아서 -
자연 친화적 정원을 갖춘 궁궐로 여러 탐구 활동이 가능하다.



창덕궁

서울에 있는 유네스코 지정 세계문화유산

“종묘 과학탐방”

- 조선 왕가의 사당을 찾아서 -
특수한 건축물과 주변의 오래된 생태계를 탐구할 수 있다.



종묘

서울 경복궁 내에 있는

“국립민속박물관 과학탐방”

-한국 민속 문화 속의 과학을 찾아서-
옛 풍물 속에 무궁무진한 과학교육 소재가 담겨 있는 곳이다



국립민속박물관

인천시 강화도에 있는

“부근리 고인돌 과학탐방”

- 자연과 역사가 멋있게 어울린 섬의 고인돌을 찾아서 -
지석문화 속에서 과학 활동을 펼 수 있는 재미있는 곳이다



부근리 고인돌

경기도 수원시에 있는 유네스코 지정 세계문화유산

“화성 과학탐방”

-18세기 세계에서 가장 과학적인 설계로 축성한 성곽을 찾아서-
성곽 문화의 꽃밭을 야외 답사하며 여러 과학 활동이 가능하다



화성

강원도 태백에 있는

“석탄박물관 과학탐방”

- 땅 속에서 흙진주를 캐내던 광학기술을 -



석탄박물관

충청도에 있는

“청주고인쇄박물관 과학탐방”

- 세계에서 가장 오래된 금속활자 만든 곳을 찾아서 -
쿠텐벨그 보다 앞서 금속 활자로 인쇄한 고장이다



고인쇄박물관

경주에 있는 유네스코 지정 세계문화유산

“불국사와 석굴암 과학탐방”

- 신라의 숨결 속에 과학을 찾아서 -
천년의 미소를 띤 예술품 속에 과학이 있는가?



석굴암

경상도 합천 해인사에 있는 유네스코 지정 세계문화유산

“장경판전 과학탐방”

-600여년 보관되어 온 장경판과 장경판전의 과학탐구-
장경판과 장경판전 안팎의 환경 과학을 탐구할 수 있다



장경판전 내부

전라도 운주사에 있는

“천불천탑 과학탐방”

- 하늘의 모습을 땅에 심어 놓은 듯한 -
사람이 땅에 발을 딛고 살지만 생각은 먼 하늘을 향하고 있는가?



천불 천탑

가장 작은 도(道), 가장 큰 섬(島)에 있는

“제주도민속자연사박물관 과학탐방”

-섬으로 펼쳐진 멋진 자연 속 섬 문화를 찾아서-
한라산을 중심으로 굴, 폭포 등 지질과 생태계뿐 아니라
그 속의 특별한 생활문화를 탐구할 수 있다.



제주도민속자연사박물관

상기 이외에도 서울에 있는 세종대왕기념관, 덕수궁, 경기도 여주에 있는 도예마을,
한국민속촌, 전라도에 있는 목포국립해양유물전시관, 경남에 있는 진주성 등 많이 있다.

다. 유네스코 지정 세계유산

유네스코 지정 세계유산과 한국의 세계문화유산에 대해서 각별한 관심이 있어야 하겠다. 전 세계에 퍼져 있는 인류의 유산 중 가치가 있는 문화유산과 자연유산을 자연적 또는 인위적인 손상과 파괴로부터 인류 공동으로 보호하기 위하여 1972년 유네스코에서 “세계 문화유산 및 자연 유산 보호에 관한 협약”이 채택되었다.

세계 유산 상징 로고

유네스코가 인류의 소중한 문화 및 자연 유산을 보호하기 위해 1978년에 만들었다. 가운데 사각형은 인간을 나타내고 외곽의 둥근 원은 자연을 의미한다. 이는 인간이 만든 문화와 자연은 서로 떼어낼 수 없는 불가분의 관계임을 나타내고 있다.



세계 유산 협약에 따라 1975년에 구성된 세계유산위원회(WHC)가 인정한 인류 전체를 위하여 보호되어야 할 문화재를 세계 유산(World Heritage)이라고 말하는데, 세계유산은 문화유산, 자연유산 그리고 복합유산으로 구분된다.

그 중 문화유산에는 역사적, 과학적, 예술적 관점에서 세계적 가치를 지니는 건축물, 고고 유적, 및 심미적·민족학적·인류학적 관점에서 세계적 가치를 지니는 문화 지역 등이 포함된다. 이집트의 피라미드, 그리스의 아크로폴리스, 중국의 만리장성, 일본의 히메지성, 이탈리아의 피사의 사탑, 선사시대 고대 유적지인 알타미라 동굴벽화 등 전 세계적으로 유명한 문화재 400여 점이 지정 되어 있다.

문화유산으로 지정되려면 유산의 진정성(authenticity)과 그 가치의 탁월성 및 해당 국가의 관리성을 국제적으로 인정받아야 한다. 세계유산은 매년 1회씩 개최되는 유네스코 세계유산위원회 정기총회에서 최종 결정되며, 등재 신청 및 서류 심사, 국제기념물유적협의회(ICOMOS)의 현지 조사, 1·2차 심사 등 까다로운 절차를 거친다.



피라미드



아크로폴리스



만리장성

세계 문화유산으로 등록되면 “세계 유산 협약”에 따라 문화재 보호를 위한 국제적인 기술지원과 재정지원을 받을 수 있게 되며 인류공동의 문화유산임을 인정하는 유네스코 인증서와 이를 상징하는 세계 유산 휘장을 상용할 수 있게 된다. 또한 유네스코의 지속적인 홍보 및 정부의 추가적인 관심과 지원으로 관광산업의 활성화도 기대할 수 있다. 그렇다고 세계 문화유산 등록으로 지역개발 등에 특별한 규제나 제한이 가해지는 것은 아니다. 문화재에 대한 소유권과 통제권에는 전혀 변화가 없으며, 국내법의 범위 내에서 적법한 각종 행위는 변함없이 가능하다.

1997년 말 현재 이 협약에 가입 한 나라가 151개국인데, 그 중 112개국의 세계유산이 552건이다. 문화유산 418건, 자연유산 114건, 복합유산 20건이다.

국가별	유적수	국가별	유적수
이태리	26	호주	13
스페인	26	러시아	11
프랑스	23	캐나다	10
인도	21	브라질	8
독일	19	일본	8
중국	19	터어키	8
미국	18	이집트	5
멕시코	17	한국	5
영국	17	태국	4
그리스	14	기타 97개국	280

중요한 점은 세계 문화유산 판정에 “과학적”이라는 항목이 포함되어 있다는 사실이다. 하지만 우리과학자와 과학교육자들은 우리가 지니고 있는 세계 문화유산에 대해 얼마나 알고 있는가? 우리 문화유산의 “과학적”인 면은 무엇인가? 이와 관련하여 과학교육계는 무엇을 하고 있는가? 과학교육은 “객관적인” 보편적 과학지식만 전수하거나 탐구력만 키우면 되는가?

문화유산

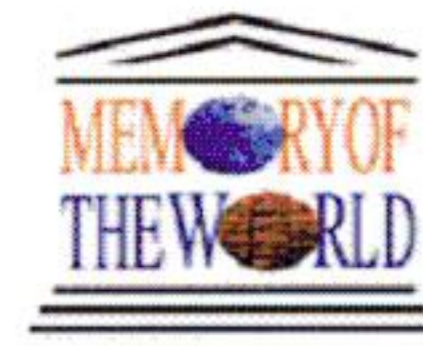
- 독특한 예술적 혹은 미적인 업적, 즉 창조적인 재능의 걸작품을 대표 할 것.
- 일정한 시간에 걸쳐 혹은 세계의 한 문화권내에서 건축, 기념물 조각, 정원 및 조경디자인, 관련예술 또는 인간정주 등의 결과로서 일어난 발전사항들에 상당한 영향력을 행사한 것.
- 독특하거나 지극히 희귀하거나 혹은 아주 오래된 것.
- 가장 특징적인 사례의 건축양식으로서 중요한 문화적, 사회적, 예술적, 과학적, 기술적 혹은 산업의 발전을 대표하는 양식.
- 중요하고 전통적인 건축양식, 건설방식 또는 인간주거의 특징적인 사례로서 자연에 의해 파괴되기 쉽거나 역행할 수 없는 사회·문화적 혹은 경제적 변혁의 영향으로 상처받기 쉬운 것.
- 역사적 중요성이나 함축성이 현저한 사상이나 신념, 사진이나 인물과 가장 중요한 연관이 있는 것.

자연유산

- 지구의 주요한 진화단계를 대표하는 현저한 사례
- 현재 진행되고 있는 중요한 지질학적 과정, 생물학적 진화 및 인간과 자연환경의 상호작용을 나타내는 현저한 사례
- 독특하고 그 희귀하거나 최상급의 자연현상, 인간에게 가장 중요한 생태계, 자연적인 지형으로서 특별히 빼어난 자연미를 지닌 조형물이나 지형 혹은 지역, 대집단의 동물들에 의해 제공되는 장소, 자연식물들로 뒤덮인 포괄적인 조망
- 희귀하거나 멸종위기에 처한 동·식물의 종이 아직 생존하고 있는 서식지 범주에는 보편적인 관심과 중요성이 있는 동·식물이 집중되어 있는 생태계

한국은 1988년 유네스코의 “세계문화유산 및 자연유산 보호에 관한 협약”에 108번째 나라로 가입하였고, 1995년 12월 19차 세계유산위원회 회원국으로 선출되었다. 1995년 12월 19차 세계유산위원회 총회에서 **석굴암과 불국사**, 해인사 **장경판전**, 그리고 **종묘**가 세계 문화유산으로 지정되었고, 1997년 12월 21차 총회에서 수원시의 **화성**과 서울의 **창덕궁**이 추가로 지정되었다. 2000년에는 **경주역사유적지구**와 **고인돌 유적**이 세계문화유산으로 지정되었다.

세계기록유산



유네스코에서는 1993년부터 격년제로 세계기록유산 목록을 작성하고, 효과적인 보존 수단을 마련하기 위해 특별 프로그램을 통한 기록유산의 보존에 노력하고 있다.

세계기록유산의 목적

첫째 세계적인 수준의 중요성을 지닌 기록유산에 대해 가장 적절한 수단을 통한 보존을 보장하고 국가적, 지역적 수준의 중요성을 지닌 기록유산의 보존을 장려하며,

둘째 전자화를 통하여 전 세계의 다양한 사람들의 접근을 용이하게 하고 평등한 이용을 장려하며,

셋째 기록유산에 기초해서 만들어진 기타 자료들을 발전시키고 그것을 전 세계에 널리 보급하며,

네째 세계적 관점에서 중요한 기록유산을 소유하고 있는 모든 국가들의 인식을 고취시키는 데에 그 목적을 두고 있다.

세계기록유산의 선정 기준

1차적 기준: 영향력, 시간, 장소, 사람, 대상·주제, 형태 및 스타일, 사회적 가치 등

2차적 기준: 원상태로의 보존, 희귀성 등

2001년 현재 세계기록유산에 등재된 것은 32개국의 69건이다.

한국에 있는 세계기록유산

(1997년) 훈민정음 해례본, 조선왕조실록

(2001년) 직지, 승정원일기

세계기록유산의 등재 효과는 국제적 보존·보호를 받을 수 있는 법적 기구로의 발전에 대비할 수 있고, 보존관리에 대한 유네스코의 기술적 혜택이 가능하며, 세계기록유산 회장의 사용과 유네스코의 인터넷을 통한 지속적인 홍보가 가능하다.

1.3 과학 탐방과 교육과정: 지향 범주와 지도 모형

우리는 학교 밖 교육활동을 조금 한다. 산과 들에서 동식물 관찰, 지질 탐구, 별 관측뿐 아니라 역사 탐방, 지리 탐사를 하지만 얼마나 교육 과정과 의미 있게 연계되어 보람 있는 기회로 삼는가?

모든 교육활동이 신념 있는 교육철학을 바탕으로 지혜로운 계획이 중요하지만, 학교 밖 과학 활동은 울타리 속 학교 내 교육보다 더 복잡하고 어렵기 때문에 철저한 계획이 필요하다.

“경주 과학탐방 지도자료”의 저자는 다음과 같이 쓰고 있다.(김형석, 2004)

“수많은 국내외 관광객이 경주를 방문하여 우리 민족의 찬란한 역사에 대하여 보고 배운다. 그 중에서도 유네스코지정 세계문화유산으로 지정된 석굴암과 불국사에는 연간 백만 명 이상이 방문하는 역사 탐방의 대표적 장소이다. 또한 경주에는 석재 조형 기술뿐만 아니라 기하학적, 과학적 측면에서 세계적으로 손꼽히는 석굴암, 불국사와 청동 주조기술의 수준을 보여주는 에밀레종, 천문관측 역사의 유구함을 보여주는 첨성대 등이 있어 경주 관광을 통해서 우리 조상의 지혜와 그 우수성을 알게 됨으로써 우리 과학문화에 대한 민족적 긍지를 높이는 기회가 될 수 있다.

하지만 일반 관광객들은 주마간산 식으로 구경할 뿐 우리 문화에 대한 이해를 충분히 하지 못하는 경우가 많다. 뿐만 아니라 전문적인 안내를 받는 탐방이나, 교육적인 목표를 달성하기 위해 준비된 학교 단체 여행에서도 경주 문화유산의 역사적 가치에만 관심을 가지고 그 과학적 가치에 대해서는 깊이 생각하지 못하는 경향이 있다.



석빙고



안압지

과학기술에 대한 부정적 태도와 흥미 저하를 극복하여 전 국민의 과학문화소양을 증진하기 위해 여러 가지 방법이 취해져야 하겠지만 “우리 역사 속 과학탐방”을 통하여 우

리 민족의 과학문화에 대한 긍지를 높이는 것이 한 가지 방법이 될 것이다.

따라서 과학문화에 대한 소양을 증대할 수 있는 좋은 기회인 경주 탐방을 제대로 활용하기 위한 방안이 필요하다고 하겠다.

경주 관련 자료는 역사적인 측면이나 과학적인 측면 모두에 걸쳐 초보적인 수준에서부터 상당히 전문적인 수준에 이르기까지 다양하게 존재한다. 하지만 문화유산을 과학적인 관점에서 다룬 저술들은 문화유산 자체의 과학성을 전문적인 관점에서만 다루고 있고 이를 통한 과학교육은 고려하지 않고 있다. 문화유산을 대면하여 탐방의 교육적인 효과를 고려하여 이루어진 저술은 전무한 상태이다. 한국과학문화재단 등의 지원을 받아 이루어진 과학탐방에 있어서도 과학적 안내를 담당할 과학교육 전문가들이 자료를 연구 개발하고 수정 보완하여 필요한 부수만큼 복사하여 사용하는 실정이다.

국가적으로 이공계 대학 희망학생이 감소하고 고등학교 자연계열 선택 율도 감소하고 있어 기초과학과 공학에 필요한 우수인력이 부족한 현실이다. 이공계 기피현상과 과학에 대한 선호도 저하를 극복할 필요성이 대두되고 있다. 진로 선택에서의 문제뿐만 아니라 과학교육 국제 비교평가에서도 문제점이 드러난다. 성취도는 여전히 상위권을 유지하고 있지만 과학에 대한 흥미나, 창의적 탐구능력은 미흡한 것으로 드러나 과학교육의 수준 저하가 우려되고 있다. 이공계열 장학금 등을 신설하여 문제를 해결하려는 시도는 하고 있으나 학교 현장에서의 주어진 현실을 점진적으로 내실화 하여 극복하는 것이 필요한 시점이다.

과학문화탐방을 통해 학교 현장에서 역사학습 위주로 이루어지고 있는 문화유산 탐방이 역사뿐만 아니라 과학문화에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있는 기회로 활용할 수 있을 것을 기대한다. 과학탐방 지도서 및 안내서는 문화유산 탐방 전후의 재량활동 교재로 활용하여 탐방효과나 과학문화에 대한 이해를 증진시킬 수 있을 것이 기대된다.“

가. 과학 탐방과 학교 교육과정

화성 과학 탐방에서는 전반적으로 관찰, 예상, 추리 등의 과정기술을 사용하게 된다. 도입질문들은 간단한 추리와 알고 있는 과학지식을 적용함으로써 답을 추론해 낼 수 있다. 화성이 건축물이기 때문에 그것이 하나의 단원과 밀접하게 관련된다고 할 수는 없으나, 구체적으로 관련되는 단원을 예시하면 아래와 같다. (최재혁, 2004)

구체적으로 “화성 과학탐방”과 관련된 단원의 예

㉔ 3학년 여러 가지 돌과 흙, 7학년 지각의 물질

화성에 보면 200년 전의 성벽의 돌을 볼 수도 있으며, 현재 복원된 부분을 볼 수 있다. 풍화와 관련지어 탐구할 수 있으며, 화성 성벽의 돌이 화강암이므로, 암석과 관련지어 탐구할 수도 있다. 예를 들어, 밀도 구하기나 돌의 질량 구하기 등의 활동을 할 수 있다.

예시 활동: 성벽의 돌의 개수를 어림하여라. 성벽의 높이를 어림하여라.

성벽에서 가장 큰 돌의 크기를 구하여라. 성벽에서 가장 무거운 돌을 무게는?

㉕ 4학년 모습을 바꾸는 물, 7학년 물질의 세 가지 상태

성이 견고하려면 어떤 조건을 만족해야 할까? 화성에서는 조건으로 성벽내로 물이 스며 들지 않아야 한다는 것을 논의하게 된다. 그것은 물이 얼면서 부피가 팽창하는 문제와 연관지어 탐구할 수 있다.

예시 활동: 성벽의 돌 중에서 V자 홈은 무엇 때문에 난 것일까?

성벽 돌 틈 사이에 물이 스며든다면 겨울에 어떻게 될까?

성벽 돌 틈 사이에 물이 스며들지 않도록 하려면 어떻게 해야 할까?

㉖ 6학년 편리한 도구, 7학년 힘

활을 쏘는 경우 탄성력, 그리고 돌의 운반과 견고한 성을 쌓기 위한 방법을 논의하기 위해 마찰력 등을 적용하여 설명할 수 있다.

예시 활동: 성벽에서 아치 형태를 찾아보자.

성벽 운반도구를 보고, 도구의 편리한 점을 생각해보자.

㉗ 7학년 파동

화성에 오면 실제 범종을 볼 수 있으며, 종을 칠 수 있다. 맥놀이를 직접 들어볼 수 있는 좋은 기회이다. (서남암문과 서장대 사이)

예시 활동: 종에서 나는 소리의 세기가 어떻게 달라지는지 확인해보자.

탐방은 당장의 학교 교육과 밀접하게 관련 지을 수도 있고 거의 무관한 과제를 주로 할 수도 있다. 덕수궁 탐방과 초등 및 중학교 과학 교과내용의 관련 예를 들어본다.
(강은형, 2004)

탐방 장소	소재	학년	관련 교육과정
대한문과 종회전	기둥과 공포	초등3	수평잡기
		중1	힘
	처마	초등3	그림자놀이, 맑은 날, 흐린 날
		중3	태양계의 운동
광명문과 자격루	자격루	초등5	에너지
		초등6	물속에서의 무게와 압력
		중3	일과 에너지
석어당과 함녕전	온돌, 굴뚝	초등4	열의 이동
		초등5	날씨 변화
		초등6	일기 예보
		중3	물의 순환과 날씨 변화
준명당과 측조당	대청마루와 앞마당, 뒷마당	초등5	날씨 변화
		초등6	일기 예보
궁중유물전시관 (제1전시실)	간평일구	초등3	그림자놀이
		초등6	계절의 변화
	천상열차분야지도	초등4	별자리 찾기
		초등5	태양의 가족
		중2	지구와 별
	봉수	중3	태양계의 운동
		초등3	소리내기(간접)
		초등6	촛불 관찰(간접)
		중1	빛(간접)
궁중유물전시관 (제2전시실)	양부일구	초등3	그림자놀이
		초등6	계절의 변화
	천칭, 자	초등4	열에 의한 물체의 온도와 부피 변화
		중2	물질의 특성
	측우기	초등5	물의 여행(간접)
		초등6	일기 예보(간접)
중3	물의 순환과 날씨(간접)		
	궁중유물전시관 (제3전시실)	편종, 편경	초등3
중1	파동		

탐방은 극단적으로 개개인이 마음대로 할 수 있게 방치할 수도 있으며 엄격하게 통제 할 수도 있고. 또 때로는 해야 하는 겨우도 있을 것이지만, 어느 경우이던 그렇게 극단으로만 시행 할 수는 없다. 대상에 따라서 교사나 안내자는 현명한 판단이 요청된다. 제주도민속자연사박물관 과학탐방에서는 전반적으로 관찰, 예상, 추리 등의 과정기술

을 사용하게 된다. 그러나 제주도 관련 과학탐방 소재는 지구과학과 생물 분야가 상대적으로 많기 때문에 박물관 현장 탐방 후에 직접 현장에 가서 집중 과학탐구 활동을 하거나 현장 탐방 후 박물관 탐방을 할 수도 있겠다.

제주도민속자연사박물관의 탐방 장소에 따른 탐구와 관련된 중등 과학교육과정을 표로 정리해 보면 다음과 같다.(강정우, 2004)

탐방 장소	소재	학년	관련 교육과정
박물관 정문 앞과 로비	감귤나무	중 2	꽃과 열매
	용암수형과 화산탄	고 1	화산활동과 용암
자연사전시실	암석과 패류화석	중 2	화석의 생성과 구분
		중 1	암석의 생성과 순환
	용암동굴	고 1	화산활동과 용암
		중 3	역학적 에너지
		중 1	암석의 생성과 순환
	제주도지질분포도	고 1	화산활동과 용암
		중 3	역학적 에너지
		중 2	지각의 운동
		중 1	파도, 빙하, 바람의 작용, 밀물과 썰물
	제주도식물분포도	중 1	식물의 구조와 기능
제 1민속전시실	물허벅진 여인	중 3	구름과 강수
		중 1	중력, 밀도, 식물의 구조와 기능
	애기구덕	중 1	호흡과 배설, 식물의 구조와 기능
	테우	중 1	해수의 성분과 운동, 식물의 구조와 기능
	제주 초가집	중 3	날씨의 변화, 습도, 에너지, 마찰력
		중 1	열 이동과 에너지 이용
갈옷	중 3	물질의 변화(염색),	
	중 1	식물의 구조와 기능, 의류(가정·기술)	
제 2민속전시실	맷돌	중 2	힘, 원운동
	해녀	중 2	물질의 특성
		중 1	힘, 부력, 밀물과 썰물
야외전시장	기공 많은 현무암	중 1	암석의 생성과 순환
	정주석과 정낭	중 3	물질의 변화, 이진법(수학)
		중 1	암석의 생성과 순환.
	돌하르방	중 1	암석의 생성과 순환, 제주향토사(사회), 조각(미술)

국립민속박물관 과학 탐방과 관련되는 초중등학교 과학교육과정 내용의 일부 예는 다음과 같다.(유준희, 2004)

제 1 전시실, 한민족 생활사 과학탐방 지도자료

전시실 설명 자료	학생용 활동지	관련 단원	전시물과 관련 개념
4-1. 고대의 소리	-	7학년 파동 8학년 혼합물의 분리	종: 소리의 높이와 세기 청동의 구조: 혼합물
4-2. 선사시대의 생활상	• 석기와 돌	7학년 지각의 물질 전체 과학의 본성	석기의 종류: 암석의 특징 석기구분: 관찰의 이론의존성
4-3. 청동기 시대의 생활상	• 구리와 주석, 그리고 청동	7학년 물질의 세가지 상태, 상태 변화와 에너지 8학년 물질의 특성, 혼합물의 분리 3학년 온도재기, 5학년 에너지 7학년 지각의 물질	청동의 구조: 혼합물의 특징, 녹는점 내림 토기굽기와 청동녹이기: 온도 올리기 거푸집을 만드는 돌: 암석의 특징
4-4. 백제의 공예 공방	-	7학년 물질의 세가지 상태, 상태 변화와 에너지 8학년 물질의 특성, 혼합물의 분리 9학년 물질변화의 규칙성	청동의 구조, 수은 아말감: 혼합물의 특징, 녹는점 내림 청동, 철의 산화 비교: 산화
4-5. 가야의 아철 공방	-	3학년 온도재기, 5학년 에너지 8학년 물질의 특성, 혼합물의 분리 9학년 물질변화의 규칙성 8학년 지각의 구성물질	철광석에서 철 얻기: 온도 올리기 쇠뿔분리: 밀도차이에 의한 분리 조개껍질을 이용한 불순물 분리: 화학 변화 쇠의 냉각 속도와 강도: 황의 결정 실험
4-6. 신라의 유리 금속 공방	• 청동, 철, 그리고 금과 은	8학년 물질의 특성, 혼합물의 분리 9학년 물질변화의 규칙성	각종 유물의 보존 상태: 금속의 반응성 금의 성질: 전연성, 안정성, 강도
4-7. 고려청자문화전시실	-	7학년 분자의 운동 9학년 물질변화의 규칙성	청자배개의 공기구멍: 기체의 부피변화와 온도 청자의 색: 철의 산화와 환원
4-8. 고려와 조선의 인쇄문화	• 목판인쇄, 금속활자, 목활자	8학년 물질의 특성 8학년 혼합물의 분리	나무와 금속의 표면: 물질의 표면 기름먹과 송연: 친수성, 친유성 금속활자: 구리, 아연, 주석, 납, 철 등의 합금

4-9. 조선시대의 과학	<ul style="list-style-type: none"> • 석제 평일구에 그림자바늘을 찾아 주자. • 정남일구로 어떻게 시간을 잴 수 있었을까? 	6학년 계절의 변화 7학년 빛 9학년 태양계의 운동	해시계: 계절의 변화 그림자: 빛의 직진 해시계: 황도와 지구의 공전
---------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------------------

제 2 전시실, 한국인의 생업과 의식주 과학탐방 지도자료

전시실 설명 자료	학생용 활동지	관련 단원	전시물과 관련 개념
5-1. 오곡종자	-	7학년 힘 8학년 식물의 구조와 기능	벼: 뿌리, 줄기, 잎 기장: 길이, 표준자 황종척
5-2. 논갈이	-	8학년 식물의 구조와 기능 9학년 생식과 발생, 유전과 진화	벼와 잡초의 특성: 발아 조건 새품종의 벼: 육종학
5-3. 고대의 농기구	<ul style="list-style-type: none"> • 논갈이에 사용된 기구는 어떻게 변해왔을까? • 서있는 쟁기, 땅에 누운 쟁기 	6학년 물속에서 무게와 압력 7학년 힘 9학년 일과 에너지	따비의 모양: 압력 쟁기의 모양: 마찰력 쟁기에서 일어나는 쟁기밥: 역학적 에너지의 보존
5-4. 한국의 농기구	-	4학년 수평잡기 7학년 힘 8학년 여러 가지 운동	쇠스랑이 일어서는 것: 지레 가래: 힘의 합력 도리깨: 이중진자
5-5. 방아기구	<ul style="list-style-type: none"> • 디딜방아의 공이를 높게 • 볍씨, 왕겨 그리고 쌀 	4학년 수평잡기 7학년 힘 8학년 여러 가지 운동 8학년 식물의 구조와 기능	디딜방아: 지레 양다리방아: 힘의 합력 디딜방아의 손잡이: 작용반작용 공이: 마찰력 공이: 볍씨의 구조
5-6. 침선구	<ul style="list-style-type: none"> • 타래버섯: 돌잡이를 위한 미끄럼방지용 버선 	4학년 열의 이동 7학년 힘 9학년 일과 에너지	인두와 다리미: 열의 이동, 온도 운모, 금속: 열전도도 타래버섯: 마찰력
5-7. 신발류	-	6학년 물속에서 무게와 압력 7학년 힘	등구니신: 거칠기와 마찰력 설피: 단면적과 압력
5-8. 초가삼간	-	9학년 물의 순환과 날씨 8학년 여러 가지 운동	창호지의 구멍: 바람의 세기, 기압, 베르누이 정리
5-9. 온돌, 구운 돌, 구들	-	4학년 열의 이동 6학년 물속에서 무게와 압력 9학년 물의 순환과 날씨	뜨거운 공기에서 구들: 열이동 방고래에서 공기의 이동: 베르누이의 정리 구들들의 특성: 열전도도 실내의 온도 분포: 기온 역전
5-10. 등화구	-	7학년 물질의 세가지 상태 8학년 물질의 특성 9학년 물질 변화의 규칙성 7학년 힘	콩기름과 촛불의 연소 콩기름과 등유의 발화점 조족등의 구조: 관성

5-11. 장독대, 옹기와 김치의 만남	-	7학년 호흡과 배설 9학년 물질변화의 규칙성 9학년 물의 순환과 날씨의 변화 7학년 혼합물의 분리 7학년 지각의 물질	알코올의 형성: 혐기성 효모, 물질 변화 장독의 단면적과 흡수하는 태양에너지: 태양복사에너지 숨쉬는 옹기: 옹기의 미세구멍 진흙으로 만든 옹기: 토양
5-12. 두부만들기와 소주거리	• 소주거리와 가지달린 시험관	4학년 혼합물 분리하기 7학년 물질의 세가지 상태 변화와 에너지 8학년 혼합물의 분리 7학년 마찰력 7학년 지각의 물질	두부만들기: 혼합물의 분리 소주의 분별 증류 시 장작 때기 소주의 분별 증류 풀매 풀매

제3전시실, 한국인의 일생 과학탐방 지도자료

전시실 설명 자료	학생용 활동지	관련 단원	전시물과 관련 개념
6-1 출생, 삼신상과 금줄	-	7학년 힘(압력) 8학년 물질의 특성 8학년 전기 9학년 생식과 발생, 유전과 진화	여러 각진 돌상: 압력 숫: 환원력과 흡착력 숫: 흡착력 태, 제대혈 보관: 생식과 발생
6-2 문방사우	-	6학년 물속에서 무게와 압력 9학년 물의 순환과 날씨변화 7학년 지각의 물질 7학년 빛	연적: 두개의 구멍 벼루: 암석의 특징 분관: 난반사
6-3 거래 관행과 도량형	• 여러 가지 지이야기 • 도량형 어림해보기	4학년 수평잡기 7학년 힘 전체 길이, 질량, 질량 표준 및 측정	저울: 지레의 원리, 양팔저울 만들기, 중력, 관성, 질량, 무게 영조척, 주척, 말두, 저울추
6-4 국악기, 종류와 과학	• 올림통으로 소리 키우기 • 화음을 내는 빨대 피리	3학년 소리내기 7학년 파동 음악: 음계와 화음	피리와 단소: 관의 진동 장구: 얇은 막과 두꺼운 막의 진동 공명통: 고유진동수 12울관: 화음과 진동수 비

국립민속박물관 단원별 탐방 코스의 예시

국립민속박물관의 모든 전시물을 하루에 보는 것은 불가능하기 때문에 탐방의 목적에 맞게 관람할 전시물을 잘 선택해야 한다. 다음은 단원별로 가능한 전시물을 분류한 예이다. 이것은 참고로 하기 위한 것이고 민속박물관 탐방은 한 전시물을 여러 측면에서 보도록 하는 것이 원래 의도 중 하나이다.

7학년 단원별 탐방 코스의 예시

단원	관련 내용	관련 전시물 및 자료	대체 장소
7학년 지각의 물질	퇴적암, 변성암, 화강암의 성질과 이용 (암석의 경도, 강도, 쪼개짐, 거칠기)	4-2. 선사시대의 생활상 펜석기와 간석기 4-3. 청동기 시대의 생활상, 간석기, 청동기의 주물 4-6 신라의 유리공방 중 곡옥 주물 5-3. 고대의 농기구 중 들보습, 반달돌칼 5-7. 방아기구 중 맷돌, 방아공이 5-8. 혼돌, 구운돌 그리고 구들 5-12. 두부만들기와 소주고리 중 풀매 6-2. 문방사우 중 벼루	각 지역의 국립박물관 및 민속박물관
	흙의 성질과 이용 (소성과 재결정)	4-3. 청동기 시대의 생활상 중 무문토기 4-7. 고려청자문화전시실(고령토) 5-11. 장독대, 옹기(진흙)	
7학년 상태 변화와 에너지	온도에 따른 상태변화 이용 도자기 소성과 재결정	4-2. 선사시대의 생활상 중 토기 4-3. 청동기 시대의 생활상 중 무문토기, 청동기 4-7. 고려청자문화전시실 5-11. 장독대, 옹기	각 지역의 국립박물관 및 민속박물관
	각종 금속의 제련	4-4. 백제의 공예공방 중 금도금 4-5. 가야의 야철 공방 중 제철, 제련 4-6. 신라의 유리 금속 공방 중 금	
7학년 힘	마찰력 압력 관성의 이용 지레의 원리	5-2. 논갈이 중 쟁기 5-3. 고대의 농기구 5-4. 한국의 농기구 5-5. 방아기구 5-6. 침선구 중 타래버선 5-7. 신발류, 설피와 압력 5-10. 등화구, 조족등, 심지가위, 등경걸이	각 지역의 민속박물관과 농업 박물관
7학년 파동 중 소리	소리의 높이와 세기	4-1. 고대의 소리 6-4 국악기	각 지역의 국립박물관 및 민속박물관

나. 과학탐방의 교육적 지향 범주

우리의 자연환경, 유적지와 유물, 박물관 등의 과학탐방은 다음과 같은 교육적 목표, 내용, 지도 방법과 평가를 포함하는 지향 범주를 포함 할 수 있다.

여행의 즐거움과 올바른 여행문화

즐거워 여행, 안전한 여행, 규율 있는 탐방이 습관화 되도록 지도할 수 있다. 학생의 학교 교육은 학교라는 울타리 속에서 입시를 위한 고행의 장이라는 상황에서 벗어나 보다 다양하고 아름다우며 즐길 수 있는 자연의 세계, 사회의 바다, 문화의 양상을 접하는 여행은 특히 현대에 있어서는 절실한 과제이다. 그러나 전통적으로 여러 제약으로 그러한 기회가 없었던 청소년의 교육은 현재 확대된 주 5일 수업과 여행문화를 올바르게 정착 시켜야 할 필요성이 매우 크다.

한국의 역사와 사회 문화 속의 과학과 기술

한국의 과학과 기술을 역사적 및 사회문화적 맥락 속에서 이해하도록 지도할 수 있다. 우리의 전통적인 과학뿐만 아니라 우리의 과학자, 기술과 기술자, 그리고 그들과 나와 우리, 국가 사회 및 인류문화와의 관계들이 교육 내용이 될 수 있다.

전통적으로 행하여 오고 있는 서구의 과학과 과학자 중심의 과학으로부터 우리의 과학과 과학자들의 활동을 이해하고 현대에 있어서 개인의 일상생활과 직장생활, 국가의 생존과 번영에 있어서 과학이 얼마나 깊은 관계를 맺고 있는지 이해하고 시대적 의미와 의의를 인식하는 계기가 될 수 있다

학교 과학 공부와 일상생활 관련 사항

전통적인 의식주와 놀이, 교통통신과 여행, 운동과 예술 등을 학교 과학학습과 관련 지워 지도할 수 있다. 국가적인 학교 교육과정에 준한 과학, 즉 단순하게 학술적 체계 모방을 주로 하는 기초 과학학습에 한정되지 않고 실제적인 일상 상황 속의 과학을 탐구하는 교육 내용을 포함 할 수 있다

에너지와 환경 문제 등 범교과적 과제 접근

에너지 절약, 환경 보전, 공중도덕 등 범교과적 과제를 자연스럽게 접근하도록 지도 할 수 있다. 과학 탐방이라고 하지만 실제 현장의 상황은 역사, 지리, 사회 등 인문사회적 내용 뿐 아니라 (고고) 미술, 음악 등 예술 분야, 그리고 기술을 비롯하여 과학적 문제 등을 분석적으로, 또는 종합적으로 대면 할 수 있다. 특히 옛날에 없었던 원자력발전, 화력발전, 수력발전 등 과학기술의 발전으로 말미암은 에너지 사용의 대조는 현재 우리가 에너지를 절약해야 하는 교육, 그리고 심각한 환경오염의 실제적 문제를 대면하는 산교육의 기회가 될 수 있다.

실제적인 수렴적 및 발산적 과학 탐구

관찰, 어림, 측정, 조사, 과학 해보기, 현대 과학적 (MBL)시범, 실험 등의 탐구 능력을 함양하게 할 수 있다. 탐방에 있어서 안내(자)의 준비에 따라서는 학교 교육의 복습 내지는 예습의 수렴적 과학 학습의 기회도 되지만 국가 교육과정에 준한 좁은 의미의 정답 지향이 아니고, 광의의 발산적, 즉 정답을 모르거나 정답이 없는 또는 여러 방법으로 설명을 시도 할 수 있는 문제도 도전 할 수 있는 기회가 될 수 있다.

탐방 관련 분야의 전망 제시와 진로 안내 및 과학의 사회윤리성 토론

탐방 관련 과학 분야의 전망과 진로 탐색 안내 및 과학 활동의 윤리성과 사회적 책임의 인식도 지도 할 수 있다. 화성 탐방은 토목 과학과 기술 분야, 덕수궁 탐방은 건축과학, 국립박물관은 생활 물품 디자인, 경주는 인류고고학, 제주도는 섬 문화 관광 등의 분야에 대한 인식을 넓힐 뿐만 아니라 그 방면의 현대적 발전 가능성의 전망을 꿈꿀 수 있으며 진로를 택할 수 있는 계기도 될 수 있다

수준별 접근과 협동 및 계열적 지도 : 탐방 전, 탐방 중, 탐방 후

제 7차 교육과정에서 주장하는 수준별 과학 학습을 시킬 수 있다. 못 하는 학생은 못 하는 대로 즐기며 자기 능력에 합당한 경험과 탐구 활동을 할 수 있으며 우수한 학생은 우수한 대로 기쁘게 몰두해서 고급 탐구 활동을 하게 할 수 있다.

과학 탐방이 휴가나 여행이 아니라 학교 정규 교육의 일환으로 탐방전, 탐방중, 탐방후 의미 있는 교육활동이 벌어져야 한다.(유준희, 국립민속박물관 과학탐방의 교수·학습 모형 참조)

과학 탐구 활동 후의 알아 맞추기와 포상 그리고 품위 있는 건설적인 대화

탐방이 끝날 무렵 그 날의 주제나 활동과 관련된 퀴즈나 설문을 하고 우수한 학생에게 조그마한 것이라도 교육적으로 의미 있는 포상도 할 수 있겠다.

또한 자연스럽게 여러 질문과 토론도 할 수 있고 새로운 제안이나 의견도 발표 할 수 있는 기회도 줄 수 있다.

이러한 교육 활동을 통하여 과학 및 과학문화의 기초교육뿐 아니라 우리의 미풍양속과 품위를 지닌 현대의 진취적인 “全人” 교육에 바탕이 되며 나아가 국가의 잠재적 과학기술 인력의 양과 질을 확보하는데 공헌할 수 있다.

다. 대상에 따른 탐방의 목표 설정과 수준별 지도 모형의 개요

과학 탐방의 교육 내용과 성취 가능성은 상당히 광범하고 깊을 수 있지만, 초중고 모든 학생에게 일시에 모두 가능하지도 않으며 기대되지 않는다. 따라서 기본적인 가치판단과 지혜로운 선택의 방략이 필요하며 지도교사 또는 안내자의 현장에서의 기회 포착 능력과 성실한 노력이 필요하다.

초등학생이나 낮은 수준의 학생에게는 많은 지식이나 심층적 탐구보다는 우선 흥미로운 사물과 현상의 대면 그리고 간단한 체험을 통한 학습 동기 유발을 중요시해야 한다. 상급 학생이나 우수한 학생 그리고 특히 과학탐구 동기가 강한 학생에게는 보다 지적 흥미와 지적 지구력을 필요로 하는 심층적 탐구에 몰두 할 기회를 제공해야 한다.

그러나 초등이던 상급이던 모든 학생들이 가능한 한 각 수준에 적합하게 과학기술에 대한 시대적 의미와 의의를 이해하고 개인적으로나 국가적으로 당면한 과제에 대해 올바른 인식을 지니도록 해야 한다.

예시: 경주에 있는 안압지를 탐방 후의 탐구 목표(김형석, 2004)

- 안압지의 수질을 관리하는 방법과 현대 수질을 관리하는 방법의 유사점과 차이점을 이해하고 새로운 방안을 제안한다.

반나절, 하루, 일박 이일 간 탐방하는 경우에는 탐방 전, 탐방 중, 탐방 후 교육활동의 중요한 목표를 명확히 해야 여러 부수적인 일의 판단 기준이 되어 질서 있고 효과적으로 탐방이 수행될 수 있다.

또한 과학 교사의 어렵고 가치 있는 지도의 목표로 회피할 수 없는 한 가지 (잠재적 교육 목표) 문제는, 특히 학교 밖 탐방의 경우는, 안전과 건강, 질서와 규율, 보전과 보호, 예의와 품위이다. (3장 1절 참조)

상당히 통제되는 분위기의 학교 내에 있어서도 이 점은 어려운 문제이다. 학교 밖에서는 더욱 어렵지만, 불가결하게 절실히 닥치는 문제요 어린 학생에게 기초 교육의 일환으로 과학을 지도하는 것이 주요 업무라 하겠지만 중등에 있어서도 어느 교과 교사도 인간 교육은 당연한 의무로 수행해야 할 것이다. 그렇지 않고 누구에 의해 “全人” 교육이 가능할 것인가?

장소와 기간의 선택에 있어서 초등은 학교나 집 근처 반나절 내지 하루 정도의 탐방, 중학교는 생활지역으로부터 소속 시도 범위 내에 있는 곳을 교통수단을 이용하여 하루 또는 일박이일 정도의 탐방, 그리고 고등학생은 시도를 넘어 전국적으로, 가능하다면 배나 항공편을 이용하는 경험과 더불어 주제가 있는 탐방을 시도 할 수 있을 것이다(제1장 우리의 역사 속 과학 탐방의 장소 탐색 참조). 한편 국제화 시대에 있어서 교육대학과 사범대학 학생들 그리고 이공대학 학생들은 외국 탐방의 기회가 있을 것이 요청되며 기대된다.(참고: 제3장 5절 중국의 제림 탐방)

계절의 고려에 있어서 초등은 봄이나 가을이 적합할 것이지만 중등 이상은 오히려 정신적 그리고 육체적 단련을 위해서 겨울과 여름철에 탐방하는 경험도 필요할 것이다. 우리는 정신적으로나 육체적으로 건전하고 강인한 교육을 위해서도 연구되고 안내되는 모험을 통해 어려운 문제를 인내심으로 해결하는 힘을 기르는 교육을 해야 한다. 예를 들면 경기도 수원시에 있는 화성 탐방에 있어서 성을 따라 2 km 정도의 탐방을 하는데 중학생이 힘들어 따라오지 못하는 것은 우리의 교육이 정신적으로나 육체적으로 강인하지 못한 교육이라 하겠다. 이러한 지적, 육체적 지구력을 위해서도 과학 탐방은 연구되고 시행되어야 한다.

1.4 국립민속박물관 과학탐방의 교수-학습 모형

사전-현장-사후 지도

국립민속박물관 과학탐방의 교수-학습 모형은 특별히 정해진 것은 없다. 다만 지금까지의 경험으로는 사전 지도 없이 학생들을 박물관에 풀어 놓거나 교사가 데리고 다니면서 설명하는 것은 그다지 효과적이지 않다고 말할 수 있다. 시간이 부족하여 짧게 하더라도 탐방 장소의 소개, 탐방의 목적, 과제의 명확한 제시, 동기 유발 등이 사전지도에 포함되어야 한다. 또한 박물관에서 복기가 중요하듯이 탐방을 다녀와서도 복기, 즉 사후 지도가 필요하다. 무엇을 보았는지, 보고 알게 된 점이나 느낀 점은 무엇인지를 되돌아보게 하는 것은 탐방에서 얻은 경험을 보다 풍부하게 할 것이다. 적극적으로 보기 뿐 만 아니라 새로운 확장적 탐구를 하도록 지도할 수 있다.

사전 지도

국립민속박물관 과학 탐방 사전지도는 다음과 같은 내용을 포함할 수 있다.

- 동기 유발 활동
 - 옛이야기 수집하기
 - 우리 민속의 중요성에 대해 생각해보기 (활동지 활용)
 - 재미있게 생긴, 처음 본 듯한 전시물 이름과 기능 맞추기
 - 국립민속박물관 소개
 - 국립민속박물관 소개 영상물: http://www.nfm.go.kr/info/il__lint.jsp 에서 내려받기
 - 홈페이지 활용: <http://www.nfm.go.kr/>
 - 탐방의 목적과 탐방 중에 해야 할 일 명시
 - 단원 중심 탐방의 예: 석기들을 관찰하고 어떤 돌을 사용하여 만들었는지 알아내기
 - 주제 중심 탐방의 예: 예로부터 사람들이 사용한 금속에는 어떤 종류가 있고 그 특징은 무엇인지 알아내기
 - 개방적 탐구 중심의 예: 학생들이 각자 관심 있는 전시물을 찾고, 그 전시물에 대한 탐구문제 만들기
 - 탐방 시 준비물과 주의 점
 - 학생증
 - 기록할 종이와 연필
 - 가능한 경우는 사진기 (사진은 허용된 구역 안에서만 찍는다)
 - 국립민속박물관 안내지도 (현관 로비에서 받을 수 있다)
- 국립민속박물관은 외국 관람객이 많으므로 정해진 관람방향을 따라 이동한다.
갑자기 서거나 뛰거나 큰 소리를 내지 않는다.
전시실 안의 제한된 구역에 손이 닿으면 경보음이 나므로 전시물에 손을 대지 않는다.

- 비상 연락망 작성

교사의 휴대전화번호 및 학교 과학실 전화번호를 가르쳐주어 비상시 연락하게 한다. 휴대전화를 가지고 있는 학생들을 중심으로 비상연락망을 작성한다.

- 개별 이동 시 위치 및 교통 안내

서울시 종로구 세종로 1-1번지 (경복궁 내) (우) 110-820
지하철 3호선 경복궁 역 5번 출구, 또는 안국역 1번 출구
지하철 5호선 광화문역 2번 출구

현장 지도

국립민속박물관 과학 탐방 현장지도는 교사의 안내와 학생의 자율 탐방으로 나누어 질 수 있다. 그러나 어느 한 가지 활동만 하기보다는 교사의 안내와 학생의 자율 탐방을 함께 실시하는 것이 좋은 것으로 생각된다. 또한 탐방의 재미를 더하기 위해서 시범 및 해보기를 포함할 수 있다.

- 모이는 시간과 장소 안내

개별 이동하여 모이는 경우는 모이는 시간과 장소를 명확히 해야 한다.

날씨가 좋으면 민속박물관 앞마당에서 모일 수 있고, 날씨가 나쁘면 건물 안 로비에서 모일 수 있다.

개별 활동을 하는 경우에도 활동을 끝내고 모이는 장소와 시간을 정하는 것이 중요하다. 3전시실 들어가기 전 휴식 장소가 모이는 장소로 적당하다.

박물관 측의 허락을 얻어 강당이나 영상실을 사용할 수도 있다.

- 교사 안내

사전에 대상 전시물을 정하고 본 지도 자료나 기타 자료를 참고하여 질문거리를 만든다.

교사가 일방적으로 설명하면 학생들은 주목하지 않고 산만하게 되므로 길게 설명하지 않고 학생들이 호기심을 느낄 만 한 질문을 던지고 학생들이 대답하면 다시 한걸음 더 나아가는 질문을 하도록 한다.

질문의 예) 고려청자는 굵기 전과 굵고 난 후의 색깔이 다른데 왜 그럴까?

질문의 예) 디딜방아는 지레의 원리를 적용했다고 배웠는데, 그럼 지레의 원리를 사용하여 힘을 절약했을까?

질문의 예) 저 영조척의 길이는 얼마나 될까?

- 자율 탐방

학생들에게 활동지를 주어 자율 탐방을 하게 할 수 있다. 자율 탐방은 사전 준비가 많이 되어 학생들이 자신이 무엇을 할지 명확한 경우에 효과적으로 할 수 있다.

대부분의 경우 교사 안내를 한 시간 정도 하면, 한 시간 정도를 자율 탐방을 하게 할 수 있다. 자율 탐방시 학생들에게 너무 많은 활동지나 자세하게 적은 활동은 학생들에게 생각할 기회를 빼앗을 수 있다. 간단하지만 흥미 있고 생각을 할 수 있는 한두 가지 활동 정도면 학생들이 한두 시간을 즐기면서 충분히 보낼 수 있다.

활동지를 주지 않더라도 해야 할 과제를 명확히 하는 것은 중요하다.

- 시범 실험 및 해보기

전시실 안의 전시물을 만질 수 없기 때문에 시범 자료를 가지고 가는 것은 학생들의 흥미 유발을 위해서 중요하다.

박물관 안에서는 물, 전기 등을 사용할 수 없고 다른 관람객도 고려해야 하기 때문에 가능한 간단한 시범을 개발하는 것이 필요하다.

또는 그날 주 대상이 되는 전시물의 모형을 가지고 갈 수 있다.

1전시실을 관람객이 많고 봄비므로 2전시실이나 3전시실이 시범이나 해보기를 하는데 적당하다. 시범실험이나 모형의 예는 다음과 같은 것이 있다.

예1) 소리: 유리잔 울리기

예2) 석기: 암석 표본 중 관련이 있는 것(흑요석, 이암, 사암, 화강암 등)

예3) 금속: 화학 시간에 사용하는 몇 가지 금속조각(구리, 철, 주석, 등)

예4) 해시계: 휴대용 앙부일구

예5) 타래버선: 종이에 발자국 찍은 것

예6) 초가삼간의 바늘구멍 황소바람: 긴 비닐봉지

예7) 도량형: 한국표준과학연구원의 표준자와 시중에서 파는 30 cm 자

예8) 도량형: 플라스틱 자로 만든 대저울

예9) 국악기: 여러 가지 크기의 페트병과 소리굽쇠, 기념품으로 파는 대나무 팬플룻 등

예10) 국악기: 빨대피리 만들기(빨대, 가위, 자 등, 여러 사람이 해보기 가능)

사후 지도

국립민속박물관 과학 탐방 사후지도는 다음과 같은 내용을 포함할 수 있다.

- 관련 단원의 수업시간에 활용하기

특정 단원에 대한 전시물을 주로 보고 관련 탐구 활동을 수업 시간에 연장해서 한다.

- 탐방기사 및 신문 만들기

학생들이 조별로 자신들이 보고 알게 된 점을 기사화하고 모아서 탐방신문을 만든다.

- 탐방보고서 쓰기

학생들이 특정한 주제에 대해 깊게 탐구하는 활동을 했다면, 돌아와서 자료 조사를 더하여 탐방 보고서를 작성하게 한다.

- 개방적 탐구 시작하기

학생들이 관심 있는 분야에 대한 탐구질문을 찾는 활동을 했다면, 돌아와서 탐구질문을 구체화하고 개방적 탐구를 시작한다. 많은 과학전람회 출품작이 민속의 과학을 다루고 있다.

제 2 장 과학 탐방 지도의 준비

2.1 과학탐방의 중요 기본 요인

과학탐방을 수행하기 위해서는 교육적인 문제 뿐 아니라 학교 밖 활동을 위한 여러 준비와 조치가 필요하다. 이것을 위한 중요한 기본 요인은 우선 대상이 누구 몇 명인가, 언제 얼마간인가, 탐방 장소 까지 거리는 얼마이고 교통은 어떻게 할 것인가, 경비 부담과 자료 준비는, 이러한 것을 고려하여 장소를 결정 할 수도 있고, 장소를 결정 한 다음에 이러한 점을 조사하고 해결해야한다. 좀더 구체적인 요인을 생각해 보면 다음과 같다.

