

# 미래 인재 육성을 위한 STEM/STEAM 교육의 이해

## - 과학관 전시 전문 인력 양성 과정을 중심으로

성명 : 이 효녕 (경북대학교)

### I. 서론

#### 1. STEM/STEAM 교육의 실시 배경

21세기에 들어와서 과학과 기술의 발달은 더욱 가속화되고 있으며, OECD 국가를 비롯한 주요 선진국들은 미래 사회에 필요한 인재 양성을 위해 학교 교육의 변화를 추구하고 있다. 우리나라에서도 국가의 발전과 경쟁력 강화를 위해 교육 과정을 개정하고 한국인이 갖추어야 할 핵심 역량 중심의 교육으로 바뀌고 있다(교육부, 2013).

우리나라 학생들의 국제 과학 성취도 결과를 보면 학교 교육에 무엇이 필요한지를 판단할 수 있다. OECD 가입 국가들이 응시하는 국제 PISA 평가 결과에서 우리나라는 전체적으로 상위권을 유지하고 있으나, 우리나라 학생들의 과학 성취도가 이 전과 비교하여 전체적으로 하락했으며 특히 상위권(5% 이내)의 성취도가 하락하고 있는 것으로 나타났다. 성취도의 하락은 과학적 문제 인식이나 과학 지식의 실생활 연계 능력 등이 부족한 것 등이 이유로 분석되었다. 큰 문제점으로 지적된 것은 우리나라 학생들의 과학 성취도 수준에 비해 과학 학습에 대한 동기와 흥미도가 국제 평균에 비해 매우 낮은 수준이라는 것이다. 과학을 배우는데 있어서 즐거움을 모르고 있으며 자기효능감도 상대적으로 낮게 나타났다(OECD, 2004, 2007, 2010),

또한, 우리나라 초등학생들의 과학자와 공학자에 대해 낮은 인지도와 과학기술인, 공학자에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났다. 이효녕과 박경숙(2010)의 연구에 참여했던 초등학생들(78.5%)은 공학자는 남성이고 낮은 정신적 기능의 일을 수행하며, 작업복, 렌치/해머 등을 착용하고 육체적 활동을 주로 한다고 생각하고 있는 것으로 분석되었다. 학생들은 수리공, 기능인, 공학자를 거의 같은 직업으로 혼동하고 있으며 공학 분야에 대해 부정적인 인식이나 태도를 가지고 있는 것으로 조사되었다. 이런 인식은 학생들의 미래의 직업 선택에 중요한 영향을 미칠 수 있으며(이효녕과 박경숙, 2010), 1999학년도 이후 지속되고 있는 이공계 기피 현상과도 밀접하게 관련되어 있는 심각한 문제임을 알 수 있다.

이러한 문제점을 해결하고 과도기적 시기에 미래사회를 준비하는 국가 수준의 교육정책 방향은 어떻게 변화해야 하며 그 핵심은 어디에 초점을 두고 있는 것일까? 그 실마리는 2011년 당시 교육과학기술부(이하 교과부)가 청와대에 보고한 2011년 업무 계획과 '제2차 과학인재개발육성계획('11~'15)'을 보면 알 수 있다. 창의적 융합 인재를 체계적으로

육성하기 위해 교육과 과학기술의 융합 시너지를 활용하고, 구체적으로는 초·중등 수준에서 융합인재교육(STEAM)을 추진하고 있다. STEAM 교육은 미국을 비롯한 많은 선진 국가에서 과학 기술 분야의 인재 양성을 위해 실시하고 있는 STEM (Science, Technology, Engineering, & Mathematics) 교육에 Arts(인문-예술) 부분이 통합된 교육 접근 방식이다.

미래 사회에 필요한 인재 양성을 위해 초·중등학교 수준에서부터 과학 기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 통합적 사고와 문제 해결 능력을 배양할 수 있도록 학습 내용을 재구조화하겠다는 것이다. 과학, 수학의 학습에 대한 동기 유발과 이공계 기피 현상을 STEAM 교육을 통해 과학기술에 대한 꿈과 비전을 제시하고, 흥미와 이해를 높임으로써 우리나라 과학기술교육이 가진 문제를 해결하고자 한다.

이러한 필요성과 배경으로 시작된 STEAM 교육은 현 정부에 들어서 더 탄력을 받아 진행되고 있다. STEAM 교육이 학교 현장에서의 제대로 실천과 적용되기 위해서 핵심내용과 적용 방안에 대해 이해하는 것이 중요할 것이다. 이 강의에서는 STEM/STEAM 교육의 배경과 필요성, 기술/공학적 설계 기반의 문제해결과정을 중심으로 수학·과학적 개념, 원리, 이론 등을 적용하는 STEM 교육의 핵심 내용과 대표적인 프로그램을 소개하며, Arts(인문-예술)에 대한 의미, 범위, 적용 예시 등에 대해 다룰 것이다. 이 원고에는 과학관(전시)과 STEAM 교육의 연계성에 대해 기술하지 않았지만 강연 시간에 과학관 전시 전문가들을 위해 STEM/STEAM 교육을 연계한 과학관 전시(교육)에 대한 내용을 설명할 것이다.

## II. 본론

### 1. STEM 교육의 핵심 내용

STEM 교육은 과거의 통합교육 관련 연구 및 접근 방법과 차이점이 있다. STEM 교육을 단순히 “과학, 기술, 공학, 수학의 학문적 통합” 정도로 이해하는 사람들은 STEAM 교육 또한 예술이 추가되어 예술을 초점에 두고 과학, 기술, 공학, 수학의 통합이라고 언급하고 있다. 단순히 정의를 내리려고 하는 행위는 좁은 범위의 연구에서는 매우 합리적일 수 있지만, 진정한 STEM 통합이 가지는 가치와 철학을 찾는데 있어 한계점을 가지고 있다.

