

Development of a Virtual Reality-Based Physics Experiment Training Simulator Centered on Motion of Projectile

Yeon Jeong Kim[†] · Sei Hee Yun^{**} · Byoung-Seok Shin^{***}

ABSTRACT

Recently, in the field of education, various attempts have been made to apply virtual reality technology to an educational field and use it as an educational medium. Accordingly, in the science subject area, it is necessary to simulate science experiments that can make various and active experiments out of various limitations such as space and situation by using virtual reality environment construction technology. In this study, after selecting a physics course from a science subject, an experimental simulation using a parabolic motion formula, one of physical phenomena, is implemented in a virtual space, and then used in actual physics education based on the learning standards of the STEAM theory. Prove this is possible. Through this, it was confirmed that a specific educational model using virtual reality space can be designed, and it shows that education can be conducted with more effective educational methods in various subjects of education through the combination of traditional educational model and modern technology. Regarding the results of the research, it suggests the possibility of future research plans and practical use in the educational field.

Keywords : HCI, Simulation, STEAM Education

포물선 운동을 중심으로 한 가상현실 기반 물리 실험 교육 시뮬레이터 개발

김연정[†] · 윤세희^{**} · 신병석^{***}

요약

최근 교육 분야에서는 가상현실 기술을 교육현장에 접목하여 교육 매체로 사용을 하고자 하는 시도들이 다양하게 진행되고 있다. 이에 과학교과 방안에서도 가상현실 환경 구축 기술을 이용하여 공간 및 상황 등의 여러 제한에서 벗어나 보다 다양하고 활동적인 실험을 할 수 있는 과학 실험 시뮬레이션을 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 과학교과 중 물리 과목을 선택하여 물리 현상 중 하나인 포물선 운동 공식을 활용한 실험 시뮬레이션을 가상현실 공간에 구현한 뒤, 융합인재교육(STEAM) 이론의 학습 준거를 기준으로 실제 물리 교육에 활용이 가능함을 증명하였다. 이를 통해 가상현실 공간을 활용한 구체적인 교육 모형을 설계할 수 있음을 확인하였고, 전통적인 교육 모형과 현대적 기술의 접목으로 여러 교과에서 보다 효과적인 학습 방법으로 교육을 진행할 수 있음을 보여준다. 연구 결과와 관련하여 향후 연구 방안 및 실제 교육현장에서의 활용 가능성을 시사한다.

키워드 : HCI, 시뮬레이션, 융합인재교육

1. 서론

4차산업 혁명으로 인해 우리 사회는 스마트폰, 태블릿등 스마트 웨어러블 디바이스에 친숙해지고 자연스럽게 일상생

활에서 스마트 디바이스를 활용하고 있다. 교육 분야에서도 스마트 디바이스를 이용하여, PC를 이용해 수업을 듣던 이리닝이 접근성과 이동성, 개인성을 앞세운 스마트 러닝으로 변화하고 있다[1].

최근에는 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달과 함께 새로운 기술이 적용된 다양한 스마트 매체들이 개발되고 있다. 그 중 가상현실 기술은 전용 매체를 이용하여 현실 공간과 유사한 가상현실 공간 체험을 통해 현실감 있는 학습을 제공한다. 특히 학습자의 직접적인 조작 및 활동을 통하여 새로운 학습경험을 제공할 수 있는 교육 매체로 많은 관심을 받고 있다. 가상현실 기술의 교육적 활용이 관심을 받고 있는 이유 중 하나는 기존의 교육 매체들과 비교했을 때 학습자가 가상적으로

* 이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구인(No.2020-0-00594, VR·AR 콘텐츠 제어를 위한 다형성 햅틱컨트롤러).

** 이 논문은 2020년 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 "Unity 기반 물리 실험 교육 시뮬레이터 개발"의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준회원: 인하대학교 전기컴퓨터공학과 박사과정

** 비회원: 인하대학교 인간중심컴퓨팅연구소 연구원

*** 중신회원: 인하대학교 컴퓨터공학과 교수

Manuscript Received : July 27, 2020

Accepted : August 6, 2020

* Corresponding Author : Byoung-Seok Shin(bsshin@inha.ac.kr)

구현된 세계의 모습을 볼 수 있고 디지털화된 정보를 얻을 수 있다는 학습정보 제시방법 때문이다.

본 논문에서는 이러한 교육 분야의 관심을 바탕으로 가상 현실을 이용한 학습이 물리교육에서의 학습효과를 향상시켜 줄 수 있는 가능성이 있는지, 또는 가상현실의 어떤 특징적인 요인들이 물리 학습 활동과 관련되어 교육면에서 활용 할 수 있는지에 대한 연구를 진행했다. 여기서는 물리의 성질 중 '포물선 운동'과 관련한 가상현실 실험을 설계 및 구현한 뒤 융합인재교육(STEAM) 이론의 교육 준거를 바탕으로 분석하였다. 이를 바탕으로 향후 물리실험 시뮬레이션 가상현실 프로그램의 개발 가능성과 다른 공학 매체를 이용한 물리/과학 과목의 교육법 발전 및 향상 가능성을 확인하였다.

본 논문에 2장에서는 이전에 연구된 융합인재교육 이론과 스마트 러닝 이론에 대해 조사하고, 이 두 이론의 접목 가능성과 가상현실을 이용한 교육 프로그램의 실제 활용 가능성, 교육 현장에서 물리 시뮬레이션 활용 시의 교수 효과 및 현재 물리 교육 시뮬레이션의 한계에 대해 소개한다. 3장에서는 물리 실험 시뮬레이션 구현을 위한 포물선 이론, 포물선 이론을 이용한 실험 설계 및 실험 진행 과정과 결과를 논의하며 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 융합인재교육(STEAM) 이론

융합인재교육은 미국에서 시작한 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)에 예술(Arts) 분야를 추가한 것이다[2]. STEM은 미국의 기술교육 전문가들에 의하여 시작되었고, 오하이오주립대학교(OSU)와 노스캐롤라이나주립대학교(NCSU)에서 시작한 MST(수학, 과학, 기술)에 Virginia Tech에서 E(공학)를 접목하여 시작된 개념이다. STEM의 두 가지 흐름은 과학교육을 통한 STEM과 기술교육을 통한 STEM으로 구분할 수 있다[3, 4].

따라서 융합인재교육은 과학과 수학의 기초 이론과 개념을 토대로 기술적 방법과 시스템을 통해 실생활과 연계된 공학적 실행을 적용하고 이에 예술적 감성을 더하여 과학기술에 대한 학습자의 흥미와 이해를 높이고, 과학기술기반 융합적 소양(STEAM Literacy)과 문제해결력을 배양하는 교육으로 정의되고 있다.

