


제5회 한국물리학회 물리교육분과 특별 학술대회

- 일시: 2024년 2월 20일 13:00~16:40
- 장소: 온라인 (Zoom, 회의ID: 883 1917 5443, 암호:807388)
(<https://us02web.zoom.us/j/88319175443?pwd=RitiRG1aMUJBMWpFYUdtVE12WEIvdz09>)
- 주관: 한국물리학회 물리교육분과
- 주최: 한국물리학회  한국물리학회
The Korean Physical Society

■ 일정

13:00 ~ 13:10	개회 (사회: 박정우)			
13:10 ~ 14:10	구두발표 A-1 (좌장: 최혁준)		구두발표 B-1 (좌장: 하상우)	
	무엇이 불일치 상황의 해결을 방해하는가? -The Bullet Block Experiment Everyone Gets Wrong 영상 사례를 중심으로-	이형문 송진웅	IB DP 물리학의 탐구 활동 운영 및 평가 분석을 통한 우리나라 과학 탐구 활동의 개선방안 제언	권문호
	GPT 언어 모델을 사용한 물리 서술형 문항 평가 및 피드백의 자동화 방안 탐색	민태호 이봉우	고등학교 물리학 교육과정에서 성취기준 서술의 변화	고지현 조광희
	이미지 컨투어를 활용한 화살표 답안 자동 채점 가능성 탐색	윤석민 곽혜정 최혁준	2022 개정 교육과정 진로연계교육을 위한 진로연계 물리학 프로젝트 수업 개발 및 적용	이철우 김지나
	물리교육을 위한 기호 회귀(Symbolic Regression)의 활용 가능성 탐색	신은혜 장진섭 조정호	과학 학습 수준에 따른 중학생의 온라인 정보탐색의 인지	천지은 송진웅
	중학교 과학영재의 언어적 상호작용과 실험설계 능력의 관계-모둠별 실험설계 과정에서-	양아름 최혁준	2015 개정 교육과정 통합과학 수강생들의 물리학 I 교과 선택 관련 실태 조사	윤규태 권문호 하상우 최호명
14:10 ~ 14:20	휴식			
14:20 ~ 15:20	구두발표 A-2 (좌장: 이경호)		구두발표 B-2 (좌장: 최재혁)	
	설탕물에서 빛의 굴절 현상에 대한 분석	강동승 이봉우	열의 정의와 관련된 혼란에 대한 제언	정용욱
	중력장에서 빛의 편향각 계산: 학부 수준에서 해볼 수 있는 휴리스틱한 접근	김홍빈	열 현상에 대한 중학생의 과학적 설명 유형	이인선 윤혜경 박종원

	교실 속 '럼포드의 대표 실험'의 개발: 고등학교 과학탐구실험의 새로운 가능성 모색	조민철 김홍빈 염동한 이경호	초등학교 검정 과학 교과서의 열 개념에 대한 기술 분석	이지원 문수진
	고등학교 양자역학 내용 체계 정립을 위한 기초 연구1:『The Evolution of Physics (1938)』를 중심으로	이광표 이경호 김홍빈	과학영재학교 학생의 엔트로피에 대한 설명 방식 분석	최용석 최재혁
	미국 물리교육의 시대적 변동과 패러다임 전환: 1860년대부터 현재까지의 역사적 분석	장혜원	예비 물리교사의 에너지 개념 이해 수준: 존재론적 범주를 중심으로	하상우 김효준
15:20 ~ 15:30	휴식			
15:30 ~ 16:30	구두발표 A-3 (좌장: 윤혜경)		구두발표 B-3 (좌장: 조광희)	
	물리 학습 주제의 시각화와 탐구력 향상을 위한 새로운 물리 실험 프로그램	윤준상	사범대 물리교육의 변화를 위한 새로운 교과목 운영을 위한 셀프스터디	정용욱 조광희 지영래 최우석 최재혁
	AI 생성 응답에 대한 초등학생의 이해 및 확산도 분석: 빛과 관련된 과학적 개념을 중심으로	강은주 박종호	교사교육자의 물리교육론 수업 실행과 반성에 대한 셀프스터디	지영래 최재혁 조광희 정용욱
	물리교육의 증강현실 관련 교육 콘텐츠 탐색: 체계적 문헌 연구	변태진 박정우	물리 전공이 아닌 중학교 과학 교사가 물리 영역을 가르칠 때의 어려움과 대응 유형	변보경 신채연 송진웅
	초등 예비교사의 증강현실 활용 초등 물리 실험 개선안에 대한 분석	박정우	과학 교사는 왜 서논술형 평가를 어려워할까?	김이슬 송진웅
	AR 활용 초등 과학 수업지도안 분석: 빛의 성질을 중심으로	차현정 가석현 윤혜경	예비 물리교사의 지역 기반 교사교육 프로그램 적용 사례 연구	최재혁 김희경 정용재 조광희
16:30 ~ 16:40	우수 발표 시상 및 폐회 (사회: 박정우)			

무엇이 불일치 상황의 해결을 방해하는가? -The Bullet Block Experiment Everyone Gets Wrong 영상 사례를 중심으로-

이형문, 송진웅*

서울대학교 과학교육과

*이메일 : jwsong@snu.ac.kr

불일치 상황, 즉 새로 마주한 상황을 기존 개념으로 설명할 수 없을 때의 인지 갈등은 개념 변화 조건의 주요 요소 중 하나이다. 또한 불일치 상황의 경험은 실험에 대한 학습자의 인식 변화를 유도할 수 있으며, 과학의 본성 이해에도 긍정적 영향을 줄 수 있다. 물론 이런 것들은 불일치 상황이 일치 상황으로 전환될 때를 가정한 것이며, 확실히 해결되지 못한 불일치 상황은 오히려 학습자의 개념 발달을 방해할 수 있다. 그렇기에 이번 연구에서는 무엇이 불일치 상황의 해결을 방해하는지에 대해 알아보고, 과학교육에서의 불일치 상황 활용 방안을 논의해보고자 한다.

본 연구의 분석 대상인 영상 ‘The Bullet Block Experiment Everyone Gets Wrong’은 동일한 속도의 총알이 박힌 나무 블록의 역학적 에너지 총합이 다르게 나타나는 결과를 보여주며, 역학적 에너지 보존 법칙에 혼란을 주는 불일치 상황을 만든다. 이 영상의 유튜브 댓글에 대한 분석을 통해 불일치 상황을 마주한 시청자들의 해석이 변화하는 과정을 분석했으며, 실험 소개 영상을 바탕으로 변화의 원인에 대해 분석하였다. 총 7,184개의 댓글에 등장한 단어들을 워드 네트워크로 변환한 후, 각 단어의 등장 빈도와 연결 중심성 등을 확인하였다.

연구 결과, 불일치 상황을 마주한 뒤 실험 상황의 정확한 해석에 필요한 ‘운동량’ 노드의 연결 중심성과 등장 빈도가 낮아졌다. 그에 반해 ‘회전’ 노드의 연결 중심성은 높아졌으며, 상황의 해석과 직접적인 관련이 없는 ‘공기’, ‘저항’ 노드와 ‘회전’ 노드와의 연결이 많아졌다. 다수의 시청자들이 불일치 상황의 해결에 실패한 것이다.

불일치 상황의 해결에 실패한 이유는 다음과 같이 나타났다. 첫째, 실험의 진행 과정이 일부만 제공되었다. 편집된 실험 영상은 충돌 과정 중 에너지의 손실이라는 주요 개념으로

의 도달을 방해했다. 둘째, 변인을 단순하게 조작한 실험 상황이었다. 변인에 대한 조작을 다양한 값으로 진행했다면, 거리에 따른 회전 운동의 변화가 나타나면서 에너지 손실의 변화를 확인할 수 있었을 것이다. 셋째, 상황 설명에 과도한 개입이 있었다. 영상 속 진행자가 운동 에너지의 동일함이나 회전 운동 에너지의 추가와 같은 부연 설명을 하면서 댓글을 다는 시청자에게 선입견을 부여하였다.

해당 영상에 달린 수천 개의 댓글은 의도한 불일치 상황이 탐구활동에의 적극적 참여를 유도할 수 있음을 보여준다. 반면에 일부의 방해 요소들이 오개념을 강화시킬 수도 있음을 확인하였다. 그렇기에 과학교육에서 불일치 상황을 도입할 때에는 방해 요소를 제거할 수 있는 장치를 준비해야 하며, 실험 활동의 직접적인 수행은 좋은 대안 중 하나가 될 수 있다.