- 대상 범주**
1. 초등 저학년 학생과 학부모, 초등 상급학년 학생과 학부모
 2. 중학생, 고등학생, 대학생(교대, 사대, 과학기술계 대학, 기타)
 3. 교사(초등, 과학, 물리, 화학, 생물, 지구과학 교육 담당, 기타)
 4. 전문가(과학독서아카데미회원, 한국저술인협회회원, 한국물리학회회원 등)
 5. 혼합대상(초중고학생, 학부모, 교사 등)
 6. 외국인(재외교포학생 또는 일반인, 과학(교육) 관계 학회 참가 외국인 등)

- 인원 조직**
1. 소수인원: 10 여명이내, 안내자 1명
 2. 적당인원: 20 여명, 안내자 1명, 보조자 1명
 3. 버스인원: 40 여명, 안내자 2명
 4. 과다인원: 40 여명이상 총괄자 1명, 참가자 20명 단위로 안내자 1명
보조자 1명

- 소요 기간**
1. 반나절
 2. 하루 종일
 3. 1박 2일 이상

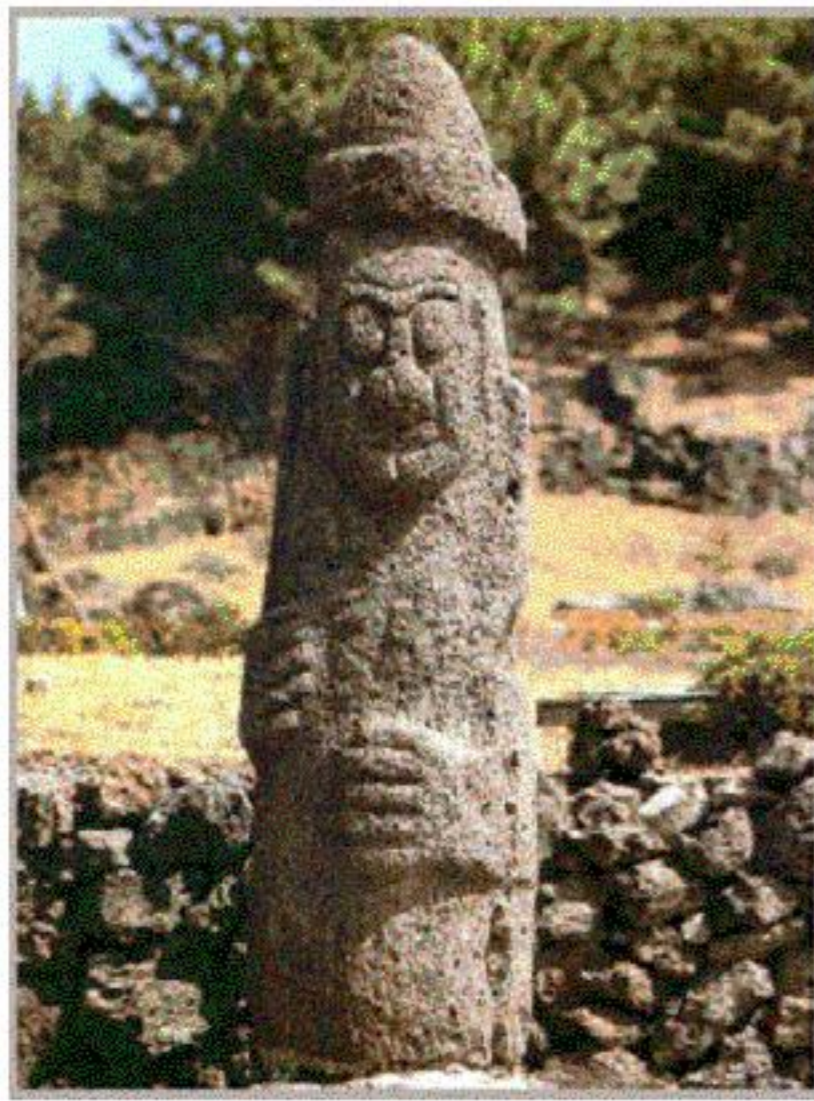
일월 요일 1월~12월 중 어느 달, 주중 또는 주말 중 어느 날

- 거리 교통**
1. 도보거리: 학교(학생 집)에서 걸어서 갈 수 있는 곳
 2. 대중교통거리: 학교(학생 집)에서 대중교통으로 갈 수 있는 곳
이상은 대개 반나절 또는 하루 종일 탐방의 경우

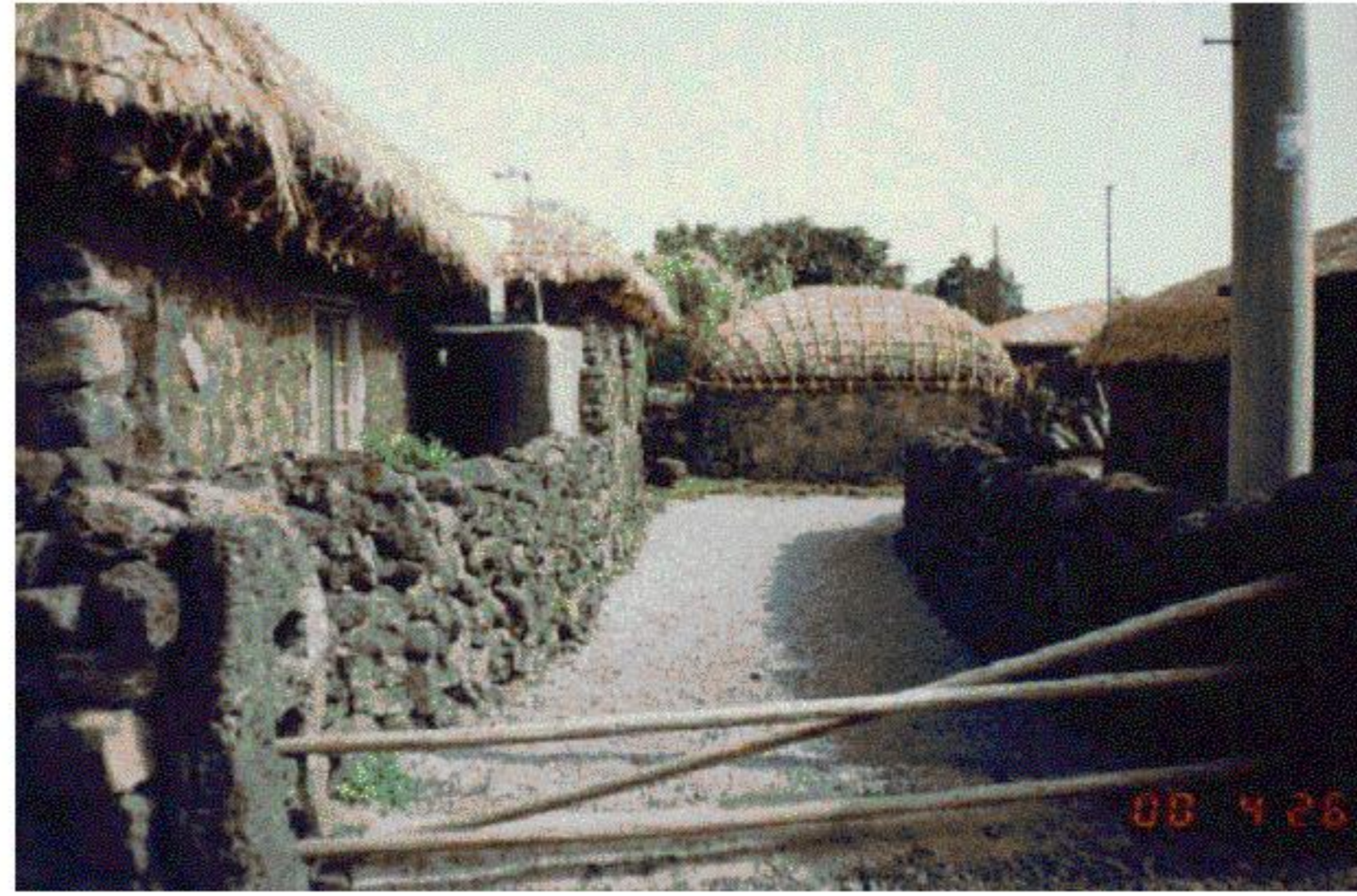
3. 특별대절거리: 하루 종일 또는 1박 2일 이상의 경우
버스 대절, 기차 또는 항공 이용

- 탐방 경비** 1. 전체비용 합계, 일인당 평균비용
2. 참가자 부담률, 주관자 부담률, 후원자 부담률

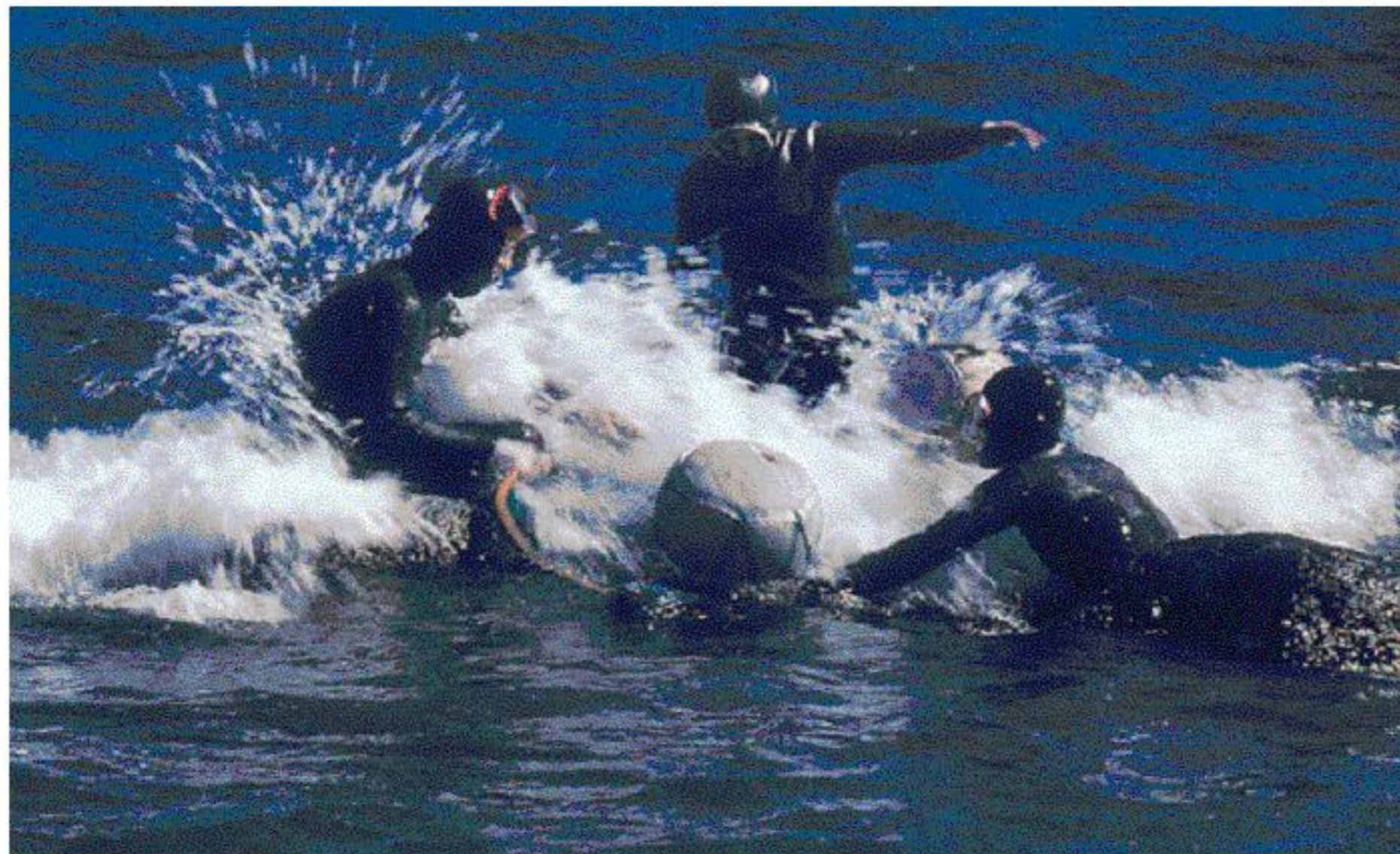
- 자료 준비** 1. 학생 읽을거리, 활동지(탐방 전, 탐방 중, 탐방 후), 시청매체와 전산정보
2. 교사 지도서, 관련 도서, 전산 정보



제주의 돌하르방



바람에 못 날아가게 새끼로 종종히 엮어놓은 초가 지붕



물질하는 제주 해녀

2.2 교사 준비 사항과 추진

교사가 학생을 데리고 탐방을 하려면 먼저 교사 자신이 탐방 장소와 관계된 여러 가지 공부를 해야 한다. 예정되는 탐방 장소를 선택하기 위해서 뿐만 아니라 무엇을 어떻게 지도 할 것인가 계획하고 자료를 준비해야 하기 때문이다. 현장에 방문한 경험이 있으면 좋지만 그렇지 않으면 반드시 사전에 답사를 해야 한다.

시행 계획 사항의 예를 들면 다음과 같다.

탐방 기본 요인 범주 결정					
대상범주	초등저학년	초등상급학생	중학생	기차/버스	대학생
인원조직	20명	20명	40명	주말	40명
소요기간	반나절	반나절	하루 종일	1박 2일	3박4일
일월요일	봄가을주말	봄가을주중	주중	40명	주중주말
거리교통	도보	대중교통	버스 대절	고등학생	항공/버스
(서울학생 기준)					
탐방 장소 결정	덕수궁	국립민속박물관	화성	경주	제주도

교사 자신이 갖추어야 할 것을 다 완료하고 지도 자료를 준비 했다 해도 학교 교실을 떠나서 많은 학생을 지도 한다는 것은 그 자체가 대단히 부담되는 일일뿐만 아니라 학사 일정의 조정, 동료 교사의 동의와 의견 반영, 학교의 행정적 승인과 경제적 지원 및 학부모의 동의서 등과 관계되는 일로 그렇게 단순하지 않다.

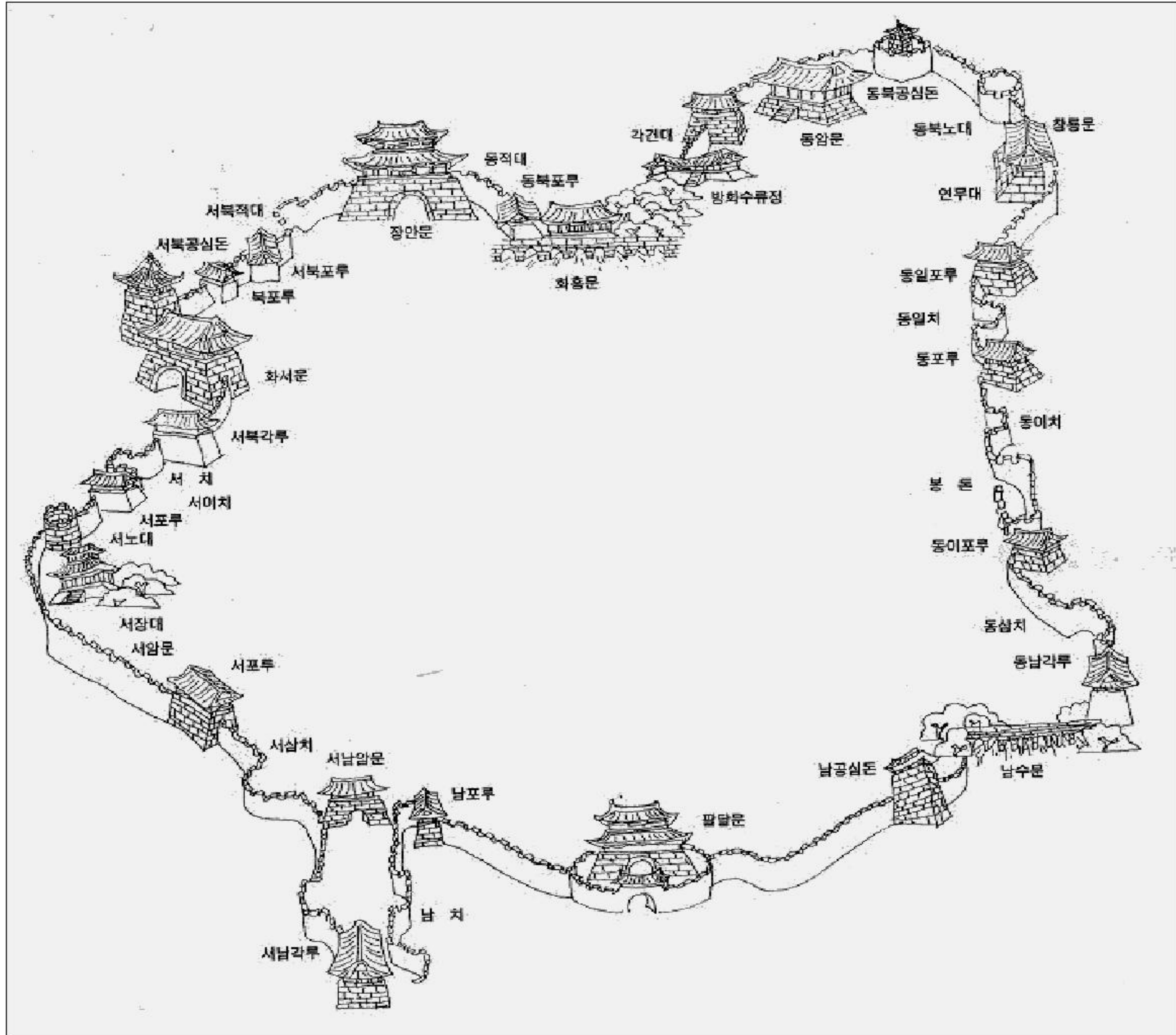
학교 내의 모든 절차가 끝났다 해도 탐방 장소 관련 기관에 공문을 보내어 승인을 받아야 하고 가능한 협조를 요청해 놓아야 한다.

이러한 일이 끝나면 이제 교통과 숙식 문제를 안전하게 경제적으로 수행 할 수 있게 필요한 예약도 하고 전날과 당일에 중요 사항을 확인 점검해야 하며 보험에 가입하도록 해야 한다.

그리고 무엇보다도 학생용 및 교사용 교육 자료를 확보하여 철저한 탐방 전 지도, 현장 지도 및 탐방 후 지도를 효과 있게 과학적이고 교육적으로 수행하도록 준비해야 한다.

추천 경로 예시

예를 들면 화성 탐방의 경우 아래 위치도와 같이 넓기 때문에 막연히 가기만 하면 되지 않는다.



경기도 수원시에 있는 유네스코 지정 세계문화유산인 “화성” 약도

성곽을 한 바퀴를 완전히 돈다면 어느 곳에서 시작해도 상관없을 것 같으나, 제한된 시간 내에서는 계획이 필요하다. 활동의 전개 등을 고려했을 때 시작장소로 추천할 만한 곳은 남포루, 화서문, 동장대이다. 3~4시간의 탐방이 현실적이라면, 각 경로별로 장단점이 있으며, 그것은 아래 표와 같다. (최재혁, 2004)

[표] 화성 과학 탐방 추천 경로와 설명

추천 경로	장점	단점	비고
남포루 - 화홍문	성곽의 안과 밖을 넘나들면서 탐구할 수 있다. 산의 정상을 지나므로 성의 전체적인 윤곽을 보는 것으로 시작할 수 있다.	처음에 오르막길부터 시작을 한다.(하지만 오르막길은 처음에만 있으며, 계속 완만한 내리막길이다.)	이 책의 구성에 따라 시행할 수 있다.
화서문 - 동장대	평지에서 시작하고, 버스정류장에서 가까우므로 비교적 쉽게 시작할 수 있다.	성벽의 안과 밖을 넘나들면서 탐구하기에 힘들다. 평지를 주로 이동하므로, 성곽의 전체 형태를 파악하기 힘들다.	
동장대 - 화서문	동장대 부근은 군사훈련장소로 활쏘기 연습 등을 해 볼 수 있으며, 화성 성곽 구조물에서 벽돌로 쌓은 나선형 구조물부터 시작하게 되어, 벽돌 소재를 쉽게 도입할 수 있다.	장안문, 화서문 등이 거리상으로 멀다.	넓은 주차공간이 있음

“화성 탐방” 계획 예시 (8시간 소요 예상)

날짜: 0000년 0월 00일

장소: 수원 화성 (서장대 - 방화수류정)

예상 날씨: 맑음

참가 인원: 학생 30명, 인솔 교사

참가자 인적사항: 수원 00중학교

진행상황:

9:30 남포루 집합 및 탐방에 대한 오리엔테이션

10:00 -11:00 서장대 - 화서문 (포루, 여장, 성벽 등에 대한 탐구를 중심으로)

11:00 -12:00 화서문 - 장안문 (누각 등 목조 건축물을 중심으로)

12:00 -13:00 점심식사 및 휴식

13:00 -14:00 장안문 - 화홍문 (화성 전체 성곽 형태에 대한 탐구를 중심으로)

14:00 -15:00 화홍문 - 동장대 (성벽 재료에 대한 탐구를 중심으로)

15:00 -16:00 집중 탐구 및 휴식 (동장대)

16:00 -17:00 동장대 - 봉화대 (통신수단에 대한 탐구를 중심으로)

17:00 -17:30 정리 및 해산

2.3 과학 탐방 사전 지도

과학탐방은 현장으로 떠나기 전에 사전 교육활동이 필요하다. 동기유발을 위한 사전활동뿐 아니라 탐방의 기본 요인인 안전과 질서에 대한 당부 및 학생들의 준비사항에 대한 빈틈없는 준비지도가 중요하다.

가. 동기유발과 사전활동

탐방 떠나기 전에 학생들이 가고 싶도록, 가서 흥미롭고 보람을 느끼며 과학 탐구 활동을 하도록 하기 위해서는 동기 유발 범위내의 설명, 시청매체 상영, 전산 활동을 통한 사전 조사의 안내를 격려해야 한다.

“국립민속박물관 과학탐방 지도자료”의 저자는 다음과 같이 쓰고 있다.(유준희, 2004)

“저 갈판과 갈돌은 어디에 사용됐던 것일까. 굽기 전의 청자와 구운 다음의 청자가 색이 다른 이유는 무엇일까. 저 큰 디딜방아로 방아를 쉽게 찧으려면 받침대를 어디에 놓아야 할까. 소주고리는 증류의 원리를 이용했다는데 그 속은 어떻게 생겼을까. 저 황종척의 길이는 몇 cm나 될까.

국립민속박물관에는 어디선 본 듯하고 들은 듯한, 그러나 이름과 쓰임새를 자세히는 알 수 없는 전시물들이 많다. 생활 속에서 자연스럽게 받아드렸던 조상들의 관습과 물건 중에는 학교에서 배우는 과학 원리가 적용된 것들을 찾을 수 있다. 그래서 저것이 어떻게 작동되고 왜 저런 모양으로 생겼는지를 고민하다 보면 과학적 탐구를 경험할 수 있다. 교과서에는 나와 있지 않는 그래서 누구나 정답을 스스로 구성해갈 수 있는 무궁무진한 탐구거리가 기다리고 있는 민속박물관으로 과학 탐방을 떠나보자.”

특히 영상 자료나 전산 정보의 활용은 잘하면 짧은 시간 내에 효과적일 수 있다. 예를 들면 경주 탐방 전 관련 인터넷 사이트와 영상 자료는 다음과 같은 것이 있다.(김형석, 2004)

경주관광: 전반적인 안내 <http://www.gyeongju-tour.co.kr>

첨성대 <http://www.kyongbuktour.or.kr/kyoungju/korean/downt13.html>

국립경주박물관 <http://gyeongju.museum.go.kr>

신라역사과학관 <http://www.sasm.or.kr>

불국사/석굴암 <http://www.bulguksa.or.kr/>

경주시-관광지 <http://www.kyongbuktour.or.kr/kyoungju/korean/bomun.html>

문화재청 : 현장 영상을 볼 수 있는 곳. <http://www.ocp.go.kr/visit/course/frame.html>

신라문화원 : 잘 안내된 탐방이 자발적으로 이루어지는 곳, 안내 요청 협의가능

<http://www.silla.or.kr>

경주 탐방 전후 특히 탐방 전 동기 유발을 위해 시청하기 좋은 내용의 인터넷 시청 가능한 영상자료의 예는 다음과 같다.

- KBS 역사스페셜 -

<http://www.kbs.co.kr/history/vod.shtml> 대본과 동영상 다시보기 무료 제공.

회	방영일	제목	내용
23	19990410	신라인도 원샷을 했다	안압지와 신라 문화
74	20000624	佛國寺-그 이름에 담긴 비밀?	불국사 구조에 대한 이해
86	20000923	금관은 죽은 자의 것이었다	천마총 출토물
111	20010407	선덕여왕의 비밀코드, 첨성대	첨성대의 의미
114	20010428	최초 발굴, 신라 대왕암	수중 왕릉의 구조
148	2002202	발견, 100년 전의 사진 - 석굴암 원형을 찾았다	석굴암 구조

탐방 후 이해의 폭을 넓히기 위해 시청하기 좋은 내용

회	방영일	제목	내용
9	19981219	신라의 왕궁은 어디에 있었나?	경주 옛 모습
14	19990206	신라산 양탄자는 일본최고의 인기상품이었다	신라의 우수한 기술력
34	19990703	왜 신라에만 여왕이 있었나?	신라 왕위 계승
43	19991016	석굴암 불상에도 색을 칠했다?	불상 표면 상태
44	19991023	미스터리 추적 신라의 소정방 피살사건	신라시대 국제 정세
65	20000415	신라최후의 미스터리, 마의태자	신라역사
69	20000513	로마유리 2000년 전 신라에 오다	신라시대 국제교류
91	20001104	토우-신라인의 사랑과 진실	신라인의 생활
94	20001125	천재시인 최치원은 조기 유학생 이었다.	신라인의 생활
105	20010217	김유신은 왜 천관녀를 버렸나	신라시대 사회상 및 신분제
110	20010331	포석정은 놀이터가 아니었다	포석적의 의미
126	20010728	신라는 어떻게 강대국이 되었나 - 울진봉평비의 비밀	신라역사
127	20010825	초호화 지붕다리, 월정교	신라시대 건축기술
155	20020330	3만 VS 20만! 신라는 당군을 어떻게 이겼나? -매소성전투의 비밀	신라의 군사문화
202	20030329	역사발굴! 일본의 신라침공, 발해가 막았다	신라시대 국제 정세

- 대구 MBC 특집프로그램 동영상 다시보기 무료 제공.

<http://www.tgmbc.co.kr> - TV> 특집프로그램

1. 우리조경1부“안압지의 비밀 & 잃어버린 전통조경”

(찾기) 특집 프로그램 맨 앞(또는 두 번째) 페이지(업데이트 상태에 따라 밀려가고 있음)

안압지를 통해 살펴본 우리 조경술의 우수성, 입수구에서의 물의 흐름.

안압지의 전체적 구조에서의 비례, 동해구를 축소해 놓은 뛰어난 조경술, 독창성.

이 영상자료에서는 보는 각도에 따라 다른 모습을 관찰할 수 있는 원리 설명이 제공된다.(안압지를 방문 학생들이 미리 시청하면 좋은 자료임)

2. 다보탑1부. “불국토를 향한 꿈”

(찾기) 특집 프로그램 7번째(또는 8번째) 페이지(업데이트 상태에 따라 밀려가고 있음)

부처님의 분신을 상징하는 법당 앞의 탑. 대부분 같은 모양의 쌍탑임에 비해 불국사의 탑은 전혀 다른 모습을 하고 있는데, 과연 그것은 무엇을 나타내고자 함인가.

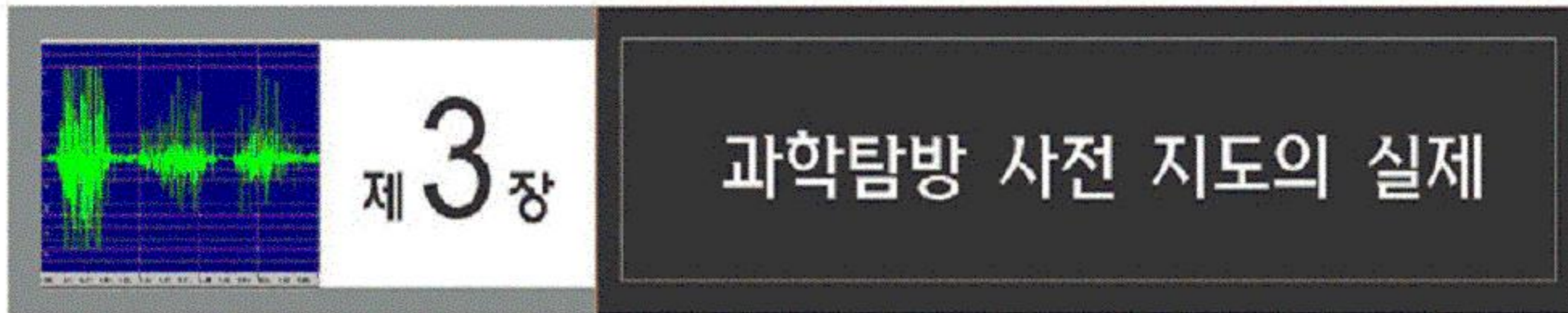
(과학적인 측면보다는 불교적 설명에 치중한 영상이지만 불국사 이해에 도움)

3. 다보탑2부. “천년을 이어온 장인..”

(찾기) 특집 프로그램 7번째(또는 8번째) 페이지(업데이트 상태에 따라 밀려가고 있음)

다보탑의 복원을 위한 장인의 노력. 고대 다보탑을 만든 도공과 이를 복원하는 현대의 도공의 장인정신에 대한 소개(과학적인 측면보다는 불교적 설명에 치중한 영상이지만 불국사 이해에 도움)

“국립민속박물관” 과학 탐방 전 지도자료 예시.(유준희, 2004)

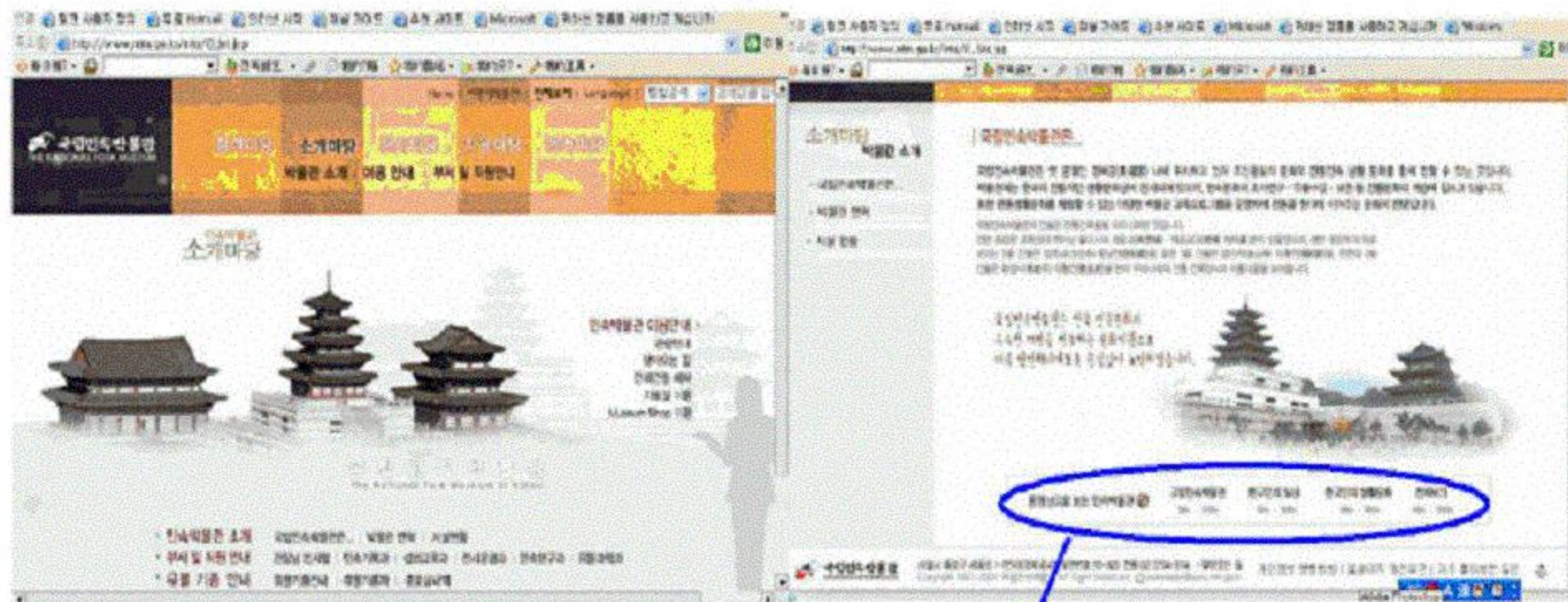


3.1 국립민속박물관 과학탐방 활동 소개

국립민속박물관 소개

다음의 국립민속 박물관 홈페이지를 활용한다.

<http://www.nfm.go.kr/>



다음 내용의 영상물을 내려 받아 활용할 수 있다.

영상물 내려받는 국립민속박물관 웹사이트 http://www.nfm.go.kr/info/il_lint.jsp

영상물의 내용과 길이

국립민속박물관 소개	약 5분
한국인의 일생	약 7분
한국인의 생활문화	약 5분

국립민속박물관 전시실 소개

다음의 국립민속박물관 홈페이지를 활용한다. http://www.nfm.go.kr/exhi/e0_bri.jsp

국립민속박물관 전체 지도



제1전시실



제2전시실



제3전시실



야외 전시



국립민속박물관 과학 탐방에서 해야 할 일

학생들에게 이번 국립민속박물관 과학탐방 목적과 탐방 중 해야 할 일을 명시한다. 탐방의 목적과 해야 할 일은 교사의 의도에 따라 달라질 수 있다. 다음은 몇 가지 가능한 예시이다.

단원 중심 탐방의 예: 지각의 물질

- 국립민속박물관 탐방 목적: 돌은 선사 이래로 인류가 사용해 온 중요한 자재 중의 하나일 뿐 만 아니라 가장 먼저 사용한 자재이다. 구석기 시대로 오늘날에 이르기까지 우리 주변에서 어떻게 암석을 이용했는지, 그리고 그렇게 암석을 이용하게 된 암석의 특징은 무엇인지 알아보자.
- 관련 단원: 7학년 지각의 물질
- 관련 전시물: 4-2. 선사시대의 생활상 펜석기와 간석기
4-3. 청동기 시대의 생활상, 간석기, 청동기의 주물
4-6. 신라의 유리공방 중 곡옥 주물
5-3. 고대의 농기구 중 돌보습, 반달돌칼
5-7. 방아기구 중 맷돌, 방아공이
5-8. 온돌, 구운돌 그리고 구들
5-12. 두부만들기와 소주고리 중 풀매
6-2. 문방사우 중 벼루
- 해야 할 일: 해당 전시실에서 관련되는 전시물을 찾고 전시물의 이름, 용도, 그리고 사용된 암석의 종류와 특성을 짚지어 본다.

주제 중심 탐방의 예: 열과 불 다루기

- 국립민속박물관 탐방 목적: 열과 불을 잘 다루는 것은 인류가 문화를 일으키는데 굉장히 중요한 역할을 하였다. 특정한 용도의 물질을 얻거나 냉난방을 위해 온도는 높이거나 낮추는 일이 필요하다. 이와 관련하여 온도에 따른 물질의 상태, 열전도율, 부피 팽창 등을 이해하는 것도 필수적이다. 불을 발견한 구석기 이후로 인류는 필요한 온도를 얻기 위해서 어떻게 불과 물질을 다루어 왔는지 알아보자.
- 관련 단원: 3학년 온도재기, 4학년 열의 이동, 4학년 열에 의해 물체의 온도와 부피의 변화, 5학년 에너지, 6학년 촛불 관찰, 9학년 물질변화에서의 규칙성, 9학년 물의 순환과 날씨 변화

제 3 장 과학 탐방의 현장 지도

과학 활동의 지도는 교사가 과학의 이해와 실험능력 없이 할 수 없지만, 그것만으로 잘하기 어렵다. 과학교육학의 이론도 절실하게 필요하지만, 현장의 지도는 교육에 대한 신념과 실제적인 경험이 또한 중요하며 교육 환경이 크게 영향을 끼치기 때문에 “왕도”를 제시하기 어렵다. 탐방 지도는 학교 내 보다 더 어려우리라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 과학 탐방의 현장지도의 기본적인 사항은 무엇이고 핵심적으로 중요시 할 사항은 무엇인가 논의하고 그간의 탐방 실시 경험에 준한 구체적인 방안을 제시한다.

3.1 현장 지도의 기본 사항

탐방을 위해 처음 모일 때부터 현장에서 기회가 있을 때마다 계속 주의하고 지도해야 할 사항이지만 다음과 같은 사항을 “잔소리”나 “야단만 친다”는 생각이 들지 않고 스스로 깨달아 실행하도록 탐방하기 전부터 지혜롭게 대비하고 지도해야 한다.

이러한 기본적인 사항이 잘못되면 본래 의도한 과학 탐방이 의미 있게 효과적으로 될 수 없다. 이것은 모든 “스승”의 과제로 어떤 교과와 어떤 내용을 지도하던 “인간 교육”, “全人教育”에 중요한 기본 과제이다.

가. 안전과 건강

교통안전, 위생적인 음료수와 음식, 전기, 기계, 화기, 고층건물의 난간, 여름철의 더위와 침수, 겨울철의 추위와 빙판, 산벼랑이나 깊은 물 속 등을 학생 스스로 주의 하도록 기회가 있는 대로 현명하게 사전에 예방해야 한다. 만일의 경우 안전과 건강에 문제가 있으면 무슨 교육이 가능할 것인가? 안전과 건강에 문제가 있다고 하면 무엇보다 우선 해결해야 한다.

나. 질서와 규율

시간 엄수와 절약(한 사람이 1분 늦으면, 40명의 40분을 잃음), 교통질서, 화장실 위생, 관람자세(특히 뛰거나 소리 지르는 것, 다른 사람을 밀치거나 차례대로 하지 않고 산만하게 관람하는 것 등), 안내자 설명하기에 집중, 적절한 질문과 응답태도, 기물 손상이나 파괴 조심, 배부되는 안내 책자도 소중히, 그리고 머문 자리를 깨끗이 하도록 교사가 솔선수범하며 직접 간접으로 지도해야 한다.

다. 절약과 보전

항상 어디서나 물자와 에너지를 절약하는 습관이 몸과 마음에 배도록 지도해야 한다. 음식을 비롯한 소모품, 맑은 물, 수입한 유류, 전기에너지, 무엇보다도 특히 유적지에서는 유물을 보호하고, 환경 보전과 오염 감소에 노력하도록 지도해야 한다. 우리가 시간, 물, 공기, 물자, 에너지, 자연환경을 절약하지 않고 낭비하면 불원간 우리와 자손들이 어떻게 살아갈 것인가?

라. 기쁨의 존중

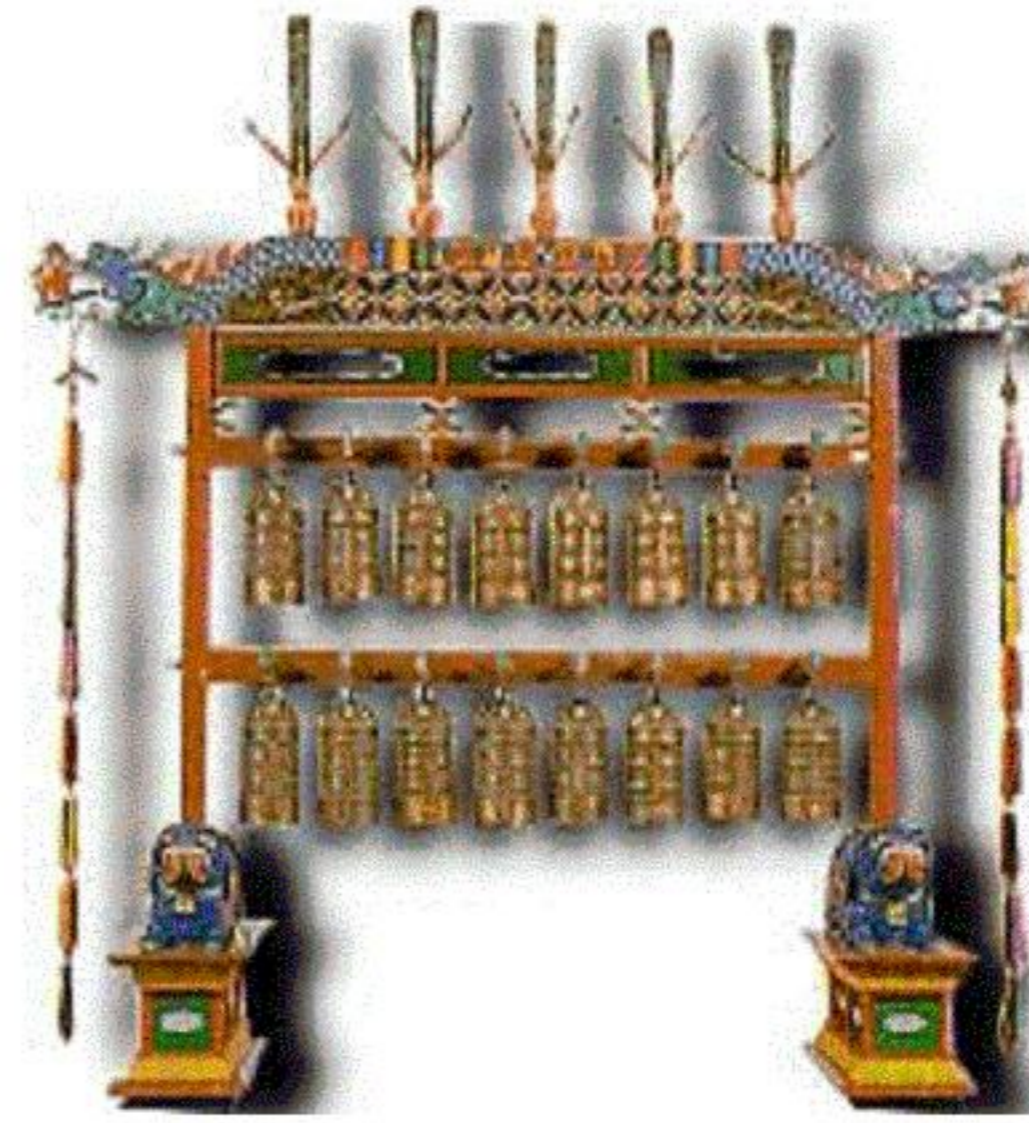
가능한 대로 탐방하는 동안에 즐겁고 기쁜 마음이 들도록 분위기 조성에 힘써야 한다. 안전, 질서, 보전 등을 위해서는 일반적으로 학생들이 마음대로 장난치고 싶어 하는 것을 못하게 하고 야단치며 잔소리 하는 것이 되기 쉬우나, 진실 되게 학생들을 위하는 마음으로 얼마간 인내하며 현명하고 부드럽게 지도해야 한다. 학생들의 잘못을 때로는 엄격하게 훈계할 수 있지만, 여러 사람 앞에서 감정과 강제로 어느 한 학생을 큰 소리로 야단침으로 그 학생이나 전체 학생이 위축되고 싸늘한 분위기가 되지 않도록 해야 한다.

마. 감사의 예의

부모님과 선생님뿐만 아니라 운전기사, 안내자, 현지 근무자 그리고 도와주는 선후배와 친구들에 대해 감사하는 예의를 지키도록 자연스럽게 지도자가 솔선수범하고 청소녀 소년들이 마음으로부터 일어나와 실천하도록 한다면 아름다운 모습일 것이다.



평경



평종

3.2 현장 지도의 핵심 사항

탐방 활동의 중요한 핵심은 현장에서 바람직한 탐구활동을 안전하게 그리고 공중도덕을 비롯하여 규율을 잘 지키며 친구와 협동적으로 수행하도록 지도하는 것이다.

가. 재미와 경험

탐방 여행이 계속 즐거울 수는 없겠지만, 처음과 중간 중간에 그리고 마지막에는 특히 재미있고 멋있으며 위대함을 느끼도록 계획하고 진행시키는 방략이 중요하다. 학교 밖 여행의 참다운 즐거움은 학교 내 공부에도 활력을 불어 넣는 기회가 될 수 있을 것이다.

나. 안내와 설명 및 탐구 과제

탐방의 전체적인 계획과 일정의 요약, 하이라이트의 제시, 중요한 상식과 생활정보 및 학교 공부와의 관계를 되도록 짧게, 모든 사람이 알아듣도록 초반에 제시해 주어야 한다. 많은 정보, 여러 가지 얇은 경험, 안내자 중심의 전문성 강조 등은 숙고해야 한다.

과학 탐방 중 잘못하면 역사 이야기만 하는데 끝일 수 있다. 얼마만큼은 중요한 역사적 사항을 제시하거나 상기할 수 있겠지만 과학사의 핵심을 중요시 하려는 노력이 필요하다. 더욱 중요한 것은 학교 교육과정 수준의 적절한 과학적 탐구 문제뿐 아니라 그와 관련된 응용과학적, 사회과학적, 생활과학적인 광의의 탐구 문제를 제시하고 제기하도록 하는 것이다.

다. 지적 자극의 질문과 튜는 응답자의 격려

건전한 농담이나 쇼맨십 등으로 웃기는 외적인 동기 유발도 도입 시 짧게 할 수 있겠으나 보다 중요한 것은 탐방 장소의 구체적인 사물이나 현상과 관계된 참가자 수준에 적절한 질문을 함으로 가끔 지적 자극을 통해 지적 즐거움을 갖게 하는 것이 중요하다. 또한 이와 관련하여 학생들의 “튜는 질문”을 귀중한 선물로 여기고 최선을 다해 정직하게 응답하며 격려하는 것이 탐방의 성공 여부를 결정한다고 해도 과언이 아닐 것이다. 응답은 반드시 즉각적인 권위적 정답만을 뜻하는 것이 아니다. 질문의 취지를 못 알아 듣거나 내용을 모르는 경우에 정직함과 진지함이 명확히 모르면서 얼버무리는 비합리적 주장보다 훨씬 더 교육적인 과학적 탐구 정신일 것이다. 교육에 있어서 큰 스승이 제자에게 줄 수 있는 가장 큰 선물 중에 하나는 질문을 잘 하도록 지도하는 것이라 생각한다. 인류사에서 위대한 생각을 한 사람들은 내면으로부터 우러나오는 위대한 질문을 하고 탐구한 사람이라고 할 수 있지 않겠는가.

라. 과학 해보기의 청량제 역할

탐방에 있어서 전시물이 아무리 좋고 안내자가 설명의 말을 잘하더라도 어릴수록 오래 집중해서 듣기 어려우며 계속 무리지어 따라 다니며 모두 똑같이 재미있기 어렵다. 중간에 적당한 과제와 관련지어 미리 준비한 교사의 간단한 과학 시범, 그리고 학생들 과학 해보기 활동은 청량제가 될 수 있으며 “과학다움”을 새삼 부각시킬 수 있다.

예를 들면, 어느 전시관이건 그 “유명”하다는 자격루에 대해 사진, 영상, 아니면 모형 전시물들 중에, 실제로 작동되게 해 놓은 것이 거의 없다. 이런 경우, 덕수궁 탐방지의 광명문의 자격루 설명 후 다음과 같은 활동은 어린이뿐만 아니라 모든 사람을 즐겁게 참여하고 몰두하게 한다.

예시: “덕수궁 탐방”에서 자격루 모형 활동

물시계 만들어 보고 따져보자

- 준비물 : PET병 2, 종이컵(혹은 요쿠르트 병) 1, 굵은 빨대 1, 가는 빨대 1, 송곳, 칼, 고무찰흙(혹은 수도 연결에 사용하는 테이프), 자, 사인펜, 초시계
- 만들기 전에..
 - 대파수호와 소파수호의 크기가 다른 이유는 무엇일까요?
 - 대파수호에서 소파수호에 이르는 관의 굵기와 소파수호에서 수수호에 이르는 관의 굵기가 다른 이유는 무엇일까요?
 - 대파수호에서 흘러나오는 물의 시간당 양은 대파수호에 남아 있는 물의 높이에 따라 달라지게 됩니다. 자격루는 이러한 문제를 어떤 방법으로 해결했을까요?
- 만들어 봅시다.
 - 준비물을 확인해 봅시다.
 - PET 병과 요구르트 병은 각각 자격루의 무엇에 해당할까요?
 - 굵은 빨대와 가는 빨대는 각각 자격루의 무엇에 해당할까요?
 - 물이 일정하게 흘러내릴 수 있도록 자격루의 모형을 만들어 봅시다.
- 확인하고 더 생각해 봅시다.
 - 모형을 만들었으면, 실제로 물이 일정하게 흘러내리는지 확인해 봅시다.
 - 보다 정밀하게 개량해 봅시다.
 - 자격루의 자동 시보 장치를 모형으로 만든다면, 어떻게 만들 수 있을까요?
 - 방법을 적어보거나 간단하게 그림으로 나타내 봅시다.

(참고: 강은형, 정용재, 덕수궁 과학 탐방, 과학문화교육연구소, 2003)

마. 멋진 과학을 보이는 시범

“우리 역사 속 과학 탐방”의 첫 인상은 현대 과학과 첨단 기술은 전혀 관계없고 고리타분한 옛날이야기 들으러 간다는 것이다. 그러나 이러한 생각을 불식하고 현대와 미래를 잇는 과학 활동을 재미있는 현대 과학적 관점의 설명과 과학 해보기에 이어 현대적인 과학 장비로 관련되는 멋진 시범 실험이다.

예를 들어, 경주의 “성덕대왕 종(에밀레 종)” 이면 더욱 감격스럽지만 그렇지 않다고 하여도 실제로 종을 칠 수 있는 여건에서나 편경이나 편종 소리로 시범 실험을 할 수 있다. 아래와 같이 소리를 분석하고 범프로젝트를 사용하여 여러 학생이 종소리와 더불어 분석 결과를 볼 수 있게 하면 대단히 효과적이다.

바. 수준별 탐구와 창의성 격려

다인수 학습의 학교 교실에서 수준별 학습 지도를 어떻게 할 것인가?

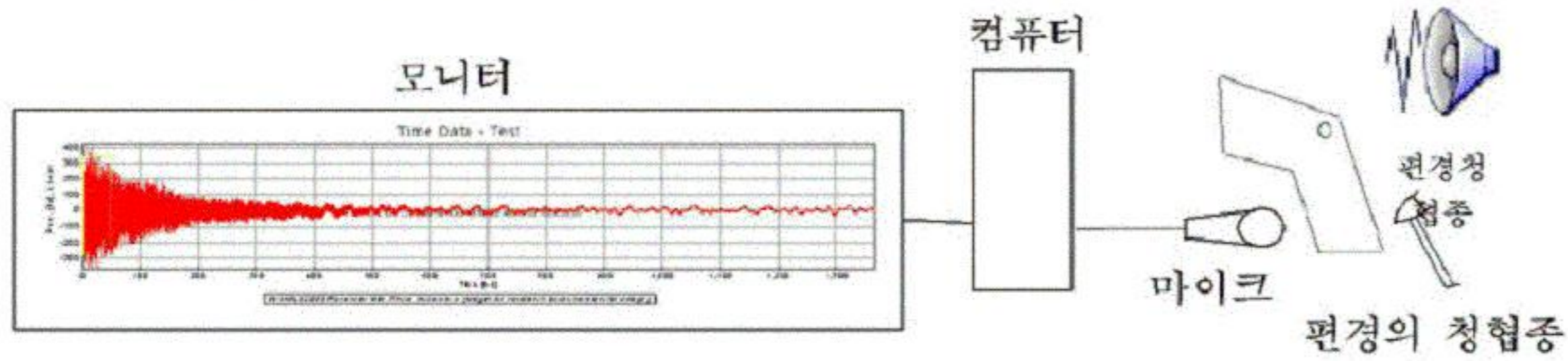
과학 탐방은 가정생활의 환경이 학생마다 다르며 취향과 능력이 다른 여러 학생들을 개인별, 조별로 수준별 활동을 시킬 수도 있고 여러 수준의 학생들을 협동적으로 활동하게 지도할 수 있다. 또한 학교 교실과 달라 모두를 항상 한 가지 설명에만 집중시키기도 실제로 어려우나 이동하거나 쉬는 시간에 개개인의 창의적 질문의 기회를 주고 격려할 수 있으며 학생들 나름으로 길고 짧게, 그리고 깊고 얇게 관찰하고 생각하며 토론함으로써 자기 나름의 생각의 흐름 속에 그 무엇인가를 구상할 수 있다. 이렇게 유연한 기회에 동기화된 몰두의 마음과 자유스러운 생각의 흐름 속에 창의성의 싹이 틀 수 있는 것이 아닌가?

사. 생활 과학탐구와 관련 분야의 전망 및 진로 안내

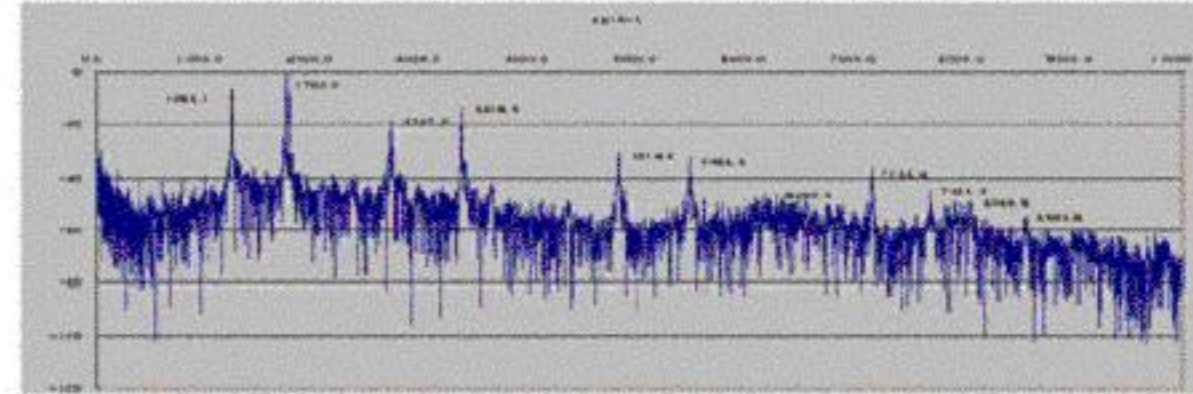
“우리 역사 속 과학탐방”을 통해 우리의 일상생활 중 의식주의 과거와 현재에 관계된 과학적 지식을 알게 되는 것도 관심이 있으며 유용하다. 더 중요한 것은 그와 관계된 실제적 문제를 포착하고 이론적으로나 실험적으로 해결하는 과제는 과학 탐구의 유용한 활동으로 특히 탐구심이 강한 학생들의 주목을 끌 가능성이 많다. 일반적인 상담이나 점수에 의한 상급학교 진학 진로의 결정이 아니고 참다듬게 실제적인 여러 분야의 현장 탐방을 통하여 알고 자유로이 진로를 선택하게 할 수 있는 한 가지 방법이 과학 탐방이라 하겠다. 탐방의 후반부에 그날의 탐방 과제와 관련하여 자연스럽게 이 분야 미래의 전망을 보이며 현실감 있게 마음으로 느끼게 하는 진로 지도를 할 수 있다.