교육학자 Yakman은 과학, 기술, 공학, 수학, 그리고 예술의 공식적인 분야의 실습과 연구양쪽에 구조를 제공하고 이들의 상호작용적 본질을 분석하기 위한 프레임워크를 위의 Fig. 1과 같이 표현하였다[5]. 융합인재교육 프레임워크는 피라미드 구조를 갖는 형태를 보여주고 있다. 중간층은 STEM에 Art(A) 즉, 예술이 통합되어 STEAM을 구성함을 보여주고 있고, 가장 하층에는 STEAM의 각 학문영역에 구체적인 STEAM의 내용을 구성하는 각론 성격의 학문이 나열되어 있다. 따라서 각각의 요소들이 STEAM으로 융합이 되어 융합

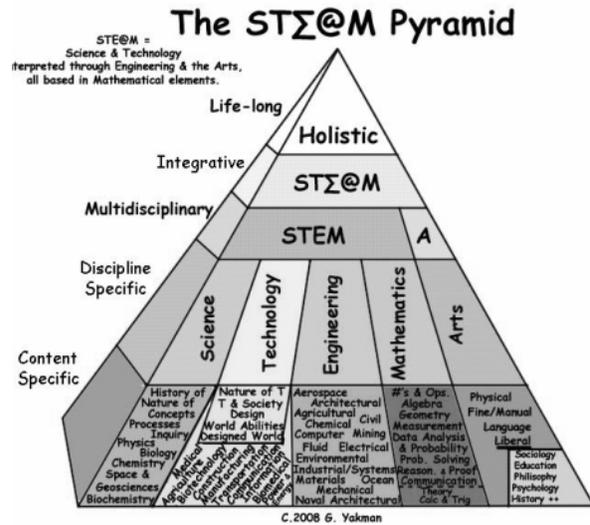


Fig. 1. The Framework of STEAM Education Presented by Yakman[5]

인재교육의 기본적인 원리를 구현함을 설명하고 있다[5, 6].

STEAM 교육을 설계하는 과정의 핵심이라고 말할 수 있는 STEAM 교육의 학습 준거는 Fig. 2와 같다.

- (1) 상황 제시 : 학습 내용을 학생 자신의 삶과 관련이 있는 실생활 문제로 인식하게 하고 교육에 몰입할 수 있도록 동기를 부여함
- (2) 창의적 설계 : 학생이 스스로 문제를 정의하고 창의적인 아이디어로 문제를 해결해 나가는 활동
- (3) 감성적 체험 : 학습 과정에서 학생들이 느끼는 흥미와 몰입, 성패의 가치, 도전 의지 등 다양한 경험과 성찰을 강조함

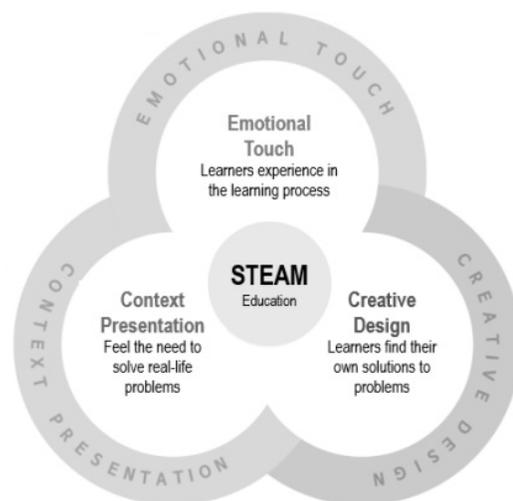


Fig. 2. STEAM Education Learning Standards

이 학습 준거는 학습자가 자신의 삶과 밀접한 관련이 있는 상황 속에서 문제를 발견하고 이를 해결하기 위해 문제 해결

과정을 창의적으로 설계할 수 있도록 한다[7, 8]. 발견한 문제를 성공적으로 해결하여 성공의 경험을 하게 됨으로써 학습자가 학습에 대한 흥미와 동기를 갖도록 유도한다. 따라서 학습자 스스로 새로운 문제에 도전하고자 하는 열정이 생기게 하는 감성적 체험을 하는데 초점을 두고 있다. 이러한 융합인재교육의 학습 준거는 학습자들이 과학·기술공학 분야에 대한 흥미와 동기를 가지고 융합적 소양 문제해결능력을 기르는 것을 목표로 하고 있다.

2.2 스마트 러닝(Smart Learning)

스마트 러닝은 글자 그대로 해석하면 ‘똑똑한 학습’ 내지는 ‘현명한 공부’이다. 학습이나 공부를 똑똑하고 현명하게 한다는 것의 의미는 학습을 구성하는 다양한 요소인 학습주제, 학습내용, 학습방법, 학습자료, 학습에 대한 평가방법 등을 중심으로 생각해 볼 수 있다. 즉, 학습주체인 학습자를 똑똑하게 만드는 학습, 학습내용의 질적 향상, 학습자의 다양성을 고려한 똑똑한 학습 방법, 각종 형태의 학습 자료를 언제 어디서나 적절한 시기에 활용 하는 방안, 학습자 수행에 대한 최적화된 평가방법 등이 스마트 러닝의 구현 조건에 해당된다. 따라서 스마트 러닝은 컴퓨팅을 기반으로 한 스마트 장치와 무선 인터넷 등을 활용한 교육의 일종이며, 학습자들의 다양한 학습형태와 개인의 능력을 고려하여 다양한 능력을 개발하고 학습을 위한 기회를 넓혀 학습자가 스스로 즐거운 학습이 될 수 있도록 하는 지능형 맞춤형 학습이라고 할 수 있다.

최근 교육 분야에서는 스마트 러닝을 도구, 환경, 이론의 세 방향으로 접근하여 새로운 수업 모형을 개발하는 것에 큰 관심을 가지고 있다. 도구적 접근은 스마트폰, 태블릿 PC, 스마트 탭, 스마트 TV 등의 다양한 스마트 기기들을 교육적인 부분에 활용하는 것을 의미하고, 환경적 접근은 스마트 기기들이 와이파이, 클라우드 컴퓨팅, 전자태그(RFID: Radio Frequency Identification) 등 유비쿼터스 환경을 이용하여 언제, 어디서나 학습에 활용할 수 있음을 말한다. 이론적 접근은 웹 2.0 환경, CSCL(Computer Supported Collaborative Learning), 학습 실천 공동체(CoP: Community of Practice), 구성주의적 학습 환경 등을 통해 스마트 러닝을 구현할 수 있음을 말한다.

2.3 STEAM에서 스마트 러닝의 적용 가능성

융합인재교육의 교육목표는 창의와 인성을 지닌 미래 융합형 인재를 양성하는 것, 학생들이 과학기술공학 분야에 대한 흥미와 동기를 갖고 융합적 소양 문제해결능력을 기르는 것이다. 스마트 러닝의 교육목표는 학습자의 흥미, 동기, 자기 주도적 학습 능력, 창의성, 소통능력, 문제해결능력 등을 신장하여 21세기 글로벌 리더로 성장시키는 것이다. 따라서 두 교육 이론의 교육 목표는 같다.