STEM 교육의 정의와 핵심 내용은 미국 버지니아 공대의 Sanders 교수에 의해 연구된 내용을 살펴보면 이해할 수 있다. 우선, STEM 교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics) 중심의 통합 교육을 의미한다. 이는 단순한 내용학적 통합만을 의미하는 것은 아니라 과학, 기술, 공학, 수학의 내용(Contents)과 과정(Process)을 기술/공학적 설계를 중심으로 통합하려는 것이다. 이러한 통합은 학교의 다른 교과인 언어, 사회, 예술 등과의 연계를 통해 더욱 효과적으로 적용될 수 있다 (Sanders et al., 2011). STEM 교육이 기존의 학교 통합 교육과의 차이점은 ‘T’, ‘E’가 통

합의 과정에서 내용 또는 과정적인 요소로 반드시 포함되어야 한다는 것이다(Sanders, 2009, 2011).

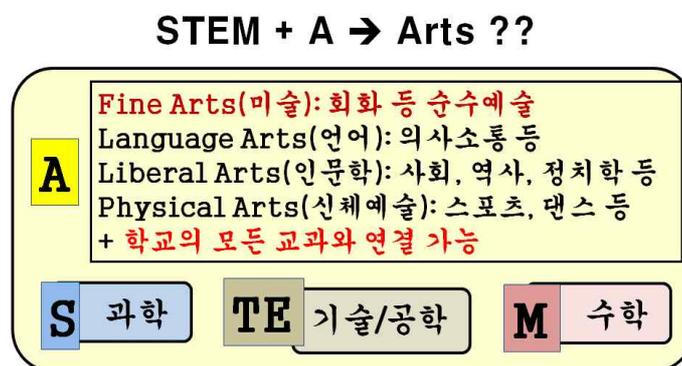
다음으로 STEM 교육의 핵심 내용에 대해 Sanders와 Wells(2010)는 아래와 같이 정리하고 있다.

“...technological/engineering design based learning approaches that intentionally integrate content and process of science and/or mathematics education with content and process of technology and/or engineering education. Integrative STEM education may be enhanced through further integration with other school subjects, such as language arts, social studies, art, etc.”

STEM 교육에서 가장 핵심적인 내용은 technological/engineering design과 같은 방법론(methodology)에 초점을 두고 있다는 것이다. 이 방법은 기술적인 문제해결력, 과학적인 실험, 수학적인 수치해석 및 최적화와 같은 다양한 방법들을 하나로 묶을 수 있는 핵심 전략으로 사용된다. STEM 교육의 핵심이 바로 Design(설계)이라는 방법론으로 귀결될 수 있다. STEM 분야의 통합을 주제로 하는 프로그램 중 대다수가 ‘기술/공학적 설계’를 사용하고 있는 것이다(Kwon & Park, 2009). 특히, 과학 교육과 연계된 STEM 교육의 경우 설계 기반의 문제해결과정에 초점을 두고 있다.

둘째, STEM 교육은 반드시 목적성 또는 의도성(Purposefulness or Intentionality)을 가지고 있다. 우연히 실시된 통합이 아닌 교육적으로 의도적이고 합리적인 계획으로 이루어진 통합인 것이다. 설계나 문제해결과 같은 전략들을 중심으로 과학, 수학의 개념이나 원리 또는 과정 등을 의도적으로 포함시키고 학습시키는 것이다.

다음으로 STEM 교육과 STEAM 교육의 가시적인 차이점이라고 할 수 있는 “Arts”에 대해 이해하는 것이 중요하다. 미국의 STEM 교육에는 Arts 용어가 ‘STEM’에는 포함되어 사용되고 있지는 않지만 학교의 다양한 교과와 연계되어 있으며 다양한 영역의 Arts (예, Language arts, Fine arts, Liberal arts 등)와 통합하여 그 효과를 극대화 시키고 있다[그림 1].



[그림 1] STEM 교육 + Arts

우리나라에서 실시하고 있는 STEAM 교육에서 단순하게 과학/수학/기술/공학/예술의 영역 중에 일부를 통합하거나 연계시키는 실수를 범하지 말아야 한다. 단편적인 통합의 시도는 오래 전부터 실시되어 왔다. STEM 교육의 전문가들이 강조하고 있듯이 통합이나 융합을 통하여 얻을 수 있는 장점에 집중하고 이를 위하여 학생 입장에서 필요한 학문들은 그 영역에 상관없이 과감하게 포함시킬 수 있어야 그 효과를 거둘 수 있을 것이다. 우리나라 학교 현장에 적합하고 우리의 문화와 교육 현실을 잘 반영하는 한국형 STEAM 교육을 실기하기 위해 위에서 기술한 미국의 STEM 교육의 핵심 내용인 설계 기반 학습과 Arts에 대해 이해하는 것이 중요할 것이다.

## 2. 대표적인 STEM 교육 프로그램

STEM 교육은 미국의 학교 현장에서 다양한 형태로 시행되고 있다. 미국 학교 현장에서의 STEM 교육은 학교 밖 교육이나 정규 교육과정 이외의 교육 활동을 통해 많이 실시되어 왔지만, 최근 들어 학교 정규 교육과정으로 포함되어 실시되고 있다. STEM 이라는 교명을 가진 학교들이 많이 생기고 있는 현상을 보더라도 그동안 교과 외 시간(예: 여름 캠프, 동아리, 방과 후 활동 등)에 주로 실시해 오던 STEM 교육을 학교의 정규 프로그램으로 확대하려는 좋은 예라 볼 수 있다. STEM 교육이 활성화 될 수 있는 것은 정부의 막대한 예산 지원을 바탕으로 대학, 학교, 연구소 또는 비영리 기관 등에서 STEM 교육 교재와 프로그램을 활발히 개발하고 있기 때문이다. 이 글에서는 미국의 대표적인 STEM 교육프로그램인 Engineering by Design™(EbD)에 대해 살펴보기로 한다.