소리의 분석(유준희, 2004)

소리를 분석하는 기본적인 방법 중의 하나는 주어진 소리를 FFT 분석하는 것이다. FFT는 Fast Fourier Transformation으로 주어진 소리가 어떤 진동수의 부분음으로 구성되고 각 부분음의 세기가 어느 정도인지를 컴퓨터가 계산을 빨리해서 보여주는 것이다. 컴퓨터를 이용하여 FFT 분석을 하려면, 사운드카드가 장착된 컴퓨터, 소리분석 프로그램(Cool Edit, Pitcher and Catcher 등) 이 있어야 한다.

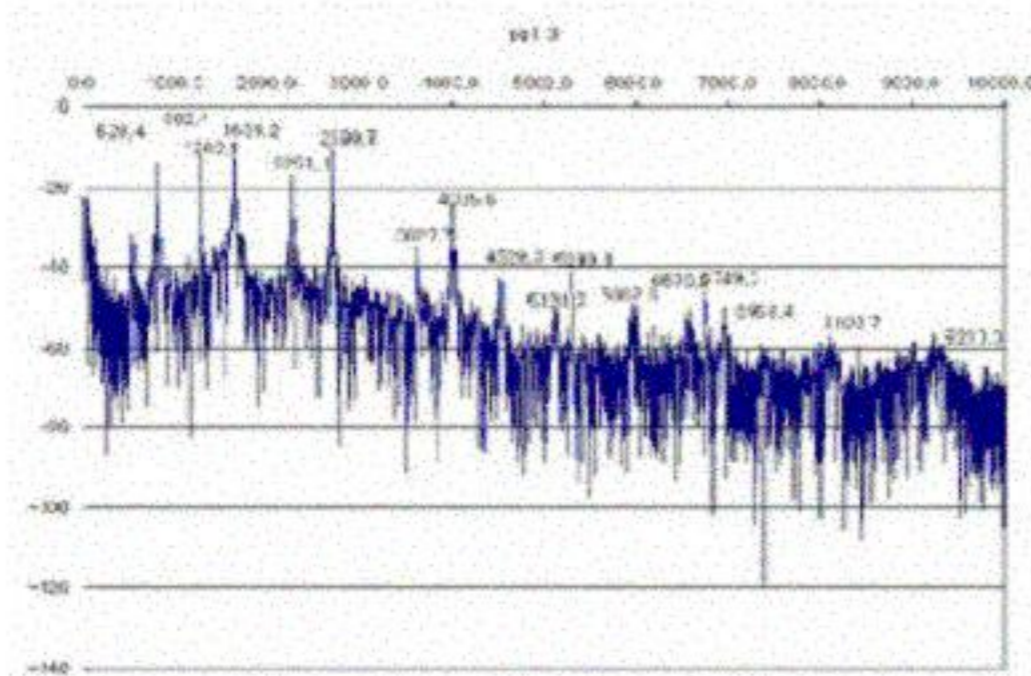


그림가. 소리분석 장치와 시간에 따른 소리의 압력변화(dB)

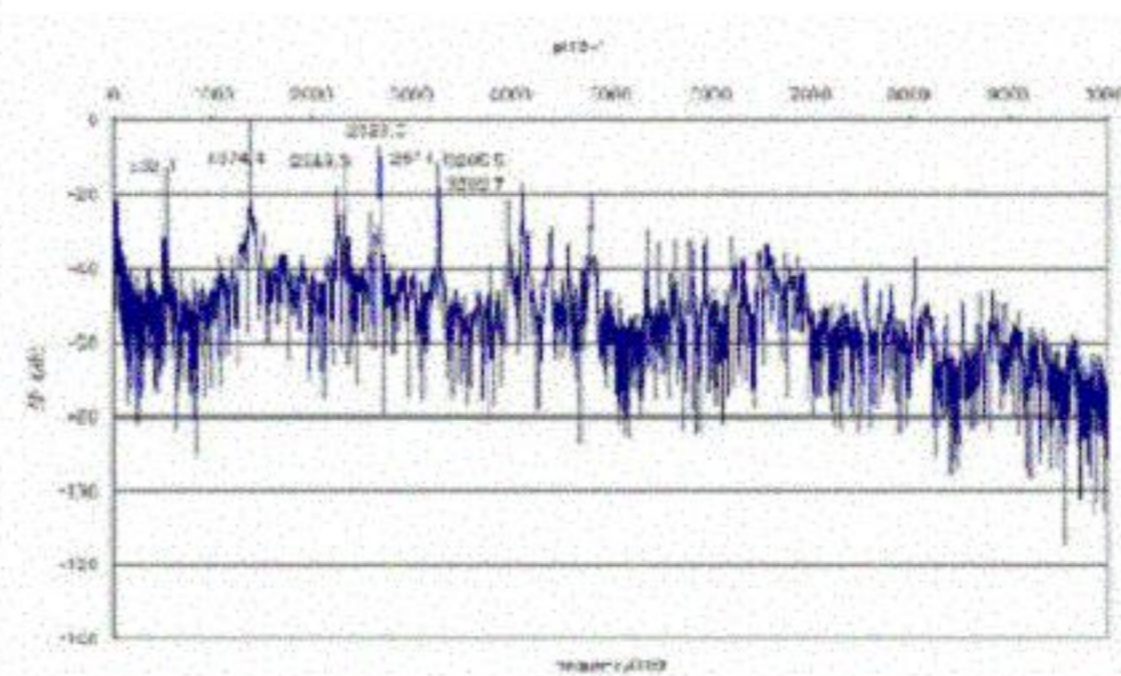


그림나. 그림 가 중 일부분 확대한 파형그림 다. FFT 분석한 결과

다음은 국악기 중 편경과 편종의 황중음을 녹음하여 어떠한 진동수의 배음이 더해졌는지 분석한 것이다. 둘 다 기본 진동수는 530 Hz 부근으로 같은 음높이로 인식되지만, 그 외에 더해지는 소리의 진동수는 다르다. 이 차이가 음색의 차이를 가져온다. 특히 편종은 비슷한 진동수에서 두개의 최고점이 나타나 맥놀이 현상이 나타난다.



편경 황중의 소리 분석



편종 청황중의 소리 분석

3.3 현장 탐방 활동의 실제 지도 I (반나절 탐방의 경우)

가. 모임시간 엄수

도로나 대중교통을 이용하는 경우는 출발 또는 시작 시간 보다 최소한 10분전에, 약속 장소에 도착하도록 당부한다. 모든 탐방 교육의 실제적인 출발은 당일 모임 시간 지킴이다. 당일 탐방 참가자가 시간을 얼마나 중요하게 여기고 약속시간에 약속된 장소에 모여서 기쁜 마음으로 출발하는가는 대단히 중요하다. 모두 시간을 지켰을 때에 칭찬을 아끼지 말아야 한다.

도착 예정 시간에 모두 오지 않았을 경우를 생각해서 인솔자는 반드시 참가 예정자의 소속 학교와 학번, 남녀, 전화번호, e-mail 주소 등을 포함한 명단을 가지고 확인을 한다. 예정 시간에 도착하지 않은 사람이 있으면 전화로 확인한다. 약속시간 보다 10분 늦은 이내에 도착할 것 같으면 다른 사람에게 양해를 구하고 기다린다. 그 보다 늦으면 출발하더라도 다른 사람들의 의견을 참작한다.

나. 인사소개와 일반적 안내

약속 시간에 모여 탐방을 시작하기 전에, 또는 버스 대절을 하였으면 출발하여 가면서 인솔자가 인사와 더불어 환영의 말과 당일 계획을 발표하고 전원이 차례로 자기소개도 하게 한다.

탐방 장소에 도착하여 탐방을 시작할 때 전체적인 소개와 탐방 순서 및 유의사항을 길지 않게 명확히 한다.

탐방지도 유의사항 예시(강은형, 2004)

- . 탐구대상 유물을 세밀하게 관찰하도록 한다.
- . 탐구문제를 스스로 찾아낼 수 있도록 격려한다.
- . 탐구 질문에 대해 답을 미리 가르쳐주지 말고, 학생 스스로 생각할 수 있는 시간과 자유롭게 토론 할 수 있도록 배려한다.
- . 새롭게 알게 된 것을 가능하면 그림과 함께 정리하게 한다.
- . 우리 조상의 문화에 대해 관심을 가지고 탐방을 하도록 한다.
- . 집중 과학 탐구에서는 스스로 과학자가 되어 깊고 끈기 있게 탐구하도록 격려한다.
- . 귀중한 문화유산이 손상되지 않도록 주의시킨다.

다. 안내 관람 탐구

창덕궁의 경우와 같이 일정한 시간 간격으로 한국어, 영어, 일어 등으로 안내원이 단체로 2시간여에 걸쳐 설명하는 것을 무리지어 따라 다녀야지, 개인이 마음대로 다니지 못하는 경우가 있다. 이때에는 미리 공문을 발송하여 몇 시부터 얼마간 단체로 가서 따로 탐방할 것이라고 허락을 받아야 한다. 그러면 당일 안내 완장을 부여받아 우리 단체만 무리지어 우리 원하는 대로 탐방할 수 있으나 개인이 마음대로 혼자 흩어져 다니지는 못한다.

청주고인쇄박물관과 같이 미리 공문으로 요청을 하면 강당에서 200여명까지 많은 인원에게 봉사 하시는 그 지역의 전직 교사, 교감, 교장 선생님 중에 어느 분인가 배치되어서 안내와 더불어 현장을 설명 해준다. 이런 경우에는 미리 봉사자에게 우리 탐방의 목적을 알리고 강연과 설명을 최소로 부탁하고 인솔자가 봉사자 설명 전 후에 인사 소개 시키고 당일 계획을 알리며 추가적으로 과학적인 면을 부각시킨다.

현장 안내는 30여 명이 넘으면 일시에 하기 어려우므로 추가적인 봉사자를 요청하고 인솔자 등이 나누어 현장 안내를 과학적으로 중요한 점만 안내한다. 그리고 자유탐구시간 후 다시 강당에 모여 주로 과학적인 문제에 대해 질문하고 응답하며 토론하게 한다. 이때에 관계되는 실험 시범을 하거나 준비된 과학 해보기를 하게 한다. 시간이 있다면 버스 출발 시간까지 자유 탐구 활동을 계속 하게 한다.

안내자나 봉사자가 없는 탐방 장소에 가게 되면 교사가 예정된 시간 내에 계획한 활동 전체를 운영해야 한다. 전체적인 개요로부터 시작하여 이동하면서 설명도 하고 질문도 하며 때로는 준비된 과학 해보기, 시범 실험도 한다.

탐구 이외의 사항을 길게 설명하거나 너무 많은 것을 다 설명하기보다 되도록 과학적으로 중요하면서도 재미있는 것을 골라서 아쉬워 할 정도로 적게, 짧게 하고 자유 탐구 기회를 주는 것이 좋다.

라. 자유 관람 탐구

탐방 장소에서 중요한 결정은 첫째 현장의 안내 봉사자에 의한 공동 시간, 둘째 인솔 교사에 의한 공동 시간, 셋째 참가자들의 자유스러운 개인시간을 어떻게 배분할 것인가를 현명하게 판단하는 것이다.

첫째 안내 봉사자가 역사 등 인문사회적인 배경의 경우는 길게 설명을 할 가능성이 많아 되도록 최소의 시간에 중요하고 흥미로운 점을 부각시키도록 요청한다. 박물관, 과학

관, 산업체 등에 과학 또는 공학 배경의 안내 봉사자가 있는 경우는 어린 학생에게 어려운 과학 기술의 내용을 전문적인 용어를 써서 대학생에게 설명하듯 할 가능성이 많기 때문에 미리 학생 수준을 말하고 관련되는 기초적인 과학적 설명도 하지만 과학적 의미와 의의, 일상생활과 국가 사회적 관련 등을 언급하도록 요청하는 것이 좋다.

어떻던 안내 봉사자가 있는 경우에는 과학 교사가 잘 모르거나 잘 할 수 없지만 중요하고 재미있는 점을 최소의 시간으로 제시하도록 한다. 인솔 교사는 미리 파악하고 현명하게 계획을 세워 상대방이 오해하거나 무시한다는 느낌을 갖지 않도록 지혜롭게 귀한 시간이 되도록 해야 한다.

안내 봉사자가 설명하는 중간에 또는 끝난 다음에 과학 교육적인 면을 적소에 적당하게 부각시키는 활동의 기회를 놓쳐서는 안 된다.

또한 학생들이 안내 봉사자의 설명을 안 듣고 산만하게 이리저리 왔다 갔다 하면서 마음대로 건드리며 딴 짓하는 것을 삼가고 안내 봉사자에게 집중하도록 한다. 이것을 귀찮은 일로 여기고 방치해서는 안 되며 인간성 교육, 공부하는 자세에 대한 교육의 좋은 기회로 여기고 지도해야 한다. 이런 연후에 안내 봉사자에게 감사를 표시하고 자유 관람 탐구 시간을 주고 출발 전에 질의응답의 토론 시간을 가지면 좋을 것이다.

둘째, 안내 봉사자가 없는 경우에는 인솔 교사가 모든 것을 해야 한다. 안내도 하며 설명도 하고 질문도 하며 학생의 질문에 응답도 해야 한다. 과학 해보기, 시범 실험도 해야 한다. 이때에도 되도록 시간을 아껴 최소의 시간 내에 중요한 점을 재미있게 부각시키고 자유 관람 탐구 시간을 주도록 해야 한다.

처음에 도착하여 출발할 때 까지 모든 학생을 무리지어 똑같이 행동하도록 “꼭 묶어” 똑같은 것만 하도록 무리하게 애쓰는 것은 현명하지 못하다. 교사가 모르는 것을 숨기려 하지 말고 “엉뚱한” 질문인 것 같은 경우도 진지하게 받아 드리는 자세는 견지해야 한다. 어차피 현장의 많은 문제는 전문가도 모르고 아직 풀려고 시도해 보지 못한 과제가 허다히 많다. 교사가 모든 것을 알아야 되고 한번 가서 학생들이 그곳의 모든 것을 알았다는 느낌을 갖도록 하기보다 갔다 와서 재미있는 경험이었지만 모르는 것이 더 많아졌다고 진지해 진다면, 이것이 우리가 바라는 바 아닌가? 이것을 위해서도 개인별로, 조별로 자유롭게 특별히 해보고 싶어 하는 것을 하도록 자유 관람 탐구 시간을 주는 것이 교육적이고 현명한 처사이다. 그러나 방치하는 것과는 다르다.

셋째, 적지 않은 학생이 자유 관람 탐구 시간을 휴식시간이나 장난하는 시간, 수선떠는

시간, 간식시간으로 여기는 것을 삼가 하도록 지도하는 것은 쉽지 않을 것이다. 이것은 당일 출발지에서 모임 할 때부터 계속해서, 또는 평소에 학교에서 학생들을 어떻게 “교육”하였는가에 달려있을 것이다.

우리의 교육은 자연스럽게 탐구하는 교육이 매우 요청되는 것이라 판단된다. 이것은 결코 우수한 학생에게만 해당되는 것이 아니다. 이것은 보통 학생에게는 시간의 낭비가 되는 것이 아니다. 이것은 결코 학생들만이 하거나 교사가 편하기 위해서가 아니라 교사에게는 가장 쉬운 듯하지만 가장 어려운 중요한 과제이다.

마. 질문과 토론, 그리고 (MBL) 실험 시범

안내 및 자유 관람 탐구 과정에서도 물론 계속해서 적절한 질문과 응답, 토론, 탐구 해 보기, 실험시범 등이 있을 것이다. 그러나 탐방을 끝내며 한 장소에 모여 구체적인 어느 부분에 대해 또는 전반적인 것에 대하여 질문하고 토론하는 기회를 갖는 것은 필요하다. 또한 이러한 기회에 미리 준비된 오늘의 과제와 관련된 (MBL) 실험 시범을 멋지게 보이는 것은 최종의 미를 장식하는, 탐방의 인상을 멋지게 갖게 하는 방법이라 하겠다.

예를 들면, 성덕대왕종-에밀레종 소리를 현대적인 장비로 전산 분석을 하고 그것을 빔 프로젝트로 보이는 것은 “우리 역사 속 과학 탐방”이 옛날이야기에 그치지 않고 오늘과 내일의 멋진 연구 과제를 제시하는 동시에 과학 공부와 과학 진로에도 직접 간접으로 영향을 줄 수 있다고 하겠다.

바. 퀴즈와 포상 및 뒤 정리

탐방 장소에서 출발하기 전 30여분 동안, 또는 대절버스 속에서 오늘의 과제와 관련하여 퀴즈를 내고 작고 싸지만 의미 있는 상품을 주고 환호해 주는 활동은 어린 학생들이 수록 기뻐하며 열심히 한다. “우리의 과학기술 선현 발자취 찾아서” 탐방의 경우 2004년도에 선정한 “이 달의 과학기술 선현” 12분의 초상화 소묘를 보이고 이름 맞추기의 퀴즈에 있어서 많이 맞춘 사람에게, 특별히 제작한 달력을 주는 것은 재미있는 일이었다. 이 2004년도 달력은 12분의 소묘와 한국 과학사의 핵심이 요약된 것으로 시중에 판매되는 것도 아닌 것으로 귀한 것이었다.

다 끝나 헤어질 때 서로들 인사하고 잊은 것은 없는지 확인하며 곧 귀가하여 깨끗이 씻고 가족들과 오늘의 활동을 이야기 하도록 격려하는 것도 잊지 말아야 하겠다.

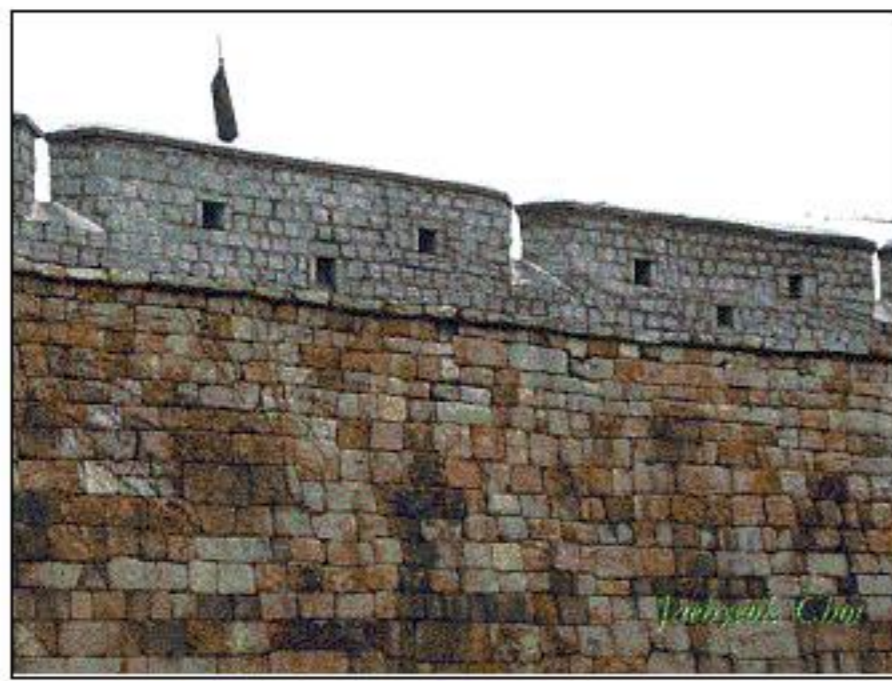
“화성”의 여장과 성벽 탐구 및 교사를 위한 설명

가. 위치: 성벽 전체

나. 탐구목표

- ① 여장의 구멍이 다른 것을 알고, 그 이유를 근거를 논할 수 있다.
- ② 성벽 전체 구조와 아치의 장점을 연결하여 논할 수 있다.
- ③ 성벽 돌의 제작방법과 운반 방법을 예상하고, 조사할 수 있다.
- ④ 성벽 돌을 쌓은 방법을 관찰과 논의로 유추할 수 있다.
- ⑤ ‘미석’의 역할을 물의 상태변화에 따른 부피 변화와 관련지어 얘기할 수 있다.

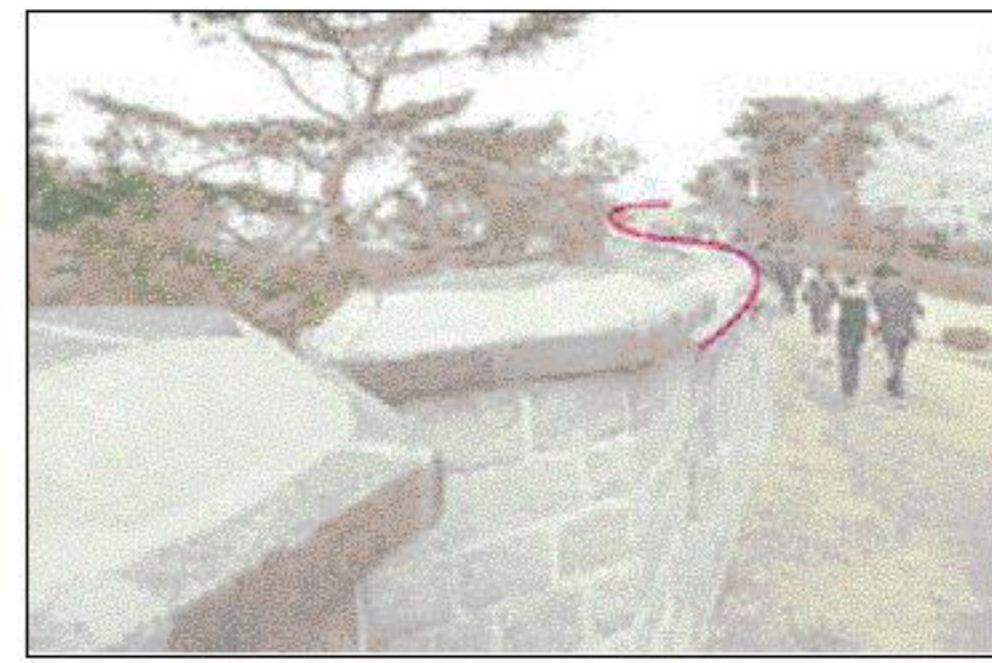
다. 사진



여장과 성벽
(암문 뒤에서 찍은 사진)



여장과 성벽
(중간에 낀 돌이 미석이다.)



전체적으로 구불구불한 성곽
(과학동아)

라. 도입 질문

- ① 여장마다 구멍이 어떻게 다른가? -> 구멍마다 난 각도가 다르다.
- ② 여장과 여장 사이에 V자로 홈이 파인 이유는? -> 몸을 기대서 총을 쏠 수 있도록 한 것이다.
- ③ 여장과 성벽 사이에 낀 돌은 어떤 용도일까? -> 성벽 틈 사이로 물이 스며들지 않도록 한 돌이다.

마. 탐구

- ① 여장에 난 구멍이 다른 이유는 무엇인가?
- ② 성벽에 돌을 어떻게 쌓았을까? 깊게 박았을까? 아니면 여러 겹으로 쌓았을까?
- ③ 성벽이 구불구불한 이유는 무엇인가?
- ④ 성벽의 돌은 어떻게 잘랐을까?

바. 설명

☘ 여장

화성을 탐방하면서, ‘여장을 자세히 보세요.’라고 주문을 하는 경우가 있다. 그런데, 대부분의 사람들이 여장의 구멍이 서로 다름을 발견하기 쉽지 않은 이유는 우리가 주위의 문화유산을 얼마나 소홀히 보고 지나치는 지 보여주는 한 면이 아닌가 한다.

여장에 있는 구멍들이 난 각도가 각기 다르다. 여장에 있는 구멍들은 좌우 양쪽은 지면과 평행하게 되어 있으며, 가운데 구멍은 지면을 향해 아래로 향해 있다. 이와 같이 함으로써 여장에서 성 밖의 동향을 살핌에 있어 성의 가까운 곳과 먼 곳을 모두 볼 수 있도록 하였다.

㉟ 여장 사이의 V자 홈

여장과 여장 사이의 V 모양으로 홈이 나 있다. 이렇게 된 이유는 병사들이 손쉽게 여러 방향을 견제하기 위한 것이다. 당시 총과 포를 사용하는 군인들이 밖에 있는 적을 효과적으로 견제하기에는 여장 사이의 모양을 어떻게 하는 것이 효과적이었을까를 생각해 보면 쉽게 답을 찾을 수 있다. 한 번 당시의 군인이 되었다고 상상을 하고, 몸을 여장 사이에 몸을 기대어 보라고 하는 방법이 좋다. 어떤 이유에서인지 쉽게 알 수 있을 것이다.

아래는 '화성성역의궤'에 나온 여장에 대한 설명이다. 아래 글을 참고로 하여 다시 한 번 여장을 살펴보자.

“지금 서울과 지방의 모든 여장은 높이가 증키쯤 되어 사람의 머리에도 미치지 못하고 넓이가 두어 사람이 줄을 지어 다닐 정도도 되지 못하여 몸을 돌릴 경우에 화살을 맞기가 쉽다. 그러므로 여러 제도를 참고하여 높이 5척, 너비 20척으로 기준을 삼았다. 여장의 아가리(구멍)의 높이가 가슴과 가지런하고 너비가 다섯치 정도인데, 그 안팎 옆을 깎아서 좌우에서 총쏘기에 편하게 만들었다. 담벼락에는 오른쪽과 왼쪽에 원총안(遠銃眼)을 네모지게 뚫었는데, 각각 한 모가 여덟치이다. 한 가운데를 천장처럼 만들고 근총안(近銃眼) 하나를 만들었다.” - 화성성역의궤 중 '여장'에 대한 설명 (김동욱)

㉟ 구불구불한 성곽

반듯하게 세워진 성곽이 아니다. 구불구불하게 된 성곽을 쌓은 이유는 바로 성곽의 견고함과 관련지어 있다. 화성 성곽이 오랫동안 그 형태를 유지할 수 있는 이유 중 하나도 여기에서 찾을 수 있다. 만약 성이 반듯하게 세워진다면 보기에는 좋을 것이나 쉽게 무너지기 쉬울 것이다. 왜냐하면, 성곽의 돌들이 서로 맞물릴 수 없기 때문이다. 하지만, 성곽이 구불구불하게 되어있음으로 해서, 성곽의 돌들이 서로 맞물릴 수 있게 되는 것이다. 우리 조상들의 지혜를 엿볼 수 있는 또 하나의 단면이다.

㉟ 화성성역의궤와 복원

우리 조상들의 삶을 살펴보면, 실용성을 추구하면서도 멋을 추구하려고 하였다. 화성을 탐방하면서, 아무리 사소한 것이라도 '왜'라는 질문에는 나름의 이유가 있음을 발견할 수 있다. 지금부터는 잠시 성 밖으로 나가자. 서장대로 가는 중에 밖으로 나갈 수 있는 통로가 있다.

화성은 일제강점기와 한국전쟁 등으로 그 원형이 훼손되었다가, 1970년대에 다시 복원되었다. 그럼에도 여러분이 지금 가는 곳은 거의 원형 그대로의 모습을 간직하고 있는 곳이니, 성벽을 쌓음에 있어 우리 조상들의 지혜와 숨결을 마음껏 느끼면서 이동하도록 하자.

성 밖으로 나가게 되면, 돌의 색에서 우리는 오랜 세월을 느낄 수 있다. 여기에서 우리 조상들의 지혜가 숨겨져 있음을 알 수 있을 것이니, 그것을 찾아보자. 먼저, 성벽을 한 번 감상하면서, 궁금한 점이나 탐구할 거리를 찾아보자.

㉞ 미석

이제는 조금씩 탐구 거리를 찾을 수 있는 학생도 있을 것이다. 성벽 앞에서 가능한 대로 질문을 만들어보라고 하면, 탐구를 이끌어가는데 좋은 소재를 찾을 수 있다. 그 중에서 성벽과 여장 사이에 검정색 벽돌이 있는데, 그것을 미석이라고 한다.

그 이유는 성벽이 오랜 세월을 버틸 수 있었던 것과 관련이 있다. 물질의 상태가 변화할 때의 힘의 위력을 우리 조상들은 일찍이 알았던 것이다. 만약, 성벽 틈새로 물들이 들어간 채로 겨울을 보냈다고 생각해보자. 물이 얼면서 부피가 어떻게 되겠는가? 물이 얼면서 부피가 늘어나 성벽은 몇 해 지나지 않아 무너졌을 것이다. 바로 성벽과 여장 사이의 돌, 바로 눈썹돌(미석)이 그것을 막아주었던 것이다. 성벽 위에 눈썹돌을 끼워넣음으로 성벽으로 물이 스며들지 않도록 했던 것이다.

㉞ 돌의 운반

성벽의 돌들을 어떻게 운반을 해서 여기에 가져왔을까를 학생들에게 질문하여 보자. 학생들은 정약용이 고안했다는 거중기를 대답할 것이다. 거중기를 시작으로 해서 여러 가지 운반도구의 그림으로 탐구를 이어나가도록 한다. 화성에 쓰인 운반도구들은 거중기 외 유형거, 녹노, 대차, 평차, 동차, 설마, 구판 등이 있다.

이 중 대차는 큰 자재를 운반하는데 쓰였고, 평차는 그보다 조금 작은 자재 운반에 쓰였다고 한다. 대차와 평차는 소가 끌었다고 하는데, 대차는 40 여마리가 끌고 평차는 5마리에서 10마리 정도가 끌었다고 한다.

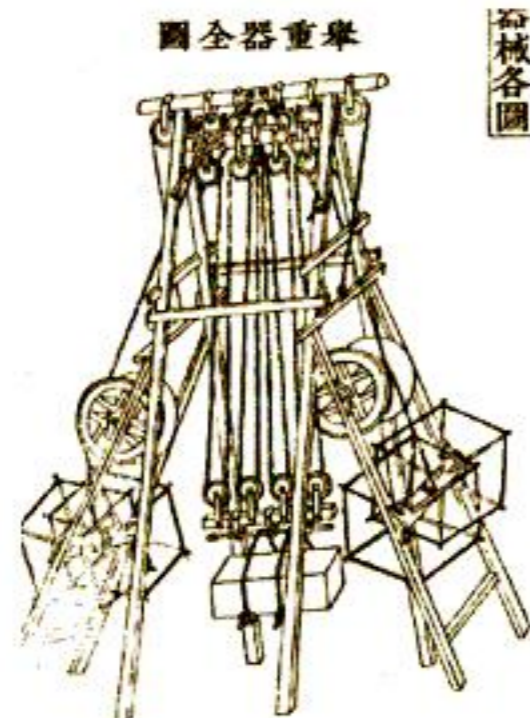
발차와 동차는 바퀴살이 없는 것이 특징인데, 발차는 소 1마리가 끄는 것이고, 동차는 장정 4사람이 끌고 당기는 것이라 한다.

구판은 널빤지 두 개를 엮고 밑에 둥근 나무가지를 깔아 사용하는 것이고, 설마는 아래쪽이 둥글게 각인 널빤지 두 개를 놓고 그 사이를 가로대로 이은 것이다.

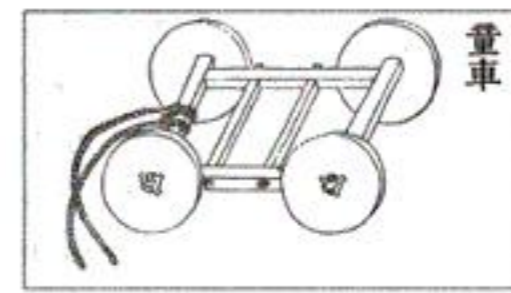
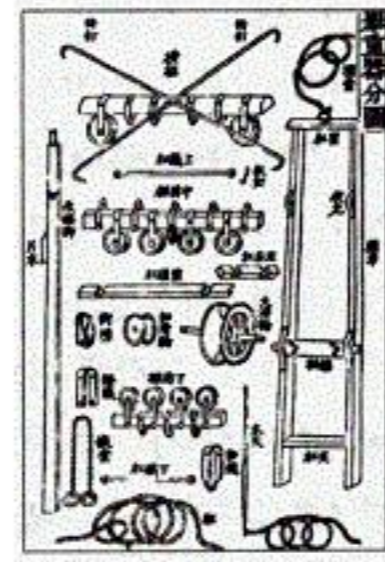
녹노는 그림과 같이 물레를 이용하여 보다 적은 힘으로 물건을 높은 곳으로 올리는 데 사용하였다.

위에서 말한 대부분의 운반도구는 이전부터 사용하던 것이었다. 그러나 화성을 쌓으며, 정약용이 특별히 고안한 것이 있으니, 바로 유형거와 거중기이다.

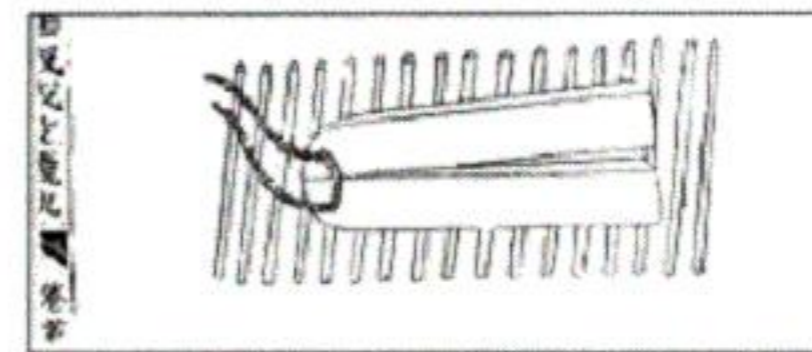
<여러가지 운반도구>



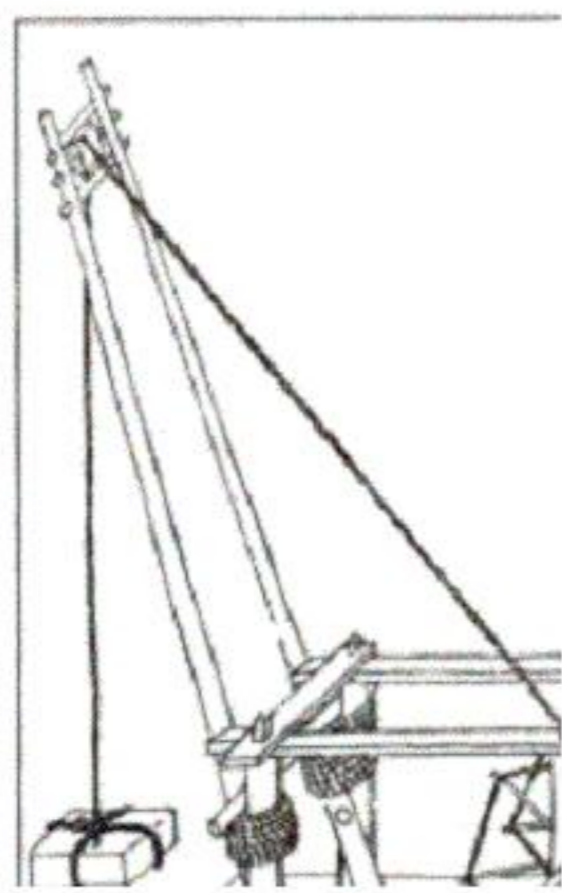
거중기와 전개도



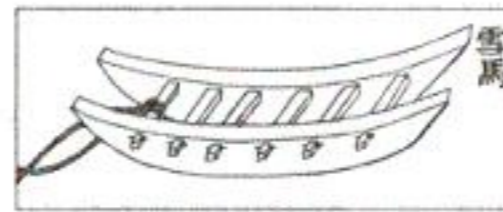
동차



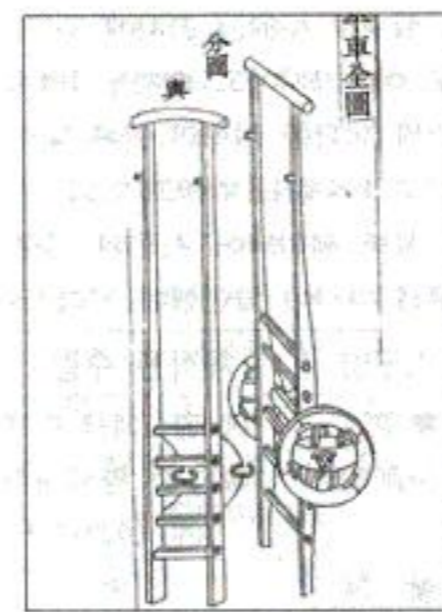
구판



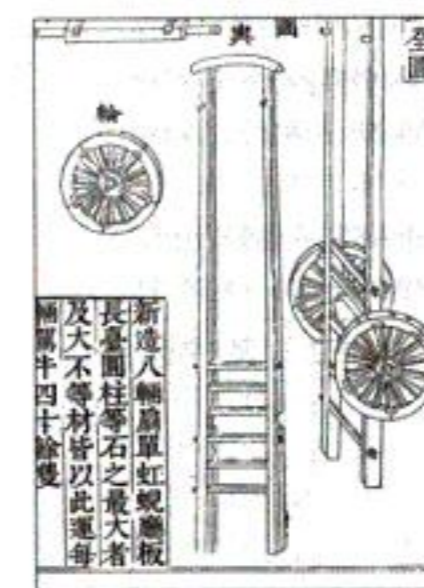
녹노



설마



평차



대차

㉟ 돌의 가공

돌을 어떻게 가공하였는지 살펴보자. 화강암 원석에서 어떻게 원하는 모양을 만들어냈는지 생각해보자. 원석에서 돌을 가공하는 방법은 여러 가지 방법이 있을 것이다.

성벽을 자세히 살펴보면, 그 단서가 되는 돌을 찾을 수 있으니, 주의 깊게 살펴보자. 특히, 돌의 모서리 부분을 자세히 살펴보자. 한 쪽 모서리에 흠이 두 세 군데 파여 있는 것을 발견할 수 있다.

당시 돌을 원하는 모양으로 만들기 위해, 돌의 결과 물을 이용한 부피 팽창의 원리를 사용하였던 것이다. 돌에 흠을 파고, 그 곳에 나무를 흠 사이에 끼워 넣은 뒤, 물을 적셔 놓는 것이다. 그렇게 되면, 나무가 물을 먹고 팽창하게 되고, 그 힘으로 돌을 원하는 모양으로 잘랐던 것이다.

㉟ 성벽 쌓기 - 돌을 쌓는 방법(최재혁, 2001, 과학동아 5월호 참고)

성벽을 쌓는 방법에 대해 탐구해보자. 돌을 어떻게 쌓는 것이 성을 견고하게 쌓는 방법일까? 앞서 성의 전체적인 모양이 구불구불하게 쌓는 것이 견고함을 더해 줄 것이라 하였고, 눈썹돌(미석)을 사용하여 물이 스며들지 않도록 하기도 하였다. 돌을 쌓는 방법에도 그 숨은 지혜가 있으니, 바로 돌을 앞 뒤로 여러겹을 쌓는 방법이나, 아니면 좌우로 여러겹을 쌓는 방법 중 어느 방법이 좋을까? 한 번 성벽의 일부분이 무너졌다고 생각을 해 보자.

돌이 앞 뒤로 여러겹을 쌓게 되면, 앞의 일부가 무너지게 되면, 뒤에 쌓인 돌들도 무너지기 쉽게 된다. 하지만, 돌을 좌우로 쌓게 되면, 성벽의 앞 부분이 깨진다고 하여도, 뒤부분은 여전히 남아있게 된다. 이렇게 성벽의 돌을 좌우로 쌓았기 때문에 성이 더욱 견고하게 된 것이다.

❁ 건축실명제

건축 실명제 - 이 성벽은 누가 쌓았지?

시공에 있어 부실하게 되면 잘한 설계가 아무 소용이 없다는 점들을 강조하면서, 성벽에 있는 돌들에서 건축실명제의 흔적을 찾아보도록 한다.

이런 점을 미리 막기 위해 건축실명제를 도입하였다. 서암문으로 가는 길의 치성을 자세히 살펴보면, 사람의 이름이 써 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 바로 성벽을 쌓는 책임자의 이름인 것이다. 근래 건물로 치면 머리돌과 마찬가지로인 것이다. 화성을 쌓으면서 각 건축물마다 책임자의 이름을 새겨놓음으로써 부실공사의 가능성을 미리 막았던 것이다.

화성 축성이 끝난 뒤, 수년에 걸쳐 공사보고서인 화성성역의궤(華城城役儀軌)를 작성함으로써 언제라도 복원이 가능하도록 하였다.

신영훈 (1998) 수원외 화성, 조선일보사

최재혁 (2004) 화성의 과학탐방 지도자료, 서울대학교 과학교육연구소



화성 과학탐방 모습

3.4. 현장 탐방 활동의 실제 지도 II (하루 종일 이상 탐방의 경우)

가. 출발지 모임과 시간 엄수

하루 종일 또는 일박 이일 이상의 탐방의 경우는 버스를 대절하거나 기차 또는 항공편을 이용하게 된다. 이 경우 한 대 버스 대절의 경우라도 출발 예정시간 보다도 최소 20분 전에(기차는 30분 전에, 국내 항공은 1시간 전에, 국제 항공은 3시간 전에) 약속 장소에 모이도록 한다. 모이기로 한 시간에 점검하고 안 온 사람에게는 전화를 하여 대절 버스의 경우는 출발 예정 시간 후 10 여분 이내에 모임 장소에 도착한다면 다른 사람에게 양해를 구하고 기다리지만, 그 이상의 경우는 포기하도록 한다. 기차나 항공의 경우 최소 수속 시간 전에 도착 못하면 불가함을 알린다. 시간 약속 엄수의 습관을 감정이 아니라 지성으로 지도할 좋은 기회로 삼아야 할 것이다.

나. 버스 속에서의 활동

대절한 버스로 출발하면 인솔자가 인사와 환영의 말을 하고 개략적인 일정을 제시한 후 의견을 들어 잠정적으로 확정한다. 이어서 참가자 모두 각자의 자리에서 자기소개를 자유스럽게 한다. (안전을 위해서 마이크 줄이 뒤까지 갈 수 있도록 사전에 연락하여 주선한다. 일어나 앞으로 나와 서서 하는 것은 안전하지 못하다) 특별히 고속도로에 들어서면 오늘 탐방과 관련된 안내를 지루하지 않게 하며, 오늘 탐방과 관련하여 준비된 흥미로운 영상 자료가 있으면 상영도 한다. 기차나 항공의 경우는 다른 손님에 방해가 됨으로 꼭 필요한 사항을 인쇄물로 하여 배포하고 인솔자는 학생의 안전과 건강 여부를 일일이 확인한다.

다. 오전 활동

한 곳에 만나절을 계획하고 오후에 다른 장소로 옮기는 경우에는 오전 활동을 앞서 제시한 “현장지도 1”에 준하여 실시하되, 퀴즈와 포상을 오후로 미룰 수 있다. 한 곳에서 오후까지 있는 경우에는 앞서 제시한 “현장지도 1”을 넉넉하게 시간을 계획하되, 지루하거나 산만하게 되지 않도록 한다.

라. 점심 식사

오전에 한 곳 탐방하고 이동하는 경우 점심 식사를 어디서 할 것인가를 미리 조사하여 시간을 아끼고 식성이 다른 여러 사람을 가능한대로 충족시키도록 해야 한다. 구내식당이 있는 경우는 특별한 경우 아니면 그 곳을 이용하는 것이 좋다. 그렇지 못한 경우는

고속도로 휴게소가 30~40분에 다양한 입맛을 원만히 경제적으로 해결할 수 있는 추천 장소이다.

마. 오후 활동과 귀가 중 버스 속에서의 활동 및 뒤 마무리

오전과 다른 장소에서 탐방을 하는 경우에는 반나절 탐방 또는 오전 탐방과 유사하게 진행시킬 수 있을 것이다. 그러나 오전과 달리 학생들이 졸리거나 피곤해 하는 경우가 많다. 계획할 때부터 이 점을 고려해서 운영하고 끝나기 전에 (MBL) 실험 시범과 퀴즈 및 포상, 그리고 귀가 버스 속에서의 소감 발표와 도착지에서의 뒤처리를 잘하도록 한다.

바. 일박 이일 이상의 경우

일박 이일 이상의 경우는 첫째, 탐방 장소와 프로그램을 교육적이고 경제적으로 잘 계획해야 되고, 둘째, 숙박과 식사에 대해 특히 잘 준비해야 하며, 셋째, 경제적 부담을 과대하게 하거나 과소하게 하여 민축을 사거나 짜증나게 하지 않도록 세심한 주의가 필요하다.

탐방 장소는 2~4곳 정도로 하데, 지리적으로 최단거리로 방문할 곳을 선택한다. 그 중에 한 두 곳은 집중적으로 시간을 들여 프로그램을 준비하여 심층적 탐방 활동을 하게 하고 한 두 곳은 비교적 가볍게 방문하도록 준비와 시간을 조절한다.

인솔자는 탐방 전에 사전 현지답사를 해야 하지만, 특히 일박 이일 이상일 경우는 식사와 숙박 장소를 여러 곳 물색하고 안전, 건강, 안락, 편이, 경제 등을 고려하여 선택하고 만일의 경우를 대비하여 예비 식사 장소와 숙박 장소도 알아둔다.

저녁 식사 후의 활동은 건전한, 가급적 전통적인 오락을 겸하는 관련 과학 퀴즈, 과학 마술 보이기, 즉석 역할놀이, 간단한 과학 해보기, 멋진 (MBL) 실험 시범을 당일의 탐방 주제와 관련하여 계획하고 준비하여 실시할 것이 기대된다. 일반적으로 여행에서의 적절한 놀이와 술 문화를 “품위 있는 감성적 지성”의 풍토로 바꿔야 할 것이다.

건강한 수면 후 아침에 비교적 도시보다는 좋은 시골의 환경 속에 젖어 보게 하는 안내도 좋을 것이지만 무리하게 탐방과 무관한 새벽활동을 강행하는 것은 숙고해야 한다. 아침식사 전후하여 묵은 자리를 깨끗이 정리 정돈하는 습관을 격려하고 지도한다. 잊은 것 없이 다음 목적지를 향하여 약속된 시간에 출발하도록 한다.

숙박 전후에 어느 한 사람이라도 건강상에 문제가 있을런지 모르기 때문에 만일의 사태에 응급처치 하거나 가까운 병원에 갈 수 있게 알아 두고 조치할 수 있게 해 두어야 한다.

경주 탐방 경우의 안내 예

한 학급이나 특활반 규모의 탐방을 기준으로 시간 계획을 하는데 도움이 될 수 있는 시간 계획 예시이다. 특히 이동시간은 최소한의 이동시간만을 고려한 것이다. 특히 당일 일정은 과학 탐구를 집중적으로 실시하기 위해 계획된 것으로 소규모로 인솔가능한 경우 적합한 내용이라고 할 수 있다. 또한 안내된 과학 탐방을 위해서는 한 집단이 30명 이상을 넘지 않는 것이 바람직하다.

여러 장소의 이동이 필요한데 전체 학생 규모가 클 경우 집합시간이나 인원확인 시간, 중식 시간 등에 있어서 상당한 추가 시간이 필요할 것이다. 대규모 수학여행 단의 경우 장소의 이동 때 마다 집합과 인원과약을 위한 시간을 추가하여 일정 조정이 필요하다. 이 경우 인솔 교사 모두가 과학 탐방 지도(또는 대등한 시간이 소요되는 일반 탐방지도)를 위한 준비가 되지 않았을 경우 안내 없는 학급에서는 이 일정보다 시간이 많이 남아 진행에 무리가 따를 수도 있다. 따라서 숙소는 함께 하더라도 과학 탐방 지도를 계획하는 반은 별도의 일정으로 이동하는 것이 더 좋을 수도 있을 것이다. 예를 들면 9학급이 6대의 대형 버스로 이동하게 된다면 과학탐방을 계획한 교사가 인솔하는 버스(한 학급과 다른 학급인원 배당인원 또는 과학 탐방희망자로 구성)만 별도의 일정으로 이동하는 것이 보다 효과적일 수 있다.

그러나 대규모 수학 여행단에서 일부가 별도로 이동하는 것은 현실적인 어려움이 있기 때문에 과학 수업시간이나 재량활동 시간을 이용하여 학교에서 사전, 사후 지도를 진행하면서 현장에서는 활동지의 일부를 과제로 부여하는 것이 효과적일 수 있다. 수업시간을 활용하기 어려울 경우 점심시간이나 아침 조퇴시간 등을 쪼개어 이후에 소개될 관련 영상자료들을 시청하게 하는 것도 좋은 방법이다.

첨성대 - 석빙고 - 안압지 - 국립경주 박물관 사이에서는 도보 이동이 바람직하다. 첨성대, 석빙고 근처에는 주차공간이 적당하지 않고 안압지는 주차비가 비싸므로 첨성대 하차 후 국립경주박물관에 차량 주차하는 것이 용이하다. 차량을 대절하지 않아도 되는 경주 지역학교의 당일 현장 체험학습의 경우, 별도 차량 지원 없이도 도보로 이동 가능한 첨성대-석빙고-안압지-국립경주박물관만을 일정에 넣거나 한 곳을 선택하여 자유시간 등을 포함한 일정을 계획하는 것도 효과적일 것이다. 경주 유적지간의 이동은 버스 기사나 현지 안내자가 이동경로를 안내해 주거나 교사가 사전 답사를 하여 탐방시간의 이동 방법을 명확히 해야 한다. 불국사에서 석굴암으로 이동하는 것도 차량용 도로가 아닌 등산로를 이용하면 1시간 정도에 오를 수 있다. 일정의 여유가 있거나 경주에 오후에 도착하여 차량을 대절하지 않는 경우 불국사 관람과 석굴암 등산을 묶어서 하루 일정으로 만들 수도 있다. 짧은 일정의 과학탐방에 포함시키기 어려운 포석정, 천마총 등을 버스 대절시 일정에 포함시키거나 보문호수 산책 등을 일정을 포함시키는 것도 가능하다.

첨성대, 석빙고, 안압지, 불국사, 석굴암 모두 우천 시에는 관람에 다소 어려움이 있을 것이다. 특히 강우량이 많을 경우 첨성대에서 석빙고까지의 길이 포장되어 있지 않아 이동이 원활하지 못할 뿐만 아니라 석빙고의 경우 우산 쓴 사람들이 둘러설 경우 관찰하기도 어렵기 때문에 첨성대 관람 후 재 승차하여 석빙고를 일정에서 빼고 바로 안압지로 이동하는 것이 편리할 것이다.

★ 1박2일 경주 과학탐방 일정 예시

-1일차(1일차 일정 사이는 도보로 이동가능)

10:00-10:50 첨성대

(20분 이동)

11:10-11:40 석빙고(반월성)

(10분 이동)

11:50-12:50 안압지

12:50-14:00 중식(이동시간 10 분 포함:중식 방법 사전 확인 필요)

14:00-16:00 국립경주박물관

-2일차(버스 등 이용)

9:00-11:30 석굴암

11:30-13:00 중식(이동시간 30 분 포함)

13:00-14:50 불국사

(10분 이동)

15:00-17:00 신라역사과학관

(참고: 김형석, 경주 과학 탐방, 과학문화교육연구소, 2003)



2-5 석축 위에 세워진 나라

[관련개념 : 석축의 구조 이해]

1 목표 : 불국사의 석축 구조의 이해

2 준비물

분무기(맑은 날 석축근처에서 무지개 실험용)

3 탐방 과정

1. 불국사 구조 이해하기

불국사를 전체적으로 둘러보면서 불국사 구조물의 상징적 의미들을 살펴보자.

과학 탐방을 주 목적으로 할 경우(과학반의 탐방 처럼, 일반 역사 탐방과 완전히 별도로 진행 될 경우)라도 불국사의 석축 구조의 의미를 대략적으로 이해할 수 있도록 안내하는 것이 좋다.

불국사의 석축은 사람의 나라와 부처의 나라를 구별하는 경계의 역할을 한다. 석축위의 공간은 부처의 나라(佛國)를 나타낸다. 천상으로 오르는 청운교와 백운교는 모두 33계단으로 곧 33천(天)의 세계를 의미한다고 한다. 33천을 올라 자하문에 들어서면 석가모니가 안치된 대웅전과 마주하게 되고 좌우로는 석가탑과 다보탑이 서 있다.

석축의 아래쪽 부분은 다듬어지지 않은 돌로 쌓아 다듬어지지 않은 인간 세계를, 위쪽은 다듬어진 부처의 세계를 표현하고 있는 것이라고 할 수 있다.