우리나라에서 융합인재교육이 시작된 배경은 실생활의 첨단 과학기술 수준은 높아졌으나 학교에서 배우는 수학, 과학,

기술 과목의 교육 과정은 이를 따라가지 못한다는 점에서 시작되었다. 수학 수업의 문제점은 학습자 간의 수준 차이를 고려하지 못한 획일적이고 어려운 문제풀이 위주라는 것이고, 과학수업의 문제점은 각 주제 간의 연계가 부족하고 기술 공학 관련 내용이 존재하지 않으며, 과학-기술-공학 간 연계성과 실생활 관련 내용이 부족하다는 것이다. 최근에는 수학, 과학, 사회 과목의 수준별 수업을 진행하는 학교들이 많아졌으나, 각 분반의 수업 내용을 살펴보면 여전히 획일적인 내용이 진행되고 있다.

이러한 문제점들을 해결하고 학생들의 과학기술에 대한 이해와 수학, 과학에 대한 흥미를 높이는 융합인재교육의 필요성을 충족시키기 위한 해결 방법으로 스마트 러닝 이론이 대두되고 있다. 스마트 러닝 이론이 지향하고 있는 자기 주도적 학습, 경험 기반의 창의적 학습, 개개인으로 개별화하여 맞춤형 학습, 풍부한 교육콘텐츠를 활용하는 학습, 기술 기반으로 진행되는 학습의 5가지는 현재의 수학, 과학, 기술 교육의 문제점을 상당 부분 극복할 수 있는 학습 전략으로 판단된다.

특히, 융합인재교육의 학습 준거인 ‘상황 제시’, ‘창의적 설계’, ‘감성적 체험’의 3단계에 스마트 러닝 요소 기술, 사회연결망(SNS)등의 서비스, 다양한 어플리케이션, 스마트 러닝 전략 등을 접목할 수 있어 기대를 받고 있다.

2.4 교육 분야에서의 VR 활용과 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 학습의 효과성

최근에 3차원 영상처리기술과 하드웨어의 발달과 함께 네트워크 속도, 그래픽스 하드웨어의 성능향상에 힘입어서 가상현실은 실감형 교육을 모토로 연평균 25.8%의 고속 성장률을 보이고 있다[9]. 인터넷을 이용한 E-Learning이 모바일을 이용한 M-Learning으로, 그리고 로봇을 이용한 R-Learning, VR-Learning 등의 형태로 변화 및 발전하면서 교육의 양과 질의 수준이 급격하게 증가하고 있다. 통상적으로 가상현실을 이용한 교육은 전통적인 교육에 비하여 2.7배의 효과를 보이며, 집중력이 100% 이상 향상된다는 통계가 있다. 따라서 교육에서 필요한 경험을 가상현실을 이용하여 충족할 수 있으며, 사용자를 위한 맞춤형 교육을 진행할 수 있다는 이점도 있어 각광을 받고 있다.

최근 스마트 기기와 네트워크의 발달로 인하여 개인 학습 뿐만 아니라 학습자간의 실시간 상호작용과 협력을 통한 지식 공유 및 공동 생산이 가능해지고 있다. 이에 대한 연구 결과에서는, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 사전에 진행된 성취 수준 테스트에서 테스트 성적 상위 학생들보다 하위 학생들의 학업 성취도 향상에 더 효과적인 것으로 나타났다 [10]. 또한 학습에 대한 인식에서도 테스트 성적 하위 수준의 학생들이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대해 더 쉽고 느끼는 비율이 높았다.

또 다른 연구에서는 학습자의 인지적 특성은 협동 학습에 영향을 미치는 요소로 제안되어 왔고, 협동 학습은 하위 수준

의 학생들에게 더 도움이 되는 것으로 보고되었다[10]. 따라서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 구성원간의 협동에 의해 테스트 성적 하위 수준의 학생들이 도움을 받는 실질적인 협동 학습이 일어난 것으로 볼 수 있다. 해당 연구 결과의 내용을 바탕으로, 학습자 개인의 특성에 따라 컴퓨터 기반 협력 학습의 효과가 개개인 마다 달라질 수 있다고 예측할 수 있다. 따라서 스마트 교육 환경에서 이루어지는 개인 또는 소집단 학습이 성별이나 자기주도 학습능력과 같은 학생들의 다양한 특성에 따라 어떤 효과가 있는지에 대한 추가적인 연구가 제안되고 있다.

우리나라 학생들의 수학, 과학 교과 성취도는 세계적으로 우수하지만, 수학, 과학 교과에 대한 흥미와 즐거움, 동기 등의 정의적 태도는 학교 급이 높아질수록 낮아지는 것으로 보고되었다. 앞서 선행된 연구에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적 강의식 수업에 비해 정의적, 동기적 측면에서 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 스마트 기기를 활용한 학습 전략을 수학, 과학 수업에 적용하면 학습자들이 정보를 협력하여 분석하고, 공동으로 과학지식을 구성하면서 동시에 수학, 과학 수업에 대한 즐거움과 재미도 느낄 수 있는 효과적인 수업 방법이 될 가능성을 보여준다.

2.5 교육 현장에서 물리 시뮬레이션 활용 시의 교수 효과 및 현재 물리 교육 시뮬레이션의 한계

실제 교육현장에서 물리 교육을 진행할 때 어려움을 겪는 이유로 교과서에서 제시된 실험 자체에 문제가 있다는 의견이 가장 많았다[11]. 또한 실험 진행시 사용되는 실험 도구들의 문제점과 학생들의 실험 도구 조작 능력 부족, 실험 관련 물리 개념 이해도의 부족 등을 이유로 꼽았다. 그 이유는 교과서에 제시된 실험을 진행할 환경이 교육 현장에 제대로 조성되어있지 않고, 실제로 실험을 진행할 시 위험성이 따르기 때문이다. 또한 실험 장치 및 재료의 충분한 지원이 되지 않아 실험 교육 진행 시 어려움을 겪는다. 이를 해결하기 위하여 교육 현장에서는 물리 시뮬레이션을 도입하였고, 이는 일반 판서수업 대비 12% 더 높은 교수효과를 얻었다[12].

그러나 현재 활용중인 물리 시뮬레이션은 Fig. 3 [13, 14]과 같이 2D 형태의 시뮬레이션이다. 이는 일반 판서수업에 비해서 효과적이지만 시각적 정보만 얻을 수 있어 물리 이론에 대해 간접적인 체험만 할 수 있다. 특히, 실제 교육현장에서는 교사가 대표로 시뮬레이션을 활용하는 모습을 보여주고, 학생들은 그 과정을 참관하는 형태로 진행하기 때문에 이론에 대한 직접적인 체험이 어렵다.