GPT 언어 모델을 사용한 물리 서술형 문항 평가 및 피드백의 자동화 방안 탐색

민태호, 이봉우*

단국대학교 과학교육과

*이메일 : peak@dankook.ac.kr

서술형 평가는 개별 피험자의 이해를 세부적으로 진단할 수 있다는 장점에도 불구하고 채점의 어려움으로 인해 학교 현장에서의 활용이 제한되고 있다. 본 연구에서는 GPT 언어 모델을 사용해 서술형 평가 자동 채점을 시도하고, 프롬프트에 따른 채점 결과와 피드백의 특징을 확인하고자 하였다. 이를 위해 중학교 1학년 학생 145명으로부터 물체의 색이 보이는 원리와 관련된 서술형 1개 문항의 응답을 수집하였으며, 무의미 응답을 제외한 117건의 데이터를 연구에 활용했다. 이후 전문가 채점자 3명의 채점 결과와, 서로 다른 12가지 프롬프트를 사용한 언어 모델의 채점 결과를 비교하고, 언어 모델이 생성한 피드백의 특징을 분석했다. 연구 결과 전문가 채점자와 언어 모델 사이의 Cohen's kappa 값은 .12~.34 수준으로 산출되었으며, 상대적으로 관대하게 채점한 전문가 채점자가 언어 모델과의 kappa 값이 컸다. 프롬프트에 포함된 채점 기준이 루브릭 형태일 때 채점 정확도가 높았고, 체크리스트 형태의 채점 기준을 사용할 경우 피험자 답안과 체크리스트의 내용을 혼동하는 문제가 발견되었다. 채점 기준이 별도로 제공되지 않았을 때는 예제를 제공하는 것이 채점 정확도를 향상시켰다. 출력의 구성 요소를 지정하면 출력 생성 시간은 짧아졌으나 채점의 정확도는 감소했다. 피드백에 있어선 일반적인 지식에 관한 내용은 정확했으나 특정 상황에 지식을 적용하는 것에 관해서는 부정확한 피드백을 생성하기도 했다. 또한 프롬프트에 포함된 채점 기준에 따라 피드백의 형태가 달라졌다. 본 연구의 결과로부터 자동 채점을 위한 GPT 언어 모델 사용 지침을 제안했다.

이미지 컨투어를 활용한 화살표 답안 자동 채점 가능성 탐색

윤석민¹, 곽혜정², 최혁준^{3*}

¹대전과학고등학교, ²한국교육과정평가원, ³한국교원대학교 물리교육과

*이메일 : hjchoi@knue.ac.kr

본 논문에서는 학생들이 손글씨로 작성한 화살표 답안에 대한 자동 채점 수행 가능성을 확인하였다. OpenCV의 이미지 컨투어 기능을 활용하여 답안에 표기된 화살표의 윤곽선을 자동으로 그리고, 윤곽선을 감싸는 다각형의 꼭짓점 중 가장 먼 두 점을 잇는 방식으로 화살표의 길이를 파악하였다. 또한, 윤곽선 내부 픽셀의 위치 좌표를 수집하고 좌표의 평균값과 중앙값을 이용하여 화살표의 방향과 시작점을 확인하였다. 고등학생 183명을 대상으로 단진자의 최고점과 최저점에서의 합력을 표시하는 문항을 자동 채점한 결과 정밀도 1, 재현율 0.972, F1-score 0.985의 매우 높은 일치도를 보였다. 자동 채점을 위해 얻은 화살표의 시작점, 방향, 길이를 이용하여 답안의 군집화 역시 가능했으며, 이를 이용하면 학생들의 오개념 유형 역시 군집화할 수 있을 것으로 보인다.

물리교육을 위한 기호 회귀(Symbolic Regression)의 활용 가능성 탐색

신은혜¹, 장진섭¹, 조정호^{1*}

¹서울대학교 물리교육과

*이메일 : junghyojo@snu.ac.kr.

미래 인재 양성을 위해 인공지능을 교과 교육에 도입하여 학생의 교과 지식의 학습 효과와 더불어 첨단 기술에 대한 이해를 높이려는 시도가 이어지고 있다. 최근 과학·인공지능 융합을 다룬 선행 연구들은 자연에서 얻은 빅 데이터나 실험실에서 얻은 데이터를 인공지능 기반 도구를 활용하여 분석하는 탐구 활동을 소개하였다. 구체적으로 물리·인공지능 융합 교육을 다룬 선행 연구들은 물체의 운동이나 모양 변화 데이터를 분석하는 과정에서 측정되지 않은 값을 예측하기 위해 회귀 분석 알고리즘을 도입하는 방안을 소개하였다. 그러나 기존의 회귀 분석 알고리즘으로는 예측값과 예측의 정확도는 얻을 수 있으나, 물체의 복잡한 운동을 정확하게 표현하는 수학적 모델을 찾는 데에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 학생이 실험 데이터로부터 수학적 모델을 도출하기 위해 알려지지 않은 함수의 데이터와 일치하는 기호 표현을 찾기 위한 접근 방식 중 하나인 기호 회귀(Symbolic Regression) 알고리즘을 적용하는 탐구 활동을 제안하고자 한다. 특히 Feynman의 물리학 강의에서 소개된 100개의 방정식을 발견할 수 있는 기호 회귀 알고리즘인 AI-Feynman (Udrescu & Tegmark, 2020)을 물체의 운동 데이터에 적용하고 평가한다. 또한 본 연구에서는 중·고등학생이 이해하기 쉬운 수준의 ChatGPT를 활용한 기호 회귀 방법을 소개한다. 이를 바탕으로 기호 회귀를 도입한 역학 실험 수업의 실현 가능성과 교육적 가치에 대해 논의할 것이다.

중학교 과학영재의 언어적 상호작용과 실험설계 능력의 관계 - 모둠별 실험설계 과정에서 -

양아름¹, 최혁준^{2*}

¹북원여자고등학교, ²한국교원대학교 물리교육과

*이메일 : hjchoi@knue.ac.kr

본 연구에서는 모둠별 실험설계 과정에서 중학교 과학영재의 언어적 상호작용과 실험설계 능력의 관계를 분석하였다. 이를 위해 중학교 과학영재 학생 17명을 대상으로 빛의 굴절과 반사를 주제로 하는 실험설계 능력 향상 프로그램을 적용하여 개인 및 모둠의 실험설계 능력 향상 정도를 조사하고 모둠 내에서 일어나는 언어적 상호작용을 분석하였다. 연구 결과, 총 4개의 모둠 중 한 모둠은 일방형, 한 모둠은 쌍방향, 두 모둠은 소통형의 유형을 보였으며, 소통형, 쌍방향, 일방형의 순으로 실험설계 능력이 향상되었다, 모둠 내의 개인별 지위에 따라서는 일반적으로 주도자, 보조자, 주변자의 순으로 실험설계 능력이 향상되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 의사소통이 활발하게 일어난 모둠일수록, 모둠 내에서도 의사소통에 활발히 참여하고 문제해결에 관련된 상호작용이 많은 개인일수록 실험설계 능력이 향상된 것을 알 수 있다.

IB DP 물리학의 탐구 활동 운영 및 평가 분석을 통한 우리나라 과학탐구 활동의 개선방안 제언

권문호^{1*}

¹경북대학교사범대학부설고등학교

*이메일 : likethomson@gmail.com

과학은 오랜 시간 과학자들의 실험에 기반한 활동으로 그 지식이 증대되어 왔으며, 이러한 중요성으로 인해 과학 교과에서는 상당히 중시되고 있으나, 대입에 직접적으로 반영되지 않고 강제성 또한 없어 고교 수업에서 원활하게 이뤄지지 않고 있다. 또한 일부 시도교육청에서 IB 프로그램을 공교육에 적극적으로 도입하려는 분위기와는 달리 IB DP 과학 교과군의 탐구 활동에 대한 본격적인 논의나 과학 교육학계에서의 연구는 거의 이뤄지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 IB DP 물리학 교과의 탐구 활동 평가에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 내부 평가(Internal assessment, IA)의 운영 및 분석 기준을 분석함으로써 우리나라 과학교육에 적용할 수 있는 부분에 대해 살펴보았다. IB DP에서는 우리나라의 교육과정 문서에 해당하는 Physics guide에서 수업 시수, 탐구 활동의 종류, 평가 등에 대한 구체적인 지침을 내려 정량적인 실험의 수행을 강제하고 있었다. 그리고 우리나라의 교과서에서는 대부분의 탐구 활동이 안내형 탐구 활동으로 이뤄진 것이 대부분인 반면, IB DP에서는 주제와 접근 방법에 대한 개략적인 방법만 제시되거나 개방형 탐구로 운영되고 있으며, 실험 결과에 대한 정량적인 분석과 데이터 처리를 요구한다는 점에서 차이를 보이고 있었다. 또한 IB DP에서는 IA를 통해 학생이 자기 주도적 탐구 활동을 반드시 수행하도록 함으로써 평소 수업 시간 Practicals를 하며 쌓아온 탐구 역량을 최종적으로 평가하도록 하고 있다는 점에서 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