불국사 석축

물 떨어지는 부분

사진에서 물 떨어지는 부분의 아래쪽은 돌이 깔려 있어 물이 떨어지면 물방울이 사방으로 튀어 오르게 되어있다. 물방울이 폭포에서처럼 튕다면 안개나 무지개 등이 석

축 주변을 둘러싸 “불국”의 분위기를 부각시키는 효과가 있었을 것이다.

▷ 석축 아래쪽 부분에 연못이 있었다는 주장도 있다. 이 경우 석축에서 떨어지는 물은 빗물이 모인 것뿐만 아니라 연못으로 연결된 물이었을 수도 있다.

▷ 분무기를 이용한 무지개 실험. 태양을 등지고 물을 뿌리면 무지개의 일부를 볼 수 있다. 물방울의 범위가 넓으면 넓을수록 더 큰 무지개를 볼 수 있다.

▷ 무지개의 위치: 머리그림자 주변(42도)에 생길 수 있음

▷ 오른쪽 사진은 청운교 백운교 왼쪽편 석축에 돌출되어 있는 물 떨어질 수 있도록 만든 석재이다. 조경에 가리거나 주의깊게 보지 않으면 보지 못하고 지날 수도 있다.

*불국사 석축은 신라시대 원형이 그대로 유지되는 것이 아니라 일부 붕괴된 것을 다시 복원한 것이다.

*학생들 중에 위의 것만 남아 있고 아래쪽 것만 무너질 수 없으니 위의 것이 먼저 무너졌다고 생각하는 학생도 있다. 물론 맞는 말이고 또 같은 흔들림에도 위쪽이 더 구조적으로 불안정한 것도 사실이다. 하지만 크기가 동일했다면 다같이 무너졌을 가능성이 더욱 크다는 설명을 할 수 있다.

석축(石築)
돌로 쌓아 만든 응벽. 산을 깎거나 흙을 모아 토대를 쌓을 때 흙이 무너지지 않도록 가장자리에 돌로 쌓는다.

장대-석(長臺石)
섬돌 층계나 축대를 쌓는 데 쓰는, 길게 다듬어 만든 돌.

2. 불국사 석축을 관찰해 보면 아래는 거친 자연석, 위쪽은 잘 다듬은 돌을 쌓은 2중 구조를 찾아 볼 수 있다. 그런데 자세히 보면 아래쪽 자연석은 좀 오래된 듯한데 위쪽에 있는 다듬은 돌들은 좀 새로운 듯하다. 왜 위쪽 돌만 새로운 돌일까?



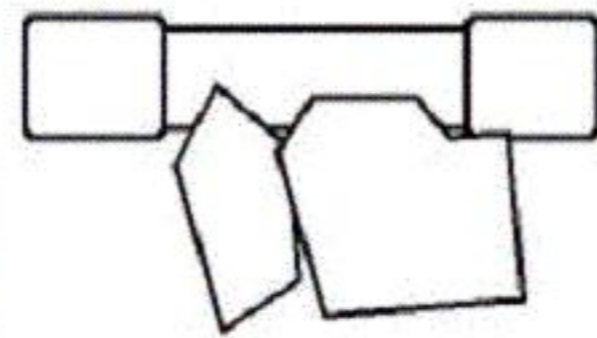
복원전의 불국사석축

석축은 자연석과 잘 다듬어진 장대석이 조화를 이루어 쌓여 있다. 아래쪽 오래된 듯한 석축은 신라 시대에 쌓은 돌로 된 것이고, 위쪽의 새로워 보이는 것은 이후에 복원된 것이라고 한다. 아래쪽의 크기가 큰 자연석은 오래 동안 붕괴 되지 않았는데 이는 지진 등의 흔들림에 의해 붕괴원인이 제거되었을 때 작은 돌들 보다는 큰 돌들이 잘 무너지지 않는 것과 유사하다. 극단적인 예로 입자가 작은 흙을 쌓아서는 90도 각도의 벽을 만들 수 없는데 벽돌이나 석축을 이용하면 벽을 만들 수 있다는 것을 생각할 수 있다.

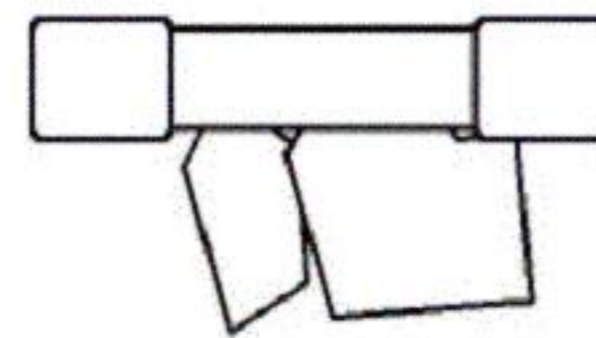
3. 석축을 나눈 장대석을 자세히 살펴보면 아래쪽 돌의 모양으로 깎여 있는 것을 볼 수 있다. 이렇게 아래쪽 돌의 모양으로 장대석을 깎아내는 것은 아주 어려운 일이었을 텐데 왜 이렇게 깎여 있을까?



실물 사진



자연석에 맞춰 장대석을 깎은 경우



장대석에 맞춰 자연석을 깎은 경우

자연석 위에 장대석을 자연석 모양에 따라 깎은 것이 있고, 자연석을 깎아 그 위에 장대석을 직선으로 놓아 만든 것도 있다.

지진 등 옆으로 흔들림이 발생할 경우 장대석에 맞춰 자연석을 매끈하게 깎은 경우 마찰력만이 미끄러지는 것을 막아줄 수 있는데 비하여 흙이 파여져 있는 경우에는 미끄러지기 위해서는 돌이 부러지거나 돌이 들어 올려져야 하므로 마찰력 이외의 힘(수직항력, 또는 탄성력)이 작용할 수 있다. 따라서 자연석에 맞춰 장대석을 깎는 방법이 훨씬 안정적이다. 이렇게 건축물에서 힘을 받는 부분을 아래쪽의 자연석의 모양에 맞게 깎는 것을 '그랭이'라고 한다. 이러한 공법은 불국사보다 앞서서 만들어진 고구려 장군총에서도 찾아볼 수 있다.



장군총의 그랭이



2-5 석축 위에 세워진 불국사

[관련개념 : 무게 중심, 물체사이에 작용하는 힘]

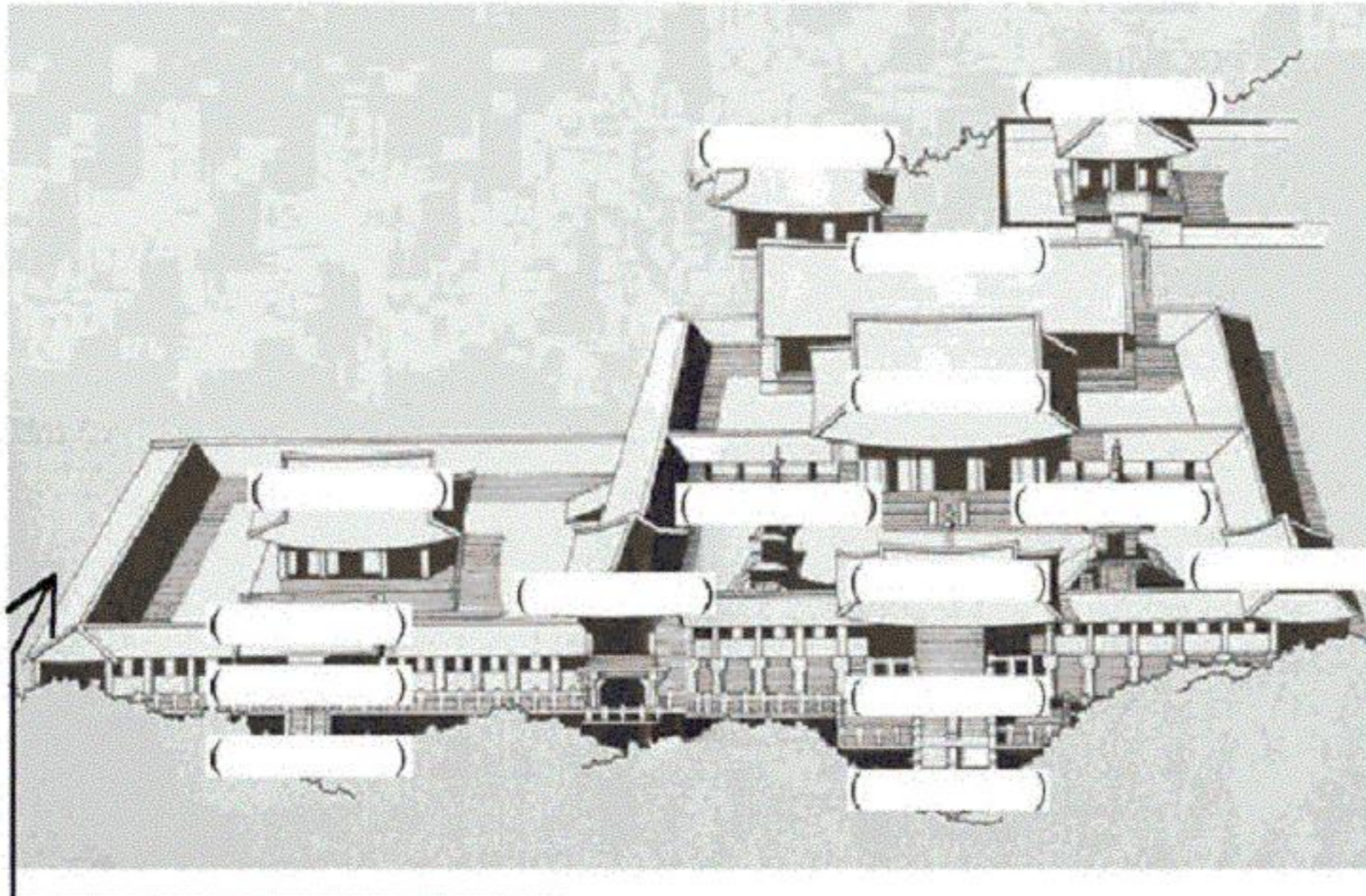
불국사는 인간의 세계와 구별된 부처의 나라(佛國)을 형상화 한 절이다. 이를 위해 땅과 구별되는 석축구조를 만들었다.

목표

불국사의 석축에 숨겨진 과학원리를 알아보자.

과정

1. 불국사 구조 이해하기



서쪽 석축
(다음쪽 관련)

- (교)
- (문)
- (교)
- (문)

계단의 이름
연화교와 칠보교는 조각된 모양으로 위아래 구분이 명확하게 되는데 비해 청운교와 백운교는 문헌에 따라 위와 아래가 다른 경우가 있다. 이는 청운이나 백운은 색의 차이 외에는 구별이 되지 않기 때문인 듯 하다. 연화교는 연꽃잎 무늬를 연상시키는 무늬를 볼 수 있다.



반야교



일주문

불국사에 대한 구체적인 탐구를 시작하기 전에 불국사에 있는 여러 구조물이 어떻게 배치되었는지 다음 괄호를 채워 넣으면서 파악해 보자. 하지만 괄호 채우기에만 너무 신경을 써서 구체적인 관찰을 하지 못하는 것은 바람직하지 못하다. 전체와 부분을 함께 조화를 이루어 관찰해야 좋을 것이다.

석축(石築)

돌로 쌓아 만든 옹벽. 산을 깎거나 흙을 모아 토대를 쌓을 때에 흙이 무너지지 않도록 가장자리에 돌로 쌓는다.

불국사 석축은 신라시대 원형이 그대로 유지되는 것이 아니라 일부 붕괴된 것을 다시 복원한 것이다.

2. 불국사 석축을 관찰해 보면 아래는 거친 자연석, 위쪽은 잘 다듬은 돌을 쌓은 2중 구조를 찾아 볼 수 있다. 그런데 자세히 보면 아래쪽 자연석은 좀 오래된 듯한데 위쪽에 있는 다듬은 돌들은 좀 새로운 듯하다. 왜 위쪽 돌만 새로운 돌일까?



불국사 석축

장대-석(長臺石)

섬돌 층계나 축대를 쌓는 데 쓰는, 길게 다듬어 만든 돌.

3. 석축을 나눈 장대석을 자세히 살펴보면 아래쪽 돌의 모양으로 깎여 있는 것을 볼 수 있다. 이렇게 아래쪽 돌의 모양으로 장대석을 깎아내는 것은 아주 어려운 일이었을 텐데 왜 이렇게 깎여 있을까?



깎아서 다듬은 장대석

3.5 장소별 및 대상별 탐방 지도의 특징

가. 건물 내 탐방과 야외 탐방

봄과 가을에는 괜찮지만 겨울과 한 여름에는 야외 탐방이 어렵다. 주로 건물 내 탐방이라고 하여도 과학 해보기나 (MBL) 실험 시범 등을 위해서는 교실, 실험실, 강당과 같은 공간이 있는지 사전에 확인할 필요가 있으며 밖에서 활동할 때에도 그러한 공간이 있는지, 사용할 수 있는지 사전에 알아보고 허락을 받아야 한다.

화성과 같이 야외가 주인 경우라 하여도 “서장대”와 같이 중간에 또는 끝 무렵에 “방화수려정” 같은 실내에서 끝마감을 하는 것이 좋다.

예정된 일자에 비가오는 경우라도 탐방은 예정대로 진행시켜야 하는 경우가 대부분이기 때문에 인솔자는 이 경우를 대비하여 계획하고 준비해야 한다.

나. 초등학생과 학부모 함께 탐방

초등학교 상급 학년의 경우 교사 혼자 학생을 데리고 탐방을 하는 경우가 있지만, 가능하다면 몇 명의 학부모라도 동행하여 협조받도록 하는 것이 필요하다. 더구나 하급학년의 경우는 더욱 그 필요성이 절대적이다.

공공기관에서 자유로 공모하여 탐방을 하는 경우에 초등학생과 그 형제나 부모가 동행하려는 경향이 있다. 이것은 일반적으로 교육과 과학교육을 부모와 함께 할 수 있는 좋은 기회이다. 이 경우에 부모를 의식하기 보다는 아동 중심으로(실제로 우리 역사 속 과학 탐방에 대한 지식은 일반적으로 초등학교 상급반 학생이나 보통의 학부모들은 별 차이도 없다고 하겠다) 쉽고 재미있게 이끌어 가는 것이 좋다.

많은 경우 학생들 못지않게, 특별한 경우는 부모들이 더 흥미 있어 하고 더 진지한 질문을 하는 경우도 많다.

또한 때로는 역사 지식이 많은 학부모는 역사에 미흡한 과학교사를 보충적으로 도와주는 아름다운 협조적 지도의 경우도 있다.

다. 중등학생의 탐방

탐방 참가자를 자유로 공모하면 단연 초등학생과 학부모가 가장 많고 또 다음은 중학생과 과학교사, 그러나 고등학생이나 대학생은 거의 없다. 중학교 과학 교사 중 한 번 탐방의 기회를 갖었던 교사는 자기 담임 반 학생, 특활반 학생, 때로는 원하는 학생을 모아

서 주말이나 방학 때 자발적으로 탐방하는 경우가 있다.

과학 교사들이 대학에서 공부한 것도 아니고 연수 받은 적도 없으며 혼자 준비해서 “우리 역사 속 과학 탐방”을 할 용기를 내지 못하기 때문에 전문가가 자료를 연구 개발하고 안내하는 경우에 학생들을 데리고 참가 하려는 교사가 많다.

앞으로 과학 탐방을 위해서는 학교장과 동료 교사들의 인식을 비롯하여 교육청 관계자들의 지원 조치, 그리고 교사 양성과 연수 담당자들의 선도적 역할이 크게 요청된다.

특수한 경우로 2004년도에 한국과학문화재단이 주최하는 “전국청소년과학탐구대회” 중 한가지로 중·고등학생의 “과학공동탐구토론회”의 중학부 주제는 우리나라 전통적인 초가집에 대해서, 고등학생부는 우리의 전통적인 절(사찰)에 대해서 탐방하고 탐구 과제를 포착하여 실시하고 보고서를 제출하는 동시에 3팀이 한 무더기가 되어 발표하고 토론하는 대회가 있었다. 교육의 여러 가지 면에서 의미 있는 활동이었다고 생각한다.

라. 대학생 과학 탐방

서울대학교 사범대학 물리교육과는 모든 학년에 1학점에 해당하는 물리 탐구 강좌를 개설한다. 각 학년 학생을 9등분하여 4개 학년 다 포함하는 9개 팀을 조직하고 2004년도 1학기에는 국립민속박물관을 탐방하고 탐구 문제를 포착하여 공동으로 이론적, 실험적, 전산적 접근과 토론을 통해 탐구하여 보고서를 제출하게 하였다. 학기말에 3개 팀씩 발표 토론 예선을 하고 가장 우수한 팀이라고 교수들이 심사한 3팀이 최종 발표토론을 벌이는 활동을 하였다. 학생과 교수들은 모두 고무적이었으며 이러한 활동은 계속 될 것이다.

각 교육대학과 사범대학은 정규과학과정에, 또는 학과의 특활로서 “우리 역사 속 과학 탐방”을 여러 형태로 시도 할만 하다고 하겠다. 또 반드시 역사적인 탐방 뿐 아니라 연구소, 산업체 등 국내외의 현대 과학적, 첨단 기술적 공장, 기관, 지역 등을 과학 탐방하는 것은 전통적인 교육과정에 못지않게 의미 있는 활동이 될 수 있을 것이다.

마. 과학 지도 교사의 탐방 연수

전국적으로 바람직한 과학 탐방이 의미 있게 시행되기 위해서는 과학을 지도하는 교사들의 과학 탐방에 대한 신념과 실력이 갖춰져야 하겠다.

초중등 교사 연수에서 일반적으로 2시간 강의, 3~6시간의 탐방 관련 연수가 있었지만 소극적이었다. 2004년 1월에 실시된 서울시 남부교육청의 30시간(6시간×5일) 과학 탐방

은 새로운 장을 여는 기회였다고 하겠다. 이에 고무된 많은 교사와 다른 교육청에서도 2004년 여름 그리고 2005년 1월에는 여러 형태의 탐방이 수행되고 있다.

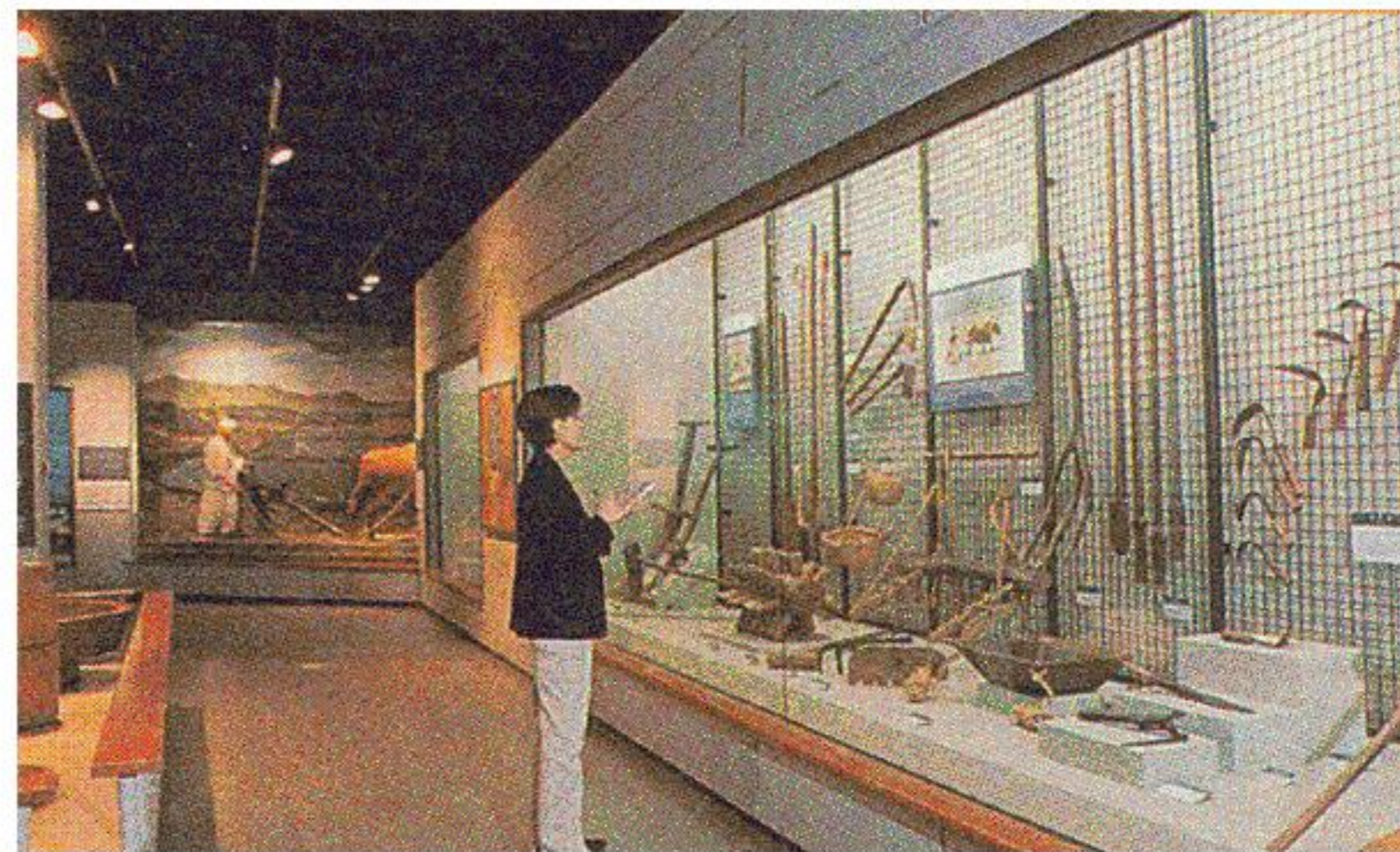
어느 교육청은 최대 40여 명을 생각하고 공모한 결과 80여명이 응모하여 선발이 어려웠다는 즐거운 비명도 있었다. “선발된” 참가자들은 보기 드문 열정의 30시간 과학 탐방 특별 연수를 받았다고 하였다.

바. 외국인 과학 탐방과 외국 과학 탐방

이미 1998년에 외국에 거주하는 한국인 청소년을 위한 “우리 역사 속 과학 탐방”은 매우 고무적인 반응이었다. 특히 이민가기 전 어릴 때 이곳저곳 궁궐 등을 몇 군데 갔었지만 별로 기억되는 것이 없는데, 새삼 고등학생이 되어서 귀국하여 “우리 역사 속 과학 탐방”을 하니 몹시 인상적이었던 것 같다. 이것은 특히 한국의 역사, 과학, 기술을 다시 생각하며 긍지를 갖게 되는 좋은 기회이었던 것 같다.

그 해에 있었던 아태 청소년 과학축전에 참가한 외국인 청소년들과 동행한 지도자들도 “한국 역사 속 과학탐방”이 매우 인상적인 활동임을 현장에서, 그리고 본국에 귀국하여 편지 등으로 계속 이구동성으로 의미 있는 활동이었다는 것이다. 그 이후 한국에서 개최되는 국제학회의 한 프로그램으로 외국인 교육자, 과학자를 위한 “한국 역사 속 과학 탐방”은 여러 번 실시되어 찬사를 받았다.

그 뿐 아니라 1999년 중국 계림에서 개최하는 국제물리교육위원회(ICPE) 지원 국제학회에 참여 하면서 우리가 준비한 계림지역 과학 탐방 활동은 매우 감동적이었다. 우리 연구개발팀은 중국 계림 지역 과학 탐방을 계획하고 자료를 엮어서 준비하고 학회 3일전에 계림에 갔다. 현지 탐방을 통하여 준비한 자료를 밤새 수정 보완하여 국제학회 활동의 일환으로 과학 탐방에 대한 이론적인 발표와 워킹숍을 진행하고 현장 탐방을 하였다. 각국의 참가자는 물론 더욱 놀란 것은 중국사람, 그 중에서 계림에 거주하는 물리교육자들이었다.





6-3. 거래 관행과 도량형

에너지: 4학년 양팔저울 만들기, 7학년 중력, 관성, 질량

▶ 관련전시물

제1전시실: 조선시대의 과학기기
제2전시실: 오곡종자
제2전시실: 침선

▶ 관련 웹사이트

한국표준과학연구원
<http://www.kriss.re.kr/>
각종 표준에 대한 설명과 함께 컴퓨터의 시계를 표준시에 맞출 수 있는 프로그램도 있다. 방문시 30 cm 표준자도 얻을 수 있다.

▶ 암행어사 임무

(영조 11년)

다음은 영조가 암행어사가 할 일을 조목조목 적은 비국 조목 중 조세와 관련된 부분이다.¹⁰⁰⁾

- 수령의 여결을 금전으로 대봉할 것
- 환곡을 나누어 주지 않고 저축하였다가 개인이 식리하는 것
- 서북수령, 변장, 파수장이 봉참을 감히 가로챌 것
- 궁가(왕족이 사는 곳)와 위문(관청)의 차인(종사원)들이 세를 걸을 때 수량을 마구 더 받는 것



마패 1)

거래 관행에 중요한 도량형, 즉 길이, 부피, 무게와 관련된 여러 가지 전시물이 있다. 길이, 부피, 무게의 물리량을 어떻게 과학적으로 정확하게 측정하는가에 대해서 예로부터 한 노력과 오늘날 표준과학의 중요성과 함께 인식하도록 한다.

1 문화적 소양 넓히기



① 문화 질문1. 식말은 가정용, 관말은 관용이다. 관말이 더 작은 이유?

관에서 쓰는 말은 가정에서 쓰는 말보다 용량이 조금 작았는데 이는 현물납세 때 관리들이 식말로 받고 상부에는 관말로 올려 그 차이를 수수료로 챙기는 것이 관례였기 때문이다. 시장에서 쓰는 장말(市斗)은 식말이나 관말보다 훨씬 컸다.

② 문화 질문2. 암행어사가 표준자를 지니고 다닌 이유는?

암행어사의 상징은 마패로 알려졌지만 업무상 중요한 소지품 중의 하나는 임금님께서 하사하신 표준자이다. 왕은 암행어사의 일반 사항, 구체적 임무를 적은 글, 마패 및 유척을 직접 하사하면서 암행어사를 임명하였다. 암행어사의 중요 업무 중 하나는 각 지역의 수령들이 중간에서 조세를 착복하는 것을 찾아내는 것이다. 그렇기 때문에 암행어사는 낚시로 만들었다는 뜻의 유척이라고 하는 주척을 가지고 다니면서 각 관아에서 사용하는 도량의 크기를 확인하였다.

③ 문화 질문3. 포백척처럼 사람마다 자의 크기가 다르면 무엇이 문제?

푹푹한 사람과 날씬한 사람에게 필요한 옷감의 폭은 같지 않다. 각각에게 적합한 폭을 한 자로 정하면, 자기 옷을 만드는데 편할 것이다. 그런데 저마다 다른 자를 가지고 있으면 상거래가 어지러울 것이다. 요즘도 시중에서 사용하는 저울이 정확한지를 각 시도에서 점점 단속한다. 1986년 미국의 우주왕복선 쉘턴저호의 폭발도 과학자들이 사용하는 국제단위계 SI단위와 공학자들이 주로 사용하는 US 단위를 환산하는데서 비롯되었다고 한다.

④ **문화질문4.** 조선시대에는 얼마나 많은 종류의 자가 있었을까? 자의 종류가 여러 개일 필요가 있는가? (학생 활동지 6-4)

판가에서 사용한 주척, 영조척, 황종척, 민가에서 사용한 포백척, 침척 등이 있다. 이것은 자의 용도에 따라 적합한 길이가 다르기 때문이다. 오늘날에도 미시세계를 다룰 때는 μm , nm 를, 일상생활에서는 km , m , cm , mm 등을 사용한다.

2 과학적 안목으로 바라보기

④ **과학질문1.** 주척, 영조척, 및 황종척이 길이는 얼마일까?(학생활동지 6-3)

주척은 20.4 cm , 영조척은 30.6 cm 이다. 아직도 정확한 값에 대해 논란이 많지만 현재 남아있는 유물에 의하면 황종척은 34.6 cm 이다. 학생들은 손톱이나 평소에 보아둔 자의 길이 등을 이용하여 어림을 한다. 누가 가장 근사하게 맞추었는지를 내기하면 학생들이 비교적 유사하게 잘 맞춘다.

④ **과학질문2.** 식말의 부피는 몇 리터일까?(학생활동지 6-3)

전시관에 있는 식말의 부피는 18.9 리터이다. 학생들은 우유곽 등을 이용하여 어렵한다. 영조척의 길이보다 어림의 폭이 크게 나온다.

④ **과학질문3.** 기다란 막대기와 몇 개의 추만으로 가벼운 것부터 무거운 것까지 잴 수 있었을까? 쌀가마, 돼지도 대저울로 잴 수 있을까?

초등학교 4학년의 수평잡기에서 막대를 이용하여 받침점으로부터 물건과 추를 거는 곳까지 길이가 같은 맞저울을 만들어보았다. 추와 무게를 재야 할 물건의 무게가 같지 않으면 팔길이를 조정하여 평형을 만들고 팔길이의 비로 물체의 무게를 알 수 있다. 평형을 잡기 위해서 저울의 대를 흔드는데 이것을 저울질한다고 한다. 정밀한 맞저울로 0.01 g 까지 잴 수 있다.



저울질 1)

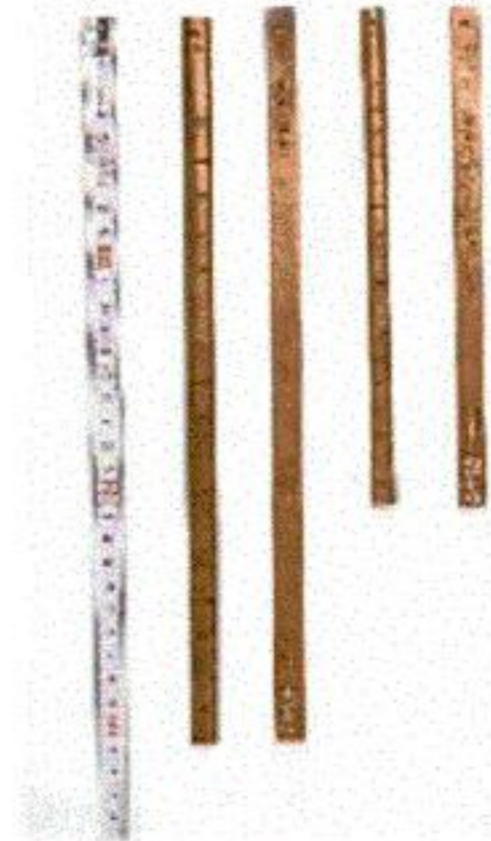
3 오늘날의 표준은 어떻게 정할까?

길이 표준 (표준 단위: m): 최초의 1 미터는 지구 북극에서 적도까지의 자오선의 길이의 1000만분의 1로 정해졌으며, 오늘날에는 “미터는 빛이 진공에서 1/299,792,458 초 동안 진행한 경로의 길이이다.”로 정의한다. 우리나라에서는 요오드안정화 헬륨-네온 레이저 진공파장의 1,579,800,299 배를 미터로 하고 있다.

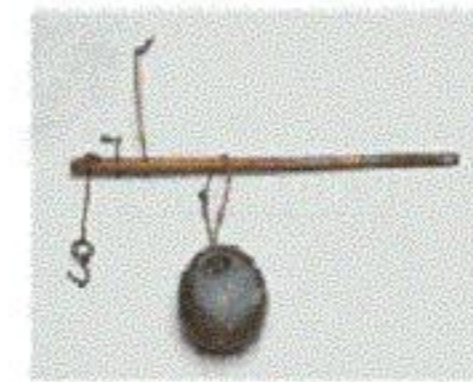
질량 표준 (표준 단위: kg): “킬로그램은 질량의 단위이며 국제킬로그램원기의 질량과 같다.” 질량 표준은 아직도 원기에서 복사하는 체제이며, 1889년에 인가되고 파리의 국제도량형국에 보관되고 있는 국제킬로그램원기에서 복사된 제72호 원기를 사용하고 있다.

한국표준과학연구원: 한국표준과학연구원은 세계 측정 기관에서 정밀성을 인정받고 있으며 분야마다 다르지만 평균적으로 세계 7위 수준의 정밀도를 유지하고 있다. 특히, 반도체 박막 기술의 개발과 더불어 박막 두께 측정은 세계적인 수준으로 나노 단위까지 측정할 수 있다.

④ **오늘날 줄자, 영조척, 주척**



영조척과 주척 1)



대저울 1)



약저울 1)

④ **관련속담**

- 되 글 가지고 말 글로 써먹는다. ; 배운 것은 적으나 효과적으로 써먹는다.
- 되로 주고 말로 받기
- 한 말 주고 한 되 받아 무엇하나 ; 남 좋은 일만 하고 다닌다.
- 말 위에 말 얹는다 ; 고봉을 배로 높이 쌓듯이 욕심이 많다.
- 걸보리 서 말만 있으면 처가살이 하라.
- 눈이 저울이라. ; 눈짐작이 저울로 단 것처럼 들어맞는다는 뜻
- 저울질 ; 손익을 따질 때, 사람의 마음이나 인품 등을 이리저리 헤아리는 일

제 4 장 과학 탐방 후의 지도와 평가

탐방을 다녀와서 간단한 감상문으로부터 엄격한 보고서까지 쓰게 하고 어떤 방법으로든 평가하고 끝일 수 있다. 그러나 이 귀한 기회를 발표 수업으로 의미 있게 연장 시키고 학생들에게 얼마간 알게 된 것에서 멈추지 말고 관련된 창의적인 탐구 활동을 특활 시간 등에서 계속 해보도록 격려하고 학급 또는 학교 행사로 발표회나 전시회를 개최할 수 있다. 더욱 중요하고 기대되는 것은 자연스럽게 탐방과 관련된 분야의 전망을 제시하고 가능한 진로 지도를 현실성 있게 수행하면서 탐방과 관련하여 과학의 사회·윤리성을 상기하는 것이다.

4.1 탐방 후 글쓰기 활동과 발표 및 토론 수업

탐방 후 형식적인 보고서 작성에 지루한 시간을 보내게 하는 것 보다 자유롭게 탐구 활동과 관련하여 흥미 있었던 탐구소재, 새롭게 알게 된 점, 감동스럽게 느낀 점 등에 대해 쓰게 하는 것이다. 쓰고 싶은 것을 쓰고 싶은 양 만큼 일기 형식이나 수필 또는 시나 시조 형식으로 탐방 관련 글을 쓰고 발표하며 토론하게 함으로써 탐방을 되돌아보는 활동도 기본적인 교육에 공헌하는 것이라 하겠다.

교사나 연구자가 특별한 점에 대해 참가자들의 의견을 듣고 싶으면 면담을 할 수도 있고 다음과 같이 학생이나 교사에게 설문을 할 수도 있겠다.



익공식 공포



광명문 내의 자격루

덕수궁 탐방 후 학생의 질문에 대한 응답 에

중학교 2학년 00 : Science Club 이름: 000)

. 탐구하는 동안에 어려웠던 점은?

자격루에 관해 정말 모르고 시작했었다. 물시계라는 것만 알고 도서관에서 자료를 읽는 데 너무 어려운 내용이 많아서 고생했다. 그냥 간단한 구조로 만들 수 있을 줄 알았는데 특별히 모양이 남아 있는 것도 아니고, 남은 자격루의 모습이 전부가 아니라 물통뿐만 이어서 어떻게 실험해야 할지 고민도 되고 보고서 정리하면서 시간이 모자라서 고생했다.

. 탐구 과정에 대해 새롭게 알게 된 점, 새롭게 시도한 점은?

자격루 탐구를 하면서 정말 많은 것을 알게 되었고 스스로 힘으로 조원들과 토의하면서 보고서 쓰면서 배운 것도 많은 것 같아 기쁘다. 자격루란 것에 관해 이제 사전 보다고 자세히 설명할 수 있게 된 것 같다. 사실 '자격루' 하면 내가 떠올리는 건 세종, 장영실, 물시계 세 가지 밖에 몰랐는데 잘 알게 되는 좋은 시간이 되었던 것 같고, 옛날 사람들은 더 많이 오차를 줄이기 위해 생각해서 만들었을 텐데 그것들을 다 밝히지 못해서 아쉬웠다.

. 내가 생각하는 탐구란?

탐구란 어렵고 지루하고 힘든 것이라고 생각하는 사람들이 많은 것 같다. 하지만 말이 어렵게 들려서 그렇지... 그냥 아주 자연스러운 것이다. 자기가 궁금했던 것들을 스스로 알아보고 조사해보는 일들을 탐구하고 하는 게 제일 적당할 것 같다. 조사는 해오라고 주어진 주제가 있지만 탐구는 자신이 주제, 가설, 과정까지도 다 생각해보아야 하므로 어떻게 보면 어렵고 어떻게 보면 자유스럽고 신나는 것!... 새로운 것을 몰랐던 것을 스스로 탐구 알아내는 것!

. 다른 탐구과제랑 다르게 느낀 점은?

작년에 해보았던 탐구는 실험 전에 그래도 어느 정도 결과는 예측할 수 있고 다 생각이 대충 정리된 상태에서 시작하던 경우가 많은데 이번 실험은 아무것도 모르는 상황에서 시작 한데다가 실험 계획은 어떻게 세워야 할지 뭘로 어떤 식으로 만들지 까지도 다 그 때 그 때 생각하고 고민해야 했던 점들... 그 10개의 문헌 30장을 읽어 가면 한자 접치는 부분을 찾으면서 정말 탐구다운 탐구였다.

. 탐구하면서 느끼는 책임감은? 학교 실험 시간과 비교해서

실험은 적어도 한 반, 한 학년이 다 같은 실험을 하고 책을 뒤져보면 결과나 과정, 준비물도 다 나와 있고 다 같은 보고서를 쓰기 때문에 실험을 잘못해도 베낄 수 있고 그런 것이 학교 실험 시간인데 반해 탐구는.. 이번 탐구는 우리 조만 실험 했기에 실패하면 처음부터 다시 해야 하고 결과라고 실험 정리를 해놓고도 이게 맞는 건지 틀린 건인지 알아 볼 방법도 없어서... 더 신중해야 하고, 같은 실험도 오차 때문에 문제가 될까봐 3번씩 하느라고... 조금은 힘든 것도 있었다. 하지만 탐구가 책임감을 느끼게 되기 때문에 더 잘할 수 있고 더 많이 배우는 것 같다.

덕수궁 탐방 참관 교사 설문에 대한 응답 예 (○○중 ○○○선생님)

. 선생님께서 보신 이 수업의 특징은 무엇입니까?

첫째, 소재의 신선함이 돋보인다. 지금까지 우리 역사 유산을 과학 탐구의 소재로 삼은 적이 별로 없기 때문이다.

둘째, 수업 방식의 개방이다. 이는 최근 '열린 교육'이라는 우리 교육계의 최근 화두와 어느 정도 일맥 상통하는 면이 있다. 학생들끼리의 토론을 거친 탐구 주제 선정, 실험 활동 등 여러 가지를 그 예로 제시할 수 있을 것이다.

셋째, 상호 평가 방식의 도입이다. 교사의 일방적인 평가 방식을 최근의 '수행 평가' 등의 도입으로 평가의 공정성을 의심받아 평가 방식의 새로운 도입은 당연할 것이다. 그런데 이 수업에서는 활동 전반적인 과정과 보고서 발표 등을 평가지를 통해 학생들 상호 평가를 통해 평가의 공정성을 어느 정도 확보할 수 있지 않았는가 한다.

. 학생의 탐구 활동을 보시고 학생들의 참여 정도는?

소재의 신선함으로 거의 적극적으로 탐구 활동에 임했던 것 같다. 그러나 역시 탐구 활동 자체의 어려움으로 거의 탈진 상태에 이르렀던 것은 매우 안타깝다. 대표적인 예로 탐구 활동을 할 수 있는 소재, 자료의 접근이 매우 곤란하다든지, 기본 자료(소리, 치수 등) 조차 제공이 되지 않는 등 우리 현실이 안타까울 뿐이다.

. 학생들이 이 수업에 관련된 탐구를 할 때, 어떤 종류의 탐구 능력이 필요하다고 보십니까? 특히 필요한 능력은 무엇이라고 보십니까?

기본적인 자료 조사, 계측 들은 잘 이루어지나, 실제 주장을 뒷받침하는 다양한 실험 활동이 부족한 것이 아닌가 싶다. 그 결과 무리한 결론 도출 등으로 다른 조와의 결론 충돌 등이 있었던 것 같다.

. 이번에 학생이 수행한 탐구 과정을 다른 실험 활동이나 탐구 활동에 비교해 볼 때, 공통적으로 보이는 것은 무엇입니까? 특별하게 보이는 것은 무엇입니까?

측정, 자료 조사, 실험 활동 등 다른 탐구 활동의 일반적인 과정은 거의 같으나 소재의 특이성, 그리고 조별 활동의 활성화, 상호 평가의 도입 등은 새롭게 접근한 것 같다.

. 이번에 보여 준 학생 탐구력의 수준은 어떻습니까?

중학생 수준으로는 매우 상당하다 할 것이다. 탐구 활동 자체는 성실하고 적극적이었으나, 뒷마무리의 미흡(거의 시간의 촉박함 때문이었다고 해야 할 것이다)이 다소 아쉽다.

. 선생님의 수업 의도와 수업에 의한 효과는 어느 정도 일치한다고 보십니까?

현실 학교 수업과는 상당한 괴리가 있는 것이 사실이라 할 것이다. 특히 학교 밖으로 현장 활동을 한다는 것이다. 그러나 일반 교과 시간의 한계를 극복하려면 특별 활동 시간 등에서 다양한 도입으로 최대한 현실감을 가지고 도입되어야 할 것이다.

아울러 최근 평가의 공정성, 객관성 부분이 상당한 교육 문제를 대두되는데 이 수업에서의 평가 방식은 일반 교과 시간에 던지는 시사점과 상당한 것 같다.

결론적으로 이런 수업은 지금까지 솔직하게 없었다. 방학 숙제로 제공된 탐구 활동이 고작이었다. 그러나 과학 교과 수업 자체가 이러한 진행 방식도 당연히 필요하리라 생각한다. 다양한 소재로 정해진 주제에 접근할 수 있는 탐구태도야말로 과학 시간에 진정하게 체득해야 할 것이 아닌가 생각한다.

탐방에서 새롭게 알게 된 점과 느낀 점을 다시 한번 생각해 보도록 하고 보고서를 작성하거나 한 가지 주제를 정해 조사하고 토론수업을 할 수 있다. 다음은 덕수궁 탐방 후의 토론 주제 예시이다.(강은형, 2004)

덕수궁의 역사적 배경에 대하여

- 덕수궁이란 이름은 어떻게 해서 붙여진 것인가?
- 고종 황제가 덕수궁으로 거처를 옮길 때의 역사적 상황은 어떠했었는가?
- 덕수궁이 현재와 같이 축소되는 과정 속에는 어떤 의도들이 있었는가?

덕수궁 속에 숨겨진 과학에 대하여

- 우리 고유의 건축 양식과 서양의 건축 양식은 어떤 차이점이 있으며, 또, 그 장단점은 무엇인가?
- 건물에서 기둥을 세우고 처마를 만들 때 고려해야 하는 것은 무엇인가?
- 온돌로 방을 데우는 방식은 어떤 것이며, 보다 효과적이기 위해 굴뚝은 어떻게 세워야 하는가?
- 자격루는 무엇이며, 그 원리는 무엇인가?
- 각종 해시계의 원리는 무엇이며 앙부일구가 뛰어나다고 말하는 이유는 무엇인가?

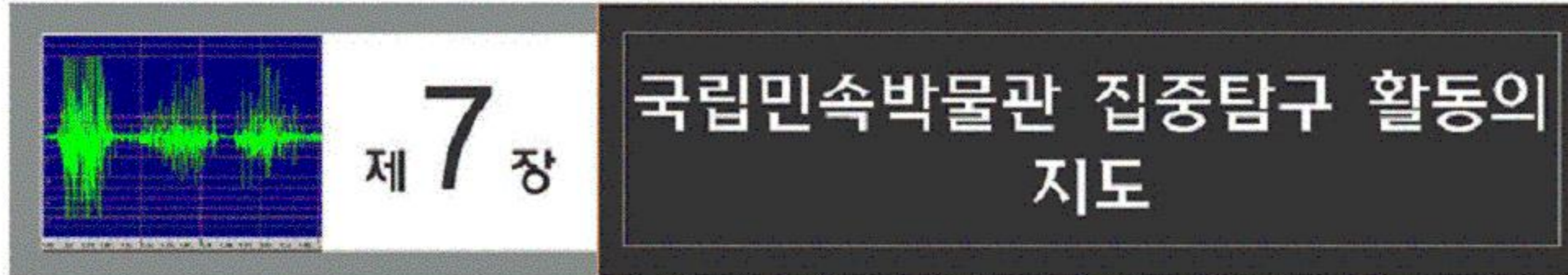
우리의 과학문화에 대하여

- 우리 조상들은 과연 과학적인 문화를 우리에게 남겼는가?

4.2 탐방 후 심화 탐구와 전시 및 대회

가. 심층적 독서와 조사 및 실험과 전시대회

탐방 후 간단한 마무리 수업 활동으로 끝낼 수도 있지만 바라건대는 의미 있게 계속적인 활동이 활발하게 행하여지기를 기대된다. 발표 수업, 토론 수업, 심층적 독서 격려, 추가적인 조사, 심화 탐구 실험, 발표회, 전시회, 토론대회 등으로 확대할 수 있다.



제 7 장 국립민속박물관 집중탐구 활동의 지도

7.1 국립민속박물관 집중탐구 활동이란?

국립민속박물관 현장 활동은 전시물을 직접 대면한다는 효과가 크지만, 시간이나 장소의 제약으로 깊이 있는 탐구를 하기 힘들다. 과학탐방의 효과를 높이기 위해서는 탐방을 다녀와서 하는 사후 활동이 더 중요하다. 사전 활동은 활동 소개나 흥미유발로 간단하게 해도 되지만, 사후 활동은 보다 확장적이고 깊이 있는 활동이 요구된다. 사후 활동을 잘하는 것이 학교 밖에서 행해진 과학 탐구 활동과 학교 안에서 과학 탐구 활동을 연결하는 중요한 열쇠가 된다.

관련 단원의 수업시간에 활용하기

과학탐방의 목적을 단원 관련성에 두었다면 다녀와서 수업시간에 적절하게 언급하는 것이 필요하다. 또는 현장에서 하지 못했던 좀더 깊이있는 탐구활동지를 골라서 할 수도 있다. 다음은 학생용 활동지 “4-3. 구리와 주석, 그리고 청동”을 8학년 혼합물의 분리에서 활용한 수업 지도안의 예시이다. 인천중학교의 장상경 선생님이 작성한 것을 인용하였다.

2. 순물질과 혼합물은 우리 생활과 어떤 관련이 있을까?

1. 단원명

- 대단원명: 8. 혼합물의 분리
- 중단원명: 8-1. 순물질과 혼합물
- 소단원명: 2. 순물질과 혼합물은 우리 생활과 어떤 관련이 있을까?(1)

2. 본시 학습 주제

순물질과 혼합물이 역사적 과정 및 우리 생활과 어떤 관련이 있는지 이해한다.

3. 학습 목표

- 1) 인류가 어떻게 합금인 청동을 철기보다 먼저 사용하게 되었는지 녹는점과 관련하여 설명할 수 있다.
 - 2) 혼합물의 형태로 우리 생활에 유용하게 쓰이는 예를 그 특성을 들어가며 설명할 수 있다.
- 참고: 금성출판사 http://211.55.29.167/text/middle_school/science2/08/h08.html

학습 단계	학습 과정	학습 활동		참고 자료 /유의점	시간
		교사 활동	학생 활동		
도입 5분	선수학습 내용 확인	<ul style="list-style-type: none"> • 선수 학습 내용을 확인한다. 1. 순물질, 혼합물 뜻은? 2. 순물질과 비교하여 혼합물의 특성은? →녹는점 내림, 밀도	<ul style="list-style-type: none"> • 주의를 집중하여 각자 회상하여 답한다. (전체 답) 		5분
	학습 목표 제시 및 흥미유발	<ul style="list-style-type: none"> • 청동기 시대와 철기시대의 유물 사진을 보여주며 청동기와 철기에 대해 간단히 설명하고 질문한다. • 어느 것이 더 오래된 것일까? • 그렇다. 국사시간에 배운 바에 의하면 청동기 시대가 더 오래된 것이다. 그런데 혼합물인 청동이 왜 더 먼저 사용되었을까? • 그 이후로 생활에 합금을 사용하는 경우가 많은데 어떤 예들이 있을까? 	<ul style="list-style-type: none"> • 청동기시대의 유물 • 각자 잠시 생각.. 	<ul style="list-style-type: none"> • ppt • 청동기, 철기시대유물 사진 	5분
전개 10분	탐구활동	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 해결을 위한 자료들에서 필요한 정보를 엄선하여 문제를 해결하도록 지도한다. • 모둠원의 협동이 꼭 필요하므로 학생들이 모둠별 탐구 활동을 원활히 할 수 있도록 지도한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 서로 협동하고 역할을 분담하여 효율적으로 주어진 과제를 수행하도록 적극적으로 활동에 참여한다. • 모둠별 조사 활동의 결론을 학습지에 정리한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료실이나 인터넷 활용이 가능한 곳에서 수업한다. 	10분
정리 5분	결과 정리	<ul style="list-style-type: none"> • 활동 결과를 모둠별로 발표시킨다. ① 구리, 주석, 철의 특징은? ② 구리를 철보다 먼저 사용하게 된 이유를 녹는점과 관련하여 설명하면? ③ 구리 70%~80%에 주석을 섞으면 합금의 녹는점은 올라가는가? 그 온도와 노천가마에서 토기 굽는 온도와 비교하면? ④ 구리와 아연은 황동이라고 해서 오늘날 사용되는 중요한 합금 중 하나이다. 그런데 구리-아연의 합금은 구리-주석의 합금보다 만들기 어렵다고 한다. 그 이유는? 	<ul style="list-style-type: none"> • 정리한 내용을 참고로 발표하고, 주의 깊게 듣는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 주의를 집중시킨다. 	5분
확장 15분	토의 →생활의 예	<ul style="list-style-type: none"> • 오늘날에도 혼합물 형태로 많이 쓰이는데, 어떤 것이 있는지 알아보자. • 모둠별로 교과서를 참고하여 자유롭게 토의하고 결론을 학습지에 정리하게 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 모둠별 토의 결과를 학습지에 정리한다. 		10분
	결과 정리	<ol style="list-style-type: none"> 1. 송전선(구리+알루미늄) 2. 퓨즈(납+주석 또는 아연+주석) 3. 로션(식물 점액물, 에탄올, 글리세롤, 글리콜, 붕산, 시트르산) 4. 스테인리스강(철, 니켈, 크롬) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 무게를 줄이기 위해 2. 녹는점이 낮아지므로 과전류가 흐를 경우 발생하는 열로 금속이 녹아 전기 화재 예방 3. 피부의 건조 방지, 표면의 pH 조절, 살균, 방취 효과 4. 철의 녹스는 점보완 	<ul style="list-style-type: none"> • 상식 제공 측면이 강하므로 최대한 흥미 있게 진행한다. 	5분
평가 4분	형성 평가 및 질문받기	<ul style="list-style-type: none"> • 학생들이 자유롭게 질문하게 하고 적절한 답을 제시한다. • 간단한 형성 평가를 통해 학습 목표 성취 여부를 파악한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 자유롭게 선생님께 질문한다. 		4분
차시 예고	차시 학습 내용 예고	다음 시간에 배울 내용을 예고한다. '혼합물 분리의 예로 증류법을 학습'	<ul style="list-style-type: none"> • 다음 시간에 배울 내용을 확인한다. 		1분

국립민속박물관 과학탐방 기사 및 신문 만들기

과학탐방을 시작하기 전에 학생들에게 기자의 임무를 부여하여 국립민속박물관을 가지 않은 다른 사람들에게 자신이 보고 조사해서 알게 된 점을 설명하는 글과 그림을 작성하게 한다. 사진기를 가져간 경우 사진도 포함할 수 있다. 각 조별로 기사를 작성하여 전부 모아 과학탐방 신문을 만들 수 있다. 학생들로 하여금 다른 사람에게 자신이 이해한 것을 설명하게 하는 것이 이해를 돕는다는 연구 결과가 많이 제시되고 있다.

과학탐방 보고서 쓰기

학생들이 특정한 주제와 관련된 탐방 활동을 했다면, 돌아와서 자료 조사를 더하여 탐방 보고서를 작성하게 한다. 예를 들어 돌의 특징과 석기의 종류에 대해 탐방을 한 경우는 돌아와서 실제로 석기를 만드는데 관련되는 암석의 특징을 더 조사하고 그러한 특징들이 석기 제작에 반영되었는지에 대한 보고서를 쓸 수 있다.