### 가. 개요

EbD는 미국기술공학교육자학회(ITEEA)의 부설 기관인 Center to Advance the Teaching of Technology and Science (CATTS)에서 NASA와 미국과학재단(NSF)의 지원을 받아 개발한 것이다. 이 프로그램은 과학, 기술, 공학, 수학교육가 등 다양한 영역의 전문가들이 참여하여, 초·중등의 학교급에 따라 학년별로 과학, 수학, 기술 교육 기준을 적용하여 개발하였다. EbD는 STEM 교과 영역이 단순하게 통합된 것이 아니라, 기술과 공학의 내용 요소와 문제 해결 과정을 중심으로 한 실제적인 문제 상황 중심의 과학, 수학 적용 프로그램이며, 초·중등학교 학생들에서 기술적 소양(technological literacy) 또는 STEM 소양의 함양을 주요 목표로 하고 있다.

### 나. 구성 및 특징

초등학교는 K-2와 3-5학년을 대상으로 2개의 교육 프로그램 (또는 교육과정)으로 구분되며, 중학교는 6-8학년을 대상으로 3개의 프로그램으로 구분된다. 고등학교는 6개의 섹션으로 구분되며 기간도 중학교(18주)에 비해 36주의 기간 동안 학습하게 된다(표 1). 또한, 대학생을 위해 한 학기 기간에 적용 가능한 교육 프로그램도 개발되어 있다. 교수·학습적으로는 기술/공학적 디자인 기반의 문제해결과정을 기초로 하는 통합 교육적 전략을 주로 적용하고 있으며, 협동학습, 체험학습 등 구성주의 학습 방법과 순환학습(5E 모

텔)을 기초로 한다. 고학년으로 올라갈수록 예비공학프로그램의 성격이 강하며, 이공계의 진로를 선택할 학생들에게 필요한 기술/공학의 개념 학습 및 적용에 초점을 두고 있다.

이 프로그램은 학교장의 선택에 따라 초중등 학교 현장에서 주로 선택 과목(코스)으로 가르쳐 지며, 기술 교과와 교사가 주로 담당하고 있지만 과학 교사들이 담당하거나 팀티칭을 하는 경우도 많이 늘고 있다. 담당 교사들은 인근 대학, 관련 기관 등이 실시하는 전문성 개발 워크숍, 연수 등에 참여하여 교육을 받게 된다. 교육 프로그램의 예시는 ITEEA학회의 홈페이지(<http://www.iteea.org/>)에 방문하면 살펴 볼 수 있다. 중학교용 프로그램의 구성을 예시로 살펴보면, 미국의 국가 교육 기준(수학, 과학, 기술)에 적합한 내용을 포함하고 있으며, 6 - 8학년을 대상으로 18주로 구성되어 있고, 크게 3개의 세부 프로그램(Exploring technology, Invention and Innovation, Technological Systems)으로 나눌 수 있다.

- Exploring Technology : 설계 과정에 대한 기초적인 교육 실시. 설계 요소, 준거 탐색, 문제 해결, 모델링 및 제작 등과 연관된 실생활 중심의 기술적 상황과 관점 등에 대해 활동을 통해 학습한다.

- Invention and Innovation : 설계 과정의 적용(예, 새로운 산출물, 과정, 시스템 등)에 초점을 둔. 발명의 역사, 발명이 사회와 환경에 미친 긍정적-부정적 영향과 문제 중심의 비판적 사고 능력 함양을 중심으로 다룬다.

- Technological Systems : 일을 수행하거나 복잡한 문제 해결에 있어서 기술적 세상이 어떻게 상호작용하며 서로 연관되어 있는지를 다룬다(예, 시스템의 다양성, 관계 등)

#### [표 1] 학교급별 EbD 프로그램의 개요

학교급별 대상 학년		프로그램 제목	기간
초등 학교	K-2	Integrated concepts & lessons	
	3-5	Integrated concepts & lessons	
중학교	6	Exploring Technology	18 주
	7	Invention and Innovation	18 주
	8	Technological Systems	18 주
고등 학교	9	Foundations of Technology	36 주
	10-12	Technological Issues	36 주
	10-12	Technological Design	36 주
	11-12	Advanced Design Applications	36 주
	11-12	Advanced Technological Applications	36 주
	11-12	Engineering Design (Capstone)	36 주
	9-12	Scientific & Technical Visualization I & II	36 주

※ 출처: 미국국제기술공학교육학회(ITEEA) <http://www.iteea.org/>

#### 다. 시사점

EbD는 과학, 기술, 수학 교과에 대한 흥미를 초등학교에서부터 증진시키고 STEM 분야의 다양한 지식 습득과 이해를 향상 시킬 수 있는 프로그램이다. 이공계의 전공을 대비하여 디자인(설계) 기반의 문제해결 활동과 공학적 사고, 개념, 과정 등의 경험을 제공한다. 디자인 기반의 문제해결활동에 있어서 과학-기술 교과의 내용이 주로 적용되고 있으며, 수학적 원리, 개념, 도구 사용 등을 기초적으로 학습할 수 있다. 디자인(설계)이나 문제해결과 같은 전략들을 중심으로 과학, 수학의 개념이나 원리 또는 과정 등을 의도적으로 통합시키고 학습시키는 것이다. 아울러, Arts(예술: Liberal Arts, Language Arts, Fine Arts 등)에 해당될 수 있는 순수 예술(예, 미술), 성과 발표, 아이디어 협의 등 인문 사회적인 요소(능력)까지 함께 다루고 있다.

우리나라 현실에서는 STEAM 또는 STEM 교육은 학교 밖 교육프로그램이나 동아리 활동 등에 우선적으로 적용하기에 적합하다고 판단되며, 과학고 또는 과학중점학교처럼 과학이나 수학 중심의 학교 프로그램을 위한 대표적인 예시로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 이공계 진로를 결정한 고등학생들을 대상으로 적용될 수 있는 '예비공학 교육프로그램'의 좋은 예시를 제공한다고 할 수 있다.