3. 물리 실험 시뮬레이션 설계 및 구현

이 연구는 고등학교 학생들이 배우는 물리 특성 중 하나인 포물선 운동을 기반으로 가상현실 세계에서의 실험을 설계하고, 설계한 실험을 가상현실 환경에서 구현 및 실행하는 것이



Fig. 3. 2D Physics Experiment Simulation

다. 포물선 이론을 선택한 이유는 고등학교 물리 교과 내용 중 학생들이 처음으로 학습에 어려움을 겪는 내용으로 알려져 있으며, 쉽게 물리적 오개념을 가질 수 있는 부분이기 때문이다.

시뮬레이션 설계 및 구현은 Fig. 4와 같은 순서로 진행하였다. 물리적 특성을 확인한 뒤 실험 시뮬레이션을 설계하고, 설계한 실험을 유니티를 이용하여 구현한다. 이후 구현된 시뮬레이션으로 실험을 진행한 뒤 결과를 분석한다. 먼저 포물선 운동을 일상생활에 적용한 예로 농구를 선정하였고, 농구 게임 프로그램을 설계하였다. 설계한 내용을 토대로 가상현실 환경에 구현하였고, 포물선 이론의 다양한 변수를 적용한 실험을 진행하였다. 시뮬레이션 실험 완료 후 연구 실험 결과에 대한 고찰, 향후 본 연구를 발판으로 물리 및 과학 교육법의 발전 가능성 고찰을 진행하였다.

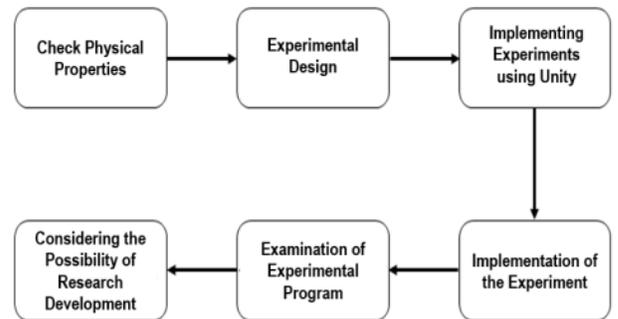


Fig. 4. Physical Education Simulation Design Course

3.1 포물선 이론

입자가 처음 속도 v_0 로 수직 평면에서 운동하면 입자의 가속도는 항상 자유낙하 가속도 \vec{g} 로 향하게 된다. 이러한 입자를 포물체라고 하고, 그런 운동을 포물선 운동이라고 한다. 포물선 운동은 Fig. 5에 표현된 바와 같이 등속도 운동과 등가속도 운동이 결합된 운동이다. 날아가는 테니스공 또는 야구공이 전형적인 포물체이며 비행기나 오리 등은 포물체가 아니다. 골프나 축구에서 라켓볼에 이르기까지 모든 운동경기에는 공의 포물선 운동이 필수이고, 이 운동을 제어하여 이기려고 한다.

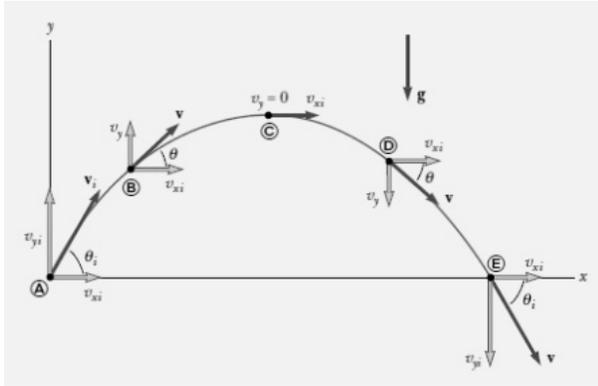


Fig. 5. Motion of Projectile

이번 실험에서는 공기가 포물체의 운동에 영향을 주지 않는다고 가정하고 진행하였다. 처음 속도 \vec{v}_0 로 발사된 포물체를 생각해 보자.

$$\vec{v}_0 = v_{0x} \hat{i} + v_{0y} \hat{j} \quad (1)$$

만약 \vec{v}_0 와 양의 x 방향 사이의 각도 θ_0 를 알면 처음 속도의 두 성분 v_{0x} 와 v_{0y} 는 다음과 같다.

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad \text{및} \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (2)$$

포물체가 2차원 운동을 하는 동안에 위치벡터 \vec{r} 과 속도벡터 \vec{v} 는 계속해서 변하지만, 가속도벡터 \vec{a} 는 일정한 크기로 수직 아래방향을 향한다. 즉, 가속도의 수평성분이 없다. 따라서, 포물선 운동에서 수평운동과 수직운동은 서로 독립된 운동이다. 즉, 두 운동은 서로 어떤 영향도 주지 않는다. 이러한 특징 때문에 포물체의 2차원 운동을 가속도의 크기가 0인 수평운동과 가속도의 크기가 일정한 수직운동인 두 개의 1차원 운동문제로 분리할 수 있다.

앞서 언급했듯이 포물선 운동은 수평운동과 수직운동으로 분리해서 분석이 가능하다. 수평운동의 관점에서 포물선 운동은 수평방향으로는 가속도가 없으므로 수평성분 v_x 는 운동 중에 초기값 v_{0x} 와 같다. 그러므로 시간 t 에 포물체의 처음 위치 x_0 로부터의 수평 변위 $x - x_0$ 는 다음과 같다.

$$x - x_0 = v_{0x} t \quad (3)$$

여기서 $v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$ 이므로 수평변위는 다음과 같다.

$$x - x_0 = (v_0 \cos \theta_0) t \quad (4)$$

수직운동 관점에서의 포물선 운동은 입자의 자유낙하운동, 즉 일정한 가속도로 떨어지는 운동이다. 따라서 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y - y_0 &= v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \\ &= (v_0 \sin \theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 처음속도의 수직성분 v_{0y} 는 $v_0 \sin \theta_0$ 이다. 따라서 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} v_y &= v_0 \sin \theta_0 - g t \\ v_y^2 &= (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0) \end{aligned} \quad (6)$$

수직 속도성분은 수직 위로 던진 공처럼 운동한다. 즉, 처음에는 위쪽으로 향하던 속도가 최대높이에 도달할 때까지 점차 감소하여 0이 된다. 그 다음에는 수직 속도성분의 방향이 바뀌어 아래로 향하면서 그 크기가 시간에 따라 점점 커지게 된다.

위의 식에서 시간 t 를 없애면 포물체의 경로, 즉 궤적에 대한 방정식을 구할 수 있다.

$$y = (\tan \theta_0) x - \frac{g x^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2} \quad (7)$$

이 결과는 포물선의 방정식이므로 포물체의 경로는 포물선을 이룬다.