확장적 탐구하기

국립민속박물관 과학탐방을 통해 알게 된 사실이나 교사가 제시한 질문에 대해 정말로 그런지 과학적인 실험을 통해 확인하는 확장적 탐구 활동을 할 수 있다. 다음에 몇가지 예가 있다.

고대의 소리 앞에서 교사가 유리잔을 문질러 소리를 내면서 종이 진동하는 것과 같다고 한 설명에 정말 그럴까하는 의구심을 가지는 학생도 있을 수 있다. 그러면 돌아와서 유리잔을 문질러 소리를 내면서 여러 방향 중 어느 방향에서 소리가 가장 크게 나는지 찾고 그 유형과 종에서 나는 소리가 퍼져가는 유형을 비교할 수 있다. 종에서 나는 소리는 인터넷 홈페이지 등에서 가시화하여 제공하고 있다.

학생들은 교사의 설명 중 타래버선의 누빔 무늬가 마찰력을 줄게 했다는 설명에 의구심을 가질 수 있다. 바느질에 의한 누빔이 실제로 마찰력을 줄게 했는지를 자료 조사 이외에 실험 등 실험을 통해 검증할 수 있다.

빨대 피리로 화음 맞추기는 학교에 와서 12울관 만들기로 확장할 수 있다. 현장에서는 소리분석 프로그램을 사용할 수 없지만, 학교에 돌아와서는 다양한 실험기구를 사용할 수 있으므로 소리 분석을 할 수 있다. Cool edit 등을 사용하여 실제로 자신이 만들 빨대 피리의 음높이를 측정할 수 있고 화음으로 들렸던 두개의 빨대피리의 진동수비도 알아낼 수 있다. 또한 조선 시대의 음계에 대한 설명을 듣고 돌아와서 12울관을 만들어 볼 수 있다. 연구자는 교사 대상으로 할 때 12울관 만들기를 확장적 탐구로 했는데, 자기가 만든 빨대 피리의 소리를 측정한다는 점에서 좋은 호응을 받았다.

개방적 탐구하기

학생들이 관심있는 분야에 대한 탐구질문을 찾는 활동을 했다면, 돌아와서 탐구질문을 구체화하고 개방적 탐구를 시작한다. 많은 과학전람회 출품작이 민속의 과학을 다루고 있다. 다음의 글은 과학전람회에 출품된 탐구 작품 중 탐구 동기 부분을 옮긴 것이다.

학교에서 디딜방아가 지레의 원리를 이용한다고 배웠다. 그런데 나는 방아의 종류가 두 가지 있다는 것을 배웠다. 한 종류는 방아공이가 소나무로 만들어진 것이고, 다른 한 종류는 참나무로 만들어진 것이다. 소나무로 만든 공이는 곡식의 껍질을 벗기는데 사용한 것이고, 참나무로 만든 공이는 곡식을 빻는데 사용한 것이라고 말씀해 주셨다. 그래서 나는 나무의 종류에 따라 방아공이의 역할이 왜 달라지는지를 탐구하기로 했다.

다음은 제 50회 과학전람회에 제출된 과제 중 민속과 관련된 제목들이다.

- 가야금현은 왜 3가닥으로 꼬아 놓았을까?
- 대금의 갈대청에 대한 탐구를 통한 탐구능력 신장
- 전통하회탈은 왜 오리나무로 만들었을까?라는 문제에 대한 해결을 통한 탐구능력 신장
- 가야금 울림통 마감 방법이 음색에 미치는 영향에 관한 탐구 지도
- 연싸움에서 승리할 수 있는 연줄에 관한 연구
- 울릉너와집의 비밀탐구에 대한 지도사례
- 수운교 석중에 대한 음향학적 탐구지도
- 우는 화살(명적) 소리의 원인과 최적조건에 관한 연구에 관한 지도
- 장구가족의 늘어짐 현상과 습도와의 관계 및 그 복원에 관한 연구 지도
- 전통가옥에 사용된 문틀구조와 방음효과 탐구 지도에 관한 연구
- 생활 속에서의 은과 구리의 효능에 관한 비교 연구 지도
- 우리 조상들은 배를 만들때 왜 옷칠한 못을 불에 구운 후에 사용하였을까의 탐구지도
- 전통 합죽선에는 왜 민어부레풀을 사용할까?에 관한 탐구과정 지도
- 조상들이 채소를 씻기 전에 낫술가락을 함께 담가둔 까닭은 무엇일까?
- 천마총에 숨겨진 신비한 과학적 비밀탐구를 통한 창의적 문제해결력 신장
- 꽃나무 천연염색에 관한 우리들의 탐구 지도 방안
- 조상들은 서화류 배접(표구)풀에 왜 상사화와 석산의 구근을 사용하였는가?

개방적 탐구하기는 탐구의 권한을 학생들이 가지고 있기 때문에 지도하기가 어렵다. 반면 학생들은 스스로 관심있는 분야를 알아가기 때문에 지도를 잘하면 굉장히 흥미있어 하고 탐구가 끝난 뒤 탐구에 대한 이해 뿐 만 아니라 과학 개념 및 과학에 대한 태도에 있어서도 괄목할 만한 성장을 보이는 것으로 보고되고 있다. 그러나 무엇보다도 과학자들이 하는 과학활동을 학생들이 과학적으로 해본다는 점에서 과학교육의 목적에 부합되는 활동이라고 할 수 있다. 개방적 탐구의 지도는 그 자체가 커다란 주제이므로 이 자료에서는 간략히 언급한다.

7.2 국립민속박물관 집중 탐구의 예시

다음은 국악기 부분과 관련하여 할 수 있는 집중 탐구 과제의 예시이다.



7-1. 어울림과 안어울림음의 측정

[관련 전시물: 국악기]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

컴퓨터의 소리분석 프로그램을 활용하여 여러 가지 진동수비의 소리를 들어보고 어울림음과 안어울림음을 구분하여 보고, 화음을 이루는 빨대 피리의 진동수비를 구해보자.

참고 사항

소리분석 결과 그래프에는 여러개의 피크가 나타난다. 각각의 피크(최고점)에 해당하는 진동수를 구하라. 또한 각 피크에 해당하는 진동수 간의 비를 구해보아라.

피크에 해당하는 진동수 중 가장 낮은 쪽의 진동수를 기본 진동수라고 하고 사람이 느끼는 음높이를 결정하는데 가장 많이 기여한다.

이 기본 진동수와 소리분석 프로그램에서 나타내는 음높이를 비교해보라.

1 준비물.

컴퓨터, 스피커, 소리분석프로그램 (Science Cube, Adobe Audition, Cool Edit), 빨대 여러 개, 자, 가위

2 어울리는 소리 확인

- Cool Edit 와 같은 소리분석 프로그램을 작동시키고 스테레오 양식으로 새로운 파일을 만들자.
- 두개의 소리 파형이 보이면, 한 쪽은 황종(266 Hz) 또는 국제 표준음인 440 Hz로 고정시킨다.
- 고정시킨 진동수에 어울리는 진동수를 계산하여 다른 쪽 소리 파형에 입력한다.

완전1도:

완전5도:

완전4도:

본인이 원하는 다른 진동수:

- 어울림음과 안어울림음이 들릴 때 각각 어떻게 다른 느낌이 드는지 이야기해보자.

3 두 빨대피리의 진동수 측정

- 화음을 이룬다고 생각하는 길이비의 빨대피리 두개를 만든다.
- 마이크를 빨대피리에 대고 소리를 측정한다.
- 소리가 제대로 녹음되었는지 재생시켜 본다
- Analyze를 눌러서 각각의 빨대 어떤 음을 냈고 어떤 진동수를 가졌는지 확인한다.
- 두 빨대 피리의 진동수비를 구해서 이론값과 비교한다.



7-2. 12율관 만들기

[관련전시물: 국악기]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

조선시대에 음계를 쌓는 방법인 12율관에 대한 설명을 바탕으로 12율관을 만들어보고 음높이와 진동수 그리고 관의 길이 사이의 관계에 대해 이해한다.

주의점

초등학교에서 배운 방법으로 빨대 피리를 만드는데 가능한 부드러운 재질의 빨대를 선택한다.

활동 / 12율관 만들기

악학궤범에 나온 국악의 음계에 대한 설명 중 일부이다.

“율관의 길이를 배로 늘이면 그 음이 낮아지고, 반으로 줄이면 음이 더욱 높아진다. 높고 낮음의 차이는 있지만 본음은 잃지 않는다. 황종 율관 9치는 가장 낮은 소리다. 그 율관을 절반으로 줄이면 그 소리가 높다. 응종 율관 4치는 가장 높은 소리다. 그 율관을 두 배로 늘이면 그 소리가 낮다.”

→ 원래 길이와 절반 길이의 빨대를 붙어서 소리를 비교해보자

“황종 관의 길이를 3배한 소리는 천등과 같이 크고, 황종관의 길이를 3분의 1로 줄인 소리는 모기소리 같이 가늘다. 그러나 위아래 소리는 같다. 이것이 음의 진정한 성질이다.”

→ 30 cm의 빨대를 원래 길이에서 1/3을 잘라낸 다음 붙어보자.

→ 다음과 같이 순차적으로 완전 5도와 완전 4도의 화음을 이루게 빨대의 길이를 정해보자

→ 위와 같이 빨대를 자르면 옥타브에서 벗어나는 관이 3개 생긴다. 그 관은 무엇인가? 이 관은 어떻게 처리를 해야 할까?

화음	음이름	율관의 길이
	황종	
하생(2/3)	임종	
상생(4/3)	태주	
하생(2/3)	남려	
상생(4/3)	고선	
하생(2/3)	응종	
상생(4/3)	유빈	
하생(2/3)	대려	
상생(4/3)	이칙	
하생(2/3)	협종	
상생(4/3)	무역	
하생(2/3)	중려	
상생(4/3)	청황종	

나. 관련 분야 전망 제시와 진로 지도 및 과학의 사회윤리성 상기

우리 역사 속 과학 탐방과 관련하여 현대와 미래의 과학 기술 분야를 소개하며 동시에 과학 기술 분야 뿐 아니라 광의의 진로지도할 수 있을 것인가? 많은 사람들의 첫 반응은 지나간 역사 속에 어떻게 가능 한가 의구심을 갖는다.

국립민속박물관 과학 탐방과 관련하여 진로지도에 대해 다음과 같이 쓰고 있다(유준희, 2004)

8.1 학생의 삶과 과학을 연결시키기

국립민속박물관 과학 탐방을 하면서 학생들이 과학적인 탐구를 하는 것 못지않게 중요한 것은 학생 자신의 삶과 과학이 밀접하게 연결되어 있다는 것을 인식하게 하는 것이다. 선사 이래로 인류가 삶을 유지하고 윤택하게 하기 위해서 필요한 물질과 도구, 그리고 에너지를 이용해왔다. 현재는 과학이 눈부시게 발달하여 필요한 물질을 얻기 위해서 과거의 선조들이 했던 노고가 모두 가려지고 마치 하얀 쌀은 원래부터 하얀 쌀로 땅에서 나는 것으로 알기 쉽다. 그러나 누구나 원하는 최종 결과물을 얻게 되기까지 거치게 되는 많은 단계가 있다는 것을 국립민속 박물관 탐방을 통해 인식할 수 있다. 또한 현재와 같이 삶에 필요한 많은 것을 손쉽게 얻게 되기까지 과학과 기술의 발달이 어떻게 기여했는지를 생각해보게 할 수 있다. 이와 같은 취지로 학생들에게 다음과 같은 주제를 주고 마인드맵을 그려보게 할 수 있다.

- 나의 삶을 유지하는데 꼭 필요한 것을 분류하고 그러한 것들이 어떻게 조달되는지 그려보자.
- 과거의 선조들이 삶을 유지하는데 꼭 필요했던 것이 무엇이고, 선조들은 그것을 어떻게 조달하였는지 그려보자
- 미래에 내게 필요한 것은 무엇인지를 분류해보자. 그리고 그러한 것들을 어떻게 구할 수 있는지 그려보자.

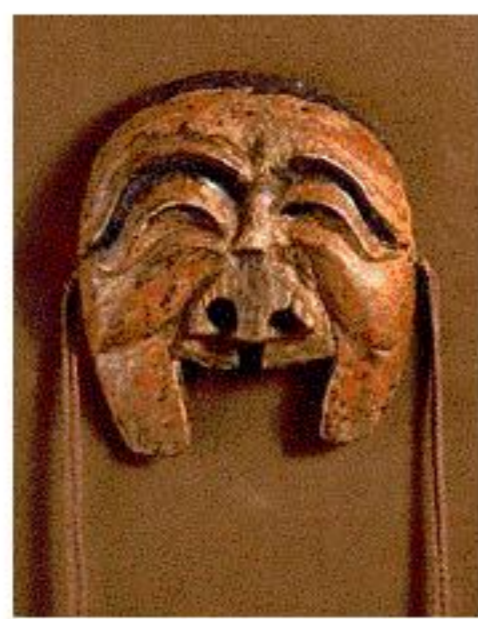
8.2 미래와 과학을 연결시키기

최근에 수명이 급격히 늘어나면서 오늘날의 청소년들은 대부분 100세 이상의 수명을 누릴지 모른다. 그렇게 되는 경우 자신의 건강을 유지하는 것이 개인의 삶의 질이나 사회유지 비용 측면에서 모두 중요하다. 건강을 유지하는 것은 섭생과 운동과 직업과 관련된다. 부모가 모든 것을 다해주는 학생들에게 옛날 사람들이 그렇게 어렵게 필요한 물질과 도구를 구해서 살아온 모습을 보여주는 국립민속박물관 과학탐방은 자신의 삶을 유지할 뿐 만 아니라 삶의 질을 높이기 위해서 어떤 일을 해야 하는지를 생각하게 하는 기회가 될 것이다.

“우리 역사 속 과학탐방”을 통해 과학 전체의 학술적 발전은 확실하게 제시하기 어렵지만 과학의 응용, 기술의 발전, 산업의 국제 경쟁력에는 구체적 예를 들면서 앞으로의 진로에 있어서 광의로 과학 기술 응용 분야에 대한 전망과 진로 지도는 새로운 각도에서 할 수 있다고 하겠다.

덕수궁 탐방을 통하여 동서양의 건축 비교, 경주의 석굴암과 불국사 그리고 화성 탐방을 통하여 한국 고유의 미를 바탕으로 한 건축과 조각 미술 등의 창의적 활동이 기대됨을 부각시킬 수 있다. 또한 국립민속박물관의 여러 유물들과 풍속의 모습으로부터 새로운 예술품과 의류, 생활용품, 가내 장식 등을 보다 우리의 고유한 국제적으로 뛰어난 경쟁력을 갖춘 다양한 물품의 디자인과 제품의 가능성을 보일 수 있다. 입시를 위한 입시 준비에서, 그리고 막연한 대학교 선택에서 벗어나 참으로 자기 자신이 하고 싶고 할 수 있는 분야의 다양한 진로에 실제적으로 영향을 줄 수 있다.

이러한 시도는 지금까지 거의 시도되지 않았지만, 특히 2004년도에 실시한 "겨레를 빛낸 우리의 과학기술 선현 발자취 찾아서" 탐방은 그 가능성을 확실히 하였다. 이원철 박사를 통해 천문과 기상분야를, 이태규 박사를 통해 화학 분야를, 우장춘 박사를 통해 생물학을, 현신규 교수를 통해 임학육종학을 소개하고 이 분야의 진로를 직접 간접으로 지도할 수 있었다.



하회이대탈



강령소무탈



하회양반탈



북청사자탈



하회각시탈



봉산먹중탈



하회중탈



양주산데눈꺼꺼이탈



하회백정탈

4.3 과학 탐방의 평가와 점수: 시대적 병목 사항

광의의 평가는 탐방 활동 전부터 보다 나은 탐방을 위해, 또는 연구를 위해 설문이나 면담을 통해서 행하여 질 수 있고 필요에 따라서는 반드시 해야 할 것이다.

또한 탐방 중이나 후의 평가는 탐방 전 평가의 목적 이외에도 점수를 부여하는 것이 필요하게 되는 경우에는 (심각한 문제가 되어 바람직한) 탐방을 하게끔 하는데 상당한 영향이 있을 것이지만 바람직한 탐방 교육을 위해서는 자칫 잘못하면 병목 현상의 비극적인 일이 될 수도 있다.

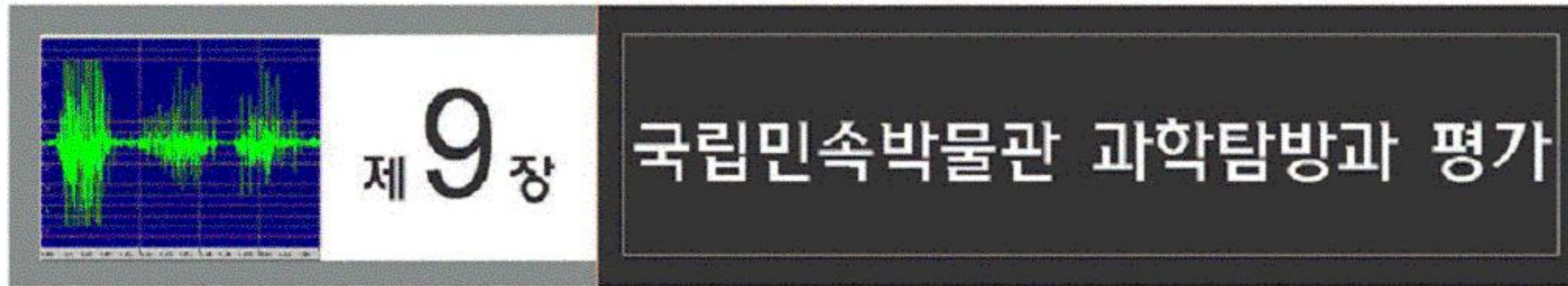
현재 초중등학교 교육이 입시 종속적이 되어 있는 비극을 막으려는 의도로 과학 탐방 실천을 주장하는 중요한 이유 중에 하나인데, 바로 그 평가 때문에 어려움이 예상된다.

어떻던 타당하고 신뢰로운 평가를 경제적으로 잘 해야 하는 것은 탐방뿐 아니라 일반적으로 지도, 진로, 연구, 자료 개발 등을 위해서 절실하게 필요하지만 어려운 일이다.

탐방 못지않게, 또 보다 더 급하게 철저히 연구개발해야 할 한국사회의 운명적 교육적 과제이다.

교사용 평가지 예시(강은형, 2004)

평가 항목	평가내용	조	조	조	조	조	조	조	조	조	총점	평가
창의성	1. 창조적 집단사고여부											
	2. 주제의 독창성											
	3. 주제의 쓰임새											
합리성	1. 조사방법의 적합성											
	2. 조사내용과 결론의 연결성											
객관성	1. 조사의 정확성											
	2. 자료처리의 정확성											
	3. 자료와 결론의 일치											
자료 준비	1. 다양한 조사											
	2. 역할분담											
질문	1. 활발한 질문											
	2. 질문내용의 적절성											
발표	1. 의사전달정도											
	2. 발표방법의 다양성											
	3. 답변											
듣기	1. 적극적 청취여부											
	2. 정숙											
총합												



제 9 장 국립민속박물관 과학탐방과 평가

9.1 과학탐방에서 면담 평가

면담 평가의 의의

국립민속박물관 과학탐방에서는 교사가 적절한 질문을 던지는 것이 중요하다고 교수-학습 지도 모형에서 전술하였다. 그런데 교사의 질문은 교수-학습적인 측면에서도 중요하지만, 일상적인 평가의 한 방법으로도 중요한 역할을 한다.

최근의 과학교육 평가에서는 평가의 형성적 역할을 중시하면서, 이를 구현하는 한가지 방법으로 일상적인 평가를 제시하고 있다(Black, 1998). 일상적인 평가는 형식을 갖추어 일어나는 평가가 아니라 교육 현장에서 항상 일어날 수 있는 평가이다. 학생들의 얼굴 표정, 그들이 써놓은 것, 또는 질문에 답하는 그들의 목소리를 교사가 파악하는 것이 일상적인 평가가 된다. 그 결과 교사는 학생의 학습 상태에 대해 어느 정도 이해하고 다음에 무엇을 할 것인지를 결정할 수 있다. 이러한 이해는 불완전한 것일 수도 있지만, 다음 단계의 교수 학습 활동 및 그 결과를 통해 차츰 완성되어갈 수 있다.

일상적인 평가는 추상적이고 막연한 생각이 아니라 물리 교수 활동을 통해 교사가 구현해야 할 구체적인 활동이다. 통찰력있는 구두 질문, 또는 쓰기 질문과 이에 뒤따르는 교사와 학생의 후속 대화(답화)는 형성평가에 있어서 필수적인 요소이다. 예를 들어 눈사람이 녹는 것에 대해 세 가지 주장을 학생들에게 제시하고 그에 대한 생각을 묻는다면, 열 전도에 대한 학생들의 생각을 나타내는 좋은 지표가 될 수 있다. 도입질문은 해가 빛나고 산들바람이 부는 날, 눈사람이 녹지 않게 하려면 어떻게 해야 하는가이다. 첫 번째는 검은 색 외투를 입혀 햇볕을 차단해야 한다는 주장이다. 두 번째는 검은 색 외투는 눈사람을 따뜻하게 할 것이라는 반대주장이다. 세 번째 주장은 모든 것은 바람에 따라 달라진다고 하는 것이다. 학생들에게 이 세 가지 주장에 대한 그들의 의견을 물을 수 있다. 이 질문은 전도, 대류, 복사 등 다양한 개념을 풍부하게 내포하고 있으며, 끝이 열린 토론을 가져올 수 있다. 이 질문은 두가지 점에서 고려할 만 하다. 하나는 코트가 열의 흐름을 차단하기보다는 몸을 따뜻하게 한다는 많이 알려진 오개념을 포함하고 있는 점이다. 두 번째는 학생들이 일상적인 의사결정을 해야 하는 상황으로 학생 자신과 많은 연관을 가진다는 점이다. 물리 교사만이 이와 같이 학생의 생각에 기초하고 그들에게 적절한 상황을 수반한 멋진 질문을 개발할 수 있다.

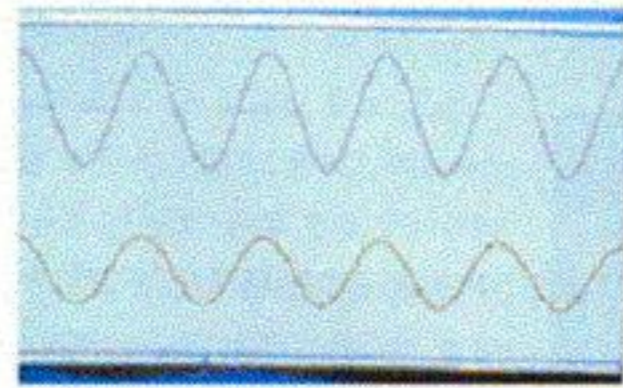
또한 이 눈 사람 문제는 정답을 강요하기 보다는 과학적으로 옳은 생각하기를 요구한다. 최근 이루어지고 있는 과학교육 혁신의 한 가지 주안점은 개방적 탐구이다. 즉, 단 하나의 잘 정의된 성취목표를 도달하기 보다는 학생들이 스스로 주도권을 가지고 여러 가지 다양한 과정과 경로를 거쳐 성취근거가 고려되는 산출물을 만들어내기를 요구한다. 이러한 물리교수학

습에서 요구하는 형성적 비계(formative scaffolding)은 학생들에게 맞춤법을 가르치기 보다는 고유의 문체를 개발하도록 가르치는 작문교사에 비교할 수 있다. (Black, 2003)

면담 평가 질문의 예시

형성평가의 가장 전형적인 모습은 한 시간의 수업이 끝날 무렵, 대여섯개의 단답형 질문을 포함하는 퀴즈라고 할 수 있다. 그러나 5분 안에 대답해야 하는 다음과 같은 질문으로 학생들의 학습 상태를 얼마나 질적으로 깊이있게 파악할 수 있는가?

예시 1. 다음 그림 중 진폭과 파장은? 2. 큰 소리와 작은 소리는?

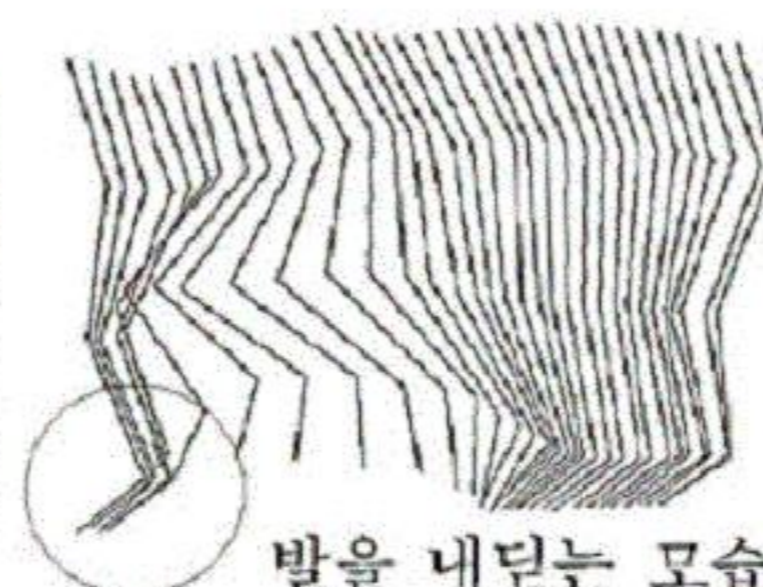


다음은 국립민속박물관 과학 탐방 중 혹은 탐방 후 돌아와서 학생에게 할 수 있는 질문이다. 질문에 얼마나 다양한 응답이 나올 수 있을까? 그리고 그것은 후속학습과 어떻게 연계가 될 수 있는가?

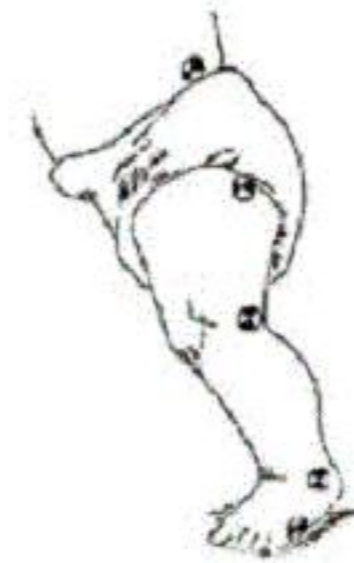
예시 2. 다음은 옛날 어른들이 걸음미를 시작한 돌쟁이 아이에게 신겼던 타래버선이다. 타래버선은 어른의 버선과는 다르게 바느질로 누벼 꼴을 내놓는다. 어린아이가 발을 내딛을 때, 타래버선을 신으면 어떤 점에서 유리한 지를 발을 내딛었을 때 작용하는 힘의 종류 및 방향과 함께 설명하라.



어른용 버선 돌쟁이용 타래버선



발을 내딛는 모습



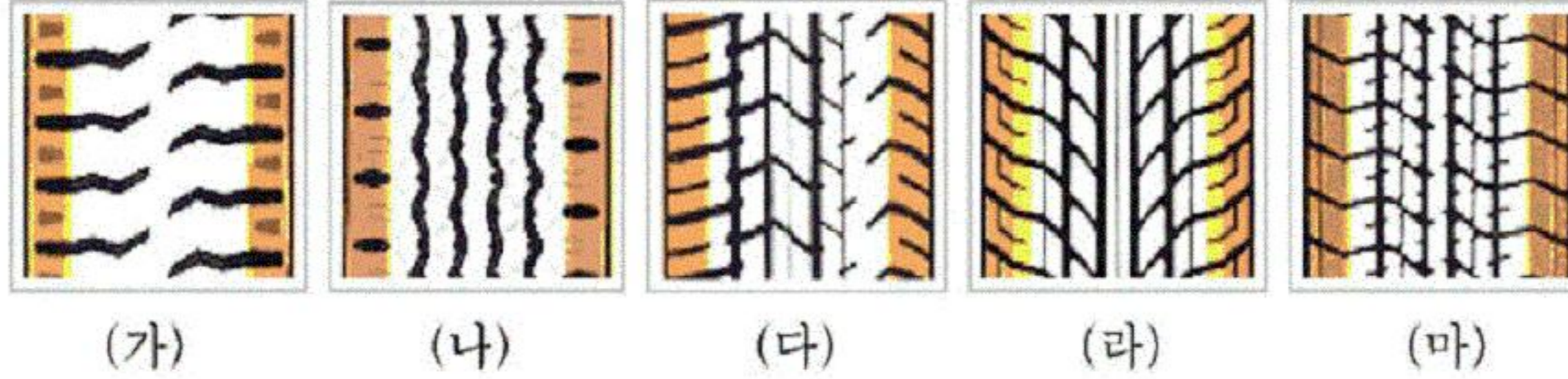
- 유도 질문1) 발을 땅에 내딛었을 때의 작용과 반작용에 대해 설명하라.
- 유도 질문2) 접촉한 두 물체 사이에 작용하는 마찰력의 크기와 방향에 대해 설명하라.
- 유도 질문3) 접촉한 두 물체 사이에 작용하는 마찰력의 근원에 대해 설명하고 이를 이용하여

표면의 거칠기와 마찰력의 크기 사이의 관계를 설명하라.

후속 질문. 마찰력이 작은 얼음판 위에서 넘어지지 않고 걸으려면 어떻게 걸어야 하는가?

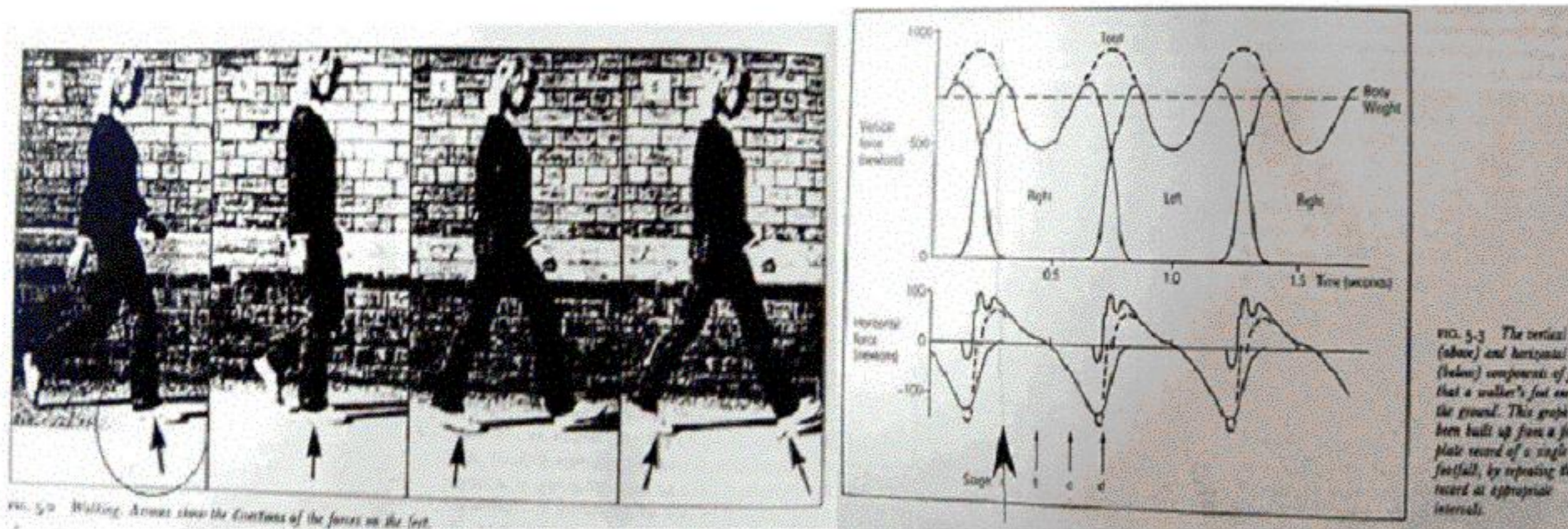
또한 그와 같이 걷는 것이 땅위에서 걷는 것보다 어려운 이유를 설명하라.

후속질문 2. 자동차 바퀴는 용도에 따라 바퀴의 표면에 다양한 무늬를 새겨져 놓는다. 다음 중 고속 주행에 좋고 옆 방향으로 잘 미끄러지지 않는 무늬를 고르고 그 이유를 설명하라.



문항 해설

해설 1-1. 한 걸음 걷는 동안 다리의 움직임과 땅에 의해 발에 작용하는 힘의 방향은 다음 그림과 같다. 아래 그림 중 발을 내딛는 때는 a로 발이 땅을 딛는 힘에 대한 반작용으로 땅이 발에 작용하는 힘은 뒤쪽으로 약간 비스듬한 방향으로 작용한다. 이때 작용하는 힘의 크기를 측정 한 결과는 그림과 같다.

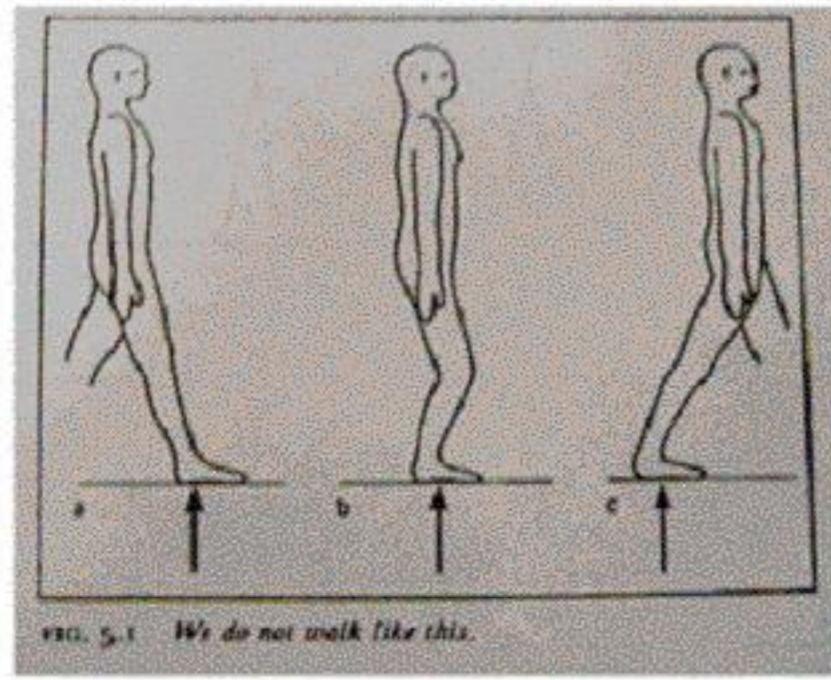


a b c d
한 걸음 동안 발의 동작과 작용하는 힘

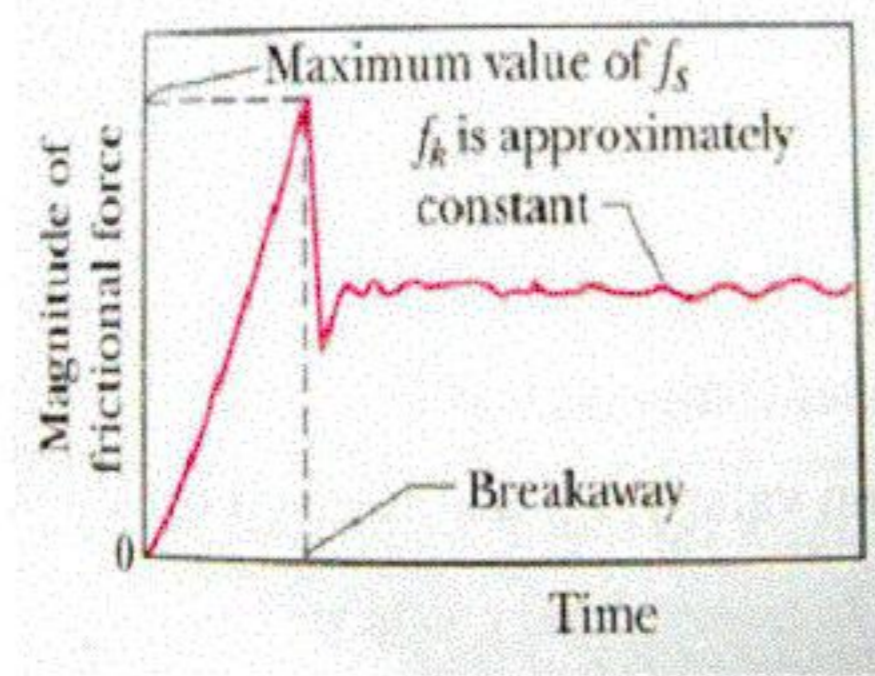
a
한 걸음 동안 발이 작용하는 수직방향의 힘과 수평방향의 힘

그림에서 수평방향의 힘의 크기를 보여주는 아래쪽 그래프를 보면 a인 지점에서 수평방향 힘의 크기는 약 90N 정도이다. 이 때 신발의 표면과 땅바닥 사이에 작용하는 최대정지마찰력이 90 N보다 작으면 발은 미끄러지게 된다. 마찰력의 크기는 누르는 힘(N)과 두 물체 표면 사이의 마찰계수 (정지마찰계수: μ_s , 미끄럼마찰계수: μ_k)에 의해 결정된다. 정지한 경우 마찰력의 방향은 힘을 주는 방향의 반대방향이며, 미끄러지는 경우는 물체의 운동방향과 반대이다.

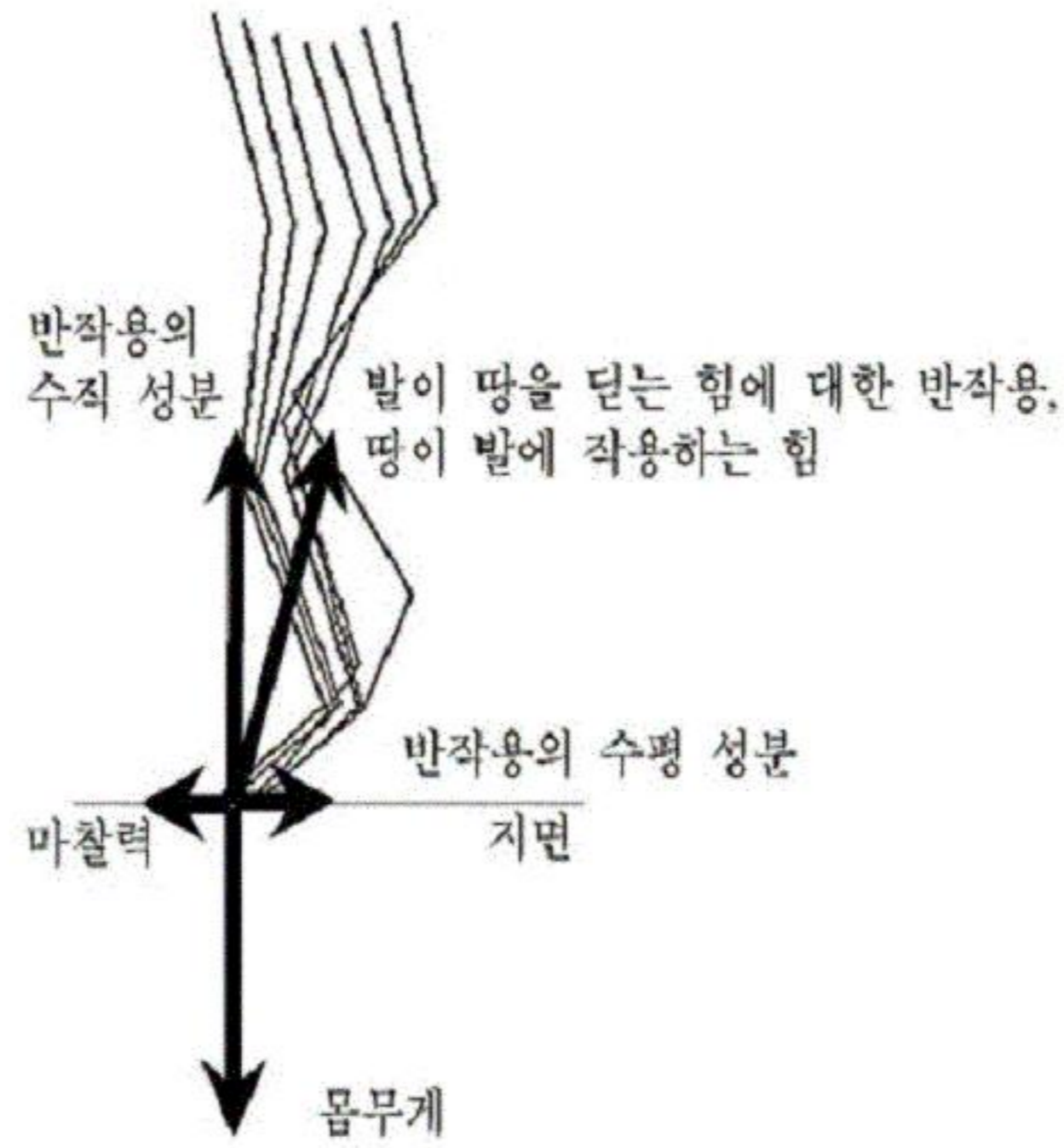
정지한 경우 $f_s = \mu_s N$ 미끄러지는 경우 $f_k = \mu_k N$



얼음판 위에서 걷기



정지한 물체를 밀었을 때의 마찰력의 크기



발을 내딛을 때 작용하는 힘

미끄러지지 않게 걸으려면 위의 그림과 같이 수평성분의 힘이 없어야 하는데 힘의 작용점인 굴반이 발보다 뒤에 있는 상황에서 힘을 수직으로 작용하기는 어렵다. 어른들은 경험과 근력으로 미끄러지지 않게 걸을 수 있지만 처음 걸음을 시작하는 아이에게는 쉽지 않은 일이다. 따라서 버선의 표면에 바느질로 굴을 댄으로써 표면의 거칠기를 증가시켜 방바닥과의 최대정지마찰계수를 크게 하면, 반작용의 수평성분 크기가 $f_{s,max} = \mu_{s,max}N$ 에 이를 때까지 발이 미끄러지지 않는다. 최대정지마찰계수가 작으면 반작용의 수평방향 성분이 작아도 쉽게 미끄러진다.

유도 질문1) 발을 땅에 내딛었을 때의 작용과 반작용에 대해 설명하라.

발이 땅을 딛을 때 땅에 작용하는 힘, 땅이 발에 작용하는 힘
두 힘은 크기는 같고 서로 반대 방향으로 발과 땅에 각각 작용한다.

유도 질문2) 접촉한 두 물체 사이에 작용하는 마찰력의 크기와 방향에 대해 설명하라.

접촉한 두 물체 사이에 작용하는 마찰력의 크기는 누르는 힘과 두 물체 표면 사이의 마찰 계수에 비례한다.

물체가 정지해있을 때는 마찰력은 작용하는 힘에 반대방향이고, 물체가 움직일 때는 물체의 운동방향에 반대 방향으로 작용한다.

유도 질문3) 접촉한 두 물체 사이에 작용하는 마찰력의 근원에 대해 설명하고 이를 이용하여 표면의 거칠기와 마찰력의 크기 사이의 관계를 설명하라.

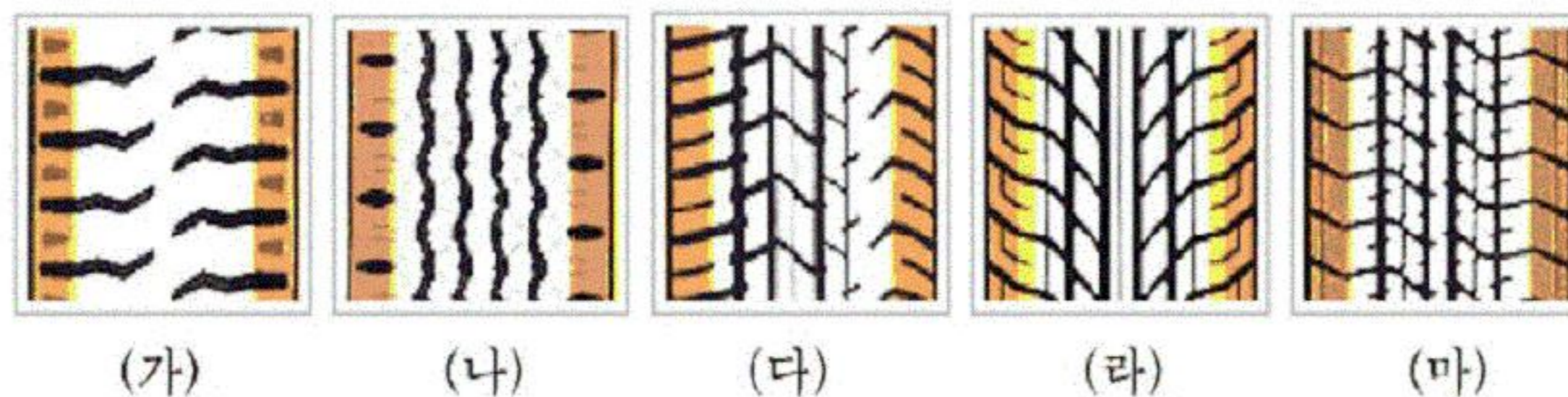
물체의 표면을 자세히 보면 매끈하지 않고 거칠고 뽀죽뽀죽하며 두 물체가 맞닿아 있으면 뽀죽뽀죽한 부분들이 서로 맞물리게 된다. 그러면 두 물체의 표면에 위치한 원자들이 서

로 전기적 인력으로 작용하게 되어 용접한 것과 같은 효과를 내게 된다. (cold welding). 표면이 거칠수록 누르는 힘이 클수록 용접한 효과는 크게 된다.

후속 질문 1. 마찰력이 작은 얼음판 위에서 넘어지지 않고 걸으려면 어떻게 걸어야 하는가? 또한 그와 같이 걷는 것이 땅위에서 걷는 것보다 어려운 이유를 설명하라.

얼음판에 수직으로 힘을 주어 가능한 수평 방향으로 힘이 작용하지 않게 한다. 그런데 힘의 작용점인 골반이 발보다 뒤에 있는 상황에서 힘을 수직으로 작용하기는 어렵다.

후속질문 2. 자동차 바퀴는 용도에 따라 바퀴의 표면에 다양한 무늬를 새겨져 놓는다. 다음 중 고속 주행에 좋고 옆 방향으로 잘 미끄러지지 않는 무늬를 고르고 그 이유를 설명하라.



(나)의 리브 패턴(rib pattern)은 바퀴 표면의 홈이 원주방향을 따라 나있기 때문에 차의 진행방향에 대한 마찰력보다는 옆방향에 대한 마찰력이 크다. 따라서 고속주행에 적합하고 조향성이 좋다.

9.2 과학탐방에서 장기 탐구활동의 평가

장기 탐구활동 평가의 의의

과학탐방이 중요한 목적 중에 하나는 학생들로 하여금 발산적인 사고를 하게하고 이를 바탕으로 과학하기, 즉 확장적 탐구나 개방적 탐구를 하게 하는 것이다. 교과서나 참고서에도 답이 없고 인터넷에서 지식 검색을 해도 상반되는 답이 나오는 가운데 학생들 스스로 탐구하여 해답을 구해가는 과정을 격려하는 것이다. 이를 위해서는 상중하의 단순한 성적 매기거나 10점 만점의 수행평가를 형식적으로 하는 것 이상의 노력과 실력을 필요로 한다.

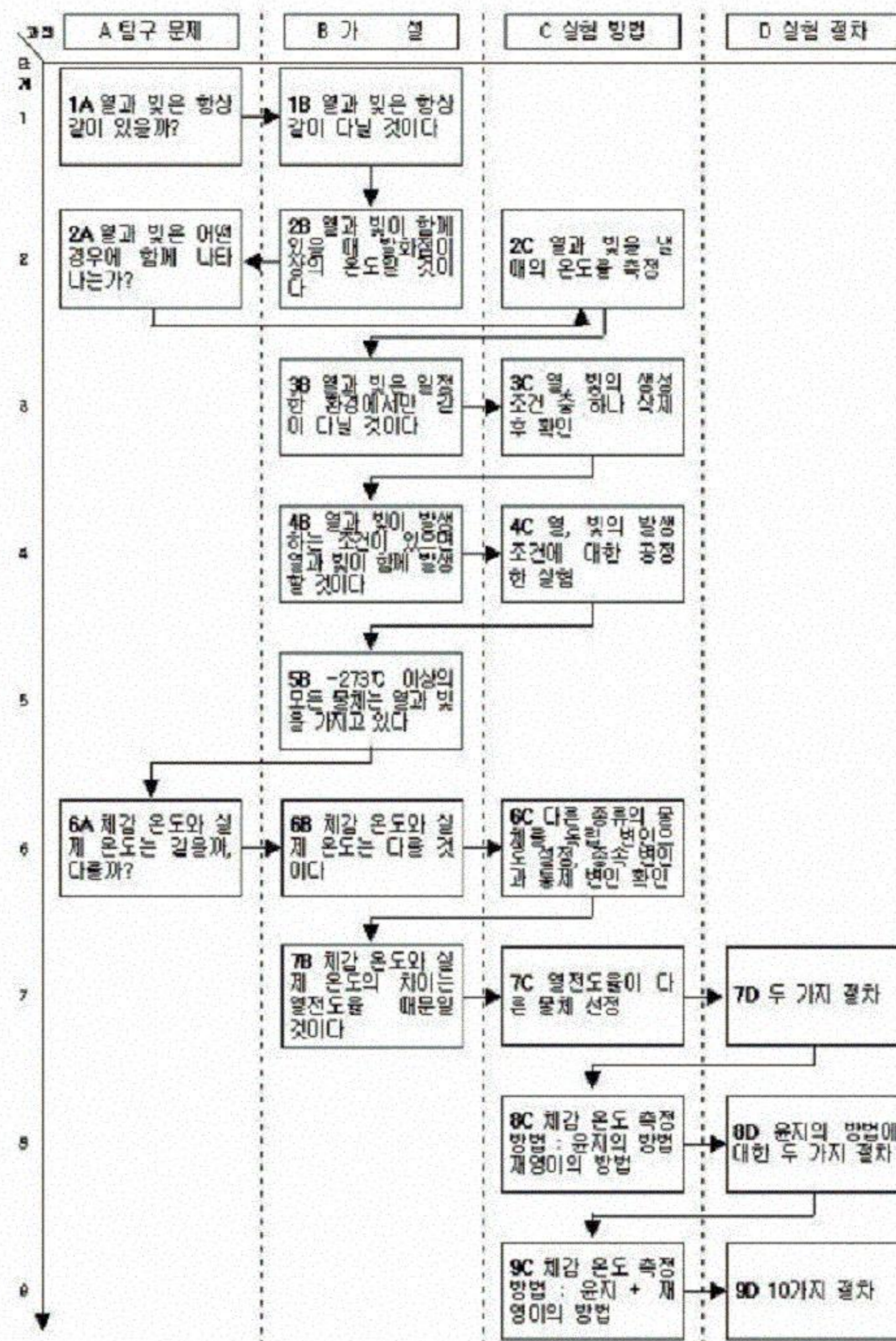
장기 활동은 과학 문제 푸는 실력이 아니라 실제로 과학을 하는 능력을 배양하는 활동으로 호주에서는 대학입시의 한 방법으로 학생들이 학기 중에 수행한 탐구과제를 평가한다. 여러 가지 평가방법 중 예언타당도가 가장 높은 것은 교사에 의한 평가라는 연구결과가 제시되고 있다. 교사 평가가 높은 예언 타당도를 가지기 위해서는 일상적인 평가와 함께 학생이 실제로 과학하는 능력을 평가해야 한다.

다른 한편 장기 탐구활동은 학생들에게 과학의 과정에 대한 이해 뿐 만 아니라 개념적 진전도 수반한다(양현주, 2005). 과학에 대한 긍정적인 태도나 진로 교육에도 도움이 된다는 연구 결과도 있다(정현민, 2005).

장기 탐구활동 평가의 방법

장기 활동 중 평가는 학생의 탐구 진전을 도와주는 형성적 의미여야 한다. 그러기 위해서는 각 탐구과정에 대한 최종 목표가 평가자의 머리 속에 지도로 있어야 한다. 그 지도를 바탕으로 대상 학생이 그 목표까지 도달하는 중 어느 지점에 있는지를 명확히 평가할 수 있으며 평가결과에 준하여 학생에게 적합한 질문이나 조언을 줄 수 있다.

학생들이 장기 탐구활동을 하는데 가장 어려워하는 부분은 탐구질문 및 탐구문제를 형성하는 것이다. 국립민속박물관 과학 탐방은 학생들이 탐구 소재를 선정하고 탐구문제를 형성하는데 역할을 할 수 있다. 또한 학생들은 탐구의 과정을 직선적으로 수행하지 않고 여러 번 반복하여 수행하기 때문에 지속적으로 탐구의 과정을 점검하는 것이 필요하다. 다음은 중학생들이 수행한 탐구과정과 이를 지도한 교사가 가지고 있던 과학의 탐구에 대한 지도이다.