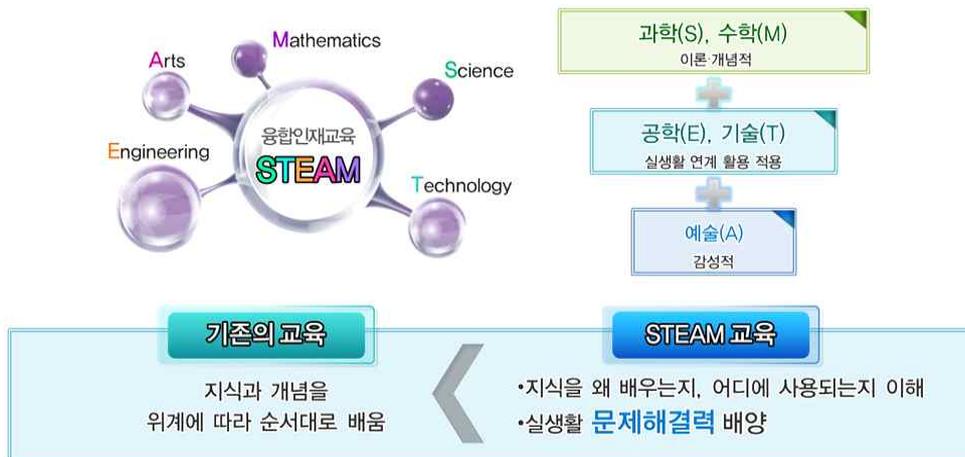
EbD이외에도 미국에서 사용되는 STEM 교육 프로그램은 미국 50개 주의 4,000개 이상의 중등학교에서 350,000명 이상의 학생들이 학습하는 Project Lead the Way(PLTW), 미국의 캘리포니아를 포함한 8개 주에서 소외 계층과 여학생을 대상으로 실시하고 있는 MESA(Mathematics, Engineering, Science, Achievement) 프로그램, Illinois 주립대학의

Center for Mathematics, Science, and Technology(CeMaST)에서 1992년 NSF(미국과학재단)의 지원을 받아 개발되어 현재까지 학교 현장에서 다양한 형태로 사용되고 있는 IMaST(Integrated Math, Science, and Technology) 등이 있다. 미국 정부로부터의 학교와 학교 밖 STEM 교육을 위한 막대한 연구비와 재정 덕분에 다양한 프로그램이 개발되어 적용되고 있다.

### 3. 융합인재교육(STEAM)의 목표와 개념

우리나라에서 STEAM 교육을 시작한 배경은 국가가 직면하고 있는 이공계 기피 현상을 극복하여 국가의 과학기술의 인재양성이나 국가경쟁력의 확보에도 있지만, 우리나라 과학, 수학 교육에서 지적되고 있는 문제점들을 보완하려는 의도를 가지고 있다. 이러한 문제점들은 과학의 경우, 교과 간 연계 부족, 첨단 기술, 공학 관련 내용의 부재와 실생활 관련 내용이 매우 적고, 수학은 학생 수준 차이를 고려하지 못한 획일적인 수업, 어려운 문제풀이 및 암기식 수업 등으로 학생들의 흥미와 학습 동기 유발을 이끌어 내지 못한 점이라 하였다. 이에 교육부에서는 이러한 문제점을 보완하고 창의성, 인성 및 감성 교육까지 아우르는 새로운 교육 방법을 시도하고 있는 것이다. 초중등 단계에서 학생들의 융합적 소양을 증진하고 과학, 수학 교육에 대한 흥미 제고와 더불어 창의적 융합형 과학기술 인재를 양성하고 우수한 학생들이 이공계로 진출하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다.

#### 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고, 과학기술 기반의 융합적 사고(STEAM Literacy)와 문제해결력을 배양하는 교육



[그림 2] 융합인재교육의 정의(교과부, 2012; 한국과학창의재단, 2012b, p. 15)

STEAM 교육은 과학, 수학 지식을 학습하는 수준을 넘어서 공학과 기술 분야에 어떻게 적용되고 활용되는지를 이해하는 것이다. 자연과 인간과 과학 기술 문명에 대해서 현

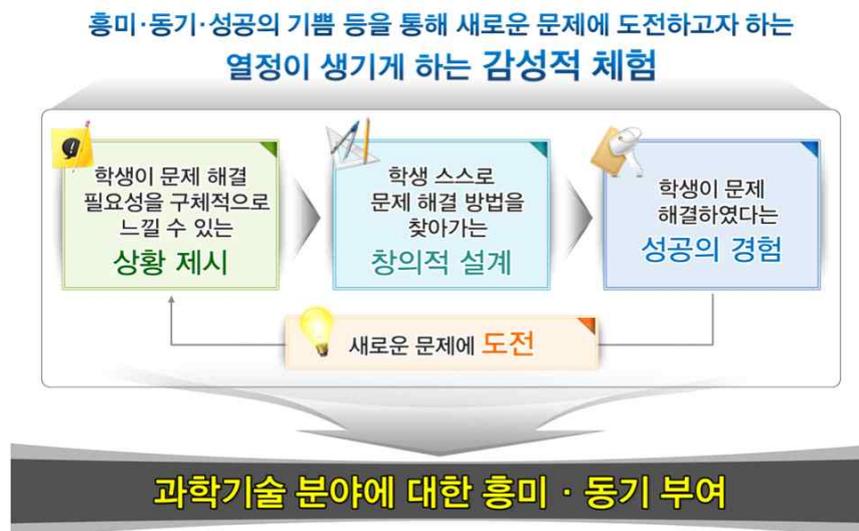
대 과학적 이해를 근거로 합리적이고 창의적으로 문제를 파악하고 해결하며, 과학과 관련된 사회 문제를 비판적으로 판단할 수 있는 기본적인 능력을 갖추도록 하며 감성 교육과 더불어 창의성, 인성 교육까지 초점을 두고 있다[그림 2].