수평 도달거리 R 은 포물체가 처음의 높이로 되돌아 올 때까지 날아간 수평거리이다. R 을 구하기 위해 $x - x_0 = R$ 로 놓고 $y - y_0 = 0$ 으로 놓고 식을 정리하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} R &= (v_0 \cos \theta_0) t \\ 0 &= (v_0 \sin \theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \quad (8)$$

위의 두 식에서 t 를 없애면 다음과 같이 정리된다.

$$R = \frac{2v_0^2 \sin \theta_0 \cos \theta_0}{g} \quad (9)$$

여기서 $\sin 2\theta_0 = 2 \sin \theta_0 \cos \theta_0$ 를 사용하면 다음과 같다.

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (10)$$

위의 식에서 R 은 $\sin 2\theta_0 = 1$ 일 때 최대값을 가지므로 $2\theta_0 = 90^\circ$ 즉, $\theta_0 = 45^\circ$ 인 경우에 최대 수평 도달거리가 된다. 그러나, 원반던지기, 해머던지기, 자유투 등 발사한 위치와 떨어진 위치가 다르면, 발사각도가 45° 라도 최대 수평거리에 도달하지 못한다.

3.2 실험 설계

포물선 운동에 관련한 실험은 포물체의 무게 및 속도에 따른 포물선 운동을 기반으로 실험을 설계하였다. 실험 시뮬레이션은 농구 게임 형태로 구현이 되었으며, 공의 무게 및 속도, 각도, 골대와의 거리를 사용자가 스스로 조절하면서 공을 골대에 넣을 수 있도록 하는 내용이다. 공이 골대를 통과했을 때만 점수를 인정하였고, 골대 아래에서 공이 통과했을 때, 골대 테두리에 공이 맞았을 때 등은 점수를 인정하지 않도록 설계하였다. 공을 던지는 위치 및 각도는 사용자가 직접 움직이면서 조절을 할 수 있도록 하였고, 공을 던지는 세기, 속도 등은 유니티 에디터 환경에서는 초기에 사용자가 세팅을 하고, 가상현실 공간에서는 사용자가 직접 움직이며 조절하도록 하였다. 해당 시뮬레이션을 구현하기 위하여 유니티 에디터를 이용하였으며, Fig. 6과 같이 실험을 진행하기 위해 가상현실 실현 기기인 Vive를 이용하였다. 가상현실 실험 사용 면적은 약 $3.3m^2$ 으로 최소한의 사용 요구 면적에서 실험을 진행하였다.



Fig. 6. Space and VR Device Where Simulation Experiment was Conducted. The VR Test Area is $3.3m^2$, and the Device is Vive

3.3 초기 실험

초기 실험에서는 실험체인 공이 포물선 운동을 할 수 있도록 출발 좌표 및 궤도를 설정하였고, 공이 농구 골대를 통과했을 때만 득점 인정이 되도록 하였다. 만약 골대 아래에서 공을 던져서 수직으로 떨어지며 다시 골대를 통과할 때에는

득점 인정이 되지 않도록 하였으며, 공이 바닥에 한번 닿은 후에 정상적으로 공이 골대를 통과하였을 때 득점이 될 수 있도록 예외 처리를 하였다. 또한 공이 농구 골대의 다른 부분과 충돌했을 때는 공이 튕겨져 나오도록 충돌 처리를 하였다.

실험은 Vive 컨트롤러를 이용하여 사용자가 스스로 공을 들고서 움직이며 골대에 공을 넣을 수 있도록 하였다. 게임이 시작되면 공이 사용자의 앞에 떨어지고, 그 공을 주워서 골대에 넣는 방식으로 게임을 진행할 수 있도록 하였다. 이 때, 사용자가 가상현실에서 중력을 이겨낼 수 있도록 농구 골대를 기준으로 Y방향으로 10N, Z방향으로 10N의 힘을 추가시켜주었다. X방향으로 힘을 설정하게 될 경우, 물체를 앞으로 던질 때 우측 방향으로 궤도가 휘어지기 때문에 힘을 설정하지 않았다.

코드 스크립트를 적용 후 농구 게임을 진행하면 Fig. 7과 같은 플레이 상황을 확인할 수 있다. 공이 골대를 제대로 통과했을 때만 득점이 인정되며 공이 골대 아래에서 위로 골대를 통과한 후 다시 위에서 아래로 골대를 통과했을 경우, 골은 인정되지 않았다.

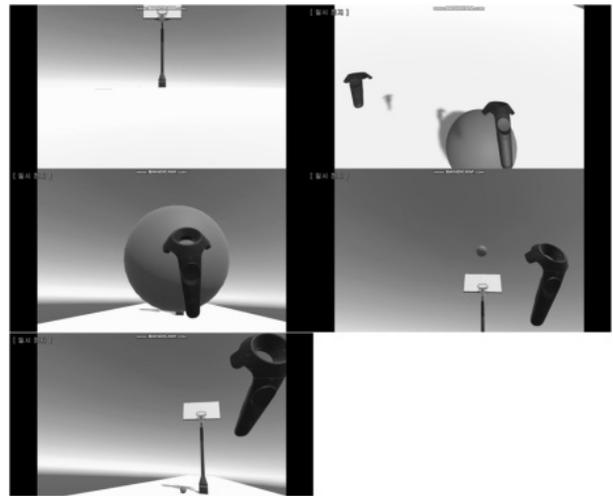


Fig. 7. Initial Experiment Progress Screen

3.4 실험 확장

1) 유니티 에디터 상에서의 실험 진행

앞서 진행한 초기 실험을 바탕으로 미흡한 점을 보완하여 실험을 진행하였다. 초기 실험에서 부족했던 부분은 다음과 같다.

- (1) 사용자와 골대 간의 거리를 알 수 없음
 - (2) 공을 던지는 각도를 알 수 없음
 - (3) 공을 던지는 방향에 대해 알 수 없음
 - (4) 공이 골대를 통과했다는 것을 육안으로만 확인 가능함
- 따라서 위의 네 가지 요소를 보완하여 실험 구성을 변경하였다. 먼저, 사용자와 골대간의 거리, 공을 던지는 방향을 알 수 있도록 x, y, z 방향의 위치 요소를 추가하였으며, 이 요소들을 사용자가 조절할 수 있도록 각각 스크롤바를 추가하였다. 또한 공을 던지는 각도를 알 수 있도록 값을 계산하여 화면에 표기

하였다. 마지막으로, 공이 골대를 통과했다는 것을 알 수 있도록 점수를 표기를 하였다. 점수가 인정되는 조건은 앞서 진행한 초기 실험과 동일하다.