고등학교 물리학 교육과정에서 성취기준 서술의 변화

고지현¹, 조광희^{2*}

¹여수정보과학고등학교, ²조선대학교 물리교육과

*이메일 : khjo@chosun.ac.kr

이 연구에서는 2007, 2009, 2015, 2022 개정 과학과 교육과정에서 고등학교 물리학 내용에 관한 성취기준을 분석하여 최근 교육과정의 성취기준 서술 특징과 변화 양상을 살펴 보았다. 총 283개 성취기준 문장의 내용과 서술어를 분석한 결과, 다음과 같은 특징을 발견 하였다. 첫째, 2009 개정 교육과정 이후로 전자기학 내용의 비율이 가장 높았다. 2007 개정 교육과정에서는 고등학교 물리학 중 역학 내용이 많았으나, 이후 교육과정에서는 전자기 학이 가장 빈번하게 나타났다. 둘째, 물리학 내용을 서술할 때 단문 형태의 성취기준 서술이 감소하는 경향을 보였다. 단문 형태의 서술 비율은 2007 개정 교육과정에서 가장 높았고, 복문 형태의 서술 비율은 2022 개정 교육과정에서 가장 높았다. 셋째, 성취기준 서술어의 종류가 최근 들어 점차 늘어나는 경향이 나타났다. 2007과 2009 개정 교육과정에서는 특정 서술어를 중심으로 성취기준을 서술한 반면에, 2015와 2022 개정 교육과정에서는 다양한 성취기준 서술어를 사용하였다.

※ 이 연구 발표는 제1저자의 석사 학위 논문을 요약한 것임을 밝힙니다.

2022개정 교육과정 진로연계교육을 위한 진로연계 물리학 프로젝트 수업 개발 및 적용

이철우^{1*}, 김지나²

¹화봉고등학교, ²부산대학교 물리교육과

*이메일 : ezspecia@naver.com

2022 개정 교육과정에서 기존의 교육과정에는 없었던 진로연계교육이 새롭게 도입되었다. 학생들의 진로교육 강화를 위해 새롭게 제시된 진로연계교육은 창의적 체험활동과 교과 수업시간을 통해 운영하도록 제시되어 있다. 진로연계교육의 성공적인 운영을 위해서는 교육활동 중 많은 시간을 차지하는 교과 수업시간을 통한 진로연계교육이 중요하다. 하지만 아직까지 교과 수업시간을 통한 진로연계교육 운영 방안에 대한 연구는 찾아볼 수 없다. 본 연구에서는 학생들이 직업 세계를 간접적으로 체험할 수 있는 프로젝트 수업을 통해 물리학 교과에서의 진로연계교육 방안을 개발하고 적용하였다. 연구대상은 울산광역시 소재하고 있는 H고등학교 2학년 중 물리학 I을 선택한 학생 48명과 S여자고등학교 2학년 중 물리학 I을 선택한 학생 12명이다. 동일한 교사가 2개의 학교에 각각 방문하여 수업을 진행하였다. 진로연계 물리학 프로젝트 수업은 물리학 이론이 적용되는 토목공학, 항공우주공학, 전자공학의 3가지 주제로 총 14차시 분량을 개발하였다. 개발한 진로연계 물리학 프로젝트 수업이 다양한 물리학 관련 진로를 학생들에게 알려줄 수 있는지 확인하기 위해 전문가와 현직 교사의 검토를 받았고 개발한 자료를 수정 및 보완하여 최종 자료를 완성하였다. 개발한 수업의 효과를 확인하기 위해 학생들의 물리학·이공계 진로지향도 검사, 물리 자기효능감 검사, 과학관련태도 검사를 사전·사후 실시하였다. 분석 결과, 수업에 참여한 학생들의 물리학·이공계 진로지향도가 사전 평균 3.67점 에서 사후 평균 4.30점 (p 값 .000*) 으로 유의미하게 증가하였다. 물리 자기효능감이 사전 평균 3.24점 에서 사후 평균 4.10점 (p 값 .000*) 으로 유의미하게 증가하였다. 과학관련태도가 사전 평균 3.43점 에서 사후 평균 4.07점 (p 값 .000*) 으로 유의미하게 증가하였다. 본 연구를 통해 진로연계 물리학 프로젝트 수업은 학생들의 물리학·이공계 진로지향도, 물리 자기효능감, 과학관련태도를 향상 시킬 수 있는 좋은 진로연계교육 방안이라는 것을 알 수 있다.

과학 학습 수준에 따른 중학생의 온라인 정보탐색의 인지

천지은, 송진웅*

서울대학교 과학교육과

*이메일 : jwsong@snu.ac.kr

학생들이 시민으로서 올바르게 과학정보를 판단하고 이를 기반으로 바람직한 의사결정을 하는 능력의 중요성이 더욱 커지고 있다. 어디서든 접속가능한 인터넷 정보망이 보편화됨에 따라 단순 지식이 무용해지고 있으며, 빠르게 변화하는 과학지식 정보들을 학교 교육에 반영하는 것 역시 한계가 있다. 7차 교육과정 이후로 교육과정은 개정될 때마다 학습량이 감축되어 왔으며, 2015 교육과정에서는 지식정보처리 역량을 중심으로 과학적 의사소통능력과 과학적 참여가 강조되고 있다. 현대 과학교육에서는 학습의 효율성, 학습의 전이 능력이 중요하며 학생들이 적절한 과학적 근거를 기반으로 올바르게 과학정보를 수집, 판단하게 할 수 있는 역량을 키우는 것이 중요하다. 그러나 학생들이 학교에서 배우는 과학이 온라인에서의 과학정보 판단의 관련성에 대해서 어떤 연관성을 갖는지는 명확하지 않다.

본 연구에서는 학교 수업에서 발전기와 에너지의 전환을 학습한 중학생들이 전기자동차의 친환경성을 판단하기 위하여 과학정보를 탐색하는 과정을 살펴보았다. 연구 대상은 중학교 3학년 학생 45명이다. 학생들은 과학 수업에서 발전기 원리와 에너지 전환, 친환경 에너지 등을 배운 후 전기 자동차가 친환경인지에 대하여 온라인 과학정보를 탐색하여 각각 근거가 되는 정보를 찾아 정리하고 최종적으로 판단을 하였다. 그 후, 온라인 과학정보에 대한 인식과 판단 근거의 정당화를 살펴보는 자기 설문지를 작성하였다. Bråten, I., et al (2019)이 개발한 ISRM(Internet-Specific Reading Motivation and Engagement Measures)와 Ferguson et al (2012, 2013)의 ISEJ(Internet-Specific Epistemic Justification)를 과학 교과와 중학생 수준에 맞도록 적절히 변형하여 리커트 척도 4단계의 객관식 설문지를 제작하였다. 설문지와 학생들이 찾은 정보탐색 결과, 학습 성취도 수준을 비교 분석하였다.

연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 온라인 정보탐색 활동에 대하여 학생들은 온라인 과학정보의 기능(competence)에 대하여 대체로 긍정적으로 인식하고(77.3%) 정보탐색에 어려움이 없었다(70.6%). 둘째, 학생들의 과학 수업 성취도는 학생들의 과학정보 탐색 활동의

인식과 판단에 영향을 주지 않았다. 셋째, 학생들은 과학정보 탐색을 할 때 출처와, 자기 지식, 저자의 권위를 모두 고려(justification)한다고 인지하였으나 실제 탐색 결과는 달랐다.

본 연구는 전기자동차라는 주제 특이적인 한계를 가지고 있으나 학교 수업과 연계하여 학생들의 정보탐색 인식과 실행을 함께 살펴보았다는 점에서 의의가 있다.