#### 4. 핵심 요소와 학습 준거(틀)

학교 교육에서 통합의 형태로 교육을 실시하려는 시도는 100년 이상의 역사를 가지고 있고, 통합교육을 위한 교수·학습적인 방법들도 다양하게 개발되어 시도 되었다(Berlin & Lee, 2005). 우리나라의 STEAM 교육은 단순히 과학, 기술/공학, 예술, 수학의 내용 통합이나 학문 간의 연계에만 초점을 맞추고 있는 것은 아니다. 이 교육은 감성을 지닌 창조 지식인이 필요한 ‘창조와 문화의 시대’로의 진화를 위해 이론(개념, 원리) 중심의 과학, 수학 교육을 지양하고 과학, 기술/공학, 예술, 수학교육의 연계와 통합을 통해 과학기술에 대한 종합적 사고와 문제해결능력을 갖춘 창의적 과학기술인재를 양성하는 교육을 시키고자 하는 것이다(백운수 외, 2011, 2012).

STEAM 교육의 적용 방법적인 핵심 요소는 창의적 설계(Creative Design)와 감성적 체험(Emotional Learning)이며, 창의적 설계와 감성적 체험은 학생들에게 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성을 기반으로 자기주도적인 학습 경험을 제공하는 것이다(백운수와 박현주, 2012; 백운수 외, 2011; 교과부, 2012).

그림 3에 제시된 융합인재교육 활동 준거(틀)는 STEAM 교육을 일선 현장에 적용을 위한 가이드 라인과 수업 구성이나 프로그램 개발의 기본 틀(framework)이 될 수 있다. 융합인재교육 준거(틀)에서 핵심 요소는 창의적 설계이며 감성적 체험이다. 먼저 상황을 제시하여 학생들이 나의 문제로 인식하게 하며, 학생 스스로 자기 주도적인 학습을 할 수 있도록 하며 실생활 문제와 연계시키는 것이 중요하다.

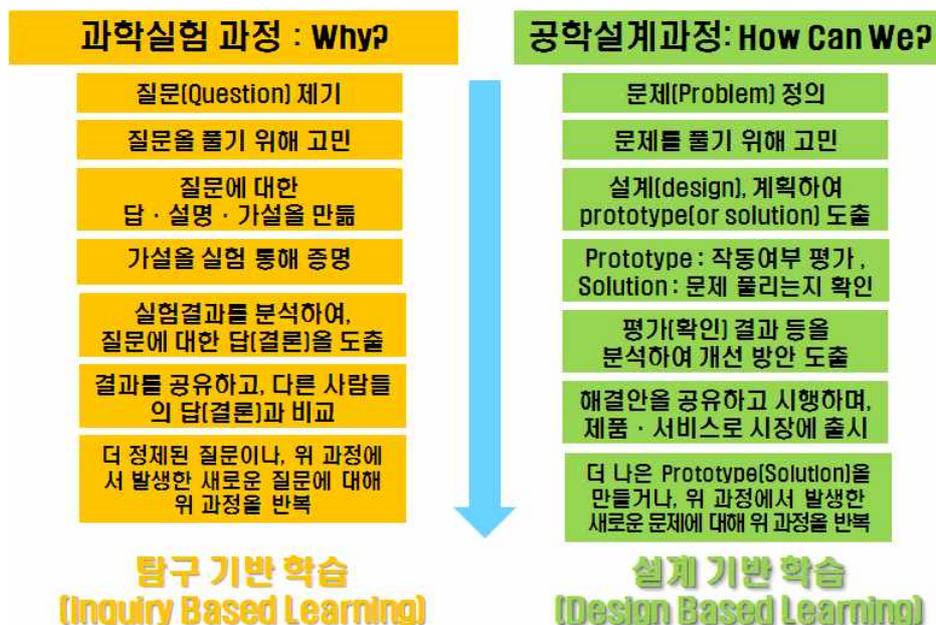


[그림 3] STEAM 교육 학습 준거(틀) (교과부, 2012; 한국과학창의재단, 2012b, p. 16)

창의적 설계(Creative Design)는 학습자들이 주어진 상황에서 지식, 제품, 작품 등과 같은 산출물을 구성하기 위하여 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정이다. 창의적 설계 과정은 학습자가 개인의 삶에서 필요와 가치를 찾고, 학습자 스스로의 문제로 받아들여 ‘설계 작업’을 수락하는 것으로부터 출발하며, 학습 활동과 구체적이며 실질적인 관계 설정을 통한 자기주도적 학습을 의미한다. 학생이 주어진 상황이나 조건 하에서 최적의 방안을 찾아 설계를 통해 문제를 해결하는 과정을 의미하는 것이다(백윤수 외, 2011, 2012). 과학에서의 설계는 Why에 답을 위한 실험에 초점을 두고 있지만, 기술/공학에서는 인간의 필요, 요구 등에 초점이 맞추어져 있고 설계는 인간에게 유용한 무엇인가 산출물(products)을 만들기 위해 사용되며 만들기, 테스트, 재설계, 개선 등의 과정을 통해 문제해결을 경험하는 것이다[그림 4].

설계는 관념적인 것이 아니고 실체이기 때문에 어떠한 종류의 설계이든지 실체의 산출이 중요하다. STEAM 교육에서는 다른 나라의 STEM 교육과 비교하여 Arts(인문-예술)의 포함되어 있다. 그러므로 창의적 설계를 통해 나올 수 있는 산출은 제품(products)은 물론이고 지식(knowledge)이나 작품(artworks)까지의 산출도 포함한다. STEAM 교육에서는 창의적 설계 과정을 통해 자신이 알고 있던 지식(예, 개념, 원리, 법칙 등)과 경험들이 어떻게 활용되고 적용되는 지를 이해할 수 있으며, 제품(products), 지식(knowledge), 작품(artworks) 등을 산출물이 그 결과로 나타나는 것이다(백윤수 외, 2012; 한국과학창의재단, 2012).