학생들의 탐구 과정 진행도(양현주, 2005)

‘개방적 탐구 계획하기’ 활동에서 탐구 과정 수행 능력에 대한 평가 기준(양현주, 2005)

세부 범주	학습 목표	초급	중급	고급
1. 탐구 문제 도출	1.1 스스로 탐구하고자 하는 대상을 포착할 수 있다.	· 관심 있는 대상을 생각하지 못함	· 여러 가지 대상을 생각하였으나 그중에서 탐구 대상을 결정하지 못함	· 스스로 탐구 대상을 결정함 · 여러 가지 대상 중 하나를 결정함
	1.2 탐구 대상에 관련된 중요한 변인을 인식할 수 있다.	· 중심 변인을 인식하지 못함	· 중심 변인을 인식	· 여러 가지 요인들이 작용하는 상황에서 필요한 중심 변인을 인식
	1.3 탐구 대상의 중요한 변인에 관련된 궁금한 점을 과학적 탐구가 가능한 문제로 명확히 진술할 수 있다.	· 탐구 문제가 탐구 대상에 관련되지 않거나 탐구 문제를 진술하지 못함	· 탐구 대상에 관련된 탐구 문제 진술 · 좀 더 과학적인 탐구가 가능하도록 진술할 필요가 있음	· 탐구 대상에 관련된 탐구 문제 진술 · 과학적 탐구가 가능한 문제로 진술함
2. 가설 설정	2.1 독립 변인과 종속 변인을 설정할 수 있다.	· 하나만 설정함	· 둘 다 설정하였으나 명확하지 않음	· 과학적 지식과 이해를 바탕으로 설정 · 명확하게 둘 다 설정 · 보다 많은 변인들 설정
	2.2 종속 변인에 영향을 주는 다른 변인을 찾을 수 있다.	· 통제 변인을 확인하지 못함	· 하나의 통제 변인 확인	· 실험결과에 영향을 주는 통제 변인을 최대한 확인
	2.3 탐구 문제를 해결하기 위하여 검증 가능한 가설을 세울 수 있다.	· 탐구 문제를 해결하지 못하는 가설 설정 · 검증 가능하지 않음 · 독립 변인, 종속 변인 중 하나만 제시되어 있음	· 탐구 문제를 해결하는 가설 설정 · 검증 가능함 · 독립 변인, 종속 변인이 제시되어 있음 · 기대되는 변화 또는 효과가 제시되어 있다. (A는 B에 영향을 준다.) · 직접적인 경험을 사용함	· 탐구 문제를 해결하는 가설 설정 · 검증 가능함 · 독립 변인, 종속 변인이 제시되어 있음 · 기대되는 변화 또는 효과가 제시되어 있다. (A가 ~할수록 B가 ~하다.) · 과학적 지식과 이해를 명확히 밝힘

‘개방적 탐구 계획하기’ 활동에서 탐구 과정 수행 능력에 대한 평가 기준(계속)

세부 범주	학습 목표	초급	중급	고급
3. 실험 방법 고안	3.1 가설의 타당성을 검증하기 위하여 변인에 대한 조작 방법을 고안할 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 방법 고안하였으나 가설을 검증하기에 부족함 · 변인 중 일부만 관찰/측정 방법 고안 · 공정한 실험(fair test)을 이해하기 시작하였으나 도움이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> · 가설의 타당성을 검증할 수 있는 실험 방법 고안 · 독립 변인의 조절 방법 고안, 종속 변인의 관찰/측정 방법 고안하였으나, 통제 변인의 통제 방법 고안하지 못함 	<ul style="list-style-type: none"> · 과학적 지식과 이해 이용하여 가설의 타당성을 검증할 수 있는 실험 방법 고안 · 독립 변인의 조절 방법 고안, 종속 변인의 관찰/측정 방법 고안, 통제 변인의 통제 방법 고안 · 한 요인을 변화시키면서 비교하기, 다른 요인들을 같게 유지하는 동안 결과 측정 · 수집될 자료의 양과 범위 결정
	3.2 실험을 수행하는 데 필요한 기구와 재료를 선정하거나 장치를 고안할 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 확대경, 눈금 사이의 간격이 큰 시계나 자명종과 같은 간단한 시간 재는 기구, 간단한 부피 측정 기구와 같은 간단한 기구, 재료 선정 	<ul style="list-style-type: none"> · 자, 부피측정그릇, 양팔저울, 시계, 온도계 등의 다양한 종류의 간단한 면서 실험에 적절한 실험 도구 선정 	<ul style="list-style-type: none"> · 실험에 적절하면서 메스 실린더, 주사기, 온도계 등과 같이 정밀하고 정확한 기구, 재료 선정하거나 장치 고안
	3.3 실험 장치를 배치할 그림을 그릴 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 그림을 그리지 못함 	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 그림으로 표현 	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 장치를 설치하는 방법을 구체적으로 나타낸 그림으로 표현
4. 실험 절차 구성	4.1 가설의 타당성을 검증하기 위하여 고안한 실험 방법의 순서를 논리적으로 나열할 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 절차를 구성하지 못하거나 한 문장으로 표현함 	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 절차를 보다 구체적으로 세분화하여 순서를 나열할 필요가 있음 · 실험 절차의 논리적 순서가 뒤바뀜 	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 절차를 구체적으로 세분화하여 행동 단위로 나열함 · 실험 절차를 논리적 순서에 따라 나열함
	4.2 관찰 또는 측정 결과를 기록할 결과표의 양식을 그릴 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 결과표의 양식을 그리지 못함 	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 표를 그림 · 표에 변인이 제시됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 체계가 잘 잡힌 표를 그림 · 관찰/측정의 횟수, 범위가 결정된 표를 작성 · 반복하여 관찰/측정할 수 있는 표를 작성 · 표에 변인과 단위가 제시됨

제 5 장 과학 탐방의 국가 과제

초중등 과학교육이 학교 울타리 내에만 갇혀서 보수적이고 소극적으로 하기에는 더 이상 이 시대적 기대 역할을 다 할 수 없다. 당초에 과학의 대상인 자연의 사물과 현상이 학교 밖에 끝없이 펼쳐 있으며, 그 자연 속에서 인간이 오랫동안 살아오며 문화를 창조해 온 흔적인 유적지와 유물이 학교 밖에 널리 흩어져 있고 미래의 과학 시대를 열어 갈 연구소와 산업체가 초중등 학교 밖에 있다.

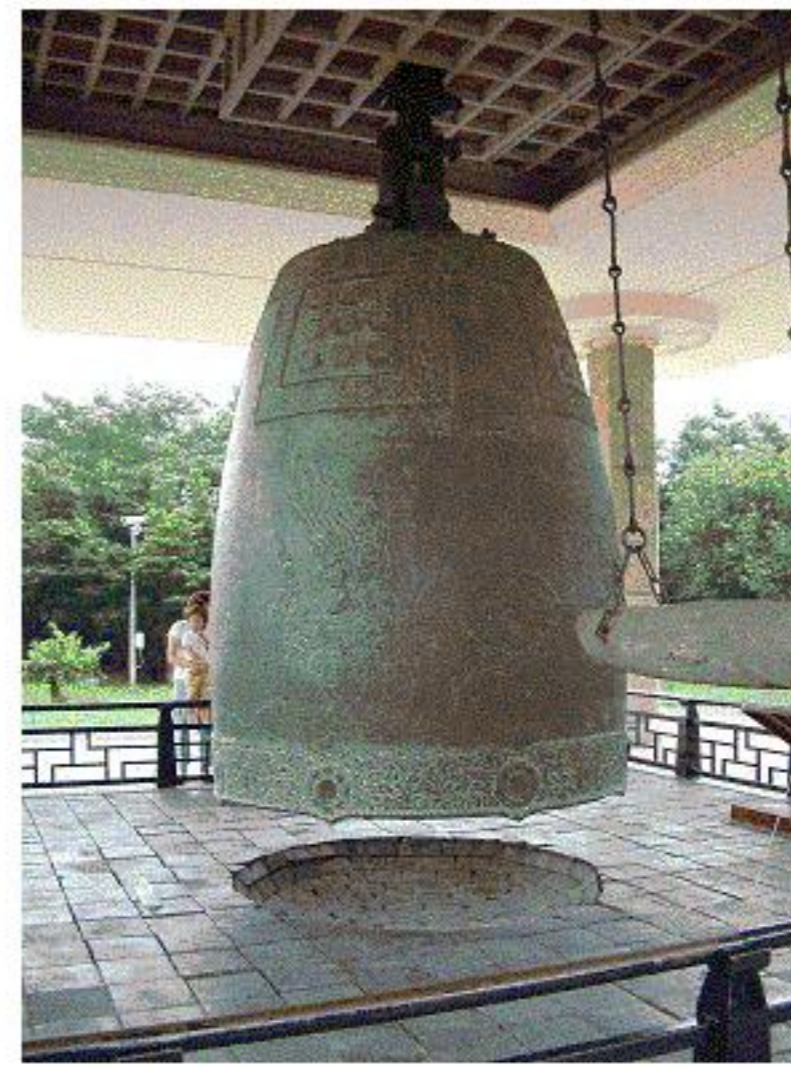
도리켜 보면, 초중등 학교는 교사의 말과 판서, 글과 영상, 소규모의 축소 모형화된 실험 활동이 빈약한 환경과 시설 속에서 잘 연구되지 못하고 잘못 갖춰진 상황에서 무리하게 시행되지 않았는가? 거기에 더하여 많은 지식에 얽매어 추상적인 주입과 거의 기억에 준하는 선다형 시험으로 인하여, 학생들은 과학 교과에 흥미를 잃고 어려워하며 입시만을 위한 입시준비 학습의 틀에서 크게 벗어나지 못하고 있는 것이 아닌가?

바람직한 과학 탐방, 나아가 과학문화 탐방 교육의 실천은 현대의 학교 내 교육에 못지않게 중요하지만 복잡하고 어렵다. 그러나 이 시대에 회피할 수 없는 교육적 과제라 하겠다. 과학 탐방은 학교 내에서 할 수 없는 통합적이고 실제적인 개방적 탐구를 할 수 있기 때문에 정규 교육과정 내에 정 위치를 잡아야 할 과제이다. 특별히 관심 있는 교사만이 과외로 해도 좋고 안하면 더욱 편한 덤의 활동이 아니다.

과학 탐방은 국가적 과제로 철저히 연구되고 대규모로 자료가 개발되어야 하며 과학 지도교사 양성과 연수에 필수적으로 포함되어야 한다. 과학교육 행정과 장학은 학교 내 실험 활동과 학교 밖 과학 탐방이 과학교육 전산 활동과 어울리는 것으로 조화롭게 진행되도록 장학을 새롭게 가다듬어야 한다. 이렇지 않고 어떻게 과학의 세기에 선진국 대열에 참여하게끔 과학교육을 향상 시키겠는가?



첨성대



성덕대왕신종

5.1 과학 탐방의 연구와 자료 개발

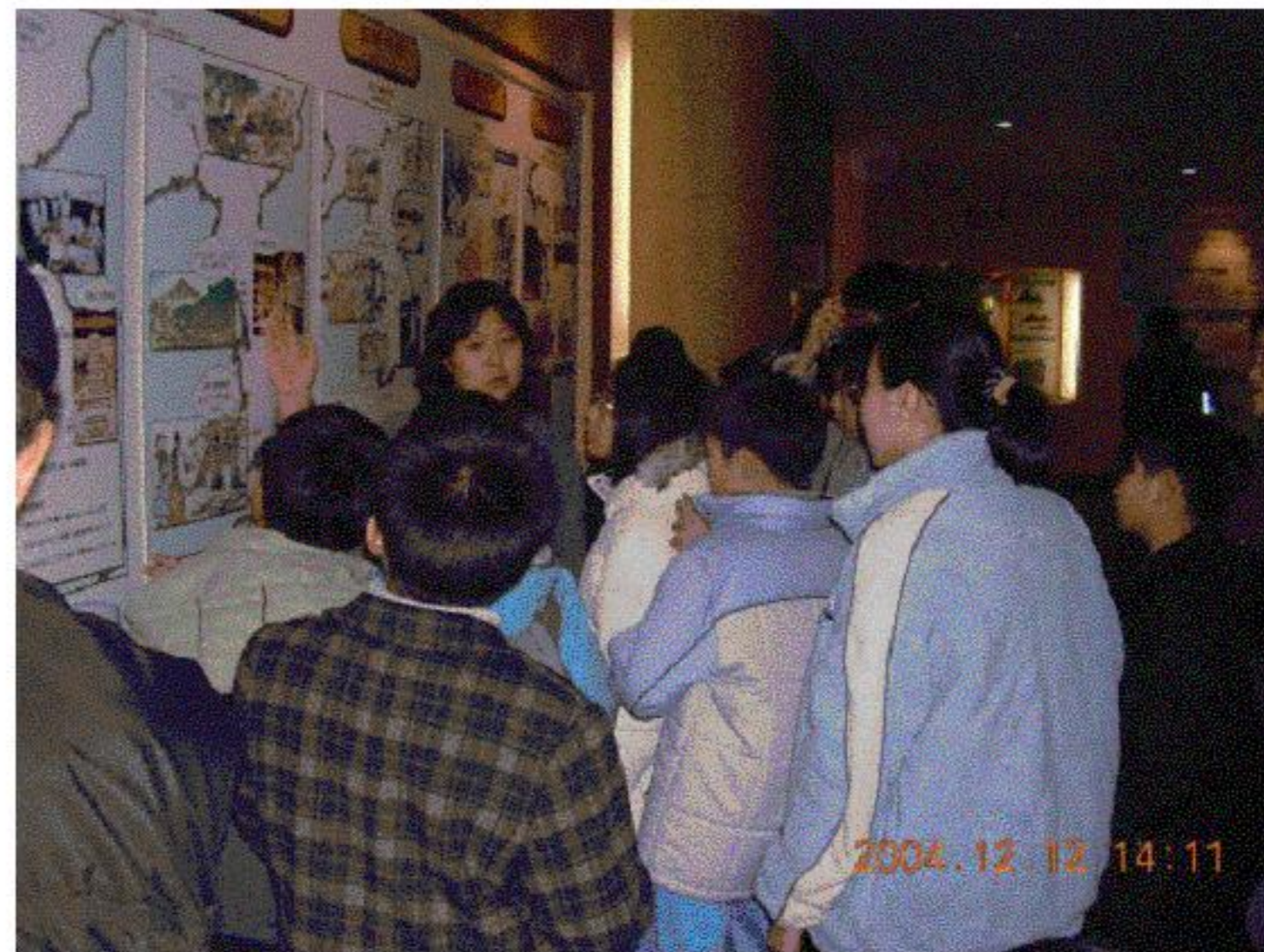
지금까지 “우리 역사 속 과학탐방”을 중심으로 논의하였으나 우리 문화 속 과학 탐방의 연구 범주는 다음과 같이 확장되어야 하고 거국적으로 연구되어야 하며 대규모로 다양하게 여러 자료가 개발되어야 한다.

가. 우리 역사 속 과학 탐방의 범주 확장 예시

- 우리의 유적지와 유물 과학기술 탐방
창덕궁, 종묘, 화성, 대장경판전, 석굴암과 불국사
덕수궁, 국립민속박물관, 경복궁, 도예마을, 영릉, 진주성,
천불천탑, 해양유물박물관, 제주도민속자연사박물관, 각시도의 국립박물관 등
- 우리의 과학기술선현 탐방
장영실, 이천, 이순지, 최무선, 홍대용, 우장춘, 이태규, 이원철,
허준, 세종대왕, 김정호, 현신규 선현의 발자취 찾아서 등
- 우리의 자연환경 과학 탐방
한국의 곤충, 나비, 철새, 뺨, 나무 군락지, 광릉수목원,
제주 동굴과 폭포, 강원도 탄광지, 남해 공룡
강화도, 제주도 한라산 생태계, 보인산 천문대에서 우리가 보는 하늘 관측 등



“고 현신규 교수 발자취 찾아서” 탐방팀



국립산림과학관 탐방

- 우리 생활 속 과학기술 탐방
자동차박물관, 기차박물관, 우정박물관, 화폐박물관,
농업과학관, 산림과학관, 해양수산박물관, 석탄박물관,
참소리박물관, 중랑하수처리장, 춘천댐 등
- 우리의 현대 과학기술 산업 탐방
원자력발전소, 조선소, 포항제철,
자동차생산공장, 반도체생산공장, 월드컵경기장 등
- 우리 기초 과학 연구소 탐방
한국표준연구소, 화학연구소, 원자력연구소, 천문연구소, 각 대학의 과학연구소 등
- 우리의 과학관 탐방
국립중앙과학관, 국립서울과학관, 서울시탐구관, LG과학관, 각 시도 과학교육원 등

나. 연구과제와 인력 및 접근방법

이상과 같은 과학 탐방 범주에 대해서 학생을 데리고 그 곳에 가기만 하면 기대하는 과학 공부 가 되는가? 전문적인 과학교육연구자들과 과학지도교사들이 중심이 되고 수학자, 과학자, 공학자, 기술자, 교육(학)자, 역사학자들과 공동으로 “은 누리 과학교육장화” 하는 연구 개발을 해야 한다. 한 유적지에 대해, 한 유물에 대해 역사적인, 과학사적인, 과학적인, 기술적인, 산업적인, 사회적인, 교육적인 관련 사항을 파악해야 한다. 이것을 바탕으로 현재의 초중등학생들의 학교 교육과정과 교과서를 분석하고 개선하며 대상별로 과학 탐방의 과학교육적 목표 설정과 내용조직 및 지도와 평가 방안 모형을 구성해야 한다. 이것을 바탕으로 학생과 교사를 위한 인쇄 교재, 시청매체, 전산자료, 실험기자재, 시범기구 등을 개발 보급해야 한다.

과학 지도교사 특별연수를 통해 교사들이 실제로 학생을 데리고 탐방하는 과정을 면밀히 조사 분석하여 교육과정, 교재, 시행, 평가 방법을 수정 보완하는 연구를 계속하는 동시에 확대된 교사 연수가 정착되어야 한다.

각 시도 교육청과 학교의 계획에 따라 점진적으로 실천하여 점검체제를 통해 시행상의 미흡한 점을 개선해야 한다. 이러한 과정은 어느 한 사람이나 한 연구소 또는 한 단체가 구현할 수 없는 국가적인 연구 개발 추진 과제이다.

라. 과학 탐방 자료 개발

과학 탐방을 위한 여러 가지 자료가 기대된다. 몇 가지 예를 들면,

- 과학 탐방 관련 인쇄물
학생 읽을거리(도서)
학생 탐방 전, 탐방 중, 탐방 후 활동지
교사 지도서
학부모 도움서
- 과학 탐방 관련 시청매체와 전산 체제
과학 탐방 비디오
전산체제(학생 수준별, 교사 안내 별도)
- 과학 탐방 관련 실험 기자재
과학 해보기 세트
(MBL) 야외실험 시범 키트

다음에 과학 탐방 후 교사를 위한 지도 자료와 연관되게 학생을 위한 활동지의 연구 개발 예를 “경주 과학 탐방” 경우를 들어 제시한다. (김형석, 2004)

참고로 예를 들면 남한을 5지역으로 구분하고 각 지역에서 5범주의 탐방지를 4~5개 장소만 하더라도 100여개 이상의 장소나 기관이 연구 개발된다.

한 장소나 기관을 연구한 인력은 교대나 사대 과학교육계 교수 100명, 자연대나 공대 교수 또는 그 분야 전문가 100명, 초·중·고 과학지도교사 100명×3=300명 확보는 어렵지 않다.

한 장소를 연구하고 우선 학생용과 교사용 인쇄 자료만 개발하는데 3천만원 정도 지원한다 해도 매년 10억원/년×3년=30억원이면 이 거국적 사업을 시도할 수 있다.

이러한 사업이 진행된다면 다음과 같이 900만 초중고의 학생이 연 1회 탐방할 수 있다.
 $30\text{명/조} \times 10\text{조/장소} \times 4\text{장소/범주} \times 5\text{범주/지역} \times 5\text{지역/일} \times 300\text{일/년} = 900\text{만 명/년}$



3-4 보는 사람을 고려한 설계

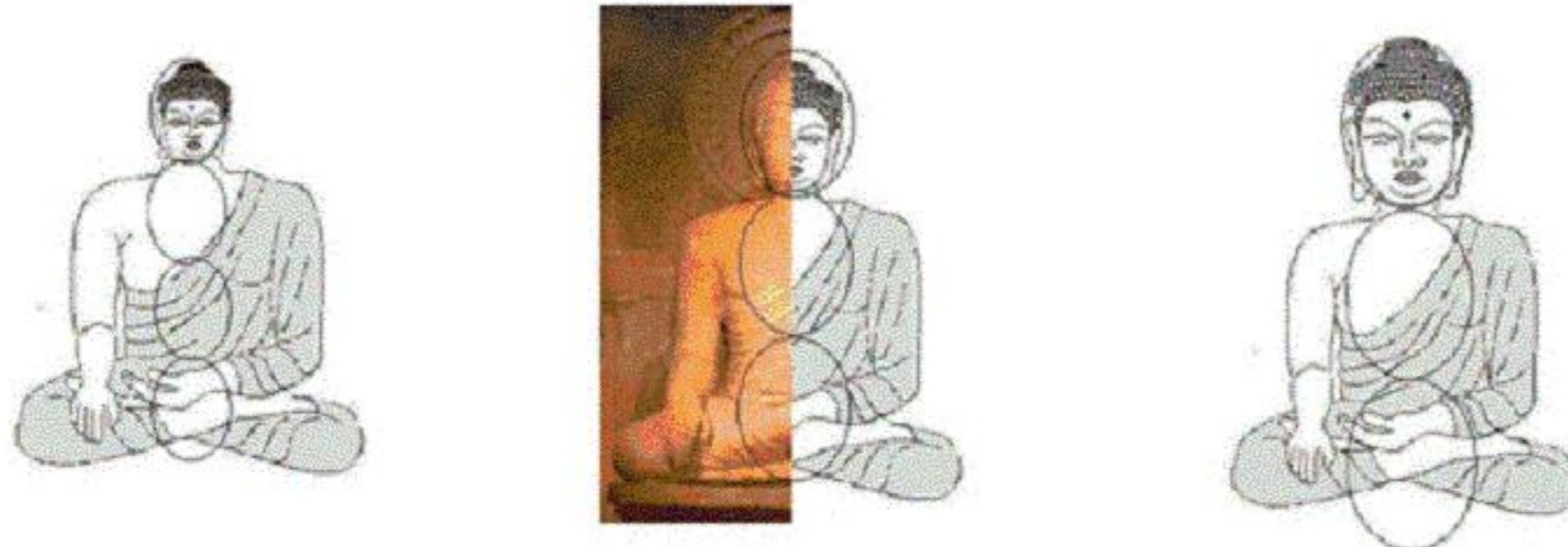
[관련개념 : 거리에 따른 관찰 크기 변화]

1 목표 : 석굴암 설계에 깃든 원근에 대한 고려 이해

2 내용

1. 석굴암을 잘 관찰했는가를 알아보는 퀴즈를 함께 풀어 보자.

(1) 다음 세 가지 석굴암 본존불 그림 중 실제 석굴암 본존불의 머리 크기와 가장 비슷한 것은 어떤 것일까? (정답 가운데 그림)



보통 성인의 경우 앉은 키에서 머리길이는 4분의 1정도이다. 석굴암 본존불은 머리길이가 앉은키의 약 3분의 1정도가 되어 머리가 상대적으로 커 보인다. 하지만 관찰자의 눈보다 높은 위치에 있음을 고려할 때 머리가 조금 큰 것이 더 자연스럽게 보인다. 가까이에서 높은 곳을 올려다볼수록 위쪽은 작아 보이기 때문이다.

(이런 왜곡의 원리는 다음 쪽 설명을 참조)

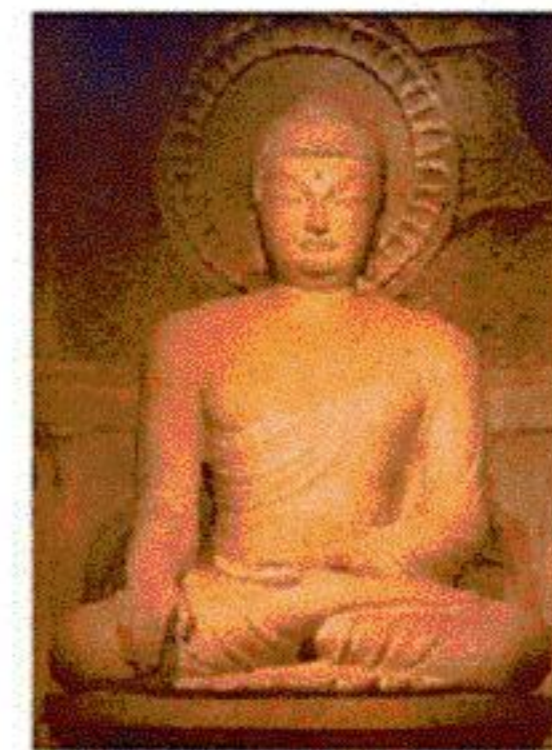
(2) 본존불의 머리 뒤쪽에 후광 역할을 하는 광배(光背)에 새겨진 꽃잎들 중 아래쪽에 있는 꽃잎과 위쪽에 있는 꽃잎중 어느것이 작을까?

꽃잎 역시 위쪽 꽃잎이 조금 더 크다. 그것이 오히려 자연스러워 보이기 때문이다.

(3) 왼손과 (무릎위의) 오른 손 중에서 어느쪽이 더 작을까?

이 경우 오른손은 무릎앞쪽에 있어 조금 더 관찰자 가까이에 있기 때문에 앞쪽에 있는 왼손을 조금 작게 만들었다.

관찰 관련 퀴즈는 평가가 목적이 아니라 학생들이 흥미 유발을 위한 것이다. 잘 관찰한 학생들도 틀릴 수 있는 문제이다.



몸에 비해서 조금 큰 머리

오른손에 비해서 조금 큰 왼손

아래(예불하는 위치)에서 올려다보며 찍은 사진



본존불 뒤쪽의
십일련관음보살상

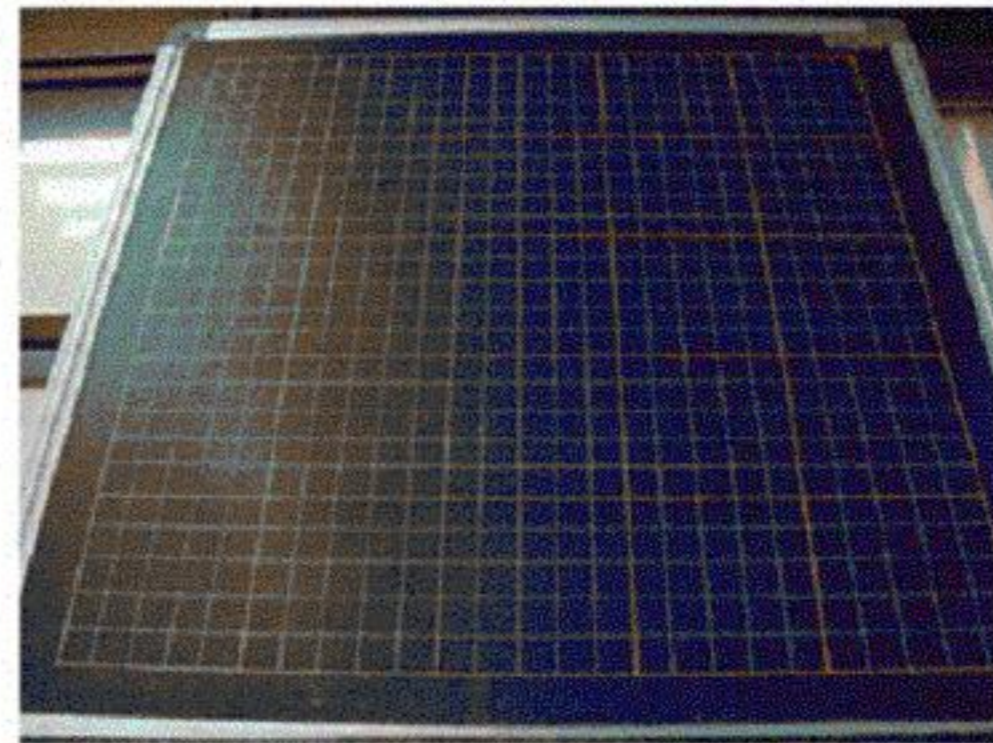
2. 본존불 등 뒤쪽 공간은 아주 좁다. 그렇다면 등 뒤쪽에 있는 조각은 다른 조각에 비하여 다른 어떤 특징을 가지고 있을까?

11면 관음보살상은 특히 얼굴이 상대적으로 아주 크게 조각되어 있음을 알 수 있다. 하지만 본존불을 등지고 가까운 거리에서 쳐다볼 때는 머리가 크다는 것을 잘 느낄 수 없게 된다.

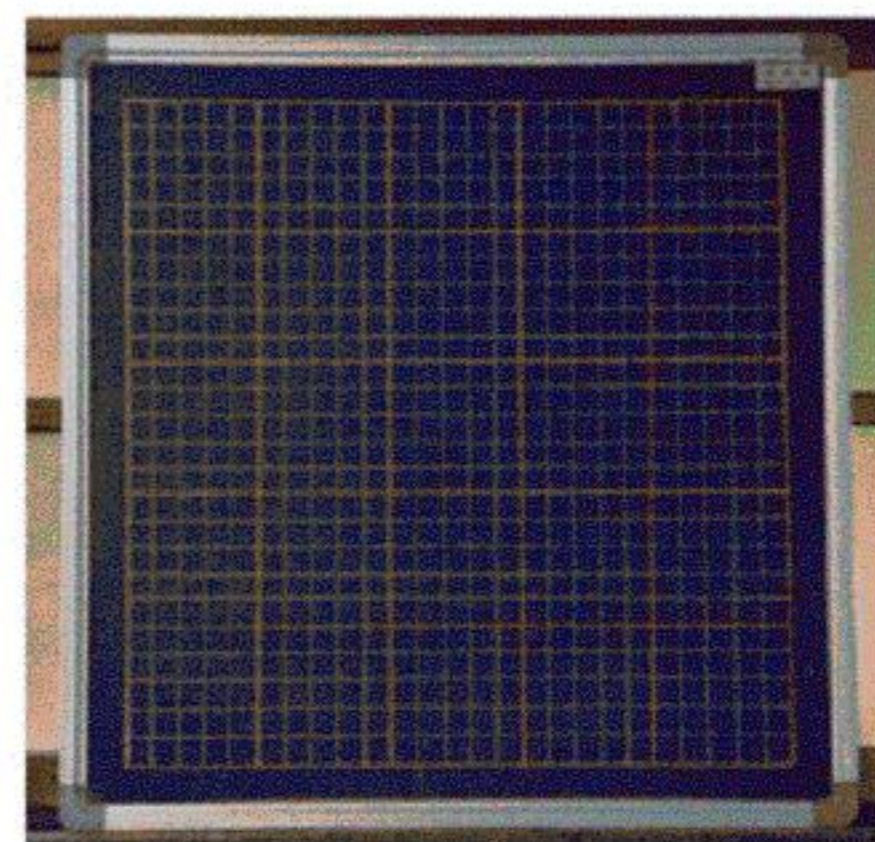
가까운 거리에서 올려보는 것과 멀리서 올려보는 경우를 비교한 그림에서 그 이유를 찾을 수 있다. 가까운 거리에서 올려볼 경우 위쪽이 같은 길이에 해당하는 아래쪽보다 더 작은 각도로 보인다. 이에 비해 멀리서 바라보면 각도 차이가 별로 느껴지지 않는다. 이러한 이유로 좁은 석굴 내부에서 올려 보아야 하는 본존불이나 11면 관음보살상 같은 경우에는 머리를 약간 크게 만든 것이다.



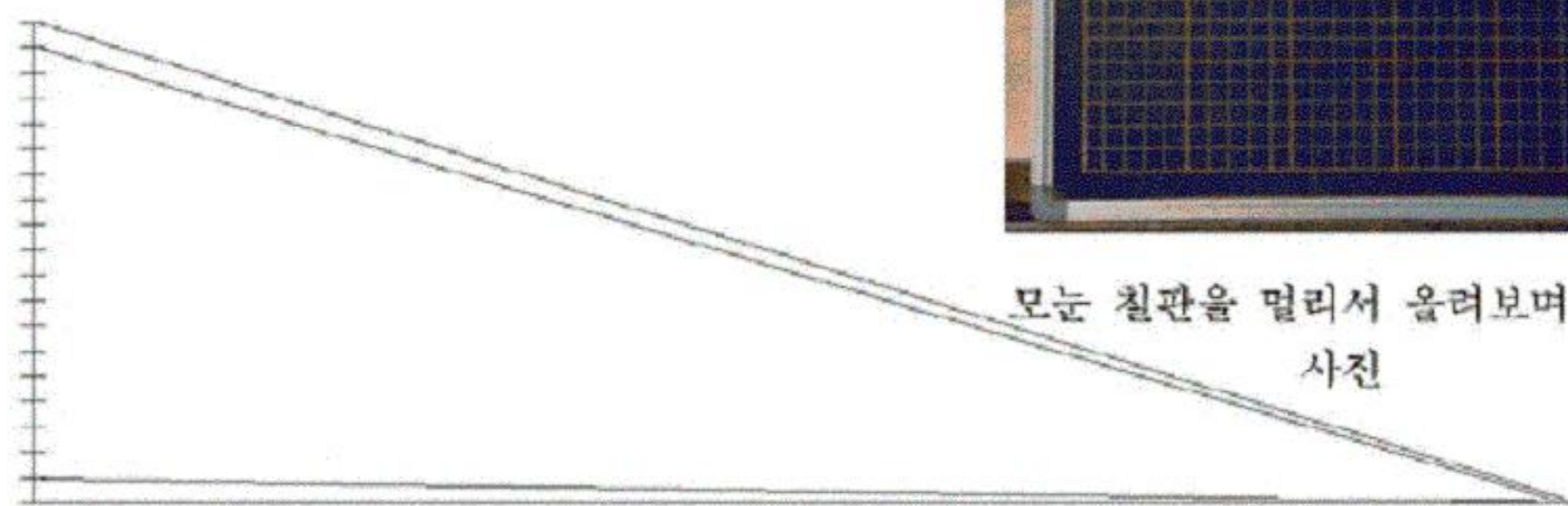
가까운 거리에서 올려 보는 경우
거리차이도 많이나고 각도에
따라 시각의 차이도 커진다.



모눈칠판을 가까이서 올려보며 찍은 사진



모눈 칠판을 멀리서 올려보며 찍은
사진



멀리서 올려보는 경우

촬영 방법에 따른 상의 왜곡현상 관련 예

1) 증명사진이나 졸업사진 등 전문가가 얼굴을 찍을 때에는 멀리서 줌렌즈로 확대하여 왜곡현상 줄임.

2) 가까운 거리에서 찍은 사진(피씨카메라 사진, 접사사진)의 경우 코는 가깝고 귀는 멀어서 크기가 실제와 다르게 나타날 때가 있다.

3. 물체의 각 부분의 크기관계를 정확하게 관찰 또는 촬영하려면 어떤 방법을 사용해야 할까?

멀리서 줌렌즈를 써서 확대하여 찍으면 각 부분의 위치에 따라 상이 잘못되는(왜곡되는) 정도가 감소한다. 멀리서 찍으면 관찰 각도도 비슷하고 거리차이가 전체에서 차지하는 비율도 적어진다.



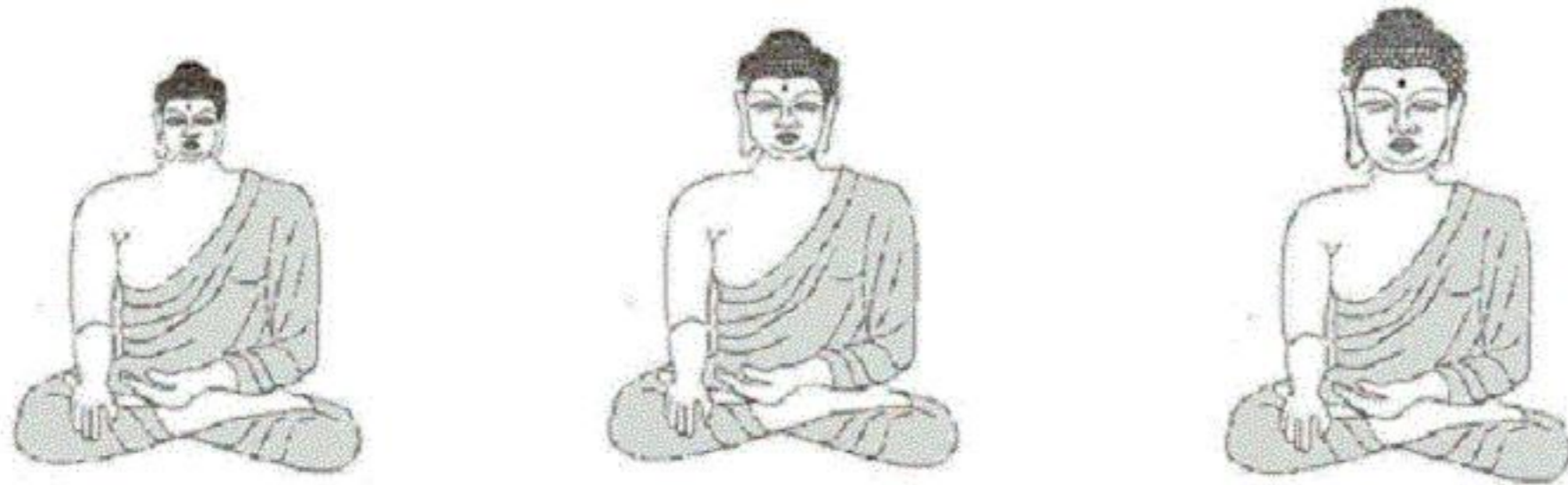
3-4 보는 사람을 고려한 설계

[관련개념 : 거리에 따른 관찰 크기 변화]

본존불 중심의 석굴암도 알고보면 철저히 사람입장에서 설계되었다.

1. 석굴암을 잘 관찰했는가를 알아보는 퀴즈를 함께 풀어 보자.

(1) 다음 세 가지 석굴암 본존불 그림 중 실제 석굴암 본존불의 머리 크기와 가장 비슷한 것은 어떤 것일까?



퀴즈 문제는 사실 잘 관찰해도 알아내기 힘든 것이지만 조금만 생각해 보면 정확히 알 수 있다. 퀴즈 답은 선생님께서 알려주실 것이므로 각자의 답을 일단 써보자.

(2) 본존불의 머리 뒤쪽에 후광 역할을 하는 광배(光背)에 새겨진 꽃잎들 중 아래쪽에 있는 꽃잎과 위쪽에 있는 꽃잎 중 어느 것이 작을까?



적당한 위치에서 보면 머리 뒤쪽에 있는 광배와 광배를 이루는 꽃잎들

(3) 왼손과 (무릎위의) 오른 손 중에서 어느 쪽이 더 작을까?

2. 본존불 등 뒤쪽 공간은 아주 좁다. 그렇다면 등 뒤쪽에 있는 조각은 다른 조각에 비하여 다른 어떤 특징을 가지고 있을까?



본존불 뒤쪽의 십일년관음보살상

3. 물체의 각 부분의 크기관계를 정확하게 관찰 또는 촬영하려면 어떤 방법을 사용해야 할까?

5.2 과학지도 교사 양성 및 연수와 탐방

산과 들에 피는 꽃과 나무 그리고 동물들을 우리가 때로는 온실 속에서 가꾸고 우리 속에서 키우기도 하지만 그것은 극히 일부이다. 이제는 우리의 자연뿐 아니라 남태평양의 자연 등을 드러내게 되었으며 지구 밖 위성과 별나라에 꽃과 나무를 심어 볼 꿈도 지니고 있지 않는가?

그런데, 자연환경 속에서 가정과 사회를 이루고 삶을 영위해온 인간이 학교라는 제도를 세워 청소년을 교육하지만, 새삼스럽게 생각해 보면, 교육을 학교 울타리 안에서만 해야 할 이유가 있는가? 학교 밖 자연과 사회 속에서 살아야 함을 잊고 학교 밖 교육 활동을 여러 핑계로 지나치게 등한히 해 왔다고 생각한다.

가장 핵심적인 것은 교사 양성과 연수에 있어서 대학 강의실이나 연수원 강당 밖에서의 과학 탐방 교육을 의미 있게 충실히 하는 것이 “온 누리 과학교육장화”를 실천하는 첫 관문이라 하겠다.

가. 초·중등 과학 지도 교사 양성과 탐방

교사 양성 교육과정 중에 8학기 동안 각 학기 마다 한번씩 최소 8번의 과학 탐방 과목을 이수해야 졸업하도록 해야 할 것이다.

- 탐방 과제

앞서 제시한 바와 같이 “유적지와 유물 과학 탐방”, “과학기술 선현 탐방”, “자연환경 과학 탐방”, “생활 속 과학 탐방”, “기술산업 과학 탐방”, “과학 연구소 탐방”, “과학관 탐방”, “놀이공원 과학 탐방” “외국 과학 탐방” 등을 최소한 각 범주 중에 한 곳, 즉 졸업하기 전에 8곳 이상 탐구 활동을 수행한다.

- 학생 조직

매학기 1학점 이상의 필수 과목으로 과학 탐방을 이수하도록 하고 여러 학과(전공) 학생을 가급적 고르게 포함하여 30여명 이내의 단위로 구성하여 실시한다.

- 교수 조직

학생 30여명 한 팀 단위에 가능한대로 물리, 화학, 생물, 지구과학 배경의 교수와 탐방 장소에 따라 수학, 공학, 역사학, 경제학, 가정학, 또는 레크리에이션을 전공한 교수를 초빙하여 대동한다.

- 기간 일자

최소 1박 2일로 부터 외국 탐방의 경우는 1주일 이상 수행한다.

- 학점과 이수 시기

모든 학생이 매 학기에 최소 1학점 이상 필수로 하여 학기 중이나 방학 동안에 실시한다.

- 행재정 지원

대학에서 모든 행정적 조치를 강구하고 교수 한사람이 책임을 지고 수행한다. 학생들은 각자 식사비를 부담하고, 교통비, 숙박비등 기타 전반적인 준비, 연락, 교수와 강사의 비용 등은 대학에서 부담한다.

- 탐방 전 준비와 현장지도 후 사후 처리

책임 교수는 탐방 전 안내와 준비를 철저히 한다. 특히 상세한 “과학 탐방 안내서”를 마련하여 출발 전에 지도하고 탐방 중 과학 및 과학교육 중심의 탐방 활동이 되도록 지도한다. 탐방 후 심층 탐구 발표 토론회, 전시회 등 최대의 학습 효과가 나도록 하며 지원해 주신분과 기관에 감사를 표시하도록 한다.

나. 과학 지도 교사의 연수와 탐방

초중학교 과학 지도 교사는 시구군 교육청과 과학교육원, 그리고 고등학교의 과학교사는 시도 교육청과 과학교육원이 계획하여 거국적인 연구 개발 교재와 방법을 충분히 검토하여 각 시도구군에 적합하게 계획하고 점진적으로 모든 교사가 매년 1박 2일 탐방을 한번은 참가하게 실시한다.

- 탐방 과제

앞서 제시한 바와 같이 “유적지와 유물 과학 탐방”, “과학기술 선현 탐방”, “자연환경 과학 탐방”, “생활 속 과학 탐방”, “기술산업 과학 탐방”, “과학 연구소 탐방”, “과학관 탐방”, “놀이공원 과학 탐방” “외국 과학 탐방” 등을 모든 교사가 매년 최소 한 곳 이상 탐방 연수를 하도록 한다.

- 연수팀 조직
여러 학년 그리고 여러 학과(전공) 배경의 교사들이 자발적으로 응모하도록 하고 가급적 고르게 포함하여 30여명 이내의 단위로 구성한다.
- 교수 강사 확보
교사 30여명 한 팀 단위에 가능한대로 탐방 연구에 참여한 물리, 화학, 생물, 또는 지구 과학 교육 전공 교수를 초빙하여 실시한다.
- 기간 일자
최소 1박 2일로부터 외국 탐방의 경우는 방학 동안에 1주일 이상 수행한다.
- 이수 의무
장소와 일자는 교사가 선택하여 응모하도록 하지만, 모든 교사가 매년 최소 1회 이상 필수로 참가하도록 한다.
- 행재정 지원
시도교육청에서 모든 행재정적 조치를 강구하고 수행한다. 교사들은 각자 식사비를 부담하고 기타 전반적인 준비, 연락, 강사의 비용 등은 교육청에서 부담한다.
- 탐방 전 준비와 탐방 후 사후 처리
담당 장학관은 탐방 전 안내와 준비를 철저히 한다. 특히 상세한 “과학 탐방 안내서”를 마련하여 출발 전에 지도하고 초빙 강사 교수는 탐방 중 과학 및 과학교육 중심의 탐방 활동이 되도록 연수한다. 교사는 탐방 후 학생을 데리고 탐방하도록 학교가 조치한다.

서울 성북교육청 산하 과학지도 교사들의 특별 과학 탐방후 활동 연수



초중과학 지도교사 탐방연수 예시(20명×2반)

일차	차시	시간	강의내용	비고(장소)
1일차	1~2	2시간	개회식 및 특강	시청각실
	3~4	2시간	과학문화탐방의 교육적 과제	
	5~6	2시간	과학탐방과 과학 해보기 및 MBL 활용 시범 실행	
2일차	7~12	6시간	가 과학탐방(국립민속박물관)의 실제	박물관, 덕수궁
			나 과학탐방(덕수궁)의 실제	
3일차	13~18	6시간	가 과학탐방(덕수궁)의 실제	덕수궁, 박물관
			나 과학탐방(국립민속박물관)의 실제	
4일차	19~21	3시간	가 과학활동의 개발(해보기, 시범, 진로)	실험실
			나 과학활동의 개발(해보기, 시범, 진로)	
	22~24	3시간	가 학생평가방법(현장평가방안, 장기활동평가)	실험실
			나 학생평가방법(현장평가방안, 장기활동평가)	
5일차	25~27	3시간	가 탐방활동 작성 발표 및 토론	실험실
			나 탐방활동 작성 발표 및 토론	
	28~30	3시간	우수 작업결과 발표와 논평 및 시상	시청각실

5.3 과학탐방 교육 정책과 행재정 및 장학과 점검체제

가. 국가의 과학 탐방 교육 정책과 교육과정 개선

국가는 학교의 울타리가 이미 인터넷을 통해서 내적으로 허물어 졌음을 직시하고 참다운 과학 교육을 위해 외적으로 학교 밖 과학 탐방 활동을 주 5일 수업의 계기로 정규 교육과정화 해야 할 것이다. 이 시대적 필수 불가결한 사항을 현대의 울타리 속 학교 내 교육도 어렵다고 학교 밖 활동을 무시하거나 미룰 과제가 아니다. 국가적인 교육정책으로 “온 누리 과학교육장화”를 뜻있게 선언하고 과감히 과학교육을 혁신하는 것이 이 시대가 국가에 기대하는 역할이다.

국가 정책의 한 가지 구체적인 실현은 초중고 학교 과학교육과정의 기본 방향을 검토하고 개선하는 것이다. 국제화와 토착화, 학교 교육과 생활의 연계, 참다운 개방적 탐구의 기회, 수준별 접근의 실천, 바람직한 진로지도 등을 숙고하여 현대의 과학교육과정을 면밀히 분석하고 개선해야 한다. 지금까지 이른바 도구 과목(국어, 수학, 영어)에 종속되어 온 학교 교육을 탈피하여, 그 도구를 써서 자연을 탐구하고 사회를 이해하며, 지적 및 육체적 건강과, 예술적 품위를 높임으로 참다운 인간 교육, “全人”교육을 초중등 교육에서 중요시해야 할 것이다. 이 길을 위해 실제적인 자연과 사회를 대면하는, 즉, 학교의 울타리를 내적으로나 외적으로 바람직하게 넘어서는 교육을 지향해야 할 것이다.

나. 과학 탐방 교육의 행재정과 장학 및 점검체제

“온 누리 과학교육관화”를 위해서는 교육인적자원부, 시도교육청 및 학교의 과학교육에 대한 교육행정과 재정 지원이 대폭 개선되고 강화되어야 한다.

과학기술부와 한국과학문화재단, 산업자원부, 관광부 등도 초중등 과학교육은 교육인적자원부와 시도교육청만의 업무가 아니라 모든 부처가 협조적으로 거국적 지원이 절실한 과제이다. 그러기에 국가도 이에 교육부총리, 과학부총리를 두지 않았는가? 이 국가의 지향을 행정 부서가 이해하지 못하고 전통적인 자세로 소극적인 것은 시대적 기대 역할을 하지 못하는 것이라 하겠다.

중요하면서 복잡하고 어려운 과학 탐방 활동은 일시적 지원이 아니라 지속적인 점검 평가 체제가 작동되어 참다운 장학이 수행되는 체제로 계속 운영되어야 한다. 그렇지 않고 일시적 행사로 유행과 같이 지나가는 것은 역사적 과오를 되풀이 하는 것이 될 것이다.

참고 문헌과 전산 정보

참고 문헌

- 강정우 (2003), 제주도 과학탐방, 2003, 과학문화교육연구소.
- 강정우 (2004), 제주도민속자연사박물관 과학탐방 지도자료, 서울대학교 과학교육연구소
- 강은형, 정용재(2002), 덕수궁 과학 탐방, 과학문화교육연구소
- 강은형, 이인호 (2004), “덕수궁 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소
- 김형석, (2003), 경주 과학 탐방, 과학문화교육연구소
- 김형석 (2004), 경주 과학탐방 지도자료, 서울대학교 과학교육연구소
- 박승재 편 (1999), 한국 역사 속 과학 탐방 교육, 과학문화교육연구회
- 박승재 (2005), 과학탐방의 지도: 초·중등학교 교사 과학 탐방의 연수 교재, 서울특별시 성북교육청.
- 양현주 (2005), 중학생의 “개방적 탐구 계획하기”활동에서 탐구과정 및 개념 체 계에 대한 사례 분석. 서울대학교 대학원 과학교육과 석사학위 논문
- 유준희 (2003), 국립민속박물관 과학 탐방, 과학문화교육연구소
- 유준희 (2004), 국립민속박물관 과학탐방 지도자료, 서울대학교 과학교육연구소
- 윤혜경 (1999), 확장적 과학 탐구 활동을 통한 중학생의 탐구 동기 변화 과정, 서울대학교 박사학위 논문
- 이정원 (1999), 영릉(英陵) 과학 탐방을 통한 중학생들의 세종시대 문화재에 대한 개방적 탐구 활동 분석, 서울대학교 석사학위 논문
- 최순 (2005), 영릉문화재 과학 탐방의 열린 탐구활동을 통한 자기 주도적 과학학습 능력의 분석, 수원대학교 석사학위 논문
- 최재혁 (1999), 화성(華城) 과학 탐방을 통한 문화재에 대한 과학적 안목 형성 지도, 서울대학교 석사학위 논문
- 최재혁,(2002), 화성 과학 탐방, 과학문화교육연구소
- 최재혁 (2004), 화성 과학 탐방 지도자료, 서울대학교 과학교육연구소

전산 정보

<http://seer.snu.cc.kr> > 과학문학탐방

<http://scienceall.com> > 과학탐방

붙임 1. 통합적 예시: 경주과학탐방 지도자료 중에서 한 가지 과제에 대하여 탐방 전, 탐방 중, 탐방 후 교사용과 학생용 자료 예시 (김형석, 2004)



1-2 얼음을 지켜라.

[관련개념 : 온도, 열전달, 물질의 양과 단면적]

1 목표

얼음의 특성을 이해하여 석빙고 탐구의 기초를 갖춘다.

1. 얼음 준비시 유의점 : 냉동고에서 하루 이상 냉동상태를 유지했던 얼음을 사용하는 것이 좋음.

2 준비물

크기가 다른 육면체 얼음(또는 같은 크기의 얼음 여러 개), PET 병 속에 물을 반쯤 담아 얼린 얼음.

2. [얼음 덩어리 크기] 본 실험은 같은 양의 얼음에서 덩어리의 크기에 따른 에너지 출입의 차이를 보는 실험이다. 따라서 일반 냉동실 각 얼음을 사용할 경우 크기가 다른 물을 이용하여 얼린 얼음을 이용하여도 된다.

(실험 수업 시 유의점 : 얼음의 녹는 것을 관찰하기 위해 시간이 많이 필요하므로, 아래에 제시된 다양한 실험들이 동시에 진행 될 수 있도록 실험 준비를 하는 것이 바람직하다.)

3 실험 과정

3. [큰얼음 만들기] PET병에 얼음을 얼릴 경우에는 빼기 쉽게 PET병을 미리 반으로 잘라서 물을 넣고 얼리는 것이 편리하다.(뚜껑있는 상태에서 얼리면 얼어있는 통을 잘라야 하는 어려움이 있음.)