2015 개정 교육과정 통합과학 수강생들의 물리학 I 교과 선택 관련 실태 조사

윤규태¹, 권문호², 하상우³, 최호명^{3*}

¹화원고등학교, ²경북대학교사범대학부설고등학교, ³경북대학교 사범대학 물리교육과

*이메일 : homyoung@knu.ac.kr

제 7차 교육과정에서부터 시작되어 2015 개정 교육과정에 이르기까지 학생 선택중심 교육과정이 운영되면서 학생들은 보다 넓은 과목 선택권을 통해 자신이 원하는 과목을 학생 스스로 선택하고 자신의 진로에 맞는 과목을 배울 수 있다. 하지만 실제 운영과정에서 학생들이 자신의 진로를 고려하기보다는 과학 선택과목 중에서 쉽게 점수를 얻을 수 있는 과목을 선호하는 현상이 나타났고, 이에 물리교육 측면에서는 물리학 I 선택에 대한 기피 현상이 문제가 되고 있다. 본 연구에서는 통합과학을 수강한 대구광역시에 있는 4개 고등학교 1학년 학생 559명을 대상으로 물리학 I 교과 선택 경향을 설문 조사하여 그 결과를 분석하였다. 연구 결과, 학생들이 2학년에 진학 후 수강하고 싶은 과학탐구 과목은 생명과학 I, 화학 I, 지구과학 I, 물리학 I의 순으로 현재의 대학수학능력시험 응시 과목 선호도와 동일하게 나타났다. 학생들은 물리학 I에 흥미를 가지게 된 이유로 물리 내용이 가진 매력성, 대학 진학에의 필요성, 실생활과 관련된 내용으로 유용성을 제시했고, 흥미를 잃게 된 이유로는 수학적 계산의 어려움, 물리 내용의 어려움, 낮은 성적을 제시했다. 또한 물리학 I을 선택한 이유로 진로 및 흥미와 적성을, 선택하지 않은 이유로는 학습부담 및 흥미와 적성을 꼽았다. 이 결과를 바탕으로 보다 많은 학생들이 물리학 I을 선택할 수 있게 하는 방안에 대해서도 논의하였다.

설탕물에서 빛의 굴절 현상에 대한 분석

강동승¹, 이봉우^{2*}

¹단국대학교 수학교육과, ²단국대학교 과학교육과

*이메일 : peak@dankook.ac.kr

매우 진한 농도로 만든 설탕물을 가만히 놓으면 깊이에 따라 농도가 달라지면서 굴절률이 비균일한 상태가 된다. 이때 레이저 빛을 비스듬히 입사시키면 빛은 곡선을 그리며 진행한다. 이러한 비균일한 매질에서의 빛의 진행을 최소시간의 원리를 이용한 수학적 방법으로 분석하고자 한다. 빛이 진행하는 데 걸리는 시간의 함수가 벨트라미 항등식을 만족하는 성질을 이용하여 빛의 진행 경로를 구할 수 있다. 깊이에 따른 굴절률을 측정하여 이를 여러 수학적함수로 모델링하여, 깊이에 따른 굴절률이 점진적으로 증가하여 속도가 깊이에 따라 선형으로 감소하는 경우에 빛의 경로는 원의 호를 나타내며, 굴절률이 선형으로 증가하는 경우에는 로그함수의 형태를 나타냄을 알아내었다. 본 연구에서는 수학적인 방법으로 구한 결과를 실험 결과와 스넬 법칙을 이용한 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

중력장에서 빛의 편향각 계산: 학부 수준에서 해볼 수 있는 휴리스틱한 접근

김홍빈^{1,2*}

¹서울대학교 사범대학 물리교육과, ²부산대학교 유전체물성연구소

*이메일 : hongbin633@gmail.com

중력장에서 빛이 편향되는 현상은 일반 상대성이론의 대표적인 관측 결과로, 등가원리 및 간단한 사고실험을 통해 어느 정도 정성적인 설명이 가능한 현상이다. 한편, 빛이 편향되는 각도(태양 주변에서 1.75 arcsec)를 정량적으로 계산하기 위해서는 측지선 방정식, 크리스토펔 기호 등 일반 상대성이론의 복잡한 개념들이 등장하기 때문에 통상적으로 물리학 또는 물리교육을 전공하는 학부 학생들이 일반 상대성이론을 배우지 않은 상태에서 쉽게 해볼 수 있는 계산이라고 보기는 어렵다. 이번 발표에서 우리는 측지선 방정식을 직접 푸는 전형적인 일반상대론 교재의 접근 방식 대신, 학부 고전역학 수준의 지식을 최대한 활용해서 빛의 편향각을 정량적으로 계산해볼 수 있는 휴리스틱한 접근 방식을 소개하려고 한다. 그리고 일반 상대성이론의 교수-학습에서 간단한 계산이라도 직접 해보는 것이 어떤 의미를 갖는지에 대한 물리교육적 시사점을 논의하고자 한다.

교실 속 ‘럼포드의 대포 실험’의 개발: 고등학교 과학탐구실험의 새로운 가능성 모색

조민철¹, 김홍빈^{1, 2*}, 염동한^{2, 3}, 이경호¹

¹서울대학교 물리교육과, ²부산대학교 유전체물성연구소, ³부산대학교 물리교육과

*이메일 : hongbin633@gmail.com

과학교육에서 탐구의 중요성은 널리 인정받고 있다. 특히, 우리나라 교육과정에서는 2015 개정 교육과정에 이어 2022 개정 교육과정에서도 과학탐구실험을 별도의 교과로 운영할 예정이다. 과학탐구실험 교과는 학생들이 탐구 과정을 통해 과학의 ‘스토리라인(흐름)’과 ‘본질 및 열개(구조)’에 기반하여 지식/이해, 과정/기능, 가치/태도 세 차원의 요소를 균형있게 학습하면서 핵심 아이디어에 도달하는 것을 목표로 한다. 그러나 과학탐구실험과 관련된 과학의 흐름이나 배경이 무엇인지, 이것을 기반으로 한 과학탐구실험을 통해 학생들의 전인적인(즉, 세 가지 차원의) 성장이 어떻게 가능한지에 대한 논의는 아직 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 이와 같은 탐구실험에 관한 한 가지 기초 연구로서 열역학 분야에서 결정적 실험 중 하나라고 불리는 럼포드의 대포 천공 실험에 주목하였다. 우선 럼포드 실험을 학생들이 교실 상황에서 경험할 수 있도록 실험을 개발하였다. 그리고 열-입자(칼로릭) 이론과 관련된 역사적 논의과정을 살펴보았다. 이를 통해 이 실험이 학교 현장에서 물리학의 흐름이나 배경을 잘 담은 과학탐구실험의 예시로서 소개될 수 있는 방안을 탐색하고자 하였다. 끝으로 이러한 과학탐구실험이 물리 교육적으로 갖는 함의에 대하여 논의하고자 한다.

고등학교 양자역학 내용 체계 정립을 위한 기초 연구1: 『The Evolution of Physics (1938)』를 중심으로

이광표¹, 이경호^{1*}, 김홍빈^{1, 2}

¹서울대학교 물리교육과, ²부산대학교 유전체물성연구소

*이메일 : ghlee@snu.ac.kr

2022 개정 교육과정은 지식·이해, 과정·기능뿐만 아니라 가치·태도를 포함하여 내용 체계의 구성을 명시하는 것에서 더 나아가 그 기반이 되는 교과 스토리라인(흐름) 및 본질과 열개(구조)를 언급함으로써 기존 교과교육의 문제를 해결할 수 있는 새로운 방향성을 제시하였다. 그러나 2022 개정 물리과 교육과정 문서에서 물리학의 스토리라인(흐름)과 열개(구조)의 구체적인 설명과 예시를 찾기는 어렵다. 본 연구는 물리학의 흐름과 구조를 구체적으로 찾고자 하는 한 가지 시도로서 물리학의 실천전통 개념에 주목하였다. 특히, 본 연구에서는 최근 선행 연구를 통해 물리학의 실천전통을 보여주는 대표적인 과학고전 중 하나로 『The Evolution of Physics (1938)』(이하, EoP)를 선택하고 분석하였다. 분석 결과, EoP ‘양자’ 영역 내용 체계의 흐름은 역학적 관점에서 양자역학적 관점으로의 변화를 중심으로 굽직한 스토리라인이 형성되어 있었다. 둘째, EoP ‘양자’ 영역 내용 체계의 구조는 두 개의 상반된 물리학적 관점인 역학적 관점과 양자역학적 관점을 핵으로 하는 구조가 드러났다. 셋째, EoP ‘양자’ 영역 내용 체계에서 12개의 주제어(1. 연속성과 불연속성, 2. 기본양자, 3. 역학적 관점, 4. 전자, 5. 광전효과, 6. 광양자, 7. 광 스펙트럼, 8. 물질파, 9. 이중슬릿실험, 10. 빛과 물질의 이중성, 11. 양자역학적 관점, 12. 확률파)가 흐름과 구조를 형성하는 데 핵심적인 역할을 했다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 고등학교 양자역학 내용 체계와 이를 수업 현장에 적용하는 후속 연구의 필요성에 대하여 논의하였다.