## 과학(Science) vs. 공학(Engineering)



[그림 4] 탐구 기반 학습과 설계 기반 학습(한국과학창의재단, 2012a, p. 4)

감성적 체험과의 통합은 학생이 학습에 대한 긍정적 감정을 느끼고 학습에 있어서의 성공을 경험하는 것이다. 즉 학생이 학습 과정에서 학습에 대한 흥미, 자신감, 지적 만족감, 성취감 등을 느껴 학습에 대한 동기유발, 욕구, 열정, 몰입의 의지가 생기고 개인적 의미를 발견하는 선순환적인 자기주도적 학습이 가능하게 하는 모든 활동과 경험을 의미한다[그림 4]. STEAM 교육은 학습과정에서 감성적 체험과 선순환의 경험에 기초하여 인지적 성장과 정의적 성장이 유기적으로 이루어지는 총체적인 교육을 목표로 하고 있다(교육부, 2013; 백윤수 외, 2011; 백윤수와 박현주, 2012; 한국과학창의재단, 2012a).

정리하면 STEAM 교육은 ‘상황제시’, ‘창의적 설계’, ‘감성적 체험’이라는 핵심 요소를 가지고 있으며, 문제상황(인식)-창의적 설계를 통한 해결-감성적 체험-새로운 문제의 도전으로 이어지는 선순환적 구조가 STEAM 교육을 통해 완성된다면 이 교육에서 추구하는 목표 달성에 기여할 수 있을 것이다. 표 2에 제시한 STEAM 학습준거들에 따른 하위 요소의 내용을 적용하여 프로그램을 개발하거나 기존의 프로그램을 수정 보완하는데 적용될 수 있다(한국과학창의재단, 2012b, 2013).

[표 2] STEAM 학습준거틀 및 하위요소

학습준거	하위 요소
상황 제시	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (흥미·관심) 학생이 흥미를 느낄 수 있는, 학생의 눈높이에 맞는 구체적인 상황</li> <li>· (실생활연계) 학생이 자신의 문제로 인식하여 몰입할 수 있는 실제상황</li> <li>· (스토리텔링) 전체 프로그램을 하나의 일관된 이야기로 이끌어가는 장치</li> </ul>
창의적 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (창의성) 학생이 자신의 아이디어와 발상을 프로그램에 반영하도록 설계, 학생 스스로 문제의 해결 방법을 제시하도록 설계</li> <li>· (학습자중심) 교사가 가르치는 지식 전달식 수업이 아닌, 활동을 통해 학생 스스로 개념을 깨우치고 과정을 체득하도록 설계</li> <li>· (다양한 산출물) 학생(모둠)마다 서로 다른 해결책과 접근 방법을 제시, 서로 다른 산출물이 나오도록 설계 ※ 산출물은 만들기가 아니어도 됨</li> <li>· (협력학습) 협력을 통해 문제를 해결하고 결과를 도출하도록 설계</li> </ul>
감성적 체험	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (성취감) 학습자가 문제를 해결하였다는 성공의 경험</li> <li>· (도전의식) 연계된 활동 및 새로운 문제에 도전</li> <li>· (피드백) 교사, 학습자 스스로, 동료 학습자간의 평가, 칭찬, 보상</li> </ul>

(출처: 2013년 중등 ‘교원능력개발’ 찾아가는 맞춤형 연수-한국과학창의재단 발표자료; 홍옥수, 2013, p.23)

## 5. STEAM 교육과 Arts(인문-예술)

“과학으로 기초 이론과 원리를 만들고 법칙을 설정하며 그것을 실제로 응용하는 기술과 공학이 융합되어 과학적 창조나 기술공학적 산물이 하나의 예술적 작품으로 변신하기 위해서는 수학적 논리도 필요하지만 더욱 중요한 것은 **수학적 상상력**이다...과학기술과 공학기술이...세상을 변화시키는 창조적 혁신이 일어나기 위해서는 사람의 얼룩과 무늬를 읽어내는 **인문학적 상상력**과 **감수성**이 필요하다.” (유영만, 2013, p. 10).

STEAM 교육에서 추구하는 미래 과학기술 발전을 주도할 창조적이고 융합적인 인재 양성을 위해 Arts는 그 바탕이자 핵심 요소이다. 과거에는 전문적인 지식과 능력을 갖춘 인재를 선호했다면, 이 시대가 요구하는 인재상은 창의적 문제해결력, 의사결정능력은 물론 타인으로부터 정서적 공감대를 이끌어낼 수 있는 감성을 지닌 창조적인 지식인으로 변하고 있다. 즉, 과학기술 분야에서도 인문예술학적 소양은 물론 인문-예술 기반의 창의성이나 감성까지 갖춘 인재가 필요한 세상이 된 것이다. 과학에서 산출된 자연 현상에 대한 개념과 원리는 다양한 분야에 적용되어 사회에서 요구하는 많은 원리들과 기술들을 창출한다. 미래사회에서 요구하는 인간에게 좀 더 유용한 창의적이고 혁신적인 원리와 기술들이 발명되기 위해서는 예술적인 창의성, 직관력, 역발상, 은유의 힘 등이 필요한 것이다(최재천과 장대익, 2005). 예술을 대표하는 시각매체, 음악, 무용, 미술 등을 통해서 우리들은 과학기술들의 원리들이 어떻게 적용되어 구체화되는지를 알 수 있게 된다.

STEAM 교육에서는 과학, 기술/공학, 수학 이외에 다양한 학교 교과와 연계되는 Arts

(인문-예술)을 중심으로 창의성은 물론 인성과 감성 교육까지 아우르고 있다. 우리나라의 STEAM 교육에서 Arts는 순수 예술(예, fine arts, music 등)은 물론 인문사회적인 교과(liberal arts)들을 모두 포함하고 있다. 앞서 제시했던 유영만(2013)의 글처럼 예술과 인문은 학문 성격 상 과학과 기술공학 분야에서 찾아 볼 수 없는 예술적 사고, 창의적 사고, 역발상적 사고, 유연한 사고 등이 가능하여 사고의 영역이 확장되어 학문의 분야별 영역을 넘나드는 융합적 사고를 가능하게 한다. 특히 순수 예술이나 인문에서 추구하는 감성적인 활동이나 실천은 인간 스스로 행복감이나 만족감을 높이는데 기여한다. 이러한 Arts적인 요소는 인간의 행복 추구 및 인성과 감성 교육에 핵심적인 역할을 한다.