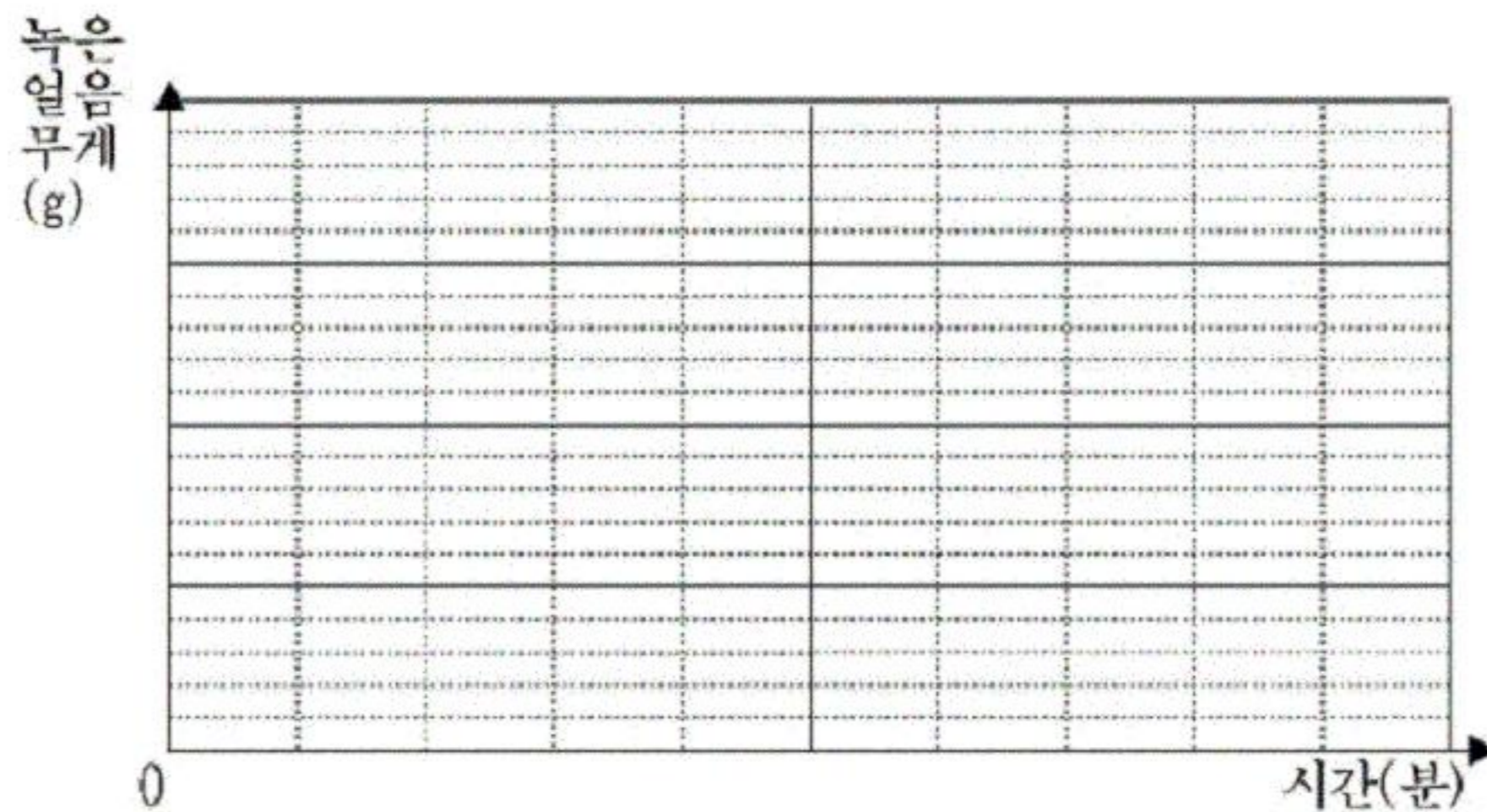
1. 큰 덩어리 얼음(PET병 등에 넣어서 얼린 얼음)과 같은 무게의 작은 육면체 얼음조각들 중 어느 쪽이 더 잘 녹는지 관찰하여 기록하자.(녹는 양과 녹는 모습)

[학생용엔 기록표와 그래프, 교사용엔 그래프 예시]

*그래프 작성 지도시 유의점

-실험조건에 따라 X축과 Y축에 적절한 값을 표기하여 그래프 작성

4. [그래프 축의 값] 그래프에 익숙하지 않은 학생들의 경우 축의 눈금을 적절히 잡기 어려우므로 준비된 얼음의 양, 용기의 크기 실내기온등을 고려하여 최대값과 최소값을 교사가 지정해주거나 인쇄시 표시해주는 것이 원활한 실험을 위해 필요함.



[실험 방법 1]

얼음 녹은 물이 빠져나갈 수 있는 통에 얼음을 넣고 녹은 물이 빠져나가고 남아 있는 얼음의 질량을 측정.

(! : 물이 빠져나갈 수 있는 통이 없다면 PET병에 구멍을 뚫어서 만들 수 있다.)

[실험 방법2]

통에서 빠져나온 얼음 녹은 물을 모아서 그 양을 측정 (무게 또는 부피로 측정 가능)

[실험 방법3]

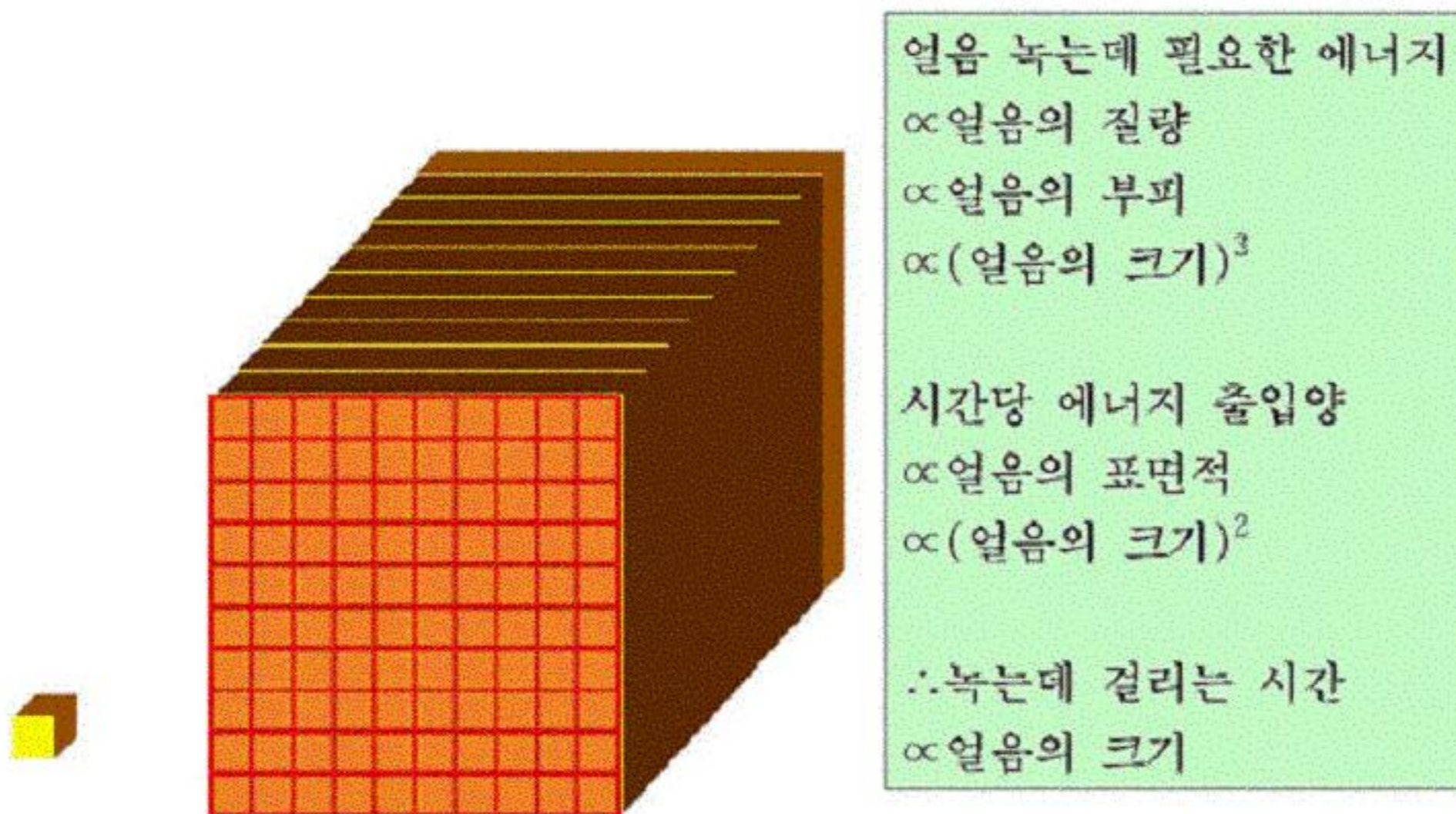
MBL을 이용한 얼음의 크기와 보존시간의 관계 분석

MBL의 장점중의 하나는 오랜 시간 서서히 변화하는 물리량을 장시간 기록 분석하는 작업을 매우 간편하게 해주는 것이다. 오랜 시간이 소요되는 실험인 관계로 MBL장비를 써서 녹은 얼음의 무게변화를 생생하게 관찰할 수 있도록 하면서 실험을 수행할 수 있다.

힘센서와 얼음 등을 갖추어 놓고 실험할 수 있다.

[실험결과 분석 1]

얼음 덩어리의 크기가 클 수록 얼음은 서서히 녹는다. 왜냐하면 얼음이 녹기 위해서는 열에너지를 필요로 한다. 이 열에너지는 주변의 따뜻한 공기로부터 얻을 수 있는데 주변과 접촉하는 면적이 넓을 수록 열에너지를 많이 얻을 수 있다. 그런데 얼음 덩어리의 크기가 10배 큰 것은 가로, 세로, 높이 모두 10배 크다는 의미이므로 부피(또는 질량)는 10의 세제곱인 1000배가 된다. 그런데 표면적은 10의 제곱인 100배가 크게 된다. 즉 1000배의 열을 100배의 에너지로 녹는셈이므로 녹는데 걸리는 시간이 10배가 된다.



5. 시간에 따라 녹은양을 측정하는 것이 어려운 상황(물이 빠져나오는 것을 모으기 어려운 상황)에서는 무리하게 그래프를 그리는 것 보다는 일정한 시간 후에 얼음 녹은 물을 모아서 측정하는 것으로 결과를 확인할 수 있다. 단 이때 얼음이 물에 잠기게 되면 결국 외부와의 접촉면적이 비슷하게 된다. 그러므로 차이를 확인하기 어려우므로 얼음이 물에 3분의 1 이상 잠기기 전에 측정하는 것이 좋다.



6. [유사한 예]

사탕을 먹을때 깨물어 먹으면 더 빨리 사탕이 녹는다. 이러한 관계 역시 사탕 덩어리의 크기가 작아지면 한 덩어리의 양은 크기의 세제곱에 비례하여 줄어들게 되고 표면적은 제곱에 비례하여 줄어들기 때문이다.

○. 본 실험의 목적은 얼음(또는 차가운 물체) 주변의 공기온도 분포를 대략적으로 관찰하는 것이다. 이 활동을 통해 석빙고의 구조를 이해하는데 바탕이 되는 경험을 제공한다.

○. 여러개의 온도계로 온도 차이를 관찰하는 경우에는 온도계의 오차가 영향을 미칠 수 있다. 가령 동일한 상태에 있는 몇 개의 온도계 들이 서로 다른 눈금을 나타내는 경우가 많다. 오차가 많이 나는 것을 제외하여 비슷한 온도계를 골라서 실험할 수 있도록 한다.

○. 온도측정 결과를 컴퓨터를 이용해서 분석 제시하려면 컴퓨터에 연결가능한 인터페이스와 그에 연결가능한 센서가 필요하다. 장비 구입시 사용안내참조.

★ 근처의 온도 분포를 측정하였을 때 아래쪽에 찬공기가 물려있는 것을 확인하여 석빙고 주변의 공기와 단열효과에 관한 기초적인 경험을 학생들에게 제공할 수 있다.

2. 얼음이 녹는 동안의 얼음 근처의 온도를 측정하자.

(얼음 녹은 물이 있는 곳, 얼음 바로 위 접촉, 얼음담은 통 가장자리보다 1cm정도 아래, 얼음 담은 통 가장자리보다 5cm정도 위쪽, 얼음 담은 통 옆쪽 5cm)

시간(분)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
온도계 위치									

[온도계 선택]

MBL실험을 할 경우 온도 변화를 생동감 있게 관찰할 수 있다.

그러나 이 실험에서는 시간에 따른 생동감 있는 변화보다는 각 위치 마다의 차이를 알리는 것이 목적이다. 따라서 제한된 개수의 MBL센서를 이용하여 실험하는 것 보다 일반 온도계 여러 개를 동시에 사용하도록 실험준비를 하는 것이 더 효과적이다. 온도계가 해당위치에 고정할 수 있도록 스탠드나 학생의 필통 등으로 고정시킨 후 측정하도록 한다.

[주변환경]

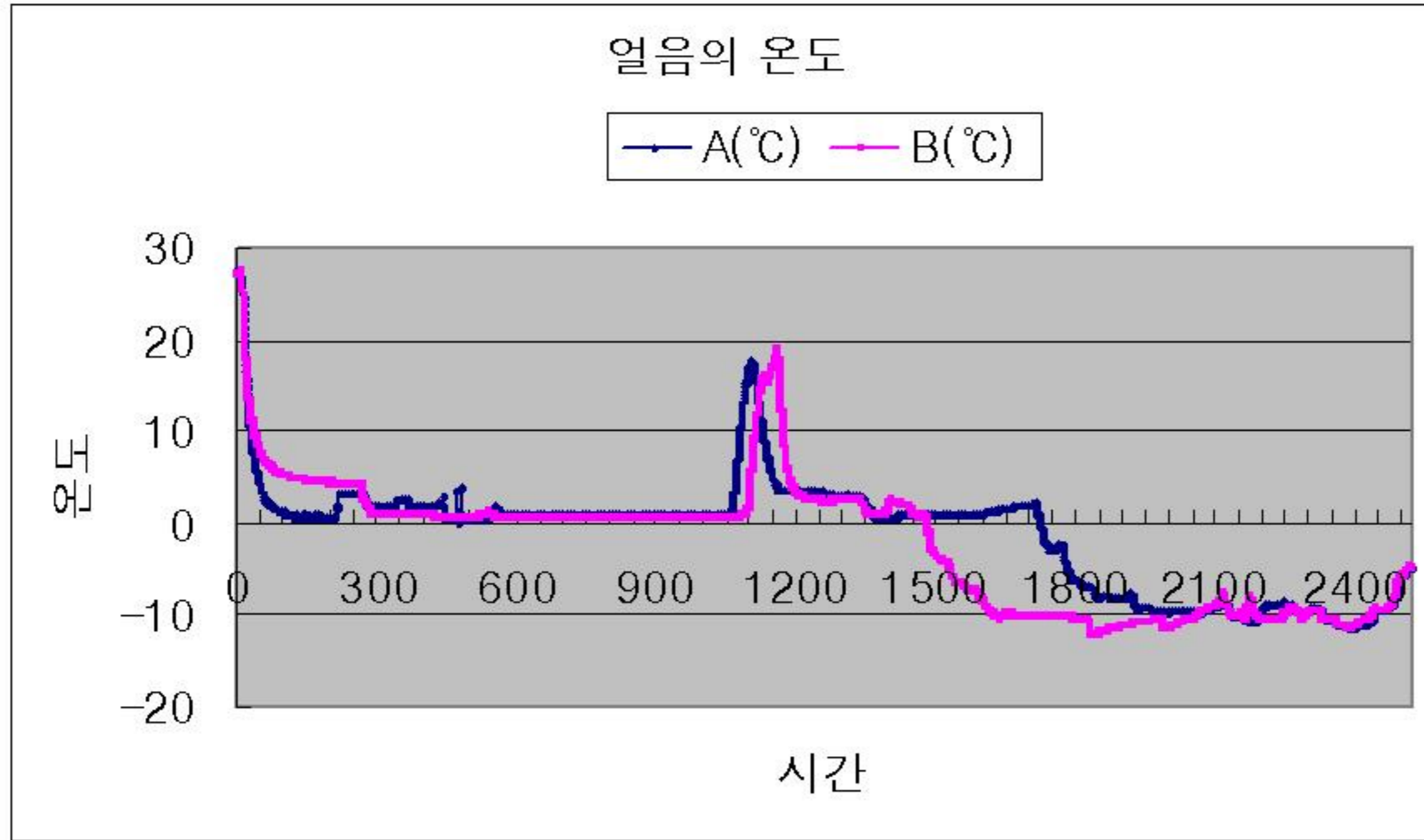
창문이나 출입구 등으로 드나드는 바람, 학생들의 이동에 의한 바람등에 의해 얼음 주변의 온도 분포에 영향이 미칠 수 있다. 기대되는 온도 분포와 잘 맞지 않는 결과가 나올 경우 오히려 이를 주변 공기흐름에 의한 온도 분포 변화 사례로 설명할 수 있다.

[온도계]

온도계의 눈금은 공기의 온도 변화를 제대로 반영하지 않는다. 주변 공기에 비하여 온도계의 열용량이 크고 또 MBL용 센서의 경우 금속으로 되어 있는 경우 열전도에 의해 측정하려는 부분이 아닌 부분도 영향을 끼치기 때문이다. 따라서 보다 나은 실험을 위해서는 열용량이 작은 온도계 또는 측정부 이외의 부분과 단열이 되는 온도계를 선택하는 것이 바람직하다.

(예: 앞의 탐침이 작은 디지털 온도계, 액정 온도계)

3. 시간에 따른 온도변화 측정 예시



얼음 덩어리가 큰 얼음 200g과 덩어리가 작은 얼음 200g을 비이커에 넣고 온도를 측정된 결과.(MBL이용)

온도계 A: 가 구간에서는 덩어리가 작은 얼음에 넣어 두었다가 “나”에서 부터는 덩어리가 큰 얼음으로 옮겨서 측정함.

온도계 B: 온도계 A와 반대쪽으로 옮겨서 측정함

가: 덩어리가 작은 쪽은 0도 근처까지 빠르게 온도가 하강하였으나, 덩어리가 큰 쪽의 경우는 온도가 5도 정도를 한참동안 유지했다.

나: 두 개의 온도계의 눈금이 차이 나는 것이 측정상의 차이인지 실제 온도의 차이인지 확인하기 위해서 온도계를 서로 바꾸어 측정(이때 온도계 바꿔도 얼음덩어리 큰 쪽이 계속 온도 높은 것을 통해 온도 차이가 온도계의 오차 때문은 아닌 것으로 드러남. 온도계가 있는 부근의 공기가 주변과 얼음 사이에서 열평형 상태가 되는 온도)

다: 얼음이 어느 정도 녹아서 온도계의 측정부분이 얼음물 속에 잠김. 이때부터 얼음덩어리 큰 쪽의 온도도 덩어리 작은 쪽과 거의 동일한 0도 근처를 유지하기 시작함.(얼음물의 온도가 제대로 측정)

라: 얼음 녹은 물의 양을 측정하기 위해서 물을 각각 비움 (순간적인 온도 상승)

마: 얼음 녹은 물이 빠져나가자 다시 온도계는 일시적으로 다소 온도 높은 상태(기온에 해당하는 공기와 얼음의 온도의 열평형온도)를 유지, 이때 얼음 덩어리 큰 쪽의 온도가 다소 높게 나타남.

바: 얼음에다가 소금을 부어 얼음이 급격히 녹으며 주변의 온도가 추가로 하강하는 상태. 이전까지 측정된 0도의 온도는 주변 공기가 주는 열이 0도에서 녹는 얼음에 의해 빼앗기면서 이루어진 균형 온도. 실제 얼음의 온도는 냉동실의 온도와 평형을 이루어 영하 10도 이하일 수도 있어서 소금을 뿌리면 더 빨리 녹아 얼음이 녹는 온도의(얼음의 온도를 더 제대로 측정)

가. 얼음이 녹지 않아 얼음과 온도계 사이의 공간에 공기가 있는 상태, 덩어리가 작은 쪽은 얼음과 온도계 사이의 공간도 좁고 얼음도 빨리 녹아서 온도가 빠르게 하강.

나. 실험전 동일한 온도에서 눈금 확인 요망

다. 공기에 비하여 물이 직접온도계에 닿은 경우 좀더 온도계에서의 에너지의 출입이 비교적 잘되어 약쪽 경우 모두 0도 근처 유지하게 된다.



제대로 비교하기 위해서는 동일한 방식으로 온도계를 설치하는 것이 좋다.

가.나.마. 실험 초기에 얼음조각이 작은 경우에 주변 공기와의 접촉면적이 넓어 보다 빨리 녹으며 주변의 온도를 급격하게 낮추게 된다. 따라서 큰 얼음덩어리의 온도가 높은 것처럼 측정되는 것은 그만큼 주변(온도계 포함)의 열을 조금만 받아들인 결과이므로 오래보관하기 위해서는 얼음 덩어리가 큰 것이 유리함을 명확히 이해시켜야 함.



1-2 얼음을 지켜라

[관련개념 : 온도, 열전달, 물질의 양과 단면적]

준비물

크기가 다른 육면체 얼음 (또는 같은 크기의 얼음 여러 개), PET 병 속에 물을 반쯤 담아 얼린 얼음.

더운 여름 얼음으로 음료수를 차갑게 마실 수도 있고, 생선과 같은 상하기 쉬운 음식을 좀더 오래 보존할 수도 있다. 냉동실이 있다면 아무 문제가 없겠지만 냉동실이 없었던 옛날에도 더운 여름철까지 얼음을 보관할 수 있었다고 한다. 얼음 보존에 관한 비법을 알아보자.

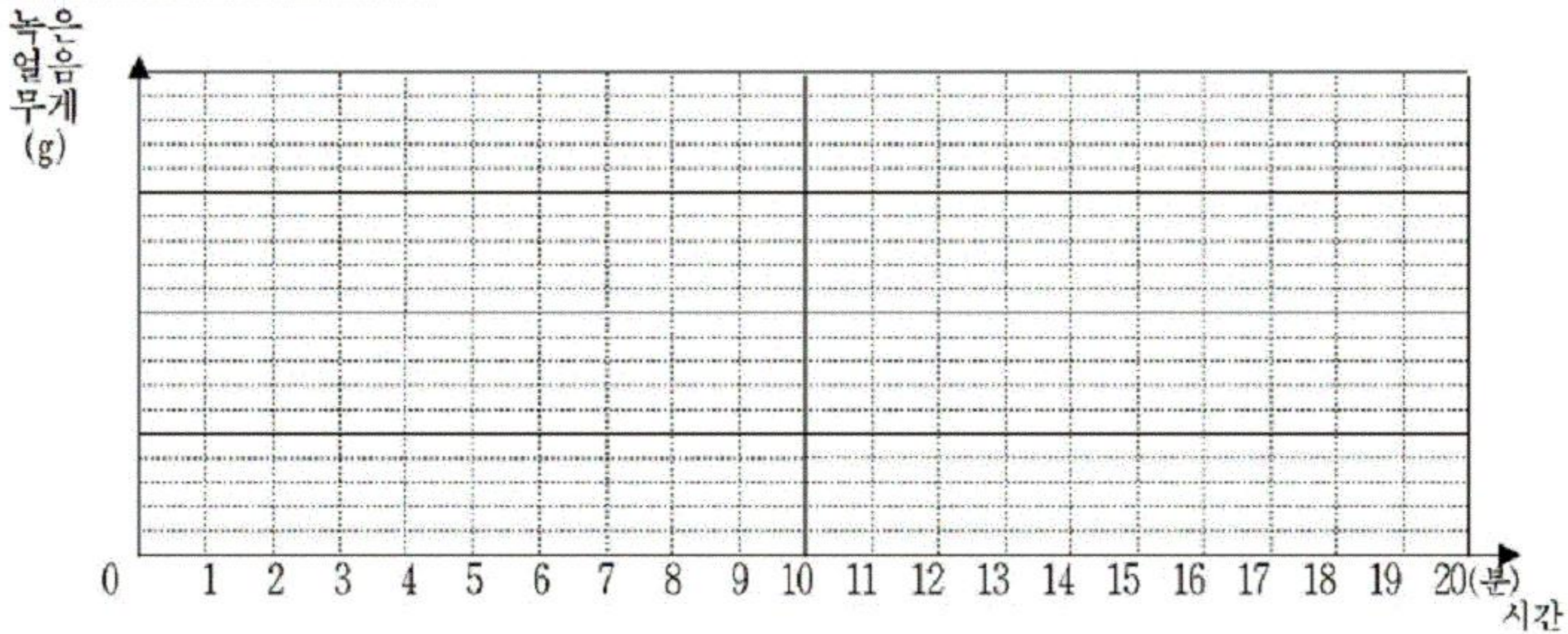
목표

얼음의 특성을 이해하여 석빙고 탐구의 기초를 갖춘다.



과정

1. 큰 덩어리 얼음(PET병 등에 넣어서 얼린 얼음)과 같은 무게의 작은 육면체 얼음조각들 중 어느 쪽이 더 잘 녹는지 관찰하여 기록하자.(녹는 양과 녹는 모습)



★얼음이 녹는동안 관찰한 내용은?

★어느 얼음이 더 빨리 녹는가?

★같은 무게의 얼음인데 녹는 속도가 다른 이유를 발표해 보자.

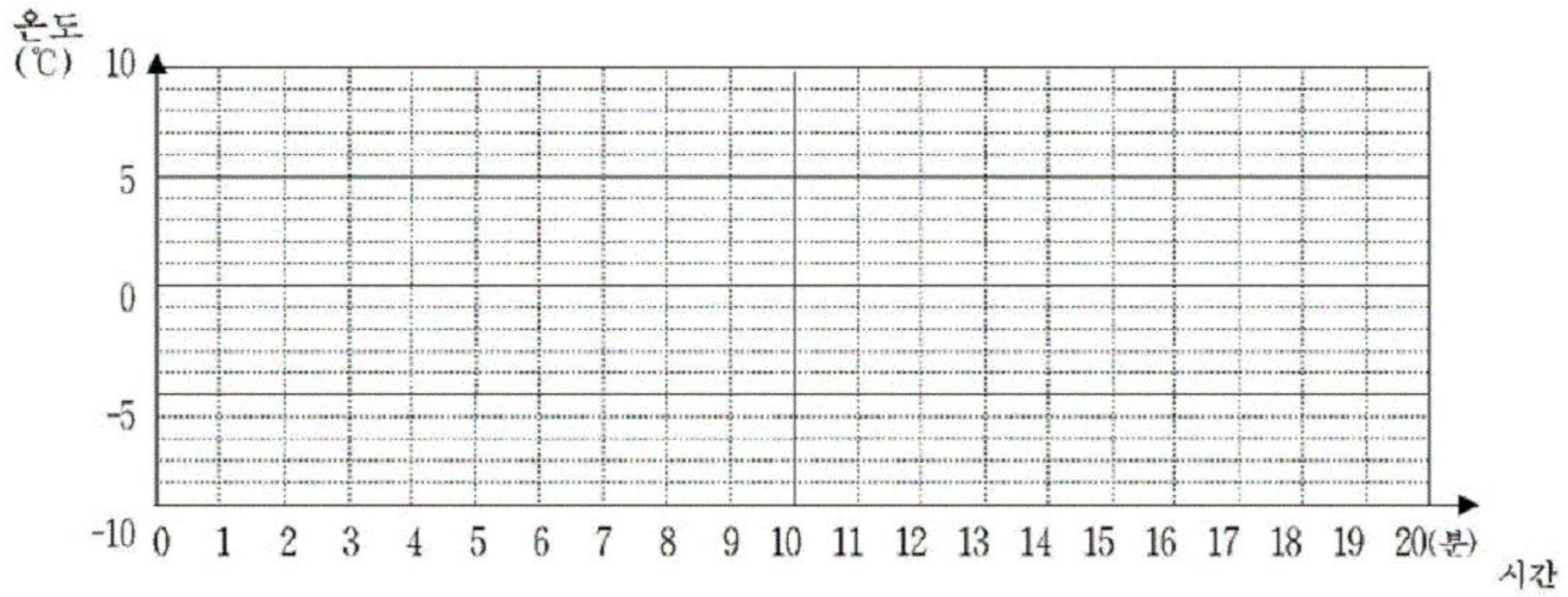
2. 얼음이 녹는 동안의 얼음 근처의 온도를 측정하자.

시간(분)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
온도계 위치									

○ 얼음 근처에 배치할 온도계 위치를 정하면 안정적으로 온도계를 설치.

○ 온도계의 위치를 간단한 그림으로 그려서 표시하는 것이 명확한 의사소통에 도움이 된다.

3. 얼음의 온도를 시간에 따라서 측정하자.



○ 단순히 얼음의 온도만 측정, 기록하지 말고 얼음, 녹은 물, 온도계의 위치, 기타 변화 등도 메모하면 그래프를 해석하는데 도움이 된다.



2-2. 석빙고에 숨겨진 과학

[관련개념 : 계절풍, 에너지 출입에 따른 온도 변화]

1 석빙고 탐방 목표

석빙고 탐방을 통하여 석빙고 설계에 사용된 과학원리를 파악한다.

2 준비물

나침반, 주변 지도, 내부구조도, (설명용 위)위부사진, 마이크

3 현장 문답 가능 내용

★ 이 창고에 겨울철에 얼음을 넣어두면 여름철까지 갈까?

실제 얼음을 보관해서 여름철에 쓰기 위해서 만들었고 얼음을 보관하는 업무를 맡은 관원들도 있었다.

★ 보통의 얼음은 여름철 한나절을 못버틴다. 얼음을 오래 보관하기 위해서는 뭐가 필요할까?

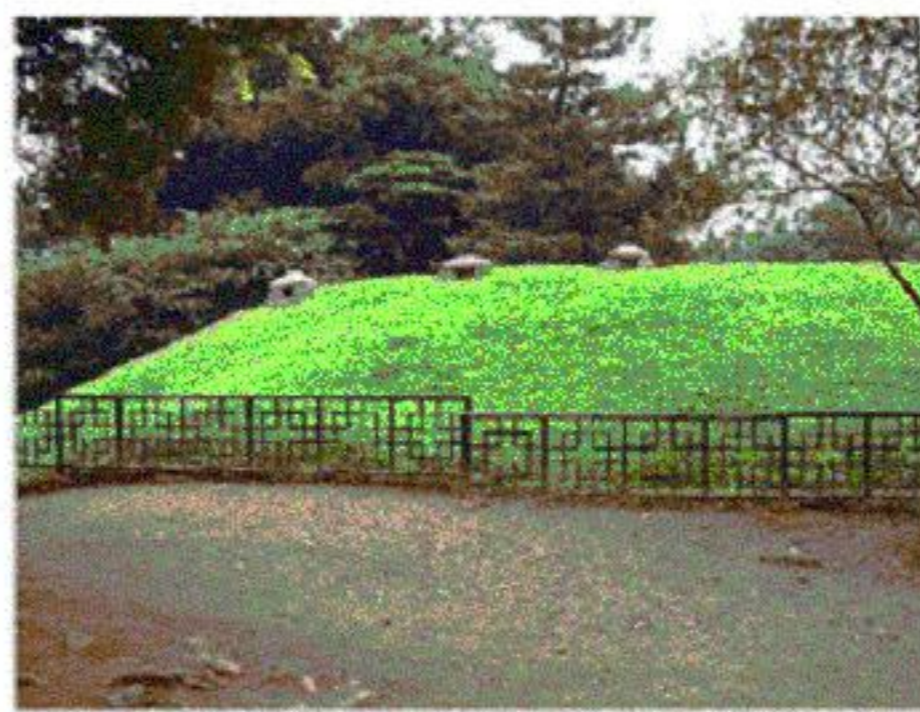
좀더 얼음을 오래보관하고 싶으면 아이스 박스나 보온병이 필요하다. 석빙고는 다른 냉각장치가 있는 것이 아니라 대형 보온 창고이다.

*학생들의 오개념(소금을 가져오면 더 차가워져서 오래가요.)

소금은 오히려 얼음을 녹이는 역할을 한다. 겨울철 눈이 쌓인 길에 얼음을 빨리 녹이기 위해서 소금이나 염화칼슘을 뿌리는 경우도 있다.

★ 석빙고를 걸에서 자세히 관찰해 봤을 때 일반적인 창고와 다른 점은 어떤 것일까 찾아보자.

- 1) 문 옆에 튀어나온 돌벽
- 2) 위쪽에 있는 세 개의 굴뚝같은 장치



★ 얼음을 왜 보관할까?

: 왕이 사망했을 때 거대한 석실분이나 적석목곽분을 만드는데 까지 걸리는 한두세달을 시체를 보관해야 할 때 쓰이기도 했다. 물론 권세있는 사람들의 식용, 열사병자를 위해 쓰이기도 했음.

★ 그 외 여러 가지 특징.

1. 내부를 보면 바닥이 점점 낮아진다는 점
2. 출입구가 계단식으로 내려가게 되어 있다는 점.
3. 빙고 뒤쪽이 낮다는 점
4. 위쪽에는 잔디가 심어져 있다는 점
5. 좌우에는 나무가 심어져 있다는 점

* 학생들이 흔히하는 오해 : 벽이 공기가 잘 들어오지 못하도록 막아준다.

* 학생들이 흔히하는 오해 : 겨울철에 지하 주차장이나 동굴이 더 춥다. 여름철 시원했던 기억에 의한 혼란일 수도 있음. 실제 경험을 제대로 기억하는 것인지 생각인지 확인하여 오해임을 지적한다.

★ 문 옆에 튀어 나온 벽은 왜 저렇게 나와 있을까?

[설명] 저 벽은 공기가 잘 들어오지 못하게 막기 위해 튀어 나와 있게 한 것은 아니다. 그냥 창고 앞쪽 벽면에 문이 있는 것에 비하여, 저런 90도 각도의 벽이 문 옆에 있으면 바람이 지나가다가도 벽에 의해서 모아져서 오히려 바람이 더 잘들어온다.

★ 입구가 좁고 속은 넓은 아파트 지하 주차장이나 동굴은 여름에 들어가 보면 상당히 시원하게 느껴진다. 겨울 철에는 어떨까?

주변의 공기가 잘 통하지 못하면 주변의 공기가 덥거나 차가와도 그 영향을 덜 받아 온도변화가 작다. 따라서 더운 여름은 다소 시원하게 느껴지고 추운 겨울에는 다소 따뜻하게 느껴진다. 몹시 추운 겨울날 지하 주차장 같은데 들어가면 추위가 조금 덜해지는 경험이나 눈보라가 몰아칠 때 동굴 속에서 추위를 피하는 영화 장면등을 떠올리도록 한다.

(자동차의 출입이 잦은 할인매장 등의 지하 주차장의 경우 엔진의 열이 주차해있는 동안 빠져나와 겨울에는 덜 춥고 여름에도 더 더울 수도 있다. 따라서 석빙고나 동굴과 유사한 경우를 이해하기 위해서는 차의 출입이 많지 않은 아파트 지하 주차장을 떠올리도록 할 필요가 있다.)

★ 그렇다면 석빙고는 바깥쪽 공기의 영향을 잘 받을까, 덜 받을까? 그렇다면 겨울철에는 내부가 몹시 추울까, 덜 추울까?

별도의 장치가 없다면 겨울철에는 바깥쪽의 영향을 덜 받아서 내부 온도가 주변기온보다 덜 추워 얼음을 보관하기 시작하는데 다소 불편하다. 따라서 겨울철에는 바람이 잘 들어와 냉각하게 하기 위해서 문을 열되 튀어나온 벽을 이용하여 바람을 모을 수 있게하였다.

★ 겨울철에 내부 냉각을 위해 환기가 잘되도록 설계한 구조는 여름철에는 어떻게 될까?

문을 닫아두면 바람이 모이더라도 바람의 효과를 막을 수 있다.

그리고 우리나라는 여름과 겨울의 주된 바람 방향이 반대이기 때문에 겨울철에 부는 바람 방향쪽으로 문을 열면 큰 문제는 없다.

★ (여름철 가능한 관찰) 현재 석빙고에는 겨울철에 얼음을 넣어 두지 않고 내부를 볼 수 있도록 쇠창살로 된 문이 있기 때문에 예전과 같이 내부가 냉동실 상태는 아니다. 내부를 관찰해보면 뭐가 보이는가?

비가 오지 않았을 경우에도 내부 벽면에 물이 맺혀있고 내부에 안개가 낀 것처럼 시야가 뿌옇다. 이는 여름철에 주변보다 낮은 온도이기 때문에 외부공기가 유입되었을 때 이슬이 맺히거나 안개가 끼는 현상이 생기는 것이다.



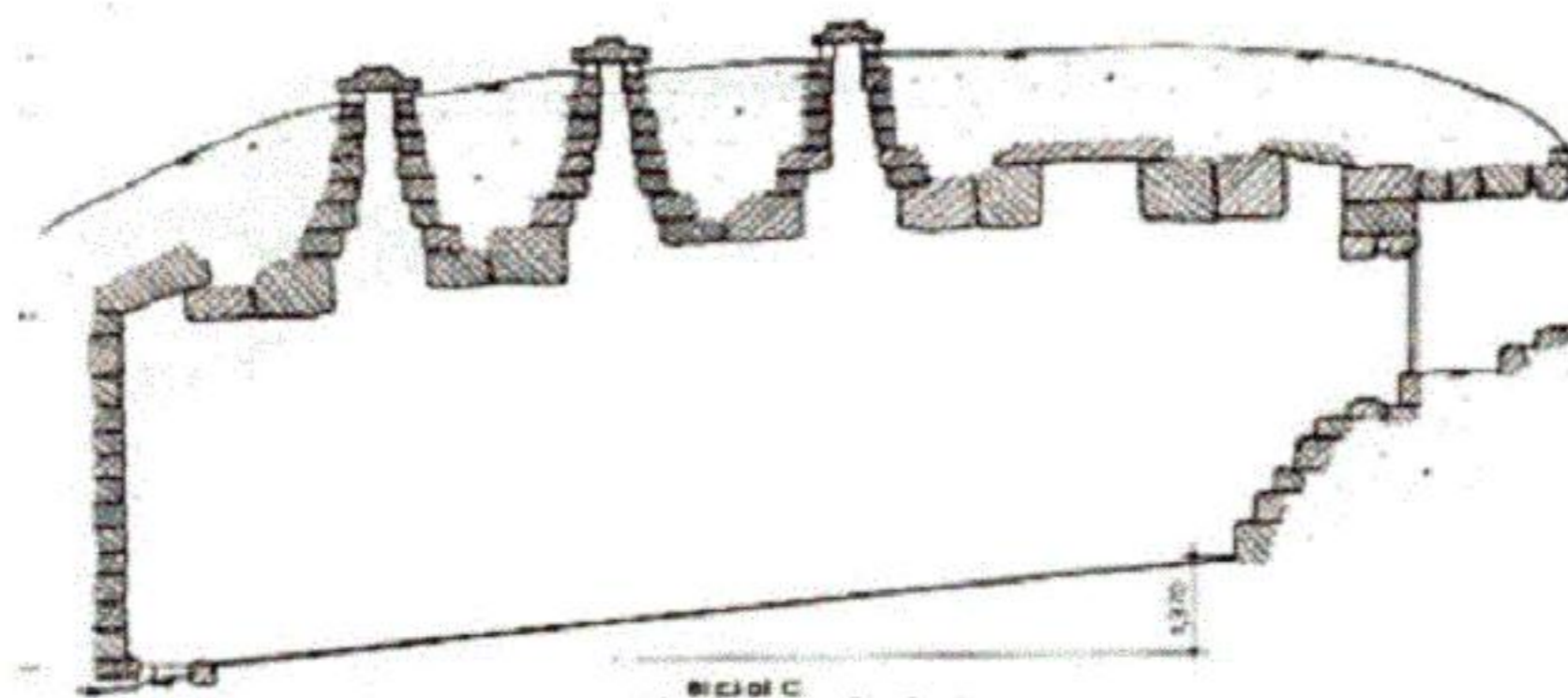
여름철 석굴암 내부의 이슬

★ 어두워 잘 보이지 않을 수 있지만 약간의 간격을 두고 흥에 가 떨어져 있어 결국 천정도 요철이 있는 셈이다.

★ 의미있는 관찰에 익숙하지 못한 학생들의 경우 효과적으로 관찰하도록 하는 방법으로, 디지털 카메라나 핸드폰 카메라로 의미있는 부분을 촬영하라고 하는 것이 효과적이다. 탐방지에서 충분한 설명을 할 여유가 없을 때에는 사후에 학생들의 사진을 함께 보며 토의 할 수 있는 기회를 가지는 것도 의미 있는 시간이 될 수 있음.

★ 위쪽에 있는 왜 세 개의 굴뚝 같은 장치가 있을까?

일단 여름철에 얼음을 꺼내기 위해 출입구를 열었다면 외부의 따뜻한 공기가 일부 들어오게 된다. 이때 따뜻한 공기가 빠져나갈 수 있는 길을 위쪽으로 내어 놓은 것이다.



석빙고 절개도

★ 따뜻한 공기는 위로갈까, 아래로 갈까?

냉장고 문을 열면 머리쪽으로 찬공기가 올라와 발쪽으로 찬공기가 올라와 올까?

★ 태양의 운행과 겨울철 바람 부는 방향을 고려한다면 석빙고 문 옆의 바람막는 벽과 문의 방향은 어떤 방향을 가지고 있어야 할까?

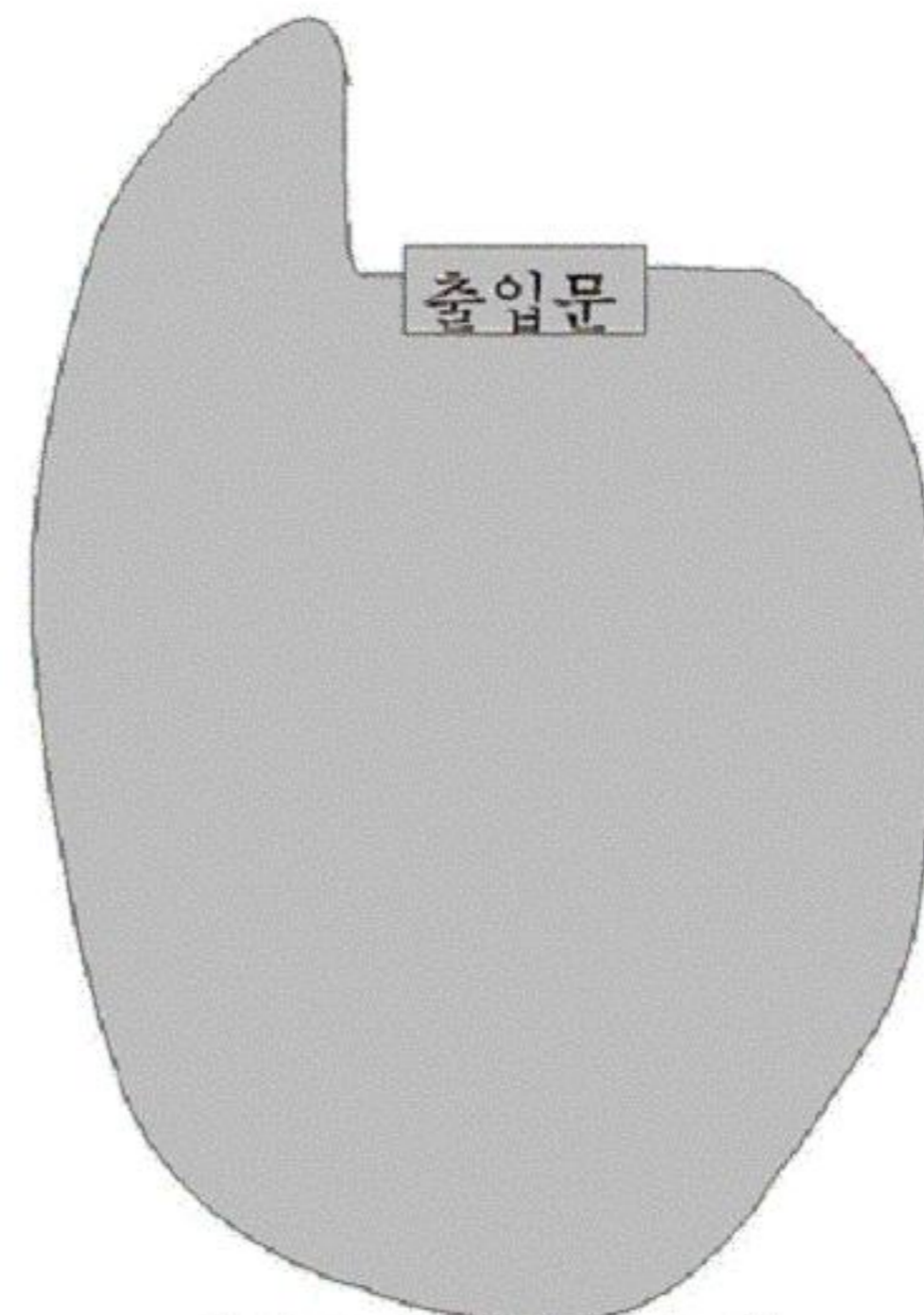
우리나라는 태양이 대체로 동쪽에서 떠서 남쪽 하늘을 지나 서쪽으로 진다. 그리고 우리나라에는 겨울철에 북서계절풍이 분다. 따라서

문은 남쪽을 피해서 배치하고 겨울철 북서계절풍을 잘 모을 수 있도록 벽을 설계하면 된다.

★ 현재의 석빙고를 보면 어느쪽에 문이 있을까?

나침반, 태양의 위치(12시 30분 경에 남중), 주변도로와 지도상의 방위 비교 등을 통해서 방위를 확인할 수 있다.

실제 방위 확인 전에 반드시 위의 고찰에 근거한 예측을 해보게 한다.



석빙고 위에서 본 그림

★ 경주 석빙고는 만든지 몇 년 정도 되었을까?

300년도 안되었다. 신라궁정터 근처이고 안압지 바로 건너편이라 신라시대에 만든 빙고로 생각하는 사람도 있는데, 석빙고 안쪽에 조선 영조 때(1738년)에 만들었다고 새겨져 있다. 신라시대에 경주에 빙고가 있었다는 기록은 있으나 현재까지 남아 있지 않다.



2-2. 석빙고에 숨겨진 과학

[관련개념 : 계절풍, 에너지 출입에 따른 온도 변화]

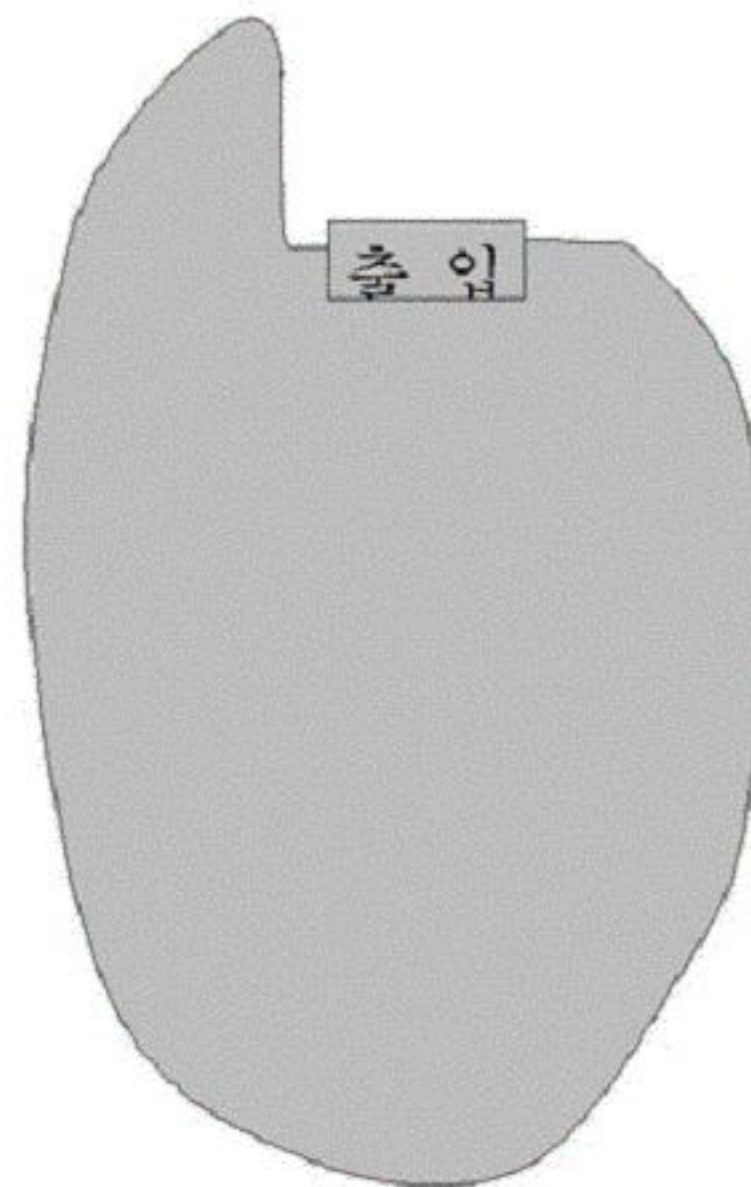
3월의 따스함과 5월의 화창함, 7월의 무더위를 견디고 얼음을 보관했던 석빙고. 단순한 얼음 창고일까? 아니면 과학적인 원리를 이용하여 만든 과학적 장치일까?

1 목표

석빙고의 얼음 보존 원리를 말할 수 있다.

2 관찰

1. 옛 얼음 창고인 석빙고, 겉에서 자세히 관찰해 봤을 때 일반적인 창고와 다른 점은 어떤 것일까 찾아보자.
2. 보다 자세한 관찰을 위해서 특징을 그림으로 그려보자.
(겉모습, 내부구조)
3. 석빙고의 구조와 특징을 고려할 때 어느 쪽으로 문이 나있는지를 예상해보자.



석빙고를 위에서 본 모양



3-1 언제 석빙고에 얼음을 넣었을까?

[관련개념 : 4계절, 복사평형, 에너지 출입과 온도변화]

1 목표

온도 변화에 관련된 여러 변수(에너지 출입량, 태양의 고도, 계절의 변화)들을 비교하여 석빙고에 얼음을 채우는 가장 좋은 시기를 알아본다. (에너지 공급량과 방출량의 차이를 통해 연중 기온 변화 특징을 이해한다.)

2 준비물

정보 검색 위주 수업 : 조사 과제 부여, 또는 개인용 인터넷 단말기

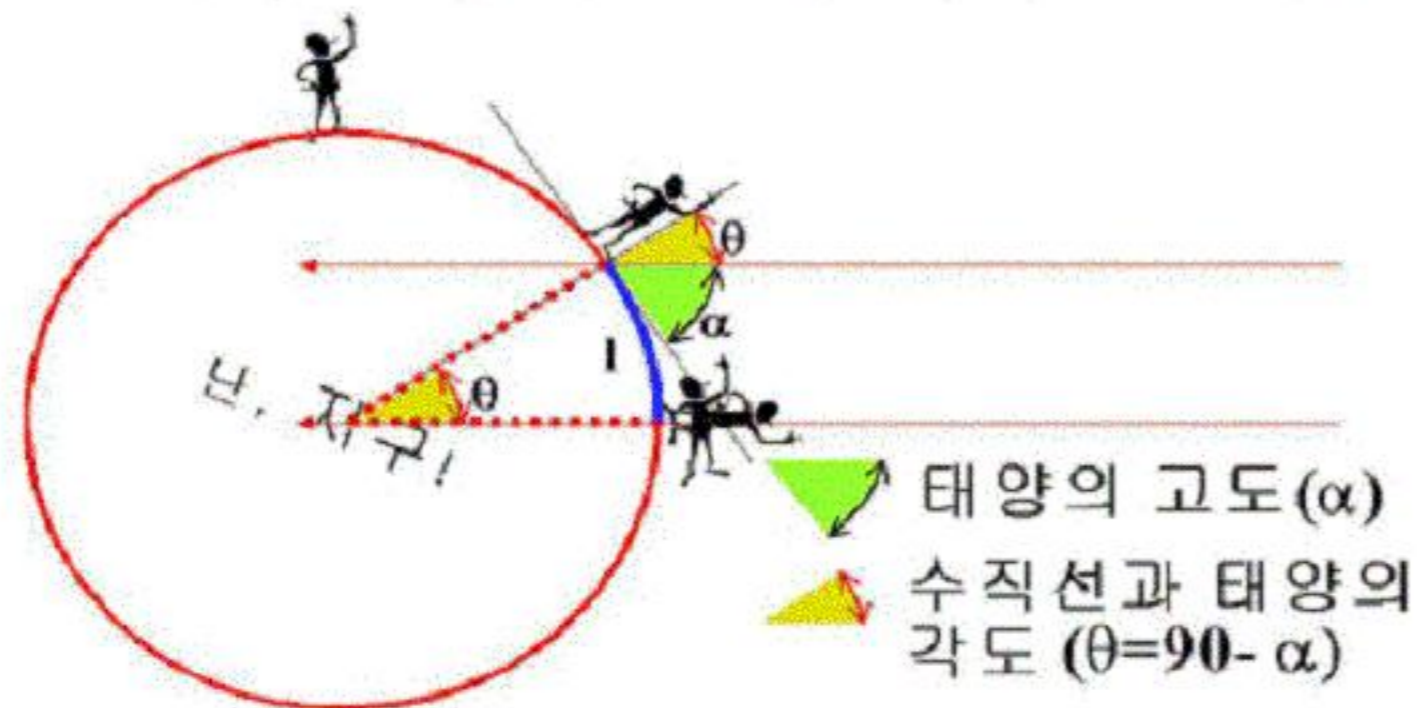
3 과정

★ 개인 정보 검색 과제:

[빙고 관련 역사 자료 검색, 월별 평균온도, 월별 최저 온도, 월별 태양의 남중고도]

1. 우리나라에 사계절이 생기는 이유는 무엇인가?