미국 물리교육의 시대적 변동과 패러다임 전환: 1860년대부터 현재까지의 역사적 분석

장혜원^{1*}

¹세종대학교 교육혁신처, 교수학습센터

*이메일 : hwjang@sejong.ac.kr.

미국 물리 교육의 발전은 시대적 요구와 변화에 따라 진화해 왔다. 이 연구는 1860년대부터 현재까지의 미국 물리 교육을 Hall의 패러다임 변동 모형(Paradigm Change Framework: PCF)을 기반으로 분석하여 160년 간의 역사 속에서 세 번의 주요 패러다임 변동을 식별한다. 이 변동들은 기존의 물리 교육 방식의 한계와 국가적 위기가 주도한 것으로 시대별로 물리학자, 과학교육자, 물리교육자의 역할과 중요성이 변화하며 물리 교육의 발전에 기여하였다. 본 연구는 미국 물리 교육의 역사적 흐름을 패러다임 변동 관점에서 조망함으로써, 시대에 따른 물리 교육의 변화와 발전을 설명한다. 이는 미래 환경 변화가 물리 교육에 미칠 영향을 설명하는 데 통찰을 제공하며, 한국 과학 교육 정책에 대한 시사점을 제공한다.

※ This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea(NRF-2023S1A5A8079973)

열의 정의와 관련된 혼란에 대한 제언

정용욱^{1*}

¹경상국립대학교 물리교육과

*이메일 : ywcheong@gnu.ac.kr

열의 과학적 정의와 열에 대한 언어 사용 용법이 다르다는 점에서 열에 대한 언어 사용은 매우 혼란스럽다. 특히 열의 경우에는 과학 전문 도서나 전문 과학자의 언어 사용도 혼란스럽다는 점에서 그 심각성이 특히 크다. 이러한 혼란은 과학교육 연구에서 이미 지적되고 있지만, 제시되었던 대책 제안이 만족스럽지 않았을뿐더러, 그 이후에도 언어 사용의 혼란은 지속되고 있다. 또한 영어 문화권에서의 언어 사용 문제가 한글 언어 사용의 문제와 정확히 일치하지 않기 때문에 영어권의 관련 논의에 대해서도 비판적 검토가 필요하다. 이에 본 연구는 열의 정의 및 관련된 언어 사용의 문제를 보다 심층적으로 분석하고, 개념적으로 보다 올바른 대책을 제시하고자 한다.

열 현상에 대한 중학생의 과학적 설명 유형

이인선^{1*}, 윤혜경², 박종원³

¹충북대학교 물리교육과, ²춘천교육대학교 과학교육과, ³전남대학교 물리교육과

*이메일 : islee@cbnu.ac.kr

과학교육의 주요 목표 중 하나는 학생들이 과학적 설명을 구성하는 것을 돕는 것이다. 이를 위한 기초 연구로, 이 연구의 목적은 열평형과 열팽창 개념을 학습한 중학생들이 구성한 과학적 설명의 유형을 살펴보는 것이다. 이를 위해 중학교 2학년 학생 100명이 아이스 팩 위에 물이 담긴 컵을 놓았을 때 일어나는 현상과 기온이 높을 때 교량 연결부 이음매에 나타나는 현상에 대해 구성한 설명을 분석하였다. 연구 결과, 학생들의 과학적 설명은 원인, 결과, 이론, 조건으로 구성되었으며, 이러한 요소들의 조합에 따라 4가지 유형이 나타났다. 또 전체적으로 과학적 설명의 비율이 낮았으며, 이전 연구들에서 보고되었던 오개념 유형이 확인되었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 학생들의 과학적 설명 구성 역량을 강화하기 위한 교육적 접근법을 제안하고자 한다.

초등학교 검정 과학 교과서의 열 개념에 대한 기술 분석

이지원^{1*}, 문수진²

¹청주교육대학교 과학교육과, ²한국교원대학교 초등과학교육

*이메일 : jiwonlee@cje.ac.kr

많은 선행 연구에서 초등학생부터 성인에 이르기까지 '열' 개념에 관해 대안 개념을 갖고 있는 경우가 많다는 점을 지적하였다. 교과서는 높은 수준의 언어적 엄격함을 가지고 특정 개념을 기술한다. 하지만 교과서의 기술 내용과 방법이 학생이 그 개념을 이해하는데 오해를 불러 일으킬 소지가 있으면 학습에 도움이 되지 않거나 오히려 어려움을 가중시킬 수 있다. 이에 따라 이 연구에서는 초등학교 검정 과학 교과서의 텍스트와 삽화에 열 관련 개념이 어떻게 기술되어있는지를 분석하고자 한다. 이를 위해 2015 개정 과학과 교육과정에 기반한 검정교과서 8종을 대상으로, 열 단원의 핵심 개념인 온도, 열, 전도, 대류를 설명하는 시각자료 및 텍스트를 추출하였다. 그 후 이 기술 방법이 초등학생이 가지고 있는 대안 개념으로 어떻게 해석될 수 있는지 혹은 어떤 오해를 불러일으킬 수 있는지 분석한다. 이를 통해 교과서의 텍스트와 시각자료의 기술에 대한 학생들의 잘못된 해석이 학생들의 대안 개념과 연관될 수 있음을 보이고자 한다.

과학영재학교 학생의 엔트로피에 대한 설명 방식 분석

최용석^{1*}, 최재혁²

¹광주과학고등학교, ²전남대학교 사범대학 물리교육과

*이메일 : kiparal@gsa.hs.kr

본 연구의 목적은 과학영재학교 학생을 대상으로 과학영재의 엔트로피에 대한 설명 방식을 분석하는 것이다. 최근의 물리학 교과서에서는 엔트로피와 ‘무질서’를 직접적으로 관련 짓고 있지는 않으며 대학교 일반물리학 교재에서 엔트로피를 무질서와 관련지었을 때 전적으로 성공적이지는 않다고 하기도 한다. 이에 본 연구에서는 과학영재학교 학생들이 엔트로피를 ‘무질서도’로 또는 다른 설명 방식으로 이해하고 있는지 조사하고 학생들의 엔트로피 변화 과정의 설명 방식에서 보편적으로 어떤 특징과 경향을 보이는지 분석하고자 하였다.

연구 과정은 과학영재학교 3학년 학생 56명을 대상으로 일반물리학 교재에서 제시되는 열역학적 상황인 열평형 과정과 자유팽창 과정에서 엔트로피 변화를 묻고 그 이유를 설명하게 하였으며 같은 상황에서 ‘질서 상태’의 변화를 묻고 그 이유를 설명하게 한 뒤, 엔트로피와 엔트로피가 증가한다는 것이 무엇인지 설명하도록 하였다. 연구 결과, 학생들은 엔트로피가 높은 상황을 ‘무질서도’, ‘자발적(자연적)인 과정’, ‘경우의 수(상태 수) 증가’ 등의 표현을 사용하여 설명하는 경향이 있었으며, 열평형 과정에서는 ‘자발적(자연적) 과정’이라는 설명 방식을 갖는 학생이 39.3%로 가장 많았고, 자유팽창 과정에서는 ‘경우의 수(상태 수) 증가’라는 설명 방식을 갖는 학생이 51.8%로 가장 많았다. 한편, ‘무질서도’를 사용하여 상황을 설명하는 경우는 열평형 과정에서 19.6%, 자유팽창 과정에서 16.1%였지만 엔트로피가 증가한다는 것은 무엇이라고 생각하는지 물었을 때 ‘무질서도’를 사용하여 엔트로피를 설명한 학생은 51.8%로 엔트로피의 개념을 직접 서술할 때 ‘무질서도’와 연관 짓는 경향이 더 높음을 알 수 있었다.