융합적인 소양을 갖춘 과학기술의 인재 양성들을 양성하기 위해서는 초중등 학교급에서 실시하고 있는 STEAM 교육의 Arts의 역할이 중요하다. 첫째, 창의적 설계를 통해 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 학생들은 다른 학생들과는 좀 더 다르고 문제해결에 필요한 과학적, 수학적인 개념, 법칙, 원리 등을 찾아서 적용해야 하며, 이러한 적용을 바탕으로 다른 해결책과 다른 산출물을 제시할 수 있다. STEAM 교육에서 제한된 조건에 만족하는 최선의 해결책을 찾는 학생들의 시도와 문제해결의 과정은 언어(Language arts)를 통해 이루어진다. 학생들의 언어적 상호작용(예, 협의, 토론)과 문제해결에 대한 학생들의 언어적 발표를 통해 STEAM 교육의 성과, 평가 등을 동료 학생들과 교사가 공유할 수 있는 것이다.

둘째, 우리나라 STEAM 교육의 다양한 산출물은 순수 예술을 통해 융합적 완성도를 높일 수 있다. 다시 말하면 과학, 기술/공학, 수학적 지식은 예술적인 사고, 역발상, 창의적 접근 방법을 통해 여러 교과와 다른 분야와 연계되고 통합되어 질 수 있다. 예를 들어, 음악이나 미술에서 다루는 대상을 과학, 기술/공학, 수학적 측면으로 분석하고 이해함으로써 통합적인 문제 해결이 가능하게 된다. 음악에서 다루는 악기의 소리를 과학적으로 분석할 수 있고 이를 바탕으로 설계를 통하여 악기를 만들어 볼 수 있으며 학생들이 원하는 소리를 만들어서 연주할 수 있다. 또한, 우리가 알고 있는 서양 음계를 수학적 원리를 적용하여 피타고라스 음계나 헬름홀츠의 순정률(모든 음을 작은 정수의 비로 만든 순수한 음계)로 이해할 수 있다는 것이다.

셋째, 순수 예술 이외의 Arts에 해당되는 다양한 ‘인문사회적 교과’는 우리 학생들에게 인성, 공동체 의식, 역사적인 이해 능력, 윤리 의식, 사회 의식 등을 향상시킬 수 있다. 과학, 기술/공학, 수학 영역에서 다루기 힘든 학생들의 사회적 행복 지수, 인성 및 감성 교육에 기여하며 긍정적인 태도 함양에 기여할 수 있을 것이다.

### Ⅲ. 맺음말

교육부는 2011년부터 창의적 융합 인재와 과학 기술 인재를 체계적으로 양성하기 위해 실시한 STEAM 교육을 초등까지 확대하여 적용하고 있다. 2013년부터 영재교육에서도 융합형 콘텐츠 개발과 융합적인 교수·학습이 강조되고 있으며, 미래창조과학부는 과학

영재 육성의 핵심을 STEAM 교육에 두고 있다.

예술(Arts) 부분을 구체적이고 의도적으로 포함시킨 STEAM 교육은 외국에서 이미 밝혀진 STEM 교육의 성과나 가치에 더하여 진정한 융합 인재를 양성하는 데 기여할 수 있을 것이다. 그러나 어떻게 우리나라 현실에 적합한 모습으로 학교 현장에 시행할 것인가는 크게 고민해야 할 문제이다. STEAM 교육은 학교 현장에서 이 융합교육의 중심이 될 교사들의 노력과 열정에 따라 성공이 좌우될 수 있다. STEAM 교육 같은 통합적 시도가 성공하고 성과를 내기 위해서는 국가 차원의 노력과 지원이 필수적인 요소이겠지만, 학교의 모든 교사가 주도적으로 우리 교육 환경에 적합한 프로그램, 교수·학습 및 평가 방법 등을 개발하고 연수나 교육의 참여를 통해 전문성 및 역량의 증진부터 시작해야 할 것이다.

## 참고 및 관련 문헌

- 교육인적자원부(2007). 2007개정 과학과 교육과정 해설. 서울: 교육인적자원부.
- 교육과학기술부(2012). 융합인재교육의 활성화 방안 및 추진 현황. 서울: 교육과학기술부.
- 교육부(2013). STEAM으로 꿈과 끼를 키우다: STEAM 교육 현황 및 정책방향. 서울: 교육부.
- 김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. 한국기술교육학회지, 7(3), 1-29.
- 박현주(2012). 한국의 융합인재교육(STEAM): 우리나라 STEAM 교육을 위한 고려사항. 제 61차 한국과학교육학회 동계학술대회.
- 박형서(2003). 초등학교 고학년을 위한 자동차 만들기 활동 중심의 MST 통합교육프로그램의 개발. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 박형서(2007). 호버크래프트 만들기 체험 활동 중심의 수학·과학·기술 통합교육 프로그램 개발. 실과교육연구, 13(1), 61-78.
- 배선아, 금영충 (2010). 공업계열 전문계 고등학교 화공 분야의 STEM 교육에 대한 화공 교사의 인식과 요구. 한국공업교육학회지, 35(1), 44-67.
- 백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 박중윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4), 149-171.
- 백운수, 김영민, 박현주, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현(2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단 연구과제 보고서.
- 백운수, 박현주(2012). STEAM 총론적 고찰. 2012년도 융합인재교육(STEAM) 파이오니어(선도교원) 양성과정 연수.
- 이효녕(2011). STEAM 교육 시행을 위한 미국의 STEM 교육 고찰. 과학창의, 161, 8-11.
- 이효녕, 박경숙(2010). 초등학생이 생각하는 과학자와 공학자에 대한 이미지. 실과교육연구, 16(4), 61-82.
- 이효녕, 권혁수, 박경숙, 오희진(2014). 과학 탐구 기반의 통합적 STEM 교육 모형 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 34(2), 63-78.
- 이효녕, 오영재, 권혁수, 박경숙, 한인기, 정현일, 이성수, 오희진, 남정철, 손동일, 서보현, 안혜령 (2011). 통합 교육과 통합 STEM 교육에 대한 초등교사의 인식, 교원교육, 27(4), 117-139.
- 이효녕, 손동일, 권혁수, 박경숙, 한인기, 정현일, 이성수, 오희진, 남정철, 오영재, 방성혜, 서보현 (2012). 통합 STEM 교육에 대한 중등 교사의 인식과 요구. 한국과학교육학회지, 32(1), 30-45.
- 이효녕, 박경숙, 권혁수, 서보현(2013). 공학적 설계와 과학 탐구 과정 기반의 STEM 교육 프로그램 개발 및 적용. 교원교육, 29(3), 301-326.