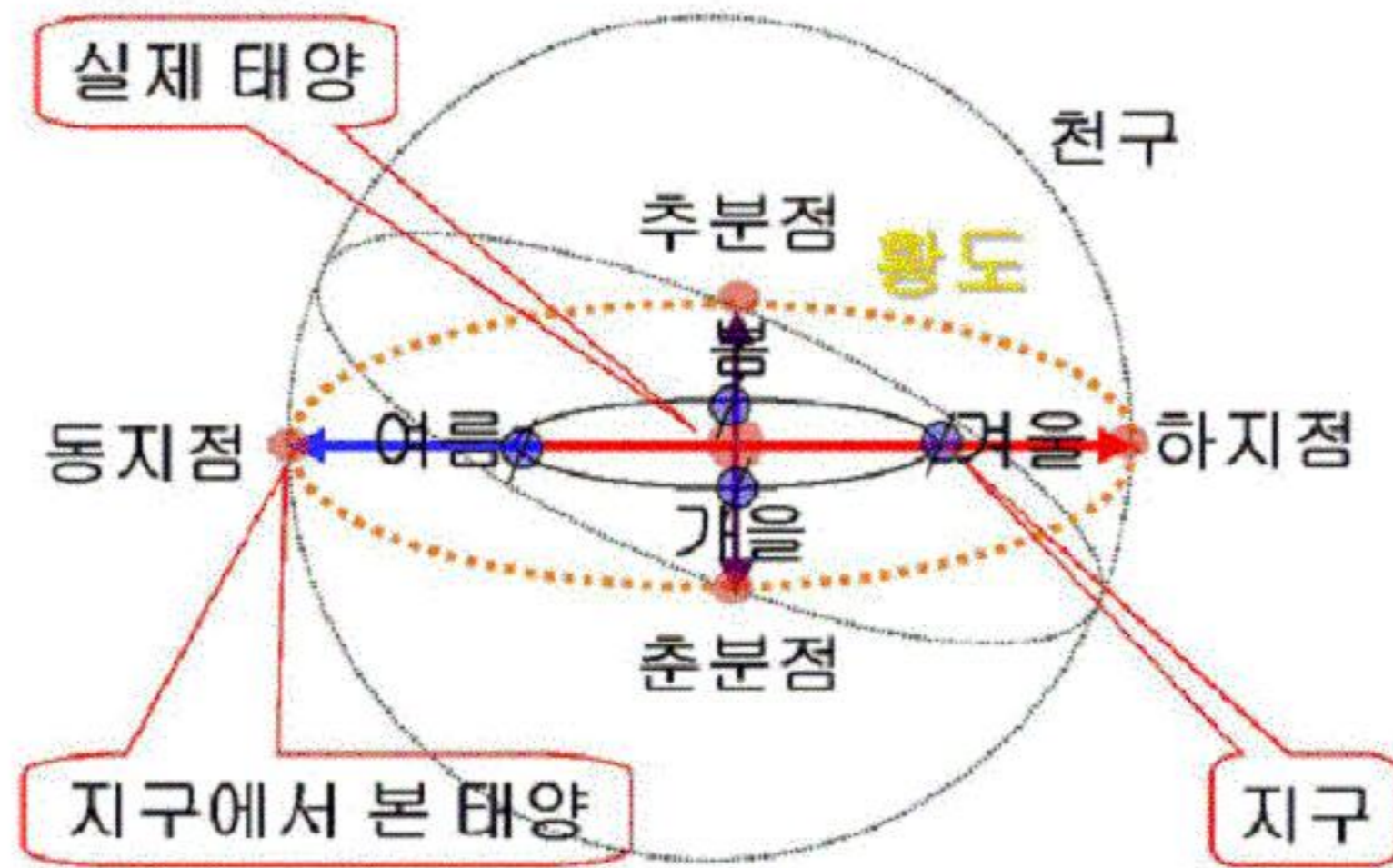
계절의 변화 원인은 태양의 고도이다. 우리나라가 겨울일 때에는 태양이 낮에 가장 낮게, 또 짧은 시간동안 보인다. 즉, 태양광선이 지표면에 가장 비스듬하게 짧은 시간동안 들어온다는 의미이다. 따라서 우리나라에 공급되는 태양에너지가 가장 적은 시기가 우리나라의 겨울이 된다.



태양의 고도

교육과정과 관련한 실험 위주 수업도 권장. 복사평형

: 밝기조절가능한 100W 전구를 쓰는 스탠드로 밝기를 조절해 가면서 컵의 온도 변화 관찰 (또는 컵과 전구 사이의 거리를 조절), 검은 알루미늄 컵, 온도계 (편리한 온도 측정과 분석을 위해서 MBL장비를 활용 권장)



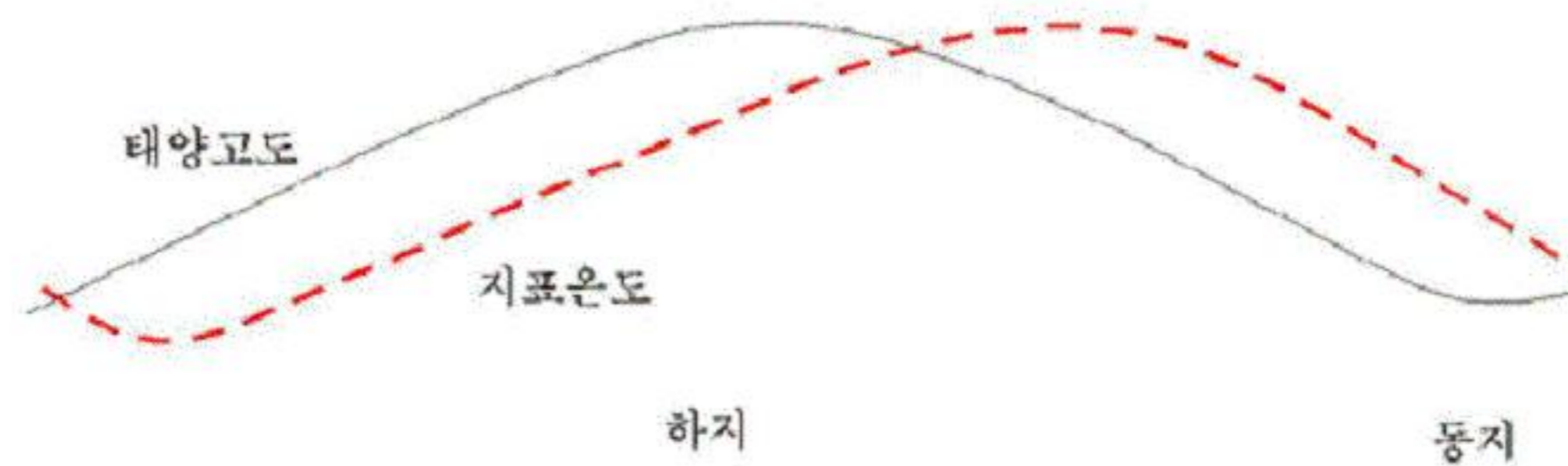
지구의 공전에 따른 태양의 상대적 위치

석빙고의 얼음을 채우는 행사인 장빙(藏氷)제는 가장 추운 시기에 행해졌다. 대체로 소한에서 대한 사이에 장빙을 했다고 한다. 최근 지방자치단체에서 장빙제를 재연하는 행사를 하는 곳도 있다. 이 장빙제 재연행사 역시 대한 무렵에 행한다.

*왜 대한 무렵에?

= 소한이 대한 보다 더 추운 경우가 많다. 하지만 석빙고 내부는 문을 활짝 열어 놓아도 에너지 출입이 많이 자유로울 수는 없다. 따라서 석빙고 내부의 온도는 기온이 가장 낮은 최저점을 지나서도 한 동안 더 내려갈 수 있다. 따라서 기온이 가장 낮은 날보다 며칠 지나서 석빙고 내부와 주변기온 모두가 가장 추운 날에 장빙을 하는 것이 더 좋을 것이다. 이런 논의를 하지 않으면 학생들은 가장 추운 날 장빙을 하는 것으로만 생각할 수 있다.

2. 1년중 가장 태양에너지가 조금만 유입되는 날은 언제일까?
태양의 고도가 가장 낮은 동지(12월 23일 전후, 24절기는 양력에 해당)
3. 1년중 가장 추운 시기는 언제쯤일까?
소한(1월 6일 전후)에서 대한(1월 21일 전후)까지
4. 태양에너지의 양의 변화와 온도의 변화가 일치하지 않는 이유는 무엇인가?



공급되는 태양에너지의 양은 태양의 고도가 결정하고
방출되는 복사에너지의 양은 지표면의 온도가 결정하므로

태양에너지의 양이 증가하기 시작해도 충분히 온도가 떨어지지 않을 경우 방출되는 복사에너지의 양이 더 많기 때문에 계속해서 온도가 떨어질 수 있다.

에너지 출입의 관계를 고려하여 해석해야 최저 온도를 이해할 수 있다.



3-1 언제 석빙고에 얼음을 넣었을까?

[관련개념 : 4계절, 복사평형, 에너지 출입과 온도변화]

석빙고에 얼음을 채워 넣는데 가장 적절한 때는 언제일까?

목표

년중 온도 변화에 관여하는 자료를 수집 분석하여 석빙고에 얼음을 채우는 최적기를 알 수 있다.

과정

1. 과제확인

[빙고 관련 역사 자료 검색, 월별 평균온도, 월별 최저 온도, 월별 태양의 남중고도]

남중고도: 태양이 자오선을 지날 때의 고도 (하루 중 태양이 가장 높이 있을 때의 고도)

1. 우리나라에 사계절이 생기는 이유는 무엇인가?

2. 1년중 가장 태양에너지가 조금만 유입되는 날은 언제일까?

단위면적당 태양에너지 유입량은 지표면에 태양광이 입사하는 각도에 따라 정해진다.

3. 1년중 가장 추운 시기는 언제쯤일까?

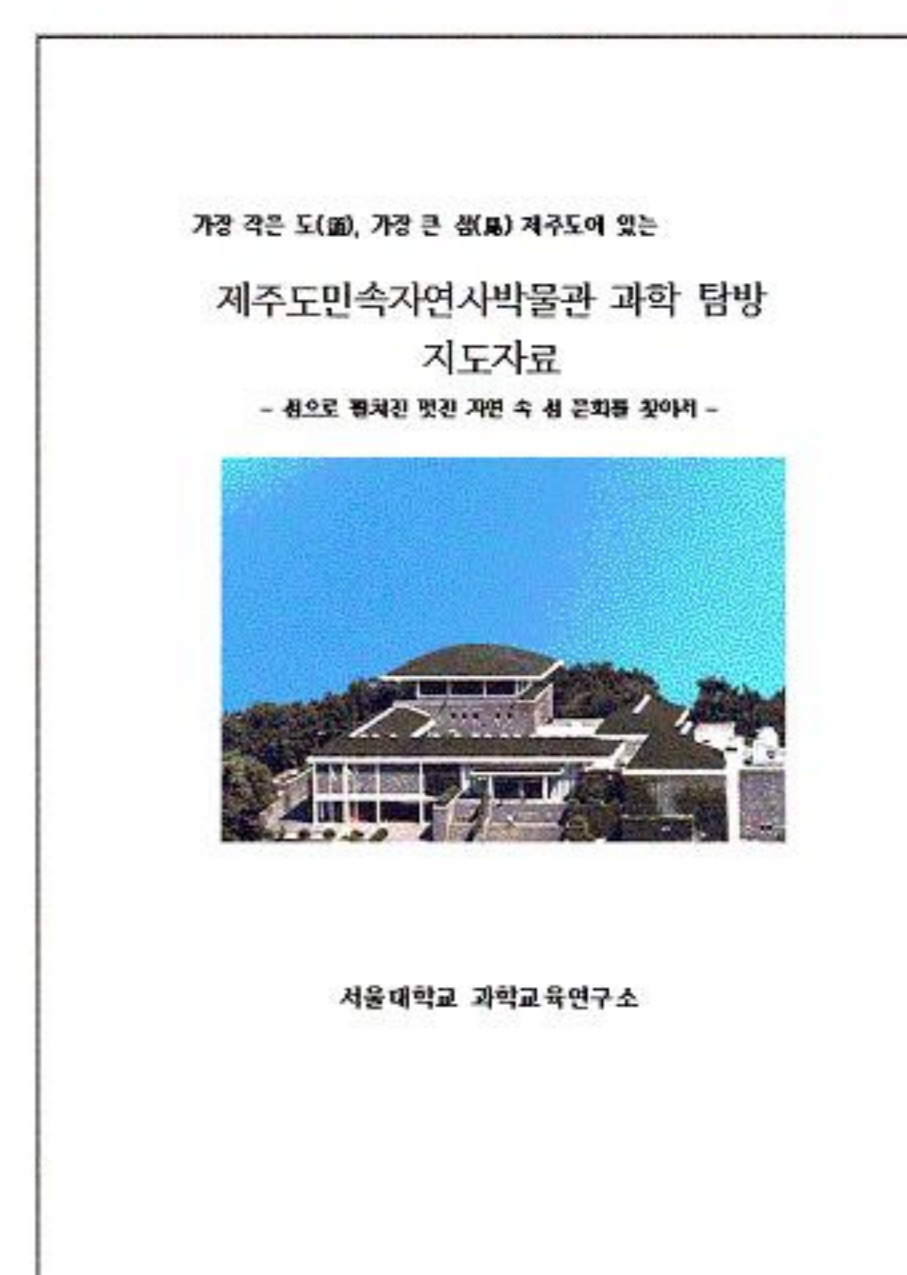
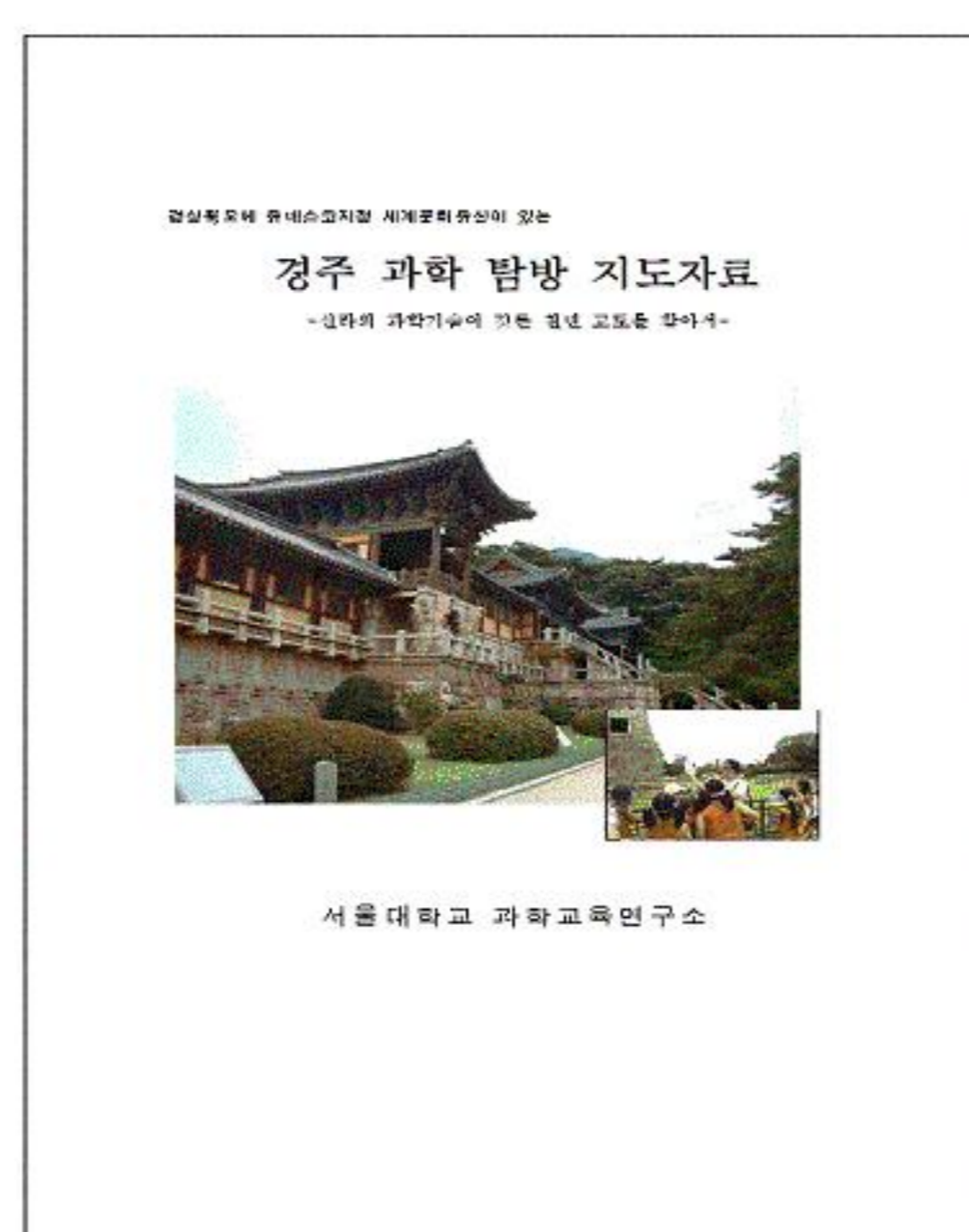
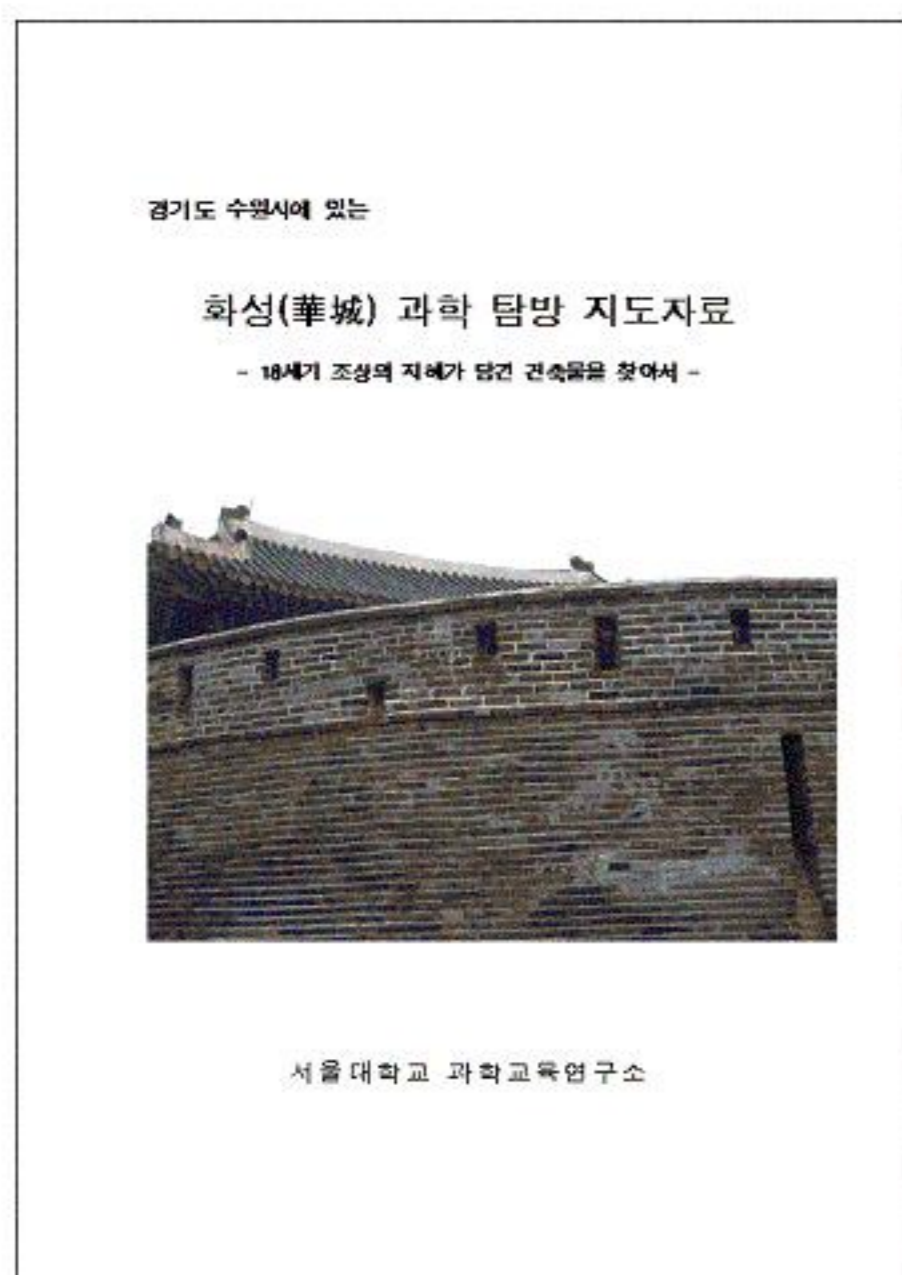
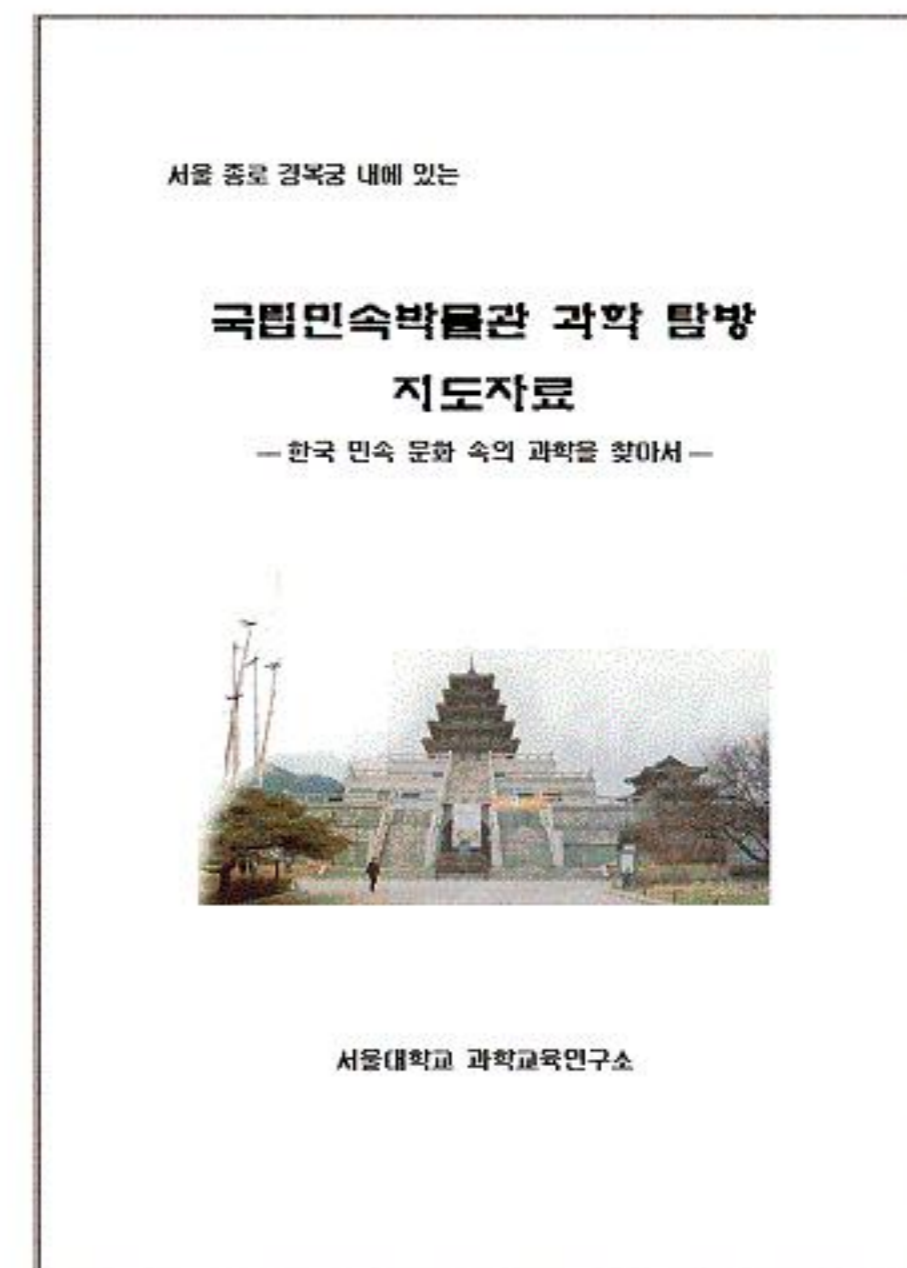
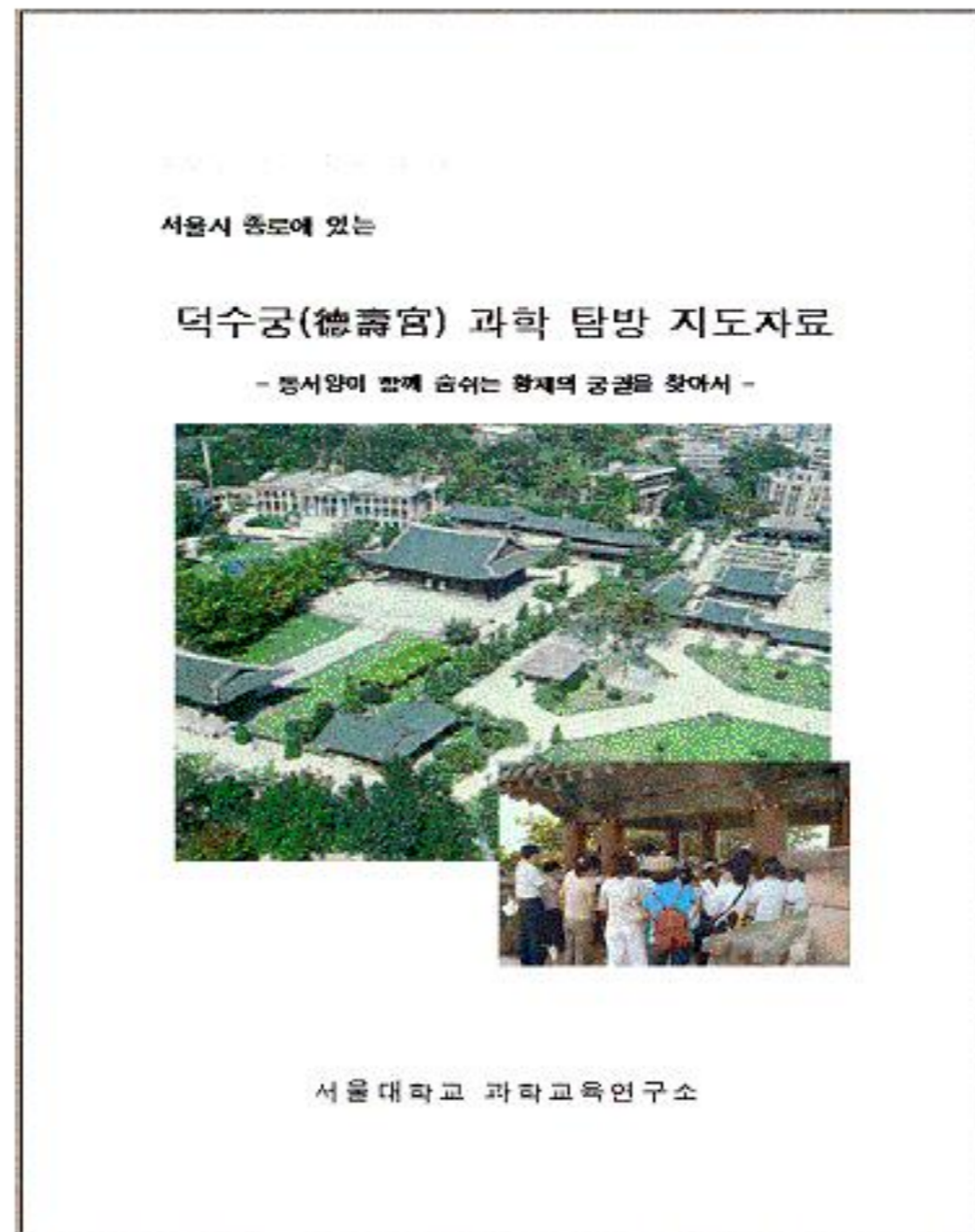
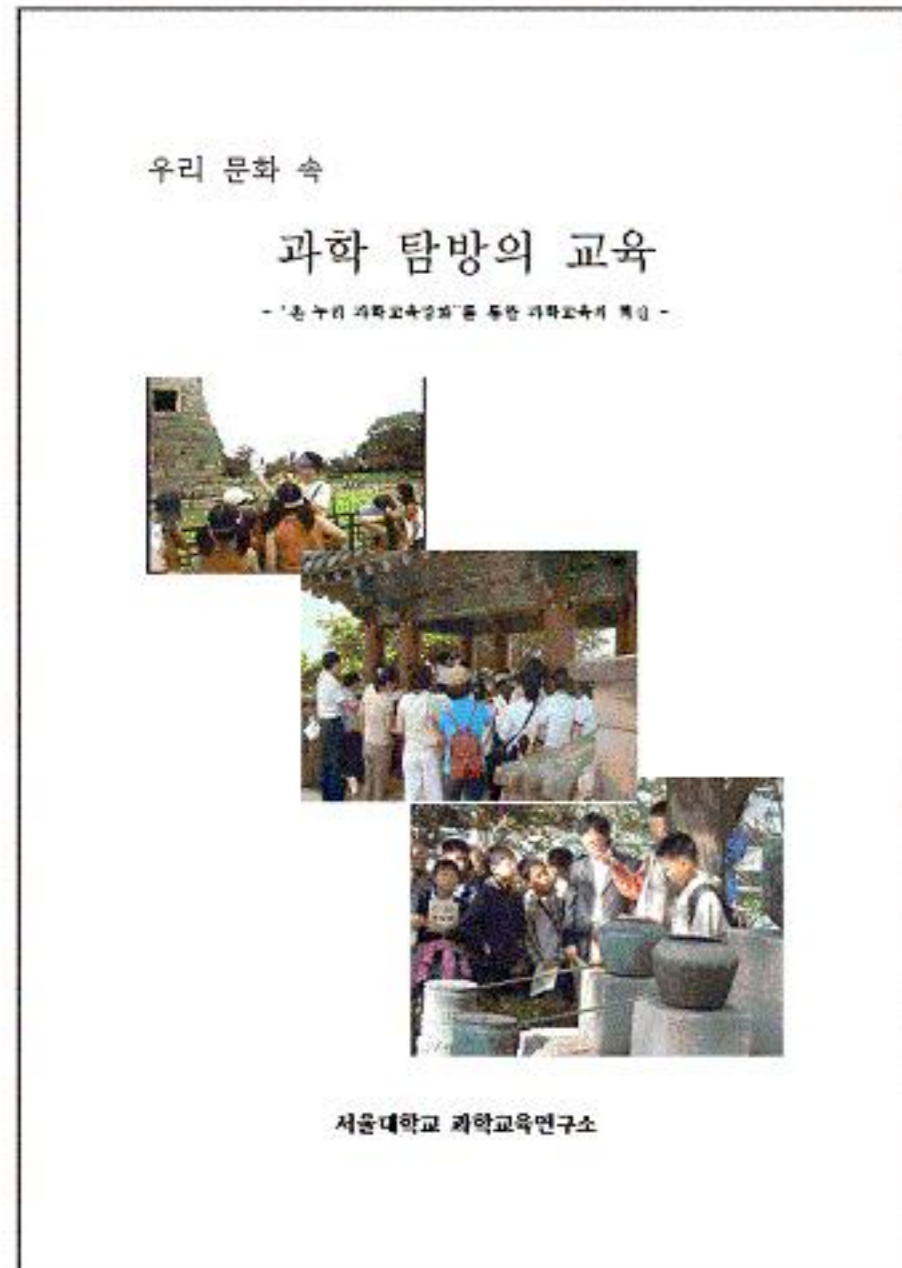
월별 기온등 기상 정보를 알아야 할 경우 기상청을 검색하면 정보를 입수할 수 있다.

4. 태양에너지의 양의 변화와 온도의 변화가 일치하지 않는 이유는 무엇인가?

가장 추운날과 가장 얼음 채우기 좋은 날이 같은 날일까?

기온변화와 석빙고 내부의 변화는 같은 관계인가?

붙임 2. “우리 역사 속 과학탐방” 인쇄자료 길장과 차례 예시(연구개발중이었던 것)



(강은형, “덕수궁 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소, 2004)

차 례

감사의 말씀

제1부 덕수궁 과학 탐방 지도의 준비

1. 덕수궁 과학 탐방의 교육적 의미
2. 덕수궁 과학 탐방과 과학교육과정
3. 과학 탐방 수업의 절차

제2부 덕수궁 건물 과학 탐방 지도

- 가. 대한문과 중화전
탐구 1. 공포, 기둥, 지붕, 처마
- 나. 광명문과 자격루
탐구 2. 자격루
- 다. 석어당과 함녕전
탐구 3. 온돌과 굴뚝
- 라. 준명당과 측조당
탐구 4. 대청마루, 문
- 마. 정관헌과 석조전
탐구 5. 해시계

제3부 궁중 유물 전시관 과학 탐방 지도

- 가. 제 1 전시실
탐구 6. 간평일구, 천상열차분야지도, 봉수
- 나. 제 2 전시실
탐구 7. 양부일구, 천칭, 자, 측우기
- 다. 제 3 전시실
탐구 8. 편종, 편경

제4부 덕수궁 과학 탐방 활동 후 지도

- 가. 탐방 후 토론 수업
- 나. 탐방 후 탐구 활동지도 및 발표수업
- 다. 탐방 후 탐구 후기

교통 및 관람 안내

(유준희, “국립민속박물관 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소, 2004)

차 례

감사의 말씀

제1장 국립민속박물관 과학탐방 준비와 사전 지도

- 가. 국립민속박물관 과학탐방의 교육적 과제
- 나. 과학탐방 활동 계획과 준비
- 다. 과학탐방 사전 지도의 실제

제2장 과학탐방의 현장 지도

- 가. 제1전시실, 한민족 생활사 과학탐방 지도
- 나. 제2전시실, 한국인의 생업과 의식주 과학탐방 지도
- 다. 제3전시실, 한국인의 일생 과학탐방 지도

제3장 과학 탐방의 사후 지도

- 가. 국립민속박물관 집중탐구 활동의 지도
- 나. 국립민속박물관 과학탐방과 진로지도
- 다. 국립민속박물관 과학탐방과 평가

교통 및 관람 안내

(최재혁, “화성 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소, 2004)

차 례

감사의 말씀

제1부 화성 과학 탐방 지도의 준비

1. 화성 과학 탐방의 교육적 의미
2. 화성 과학 탐방과 과학교육과정
3. 화성 과학 탐방 준비와 지도

제2부 화성 과학 탐방

1. 들어가며
2. 포루(砲樓)
3. 여장과 성벽
4. 암문
5. 포루(鋪樓), 치성
6. 장대와 노대
7. 각루
8. 성문과 용성
9. 공심돈
10. 수문과 봉돈

제3부 화성 과학 탐방 지도

1. 집중 탐구 활동의 예시
2. 세계문화유산인 화성

교통 및 관람 안내

(김형석, “경주 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소, 2004)

차 례

감사의 말씀

제1부 경주 과학 탐방 지도의 준비

1. 경주 과학탐방의 교육적 의의와 의미
2. 경주 과학탐방 활동의 계획과 준비
3. 사전 과학탐방 지도의 실제
 - 활동 1-1:하늘을 바라보는 첨성대
 - 활동 1-2:얼음을 지켜라(석빙고)
 - 활동 1-3:흐르는 물의 속력(안압지)
 - 활동 1-4:경이로운 신라 석조건축 기술

제2부 현장 과학 탐방의 실제 지도

1. 첨성대
 - 활동 2-1: 첨성대의 구조와 기능
2. 석빙고(반월성)
 - 활동 2-2: 석빙고에 숨겨진 과학
3. 안압지
 - 활동 2-3: 안압지에 숨겨진 과학
4. 신라역사과학관
 - 활동 2-4: 직접 듣는 신라범종의 소리
5. 불국사
 - 활동 2-5: 석축 위에 세워진 나라
- 6바. 석굴암
 - 활동 2-6: 돌로 쌓은 석굴

제3부 과학 탐방의 사후 지도

1. 석빙고
 - 활동3-1: 언제 석빙고에 얼음을 넣었을까?
2. 안압지
 - 활동3-2: 어떻게 물을 깨끗이 할 수 있을까?
3. 불국사
 - 활동3-3: 불국사의 소리
4. 석굴암
 - 활동3-4: 보는 사람을 고려한 설계

교통 및 관람 안내

(강정우, “제주도민속자연사박물관 과학탐방 지도자료”, 서울대학교 과학교육연구소, 2004)

차 례

감사의 말씀

제1부 과학탐방 지도의 준비

- 가. 제주도민속자연사박물관 과학탐방의 교육적 의의
- 나. 제주도민속자연사박물관과 과학교육과정
- 다. 제주도민속자연사박물관 과학탐방 활동의 계획과 순서

둘째 제주도민속자연사박물관 과학탐방 지도

- 가. 박물관 정문 앞과 로비
- 나. 자연사전시실
- 다. 제 1민속전시실
- 라. 제 2민속전시실
- 마. 야외전시장

셋째 사후 과학탐방 지도

- 가. 집중 과학탐구 활동의 예시
- 나. 집중 과학탐구 활동 지도 자료
 - 박물관 정문 앞 관련 집중탐구 지도 자료
 - 자연사전시실 관련 집중탐구 지도 자료
 - 민속전시실 관련 집중탐구 지도 자료

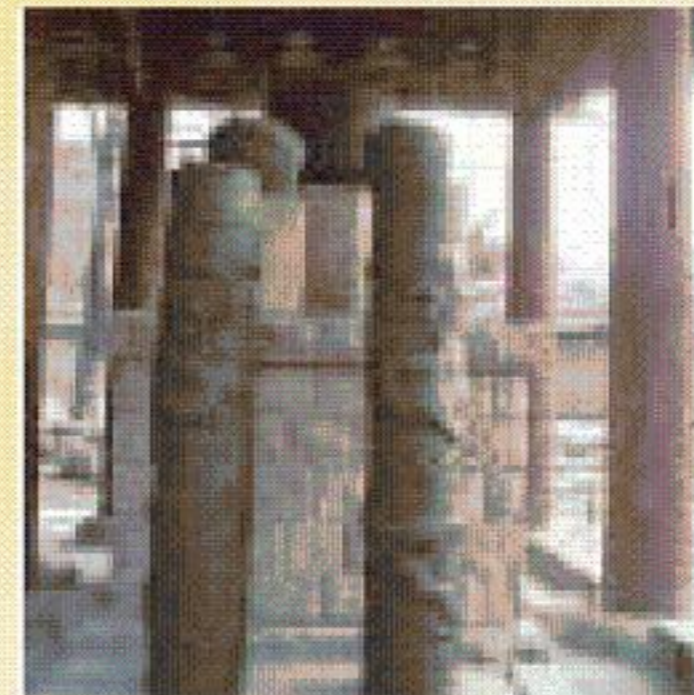
교통과 숙박 및 관광 안내



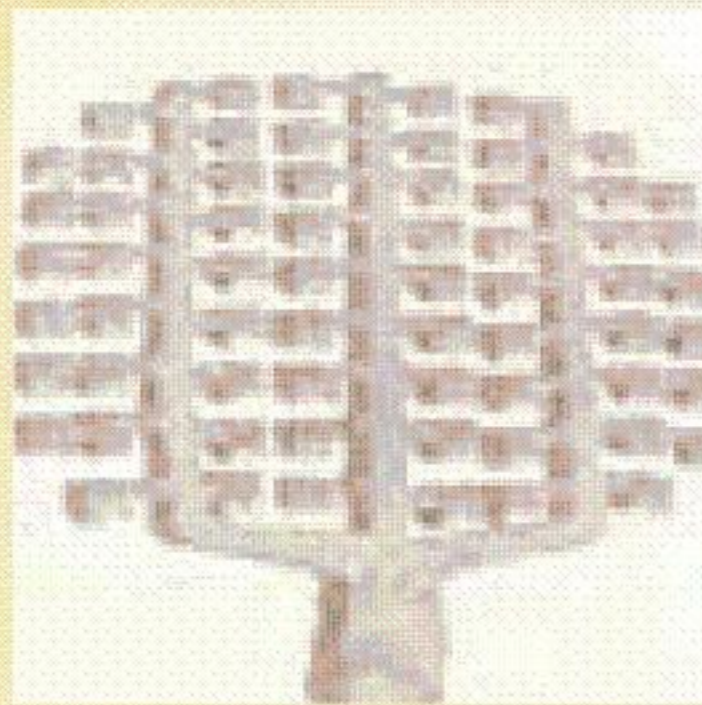
양부일구



촉우기



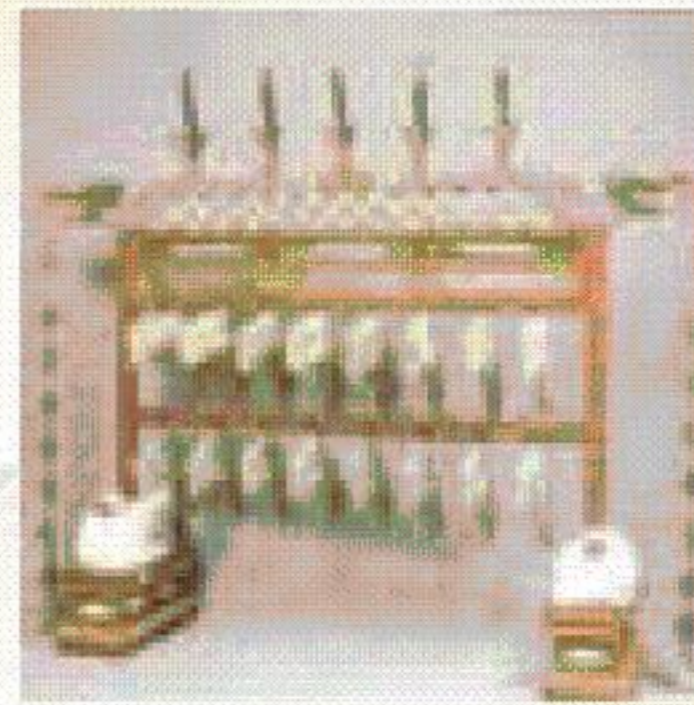
자격루



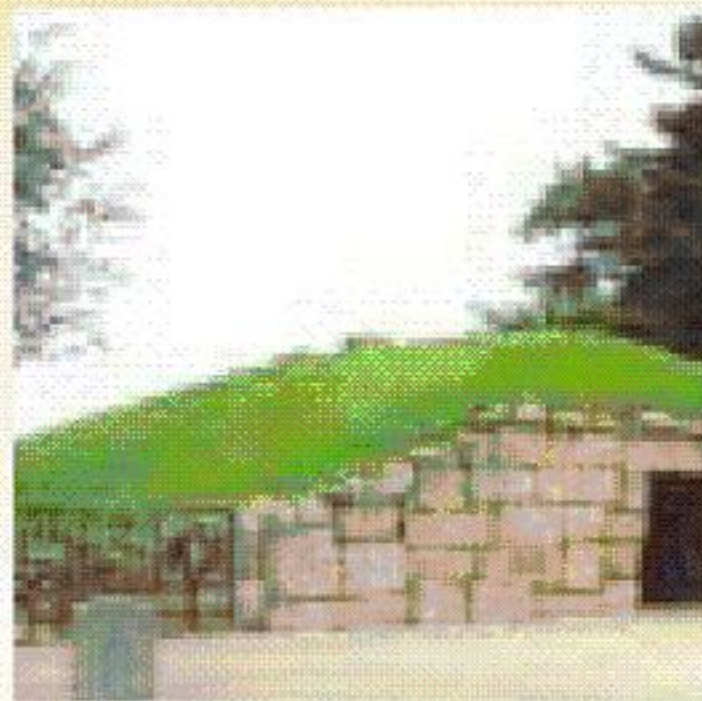
금속활자



천상열차분야지도



편경



석빙고



안압지



첨성대

“우리 역사 속 과학 탐방의 교육”

-“온 누리 과학교육장화”를 통한 교육의 혁신-

연구 개발

박승재 (과학문화교육연구소) paksj@snu.ac.kr

연구 총괄

유준희 (서울대학교 사범대학 물리교육과 교수) yoo@snu.ac.kr

주관 기관

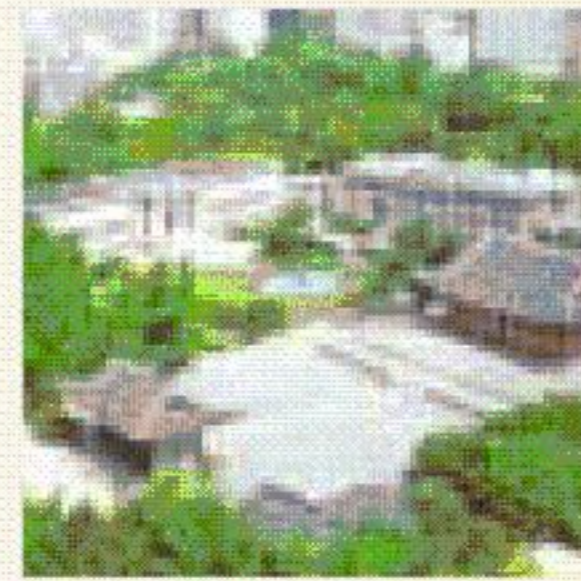
서울대학교 과학교육연구소 (소장 이성묵 교수) sungmuk@snu.ac.kr

지원 기관

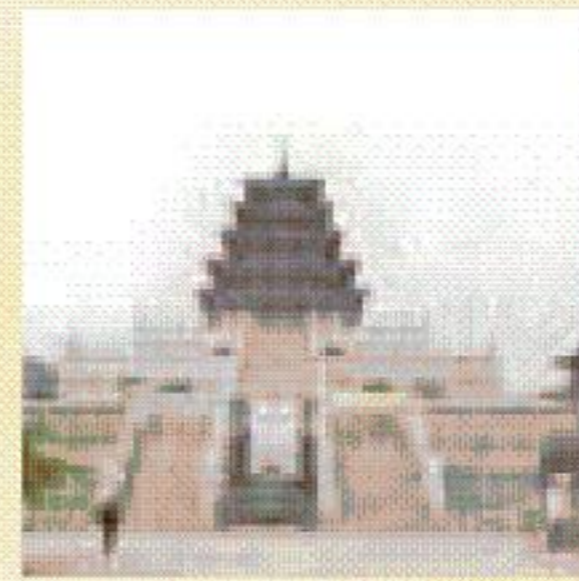
교육인적자원부 (과학실업교육정책과 김종관 과장) ckimc@moe.go.kr



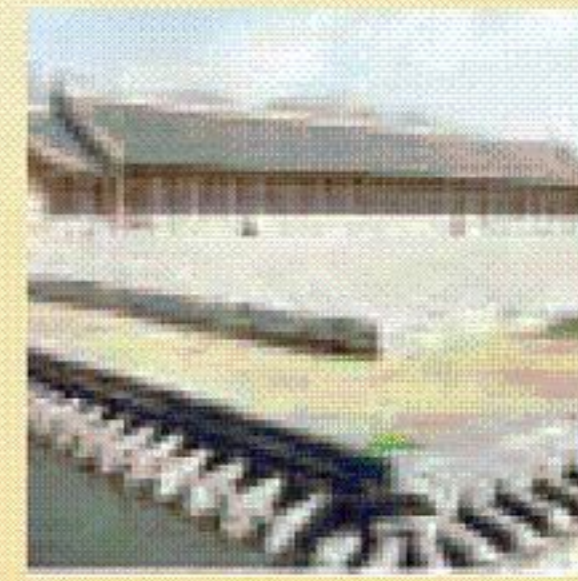
세종대왕기념관



덕수궁



국립민속박물관



종묘



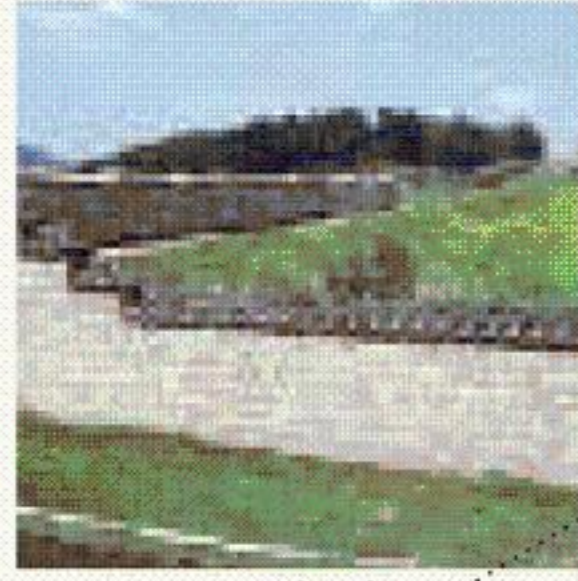
강화도역사관

강화

서울



창덕궁



화성

수원

태백



석탄박물관



해인사 장경판전

청주

경주



청주고인쇄박물관



천불천탑

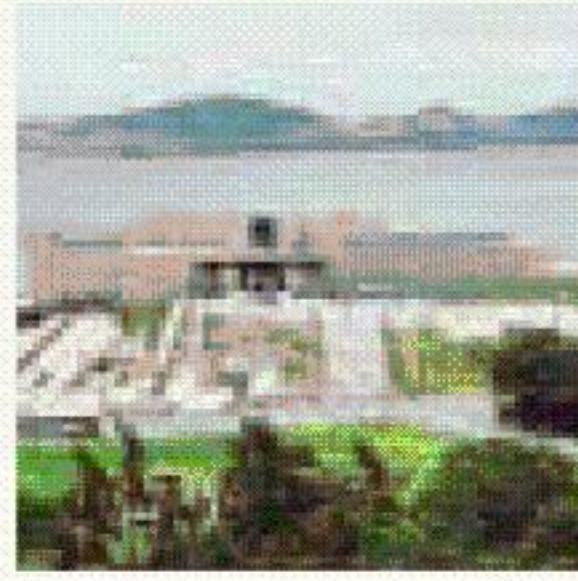
운주사

진주

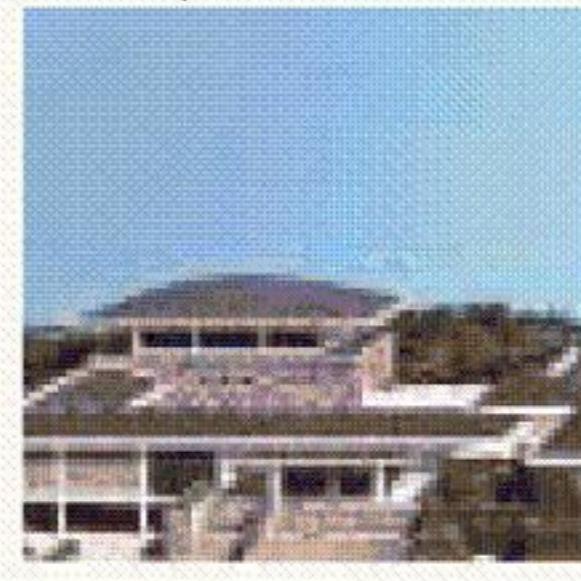
통영



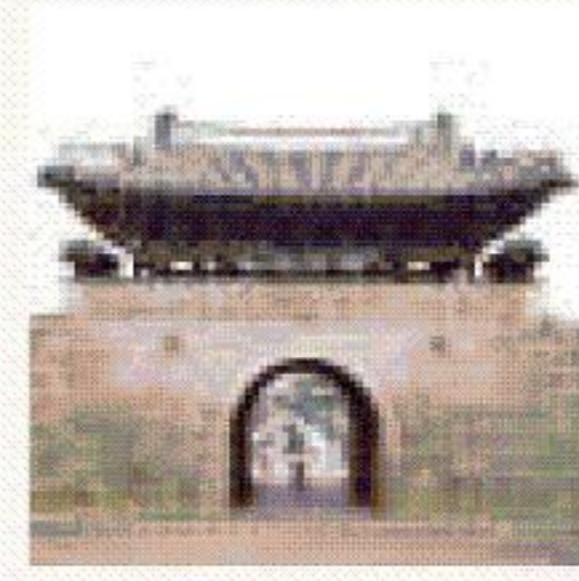
불국사



해양유물전시관



제주도민속자연사박물관



진주성 정문



한려해상국립공원 한산도

서울대학교 과학교육연구소