예비 물리교사의 에너지 개념 이해 수준: 존재론적 범주를 중심으로

하상우^{1*}, 김효준²

¹경북대학교 물리교육과, ²한국교육과정평가원

*이메일 : hswgcb@knu.ac.kr

에너지는 물리학에서 중요한 개념이지만, 추상적인 성격으로 인해 학생들이 개념 이해에 어려움을 겪는 경우가 많다. 특히, 학생들이 에너지를 어떤 존재론적 범주(물질 또는 과정)로 인식하는지는 개념 발달 단계를 파악하는 데 중요한 요소이다. 본 연구에서는 예비물리교사의 에너지 개념 이해 수준을 조사하기 위해 서술형 설문지를 개발하고 존재론적 관점에서 분석하였다. 설문지는 일상생활과의 연관성, 역학, 열역학, 전자기, 파동역학 분야별 에너지 개념에 대한 문항으로 구성되었다. 연구 결과, 예비물리교사들은 일상생활 경험과 물리적 상황을 별개의 상황으로 구분하여 병렬적으로 서술하는 경향을 보였으며, 문제 상황에 따라 에너지에 대한 존재론적 범주 인식이 달라지는 것으로 나타났다. 특히, 역학, 열역학, 파동, 전자기 분야 순으로 물질 기반 존재론적 인식이 강했으며, 전자기, 파동, 열역학, 역학 분야 순으로 과정 기반 존재론적 인식이 강했다. 이러한 결과는 에너지 개념 학습에서 기존의 분과별 순서보다는 여러 물리학 하위 분야를 병렬적으로 학습하는 것이 효과적일 수 있음을 시사한다. 또한, 학생들의 에너지 개념 발달 단계를 파악하기 위해서는 존재론적 범주를 고려한 평가가 필요하다.

물리 학습 주제의 시각화와 탐구력 향상을 위한 새로운 물리 실험 프로그램

윤준상^{1*}

¹미소들 소프트웨어 대표

*이메일 : ceo@fesics.kr.

본 연구의 목적은 물리학에 흥미가 없거나 물리학을 어려워하는 학생들이 흥미를 갖고 물리학을 접하고 창의적인 가상 실험을 하도록 유도하기 위해 만들어진 FEsics 물리 시뮬레이션 프로그램을 이용한 물리학 교육의 효용성을 분석하는 것이다. 이를 위하여 3일동안 치러지는 교육박람회와 여러 행사에서 교사 및 학생 그리고 연구원들에게 고등학교 물리학 교과서에 나오는 ‘만유인력 법칙에 의한 행성 운동’, ‘렌즈로 인한 빛의 굴절’, ‘마찰있는 도미노’, ‘전기력선’ 등의 다양한 물리 실험을 선택하게 하고 직접 실험을 조작하게 하였고 그들로부터의 반응을 설문과 면담을 통해 분석한 것이다. 주요 연구 질문은 다음과 같다. (1) 해당 프로그램이 물리학 교육에 유용하다고 생각하는가? (2) 해당 프로그램을 물리학 교육에 어떻게 활용할 것인가? (3) 해당 프로그램이 현 교과과정에 부합하는가? 응답결과는 연구 질문에 따라 분류되어 요약 제시되었다.

AI 생성 응답에 대한 초등학생의 이해 및 확신도 분석: 빛과 관련된 과학적 개념을 중심으로

강은주^{1*}, 박종호²

¹거제중앙초등학교, ²진주교육대학교 과학교육과

*이메일 : bonee1@hanmail.net

생성형 인공지능의 출현은 기술과 사회, 특히 교육 환경의 다양한 측면에 큰 영향을 미치고 있다. 본 연구는 초등학생들의 과학적 개념에 대한 이해 수준을 바탕으로, 생성형 인공지능의 응답에 대한 초등학생들의 인식 및 확신도를 분석하고자 하였다. 먼저, 초등학교 4-6학년 학생 130명을 대상으로 빛의 전파, 빛과 그림자, 빛의 반사와 굴절에 관련된 문제를 제시하였다. 학생들은 자신이 인식한 정답을 표기하고 응답에 대한 확신 정도를 평가하였다. 그 후, 학생들에게 생성형 인공지능이 생성한 응답을 제시하고, 이에 대한 확신 정도를 평가하도록 요청하였다. 각 문항에 대한 학생들의 답변을 기반으로 정답률을 산출하고, 5단계 척도로 구성된 확신도 설문지를 통해 응답에 대한 확신도(Certainty of Response Index)를 산출하였다. 그리고 생성형 인공지능의 응답에 대한 학생들의 확신도와 비교 분석하였다. 이를 통해 빛과 관련된 과학적 개념에 대한 초등학생들의 이해 수준을 알아보고, 교육 현장에서 생성 인공지능을 도구로 활용하는 것에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

물리교육의 증강현실 관련 교육 콘텐츠 탐색: 체계적 문헌 연구

변태진¹, 박정우^{2*}

¹광주교육대학교 과학교육과, ²제주대학교 초등과학교육전공

*이메일 : jeongwooid@jejunu.ac.kr

이 연구는 지금까지 개발된 물리교육 관련 증강현실 콘텐츠를 탐색하여 교육적 시사점을 얻는 것을 목표로 한다. 이 목표를 달성하기 위해 초등 및 중등, 대학 교육환경에서 증강현실을 사용한 연구에 대한 체계적 문헌 연구를 수행하였다. Web of Science, Scopus, Eric, Proquest Central, AIP의 5개 데이터베이스에서 Augmented Reality AND Physics AND Education의 쿼리를 사용하여 249개의 논문을 검색하였다. 제목 및 초록, 본문 검토를 통해 문헌 선택 기준을 충족하는 45개의 논문을 선정하였다. 이 연구에서는 물리교육 관련 증강현실 콘텐츠의 영역, 구현 방법, 실행 기기 및 환경 등을 분석하였다. 이를 바탕으로 물리교육 증강현실 콘텐츠 개발을 위한 시사점을 제공하고자 한다.

초등 예비교사의 증강현실 활용 초등 물리 실험 개선안에 대한 분석

박정우^{1*}

¹제주대학교 초등과학교육전공

*이메일 : jeongwooid@jejunu.ac.kr

디지털 교과서의 보급과 더불어 증강현실과 가상현실 실험이 다수 개발되어 교실현장에 적용되고 있다. 증강현실은 현실 세계에 가상 객체가 겹쳐 보이는 것으로 가상 객체로만 이루어진 가상현실과 구분된다. 따라서 증강현실 과학교육 콘텐츠는 가상현실 콘텐츠와 구분되는 특징이 요구된다. 하지만 개발되어 적용되는 증강현실 물리교육 관련 콘텐츠를 살펴보면 많은 경우 증강현실 콘텐츠에서 현실 세계는 실재감을 높여주기 위한 배경이나, 조작성을 높이기 위한 마커 정도로 활용되는 것을 제외하고는 가상현실 콘텐츠와 크게 구분되지 않는다. 이 연구는 실제 콘텐츠의 사용자가 될 것인 예비교사의 의견을 중심으로 증강현실 물리교육 콘텐츠 제작에 대한 구체적인 제안을 도출하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 초등 예비교사 103명에게 증강현실을 사용해 기존의 초등 물리 실험을 개선해보도록 요청하였으며 그 이유를 함께 조사하였다. 연구에 참여한 초등 예비교사들은 2015개정 교육과정에 기반한 초등 과학 교과서 내의 초등 물리 실험을 모두 경험해본 학생들이었으며, 이러한 자신의 경험에 비추어 개선안을 작성하였다. 이 연구에서는 초등 예비교사가 제안한 증강현실 실험의 주제, 유형, 이유, 장단점 등을 분석하였으며 이를 바탕으로 물리교육 증강현실 콘텐츠 개발을 위한 시사점을 제안하였다.