가상현실 공간에서 실험을 진행하기 전 유니티 에디터 상에서 먼저 실험을 진행하였다. 먼저 Fig. 8과 같이 화면상에 Score와 Position, Power, Angle 영역이 표시되도록 하였다. 사용자는 [Position] 영역을 통해 공이 출발하는 위치를 조절할 수 있다. 좌표는 골대를 기준으로 설정되도록 하였으며, x축은 좌우, y축은 높이, z축은 골대와의 거리를 조절할 수 있도록 하였다. [Power] 영역에서는 각 방향으로 주는 힘을 조절할 수 있도록 하였으며, [Angle] 영역은 Shoot 버튼을 클릭하면 사용자가 설정한 Position과 Power의 값에 따라 계산하여 출력되도록 하였다. 전체 화면에서는 사용자가 설정한 값에 따라 농구공이 포물선 운동을 하는 모습을 보이도록 하였다. 실험 진행 과정은 Fig. 9와 같다.

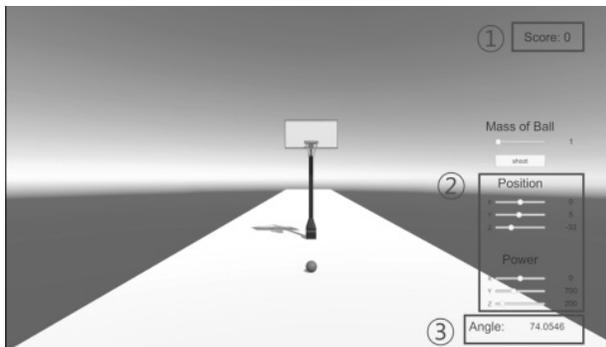


Fig. 8. Elements Displayed on the Screen when Experimenting in the Unity Editor. Area ① Indicates the Score, Area ② Can Adjust the Position and Power Elements, and Area ③ Indicates the Angle

2) 가상현실 기기를 활용한 실험 진행

가상현실 기기를 이용하여 보완한 실험을 진행하였다. 초기 실험과 동일하게 Vive 컨트롤러를 이용하여 사용자가 스스로 공을 들고서 골대에 공을 넣을 수 있도록 하였다.

유니티 에디터 상에서 진행하는 방식과의 가장 큰 차이는

사용자가 공을 들고 던질 때 공을 던지는 위치와 방향, 각도를 측정한다는 것이다. 따라서 별도의 설정 없이 사용자가 원하는 대로 힘을 주어 공을 던지면 그 값을 측정하여 화면에 표기한다. 또한 Fig. 10과 같이 유니티 에디터 상에서는 Power 영역의 요소를 이용하여 사용자가 힘을 조절할 수 있도록 하였으나, 컨트롤러를 이용하는 가상현실 공간에서는 사용자가 직접 공을 들어서 던지기 때문에 설정 영역에서 Power 영역은 제거하였다. 대신 Velocity 영역을 추가하여 사용자가 어느 방향으로 공을 던졌는지 확인할 수 있도록 하였다. 다른 조건들은 모두 동일하게 실험을 진행하였다. 실험 진행 과정은 Fig. 11과 같다.

스마트 기기를 활용한 실험 시뮬레이션 교육은 교육 경영적 측면에서 비용 대비 가성비가 좋고 실험을 손쉽게 여러 번 반복하여 진행할 수 있으며 이론과 실험의 오차의 범위가 좁기 때문에 정확한 물리 개념을 전달할 수 있다는 장점이 있다. 또한 학교뿐만 아니라 물리 엔진과 가상현실 구현 기기가 있는 곳에서 학습자가 원하는 대로 직접 실험을 설계하고 진행할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 가상현실을 이용하여 포물선 운동에 대한 물리 실험 시뮬레이션 구현 및 진행을 함으로써 물리 엔진과 가상현실 구현 장비를 통해 물리 공식을 직접 체험할 수 있었다.

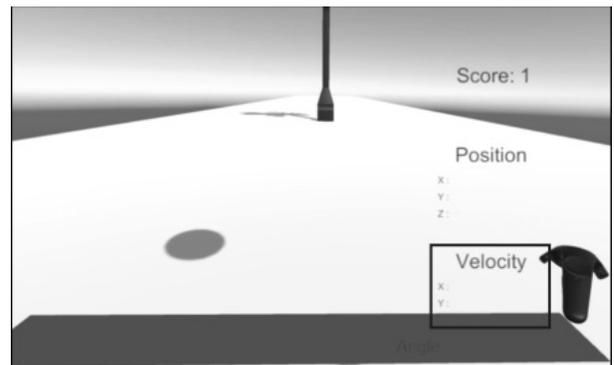


Fig. 10. VR Elements Visible on the Screen During an Experiment in Space. The Difference from the Unity Editor is that there is a Velocity Element Instead of Power