- 최유현, 문대영, 강경균, 이진우, 이주호(2008). STEM 기반 발명영재교육 프로그램 개발과 적용 효과. 한국기술교육학회, 8(2), 143-165.
- 한국과학창의재단(2012a). 융합인재교육 기초 연수 자료(초등). 서울: 한국과학창의재단.
- 한국과학창의재단(2012b). 융합인재교육의 정책 소개. 서울: 한국과학창의재단.
- 홍옥수[한국과학창의재단] (2013). 한국과학창의재단의 STEAM 교육: 2013년 중등 교원 능력개발 찾아가는 맞춤형 연수. 인천광역시교육연수원.
- Berlin, D. F., & Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15-24.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Kwon, H. & Lee, H. (2008). Motivation issues in the science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A meta-analytic approach. *Secondary Education Journal*, 56(3), 1-22.
- Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2009). Research trends on the integrative efforts in technology education: Reviews of the relevant journals, *Secondary Educational Research*, 57(1), 245-274.
- Lam, P., Doverspike, D., Zhao, J., Zhe, J., & Menzemer, C. (2008). An evaluation of a STEM program for middle school students on learning disability related IEPs. *Journal of STEM education*, 9(1&2), 21-29.
- LaPorte, J. E., & Sanders, M. (1993). Integrating technology, science, and mathematics in the middle school. *The Technology Teacher*, 52(6). 17-21.
- Lee, H. (2011). Analysis on the theoretical models related to the integration of science and mathematics education: Focus on four exemplary models. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(3), 475-489.
- Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum? *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 255-281.
- National Research Council(NRC). (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development[OECD] (2004). Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003. Paris: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development[OECD] (2007). PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world, Vol. 1. Paris: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development[OECD] (2010). PISA 2009 Results: What students know and can do, Vol. 1. Paris: OECD.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sanders, M. (2011). An introduction to integrative STEM education. *International Seminar for integrative STEAM Education*, Daegu, Korea.
- Sanders, M., & Wells, J. (2011). Integrative STEM Education definition. Available: <http://www.soe.vt.edu/istemed>.
- Sanders, M., Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Education: Contemporary Trends and Issues. *Secondary Education Research*, 59(3), 729-762.

■ 참고 및 강의 자료

ARE WE THERE YET?

- Conversations about Best Practices in Science Exhibition Development -

Edited by Kathleen McLean and Catherine McEver

2004 by Exploratorium

과학전시 브레인스토밍

- 과학 전시 개발 최고의 실천에 관한 논의들 -  
캐슬린 맥린과 개저린 매캐버 공동편집, 김지선 역  
2012 국립중앙과학관

제1부 좋은 전시 개발의 특징

- 과학자들, 교육자들, 기타 관련인들의 의미있는 참여
- 집단적인 계획, 설계, 개발을 포함하여 적극적인 협업
- 평가(착수전평가, 형성평가, 총괄평가, 처방평가)
- 주의 깊은 원형 제작
- 관람객과 의미있는 상호작용 전시 설계에 초점 맞추기
- 전시물과 공간의 탁월한 디자인
- 명확한 목적과 목표
- 충분한 시간과 자금
- 효과적인 과제 관리
- 지속적인 관리의 유지와 개선
- 제도적 지원

관람객 입장의 반응

- 기억에 남는 체험
- 지속적인 대화와 탐구
- 경이와 흥분
- 개인적인 관련과 의미 형성
- 쉽게 접근할 수 있고 이해할 수 있는 내용
- 편안하게 해 볼만한 환경

## 제2부: 12편의 주목할 만한 과학 전시(10개의 과학관 또는 박물관)

- Alaska Pratt Museum, AK (프랫 박물관)
  - Darkened Waters: Profile of an Oil Spill (검은 물: 원유 유출의 개요)
  
- Bronx Zoo, NY (브롱크스 동물원)
  - Congo Gorilla Forest (콩고의 고릴라 숲)
  
- Chicago Field Museum, CH (필드 박물관)
  - Traveling the Pacific (태평양 여행하기)
  - Sound from the Valuts (박물관의 소리)
  
- Minnesota Science Museum, MN (미네소타 과학관)
  - Wolves and Humans: Coexistence, Competition and Conflict  
(늑대와 인간: 공존과 경쟁 및 갈등)
  
- Monterey Bay Aquarium, CA (몬테레이 베이 수족관)
  - Jellies: Living Art(해파리: 살아 있는 예술)
  
- Ontario Science Centre, ON(Canada) (온타리오 과학 센터)
  - Psychology: Understanding Ourselves, Understanding Each Other  
(심리학: 우리 자신을 이해하고 서로를 이해하기)
  
- Oregon Museum of Science and Industry, OR (오리건 과학 및 산업 박물관)
  - Engineer It! (공학은 재미있어!)
  
- San Francisco Museum : Exploratorium, CA (샌프란시스코 과학관)
  - Memory (기억)
  - Frogs (개구리)
  
- Seattle Experience Music Project Museum, WA (익스피리언스 뮤직 프로젝트)
  - Sound Lab (음향 연구실)
  
- Texas Fortworth Science and History Museum, TX (포트워스 과학 및 역사 박물관)
  - Whodunit? The Science of Solving Crime  
(범인을 찾아라? 범죄 해결의 과학)