AR 활용 초등 과학 수업지도안 분석: 빛의 성질을 중심으로

차현정¹, 가석현², 윤혜경^{1*}

¹춘천교육대학교 과학교육과, ²서울대학교 교육종합연구원

*이메일: yoonhk@cnu.ac.kr

사용자가 직접 눈으로 보는 현실에 가상 물체를 겹쳐 보여주는 증강현실(AR) 기술이 과학 교육에 적용되면서 학생들은 실제 실험실에서 하기 어려운 실험이나 원자와 분자처럼 눈으로 볼 수 없는 부분에 대한 탐색이 가능하게 되었다. 증강현실(AR)을 교육에 활용한 결과, 탐구 활동에 관한 긍정적인 태도 함양, 과학 개념과 과학적 현상의 이해 증가, 학습에서의 상호작용 증가 등의 교육적 효과가 보고되고 있다. 이러한 맥락에서 2022 개정 과학과 교육과정의 탐구 활동에서도 증강현실 활용이 언급되고 있다. 구체적으로, ‘빛의 성질’ 단원의 성취기준 적용 시 고려 사항에 ‘빛의 직진, 반사, 굴절 현상을 관찰할 때 컴퓨터 시뮬레이션, 가상 현실, 증강현실 등을 이용하여 관찰을 보조할 수 있다’고 서술되어 있다. 학교 현장에서의 효과적인 증강현실의 적용을 위해서는 이를 가능하게 하는 교사 전문성 향상을 위한 노력과 지원이 동반되어야 할 것이다. 따라서 이 연구에서는 AR 콘텐츠를 효과적으로 활용할 수 있는 교사 역량 함양과 예비교사 교육에 대한 함의를 얻고자 초등 예비교사가 특정 주제의 과학 수업에서 AR 콘텐츠를 어떻게 활용하는지 탐색해 보았다. 이를 위해, 교육대학교 3학년 62명의 초등 예비교사가 연구에 참여하였다. 예비교사들이 산출한 모듈별로 작성된 AR 콘텐츠를 활용한 ‘빛의 성질’ 과학 수업지도안을 분석하여 초등 예비교사가 의도하는 인지적 참여 수준에 따른 활동과 테크놀로지 활용 활동의 유형 그리고 인지적 참여 수준과 활동 유형에 따른 수업 활동 사례를 알아보았다. 분석 방법 및 과정은 다음과 같다. 우선, 16개 모듈별 수업지도안에서 전체 46개의 활동을 추출한 후 모듈별 활동 세부 활동을 테크놀로지를 활용한 활동과 활용하지 않은 활동으로 분류하였다. 다음으로, Chi & Wylie (2014)의 인지적 참여 수준 분석 틀에 기반하여 46개의 세부 활동의 인지적 참여 수준을 분석하였다. 마지막으로 테크놀로지를 활용한 활동의 유형을 귀납적으로 도출하였다. 연구 결과 첫째, 전체 46개의 활동은 19개의 테크놀로지 활용 활동과 27개의 테크놀로지

활용하지 않은 활동으로 분석되었다. 둘째, 19개의 테크놀로지 활용 활동을 인지적 참여 수준에 기반하여 분석한 결과 능동적(개인) 활동 13개(68.4%), 능동적(그룹) 활동 3개(15.8%), 구성적 활동 3개(15.8%)였으며, 수동적 활동과 상호작용적 활동은 나타나지 않았다. 셋째, 테크놀로지 활용 활동의 유형은 ‘탐색형’, ‘게임놀이형’으로 도출되었으며, 능동적(개인)-탐색형, 능동적(개인)-게임놀이형, 능동적(그룹)-게임놀이형, 구성적-탐색형, 구성적-게임놀이형 총 5가지의 수업 활동 사례가 나타났다.

사범대 물리교육의 변화를 위한 새로운 교과목 운영을 위한 셀프 스터디

정용욱¹, 조광희², 지영래³, 최우석⁴, 최재혁^{5*}

¹경상국립대학교 물리교육과, ²조선대학교 물리교육과

³순천대학교 물리교육과, ⁴서울특별시교육청, ⁵전남대학교 물리교육과

*이메일 : choi@chonnam.ac.kr

지방에서 교사양성대학에 근무하는 교사교육자인 나는 물리교육과의 교육내용에 대한 변화를 탐색하던 중 마이크로비트라는 도구의 교육적 가능성에 주목하게 되었고, 이를 위한 PBL 강의를 개설한 경험이 있었으나, 강좌 운영 경험을 스스로 평가할 때 상당한 아쉬움을 느끼고 있었다. 이러한 상황의 극복을 위해 ‘나’는 4인의 비판적 동료들과 진행하는 셀프스터디를 통해 나의 강의를 성찰하고 나의 강의를 개선하려고 시도하였다. 2022년 9월부터 1학년 16명이 참여하는 PBL 강의를 중심으로 본 연구를 수행하였다. 강의자인 나의 강의 계획서, 반성적 저널, 예비교사의 강의 관련 설문과 평가 자료 등을 토대로 비판적 동료와 강의 준비 기간부터 연구의 방향에 대해 협의하였다. 비판적 동료들과의 협의 과정에서 나는 강의 내용을 보다 심층적으로 살펴볼 기회를 갖게 되면서, 보다 체계적인 강좌 운영 방안을 구성할 수 있었고, 코딩과의 융합을 시도하는 새로운 교과목을 물리교육과에서 운영할 때 새로운 강좌의 운영 방향과 목표에 대해 더 깊이있게 생각할 기회를 갖게 되었다.

교사교육자의 물리교육론 수업 실행과 반성에 대한 셀프스터디

지영래^{1*}, 최재혁², 조광희³, 정용욱⁴

¹국립순천대학교 물리교육과, ²전남대학교 물리교육과,

³조선대학교 물리교육과, ⁴경상국립대학교 물리교육과

*이메일 : yrji@scnu.ac.kr

본 연구에서는 물리교육학을 전공한 신임 교수인 내가 비판적 동료와의 상호작용을 통해 교사교육자로서의 위치를 조정해나가는 과정을 서술하였다. ‘나’는 교사양성기관인 사범대학에 소속되어 있으며 교과교육연구자, 교과교육학 및 전공물리학 강의자, 교사교육자 등의 다양한 역할을 인식하고 있었다. 본 연구에서는 사범대학 물리교육과 교수 3명이 비판적 동료로 참여하여 ‘나’를 새롭게 바라볼 수 있도록 이끌어 주었다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, ‘나’는 자신에 대한 이해의 스펙트럼이 넓어졌다고 생각하게 되었으며 비판적 동료와의 경험 나눔이 지닌 가치를 확인하였다. 둘째, ‘나’는 교사교육자로서 학습자의 태도를 상당한 수준으로 이해하고 대응한다고 생각했었지만, 비판적 동료와의 성찰을 통해, ‘나’의 학습자에 대한 이해는 낮은 수준일 수 있으며 학습자의 태도에 담긴 의미를 확인하기 위한 다각도의 자료 수집이 필요하다고 생각하게 되었다. 마지막으로 ‘나’는 내적 갈등의 유형에 따라 다양하고 적절히 대처하고 있다고 생각했었지만, 비판적 동료와의 대화를 통해 ‘나’의 대처 전략의 불확실성을 인지하고 교사교육자로서의 교수 전략을 조정하게 되었다.

물리 전공이 아닌 중학교 과학교사가 물리 영역을 가르칠 때의 어려움과 대응 유형

변보경¹, 신채연², 송진웅^{1*}

¹서울대학교 물리교육과, ²서울잠일초등학교

*이메일 : jwsong@snu.ac.kr

과학교사에게는 높은 수업 전문성이 요구되나 중학교 과학교사는 본인의 세부 전공을 넘어 과학의 모든 영역을 지도하기 때문에 타전공 영역 수업에 어려움을 느낀다. 이는 학생들의 과학 학습에 큰 영향을 미치기 때문에 이에 대한 철저한 이해가 필요하다.

본 연구에서는 중학교 과학교사들이 물리 영역을 가르칠 때 겪는 어려움과 이에 대한 대응을 살펴보았다. 이를 위해 물리 전공이 아닌 중학교 과학교사 36명을 대상으로 개방형 설문조사를 실시하고, 그중 7명을 면담하여 CK와 PCK에 관한 어려움, 어려움 요인, 대응 유형을 분석하였으며 다음의 결과를 도출하였다.

첫째, CK와 PCK에 관한 어려움은 개념 이해, 원리 질문 대처, 활동 중심 수업의 어려움 등 13가지로 나타났다. 이때 타전공 과학교사는 CK 부족으로 인한 어려움보다는 PCK 부족으로 인한 어려움을 겪는 경우가 많았다. 둘째, 물리 영역 개념의 높은 추상성, 수식으로 표현된 법칙, 이상조건은 타전공 교사들이 물리 영역을 가르칠 때 어려움을 유발하는 요인으로 나타났다. 이러한 현상은 ‘전기와 자기’ 단원에서 가장 많이 나타났으며, 반면 화학전공 교사는 다른 타전공 교사에 비해 이러한 어려움을 덜 겪는 것으로 나타났다. 셋째, 어려움에 대한 교사의 대응은 최소형, 협력보완형, 개인돌파형, 중도포기형의 4가지 유형으로 나눌 수 있었다. 교사는 교과서에 있는 내용만 최소한으로 다루거나(최소형) 협력을 통하여 자신의 수업을 교육과정의 의도대로 보완하기도 하였다(협력보완형). 또는 교사는 자신의 전문성을 바탕으로 수업을 재구성하거나(개인돌파형) 교과서를 재구성하려는 시도를 했지만 교육과정 이상의 내용이라 포기하기도 하였다(중도포기형).