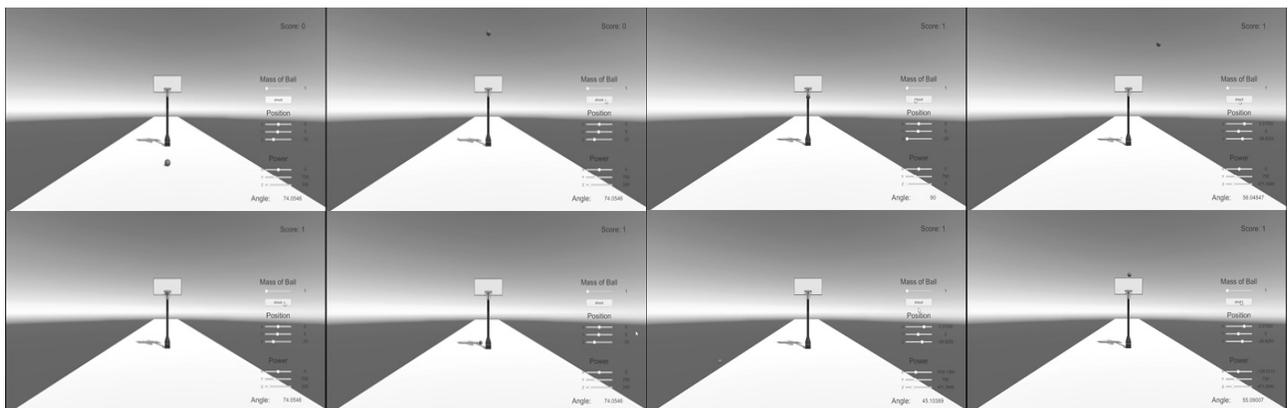


Fig. 9. Experiment Progress Screen in Unity Editor

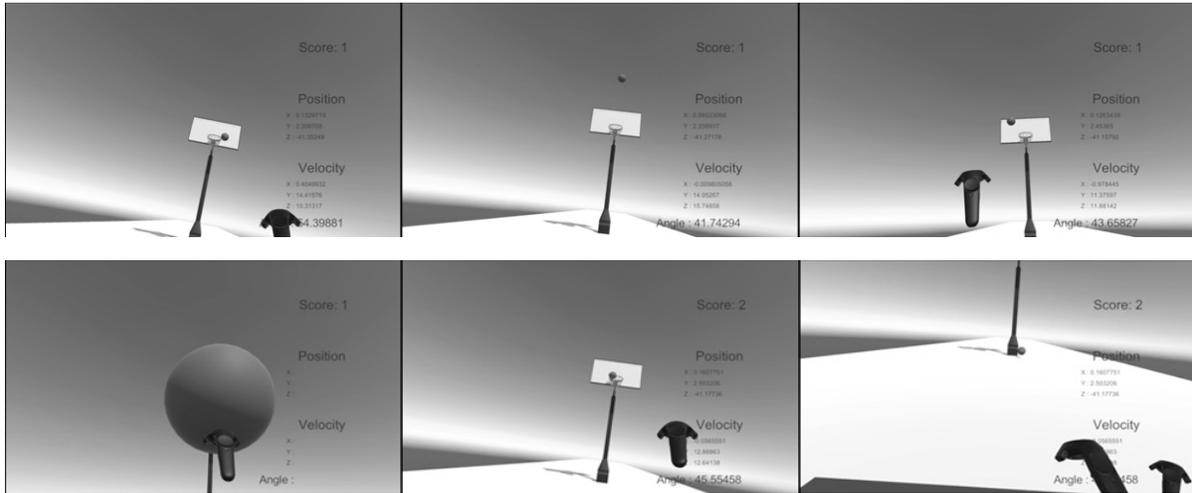


Fig. 11. Experiment Progress Screen in VR Space

3.5 실험 결과

3.4절에서 구현된 실험 시뮬레이션을 교육 현장에서 활용할 수 있는지에 대한 설문 조사를 진행하였다. 설문 대상은 컴퓨터공학과 학사 이상으로 제한했는데, 이는 물리 비전공자이면서 코딩 능력이 중급 이상이고, 시뮬레이션을 코딩 능력 초급인 자가 구현하기에 알맞은 난이도인지 평가가 가능한 집단으로 설정하였기 때문이다. 설문 인원은 학사 과정 4명, 석사 과정 2명, 박사 과정 1명, 박사 3명으로 총 10명이 설문을 진행하였으며, 응답자를 Table 1과 같이 ①에서 ⑩으로 표기하였다. 설문 문항은 융합인재교육의 교육 준거를 기준으로 하여 총 9개의 문항과 기타 의견을 작성할 수 있도록 하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다. 문항의 점수는 1점(매우 아니다)부터 5점(매우 그렇다) 사이로 표시하였다.

융합인재교육의 교육 준거 중 [상황 제시]에 해당하는 1번, 2번 문항은 평균 4.6점, 3.8점의 점수를 받았으며, [창의적 설계]에 해당하는 3, 4, 5, 6, 7번 문항은 각각 3.5점, 3.8점, 4점, 4.3점, 4.3점을 받았다. [감성적 체험]에 해당하는 8번 문항은 4.1점의 높은 점수를 받았으며, 전체적인 실험 의도를 확인하는 9번 문항은 3.9점을 받았다. 기타 의견으로 농구공의 질량 표시, x, y, z축의 의미를 표시하면 학습에 더 도움이 될 것이라는 의견과 실제 수업에 적용한다면 실험 시뮬레이션 구현 과제를 내기 전 선행 학습이 필요하다는 의견이 있었다.

설문 결과 모든 항목은 평균 3.5점 이상의 점수를 받아 실험이 융합인재교육의 교육 준거에 적합하게 구현되었음을 확인하였다. 또한 실제 교육 현장에 적용하였을 때 학습 효과를 증대시키기 위한 보완점과 기타 의견을 수집할 수 있었다. 상대적으로 낮은 점수를 받은 2, 3, 4번 문항은 학습자가 이론을 실생활에서 활용이 가능한지, 문제를 해결하기 위해 학습자의 아이디어를 반영할 수 있는지, 학습자 중심으로 학습 활동이 진행되어 다양한 산출물이 나올 수 있는지에 대한 내용이다. 이러한 결과는 학습자 스스로 문제해결 방법을 찾을 수 있도록 사전 지식 전달 및 선행 수업, 충분한 시간을 제공

Table 1. Survey on Educational Utilization of Simulation Programs

Question Number	Question Contents										Mean
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
	Score (1: Very No, 2: No, 3: Normal, 4: Yes, 5: Very Yes)										
1	Did you know that the simulated simulation is a problem using [Motion of projectile] among the physics theory?										4.6
	3	5	4	5	5	5	5	5	4	5	
2	Was it possible to grasp the principle of Motion of projectile through the implemented simulation?										3.8
	3	5	1	5	4	4	4	4	3	5	
3	Could you find a way to score a goal in the implemented simulation? (Adjustment of power, throwing angle, etc.)										3.5
	2	4	3	3	5	4	4	3	4	3	
4	When implementing a basketball game simulation with the conditions of implementing [Motion of projectile], [basketball], [score], [throwing angle], and [throwing force], is the implementation difficulty appropriate for the beginners to implement?										3.8
	4	5	3	4	3	3	4	4	4	4	
5	When implementing a simulation, is there a possibility that various programs will come out reflecting the ideas of learners?										4
	4	4	3	4	2	4	5	5	5	4	
6	When constructing a simulation, is it possible to constructively learn to find solutions to problems and perform tasks on their own? (Internet search, book search, etc.)										4.3
	5	4	3	4	5	5	4	5	4	4	
7	Is it possible to solve the problem through cooperation between learners when implementing simulation?										4.3
	5	4	3	3	5	5	5	5	4	4	
8	If fail while implementing a simulation, is it possible to learner still feel the value of the training program?										4.1
	3	3	3	4	5	5	4	5	4	5	
9	This educational program is a program that experiences and proves the theoretical learning through simulation and simulation using a physical engine. Is the program suitable for use in class?										3.9
	2	4	1	5	4	4	5	5	4	5	
Other Opinion	<ul style="list-style-type: none"> • Displaying the mass or weight of a basketball may be more helpful in understanding the parabolic principle. • It would be better to supplement the descriptions of the x, y, and z axes based on the basketball goal. • If the program is quite impressive and used in class, it is expected to have a great effect on inducing students' interest. • It is good to conduct the program in accordance with the theory of convergence talent education, but it is considered that the difficulty is high for students to conduct the experiment simulation. It seems to be effective if you proceed before the assignment and after the lesson on the implementation of the simulation. 										

해야하고, 다양한 아이디어가 반영될 수 있도록 교사의 간섭이 최대한 제한되어야함을 시사한다.