이를 종합할 때 전공별로 차별화된 타전공 영역 수업에 대한 지원이 필요하며, 추상적인 개념, 수식으로 표현된 법칙, 이상조건에 대한 물리 영역 교과서 분석 연구를 통해 타전공 교사들을 위한 가이드를 제공할 필요가 있다. 또한 물리학, 화학, 생물, 지구과학 교과목의 특

성에 대한 비교연구를 통해 교사들의 전공 특성을 물리 영역 지도를 위한 PCK 향상에 반영하고, 사범대학 과학교육 내용학 강의가 세부 전공이 다르더라도 교사가 자신이 가르칠 교과목의 주요 관점, 핵심 아이디어 등을 가르칠 수 있도록 준비시키는 ‘교사를 위한 과학’이 되도록 변화해야 할 것이다. 본 연구는 타전공 교사의 구체적인 사례를 통해 물리 영역 수업에서의 어려움과 대응의 차이를 심층적으로 살펴봄으로써 중학교 과학 교실 현장을 이해하고 중등 과학교사교육에 시사점을 주는 데 의의가 있다.

과학교사는 왜 서논술형 평가를 어려워할까?

김이슬, 송진웅*

서울대학교 과학교육과

*이메일 : jwsong@snu.ac.kr

디지털대전환 시대이다. 이제 지식을 대량으로 집어넣는 학습방법은 필요없다. 과학 교수학습 방법을 지식 학습에서 역량 함양 학습으로 바뀌어야 한다는 목소리가 커지고 있다. 그러나 학교 교육에서 과학을 평가하는 방식은 여전히 개념평가에 치중되어 있어 단 한개의 정답을 짧은 시간 안에 찾아내야 하는 객관식 형태에 집중되어 있다. 특히, 수능이 그러하다. 역량을 평가하는 방식으로 ‘글쓰기’, 이른바 ‘서논술형 평가’가 주목받고 있다. 과학교과에서 서논술형 평가는 학생들이 과학개념을 어떻게 구축해 나아가는지를 서술하는 유형부터 탐구를 수행하여 하나의 완성된 소논문을 완성하는 논술형까지 다양하다. 그러나 타 교과에 비해 물리학에서의 서논술형 평가에 대한 관심은 저조한 편이다.

본 연구는 과학교사들이 서논술형 평가를 왜 어려워하는지를 분석하였다. 이를 위해 과학교사 15명을 대상으로 1시간 분량의 개방형 설문을 실시하였다. 연구참여자는 눈덩이 표집으로 수집하였으며, 서논술형 평가 경험이 많은 과학고 교사와 IB 교사를 포함하였다. OECD(2013) 등이 제안한 학생평가 개념적 분석틀을 활용하여 네 가지 측면으로 분석하였다.

1) 평가 거버넌스 측면에서는 평가 계획 시 교사의 자율권이 제한적인 반면 평가 결과에 대해서는 교사에게 전적으로 책임을 부가하는 체제였다. 2) 평가 과정 측면에서는 과학교사는 담당하고 있는 교과(예: 과학탐구실험, 과학사 등)의 수가 상대적으로 많아 평가 관련 업무 부담이 크다는 것을 확인했다. 한편, 과학교과는 평가준거를 비교적 명확히 설정할 수 있는 장점 등이 존재하여 서논술형 평가를 하더라도 조정과 점검을 통해 평가 공정성을 확보할 수 있음을 확인하였다. 3) 평가 결과 활용 측면에서는 과학교사는 실험 탐구보고서를 일일이 채점하고 피드백하기 위한 시간이 매우 부족함이 드러났다. 4) 교사의 평가 역량 측면에서는 과학교사들은 서·논술형 평가를 실시하더라도 후하게 채점할 수 있는 수행평가로 제한적으로 활용하고 있었다. 교사들은 평가의 목표에 대해 본인의 신념인 ‘학생들의 성취와 성장 파악’과 달리 ‘변별’과 ‘공정성’ 등의 사항들에 더욱 무게를 두고 있었다. 여기에 과학

교사들은 학생들의 창의성과 다양성에 점수를 부여해야 하는 어려움을 호소하였다.

끝으로 본 연구는 과학교과에서 서논술형 평가의 질적, 양적 확장을 위한 방안을 제안하고자 한다.

예비물리교사의 지역 기반 교사교육 프로그램 적용 사례 연구

최재혁^{1*}, 김희경², 정용재³, 조광희⁴

¹전남대학교 물리교육과, ²강원대학교 과학교육학부,

³공주교육대학교 과학교육과, ⁴조선대학교 물리교육과

*이메일 : choi@chonnam.ac.kr

이 연구에서는 예비물리교사의 지역 기반 과학 교육 역량 증진을 목적으로 하는 교사 교육 실천 사례를 고찰하고, 이를 바탕으로 지역 기반 과학 교사교육의 방향성을 제안하였다. 본 연구 참여자인 예비물리교사들은 중학생 대상 지역 기반 과학적 소양 증진을 위한 교육 프로그램에 2023학년도 2학기에 참여하였으며, 중학생들과 함께 지역 기반 과학 탐구 활동을 수행하였다. 그들은 전남 지역 소재 중학교 학생들과 함께 지역 기반 과학 탐구 주제 선정, 탐구 활동 준비 및 수행, 탐구 발표의 전 과정에 참여하였다. 또한 본 프로그램은 지역 기반 과학적 소양의 주요 요소인 과학의 이해와 지역 과학의 내장 배경의 이해의 흐름을 가질 수 있도록 기획되었다. 본 연구 참여자는 광주광역시 소재 C 대학교 사범대학 1학년 신입생인 예비물리교사 16명, 전남 진도군 소재 G 중학교 전교생 27명이었다. 예비교사들은 학교 방문 전, 지역 기반 과학교육에 대한 이해를 포함한 사전 오리엔테이션 활동을 수행한 후, 중학생들과 함께 지역 기반 과학 탐구 주제를 선정하였고, 탐구 활동을 준비하여 수행하고, 탐구 결과 발표를 함께 준비하였다. 이 중 탐구 주제 선정 및 탐구 활동 및 발표 준비 등은 온라인으로 이뤄졌으며, 중학교를 방문하여 이뤄진 대면 활동은 총 3회, 6차시에 걸쳐 지역 기반 과학 탐구 활동 수행 및 발표가 이뤄졌다. 본 활동의 효과성과 의미를 분석하기 위해 지역 기반 과학교육에 대한 인식과 필요성에 대한 설문은 활동 사전, 사후에 중학생과 예비물리교사에게 실시하였고, 예비교사들은 본 프로그램에서 이뤄진 지역 기반 과학 교육 전반에 관해 반성적 포트폴리오를 각 개인별로 모든 활동이 끝난 뒤 작성하고 동료 예비교사와 공유하였다. 이 외, 탐구 준비 및 탐구 활동 자료, 탐구 발표 자료 및 영상 등을 종합하여 분석하고, 지역 기반 과학교육을 위한 교사교육의 방향성을 제안하고자 하였다. 연구 결과, 예비교사들과 중학생 모두 지역이 가진 실제 문제에 대한 관심이 증가하고, 지역 과학의 내장 배경에 대한 이해에 관심을 가지기 시작하였다. 본 활동 후에 예비교사들은 지역에 대해 교사가 더 잘 알 필요가 있고, 학교 수업 역시 지역을 기반으로 변화할 필요가 있음을

이야기하였다. 그리고 지역 학생들에 대한 이해를 바탕으로 수업 준비와 진행의 필요성을 제기하였다. 이를 통해 과학에 대한 이해와 지역 과학의 내장 배경 이해의 과정은 지역 기반 과학 교사의 역량 증진에 있어 중요한 출발점이라는 점, 그리고, 지역 기반 과학 교사 역량 증진을 위해, 대학교와 지역 학교, 그리고 지역 마을의 협력적 실천의 필요성을 제안하고 논의하였다.