또한 4차 산업의 발전에 따라 일부 초·중등 교육 현장에서는 코딩 교육을 진행하고 있다. 이에 따라 컴퓨터 언어를 사용할 수 있는 학생이라면 물리 엔진을 활용하여 실험을 직접 구현을 해서 실험 진행해보는 수업이 이론적으로 가능하다. 이를 실제 교육현장에 적용할 경우 구현 난이도를 적절하게 설정해야한다. 본 연구에서는 설문 결과 3.8점으로 적절하다는 평가를 받았으며 물리와 컴퓨터공학 분야의 융합된 학습을 진행할 수 있으므로 융합인재교육에 적합하다고 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서 가상 세계에서 구현한 실험은 물리 현상 중 포물선 운동에 관련한 실험으로, 농구 게임을 통하여 포물체에 적용하는 힘, 각도 등의 변인에 따라 포물체의 진행 방향이 달라질 수 있다는 것을 체험할 수 있는 시뮬레이션을 만들어 실행해보는 실험이었다.

가상현실에서 물리 실험을 구현하여 진행하는 것의 가장 큰 장점은 우리가 실제 세계에서 통제할 수 없는 변인들을 통제할 수 있어 실험의 오차를 줄일 수 있다는 것이다. 이에 따라 학생들은 실험을 진행하면서 수업시간에 배운 이론을 직접 경험해 볼 수 있으며, 이로 인하여 학생들이 가질 수 있는 물리적 오개념을 바른 개념으로 심어줄 수 있다.

아울러 본 연구에서는 포물선 운동에 대해서만 실험을 구현하였으나 학문적 범위를 확장하여 뉴턴의 운동 법칙, 역학적 에너지의 보존 법칙, 물체의 운동 변화 등의 일반 역학을 넘어 전반적인 물리 실험에 대해서 구현 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 스마트 기기의 발전 가능성을 바탕으로 가상현실을 이용한 교육은 물리 분야를 넘어서 이공학 분야에서도 접목이 가능할 것으로 예상된다.

References

- [1] I. S. Lee, "Proposal on the Direction for Effective Utilization of Mobile Augmented Reality in Smart Learning," *Journal of Korea Design Forum*, No.40, pp.195-208, 2013.
- [2] C. H. Lee, "Smart Learning Strategies for STEAM Education," *The Korean Association of Practical Arts education*, Vol.25, No.4, pp.123-147, 2012.
- [3] J. S. Kim, "공과대학에서 융합교육을 위한 STEAM 교육," *Ingenium*, Vol.20, No.1, pp.46-53, 2013.
- [4] J. H. Sim, Y. R. Lee and H. K. Kim, "Understanding STEM, STEAM Education, and Addressing the Issues Facing STEAM in the Korean Context," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol.35, No.4, pp.709-723, 2015.
- [5] J. H. Maeng and M. A. Jeon, "Application of STEAM program based on SMART education," *Korean Technology Education Association*, Vol.14, No.2, pp.258-287, 2014.
- [6] M. H. Son and D. H. Jeong, "Limits of STEAM Education and its Improvement Alternative : Based on the Viewpoints of STEAM Expert Teachers," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol.39, No.5, pp.573-584, 2019.
- [7] KOFAC, "About STEAM" [Internet], https://steam.kofac.re.kr/?page_id=11267, 2016.
- [8] K. Y. Min and C. H. Kim, "The study of purpose of developing creativity- interdisciplinary type human resources," *Culture and Convergence*, Vol.38, No.3, pp.99-118, 2016.
- [9] H. W. Nam, "Study of VR/AR Coding Education Framework strategic for Elementary and Secondary School Students," *The Korean Society of Science & Art*, Vol.36, pp.85-97, 2018.
- [10] J. H. Yun, S. J. Kang and T. H. Noh, "The Effects of Small Group Learning Using Smart Devices in Science Classes," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol.36, No.4, pp.519-526, 2016.
- [11] S. Y. Lee and B. W. Lee, "High-School Physics Teachers' Difficulties in Teaching Textbook Physics Inquiries," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol.38, No.4, pp.519-526, 2018.
- [12] Y. H. Jang, "고등학교 물리 시뮬레이션 수업의 교수효과 분석 - 학습자의 학습이해도, 사고력 증진, 학업성취도 및 수업참여도를 바탕으로," Seoul National University, pp.1-36, 2008.
- [13] D. Lee, "이동준 선생의 자바 실험실" [Internet], <https://javalab.org/>, 1998.
- [14] W. Lee, "PhET, Interactive Simulations" [Internet], <https://phet.colorado.edu/ko/>, 2010.
- [15] J. S. Kim, "창의적인 과학기술인재 양성을 위한 과학기술-예술융합(STEAM) 교육 강화 방안" [Internet], <http://www.kedi.re.kr>, 2011.
- [16] H. Y. Lee, "STEAM교육 시행을 위한 미국의 STEM 교육고찰, 월간 과학창의" [Internet], <http://www.sciencetimes.co.kr>, 2011.
- [17] K. S. Noh, S. H. Ju and J. T. Jung, "An Exploratory Study on Concept and Realization Conditions of Smart Learning," *Journal of Digital Convergence*, Vol.9, No.2, pp.79-88, 2011.
- [18] M. Alavi, "Computer-mediated collaborative learning: An empirical evaluation," *MIS Quarterly*, Vol.18, No.2, pp.159-174, 1994.
- [19] B. J. Kim, "The effect of elementary free inquiry lessons utilizing flipped learning with smart devices on the elementary students' digital literacy, 21st century skills and scientific attitude," *Journal of Korean Elementary Science Education*, Vol.34, No.4, pp.476-485, 2015.

- [20] B. Y. Chang, "Smartphone-based chemistry instrumentation: Digitization of colorimetric measurements," *Bulletin of the Korean Chemical Society*, Vol.33, No.2, pp.549-552, 2012.
- [21] H. H. Cho and K. Choi, "Science education: Constructivist perspectives," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol.22, No.4, pp.820-836, 2002.



김연정

<https://orcid.org/0000-0003-0760-5670>
e-mail : leeyh0109@nate.com
2016년 인천대학교 물리학과(학사)
2018년 인하대학교 교육학과
물리교육전공(석사)
2019년 ~ 현 재 인하대학교
전기컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : Graphics, Physical Simulation



윤세희

<https://orcid.org/0000-0002-5237-4261>
e-mail : heehee2738@naver.com
2003년 경기대학교 서양화학과(학사)
2006년 경기대학교 판화학과(석사)
2015년 홍익대학교 미술학과 판화전공
(박사)

2018년 ~ 현 재 인하대학교 인간중심컴퓨팅연구센터 연구원
관심분야 : Graphics



신병석

<https://orcid.org/0000-0001-7742-4846>
e-mail : bsshin@inha.ac.kr
1990년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
1992년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)
1997년 서울대학교 컴퓨터공학과(박사)
2000년 ~ 현 재 인하대학교 컴퓨터공학과
교수

관심분야 : Real-time Rendering, Volume Graphics, Medical
Imaging, HCI, Fluid Simulation